



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського національного технічного університету
(протокол №2 від 24 жовтня 2017 року)

Журнал «Проблеми інформаційних технологій» включено до Переліку наукових фахових видань України (Наказ Міністерства освіти і науки України №820 від 11.07.2016 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук

Журнал включено до науково-метричних баз даних, цифрових архівів та бібліотек з безкоштовним on-line-доступом: Index Copernicus, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), ПІНЦ (Російський індекс наукового цитування), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky)

ISSN 1998-7005 (Print)
ISSN 2313-0687 (Online)

#02(022) грудень 2017

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

РЕДАКЦІЙНА РАДА
Головний редактор
ХОДАКОВ Віктор Єгорович

/доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України/

Заступник головного редактора
ЛЯШЕНКО Олена Миколаївна /кандидат технічних наук, доцент/

Відповідальний секретар
КИБАЛКО Ігор Іванович / кандидат технічних наук, доцент /

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Бардачов Юрій Миколайович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Ходаков Віктор Єгорович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Павлов Олександр Анатолійович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна
Хомченко Анатолій Никифорович засл. діяч науки і техніки України	д.ф.-м.н., професор	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна
Башков Євген Олександрович	д.т.н., професор	Донецький національний технічний університет, Україна
Бурков Володимир Миколайович	д.т.н., професор	Інститут проблем управління ім. В.О. Трапезнікова РАН, Російська Федерація
Бусигін Борис Сергійович	д.т.н., професор	Національний гірничий університет, Україна
Висоцький Юрій Борисович	д.х.н., професор	Донецький національний технічний університет, Україна
Guchek Petro Yosipovich	Dr.Sc., Professor	Institute of Biocybernetics and Biomedical Engineering of the Polish Academy of Sciences, Poland
Долатовський Валерій Анастасійович засл. діяч науки Російської Федерації	д.е.н., професор	Південний федеральний університет, Російська Федерація
Загарій Геннадій Іванович	д.т.н., професор	Українська державна академія залізничного транспорту, Україна
Каргін Анатолій Олексійович	д.т.н., професор	Донецький національний університет, Україна
Коваленко Віктор Федорович	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Коваленко Ігор Іванович	д.т.н., професор	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна
Козак Юрій Олександрович	д.т.н., професор	Одеська національна академія зв'язу ім. О.С. Попова, Україна
Кошкін Костянтин Вікторович	д.т.н., професор	Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна
Левикін Віктор Макарович	д.т.н., професор	Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
Лізунов Петро Петрович	д.т.н., професор	Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
Марсанов Володимир Васильович	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Мельник Анатолій Олексійович	д.т.н., професор	Національний університет «Львівська політехніка», Україна
Михайленко Віктор Мефодійович	д.т.н., професор	Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
Пушкарь Олександр Іванович	д.е.н., професор	Харківський національний економічний університет, Україна
Рожков Сергій Олександрович	д.т.н., професор	Херсонська державна морська академія, Україна
Розов Юрій Георгійович	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
засл. діяч науки і техніки України		
Рудакова Ганна Володимирівна	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Рябенський Володимир Михайлович	д.т.н., професор	Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна
Садовський Віктор Васильович		
засл. працівник вищої школи Російської Федерації	д.т.н., професор	Білоруський державний економічний університет, Республіка Білорусь
Синєкол Микола Сергійович	д.т.н., професор	Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна
Соколова Надія Андріївна	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Філіпенко Ігор Григорович	д.т.н., професор	Харківська державна академія залізничного транспорту, Україна
Фісун Микола Тихонович	д.т.н., професор	Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Україна
Цвіркун Анатолій Данилович	д.т.н., професор	Інститут проблем управління ім. В.О. Трапезнікова РАН, Російська Федерація
Шаронова Наталія Валеріївна	д.т.н., професор	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна
Шерстюк Володимир Григорович	д.т.н., доцент	Херсонський національний технічний університет, Україна
Lydia Lewin	PhD	University of Melbourne, Australia



ЗАСНОВНИК

Херсонський національний технічний університет

м. Херсон

ПРИ ПІДТРИМЦІ:

Донбаської національної академії будівництва та архітектури	м. Макєєвка
Донецького національного технічного університету	м. Красноармійськ
Донецького національного університету	м. Вінниця
Європейського університету	м. Київ
Київського національного університету будівництва і архітектури	м. Київ
Чорноморського державного університету ім. П.Могили	м. Миколаїв
Національного авіаційного університету	м. Київ
Національної гірничої академії України	м. Дніпропетровськ
Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут»	м. Київ
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»	м. Харків
Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова	м. Миколаїв
Національного університету «Львівська політехніка»	м. Львів
Одеської національної академії харчових технологій	м. Одеса
Української державної академії залізничного транспорту	м. Харків
Харківської національної академії міського господарства	м. Харків
Харківського державного університету харчування та торгівлі	м. Харків
Харківського державного економічного університету	м. Харків
Харківського національного університету радіоелектроніки	м. Харків
Херсонського державного аграрного університету	м. Херсон
Херсонської державної морської академії	м. Херсон



ЗМІСТ

Ходаков В.Е., Абрамов Г.С., Абрамова Г.В., Соколов А.Е. Влияние природно-климатических условий и социально-экономических факторов на развитие экономики	5
Соколов А.Е., Бражник А.М., Бражник Д.А. Об информационном пространстве	19
Васюхин М.И., Касим А.М., Долинный В.В., Касим М.М. Средства построения крупномасштабных электронных карт для геоинформационных систем различного назначения	26
Розов Ю.Г. Методика использования конечно-элементного анализа при расчётах на прочность технологической оснастки в процессах обработки металлов давлением	36
Рябенский В.М., Чудайкін І.І., Таргунакова Ю.Д. Розробка архітектури програмного комплексу для моделювання полів тонкостінних конструкцій в тривимірному просторі	42
Веселовська Г.В. Моделі предметної галузі комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання	49
Ковальов С.М., Ботвіновська С.І. Керування формою дискретно представлених поверхонь за рахунок варіювання параметрів зовнішнього фомроутворюючого навантаження	63
Зайцева Е.Є., Меркулова К.В. Використання системного аналізу для оптимізації управління транспортною системою	70
Стенин А.А., Пасько В.П., Лемешко В.А. Предметно-ориентированный поиск информации в интернет-ресурсах на основе метода взвешенных дескрипторов	76
Захарченко Л.М., Захарченко Р.М., Кірюшатова Т.Г., Кірюшатова К.В. Дослідження методів контролю навчальних досягнень в освітньому процесі з використанням інформаційних технологій	82
Соколов А.Е. О формализации процессов информационного пространства	88
Селиванова А. В., Винник А. С., Митрофанова Н. Ф. Анализ средств информационного обеспечения туризма и принципы их реализации	93
Соловей С.С., Бень А.П., Рожков С.А. Оптимальные системы управления грузовыми операциями с крупногабаритными грузами на судах	98
Волянская Я. Б. Особенности синтеза системы электродвижения автономного плавательного аппарата ...	108
Веселовська Г. В., Соколов А.Є. Аналіз особливостей понятійно-термінологічної бази та класифікація засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання	117
Ходаков В.Е., Боскин О.О. Интерфейс как неотъемлемый компонент компьютерной системы	128
Марасанов В.В., Димова Г.О. Евристичні підходи до аналізу динамічних об'єктів по вихідним сигналам	134
Мокін В.Б., Вуж Т.Є. Метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці	142
Суліменко С.Ю. Аналіз та синтез процесу комп'ютерного моделювання поверхонь обертання за їх лініями обрису	151
Голуб'як І.В., Косаревич Р.Я. Методи розпізнавання облич	158
Анотації	165

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ

УДК 007.5:004.9

ХОДАКОВ Виктор Егорович

д.т.н., профессор, зав. кафедрой информационных технологий ХНТУ

Научные интересы: прикладной системный анализ, управление социально-экономическими системами.

АБРАМОВ Геннадий Серафимович

к.ф.-м.н., доцент кафедры судовождения и электронных навигационных систем ХДМА

Научные интересы: математическое моделирование сложных систем.

АБРАМОВА Галина Вячеславовна

учитель экономики Херсонской специализированной I-III ступеней школы №30

Научные интересы: математическое моделирование социально-экономических систем.

СОКОЛОВ Андрей Евгеньевич

к.т.н., доцент кафедры информационных технологий ХНТУ

Научные интересы: компьютеризированные системы обучения

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества сложных систем важное место занимают социально-экономические системы (СЭС), которые разделяются на более элементарные СЭС. Самой сложной из СЭС является наша цивилизация в целом, как сложная, целеустремлённая, территориально, иерархически и организационно структурированная глобальная социально-экономическая метасистема [1,2].

Более элементарные СЭС состоят в основном из трех главных элементов: социальных групп, экономических процессов и окружающей среды. Социальная группа – это прежде всего индивид, человек. Под окружающей средой (ОС) понимается экологическая, географическая, природно-климатическая среды и метасистемное окружение. Конкретные количественные и качественные характеристики перечисленных элементов и отношения между ними определяют конкретные свойства локальной СЭС [1]. В работе исследованы СЭС регионального типа, функционирующие в условиях Восточной и Западной Европы.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Если проанализировать население, его менталитет, уровень развития экономики стран Европы, то можно увидеть, что в Европе существует достаточно чёткое разделение стран и территорий на две группы. Первая группа – это страны, где высокий уровень развития экономики, высокий уровень ВВП, большая плотность населения, меньше территории стран, более индивидуалистичный менталитет, а вторая – это страны с более слабой экономикой, более низким уровнем ВВП, с меньшей плотностью населения и большими территориями. Менталитет населения этих стран более склонен к коллективизму.

Раздел между этими двумя группами стран проходит по линии раздела климата Европы, который условно разделяется на западно-европейский и восточно-европейский [2]. Этот раздел проходит по линии воздушной границы, соответствующий изотерме января, которая проходит через Прибалтику, Западные границы Беларуси, Украины до Чёрного моря. К востоку от

этой границы средняя температура января отрицательная, зима холодная, морозная, более длительная, часто сухая, а в западной части преобладают короткие, тёплые, влажные зимы. Климат в этих регионах совершенно разный, – в восточной Европе более негативный, приближаясь к экстремальному [2].

Между странами Западной и Восточной Европы относительно небольшие расстояния. Например, между Украиной и Францией всего около 1000 км. Такие близкие и, в то же время, такие различные страны, различные природно-климатические условия, разный уровень развития экономики, и даже менталитет населения разных.

Наиболее сильное воздействие на жизнь и производственно-хозяйственную деятельность человека оказывают рельеф и климат. Для Восточной Европы в этом смысле доминирующими понятиями являются «равнина» и «холод». Вследствие этого для Восточной Европы по сравнению с Западной характерно удорожание жизни людей и производственно-хозяйственной деятельности. Себестоимость сельскохозяйственной и промышленной продукции в странах Восточной Европы значительно выше, чем в Западной, более высокие издержки при её производстве (выраженные в ценностных, денежных измерителях текущих затрат на производство продукции). Кроме того, более длителен период окупаемости. Для обеспечения сравнительно таких же условий жизни как на Западе, на Востоке Европы необходимо тратить значительно больше различного рода ресурсов. Человеку в Восточной Европе (Украине, Белоруссии, России) в связи с более холодным климатом необходимо более фундаментальное и более дорогое жилище, более дорогие и надёжные производственные помещения, более высокие затраты на отопление жилья и рабочих помещений, на эксплуатацию производственных сооружений и транспорта. Питание должно быть более калорийным в холодный длительный период, необходима также тёплая одежда и обувь.

Все вышесказанное является одной из главных причин того, что уровень ВВП в странах Западной Европы выше, чем в странах Восточной Европы.

Функционирование производственных комплексов социально-экономических систем в Восточной Европе осуществляется в более сложных климатических усло-

виях, а также в условиях повышенных рисков, т.е. фактически в кризисных условиях, для которых более целесообразно целенаправленное государственное антикризисное управление.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЭС

Выделим следующие характерные особенности СЭС, которые функционируют в негативных природно-климатических условиях:

СЭС данного класса – сложная искусственная активная система с эндогенным целесообразным функционированием. Системообразующим элементом таких СЭС является социальная индивид (социальная группа), целью которого является максимизация удовлетворения системы личных потребностей.

СЭС, функционирующие в негативных природно-климатических условиях, относятся к классу слабо формализуемых систем.

Оценивание и управление СЭС, как сложной системы, является многофакторным.

Управление данного класса СЭС должно реализовываться, производственных комплексов в частности, и как антикризисное.

Антикризисное управление СЭС должно осуществляться с активным участием государства (государственное антикризисное управление).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение факторов, оказывающих влияние на жизнедеятельность и экономику СЭС Восточной Европы, выделение из них факторов, позволяющих осуществлять нейтрализацию (смягчение) негативных проявлений природно-климатических факторов. С целью реализации заявленных задач необходимо выполнить анализ статистических данных и разработку регрессионных моделей, позволяющих проводить исследование уровня развития экономики, выявление факторов, которые определяют уровень ВВП стран.

В соответствии с поставленной целью проведено сравнение ВВП стран с разным экономическим потенциалом и изучено влияние на его уровень факторов, которые связаны с человеческим капиталом, коррупцией и инновационной активностью. Построены и проанализированы соответствующие корреляционно-

регрессионные модели. Разработаны рекомендации по повышению уровня развития экономики и смягчению негативных явлений.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ПОСТАВЛЕННЫХ ЗАДАЧ

Долгое время в Восточной Европе, начиная с 1917 года, была пора заметного ослабления внимания учёных и общественности к пониманию различий природно-климатических условий Восточной и Западной Европы, и степени влияния природно-климатических факторов (ПКФ) на экономику, и отрицалось сколь-либо серьёзное влияние природно-климатических и географических условий на жизнедеятельность общества [3,4,5].

К большому сожалению и сейчас наблюдается недооценка этого фактора, которая является следствием политических и идеологических установок прошлой эпохи, когда считалось, что географическая среда не может играть сколь-либо серьёзной роли в жизни общества.

Это привело, в конечном итоге, к длительному периоду игнорирования существенной разницы в природно-климатических условиях, экономического и социального развития на западе Европы, с одной стороны, и в Восточной Европе (речь идёт о России и Украине) – с другой. И в настоящее время, прежде всего в Восточной Европе, не сформировано понимание важности отличия природно-климатических условий (ПКУ) Западной и Восточной Европы. Недооценивается степень влияния этого отличия на все стороны экономической, научной, культурной жизни государства и общества. Сравнительный анализ ПКФ Западной и Восточной Европы показывает, что на фоне мировых контрастов разница в цифрах не очень существенна и поэтому не сразу бросается в глаза. Средства массовой информации не акцентируют внимание на отличиях в ПКФ. Однако на практике эти отличия достаточны, чтобы в Восточной Европе, например, длительность рабочего сезона земледельческого производства была значительно короче. Значительно меньше, чем в Западной Европе, была рентабельность сельского хозяйства и особенно животноводства. Короткий рабочий сезон земледельческого производства требует большей концентрации сельскохозяйственной техники, рабочей

силы и большего напряжения в работе для выполнения всего цикла сельскохозяйственных работ в более короткое время. Кроме того, благодаря большей суровости климата совокупность базовых потребностей индивида и общества здесь больше, а условия и возможности их удовлетворения значительно скромнее. Внимание к этим проблемам после 90-х годов XX столетия усилилось, и соответственно, увеличилось количество исследований и публикаций. Так, в конце XX века вопросами исследования влияния природно-климатических факторов в России занимались такие учёные, как Милов Л.В., Моисеев Н.Н., Паршев А.П. и др. [4,5,6,7]

Милов Л.В. на большом историческом отрезке времени в несколько веков, на огромном статистическом материале показал, что разница в ПКУ Восточной и Западной Европы играет чрезвычайно важную роль [4,5].

Проведённые в последнее время исследования уровня влияния ПКФ в Восточной Европе подтверждают, что отличия в Восточной и Западной Европе носят принципиально фундаментальный характер. Так, проведённые исследования и расчёты на примере 2009 года показали, что годовые затраты на парирование негативных влияний ПКФ в целом по Украине составляют до 30-35% годового валового продукта [8].

Отрицательные воздействия ПКФ могут и должны по возможности нейтрализоваться (парироваться) консолидированной деятельностью общества, государства, которая должна быть обеспечена соответствующими дополнительными затратами различного рода ресурсов.

Из западных учёных, обративших внимание на роль ПКУ в Восточной Европе, можно выделить американского профессора Ричарда Пайпса [9], который потратил более 30 лет на изучение этих вопросов, а также профессора Гарвардской школы бизнеса, исследователя стратегического менеджмента Роберта Каплана [10].

Хотелось бы отметить ещё один факт. Как в Восточной, так и в Западной Европе большая часть населения стран расселена в более благоприятных климатических зонах, и эти системы расселения складывались исторически. Однако есть и нюансы. В силу неприятия и не понимания важности ПКУ, принятая ранее в СССР система планирования расселения населения была ори-

ентирована на равномерное размещение производительных сил и, в соответствии с этой концепцией, реализовывалась Генеральная схема расселения. Единая система расселения формировала систему взаимосвязанных городских и сельских поселений различной величины и народнохозяйственного профиля, объединённых транспортно-производственными связями, общей производственной инфраструктурой, единой сетью общественных центров социально-культурного обслуживания и мест отдыха населения.

Сегодня, в условиях глобализации, при спаде рождаемости, трудовые ресурсы в России стали чрезмерно дорогими и поэтому нет необходимости жить миллионам людей в более суровых и дорогих для жизни северных районах. Северные предприятия имеют более высокие издержки производства, большие затраты на поставку сырья и транспортирование продукции из-за больших расстояний до европейской части страны или экспортных портов.

Почти аналогичная ситуация сложилась и в Украине: в восточных и северо-восточных областях (Донецкая, Луганская, Харьковская, Днепропетровская области), где ранее были сформированы мощные промышленные регионы, проживает многомиллионное население, которое не может быть полностью использовано. В то же время Южные регионы (Одесская, Николаевская, Херсонская области) с более благоприятными ПКФ (более мягкий климат) не имеют такой развитой промышленности и избытка трудовых ресурсов. Принятые методы оценки инвестиционной привлекательности, устойчивого развития регионов по-прежнему не учитывают природно-климатические условия и сейчас, как и ранее, дают не совсем реальное представление об инвестиционной привлекательности.

Для уменьшения удорожания жизни и хозяйственной деятельности, т.е. для снижения издержек производства, уменьшения себестоимости выпускаемой продукции, повышения эффективности производства продукции, повышения ВВП, новые производства и предприятия целесообразно располагать (организовывать) в территориях с более благоприятным мягким климатом. Это территории с нулевыми (или выше нулевыми) январскими температурами в северном полушарии (январь – самый холодный месяц в году), которые могут быть благоприятными для ускоренного эко-

номического роста. Северные страны, как страны с некомфортным “холодным” климатом (Норвегия, Швеция, и др.) находили и находят на своих территориях регионы и зоны более ускоренного экономического развития, где сосредотачивают большую часть населения страны и большую часть промышленности. Для северной Европы эти зоны находятся, прежде всего, в ареале влияния Атлантики и тёплого течения Гольфстрим. В Норвегии, например, 90% населения страны проживают в таких тёплых зонах, и даже в Китае сейчас более 2/3 промышленной продукции производится также в более тёплых зонах.

В России и в Украине – даже самые южные области имеют минусовые средние январские температуры, что ниже температур почти всех стран Западной Европы. А это значит, что даже на юге Украины промышленное, сельскохозяйственное производство являются более затратным по сравнению со странами Западной Европы, т.е. здесь продукция обладает более высокой себестоимостью, значительно более длинным сроком окупаемости и характеризуется более высокими издержками производства.

Для выбора территорий (регионов) страны, наиболее подходящих для формирования экономически развитых регионов с меньшими издержками производства, необходимо использовать методологии оценивания инвестиционной привлекательности и устойчивого развития регионов с учётом ПКФ [11].

Общество в Восточной Европе и, прежде всего, в Украине имеет недостаточные знания и слабую информированность о различии природно-климатических условий Западной и Восточной Европы.

Различия в природно-климатических условиях Восточной и Западной Европы объективно существуют. Они неблагоприятны для стран Восточной Европы, но не на столько, чтобы быть непреодолимым препятствием для жизни и хозяйственной деятельности человека. Однако, они приводят к значительному удорожанию жизни и производственно-хозяйственной деятельности человека и, как следствие, к более низким уровням ВВП. Неблагоприятные природно-климатические условия Восточной Европы являются дополнительным импульсом для общества к его постоянному развитию и совершенствованию. И, прежде всего, крайне необходимо просвещение и повышение уровня образованности общества.

На стоимость жизни и хозяйственную деятельность индивида оказывают дополнительное влияние и большие размеры территорий государств. Страны Восточной Европы имеют значительно растянутые транспортные пути, коммуникации, большую протяжённость государственных границ, что приводит к дополнительным затратам на транспорт и коммуникации, к дополнительному удорожанию жизни и хозяйственной деятельности.

В табл.1 приведены результаты обобщающих оценок влияния ПКУ на промышленное и сельскохозяйственное производство в Восточной и Западной Европе, полученных экспертным путём [2].

Результаты сравнения в табл.1 представлены в относительных единицах.

Таблица 1

Оценка влияния ПКУ на промышленное и сельскохозяйственное производства в Восточной и Западной Европе

№	Показатели	В Западной Европе	В Восточной Европе
1.	Эффективность мясомолочного животноводства (в условных единицах)	2,36	1,0
2.	Эффективность сельскохозяйственного производства (зерновые и зернобобовые культуры)	2,0	1,0
3.	Удельные затраты энергии на производство пищевых продуктов	1,0	2,0 (Украина) 4,0 (Россия)
4.	Базовые усредненные потребности человека (в условных единицах)	1,0	2,0
5.	Издержки промышленного производства	1,0	2,6
6.	Издержки строительного производства	1,0	2-3
7.	Срок окупаемости предприятий (лет)	5-6	15-18
8.	Энергопотребление (в условных единицах, из-за длительного отопительного сезона)	1,0	3,0 (Украина) 4,0 (Россия)

Следует обратить внимание и на зависимость потребностей индивида от ПКУ. Благодаря большей суровости климата и более протяжённым расстояниям, совокупность базовых потребностей индивида в Во-

сточной Европе больше, а условия и возможности их удовлетворения существенно ниже [2].

Минимальный набор базовых потребностей представлен в табл.2.

Таблица 2

Минимальный набор базовых потребностей индивида

№	Наименование потребности	Относительная сложность и цена потребности	
		В Западной Европе	В Восточной Европе
1.	Обеспечение калорийности и энергоёмкости питания	1,0	1,3
2.	Обеспечение необходимой "тёплой" одежды	1,0	1,3
3.	Обеспечение "тёплой" обуви	1,0	1,3
4.	Обеспечение комфортности и полезности жилья	1,0	2,0 (Украина) 4,0 (Россия)
5.	Обеспечение комфортности и удобства рабочего места	1,0	3,0 (Украина) 4,0 (Россия)
6.	Заработная плата	1,0	2,0
7.	Формирование жизнеобеспечивающей инфраструктуры	1,0	2,0

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разница в природно-климатических условиях Восточной и Западной Европы играет чрезвычайно важную роль [4,5]. Анализ влияния ПКФ на производственно-хозяйственную деятельность показывает, что негативное влияние ПКФ на СЭС Восточной Европы может

быть усилено или ослаблено в зависимости от характера социально-экономических явлений (мероприятий) или характера деятельности человека.

Проведены изучения и исследования ряда факторов, которые могли бы изменять уровень влияния ПКФ, приводить к снижению (нейтрализации) негативных

природно-климатических условий в социально-экономических системах регионального типа. Для изучения влияния и взаимосвязи уровня коррупции, уровня ВВП на душу населения и уровня развития человеческого капитала мы остановились на построении регрессионных моделей с использованием методов корреляционно-регрессионного анализа. При этом осуществлялся выбор таких моделей, которые имели наиболее высокие показатели коэффициента детерминации R^2 и наименьшее значение среднеквадратичной ошибки регрессии σ . Анализ построенных регрессий показал, что наилучшие показатели адекватности и точности достигаются при использовании линейных зависимостей, которые учитывают факторы X_1 – индекс развития человеческого капитала, X_2 – уровень восприятия коррупции, X_3 – индекс инноваций.

Изучение менталитета народов Западной и Восточной Европы позволило выявить дополнительные факторы, оказывающие отрицательное влияние не только на развитие экономики стран Восточной Европы, но и на другие стороны как производственной, так и общественной жизни. Для стран Восточной Европы на данном этапе их развития характерным является чрезвычайно высокий уровень коррупции, более слабо развиты институты демократии, а также более низка ценность личной свободы [12,13].

Например, индекс восприятия коррупции в Англии – 81, Франции – 70, а в Украине – 27, России – 29. В рамках индекса коррупция определяется как любое злоупотребления служебным положением в целях личной выгоды. Индекс ранжирует страны по шкале от “0” (самый высокий уровень) до “100” (самый низкий уровень коррупции).

Более высокому уровню коррупции, совершенно очевидно, соответствуют низкие уровни развития экономики страны и, как следствие, более низкие уровни ВВП на душу населения. Это и есть один из основных факторов дополнительного негативного воздействия на экономику восточноевропейских стран.

В настоящее время рядом стран и международных рейтинговых агентств формируются те или иные рейтинги отдельных показателей, индексов, которые характеризуют и позволяют оценивать экономическую, социальную, производительную или другие виды деятельности стран, регионов и т.п. [14,15].

С помощью корреляционно-регрессионного анализа изучалось влияние на уровень ВВП определённого комплекса факторов (более 10), но наиболее существенным оказалось влияние такого комплекса факторов, который базируется на уровне развития человеческого капитала страны, уровне коррупции и инновационной (инвестиционной) активности.

Мировым банком рассчитываются индексы развития человеческого капитала, восприятия коррупции и глобальный индекс инноваций [14-20].

Индекс восприятия коррупции – это обобщённый индикатор, который рассчитывается на основе статистических данных и информации, полученной из экспертных источников, предоставленных международными организациями. Все источники измеряют общую степень распространённости коррупции (частота и/или объём взяток) в государственном и экономическом секторах.

Глобальный индекс инноваций составлен из 80 разных переменных, детально характеризующих инновационное развитие стран мира. Успешность экономики связана как с наличием инновационного потенциала, так и условий для его воплощения. Индекс представляет собой соотношение затрат и эффекта, который позволяет объективно оценить эффективность усилий по развитию инноваций в той или другой стране.

В предыдущих работах авторов [22,23] на основе корреляционно-регрессионного анализа выполнена кластеризация стран, что позволило выделить соответствующие кластеры, которые характеризуются относительно равноценными моделями. Для нескольких кластеров, а именно: западноевропейские страны, восточноевропейские страны, небольшие республики постсоветского пространства и страны с наиболее развитыми экономиками, построены соответствующие двухфакторные регрессионные модели.

В указанных работах представлены две группы моделей, первая из которых характеризовала зависимость ВВП на душу населения от уровня развития человеческого капитала (X_1) и уровня восприятия коррупции (X_2), а вторая – от уровня развития человеческого капитала (X_1) и уровня инноваций (X_3).

Анализ построенных моделей показал, что наилучшие показатели адекватности и точности достигаются при использовании трёхфакторных моделей, учитыва-

ющих все три вышеуказанных фактора (X1, X2, X3), построение которых было выполнено в работе [23].

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ (ДЛЯ ДВУХФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ)

Приведем некоторые из построенных моделей.

В табл. 3 для кластера западноевропейских стран приведены параметры множественной линейной регрессии зависимости ВВП на душу населения от X1 и X3, где обращают на себя внимание близкие значения фактических (Y) и теоретических (Yt) значений ВВП на душу населения.

Таблица 3

Расчёт множественной регрессии (западноевропейские страны)

Страна	Индекс развития человеческого капитала	Индекс инноваций	ВВП (на душу населения), долл. США	ВВП по данным регрессии	Параметры регрессии		
	X1	X3	Y	Yt			
Франция	80,15	52,2	42960	44718,72	733,36	2090,85	-161144
Нидерланды	82,3	60,6	51890	55374,27	521,45	769,83	42840
Бельгия	81,12	51,7	47260	46380,16	0,885	4401,71	
Австрия	81,02	53,4	49670	47417,79			
Германия	78,55	56	47640	44160,14			
Италия	75,44	45,7	34270	30103,99			
Португалия	74,5	45,6	21360	28065,26			
Испания	73,3	49,3	29440	28269,68			

Уравнение регрессионной зависимости имеет вид (1):

$$Y = -161144 + 2090,85X1 + 733,36X3 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,885; \sigma = 4402$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,885$ свидетельствует, что на 88,5% изменения значения ВВП обуславливаются изменением значений X1 и X3.

Видно, что регрессионная модель (1) при достаточно высоком значении коэффициента детерминации $R^2 = 0,885$ имеет приемлемую погрешность регрессии $\sigma = 4402$. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что коэффициенты уравнения при X1 и X3 имеют существенно разные значения: коэффициент при X3 втрое меньше, чем коэффициент при X1. То есть, роль фактора развития человеческого капитала более эффективна, чем роль фактора инноваций: при увеличении на одну единицу индекса развития человеческого капитала – ВВП на душу населения увеличивается на 2091 долл. США, а при увеличении индекса инноваций на одну единицу – ВВП на душу населения увеличится только на 733 долл. США.

Из регрессионной аддитивной модели (1) очевиден эффект взаимозаменяемости: чтобы остаться на том же уровне ВВП при уменьшении фактора X3 (инновации) на одну единицу необходимо увеличить на 0,35 фактор X1 (человеческий капитал). И наоборот: уменьшение уровня развития человеческого капитала на 1

единицу придётся компенсировать увеличением почти на 3 единицы индекса инноваций.

В табл. 4 для кластера восточноевропейских стран (который включает Украину и Белоруссию) приведены расчёты множественных линейных регрессий зависимости ВВП на душу населения $Y1 = f(X1, X2)$ и $Y2 = f(X1, X3)$, где также обращают на себя внимание близкие значения фактических Y и теоретических Yt значений ВВП на душу населения.

Соответствующая регрессионная зависимость $Y1 = f(X1, X2)$, имеет вид (2):

$$Y1 = -91871,61 + 1138,36X1 + 364,21X2 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,878; \sigma = 2696,8$$

Видно, что регрессионная модель (2) при достаточно высоком значении коэффициента детерминации $R^2 = 0,878$ имеет приемлемую погрешность регрессии $\sigma = 2696,8$. Обращаем внимание на такое обстоятельство: в приведенном кластере Украина имеет наивысший уровень коррупции (индекс восприятия коррупции равняется 27). Если бы Украина имела такой же уровень коррупции, как в Польше (индекс равняется 62) то ВВП на душу населения в Украине при имеющемся человеческом капитале мог бы составить почти 17,5 тыс. долл. США. В то время, как при имеющемся уровне коррупции ВВП на душу населения в Украине он составляет лишь 3,6 тыс. долл. США.

Таблиця 4

Расчёты множественных регрессий

Страна	Индекс разви- тия челове- ческого капитала	Индекс корруп- ции	Индекс инно- ва-ций	ВВП (на душу насе- ления), долл. США	ВВП по дан- ным регрес- сии 1	ВВП по данным регрессии 2	Параметры регрессии		
	X1								
Словения	79,95	60	47,2	23580	20993	20622	Yt1 (X1, X2)		
Чехия	77,6	56	50,2	18370	16861	21164	364,21	1138,36	-91871,61
Польша	77,06	62	40,6	13690	18432	11630	85,77	492,32	36281,14
Венгрия	75,82	51	44,6	13340	13014	14185	0,878	2696,8	
Румыния	73,94	46	38,1	9520	9053	6265	Yt2 (X1, X3)		
Болгария	72,81	41	40,7	7620	5945	7612	938,69	967,5	-101036,2
Украина	76,21	27	36,3	3560	4717	6771	252,38	566,39	39585,59
Белоруссия	77,5	32	37,1	7340	8006	8770	0,851	2982,33	

Из уравнения (2) видно, как тяжело за счёт увеличения человеческого капитала компенсировать негативные проявления коррупции: чтобы остаться на том же уровне ВВП при увеличении фактора коррупции X2 (а именно уменьшение индекса восприятия коррупции) на одну единицу необходимо повысить на 0,32 фактор X1 (человеческий капитал). И наоборот: уменьшение уровня развития человеческого капитала на 1 единицу придётся компенсировать уменьшением уровня коррупции (индекс восприятия коррупции) на 3,13 единиц.

На основании модели (2) построен график виртуальной зависимости ВВП на душу населения Украины от уровня коррупции при постоянном значении индекса развития человеческого капитала (X1) на уровне 76,21 (рис. 1).

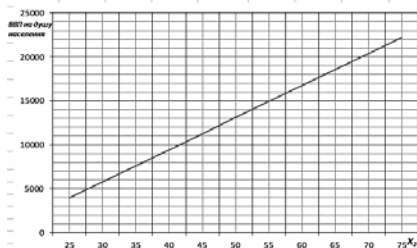


Рис. 1 График виртуальной зависимости ВВП на душу населения Украины от уровня коррупции (на основе модели (2)).

Уравнение регрессионной зависимости $Y_2=f(X_1, X_3)$ имеет вид (3):

$$Y_2 = -101036,2 + 967,5X_1 + 938,69X_3 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,851; \sigma = 2982,3$$

Обращает внимание то, что коэффициенты уравнения при X1 и X3 имеют почти равные значения, что обуславливает и равноценный коэффициент взаимозаменяемости: то есть уменьшение одного из факторов на единицу практически может быть компенсировано увеличением второго фактора также на единицу.

Для кластера стран мира с наиболее развитыми экономиками (США, Канада, Япония, Великобритания, Китай, Германия, Франция) множественная регрессии вида $Y = f(X_1, X_3)$, зависимости ВВП на душу населения имеет вид (4):

$$Y = -183666,5 + 1999,47X_1 + 1225,56X_3 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,906; \sigma = 6846,25$$

Из регрессии (4) видно, что страны с развитыми экономиками характеризуются значительно большими коэффициентами при факторах X1 и X3, что свидетельствует об их более высокой значимости при формировании ВВП. Для этой модели, а также модели для стран западноевропейского кластера можно исключать фактор X2 (уровень коррупции) в связи с тем, что он является статистически не значимым. Это, очевидно, связано с тем, что в этих странах достаточно низкий по значению и слабо распределённый (близкий к константе) уровень коррупции и потому он статистически значимо не влияет на средний уровень ВВП.

Следует обратить внимание на то, что высокий уровень развития человеческого капитала выполняет роль демпфирования негативных проявлений природно-климатических факторов и высокого уровня коррупции. Это особенно важно для восточноевропейских стран с негативными природ-

но-климатическими условиями. Необходимо наряду с борьбой с коррупцией поддерживать высокий уровень образования, образованности населения, высокие стандарты образования, культуры и воспитания.

АНАЛИЗ ТРЁХФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Как отмечалось выше, наилучшие показатели адекватности и точности достигаются при построении трёхфакторных моделей, которые учитывают все три выше указанных фактора (X_1 , X_2 , X_3). В работе [23] построен ряд таких трёхфакторных моделей вида $Y=f(X_1, X_2, X_3)$.

Трёхфакторная модель $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ для кластера восточноевропейских стран имеет вид:

$$Y = -88761,27 + 893,85X_1 + 231,32X_2 + 520,66X_3 \quad (5)$$

$$R^2 = 0,946; \sigma = 998$$

Для кластера небольших республик постсоветского пространства (Армения, Таджикистан, Молдова, Грузия, Узбекистан) аналогичное уравнение множественной линейной регрессии $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ зависимости ВВП на душу населения имеет вид:

$$Y = -20879,05 + 278,33X_1 + 99,997X_2 + 37,82X_3 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,970; \sigma = 416$$

Сравнение моделей (5) и (6) показывает, что страны восточноевропейского кластера характеризуются значительно большими коэффициентами чувствительности к факторам уровня развития человеческого капи-

тала (X_1), уровня восприятия коррупции (X_2) и уровня инноваций (X_3). Коэффициенты при переменных в модели (5) значительно больше, чем в модели (6): коэффициент при X_1 больше чем в три раза, при X_2 – больше чем в два раза, а при X_3 вообще больше в четырнадцать раз. Это свидетельствует, что страны восточноевропейского региона значительно эффективнее используют как человеческий капитал, так и инновации. Это обстоятельство обнадеживает, но им нельзя удовлетворяться, потому что если провести аналогичное сравнение с моделью для кластера стран с наиболее мощными экономиками (США, Канада, Япония, Великобритания, Китай, Германия, Франция), которая представлена выше формулой (4), то видно, что аналогичные коэффициенты при факторах X_1 , X_3 еще вдвое выше, чем для стран восточноевропейского кластера, а фактор коррупции X_2 вообще отсутствует в связи со статистической незначимостью. Таким образом, странам восточноевропейского региона ещё нужно проводить соответствующие целенаправленные меры по повышению эффективности использования человеческого капитала, инноваций и борьбы с коррупцией, и доведение их до параметров, которые соответствуют странам с наиболее мощными экономиками.

Модель (5) – (для восточноевропейских стран) визуализирована путём построения номограммы (рис. 2), которая открывает ряд возможностей (примеров) практического использования трёхфакторной модели.

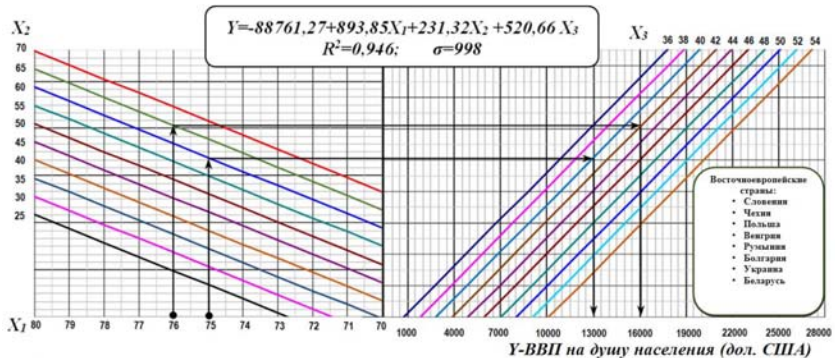


Рис. 2 Номограмма трёхфакторной модели ВВП на душу населения (Y) от уровня развития человеческого капитала (X_1), уровня восприятия коррупции (X_2) и уровня инноваций (X_3) для кластера восточноевропейских стран

Приведём несколько примеров работы с представленной номограммой.

Пример 1. Выбираем значение фактора X_1 (уровень развития человеческого капитала): на данной номограмме, например, выберем значение указанного фактора на уровне 75; движемся вверх по стрелке для выбора значения фактора X_2 (уровень восприятия коррупции) и выбираем значение этого фактора (например, 60); движемся направо по стрелке для выбора значения фактора X_3 (уровень инноваций) – (в приведенном примере это 40) и, наконец, спускаемся по стрелке вниз на ось Y и, таким образом, получим прогнозируемое значение ВВП на душу населения: при данном наборе значений входных факторов это 13000 долл. США.

Пример 2. Возможно и обратное направление движения по номограмме, то есть решение обратной задачи: задаваясь желаемым значением уровня ВВП на душу населения и, двигаясь по номограмме против временной стрелки, шаг за шагом избираем разные варианты значений исходных параметров модели (X_1 , X_2 , X_3), которые бы обеспечили данный уровень ВВП на душу населения. Эта задача имеет множество возможных решений и зависит от реальной возможности обеспечения того или иного значения уровня каждого из факторов, – в конце концов, от степени их реальной достижимости.

Пример 3. Использование номограммы не ограничивается приведёнными примерами. Возможно и встречное движение по приведённой диаграмме. Например, задавая значение ВВП на душу населения дохода, которое государство планирует достичь и известные значения некоторых факторов (например, достигнутый уровень развития человеческого капитала в стране) из модели (5) можно найти необходимые величины других факторов, которые бы обеспечили достижение выбранного результата по ВВП на душу населения. При такой постановке задачи номограмма даёт возможность определить существование решения и, если оно существует, то определить множество возможных значений для факторов, которые надо достигать (уровень восприятия коррупции и уровень инно-

ваций), а также норму их замещения (в некоторых пределах уменьшения значения одного из факторов может быть компенсировано увеличением значения другого фактора).

Пример 4. Приведённая номограмма предоставляет широкие возможности для оценки возможных интервалов значений ВВП на душу населения, если известны интервалы, в которых могут меняться исходные факторы модели. То есть, если известны границы, в которых с некоторой доверительной вероятностью могут находиться значения каждого из факторов, можно двигаться по приведённой номограмме постепенно от одного до другого фактора «полосой» значений, где каждая «полоса» отображает границы варьирования возможных значений данного фактора. В конце такого процесса мы выйдем и на соответствующую «полосу» (интервал) значений ВВП на душу населения, то есть будем иметь оценки возможных отклонений от среднего прогнозируемого значения ВВП на душу населения (пессимистический и оптимистический прогноз).

В приведённой номограмме, если уровень человеческого капитала будет варьироваться от 75 до 76, уровень восприятия коррупции от 60 до 65, а уровень инноваций от 40 до 42, то ВВП на душу населения дохода будет приблизительно находиться в пределах от 13000 \$ до 16000 \$.

Пример 5. Если взять текущие значения факторов для Украины ($X_1 = 76,21$, $X_2 = 27$, $X_3 = 36,3$), то согласно данной номограмме получим ВВП на душу населения (Y) на уровне 4000 \$ (фактическое значение 3560\$), то есть отклонение находится в рамках стандартной погрешности. Номограмма свидетельствует, что если бы уровень коррупции можно было уменьшить хотя бы до уровня Польши ($X_2 = 62$), то ВВП на душу населения (Y) мог бы составлять 13000 долл. США, что в 3-4 раза больше существующего.

В работе проведено также исследование влияния индекса образования на индекс развития человеческого капитала и ВВП на душу населения, при этом сравнивались полученные регрессионные зависимости для восточноевропейских стран и стран с наиболее развитыми экономиками (табл.5).

Статистические данные Мирового банка [17,19,20]

Страна	Индекс образования	Индекс развития человеческого капитала	ВВП (на душу населения), долл. США
	Y4	Y1	Y2
1	2	3	4
Восточноевропейские страны			
Словения	0,886	79,95	23580
Чехия	0,878	77,6	18370
Польша	0,852	77,06	13690
Венгрия	0,834	75,82	13340
Румыния	0,769	73,94	9520
Болгария	0,778	72,81	7620
Украина	0,803	76,21	3560
Белоруссию	0,834	77,5	7340
Страны с наиболее мощными экономиками			
США	0,9	79,64	55200
Канада	0,89	82,88	51630
Япония	0,842	82,74	42000
Великобритания	0,896	79,07	43430
Китай	0,631	67,47	7400
Германия	0,914	78,55	47640
Франция	0,839	80,15	42960

Уравнения линейной регрессии индекса развития человеческого капитала (Y1) от индекса образования (X4) имеют вид:

для восточноевропейских стран –

$$Y1=37,5+46,9X4 \quad (7)$$

$$R2=0,82; \sigma=1,01$$

для стран с наиболее развитыми экономиками –

$$Y1=40,5+45,16X4 \quad (8)$$

$$R2=0,73; \sigma=2,97$$

Видно, что коэффициенты уравнения практически совпадают, что говорит об одинаковом влиянии индекса образования на формирование индекса развития человеческого капитала, однако для восточноевропейских стран его роль более существенна, так как, сравнивая коэффициенты детерминации, видим, что для восточноевропейских стран индекс образования определяет 82% изменения дисперсии Y, в то время как для стран с наиболее развитыми экономиками – только 73%.

Уравнения линейной регрессии ВВП (Y2) от индекса образования (X4) имеют вид:

для восточноевропейских стран –

$$Y2=-88215,5+121004,5X4 \quad (9)$$

$$R2=0,65; \sigma=4195$$

для стран с наиболее развитыми экономиками –

$$Y2=-89290,1+154819,1X4 \quad (10)$$

$$R2=0,93; \sigma=4487$$

Видно, что угловой коэффициент (коэффициент чувствительности) в уравнении (10) на 28% больше, чем в уравнении (9). Это говорит о том, что страны с наиболее развитыми экономиками гораздо эффективнее используют фактор образования для роста ВВП. Кроме того, коэффициент детерминации для уравнения (9) ($R2=0,65$) гораздо меньше, чем для уравнения (10) ($R2=0,93$). Это связано с тем, что (как показано выше) для восточноевропейских стран очень существенными являются негативные проявления фактора коррупции, который для стран с наиболее развитыми экономиками статистически незначим. Это может быть также связано и с тем, что в экономике развитых стран преобладают высокоинтеллектуальные, наукоёмкие технологии, которые требуют соответствующего уровня образования и интеллектуальной подготовки.

Таким образом, становится очевидным, что фактор образования является определяющим в экономическом развитии и передовые страны его эффективно используют.

Следует отметить, что футурологи придают большое значение росту роли человеческого капитала в формировании будущего мира [24]. Прежде всего, прогнозируется большая роль образования в будущем обществе. Компаниям, чтобы остаться на плаву, нужно будет обеспечивать высокий образовательный уровень своих сотрудников, потому что новые технологии нуждаются в специальных знаниях и навыках. Разрыв между высококвалифицированными кадрами и всеми другими будет стремительно возрастать, поэтому самосовершенствование – является главным условием благосостояния человека и общества в будущем. Уменьшение темпов экономического роста, падение цен на сырье, ориентация компаний на дешёвую рабочую силу, автоматизация и компьютеризация труда будут предъявлять новые требования к человеческому капиталу.

Западные экономики благодаря политической системе своих стран и развитой демократии останутся местом с наименьшими рисками для инвестиций, но для роста экономики необходимы будут значительные вложения в инфраструктуру и науку, привлечение технологий, идей и высококвалифицированных кадров, рост производительности работы за счёт инноваций. Поэтому страны, которые будут задерживаться с внедрением инноваций, ставят под угрозу своё будущее. Это, прежде всего, имеет отношение к Украине, которая нуждается в радикальной модернизации всех областей экономики, тем более, что страна имеет достаточно высокий уровень человеческого капитала и, тем самым, потенциал для внедрения инноваций.

С появлением информационных технологий у каждого жителя планеты появляется свой голос, и люди хотят, чтобы он был услышан, соответственно возрастают протестные настроения против государственной и олигархической коррупции. Общество становится более нетерпимым к коррупции и все больше нуждается в системных структурных реформах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа моделей и обработки полученных результатов выделены факторы, оказывающие большое влияние на жизнедеятельность и экономику СЭС Восточной Европы, построены двухфакторные и трёхфакторные регрессионные модели, которые отображают влияние развития человеческого капитала на

уровень ВВП на душу населения, а также построены две группы двухфакторных моделей; в первой – ВВП зависит от уровня развития человеческого капитала X_1 и уровня восприятия коррупции X_2 , во второй – от уровня развития человеческого капитала X_1 и уровня инноваций X_3 .

Лучшие показатели адекватности и точности достигаются при использовании множественных линейных зависимостей, которые учитывают все факторы X_1 , X_2 , X_3 , т.е., при построении трёхфакторных моделей.

Следует обратить внимание на то, что высокий уровень развития человеческого потенциала может выполнять роль демпфирования негативных проявлений природно-климатических факторов и высокого уровня коррупции, что особенно важно для восточноевропейских стран с негативными природно-климатическими условиями и высокими уровнями коррупции. Необходимо наряду с борьбой с коррупцией поддерживать высокий уровень образования, и прежде всего его фундаментальности, образованности населения, в целом высокие стандарты просвещения, культуры и воспитания.

Построенные в работе двухфакторные и трёхфакторные модели зависимости ВВП от уровня развития человеческого капитала, индекса восприятия коррупции и глобального индекса инноваций имеют высокий уровень адекватности и обеспечивают приемлемую погрешность оценки ВВП.

Построенные модели показывают решающую роль развития человеческого капитала (наряду с инновационной активностью) в формировании ВВП стран, однако высокий уровень коррупции нивелирует положительное влияние этого фактора, что особенно характерно для стран восточноевропейского типа и наглядно видно на примере Украины: при уменьшении коррупции в Украине хотя бы до уровня Польши, уровень ВВП в стране (при имеющемся уровне развития человеческого капитала) мог бы быть в 3-4 раза выше. Высокий уровень образования, высокий уровень развития человеческого капитала могут эффективно выполнять роль фактора, блокирующего негативные проявления коррупции и отрицательного влияния неблагоприятных природно-климатических условий.

Роль фактора развития человеческого капитала, роль образования, образованности населения в целом, является более весомой, чем роль фактора инноваций.

Как уже отмечалось, страны Восточной Европы при достаточно высоком уровне развития человеческого капитала (в основном за счёт уровня образования) имеют и высокий уровень коррупции. Однако именно благодаря высокому уровню образования и развития человеческого капитала в определённой степени удаётся нивелировать негативные последствия высокого уровня коррупции.

Общество, в первую очередь в высокоразвитых странах (Норвегия, Швеция, Канада, Финляндия и др.) накопило значительный опыт преодоления негативных влияний природно-климатических условий на экономику, сельское хозяйство, промышленность. Этот опыт, в основных своих чертах, заключается в следующем:

1. Функционирование СЭС в условиях негативных ПКФ вызывает необходимость преодоления кризисных явлений и рисков и предъявляет принципиально новые дополнительные требования к высшей школе, к высшему образованию, как к системе подготовки кадров высокой квалификации принципиально нового качества (с высоким уровнем фундаментальной подготовки) [21]. Фундаментальность высшего образования – это соединение научного знания и процесса образования.

Система образования должна готовить кадры, отвечающие следующим требованиям:

- специалисты должны быть способны к постоянному обучению, переобучению, адаптации к изменяющимся условиям, развитию науки и техники, обладать возможностью изменять свои взгляды на роль профессии, уметь находить решения в новых областях, в новых негативных и критических условиях, а это возможно только при большей фундаментальности подготовки. Фундаментальность образования в данном случае – это не блажь, не пожелание, а насущная необходимость;

Составной частью образования является просвещение, обучение личности, общества на фоне воздействия существующих, реальных ПКФ. Просвещение общества должно начинаться со школы, например, со школьных курсов географии, где должны быть введены соответствующие разделы о ПКУ Западной и Восточной Европы и степени их влияния на общество и экономику.

Отсутствие просвещения приводит к снижению информационной безопасности личности (субъекта), формированию иллюзорных идей общества и государства, что может нарушать социальную и политическую стабильность в обществе и ослабить механизм регулирования общественных отношений. Снижение информационной безопасности сказывается на деформации общественного мнения, нарушении работоспособности системы подготовки и принятия государственных решений, дестабилизации психики человека и общества. Страны, которые задерживаются с развитием образования, не уделяют должного внимания развитию человеческого капитала, ставят, таким образом, под сомнение и успешное развитие своих стран.

2. Создание и адаптация технологий и производств к реальным природно-климатическим условиям, выведение сельскохозяйственных культур, пород животных, приспособленных к условиям воздействия неблагоприятных ПКФ. Адаптация и развитие соответствующих видов деятельности, технологий, ориентированных на неблагоприятные ПКФ, характерные для стран Восточной Европы.

3. Ориентация на интеллектуализацию капитала, интеллектуализацию экономики, стимулирование высокотехнологичных наукоёмких экспортно-ориентированных технологий и производств, которые снижают уровень зависимости от негативных ПКФ, поддержка развития науки и техники, а также широкое использование компьютеризации современных систем организации науки и производства.

Для выживания страны в сложных современных условиях необходимо стимулировать развитие экспортно-ориентированных отраслей и проектов. Это, по сути дела, постиндустриальные проекты, которые смогут обеспечить экспорт продукции массового спроса. К этим направлениям могут быть отнесены: производство программного обеспечения, проектирование WEB-дизайна, IT-технологии, альтернативная энергетика. Это направления, в которых доля интеллектуального труда (капитала) в общем объёме более высока, что в значительной степени уменьшает зависимость от ПКФ или, по крайней мере, делает общество менее чувствительным к их негативным проявлениям. Сюда же могут быть отнесены и некоторые другие высокотехнологические отрасли, в которых доля НИОКР относительно высока. В этих отраслях и проектах матери-

альные и строительные затраты составляют меньшую часть капиталовложений, а большую составляет интеллектуальный капитал. Используемая здесь рабочая сила обладает высоким квалификационным потенциалом, она будет являться востребованной и конкурентоспособной.

Анализ рекомендуемых составляющих блокирования негативных проявлений ПКФ показывает, что в их основе лежит высокий уровень человеческого капитала, то есть высокий уровень образования населения, стремление к высоким стандартам образования. На основе человеческого капитала, как самого дорогого инвестиционного ресурса, значительно легче и эффективнее решаются все составляющие процессов блокирования негативных факторов. Это – задачи развития науки, образования общества, ин-

теллектуализации капитала; создания экспортно-ориентированной промышленности, новых технологий; выведение высоко адаптируемых сельскохозяйственных культур и животных; задачи адаптации технологий и производств, вопросы управления сложными СЭС в условиях кризисных явлений.

Для эффективного решения этих задач необходимо создавать компьютеризованные системы обучения, развивать методологию и технологию компьютеризованного обучения. Решение всех этих задач будет способствовать формированию и развитию высокого уровня человеческого капитала, и, как следствие, повышению уровня ВВП на душу населения и уровня развития экономики страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- Gubarenko E.V. Modeli i metody upravlenija ustojchivym razvitiem social'no-jekonomicheskikh sistem/ E.V. Gubarenko, A.O. Ovezchel'diev, Je.G. Petrov – Herson: Iz-vo Grin, 2013 – 252 s.
- Hodakov V.E. Prirodno-klimaticheskie faktory i razvitie social'no-jekonomicheskikh sistem/ V.E. Hodakov, N.A. Sokolova – Herson: Iz-vo HDMA, 2016 – 604 s.
- Gumilev L.N. Ot Rusi do Rossii / L.N. Gumilev – M.: «AST-Moskva», 2006 – 416 s.
- Milov L.V. Velikorusskij pahar' i osobennosti rossijskogo istoricheskogo processa/ L.V. Milov – M.: ROSPJeN, 1998 – 574 s.
- Milov L.V. Prirodno-klimaticheski faktor i tip rossijskogo sociauma/ Rossijskaja civilizacija. Jetnokulturnye i duhovnye aspekty / L.V. Milov – M.: 2002 – S. 128-130
- Moiseev N.N. S myslyami o budushhem – Rezhim dostupa: www.vabloko.ru/Union/MMYA/Moiseev/html
- Parshv A.P. Pochemu Rossija ne Amerika/ A.P. Parshv – M.: «Krymskij Most – 9D», – 245 s.
- Hodakov V.E. Vlijanie prirodno-klimaticheskikh faktorov na processy razvitiya social'no-jekonomicheskikh sistem/ V.E. Hodakov, N.A. Sokolova // Materialy VI Mezhdunarodnoj konferencii «Strategija kachestva v promyshlennosti i obrazovanija» – Varna, Bolgarija – 2010-S. 530-534
- Pajps Richard Rossija pri starom rezhime/ Richard Pajps – M.: Nezavisimaja gazeta, 1993 – 159 s.
- Robert Kaplan Mest' geografii. Chto mogut rasskazat' geograficheskie karty o gradushhikh konfliktah i bitev protiv neizbezhnogo/ Robert Kaplan – M.: Kolibri, Azbuka-Attikus, 2015 – 361 s.
- Hodakov V.E. Uchet prirodno-klimaticheskikh faktorov v zadachah razvitiya SJeS/ V.E. Hodakov, N.A. Sokolova // Vestnik HNTU 2010, №2(ZV) s. 34-47
- Shastitko A.E. Novaja institucional'naja jekonomicheskaja teorija/ A.E. Shastitko – M.: «TEN» 2002
- Furubotn Je.G. Dostizhenija novej jekonomicheskoi teorii/ Je.G. Furubotn, Piter – SPB.: Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2009
- Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies 3K Edition – Department of Economics and Social Affairs – №4: UN 2007, – 99r.
- Environmental Vulnerability Index [Elektronnyj resurs] – <http://www.vulnerabilityindex.net>
- Environmental Sustainability Index. Main Report – USA: Yale Center Environment Law and Policy- 2005 – 63p.
- Rejting stran mira po urovnju razvitiya chelovecheskogo kapitala [Rezhim dostupa] <http://gtmarket.ru/ratings/human-capital-index>
- Indeks vosprijatija korupcii [Rezhim dostupa] <http://gtmarket.ru/ratings/corruption-perceptions-index>
- Rejting stran mira po urovnju valovogo nacional'nogo dohoda na dushu naselenija [Rezhim dostupa] <http://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-gni>
- Rejting stran mira po urovnju obrazovanija [Rezhim dostupa] <http://gtmarket.ru/ratings/education-index/education-index-info>
- Ignatjuk O.A. Upravlenscheskie tehnologii v professional'noj dejatel'nosti rukovoditelja-lidera / O.A. Ignatjuk // Teorija i praktika upravlinnja social'nimi sistemami – Harkiv: NTU «HP» – 2004, №1 – s.19-29.
- Hodakov V.E., Abramov G.S., Abramova G.V. Vlijanie prirodno-klimaticheskikh i sotsialno-ekonomicheskikh faktorov na razvitie sotsialno-ekonomicheskikh sistem regional'nogo tipa/ V.E. Hodakov, G.S. Abramov, G.V. Abramova // Problemi informacijnih tehnologii/ – 2016. – #02(020), – C. 6-17
- Hodakov V.E. Vpliv ljud'skogo kapitalu ta insih social'no-ekonomichnih faktoriv na rozvitok ekonomichnih sistem regional'nogo tipu / V.E. Hodakov, G.S. Abramov, G.V. Abramova // Problemi informacijnih tehnologii (PIT), #01(021), 2017, s. 187-191.
- Zhmerenetskij A., Kak vyzhit v buduschem. Vosem trendov, kotoryje vskore zmenyat mir / A. Zhmerenetskij // Fokus – 27.04. 2017, #17 (525) s. 57-61.

Рецензент: д.т.н., проф. Рудакова А.В.
Херсонский национальный технический университет

ОБ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

УДК 6.21.377.037

СОКОЛОВ Андрей Евгеньевич

к.т.н. доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: компьютеризованные системы обучения.

БРАЖНИК Александр Михайлович

к.т.н. доцент кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: информационные системы распознавания.

БРАЖНИК Дмитрий Александрович

к.т.н. доцент кафедры технической кибернетики.

Научные интересы: информационные системы распознавания.

ВВЕДЕНИЕ

Массовое использование вычислительной техники и вызываемое этим развитие технических средств и программного обеспечения информационных систем обуславливает интерес к проблемам развития и совершенствования элементов теории информации, к проблемам развития основ системологического анализа управления информационными системами и происходящими в них информационными процессами, как основами методологии построения моделей систем и процессов, передачи, обработки и хранения информации.

СУЩЕСТВУЮЩЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Современное состояние и развитие теории информации, связанное с трудами Р. Хартли, А.Н. Колмогорова, К. Шеннона, А.Я. Хинчина, В.А. Котельникова, В.Д. Гопы, А.М. Яглома и многих других специалистов [1-10] к сегодняшнему дню сформировалось в законченную теорию, обеспечивающую решение многих задач. Однако в некоторых случаях чувствуется недостаток в проработке информационных процессов, процессов формализации и указание на информационную составляющую связано не с использованием теории информации для построения моделей системы и процессов, а с разработанностью методов формализации и наследованием пониманий терминологии.

Цель работы состоит в некотором дополнении и побуждении исследователей и дальнейшему изучению систематических подходов и формализации к построению моделей процессов передачи, обработки и хранения информации, происходящих в информационном пространстве. Построение математической модели реального процесса происходит в определенном информационном пространстве, что включает описание множества составляющих, алгебру с ее сигнатурой и норму с метрикой, как средств оценки элементов и различия между ними. Однако при эвристическом подходе можно создать меру и если это соответствует правилам построения моделей и, если они показывают результат, объяснить смысл найденной меры. Здесь как при аппроксимации – если базовая функция истинна, получаем прогноз, если нет то нашим данным можно верить только в интервале измерений. Таким образом, с целью упрощения методов построения моделей информационных систем и процессов, рассмотрим совокупность поля объектов, пространства событий, вероятностного пространства и связанного с ними информационного пространства.

Мы касаемся такого понятия, термина как информационное пространство. Термин этот значительно моложе термина информация. Достаточно указать на то, что в энциклопедии кибернетики, изданной в 1975г.,

упоминания о нем мы не находим [11]. Под термином информационное пространство в данной работе понимается совокупность результатов человеческой деятельности. Информационным пространством, например, может считаться совокупность:

- баз и банков данных;
- технологий их применения;
- информационных коммуникационных систем, которые функционируют на базе общих принципов и обеспечивают информационное взаимодействие различного ранга пользователей и удовлетворение их информационных потребностей.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Множество объектов Ω , с алгеброй ζ (здесь это подразумеваем в соответствии с трактовкой и определением Колмогорова) связано с множеством событий введением времени или отношения следования событие

$$\begin{aligned} \|\omega\| = P(\omega) \geq 0 &\Leftrightarrow \|x\| \geq 0; \\ \omega = \emptyset &\Leftrightarrow P(\omega) = 0; \\ \lambda = \text{const} &\Leftrightarrow P(\lambda) = 1 \Leftrightarrow P(\lambda \cap \omega) = 1 \cdot P(\omega) \Leftrightarrow \|\lambda x\| = |\lambda| \|x\|; \\ P(\omega_1 \cup \omega_2) \leq P(\omega_1) + P(\omega_2) &\Leftrightarrow \|x_1 + x_2\| \leq \|x_1\| + \|x_2\|. \end{aligned} \tag{1}$$

Таким образом с нормой (1) формируется нормированное вероятностное пространство, причем во многих работах можно найти проверку условий нормы по отношению к вероятности [2, 6, 7], хотя встречаются и определения вероятности как нормы в вероятностном пространстве [6].

Но кроме нормы для решения задач распознавания, диагностики, принятия решений и т.д. необходимо

$$\rho = \|x_2 - x_1\| \rightarrow \rho_\Omega = P(\omega_1 \setminus \omega_2) = P(\omega_1)(1 - P(\omega_2 / \omega_1)) \tag{2}$$

Естественно для метрики (2) должны выполняться аксиома тождества, аксиома симметрии и аксиома

$$\begin{aligned} \rho = \|x_2 - x_1\| &\rightarrow \rho_\Omega = P(\omega_1 \setminus \omega_2) = P(\omega_1)(1 - P(\omega_2 / \omega_1)) \\ \omega_1 \neq \emptyset &\rightarrow \rho_\Omega = P(\omega_1)(1 - P(\omega_2 / \omega_1)) \geq 0 \Leftrightarrow \rho(x_1, x_2) \geq 0; \\ \omega_1 = \omega_2 = \omega &\rightarrow \rho_\Omega = P(\omega)(1 - P(\omega / \omega)) = 0 \Leftrightarrow \rho(x, x) = 0. \end{aligned} \tag{3}$$

Но при этом аксиома симметрии выполняется только в случае

$$\frac{P(\omega_1)}{P(\omega_2)} = \frac{P(\bar{\omega}_2 / \omega_1)}{P(\bar{\omega}_1 / \omega_2)} \tag{4}$$

$\Omega t_1 \rightarrow \Omega t_2$. Сигнатура алгебры событий ζt содержит определения действий над объектами, и аксиомы алгебры. Поле объектов, с его алгеброй множеств позволяет создавать абстрактные модели, но для описания событий нам необходимо индуцировать над полем объектов поле событий с алгеброй событий, формально близкой к алгебре множеств, но существенным различием является введение причинно – следственных отношений – рассматриваем событие как результат или соответствие перехода из одного состояния в другое.

Собственно для детерминированных связей определяются соответствия, отображения, функции и весь аппарат анализа. Для стохастических связей, оценкой величины события, вводится норма, над полем событий. Этой нормой, принято [2, 3] считать вероятность события $P = P(\omega)$. Естественно выполнение условий невырожденности, однородности и правила треугольника:

определить различие между событиями, по сути необходима метрика [7].

В отличие от нормы метрика вероятностного пространства определяется различными способами [3, 7]. Наиболее просто определить метрику естественным образом как норму события, определяемого как разность множеств, тогда

С учетом (4), для сохранения общности необходимо переходить к симметричной метрике, на норме это не

$$\tilde{\rho}_{\Omega}(\omega_1, \omega_2) = P(\omega_1 \setminus \omega_2 + \omega_2 \setminus \omega_1) \Leftrightarrow \tilde{\rho}_{\Omega}(\omega_1, \omega_2) = \tilde{\rho}_{\Omega}(\omega_2, \omega_1). \quad (5)$$

Условие треугольника выполняются и для несимметричной метрики, так рассмотрим три события и расстояния между ними

$$\begin{aligned} \rho_{\Omega}(\omega_1, \omega_2) &= P(\omega_1 \setminus \omega_2) = P(\omega_1 \overline{\omega_2}); \\ \rho_{\Omega}(\omega_2, \omega_3) &= P(\omega_2 \setminus \omega_3) = P(\omega_2 \overline{\omega_3}); \\ \rho_{\Omega}(\omega_1, \omega_3) &= P(\omega_1 \setminus \omega_3) = P(\omega_1 \overline{\omega_3}). \end{aligned} \quad (6)$$

Так как событий (6) можем записать вероятность суммы событий

$$\omega_1 \overline{\omega_2} + \omega_2 \overline{\omega_3} = \omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \omega_1 \overline{\omega_2} \overline{\omega_3} + \omega_1 \omega_2 \overline{\omega_3} + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3} = (\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3}) + \omega_1 \overline{\omega_3} \quad (10)$$

Следовательно с учетом (10) правая часть выражение (9) принимает вид

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2} + \omega_2 \overline{\omega_3}) = P((\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3}) + \omega_1 \overline{\omega_3}) \quad (11)$$

Используя формулу вероятности суммы событий запишем (11) в виде

$$P((\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3}) + \omega_1 \overline{\omega_3}) = P(\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3}) + P(\omega_1 \overline{\omega_3}) - P((\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3})(\omega_1 \overline{\omega_3})). \quad (12)$$

После преобразования (12) выделяем компонент с нулевой вероятностью

$$P((\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3})(\omega_1 \overline{\omega_3})) = P(\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 \omega_1 \overline{\omega_3} + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3} \omega_1 \overline{\omega_3}) = P(\emptyset) = 0 \quad (13)$$

Следовательно выражение (7) принимает вид

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2}) + P(\omega_2 \overline{\omega_3}) = P(\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3}) + P(\omega_1 \overline{\omega_3}). \quad (14)$$

Так как вероятность по определению неотрицательна учтем в (14) условие неотрицательности

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_3 + \overline{\omega_1} \omega_2 \overline{\omega_3}) \geq 0 \quad (15)$$

следовательно можно утверждать, что для метрики выполняется неравенство треугольника

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2}) + P(\omega_2 \overline{\omega_3}) \geq P(\omega_1 \overline{\omega_3}) \rightarrow \rho_{\Omega}(\omega_1, \omega_2) + \rho_{\Omega}(\omega_2, \omega_3) \geq \rho_{\Omega}(\omega_1, \omega_3). \quad (16)$$

Таким образом для выражения (2) выполняются условия нормы и вероятностное пространство это нормирован-

$$\begin{aligned} \|\omega\| &= P(\omega); \\ \rho_{\Omega}(\omega_1, \omega_2) &= \|\omega_2 \setminus \omega_1\| \rightarrow \rho_{\Omega} = P(\omega_1 \setminus \omega_2) = P(\omega_1)P(\overline{\omega_2} / \omega_1) = P(\omega_1)(1 - P(\omega_2 / \omega_1)). \end{aligned} \quad (17)$$

Или с симметричными нормой и метрикой, где условие симметрии выполняется

$$\begin{aligned} \|\overline{\omega}\| &= P(\omega \vee \overline{\omega}); \\ \tilde{\rho}_{\Omega}(\omega_1, \omega_2) &= \|\omega_2 \setminus \omega_1 \vee \omega_1 \setminus \omega_2\|. \end{aligned} \quad (18)$$

сказывается так как $\omega + \overline{\omega} = \omega$. Следовательно для симметричной метрики условие симметрии выполняется

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2}) + P(\omega_2 \overline{\omega_3}) - P(\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_2 \overline{\omega_3}) = P(\omega_1 \overline{\omega_2} + \omega_2 \overline{\omega_3}). \quad (7)$$

Но из выражения (7) следует, что

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2} \omega_2 \overline{\omega_3}) = P(\emptyset) = 0. \quad (8)$$

Следовательно с учетом (8) выражение (7) может быть записано в виде

$$P(\omega_1 \overline{\omega_2}) + P(\omega_2 \overline{\omega_3}) = P(\omega_1 \overline{\omega_2} + \omega_2 \overline{\omega_3}). \quad (9)$$

Преобразовав аргумент в правой части (9), получаем

Собственно используя (18) теперь можно «измерить» событие и «расстояние» между событиями.

При этом если норма общепринята, то метрика игнорировалась и заменялась различными мерами, а

это далеко не одно и тоже. Но главное является вероятностное пространство и можно – создавать математические модели, учитывающие стохастические связи между событиями.

Но есть вопрос – а чем связано пространство событий и пространство объектов? Здесь ответ простой между объектами и событиями имеется причинно – следственная связь. Таким образом над вероятностным пространством индуцируется новое пространство, норма и метрика которого связаны с оценкой значимости причинно – следственных связей в паре множество объектов Ω и множество событий Ω_t .

Эта оценка известна достаточно давно, это информация по Хартли [1]

$$I(\omega) = -\log_a P(\omega). \quad (19)$$

Проверим выполнение условий нормы для (19). Условие неотрицательности выполняется по определению

$$\begin{aligned} \alpha = const \rightarrow P(\alpha) = 1 \rightarrow \| \alpha p_\alpha \| &= -\log_a (P(\alpha)P(\omega_\alpha / \alpha)) = -\log_a (P(\omega_\alpha)); \\ \rightarrow \| \alpha p_\alpha \| &= 1 \cdot \| p_\alpha \| \end{aligned} \quad (24)$$

так и для обратного события.

$$\begin{aligned} \alpha = const \rightarrow P(\alpha) = 1 \rightarrow \| \alpha p_{\bar{\alpha}} \| &= -\log_a (P(\alpha)P(\bar{\omega}_\alpha / \alpha)) = -\log_a (P(\bar{\omega}_\alpha)); \\ \rightarrow \| \alpha p_{\bar{\alpha}} \| &= 1 \cdot \| p_{\bar{\alpha}} \| \end{aligned} \quad (25)$$

Неравенство треугольника так же выполняется как для (19) так и для (23).

$$\| p_a + p_b \| \leq \| p_a \| + \| p_b \| \rightarrow -\log_a (P(\omega_a + \omega_b)) \leq -\log_a (P(\omega_a)) - \log_a (P(\omega_b)). \quad (26)$$

Или после преобразования соотношение (26) можем записать в виде

$$-\log_a (P(\omega_a + \omega_b)) \leq -\log_a (P(\omega_a)P(\omega_b)) \rightarrow \log_a \left(\frac{P(\omega_a + \omega_b)}{P(\omega_a)P(\omega_b)} \right) \geq 0. \quad (27)$$

Преобразуем вероятность суммы событий в выражении (27)

$$\log_a \left(\frac{P(\omega_a) + P(\omega_b) - P(\omega_a)P(\omega_b)}{P(\omega_a)P(\omega_b)} \right) = \log_a \left(\frac{1}{P(\omega_b)} + \frac{1}{P(\omega_a)} - 1 \right) \geq 0. \quad (28)$$

Так как вероятности по определению неотрицательны, можем записать

$$\frac{1}{P(\omega_a)} \in [1, \infty]; \quad \frac{1}{P(\omega_b)} \in [1, \infty] \rightarrow \left(\frac{1}{P(\omega_b)} + \frac{1}{P(\omega_a)} - 1 \right) \in [1, \infty]. \quad (29)$$

Следовательно выполняется и неравенство треугольника (26), аналогично можно показать, что это условие выполняется и для нормы построенной для обратных событий

$$P(\omega_a) \in [0,1] \rightarrow \| p_a \| = -\log_a (P(\omega_a)) \geq 0, \quad (20)$$

при этом справедливо и условие неотрицательности для обратного события

$$P(\bar{\omega}_a) \in [0,1] \rightarrow \| p_{\bar{a}} \| = -\log_a (P(\bar{\omega}_a)) \geq 0, \quad (21)$$

условие невырожденности для традиционной формулы (19) Хартли не выполняются

$$\omega = \emptyset \rightarrow P(\emptyset) = 0 \rightarrow \| p_{\emptyset} \| = -\log_a (0) = \infty. \quad (22)$$

Но для обратного события условие невырожденности (22) выполняется

$$\omega = \emptyset \rightarrow P(\bar{\emptyset}) = 1 \rightarrow \| p_{\bar{1}} \| = -\log_a (1) = 0. \quad (23)$$

Условие однородности выполняются и для (19) и для (23). Так для события

$$\|p_{\bar{a}} + p_{\bar{b}}\| \leq \|p_{\bar{a}}\| + \|p_{\bar{b}}\| \rightarrow \log_{\alpha} \left(\frac{P(\omega_{\bar{a}} + \omega_{\bar{b}})}{P(\omega_{\bar{a}})P(\omega_{\bar{b}})} \right) \geq 0. \quad (30)$$

Следовательно

$$\log_{\alpha} \left(\frac{1}{P(\omega_{\bar{b}})} + \frac{1}{P(\omega_{\bar{a}})} - 1 \right) \geq 0; \quad (31)$$

$$\frac{1}{P(\omega_{\bar{a}})} \in [1, \infty]; \quad \frac{1}{P(\omega_{\bar{b}})} \in [1, \infty] \rightarrow \left(\frac{1}{P(\omega_{\bar{b}})} + \frac{1}{P(\omega_{\bar{a}})} - 1 \right) \in [1, \infty].$$

И выполняется неравенство треугольника (30) для обратных событий

$$\|p_{\bar{a}} + p_{\bar{b}}\| \leq \|p_{\bar{a}}\| + \|p_{\bar{b}}\|. \quad (32)$$

Таким образом всем условиям нормы отвечает формула Хартли построенная для обратных событий

$$\|p_{\bar{\omega}}\| = I(\bar{\omega}) \rightarrow I(\bar{\omega}) = -\log_{\alpha} P(\bar{\omega}), \quad (33)$$

Следовательно норма оценивает не причину события которое может случиться, а ту связь, которая вызывает отсутствие события.

Построим естественную метрику с использованием полученной нормы. Здесь сразу необходимо учесть однонаправленность информации – причина прежде следствия и поэтому аксиома симметрии и аксиома

треугольника выполняться не будут. Вернее можно получить две метрики – левую для направления источник приемник и правую для смены направления передачи.

Таким образом, для естественной левой метрики, с учетом определения естественной нормы, можем записать

$$d(p_a, p_b) = \|p_a \setminus p_b\| = -\log_{\alpha} P(\overline{p_a \setminus p_b}). \quad (34)$$

Условие неотрицательности для метрики (34) выполняется по определению

$$-\log_{\alpha} P(\overline{p_a \setminus p_b}) \geq 0 \Leftrightarrow P(\overline{p_a \setminus p_b}) \in [0, 1] \rightarrow d(p_a, p_b) \geq 0. \quad (35)$$

Аксиома тождества для данной метрики выполняется. Так как для (34) справедливо

$$-\log_{\alpha} P(\overline{p_a \setminus p_b}) = -\log_{\alpha} P(\overline{p_a \overline{p_b}}) = -\log_{\alpha} P(\overline{p_a} + p_b). \quad (36)$$

Получаем, что метрика (34) имеет ноль только при условии равенства событий

$$p_a = p_b = p \rightarrow -\log_{\alpha} P(\overline{p} + p) = 0 \rightarrow d(p, p) = 0. \quad (37)$$

Аксиома симметрии выполняются только для объединения левой и правой метрик – симметрической метрики

$$\tilde{d}(p_a, p_b) = \|p_a \setminus p_b + p_b \setminus p_a\| = -\log_{\alpha} P(\overline{p_a \setminus p_b + p_b \setminus p_a}). \quad (38)$$

Использование объединенной метрики связано с процессами не имеющими накопления информации и помех. Проверим выполнение аксиом метрики для

симметричной метрики. Аксиома тождества для метрики требует

$$\tilde{d}(p_a, p_b) = 0 \Leftrightarrow p_a = p_b = p. \quad (39)$$

В этом случае аксиома тождества выполняется

$$\tilde{d}(p, p) = \|p \setminus p + p \setminus p\| = -\log_a P(\overline{p \setminus p + p \setminus p}) = -\log_a P((p + \bar{p})(p + \bar{p})) = 0. \quad (40)$$

Условие неотрицательности выполняется по определению. Аксиома симметрии

$$\tilde{d}(p_a, p_b) = \tilde{d}(p_b, p_a), \quad (41)$$

выполняется в силу симметрии метрики

$$\tilde{d}(p_a, p_b) = \|p_a \setminus p_b + p_b \setminus p_a\| = \|p_b \setminus p_a + p_a \setminus p_b\| = \tilde{d}(p_b, p_a). \quad (42)$$

Покажем, что аксиома треугольника выполняется для симметричной, так и для несимметричной меры

$$\tilde{d}(p_a, p_c) \leq \tilde{d}(p_a, p_b) + \tilde{d}(p_b, p_c). \quad (43)$$

Для удобства записи переобозначим

$$p_a = a, \quad p_b = b, \quad p_c = c. \quad (44)$$

Тогда можем записать

$$\tilde{d}(a, c) \leq \tilde{d}(a, b) + \tilde{d}(b, c). \quad (45)$$

Для естественной нормы

$$\|c \setminus a\| \leq \|b \setminus a\| + \|c \setminus b\| \Leftrightarrow -\log_a P(c \setminus a) \leq -\log_a P(b \setminus a) - \log_a P(c \setminus b). \quad (46)$$

Преобразуем выражение (46)

$$-\log_a P(c \setminus a) \leq -\log_a (P(b \setminus a)P(c \setminus b)) \Leftrightarrow \log_a \left(\frac{P(c \setminus a)}{P(b \setminus a)P(c \setminus b)} \right) \geq 0. \quad (47)$$

Следовательно

$$\frac{P(c \setminus a)}{P(b \setminus a)P(c \setminus b)} \geq 1 \Leftrightarrow P(c \setminus a) \geq P(b \setminus a)P(c \setminus b). \quad (48)$$

Или

$$1 \geq P(b \setminus a)P(c \setminus b) + P(c \setminus a). \quad (49)$$

После преобразований получаем

$$p(\bar{a}\bar{b} + ab) + P(\bar{b}\bar{c} + bc) + P(c\bar{a} + a\bar{c}) - P(\bar{a}\bar{b} + ab + \bar{b}\bar{c} + bc) \leq 1. \quad (50)$$

Так как на гиперкубе abc справедливо

$$p(\bar{a}\bar{b} + ab) + P(\bar{b}\bar{c} + bc) + P(c\bar{a} + a\bar{c}) \leq 1; \quad (51)$$

$$P(\bar{a}\bar{b} + ab + \bar{b}\bar{c} + bc) \leq 1.$$

то выполняется условие (51) и следовательно выполняется аксиома треугольника.

Таким образом задачи, связанные с моделированием информационных систем, опираются на вероятностное пространство и построенное над ним информационное пространство.

Как показано, информационное пространство – это нормированное метрическое пространство, где открывается возможность системного использования оптимизационных и динамических моделей поведения информационных систем.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований получено следующее:

1. Информационное пространство это нормированное метрическое пространство над вероятностным пространством.

2. Традиционная мера Хартли не обеспечивает выполнения аксиомы симметрии, что отражает особенности информационных процессов.

3. Норма построенная на основе меры Хартли для обратного события отвечает всем требованиям нормы.

4. Естественная метрика, построенная на основе меры Хартли для нормы симметричных разностей, отвечает всем требованиям метрики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Shannon K Raboty po teorii informatsii y kybernetike / K Shannon, M. : Inostrannaia literatura. 1963 g. -830 s.
2. Hartley R. V. L. Transmission of information / Hartley R. V. L. // Bell System Technical Journal – 7. – 1928. – С. 535 -563.
3. Kolmogorov A.N. Osnovnye poniatia teorii veroiatnopei / A.N. Kolmogorov, Seryia «Teoria veroiatnopei i matematicheskaia statistika», M. : 1977 g. – 120 s.
4. Kolmogorov A.N. Teoria informatsii i teoria alhoritmov / A.N. Kolmogorov, M. : Nauka 1987 g. – 304 s.
5. Fetler V. Vvedenie v teorii veroiatnopei i ee prilozhenia / V. Fetler, M. : Myr, 1964. – 484 s.
6. Iahlom A.M. Veroiatnost i informatsia / A.M. Iahlom, I.N. Iahlom. Izd. 5-e stereotipnoe. –M. : KomKniga. 2007.-512 s.
7. Goppa V.D. Vedenie v algebraicheskuiu teorii informatsii \ Goppa V.D. M. : Nauka Fizmatlit. 1995. – 112s.
8. Temnikov F.E., Informatika, Izvestia vuzov, “Elektrotehnika”, 1963, №11
9. Temnykov F.E., Teoreticheskie osnovy informatsionnoi tekhniki M. “Energia”, 1971.
10. Kotelnikov V.A., O propusknoi sposobnosti efira i provoloki v elektrosviazi, Izdatelstvo Vsesoiuznogo energeticheskogo yn-ta, MGU 1933.
11. Entsiklopedia kibemetiki, v dvukh tomakh, Izdatelstvo redaktsii ukrainskoi entsiklopedii – K.: 1975.

Рецензент: д.т.н., проф. Ходаков В.Е.
Херсонский национальный технический университет

СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 004.9

ВАСЮХИН Михаил Иванович

доктор технических наук, профессор, кафедра компьютерных систем и сетей,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.

Научные интересы: геоинформационные системы оперативного взаимодействия

КАСИМ Аниса Мохаммадовна

кандидат технических наук, докторант, отдел микропроцессорной техники,
Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины

Научные интересы: программное обеспечение и базы данных геоинформационных систем

ДОЛИННЫЙ Василий Владимирович

соискатель, отдел микропроцессорной техники,
Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины
Научные интересы авторов: технологии создания цифровых карт

КАСИМ Масуд Мохаммадович

аспирант, кафедра компьютерных систем и сетей,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.

Научные интересы: геоинформационные технологии

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных видов данных в геоинформационных системах различного назначения (ГИС РН) [1-6] является пространственно-распределенная информация, носителями которой, в значительной степени, выступают электронные карты. Характерным примером применения отмеченных систем является сфера навигации, мониторинга и управления подвижными объектами наземного базирования, для которой имеется необходимость в крупномасштабных картах контролируемой территории [7-9]. Представленные в векторном или растровом формате, карты являются незаменимой составляющей для решения задач отображения навигационных данных подвижных объектов, представления образа окружающей обстановки в подконтрольном пространстве, каче-

ственного и количественного анализа разнообразных явлений и процессов, изменяющихся с течением времени [4, 10].

В отличие от растровых, векторные карты наделены дополнительными цифровыми свойствами, что позволяет решать более широкую номенклатуру прикладных задач. К сугубо цифровым особенностям векторной карты можно отнести семантическое наполнение, сложную организацию картографических объектов и формат представления информации. В то же время «аналоговые» характеристики цифровой карты охватывают ее математическую основу, код номенклатуры, систему координат, проекцию, легенду и т. п. Как цифровые, так и заимствованные аналоговые спецификации электронных карт определяют их внутреннее

устройство, объем данных, а также методы доступа к данным.

С целью обеспечения полноты отображения тематических данных на экранах ГИС РН преимущество отводится векторному типу карт [1, 3, 5, 6], которые несут в себе всю необходимую для пользователя информацию.

Большую актуальность данные карты имеют также при агропромышленном производстве в современных технологиях земледелия, в частности, для оперативного мониторинга крупных площадей сельскохозяйственных угодий [11-14]. Владение такой информацией дает возможность принимать своевременные решения по эффективному управлению агробиологическим состоянием конкретных участков полей. При этом стоит отметить, что крупномасштабные тематические карты для ГИС РН должны обладать чрезвычайной точностью.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В работах [1, 7, 9, 11, 14] доказано, что наиболее эффективным средством сбора цифровой информации в масштабах от 1:25 000 до 1:500 для формирования векторных карт является аэрофотосъемка местности, которая выполняется специальным аэрофотоприбором в виде цифровой камеры, установленной на авиационном носителе, движущемся по заданному маршруту и на указанной высоте. Результаты съемки являются важным источником необходимой многоплановой информации для создания основных и тематических слоев баз картографических данных ГИС РН.

Учитывая вышеизложенное, актуальным направлением исследований на сегодня является разработка автоматизированных средств создания крупномасштабных тематических карт, обеспечивающих функционирование ГИС в разных предметных областях, на основе комплексной обработки данных, полученных в ходе аэрозъемки местности с помощью трехканального сканирующего сенсора, построенного на базе чипов линеек светочувствительных детекторов в составе прибора с зарядной связью (ПЗС) CCD (Charge-coupled device).

В данной статье поставлена задача ликвидировать два существенных недостатка, присущих системам-прототипам отечественного и иностранного производства [1, 3, 5, 9], а именно: вместо картосхем ввести ряд крупномасштабных тематических цифровых карт, ко-

торые в зависимости от контекста прикладной задачи поменно отображаются в динамической сцене реальной обстановки, а вместо зарубежного программного обеспечения предложить отечественную программно-техническую среду [7, 13] обработки скомбинированных данных аэрозъемки объектов местности с использованием сканирующей системы на базе ПЗС-линеек и инерциально-спутникового навигационного комплекса.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Во время использования аэрофотоснимков для создания векторных карт разных масштабов, путем оцифровки растровых сканерных изображений, приведенных к соответствующей форме, следует учитывать системы координат, которые применяются при выполнении аэрофотосъемки [15]. Для обработки изображений, полученных цифровым трехканальным аэрофотосканером, построения модели рельефа и ортоизображения местности предлагается использовать следующие координатные системы:

- координатная система ПЗС-линейки;
- координатная система камеры;
- координатная система самолета;
- геодезическая координатная система местности;
- фотограмметрическая координатная система снимка.

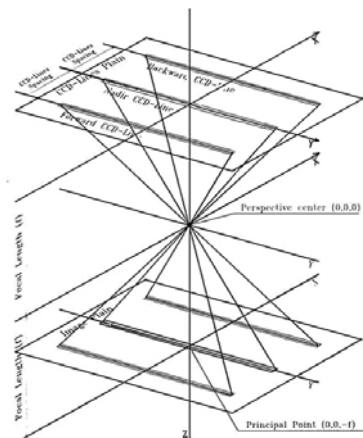


Рис. 1. Система координат камеры с тремя каналами

В связи с этим не лишним будет кратко описать основные свойства перечисленных выше координатных систем и связи между ними, что в дальнейшем облегчит понимание излагаемого метода решения поставленной задачи.

Система координат ПЗ-линейки – одномерная числовая система координат. Ось системы направлена вдоль ПЗ-линейки, начало системы – первый элемент ПЗ-линейки, отсчет начинается с 0, единица измерения – pixel (или элемент).

Система координат камеры – ортогональная трехмерная правосторонняя метрическая система координат, начало которой находится в центре перспективы камеры, рис. 1. Главная Z -ось направлена вдоль оптической оси объектива, Y -ось параллельна ПЗ-линейкам, X -ось дополняет систему. Плоскость ПЗ-линейек CCD-Lines Plain (фокальная плоскость) перпендикулярна к Z -оси. В фокальной плоскости сенсора расположено три линейки детекторов, предназначенные для съемки в надир (Nadir CCD-Line), а также вдоль направления полета вперед (Forward CCD-Line) и назад (Backward CCD-Line). Расстояние между плоскостью ПЗ-линейек и перспективным центром (Perspective center) равняется фокусному расстоянию объектива (Focal Length).

Система координат самолета – ортогональная трехмерная правосторонняя метрическая система координат, рис. 2. Начало системы находится в перспективном центре камеры. X -ось направлена вдоль главной оси самолета по направлению полета, Y -ось горизонтальна и перпендикулярна к направлению полета, Z -ось вертикальна, направлена к зениту (Zenith) и дополняет систему.

Координатные системы самолета и камеры имеют сонаправленные X -оси и противоположно направленные Y - и Z -оси. Переход от системы координат самолета к системе координат камеры и в обратном направлении выполняется вращением на 180° вокруг X -оси.

Геодезическая система координат местности – ортогональная трехмерная правосторонняя метрическая система координат. X -ось направлена на Восток (East), Y -ось направлена на Север (North), Z -ось вертикальна, направлена к зениту и дополняет систему, рис. 2. В качестве геодезической системы координат используется геодезическая система координат Гаусса-Крюгера.

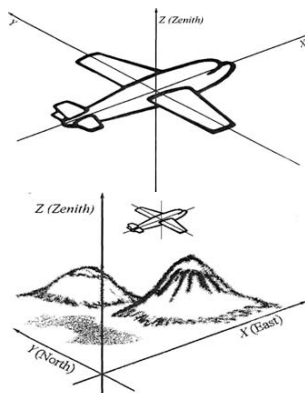


Рис. 2. Система координат самолета и геодезическая система координат местности

Пространственные наклоны самолета и камеры относительно геодезической системы координат показаны на рис. 3. Пространственные наклоны могут быть представлены как последовательная совокупность трех независимых пространственных оборотов. Значения этих оборотов получают с помощью гироскопов инерциального навигационного модуля самолета в системе координат камеры в направлении по часовой стрелке в следующей последовательности – вокруг X -оси (крен Roll), вокруг Y -оси (тангаж Pitch), вокруг Z -оси (курс Yaw). Камера и гироскопы жестко установлены на платформе в хвостовой части самолета.

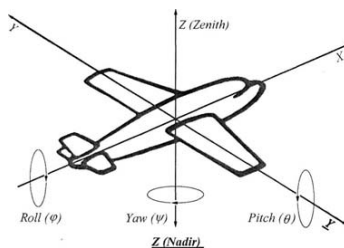


Рис. 3. Наклоны самолета и камеры (направления координатных осей камеры изображены подчеркнутым шрифтом, X -ось – идентична по направлению для самолета и для камеры)

Фотограмметрическая система координат снимка – ортогональная трехмерная правосторонняя метрическая система координат, рис. 4.

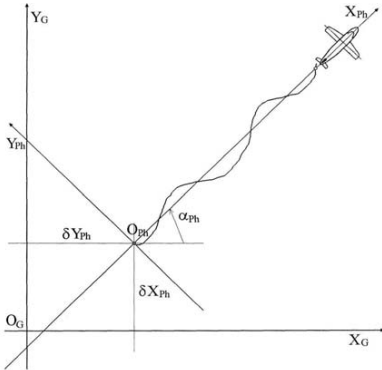


Рис. 4. Фотограмметрическая система координат снимка

X -ось направлена вдоль генерализованного направления полета самолета во время съемки, Y -ось перпендикулярна к ней и лежит в горизонтальной плоскости, Z -ось расположена в вертикальной плоскости, направлена к Зениту и дополняет систему, она параллельна Z -оси геодезической системы координат. Начало координат фотограмметрической системы совпадает с начальной точкой съемки O_{ph} . Как правило, фотограмметрическая система повернута относительно геодезической системы на некоторый угол α_{ph} .

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ
ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЦИФРОВОЙ
АЭРОСЪЕМКИ МЕСТНОСТИ**

Главными фотограмметрическими уравнениями, применяемыми в процессе геопривязки изображений аэроснимков, являются нелинейные уравнения перспективного проецирования, включающие аффинные операции [10, 15, 16] перемещения, вращения и масштабирования. Они представляют соотношение между пространственными координатами точки местности в геодезической системе координат и координатами образа этой точки в плоскости изображения (фокальной плоскости камеры).

Другими словами, по этим уравнениям можно рассчитать координаты образа точки местности в плоскости изображения на основании геодезических координат точки местности, координат центра проекции, углов наклона плоскости изображения и фокусного расстояния объектива камеры, то есть по параметрам внутреннего и внешнего ориентирования камеры. При этом элементы внешнего ориентирования камеры разделяются на две группы: линейные – положение камеры (X_Q, Y_Q, Z_Q) и угловые – наклоны (φ, θ, ψ) в геодезической системе координат.

Главные фотограмметрические уравнения также называют уравнениями прямой фотограмметрической засечки:

$$\begin{aligned} x &= -f \cdot \frac{m_{11} \cdot (X_P - X_Q) + m_{21} \cdot (Y_P - Y_Q) + m_{31} \cdot (Z_P - Z_Q)}{m_{13} \cdot (X_P - X_Q) + m_{23} \cdot (Y_P - Y_Q) + m_{33} \cdot (Z_P - Z_Q)}; \\ y &= -f \cdot \frac{m_{12} \cdot (X_P - X_Q) + m_{22} \cdot (Y_P - Y_Q) + m_{32} \cdot (Z_P - Z_Q)}{m_{13} \cdot (X_P - X_Q) + m_{23} \cdot (Y_P - Y_Q) + m_{33} \cdot (Z_P - Z_Q)}; \end{aligned}$$

где: x, y – положение образа точки местности в фокальной плоскости, X_P, Y_P, Z_P – положение точки местности в геодезической системе координат, X_Q, Y_Q, Z_Q – положение камеры в геодезической системе координат, m_{ij} – направляющие косинусы ($i, j = \overline{1,3}$).

Данные уравнения отображают условие коллинеарности двух лучей – луча, соединяющего центр проекции и точку местности с лучом, соединяющего центр проекции и образ точки местности.

Наклоны камеры в трехмерном пространстве, вызванные наклонами самолета в плоскостях крена, тангажа и курса, могут быть описаны двухмерной 3×3 матрицей направляющих косинусов:

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}.$$

Значения элементов m_{ij} ($i, j = \overline{1,3}$) этой матрицы вычисляются с использованием значений углов, измеренных гироскопами:

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos \varphi \cdot \cos \psi, \\ m_{12} &= \cos \psi \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi - \sin \psi \cdot \cos \varphi, \\ m_{13} &= \cos \psi \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi + \sin \psi \cdot \sin \varphi, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{21} &= \sin \psi \cdot \cos \theta, \\ m_{22} &= \sin \psi \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi + \cos \psi \cdot \cos \varphi, \\ m_{23} &= \sin \psi \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi - \cos \psi \cdot \sin \varphi, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{31} &= -\sin \theta, \\ m_{32} &= \cos \theta \cdot \sin \varphi, \\ m_{33} &= \cos \theta \cdot \cos \varphi, \end{aligned}$$

где φ – угол крена (Roll), θ – угол тангажа (Pitch), ψ – угол курса (Yaw).

Как отмечалось выше, гироскопы представляют пространственное вращение в виде трех независимых последовательных оборотов, соответственно, вокруг X -оси (Roll), потом вокруг Y -оси (Pitch), и после этого вокруг Z -оси (Yaw). Итак, общая 3×3 матрица направляющих косинусов является результатом последовательного перемножения трех матриц размерностью 3×3 :

$$M = M_{Yaw} \cdot M_{Pitch} \cdot M_{Roll}.$$

Каждая из матриц вращения рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} M_{Roll} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix}; \\ M_{Pitch} &= \begin{bmatrix} -\sin \theta & 0 & \cos \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \theta & 0 & \sin \theta \end{bmatrix}; \\ M_{Yaw} &= \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Общая матрица трехмерного вращения является матрицей косинусов углов между попарно взятыми осями двух координатных систем с разными углами наклона, которая используется в вычислении положения точки при вращении:

$$M = \begin{bmatrix} \cos(xX) & \cos(yX) & \cos(zX) \\ \cos(xY) & \cos(yY) & \cos(zY) \\ \cos(xZ) & \cos(yZ) & \cos(zZ) \end{bmatrix}.$$

Расчет положения точки пространства при переходе от одной системы координат к другой, отличной от первой определенным наклоном, но с общим началом координат, выполняется согласно следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} x' &= m_{11} \cdot x + m_{12} \cdot y + m_{13} \cdot z, \\ y' &= m_{21} \cdot x + m_{22} \cdot y + m_{23} \cdot z, \\ z' &= m_{31} \cdot x + m_{32} \cdot y + m_{33} \cdot z, \end{aligned}$$

где x, y, z – предыдущее положение точки, x', y', z' – положение точки после вращения, m_{ij} – направляющие косинусы, $i, j = \overline{1,3}$.

Расчет пространственного положения точки местности по двум или больше изображениям является задачей обратной фотограмметрической засечки.

Уравнения проецирования изображения на горизонтальную плоскость получены из главных фотограмметрических уравнений. Они позволяют рассчитать плановое положение (X, Y) каждой точки изображения на определенной горизонтальной плоскости, имеющей заданную высоту ($Z = const$):

$$X_p = X_Q + (Z_p - Z_Q) \cdot \frac{m_{11} \cdot x + m_{12} \cdot y + m_{13} \cdot z}{m_{31} \cdot x + m_{32} \cdot y + m_{33} \cdot z},$$

$$\text{или } X_p = X_Q + (Z_p - Z_Q) \cdot \frac{x'}{y'};$$

$$Y_p = Y_Q + (Z_p - Z_Q) \cdot \frac{m_{21} \cdot x + m_{22} \cdot y + m_{23} \cdot z}{m_{31} \cdot x + m_{32} \cdot y + m_{33} \cdot z},$$

$$\text{или } Y_p = Y_Q + (Z_p - Z_Q) \cdot \frac{y'}{z'}.$$

Здесь: X_p, Y_p – плановое положение точки на плоскости, Z_p – высота плоскости проецирования, x, y, z – положение элемента в системе координат камеры, X_Q, Y_Q, Z_Q – положение камеры в геодезической системе координат, m_{ij} – направляющие косинусы, $i, j = \overline{1,3}$.

Процедура проецирования изображения на горизонтальную плоскость используется при коррекции изображения. Она позволяет частично устранить искажение входных изображений, вызванное неравномерностью движения и случайными наклонами самолета во время съемки.

МЕТОД РЕКТИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА

Во время съемки самолет осуществляет нежелательные колебания в трех плоскостях (крена, тангажа и курса), а это негативным образом влияет на результирующее изображение. Стабилизирующая платформа значительно уменьшает амплитуду низкочастотных угловых колебаний, благодаря работе приводов, и высокочастотных колебаний, благодаря специальным амортизаторам, однако остаточное отклонение все равно является достаточно значительным. Эти колебания должны быть учтены при последующей обработке полученных данных. Это означает, что для каждой строки изображения нужно поставить в соответствие координаты и углы, которые однозначно идентифицируют положение и ориентацию самолета в пространстве во время экспонирования камеры. Современные системы измерения координат, например, «Applanix» POS AV, отвечают этим требованиям и способны обеспечить эти данные с частотой до 200 Гц.

Характер колебаний, вызывающих геометрические искажения исходного изображения, зависит от типа носителя (самолета). В частности, самолет АН-2, являющийся целесообразным для выполнения аэрофото-съемки площадей небольших размеров в масштабах от 1:10 000 до 1:5 000, из-за типа используемого двигателя и особенностей конструкции, имеет достаточно значительные вибрации в районе 18...22 Гц, которые не могут быть полностью скомпенсированы амортизаторами [15]. Но, имея соответствующие данные от блока инерционных датчиков IMU (Inertial Measuring Unit), можно полностью избавиться от влияния этих колебаний программным методом при пост-обработке изображения, что наглядно демонстрируется на рис. 5.

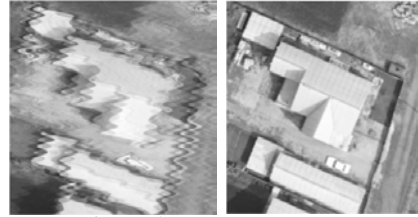


Рис. 5. Исходное изображение (слева), полученное трёхканальным сканирующим аэросенсором, и ректифицированное изображение (справа)

Процесс очистки изображения от нежелательных шумов с учетом навигационных данных называется ректификацией. Наиболее простым вариантом ректификации является выравнивание изображения с учетом лишь ориентации самолета в пространстве, то есть углов крена, тангажа и курса. Этот метод не дает привязки изображения к реальным координатам, но дает возможность оценить данные радиометрии и разрешающую способность. Кроме того, он не нуждается в наличии навигационного оборудования в форме приемника спутниковых сигналов, так как достаточными данными есть показания трех сенсоров угловой скорости, расположенных в соответствующих плоскостях.

Рассмотрим предложенный метод более детально. Примем следующие условные обозначения:

j – порядковый номер строки исходного изображения;

i – порядковый номер пиксела, отсчитанный от середины ПЗС-линейки;

p – размер пиксела;

f – фокусное расстояние объектива;

φ^r – угол крена (roll);

φ^p – угол тангажа (pitch);

φ^y – угол курса (yaw);

ψ – угол камеры;

x – координата пиксела откорректированного изображения в направлении полета;

y – координата пиксела откорректированного изображения вдоль строки изображения.

Тогда суть предложенного метода сводится к выполнению ряда вычислений:

$$k = \frac{f}{p};$$

$$\text{если } \varphi_j^p + \psi \neq 0, \alpha_j = \arctg \frac{\operatorname{tg} \varphi_j^r}{\operatorname{tg}(\varphi_j^p + \psi)};$$

$$\text{если } \varphi_j^p + \psi = 0, \alpha_j = 90^\circ;$$

$$\beta_j = \alpha_j + \varphi_j^y;$$

$$\gamma_j = \arctg(\operatorname{tg} \varphi_j^p \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_j^p});$$

$$\Phi_{i,j} = \frac{i}{1 - \frac{i \cdot \operatorname{tg} \gamma_j \cdot \sin \alpha_j}{k}};$$

$$x'_{i,j} = \frac{\Phi_{i,j} \cdot \sin \alpha_j}{\cos^2 \gamma_j} + k \cdot \operatorname{tg} \gamma_j; \quad y'_{i,j} = \frac{\Phi_{i,j} \cdot \cos \alpha_j}{\cos \gamma_j};$$

$$x_{i,j} = j + \frac{k \cdot \sin \psi}{\cos^2 \psi} + x'_{i,j} \cdot \cos \beta_j - y'_{i,j} \cdot \sin \beta_j;$$

$$y_{i,j} = x'_{i,j} \cdot \sin \beta_j + y'_{i,j} \cdot \cos \beta_j.$$

Конечным результатом вычислений являются координаты пикселей откорректированного изображения, которое в дальнейшем поддается геопривязке на основе позиционных данных приемника системы глобального позиционирования GPS (Global Positioning System). Созданное таким образом геопривязанное изображение служит основой для построения крупномасштабной векторной карты участка местности в программной среде Digital [7, 13, 15].

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ АЭРОСЪЕМКИ МЕСТНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ИНТЕГРАЦИИ

Процесс построения крупномасштабных электронных карт местности, которые являются важной составляющей информационного обеспечения ГИС РН, предлагается осуществлять в соответствии с разработанной моделью взаимодействия, рис. 6, и созданной на ее основе технологией интеграции программных модулей параллельной обработки данных цифровой аэросъемки местности.

Формальное описание модели можно представить в виде множества программных модулей PM :

$$PM = \{ PM_i \}_{i=1}^8,$$

где PM_i , $i = \overline{1,8}$ – программные модули, представленные на рис. 6 готовыми программными продуктами, или их аналоги по функциональному назначению; i – номер модуля.

В модели выделены два блока (блок первичной обработки полетных данных и блок связывания навигационных данных со строками исходных изображений и коррекции последних), в каждый из которых входят соответственно первые два и последующие три программных модуля из всего множества модулей PM . В рамках каждого блока процессы, выполняющиеся в указанных программных модулях, производят параллельную обработку данных.

Первый модуль предназначен для получения точной траектории камеры 3-DAS-1, информации об изменении углов ее ориентации в пространстве, а также временных меток, необходимых для синхронизации каждого изображения с навигационными данными. На этом этапе используется программный продукт POSpac фирмы Arplanix (Канада), с помощью которого осуществляется пост-обработка навигационных данных. В качестве входных данных на PM_1 поступают.

- первичные навигационные данные комплекса POS AV, включающие данные бортового GPS-приемника, данные инерциального измерительного устройства IMU и дополнительную служебную информацию;

- первичные данные наземной базовой GPS-станции, ее точные координаты и высота приемной антенны.

Результатом работы этого модуля являются два файла – файл с данными расчета координат точной позиции и углов пространственной ориентации самолета на весь период полета с интервалом 0,005 секунды и файл с метками временной синхронизации, которые используются как входные данные модуля PM_3 .

Второй модуль из блока первичной обработки данных аэросъемки извлекает множество триад первичных изображений полос земной поверхности, сформированных соответствующим каналом камеры – заднего, надирного и переднего обзоров, и передает его на вход каждого модуля из второго блока, т.е. на PM_3 ,

PM_4 и PM_5 . В технологии интеграции программных модулей эту функцию выполняет программный продукт DASControl.

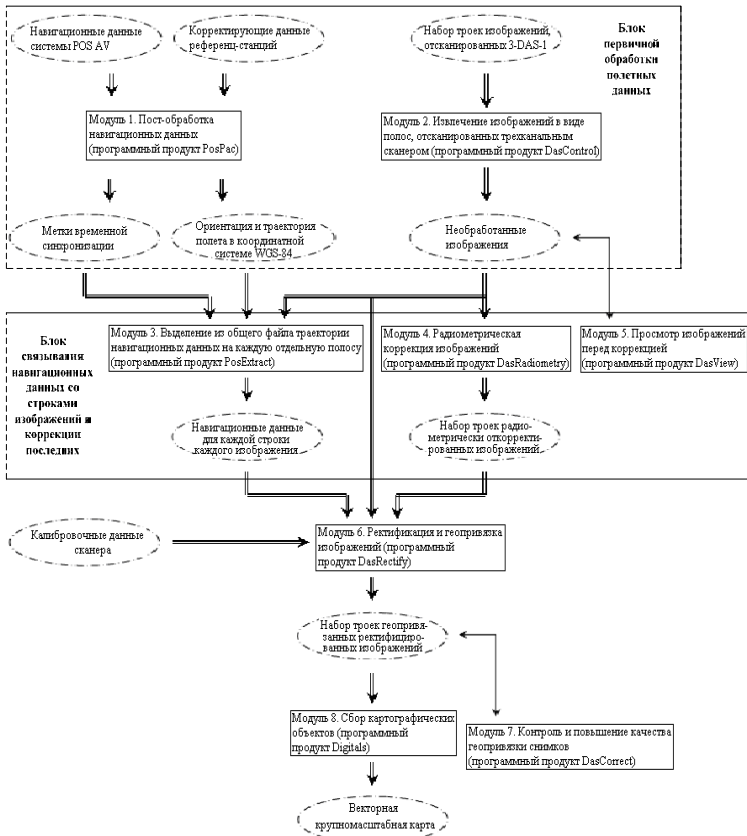


Рис. 6. Схема модели взаимодействия программных модулей, участвующих в обработке аэронавигационных данных и триплетов сканерных изображений участка местности, с целью получения крупномасштабной электронной карты

Оба модуля, представленные в первом блоке, работают независимо друг от друга, но синхронизируют свои выходные данные для передачи их в последующие модули.

Третий модуль на основе файла временных отметок, содержащего GPS-время экспозиции опорных линий изображения, присваивает навигационные данные каждой отдельной полосе отсканированного изображения местности. Этот процесс реализуется с помощью программы POSExtract, которая обеспечивает связывание навигационных данных с отдельным изображением, полученным трехканальным аэросканером 3-DAS-1. При этом методом интерполяции POSExtract

находит в общем файле навигационных данных координаты позиции и углы ориентации для каждой линии и записывает их в файлы атрибутов полос.

В модуле 4 выполняется радиометрическая коррекция первичного изображения, отснятого с помощью сканера 3-DAS-1. Под коррекцией подразумевается выбор оптимальных значений гаммы, контраста и яркости изображения. Для этого используется программа DASRadiometry, которая, опираясь на статистические данные, предлагает соответствующие значения этих параметров.

Принципиальною особенністю модуля являється те, що початкове зображення завжди залишається в неизмінному вигляді, корекція застосовується тільки перед виводом зображення на екран. Це пов'язано з тим, що для сучасних засобів обробки дистанційних даних характерно прагнення зберігати не результати обробки, а вихідні дані та алгоритми, що при необхідності дозволяють швидко воспроизвести необхідний результат.

Паралельно з зміною даних радіометрії необробленого зображення, передбачена можливість його попереднього перегляду, закладена в PM_5 і реалізується програмними засобами DASView.

Логічно об'єднані в другому блоці модулі виконують свої функції в мультизадачному режимі, синхронізують результати своєї роботи перед відправкою в PM_6 .

Получені в попередніх модулях PM_2 , PM_3 і PM_4 проміжні дані, включаючи безпосередньо некоректоване зображення, і калібровочні дані камери використовуються в наступному модулі, що відповідає за ректифікацію та геоприв'язку вхідного зображення. Ці злиті в єдиний модуль процеси послідовно реалізуються за допомогою програми DASRectify, вихідними даними якої є файл ректифікованого геоприв'язаного кольорового зображення в форматі GeoTIFF (для кожної смуги сканування кожним каналом камери).

Контроль якості геоприв'язки оброблених знімків здійснюється модулем PM_7 , який

технологічно виконано в вигляді програмного продукту DASCorrect, що дає можливість сформувати таблицю зв'язок для кожної смуги та програмним шляхом досягти максимально точного результату.

В модуль PM_8 , призначений для збору картографічних об'єктів, передається геоприв'язане зображення, яке шляхом векторизації перетворюється в векторну великомасштабну карту, що складається з шарів трьох основних типів – полігональних, лінійних і точкових графічних об'єктів.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Таким чином, запропонована модель взаємодії програмних модулів паралельної обробки даних аерозйомки та технологія їх інтеграції, включаючи два логічних блоку, в межах яких виконуються паралельні процеси перетворення навігаційних даних та корекції кожного отсканованого зображення місцевості, що дає можливість отримувати дані, які поступають на модуль послідовної ректифікації та геоприв'язки зображення з наступним представленням можливості контролю якості геоприв'язки, що дозволяють в кінцевому підсумку побудувати великомасштабну векторну карту конкретного ділянки місцевості.

Отримані результати створюють передумову для заміни картосхем, що застосовуються в існуючих системах-прототипах, повноцінними картами, що збільшує інформативність представлення динамічної сцени [1, 4, 6, 10, 16] реальної обстановки в ГИС РН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Vasyukhin M.I., Holovko B.B., Qasem A.M. Navhatsiynoy-keruval'ni heoinformatsiyni systemy real'noho chasu: monohrafiya. – Kyiv: Vydavnytstvo TOV «NVP» Interservis», 2015. – 279 s.
2. Palagin O.V., Qasem A.M., Tkachenko O.M., Kasim M.M. Information support for software projects of multidomain geoinformation systems using ontologies, agent-based and calts technologies // Proceedings IX annual scientific conference «Information technology and automation – 2016» (Odessa national academy of food technologies, Odessa, October 11-14, 2016). – Odesa: ONAKhT, 2016. – S. 22–24.
3. Vasyukhin M., Hulevets' V., Qasem A., Boyko O. Heoinformatsiyni komplekxy real'noho chasu dlya vyavlennya i poperedzhennya nadzvychaynykh sytuatsiy na osoblyvo vazhlyvykh ob'yektakh // Suchasni dosyahnennya heodezychnoy nauky ta vyrobnytstva. – 2009. – #1 (17). – S. 238-244.
4. Qasem A.M. Vizualizatsiya navhatsiynykh danykh riznotypanykh rukhomykh ob'yektiv u heoinformatsiynykh systemakh podviynoho pryznachennya / A.M. Kasim, M.M. Kasim // Vys'kova osvita i nauka: s'ohodennya ta maybutnye: tezy dopovidey XII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoy konferentsiyi (25 lystopada 2016 r., Kyiv, Ukraina). – K.: VIKNU, 2016. – S. 332–333.

5. Vasyukhin M.I., Zaporozhets' O.I., Hulevets' V.D., Qasem A.M., Chukarina N.M. Problemy kartohrafichnoyi pidtrymky avtomatyzovanoyi systemy kompleksnoho zakhystu aeroportu // Problemy informatyzatsiyi ta upravlinnya. – 2010. – # 3 (31). – S. 30–38.
6. Qasem A.M. Sklad i struktura kliyent-servernoyi systemy modelyuvannya povedinky navihatsiyino-monitornyhovykh kompleksiv zminnoho pryznachennya / A.M. Kasim // Matematychni mashyny i systemy. – 2016. – # 4. – S.54–67.
7. Vasiukhin M.I., Tkachenko O.M., Kasim A.M., Dolinniy V.V. The aggregation technology of applied software for aerial photography data processing to building map databases in precision agriculture system // Electronics and control systems. – N 1 (43). – 2015. – P.52–58.
8. Kasim M.M. Vysokotochni metody otrymannya suputnykovykh navihatsiynykh danykh dlya zadach pretsyziynoho vodinnya / M. M. Kasim, M. I. Vasyukhin, A. M. Qasem // Naukovyy visnyk Khersons'koyi derzhavnoyi mors'koyi akademiyi. – 2016. – # 1 (14). – S. 299–309.
9. Tempelmann, U., Borner, A., Chaplin, B., Hinsken, L., Mykhalevych, B., Miller, S., Recke, U., Reulke, R., Ubbing, R. (2000) Photogrammetric software for the LH Systems ADS 40 airborne digital sensor, IAPRS, Vol. XXXIII, Part B1, Amsterdam, pp. 552-559.
10. Qasem A.M. Alhorytmy ta prohramnyy zasib obroby i vidobrazhennya dynamichnykh sten z plavnymy peremishchennyamy i transformatsiyamy skladnykh hrafichnykh obraziv rukhomykh ob'yektiv / A.M. Kasim, M.M. Kasim // Vseukrayins'ka naukovo-tekhniczna konferentsiya studentiv ta molodykh vchenykh «Avtomatyka ta elektrotehnika» (17-18 lystopada 2016, Natsional'nyy universytet korablebuduvannya imeni admiral Makarova, m. Mykolayiv). [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://conference.nuos.edu.ua/catalog/files/lectures/38707.pdf>.
11. Vasyukhin M.I., Tkachenko O.M., Qasem A.M., Dolynnyy V.V., Ivanyk Yu.Yu. Tekhnolohiya otrymannya kartohrafichnykh danykh dlya heoinformatsiynoyi systemy pretsyziynoho zemlerobstva // Problemy informatsiynykh tekhnolohiy. – # 1 (015). – 2014. – S.64–69.
12. Brovarets' O. Rozumni mashyny dlya rozumnykh gospodariv. / O. Brovarets' // Zerno. – 2016. – # 9 (81). – S. 262-266.
13. Vasyukhin M. Metod stvorennya klasyfikatora kartohrafichnoyi informatsiyi dlya ahronomichnykh avtomatyzovanykh system / M. Vasyukhin, A. Qasem, V. Dolynnyy, M. Kasim, V. Shelestovs'kyy, S. Horbatiuk // Zbirnyk materialiv V Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Hlobal'ni ta rehional'ni problemy informatyzatsiyi v suspil'stvi i pryrodokorystuvanni 2017", 22-23 chervnya 2017 roku, NUBiP Ukrainy, Kyiv. – K.: Kompyrnt, 2017. – S. 47-49.
14. Kasim M.M. Proektuvannya ta napovnennya baz danykh HIS lokal'noho zemlerobstva na osnovi dyferentsiatsiyi tematychnykh ob'yektiv i vidnoshen' mizh nymy / M.M. Kasim, A.M. Qasem // Informatsiyni tekhnolohiyi: ekonomika, tekhnika, osvita: Zbirnyk materialiv VII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya molodykh vchenykh (17-18 lystopada 2016 roku, NUBiP Ukrainy, Kyiv). – S. 99–100. [El. resurs] – Rezhym dostupu: https://drive.google.com/file/d/0B9mVDaJa__RLcRlRlWhXSnQzdU0/view.
15. Rozroblennya tsyfrovoyi aerofotokamery: zvit pro NDR (zakl.) XII.12.07. / Derzhavne naukovo-vyrobniche pidpryyemstvo „Heosystema”; kerivn. V. B. Hayda; vykon.: S. I. Horbenko [ta in.]. – Vinnytsya, 2007. – 132 s. – # derzhreestratsiyi 0107U006773.
16. Vasyukhin M.I., Qasem A.M., Hulevets' V.D., Boyko O.L., Chukarina N.M. Metody stvorennya dynamichnykh hrafichnykh obraziv pry vyrisnenni zadach vidobrazhennya potochnoyi obstanovky na terytoriyi aeroportu ta prylehlykh do n'oho zonakh // Komp'yuterni systemy ta merezhni tekhnolohiyi (CSNT-2010): zbirnyk tez III Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnicnoyi konferentsiyi. – K.: NAU, 2010. – S. 23.

Рецензент: д.т.н., Вышинский В.А.,
Ведущий научный сотрудник
Института кибернетики
имени В.М. Глушкова НАН Украины

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАСЧЁТАХ НА ПРОЧНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 519.688.531.3.539.4
539.3/.6 539/4

РОЗОВ Ю.Г.

д.т.н., проф., Херсонский национальный технический университет

Научные интересы: разработка и исследование ресурсосберегающих технологий в области обработки металлов давлением

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы развития отечественного машиностроения в современных условиях неразрывно связаны с освоением новых наукоёмких технологий, обеспечивающих ресурсосбережение, эксплуатационную надёжность и конкурентоспособность продукции. В полной мере это относится к производству высококачественных трубчатых изделий, и в особенности, со сложным профилем внутренней поверхности, производство которых отличается высокой трудоёмкостью. Традиционные методы изготовления таких изделий не обеспечивают в полной мере выполнение этих задач и для их решения требуются новые научно-технические комплексные подходы, в том числе с широким использованием IT-технологий. Наряду с этим, современные методы холодного пластического деформирования, такие как холодное выдавливание, гидроэкструзия, гидростатическое прессование и др., обладают широкими возможностями для получения высококачественных прецизионных деталей со сложным наружным или внутренним профилем.

В настоящее время огромный научный и практический интерес представляет разработка и исследование новых технологий формообразования прецизионных трубчатых заготовок с заданным внутренним профилем, основанных на холодном пластическом деформи-

ровании металлов, обеспечивающих высокое качество изделия и отвечающих строгим требованиям, предъявляемым к проектированию, производству и эксплуатации деталей специального назначения, таких как, так называемая ствольная заготовка, т.е. полуфабрикат для последующего изготовления винторезных стволов для огнестрельного оружия [1-3]. Ствольная заготовка, с точки зрения её геометрии, представляет собой толстостенную трубчатую длинномерную заготовку, получение которой возможно путём выдавливания трубчатой заготовки на оправке. Однако из-за низкой пластичности ствольных сталей (30ХН2МФА, 50РА и др.), традиционное холодное выдавливание не обеспечит необходимой степени деформации без разрушений.

В связи с этим, предложен метод получения высокоточных длинномерных трубчатых изделий с повышенными эксплуатационными свойствами методом гидропрессования на гладкой оправке [4, 5].

Схема гидропрессования трубчатых заготовок с подвижной оправкой, применявшаяся в наших исследованиях, представлена на рис. 1.

Начальное положение, перед выдавливанием, отображено слева, а в процессе – справа от оси симметрии.

Бандажированный контейнер 1 установлен на плиту 5. Трубчатая заготовка 6 позиционируется фаской на кониче-

ской кромке матрицы в контейнере. Далее заливается рабочая жидкость и устанавливается оправка 4. Верхняя коническая часть оправки обеспечивает уплотнение, для исключения протекания жидкости. Сверху оправки устанавливается шток 2 с уплотнением 3.

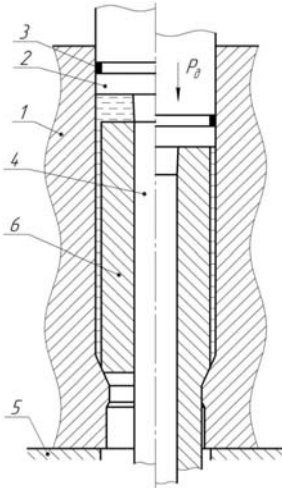


Рис. 1. Схема гидропрессования трубчатых заготовок на оправке

К штоку прикладывается усилие P_d . Во время перемещения штока 2 сначала коническая часть оправки перекрывает отверстие заготовки, а далее рабочая жидкость в контейнере 1 сжимается, создавая гидростатическое давление на свободную поверхность заготовки. Заготовка вместе с оправкой проходит через отверстие в матрице, в результате получаем необходимый внутренний диаметр и чистоту поверхности заготовки.

Данный способ позволяет, как повысить пластичность самого материала, так и получить необходимые физико-механические свойства деформированного материала.

Однако при гидропрессовании малопластичных сталей величина удельных усилий на поверхности заготовки в месте контакта с инструментом достигает значительных величин, поэтому получение прецизионных трубчатых заготовок данным методом поставило вопрос о прочности и надёжности матрицы в этом процессе.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка методики использования и алгоритма проведения численного анализа, основанного на компьютерном моделировании с использованием метода конечных элементов (МКЭ), в расчётах на прочность технологической оснастки при гидропрессовании длинномерных трубчатых изделий.

Альтернативой аналитическим и физическим экспериментальным методам исследований процессов обработки металлов давлением (ОМД) являются методы имитационного моделирования. Из многообразных методов имитационного моделирования [6] на сегодня наибольшее применение получили модели на основе МКЭ.

В современной литературе о применении МКЭ прослеживаются два направления. Первое – это работы теоретического характера [7, 8], затрагивающие математические аспекты метода. Ко второму направлению относятся работы прикладного характера [9, 10], в которых рассматривается применение МКЭ для решения конкретных инженерных задач.

В настоящее время существует достаточно много специализированных и общинженерных пакетов (программных комплексов) конечно-элементного анализа. В данной работе, для создания компьютерных моделей, использован программный комплекс Deform-3D, ориентированный на моделирование процессов металлообработки методом КЭ. Он является мощным инструментом для решения технологических задач и позволяет совершенствовать и оптимизировать технологические задачи, включая процессы термической и химико-термической обработки, без многократных натурных экспериментов.

Весьма большими возможностями расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС) обладает программный комплекс ANSYS, позволяющий решать краевые задачи практически во всех инженерных приложениях, таких как: механика твёрдого деформированного тела, аэро- и гидромеханика, теплопроводность, специфические трубчатые и оболочечные конструкции и т.п. Современный общинженерный программный комплекс неявного конечно-элементного анализа ANSYS с успехом применяют при решении объёмных квазистатических задач со значительной деформацией и при расчёте силового воздействия на технологическую оснастку.

С учётом вышеизложенного, в данной работе с использованием МКЭ-программ проведено исследование НДС матрицы в процессе гидропрессования при воздействии гидростатического давления, обеспечивающего пластичность заготовки из стали 30ХН2МФА, с использованием программного комплекса DEFORMTM-3D.

Для проведения указанного исследования необходимо было определить величину удельных усилий на поверхности заготовки в месте контакта с инструментом, а для этого, в свою очередь, проанализировать процесс гидропрессования трубчатых заготовок из стали 30ХН2МФА с подвижной гладкой оправкой. Анализ проводили с помощью МКЭ с использованием программного комплекса DEFORMTM-3D.

Для моделирования были заданы механические свойства металла в исходном состоянии для стали 30ХН2МФА: модуль Юнга $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu=0,3$, предел текучести $\sigma_{0,2}=490$ МПа.

Исходя из схемы гидропрессования (см. рис. 1), была составлена расчётная схема процесса. Поскольку данную задачу можно рассматривать как осесимметричную, рассматриваем половину процесса. Расчётная схема приведена на рис. 2.

В контейнер 1 установлена заготовка 3, к которой прикладывается нагрузка штоком с оправкой 2. Раз-

меры исходной заготовки и инструмента показаны на рис. 2.

На свободную поверхность заготовки действует распределённое давление, что позволяет приближённо моделировать действие рабочей жидкости. Для сравнения возможности реализации было проведено моделирование при традиционном выдавливании (без действия гидростатического давления) и в условиях действия гидростатического давления 350 МПа и 750 МПа. В случаях действия гидростатического давления учитывали снятия его в момент перехода свободной поверхности на контактную поверхность с инструментом и при выходе заготовки из матрицы.

По результатам компьютерного моделирования было определено НДС изготавливаемых деталей, необходимое гидростатическое давление, которое обеспечит деформирование в холодном состоянии для стали 30ХН2МФА без разрушений, конечная геометрия изделия, распределение удельных усилий на поверхности заготовки в месте контакта с инструментом, а также силовые параметры процесса (максимальное усилие процесса гидроэкструзии составило 630 кН в конце рабочего хода). Распределение нормальных контактных напряжений на поверхности заготовки в месте контакта с инструментом показано на рис. 3.

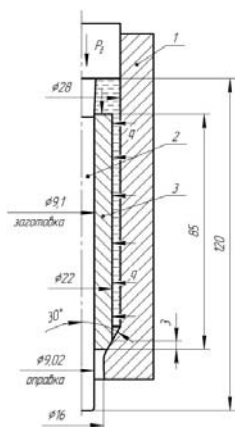


Рис. 2. Расчётная схема гидропрессования трубчатых заготовок на оправке

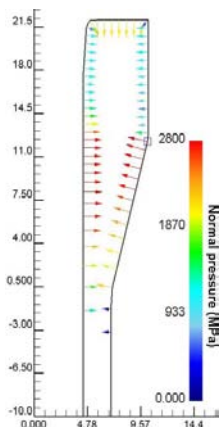


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений на контактных поверхностях заготовки с инструментом

Таким образом, максимальные значения нормальных напряжений на инструменте достигли 1600...2250 МПа на конической поверхности матрицы. На оправке же – от 1000 МПа до 1800 МПа.

Поскольку заготовка и матрица являются телами вращения, данную задачу можно рассматривать как осесимметричную.

Расчётная схема процесса для анализа НДС матрицы представлена на рис. 4. В контейнер 1 установлена матрица 2, через которую выдавливается заготовка 4 с оправкой 3. На заготовку 4 и матрицу 2 действует гидростатическое давление q . Оправка 3 вместе с заготовкой 4 движется относительно контейнера 1 вниз.

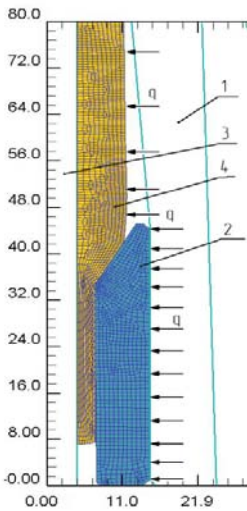


Рис. 4. Расчётная схема процесса для анализа НДС матрицы

Расчёт матрицы проводили в условиях, приближённых к реальным, при максимальных значениях усилия выдавливания P (630 кН) и гидростатического давления q (750 МПа), которое воздействует на матрицу.

Для расчёта матрицы задавали исходные данные: материал матрицы P18, модуль упругости $E=228$ ГПа, предел прочности $\sigma_B=2250$ МПа, твёрдость 66 HRC. Расчёт матрицы проводили в пределах упругих деформаций.

На рис. 5 показано распределение нормальных напряжений на поверхности матрицы. Максимальное значение нормальных напряжений составило 2250...2300 МПа.

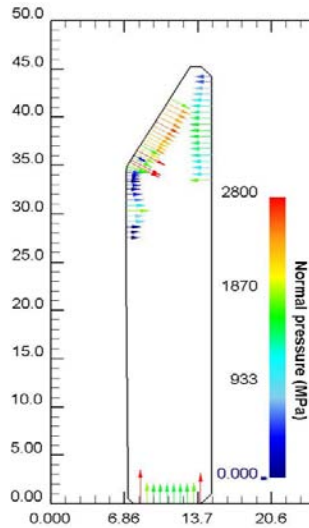


Рис. 5. Распределение нормальных напряжений на поверхности матрицы

Распределения параметров НДС по объёму нагруженной матрицы представлены на рис. 6. Максимальное значение гидростатического давления соста-

вило -1800 МПа в месте перехода конической части матрицы в цилиндрический калибрующий пояс.

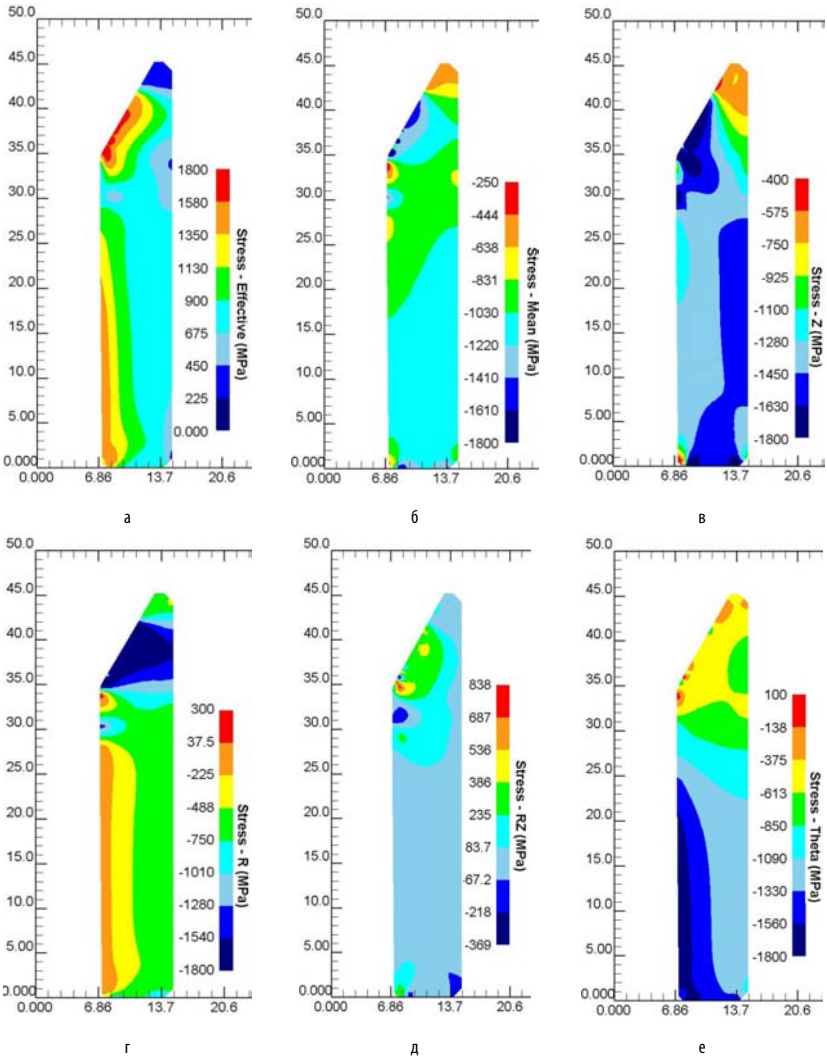


Рис. 6. Распределение параметров НДС в объёме матрицы в нагруженном состоянии:

а – распределение интенсивности напряжений σ_i ; б – распределение гидростатического давления; в – распределение компоненты напряжения σ_z ; г – распределение компоненты напряжения σ_r ; д – распределение компоненты напряжения σ_{rz} ; е – распределение компоненты напряжения $\sigma_{\theta z}$

Таким образом, учитывая величину гидростатического давления (750 МПа), был сделан вывод о достаточной прочности и надёжности матрицы при получении прецизионных трубчатых заготовок гидропрессованием с подвижной гладкой оправкой. Последующая экспериментальная проверка подтвердила достоверность полученных результатов.

ВЫВОДЫ

Разработаны методика и алгоритм проведения численного анализа, основанного на компьютерном моде-

лировании с использованием МКЭ, в расчётах на прочность технологической оснастки при гидропрессовании длинномерных трубчатых изделий.

Достоверность полученных с использованием МКЭ результатов была подтверждена аналитическим расчётом и натурными экспериментами.

Разработанная методика может быть использована для расчётов на прочность технологической оснастки при проектировании процессов обработки металлов давлением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Rozov Ju. G. Tehnologii izgotovlenija precizionnyh trubchatyh izdelij holodnym plasticheskim deformirovanem: monografija / Ju. G. Rozov. – Herson : lzd-vo HNTU, 2013. – 336 s.
2. Rozov Ju. G. Sovershenstvovanie konstruktivnyh i tehnologicheskikh parametrov izgotovlenija trubchatyh izdelij s profilirovannoj vnutrennej poverhnost'ju / Ju. G. Rozov // *Obrabotka materialov davleniem* : sb. nauch. tr. – Kramatorsk : DGMА, 2014. – № 1 (38). – S. 77–83.
3. Rozov Ju. G. Razvitie metodov raschjotov i sovershenstvovanie konstruktivnyh i tehnologicheskikh parametrov izgotovlenija trubchatyh izdelij s profilirovannoj vnutrennej poverhnost'ju / Ju. G. Rozov // *Vestnik NTU «HPI»*. – Har'kov, 2014. – № 43 (1086). – S. 137–143.
4. Rozov Ju. G. Issledovanie processa gidrojekstruzii trubchatoj zagotovki na profil'noj opravke metodom komp'yuternogo modelirovanija / Ju. G. Rozov // *Kuznechno-shtampovnochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem*. – 2013. – № 12. – S. 21–25.
5. Rozov Ju. G. Konechno-jelementnoe modelirovanie gidrojekstruzii precizionnyh trubchatyh izdelij s zadannym vnutrennim profilem / Ju. G. Rozov // *Intellektual'nye sistemy prinjatija reshenij i problemy vychislitel'nogo intelekta (ISDMCI'2013)* : sb. nauch. trud. mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, 20–23 maja 2013 g., Evpatorija, Ukraina. – S. 267–269.
6. Buslenko N. P. Modelirovanie slozhnyh sistem / N. P. Buslenko. – M. : Nauka, 1968. – 368 s.
7. Konnor Dzh. Metod konechnyh jelementov v mehanike zhidkosti : per. s angl. / Dzh. Konnor, K. Brebbia ; red. V. A. Postnov. – L. : Sudostroenie, 1979. – 260 s.
8. Mitchell Je. Metod konechnyh jelementov dlja uravnenij s chastnymi proizvodnymi : per. s angl. / Je. Mitchell, R. Ujejt ; red. N. I. Janenko. – M. : Mir. 1981. – 214 s.
9. Morozov E. M. Metod konechnyh jelementov v mehanike razrushenija / E. M. Morozov, G. P. Nikishkov. – M. : Nauka, 1980. – 254 s.
10. Postnov V. A. Metod konechnyh jelementov v raschjotah sudovyh konstrukcij / V. A. Postnov, I. Ja. Harhurim. – L. : Sudostroenie, 1974. – 344 s.

Рецензент: д.т.н., проф. Ходаков В.Е.
Херсонский национальный технический университет

РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІВ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ В ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ

УДК 004.942: 621.3.013

РЯБЕНЬКИЙ В.М.

д.т.н., професор кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем, Національного Університету Кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна, м. Миколаїв, optron2@gmail.com

ЧУДАЙКІН І.І.

канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем, Національного Університету Кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна, м. Миколаїв, igorlu3141509@rambler.ru

ТАРГУНАКОВА Ю. Д.

магістр, аспірант кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем, Національного Університету Кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна, м. Миколаїв, golubkajulya@gmail.com

ВСТУП

На сучасному етапі дослідження у Світовому океані й континентальному шельфі вимагають переобладнання технологічного забезпечення морських розвідницьких робіт для дослідження морського дна на наявність корисних копалин, предметів археології, об'єктів, що затонули і т.д.

Пошук об'єкта, що підлягає підйому, входить у розряд умовно-коректно поставлених задач. Вибір технічних засобів для кожного етапу роботи: пошук, розвідка, оцінка потужності шарів (при пошуку корисних копалин) здійснюється, виходячи з вимог до геологічного матеріалу на кожному етапі й, як правило, містить у собі різні засоби зйомки, пробного відбору й спостережень за допомогою підводних апаратів. Підводні апарати звичайно здійснюють пошук візуально та за допомогою гідролокаторів і радіолокаторів.

Найчастіше використовуються й більш розвинені гідроакустичні навігаційні системи. Класичні гідроакустичні системи поділяються на декілька типів: з довгою базою (LBL), короткою базою (SBL) та ультракороткою базою (USBL). Методики їх застосування не завжди

відповідають постійно зростаючим вимогам, а саме: дальності дії, точності, економічності та ефективності. Для утримання судна на профілі й позиціонування в заданому місці, забезпечуючи задану необхідну точність, впроваджуються системи керування рухом судна. Також потрібна розробка автоматизації таких систем, що забезпечують утримання судна на траєкторії, заданої відрізками прямих і кіл із допустимими радіусами.

Пошуки ускладнюються по причині поганій видимості в річках, у водоймах з мулистим дном. На певній глибині будь-якої акваторії настільки погана видимість, що розвідка проводиться фактично «наосліп». Водолazi, що проводять розвідку, змушені пересуватися по натягнутому тросу. Всі ці умови дуже погіршують результати дослідження.

Навіть при гарній видимості не легко переміщати мініатюрний апарат паралельними курсами, які частково перекривають один одного. Оскільки такі пошукові смуги так чи інакше досить вузькі, ніколи не можна бути впевненим, що якась ділянка дна не залишиться пропущеною (такі ділянки звичайно називають «канікулами»).

Усе, перераховане вище, нашоухує на думку переосмилення даної проблеми й спонукає на пошук принципово відмінного рішення. Таким рішенням є інтерпретація об'єктів за їх магнітними полями. В даний час, завдяки розвитку елементної бази електроніки, мікропроцесорної техніки й програмного забезпечення, з'являється можливість створення на якісно новому рівні вимірювальних цифрових магнітометричних комплексів із принципово новими характеристиками. Це дозволяє здійснювати діагностику й вимірювання магнітного поля (МП) у реальному масштабі часу з використанням сучасних цифрових методів обробки інформації.

Земля – магніт, отже, магнітне поле Землі намагнічує різні об'єкти, причому не тільки металеві, але й виготовлені з різних порід, які містять у собі певну кількість субстанції заліза, що дає можливість визначити їхнє місцезнаходження. Ці об'єкти створюють локальні неоднорідності, що формують аномальне магнітне поле Землі.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Отже, виникає необхідність дослідження й розробки структурно-алгоритмічних основ організації комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем моніторингу неоднорідностей магнітних полів водного середовища, що дозволяють моделювати основні імовірнісні характеристики знаходження затонулих об'єктів, на підставі яких розробляється стратегія проведення експериментальних досліджень.

Цей метод також надає непрямі можливості геологічного вивчення різних районів і різних геологічних епох шляхом дослідження магнітного поля Землі.

Ідентифікація затонулих об'єктів — це обернена задача морської магнітометрії, і вона належить до класу некоректно поставлених задач. Рішення оберненої задачі передбачає визначення форми і розташування тіл, їх густини та об'єму. Рішення цього складного завдання зазвичай наводиться в кілька етапів.

Першим етапом розв'язку такої задачі є рішення прямої задачі. Пряма задача полягає у визначенні аномального поля, створюваного тілами певної форми, густини за певних умов занурення і накопичення інформації про ці об'єкти. Особливий інтерес представляють задачі визначення аномального поля об'єктів, що складаються з тонкостінних конструкцій.

Тонкі пластини та оболонки використовуються в різних галузях сучасної техніки значно ширше, ніж суцільні тіла, тому розв'язок задач про намагнічення тонкостінних конструкцій має особливе значення.

Також варто відзначити, що зміна геомагнітного поля Землі впливає на біологічні об'єкти [1,2]. Джерелами зміни цього поля в місцях тривалого перебування людей є намагнічені феромагнітні елементи конструкцій будинків, а також різних технічних засобів. Для створення методів оцінки рівнів зниження геомагнітного поля в будинках необхідна методика розрахунку магнітного поля біля феромагнітних елементів будівельних конструкцій.

Задача про намагнічення тонких оболонок і пластин являє собою специфічний граничний випадок загальної магнітостатичної задачі, що заслуговує самостійного розгляду [3]. Особливості цієї задачі полягають у тому, що мала, в порівнянні з іншими геометричними розмірами, товщина оболонки обумовлює появу в рішенні задачі різниці близьких величин. Тому необхідно шукати такий шлях розв'язку завдання, при якому умова малості товщини враховувалося б вже в самому формуванні задачі. Для вирішення цієї задачі був розроблений модифікований метод граничних елементів (ММГЕ) [4] і програмний комплекс MBEM для чисельного розрахунку розподілу напруженості магнітного поля та потенціалу навколо й усередині тонкостінних конструкцій. Цей комплекс має дружній інтерфейс, працює на операційній системі Linux, з використанням gmsh [5] та api3d [6] генераторів, MBEM було написано за допомогою C та C++ мов програмування. Розроблений ММГЕ, заснований на застосуванні фундаментальних розв'язків, які визначаються простими аналітичними виразами — було розроблено аналітичні вирази для розв'язування задач тривимірного магнітного поля складної конфігурації на основі рівнянь для розв'язку задач плоскпаралельного магнітного поля [7]. Також слід зазначити, що розроблений ММГЕ, позбавлений недоліку класичного методу граничних елементів, а саме — для побудови класичних граничних елементів треба мати функцію Гріна для відповідної області, такі функції знайдені не для всіх можливих областей [8].

Програмний комплекс приймає вхідні параметри, які задає користувач. Сам користувач вибирає за допомогою яких сіткових генераторів gmsh чи api3d викона-

ти побудову поверхневої сітки та куди вивести результати розрахунку: візуалізувати результати програми за допомогою інтерфейсу Gmsh чи вивести їх в файл. Також розроблений комплекс програм дозволяє створити довільний об'єкт в інтерактивному режимі чи завантажити вже існуючий об'єкт; побудувати розрахункову сітку та вивести її на монітор (якщо сітка не підійшла, то можна з легкістю помінати вхідні параметри триангуляції та розрахувати нову сітку) [9]; після того, як була побудована сітка, розраховується потенціал простого

шару (ППШ) та виводиться результат розрахунку індукованого магнітного потенціалу та напруженості в вигляді графіків та векторів. Знаючи значення потенціалу простого шару, можна з легкістю знайти індуковане поле в будь-якій точці простору [10].

Розглянемо роботу програмного комплексу, коли користувач вибирає сітковий генератор gmsh. На рис. 1 представлено архітектуру розробленого програмного комплексу MBEM при виборі користувачем gmsh генератора:

Архітектура програмного комплексу MBEM при виборі gmsh генератора

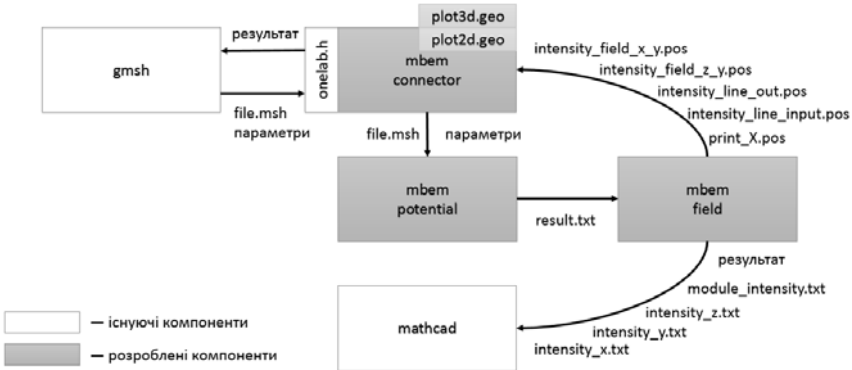


Рис. 1 Архітектура MBEM при виборі gmsh

Програма **mbem connector** координує роботу між усіма програмами, які входять в даний програмний комплекс. Після того, як була задана тонкостінна конструкція, користувач нажимає кнопку «Run», тоді інформація із даними про триангуляцію (кількість точок розбиття nV , їх координати, кількість трикутників та номери вершин, які входять в кожен трикутник (масив *faces*)) записуються у файл який має розширення «.msh». Програма **mbem connector** перевіряє цей файл на коректність та викликає програму **mbem potential**. Ця програма розраховує потенціал простого шару тонкої оболонки та записує результат в файл **result.txt**. Після цього програма **mbem connector** викликає програму **mbem field** та передає їй файл **result.txt**. По розрахова-

нуму ППШ проводиться розрахунок індукованого магнітного потенціалу та напруженості в програмі **mbem field**. Програма **mbem field** формує файли із розрахованими значеннями вектору індукованої напруженості на площині під тонкостінною конструкцією (**intensity_field_x_y.pos**) та на площині, що перетинає цю конструкцію посередині (**intensity_field_z_y.pos**); із залежністю напруженості від відстані на відрізьку з координатами по осі абсцис $-5 \leq x \leq 5$ метрів, який знаходиться під об'єктом ($z = -2.m$) (**intensity_line_out.pos**) та на відрізьку з координатами $x = 0, -5 \leq y \leq 5, -5 \leq z \leq 5$, який перетинає об'єкт посередині (**intensity_line_input.pos**); із значенням ППШ та координатами тонкостінної конструкції

(print_X.pos). Потім програма mbem connector відкриває за допомогою gmsm файли plot2d.geo та plot3d.geo, які обробляють та виводять на екран значення магнітного поля розрахованого, в mbem field. При необхідності, також можна вивести результат в Mathcad.

Розглянемо роботу MBEM при виборі користувачем ani3d генератора. На рис. 2 представлена архітектура розробленого програмного комплексу MBEM при виборі користувачем ani3d генератора:

Архітектура програмного комплексу MBEM при виборі ani3d генератора

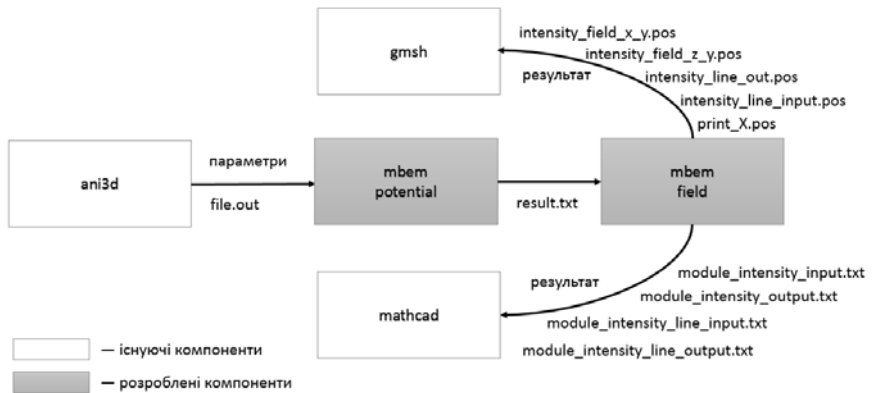


Рис. 2 Архітектура MBEM при виборі ani3d

За допомогою програми ani3d користувач створює довільний об'єкт чи завантажує вже існуючий об'єкт. Програма ani3d робить поверхневу триангуляцію об'єкта, якщо результат задовольняє користувача, то ani3d записує інформацію із даними про триангуляцію (кількість точок розбиття n^V , їх координати, кількість трикутників та номери вершин, які входять в кожен трикутник (масив *faces*)) у файл, який має розширення «.out». Після цього користувач запускає mbem potential. Ця програма розраховує ППШ тонкостінного об'єкта та записує результат в файл result.txt. Далі, програма mbem field проводить розрахунок індукованого магнітного потенціалу та вектору напруженості, та записує результат розрахунків в наступні файли: module_intensity_line_output.txt (значення напруженості на відріжку з координатами по осі абсцис $-5 \leq x \leq 5$ метрів, який знаходиться під об'єктом ($z = -2.m$)); module_intensity_line_input.txt (значення напруженості на відріжку з координатами $x = 0$,

$-5 \leq y \leq 5$, $-5 \leq z \leq 5$, який перетинає об'єкт посередині); module_intensity_output.txt (значення модуля вектору напруженості на площині, яка знаходиться під тонкостінною конструкцією); module_intensity_line_output.txt (значення модуля вектору напруженості на площині, яка пертинає об'єкт посередині). Після цього користувач може обрати за допомогою якої програми візуалізувати розрахунок: gmsm чи Mathcad.

Розглянемо роботу MBEM на прикладі. Нехай потрібно знайти магнітне поле поблизу та всередині тонкостінного шару радіусом $r = 1.m$, з магнітною проникністю $\mu = 150$, який знаходиться в зовнішньому полі $H_{0z} = -1 A/m$. Центр шару співпадає з початком координат. Товщина шару 1 мм.

Знайдемо магнітне поле всередині та зовні сфери за допомогою розробленого програмного комплексу

MBEM при виборі gmsh та anis3d генераторів. Також результати розрахунку перевіримо в програмі ANSYS.

Знайдемо значення вектору напруженості магнітного поля на відстані 2 м від центру сфери ($z = -2.0$ м) на відрізку з координатами по осі абсцис [-5;5] метрів та значення вектору напруженості магнітного поля на відрізку, що проходить через

центр сфери ($-5 \leq z \leq 5$) за допомогою розробленого програмного комплексу MBEM при виборі gmsh та anis3d генераторів.

На рис. 3 приведено поверхнева триангуляція сфери, отримана за допомогою gmsh та anis3d генераторів відповідно:

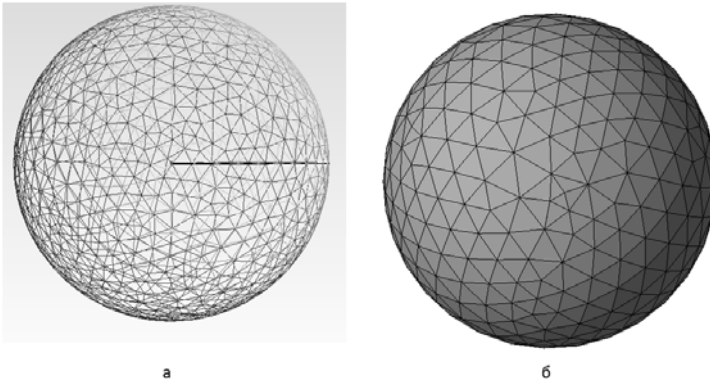


Рис. 3 Поверхнева триангуляція сфери, отримана за допомогою gmsh(a) та anis3d(б) генераторів

Розглянемо результат роботи програмного комплексу при виборі користувачем gmsh генератора. На рис. 4 представлено залежність вектору напруженості магнітного поля на відстані 1 м від центру сфери

($z = -2.0$ м, $y = 0.0$ м) на відрізку з координатами по осі абсцис [-5;5] метрів та значення вектору напруженості магнітного поля на відрізку, що проходить через центр сфери ($-5 \leq z \leq 5$) відповідно.

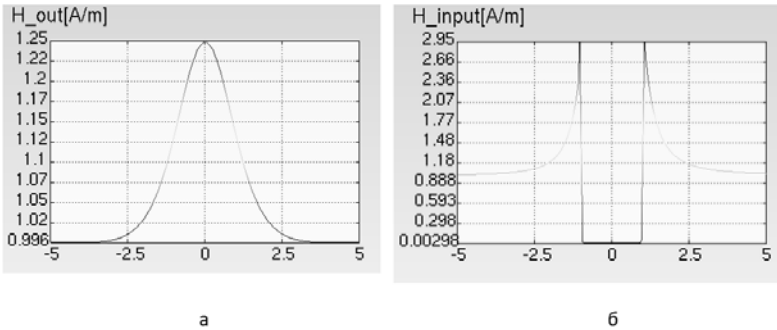


Рис. 4 Значення модуля вектору результуючої напруженості на відрізку ($-5 \leq x \leq 5$, $y = 0.0$ м, $z = -2.0$ м) (а) та на відрізку ($x = 0.0$ м, $y = 0.0$ м, $-5 \leq z \leq 5$) (б) при виборі gmsh генератора

Розглянемо результат роботи програмного комплексу при виборі користувачем *ani3d* генератора:

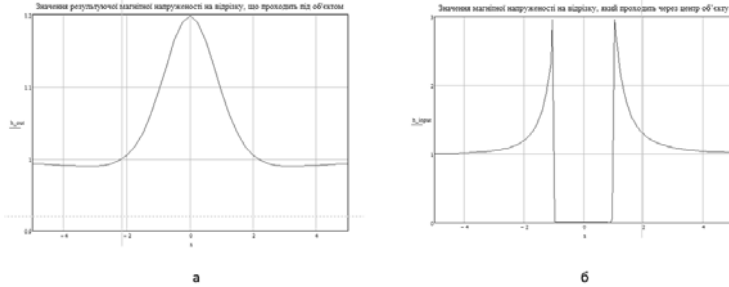


Рис. 5 Значення результуючої напруженості на відрізку $(-5 \leq x \leq 5, y = 0 \text{ м}, z = -2 \text{ м})$ (а) та на відрізку $(x = 0 \text{ м}, y = 0 \text{ м}, -5 \leq z \leq 5)$ (б) при виборі *ani3d* генератора

На рис. 6 зображено розподіл вектору напруженості результуючого поля на площині $-5 \leq x \leq 5, -5 \leq y \leq 5, z = -2$, розрахований за допомогою ММГЕ (МВЕМ) та МСЕ (ANSYS) відповідно.

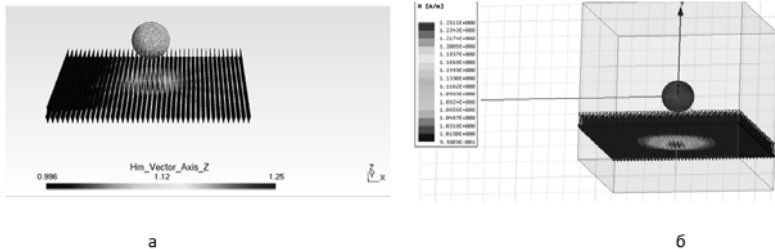


Рис. 6 Розподіл вектору напруженості результуючого поля під сферою (на відстані 1 м)

Як видно з рис. 6 значення вектору результуючої магнітної напруженості \vec{H} тонкостінної сфери, які розраховані на основі ММГЕ в МВЕМ, були підтверджені результатами, отриманими в ANSYS.

ВИСНОВОК

Розроблено програмний комплекс МВЕМ для розрахунку магнітних полів тонкостінних конструкцій на базі розробленого модифікованого методу граничних елементів. Цей комплекс дозволяє моделювати основні імовірнісні характеристики знаходження затонулих об'єктів, на підставі яких розробляється стратегія проведення експериментальних досліджень. ММГЕ базується на методі граничних елементів та методі вторинних джерел,

але на відміну від класичного МГЕ, не вимагає наявності матриць фундаментальних розв'язків. Застосування ММГЕ дозволяє розрахувати магнітне поле в тривимірному просторі поблизу та всередині тонкостінної оболонки будь-якої конфігурації, при цьому зменшується розмірність дискретної моделі у порівнянні з МСЕ та МКР.

Розроблений програмний комплекс МВЕМ має дружній інтерфейс, який реалізований на операційній системі Linux, з використанням *gmsh* та *ani3d* генераторів за допомогою C та C++ мов програмування, та працює в багатонитовому режимі. Тобто створено нуву САПР, яка має всі необхідні засоби візуалізації та повністю автоматизована, що відповідає всім сучасним вимогам для розв'язку поставлених задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Kudryashov Yu.B., Rubin A.B. Radiatsionnaya biofizika (sverhnizkochastotnyye elektromagnitnyye izlucheniya): Uchebnik. Moskva — FIZMATLIT, 2014. 216 p.
2. Lyubimov V.V. Iskusstvennyye i estestvennyye elektro- magnitnyye polya v okruzhayushey cheloveka srede i pribory dlya ih obnaruzheniya i fiksatsii: Preprint / IZMIRAN; №11 (1127) – Troitsk, 1999. – 28 p.
3. Krasnov I.P. Raschetnyye metody sudovogo magnetizma i elektrotehniki // L.: Sudostroenie. — 1986. — 216 p.
4. Ryabenkiy V.M. Modifikovaniy metod granichnih elementlv ta algoritm roz'yazannya zadach obchislennya Indukovanogo magnitnogo polya tonkostlnnih konstruksly v trivimlrmomu prostorl / Chudaykln I.I., Targunakova Yu.D.// «Informatslynl tehnologiyi ta komp'yuterne modelyuvannya», m. Ivano-Franklvsck, 2017. — p. 403 – 409
5. <http://gmsh.info/doc/texinfo/gmsh.html>
6. Danilov A. A. Sposobyi postroeniya trYohmernih poverhnostnyih triangulyatsiy i tetradralnyih setok // Nauchno-tehnicheskyy vestnik SPbGU ITMO. 2010. T. 65, № 1. p. 87–92
7. Filippov D.M. Razvitiye metoda vtornichnyh istochnikov dlya modelirovaniya ploskaparallelnogo magnitnogo polya elektromagnitnyih sistem: avtoreferat dis. kand. tehn. nauk. — Harkov, 2013. — 24 p
8. Katsikadelis, John T The Boundary Element Method for Engineers and Scientists 2nd Edition. — Academic Press, 2016, 464 p.
9. Ryabenkiy V.M. Metodyi generatsii treugolnoy setki dlya resheniya zadach metodom granichnyih elementov / Chudaykin I.I., Targunakova Yu.D. // VseukraYinska naukovno-tehnichna konferentsiya studentlv ta molodih vchenih «Innovatslyvi v sudnobuduvannl ta okeanotehnitsl», — 356-357 p. — 2017.
10. Mirollyubov N.N., Kostenko M.V., Levinshyeyn M.L., Tihodeev N.N. Metodyi rascheta elektromaticheskikh poley // «Vysshaya shkola», g. Moskva, 1963. — 414 p.

Рецензент: д.т.н., проф. Коваленко І. І.
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили



МОДЕЛІ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ГРАФІЧНИХ І МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

УДК 004.3(075)

ВЕСЕЛОВСЬКА Галина Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, доцент, кафедра інформаційних технологій факультету кібернетики та системної інженерії Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси: технології підвищення ефективності комп'ютерних систем і мереж.

E-mail: galina.veselovskaya@gmail.com

ВСТУП

Аналіз міжнародних проєктів і нормативних документів з сучасних аспектів удосконалювання освітніх процесів, законодавчої бази з питань розвитку системи освіти в Україні, результатів фундаментальних теоретичних досліджень і прогресивного світового та вітчизняного досвіду в указаній предметній галузі, а також численних результатів практичних напрацювань в умовах повсякденного навчального процесу тощо, дозволяє казати про те, що одну з провідних ролей у навчальних закладах повинне відігравати (але далеко не завжди та не повсюдно відіграє на практиці в повній мірі) застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій і технічних засобів навчання (ТЗН) на їхній основі, серед яких чільне місце мають посідати графічні та мультимедійні технічні засоби навчання (ГМТЗН), які надають потужні функціональні можливості для посилення візуальної складової інформації навчального призначення та потенційно мають дуже високу результативність [1-4]. Сучасні ТЗН представляють достатньо самостійний і дуже потужний за можливостями напрямок удосконалювання інформаційних систем, технологій і процесів у галузі освіти на всіх рівнях навчання, що має в якості підґрунтя фундаментальну теоретичну базу та незліченні практичні напрацювання, сформовані й апробовані протягом тривалої еволюції розвитку [5-7]. Разом із тим, актуальні на

нинішній час ГМТЗН являють собою доволі складні та ще недостатньо вивчені в теорії та на практиці системи з високою динамікою можливостей їхнього розвитку, підвищення ефективності розробки та практичного застосування яких потребує їхнього подальшого дослідження та моделювання [8-12]. Зокрема, недостатньо дослідженими й опрацьованими на даний час виявилися загальносистемні аспекти запровадження комп'ютерних систем ГМТЗН [13-15].

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Теоретичним дослідженням еволюції розвитку, сучасного стану та тенденцій удосконалювання ТЗН (в тому числі, ГМТЗН), а також практичним розробкам та апробаціям у даній предметній галузі присвятили свої роботи (дисертації, монографії, посібники, статті, доповіді на конференціях, методичні розробки тощо) численні вітчизняні та зарубіжні автори (провідні науковці та педагоги-практики) [4-7]. Серед них слід окремо відзначити фундаментальні дослідження ряду авторів (Машбиць Є.І., Жалдак О.М., Буйницька О.П. та інші), в роботах яких було створено засади методології застосування наявних і створення нових ТЗН (зокрема, ГМТЗН) у навчальному процесі [1, 5, 8]. Незважаючи на сказане, до нинішнього часу багато аспектів теорії та практики створення та використання ГМТЗН у процесах навчання залишаються недостатньо вивченими й опрацьованими.

В основному, в існуючих напрацюваннях наукової спільноти піднімалися питання методичних, загальних організаційних і загальнотехнічних аспектів застосування ТЗН (ГМТЗН), а також описувалися й аналізувалися численні приклади їхнього практичного впровадження в рамках конкретних, окремо взятих навчальних процесів [7-12]. Разом із тим, усе менше уваги останнім часом приділялося: дослідженню та моделюванню ТЗН (ГМТЗН) як цілісних технічних систем (зокрема, як складних, інтелектуалізованих систем із персоналізованою адаптивною людино-машинною взаємодією); комплексному аналізу та розробці питань психології, фізіології, ергономіки та безпечності роботи користувачів зазначених систем; всебічному розгляду аспектів сучасних носіїв інформації навчального призначення в таких системах (інформаційних Web-ресурсів Інтернету, хмарних ресурсів, інших мережних джерел і сховищ інформації); персоналізації захисту інформації в указаних системах тощо.

Результатом окресленого стану справ є те, що, при практичному застосуванні ГМТЗН, досі виникає ряд проблем, які суттєво гальмують їхнє використання та знижують очікувані результати. Серед основних із указаних проблем слід назвати те, що існуючі комп'ютерні системи ГМТЗН, а також їхні окремі компоненти та технології, не завжди є достатньо прийнятними для використання без спеціальної попередньої підготовки як їхніми безпосередніми користувачами (тими, які навчаються), так і розробниками їхнього інформаційно-візуального наповнення.

У першу чергу, мова йде про невисоку психологічну та фізіологічну комфортність роботи з ГМТЗН, що виникає внаслідок недостатнього рівня уваги до наступних аспектів: мотивованості щодо переваг застосування ГМТЗН, звичності роботи з ними, стабільності процесів їхнього функціонування, ергономічності технічних інтерфейсів взаємодії з ними, персоналізованості технологій роботи з ними; обґрунтованості вибору окремих компонентів і технологій систем ГМТЗН, концепцій їхньої інтеграції в єдину систему згідно зі специфічними особливостями умов здійснення конкретних навчальних процесів.

Наявність указаних проблем обумовила актуальність здійснення в даній роботі дослідження комп'ютерних систем (у цілому й їхніх компонентів)

ГМТЗН. У рамках окресленої загальної наукової проблеми, розглядатимемо ряд її складових, таких як: виявлення актуальних підпроблем дослідження комп'ютерних систем і технологій (КСТ) ГМТЗН; дослідження та моделювання загальносистемних аспектів КС ГМТЗН на рівні їхньої предметної галузі.

РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧ

Підзадача 1 – виявлення актуальних підпроблем дослідження КС ГМТЗН.

Сучасні тенденції руху світових соціально-економічних процесів характеризують інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу та практичних впроваджень його досягнень, що тягне за собою неперервне посилення вимог ринку праці до підготовки фахівців, обумовлюючи необхідність постійного пошуку резервів інтенсифікації навчання [15].

Аналіз еволюції наукових розробок і повсякденних практичних апробацій показує, що до найдієвіших способів підвищення ефективності процесів та якості результатів навчання належить застосування ГМТЗН. Актуальним є пошук нових і вдосконалювання існуючих концепцій, моделей, засобів і методів використання ГМТЗН у підготованні навчального процесу, проведенні аудиторних занять, управлінні позааудиторною роботою [15].

Успішному вирішенню даних проблем сприяє наступне:

– спектр сучасних ГМТЗН є достатньо широким, охоплюючи численні спеціалізовані ГМТЗН (мультимедійні проєктори, планшети, інтерактивні дошки тощо) й універсальні технічні засоби, що можуть застосовуватися в якості ГМТЗН або в їхньому складі (комп'ютерне, периферійне, мережне й інше технічне обладнання та спорядження навчального аудиторного фонду);

– розвинені графічні, мультимедійні й інші прогресивні можливості сучасних ГМТЗН забезпечують суттєве якісне та кількісне посилення візуальної підтримки всіх етапів і форм процесів навчання, дозволяючи створювати та відтворювати віртуальні навчальні матеріали на основі найрізноманітнішого електронного контенту (графічних ілюстрацій, фото, відео, анімації, морфінгу, 3D-світів тощо), зручних переходів за гіперпосиланнями, дружньої інтерактивної взаємодії [15].

Одним із підґрунть гальмування активності застосування ГМТЗН у навчальному процесі є слабка контрольованість у цілому (а також недостатня оперативність, гнучкість, адаптивність, запитуваність результатів, автоматизованість і, відповідно, дієвість наявного контролю) стану та процесів функціонування КС ГМТЗН та їхніх компонентів, що призводить на практиці до високої ймовірності виникнення непередбачуваних критичних збоїв у роботі систем ГМТЗН, які тягнуть за собою суттєві часові затримки, неможливість відтворення потрібних візуальних матеріалів та інші неприпустимі несконденсовані відхилення від запланованого навчального процесу (наочною є ситуація, коли деякий пристрій із функціями ГМТЗН, наприклад, мультимедійний проектор, керований із комп'ютеру крізь бездротову мережу, приступає до роботи протягом нестабільного за тривалістю та неочікувано довгого терміну часу, а керувальний зв'язок із ним подекуди раптово переривається) [15].

Основна мова йде про проблему досягнення максимально можливої стабільності роботи КС ГМТЗН відповідно до висунутих вимог щодо їхніх станів, характеристик, режимів функціонування тощо; з практичної точки зору, дана проблема трансформується в завдання забезпечення гарантованого рівня стабільності стану та функціонування КС ГМТЗН згідно заданих вимог. [15]

Із загальної проблеми підтримки стабільності роботи КС ГМТЗН на рівні заданих вимог випливає ряд актуальних підпроблем:

1) забезпечення належного керувального зворотного зв'язку з метою гнучкого корегування стабільності роботи КС ГМТЗН на підставі здійснення їхнього систематичного (цілодобового) моніторингу, аналізу, діагностики;

2) виявлення для кожного базового виду ГМТЗН, визначального компоненту та КС ГМТЗН у цілому тих проблемних аспектів (зон, станів, режимів функціонування, характеристик і т.і...), що обумовлюють виникнення позаштатних ситуацій або безпосередньо пов'язані з ними;

3) резервування (з достатнім ступенем надлишковості) заходів і засобів, які мають бути задіяні, якщо в основному режимі роботи КС ГМТЗН дають критичні збої, що можуть призвести до зриву запланованого навчального процесу (його неприпустимого відхилення від початково висунутих до нього вимог) [15].

Ураховуючи специфіку процесів навчання й їхньої візуальної підтримки, моделюванню яких органічно властиві багатокритеріальність вибору, нечітка визначеність характеристик і вимог тощо, похідною проблемою стає забезпечення інтелектуального моніторингу, аналізу та діагностування стану КС ГМТЗН із метою подальшого здійснення керувальних стабілізуючих впливів на системи та перемикання роботи систем на резервні сценарії роботи в разі виникнення позаштатних ситуацій [15].

Засади вирішення даної проблеми, що потребує подальшого дослідження, було закладено в роботі [14], де:

– розглянуто нові актуальні питання вдосконалення систем навчання комп'ютерній графіці (КГ), що стосуються візуального супроводження процесів навчання;

– розроблено базові елементи інтелектуалізованої інформаційної системи підтримки стану готовності ТЗН КГ, щодо якої визначено ключові компоненти та вимоги до них (категорії електронних сховищ інформації; вимоги до математичного забезпечення підсистеми управління; критерії вибору технічного та програмного забезпечення підсистеми управління відповідно до вимоги граничної мінімізації необхідності урахування фактору специфіки різномірних апаратно-програмних ресурсів користувачів системи; вимоги до підсистеми зберігання інформації, пов'язані з урахуванням необхідності зберігання в системі різномірної візуальної інформації великих обсягів; спеціалізовані аспекти системи, на які має бути спрямоване функціонування модуля управління роботою з користувачами; види процесів, на автоматизацію яких має бути націлено модуль роботи з контентом; додаткові вимоги, пов'язані з включенням до системи спеціалізованого модулю з режимом дистанційного навчання, зокрема, вимоги до ретельності опрацювання на абстрактному рівні в базах даних і знань моделей-профільів складових компонентів підсистеми візуалізації, до модулю підтримки візуального супроводження тощо);

– апробовано поточні результати досліджень і розробок в навчальному процесі кафедри інформаційних технологій ХНТУ.

Разом із тим, подальша робота над вказаною проблемою потребує ретельнішого дослідження предметної галузі КС ГМТЗН.

Підзадача 2 – дослідження та моделювання КС ГМТЗН на рівні предметної галузі.

Розпочнемо дослідження предметної галузі КС ГМТЗН з вирішення завдання аналізу стану вивченості питання щодо функціонального застосування КС ГМТЗН як технічних та організаційно-технічних систем.

Аналіз літературних джерел (зокрема, інформаційних ресурсів Інтернету) з питань КС ГМТЗН та їхнього застосування показав, що переважну увагу в них приділяють декільком базовим категоріям аспектів:

1) рекламно-інструктивні матеріали фірм-виробників ГМТЗН (довідкові керівництва, рекламні аркуші, прес-релізи, презентації, короткі оглядові нарисы тощо), в яких, як правило, представлено для відповідного обладнання:

- зображення зовнішнього вигляду та внутрішнього устрою;

- переліки ключових технічних і споживчих характеристик та їхніх значень (маються на увазі характеристики, значення яких мають бути відомі для правильної технічної експлуатації обладнання, а також характеристики, потрібні для застосування технічних пристроїв споживачами за цільовим призначенням);

- описи функціональних можливостей, особливостей функціонування, режимів роботи, отримуваних результатів, правил експлуатації;

- переліки та короткі пояснення щодо рекомендованих галузей практичного застосування (загальні та на конкретних ілюстрованих прикладах);

2) результати науково-методичних досліджень (наукові публікації, навчальні посібники та т.і.) щодо організаційно-методичних і психолого-педагогічних аспектів застосування ГМТЗН і КС ГМТЗН у навчальному процесі;

3) різноманітні посібники та керівництва навчального призначення з описами можливостей, інструментарію та інструктивних правил користування ГМТЗН і КС ГМТЗН як пристроями та системами навчального призначення, що поєднують інформацію двох попередніх пунктів даного переліку, викладаючи її з точки зору знань і досвіду тих науково-педагогічних працівників, які застосовують зазначені пристрої та системи в щоденній практичній роботі.

Технічним та організаційно-технічним аспектам застосування та моделювання КС ГМТЗН та їхніх компонентів останнім часом приділялося недостатньо уваги, а існуючі напрацювання з даного напрямку вже є достатньо морально застарілими за часом розробки.

Найбільш гостро зазначене питання постає саме щодо КС ГМТЗН, оскільки вони належать до галузі, що постійно й активно розвивається.

Основні та найактуальніші акценти в контексті даного питання слід наголосити на наступних підпитаннях, що стосуються специфіки застосування КС ГМТЗН:

- якісність інформаційної підтримки процесів підготування до роботи та функціонування КС ГМТЗН;

- стабільність роботи (функціонування) КС ГМТЗН та їхніх компонентів відповідно до заданих умов і вимог;

- стабільність технічних інтерфейсів і комфортність користувацьких інтерфейсів КС ГМТЗН та їхніх компонентів; зниження складності КС ГМТЗН.

Відзначимо, що складність КС ГМТЗН обумовлено як складністю цілей, задач, функцій, устрою, характеристик і поведінки їхніх підсистем і компонентів, так і складністю взаємозв'язків між ними.

Вагомий відсоток до поняття складності КС ГМТЗН вносять такі складові, як:

- суттєва змінюваність об'єктів систем і висока динамічність зв'язків між ними;

- унікальність (індивідуальність, персоналізованість), властива об'єктам багатьох категорій;

- суттєвий рівень недовизначеності (неповноти, нечіткості, ймовірності тощо) інформації про системи в цілому й їхні компоненти; високий ступінь можливості впливу людського фактору та форс-мажорних обставин.

Надалі будемо вирішувати завдання дослідження та моделювання КС ГМТЗН на рівні їхньої загальної структури.

У рамках даного завдання, побудуємо концептуальну модель загальної структури КС ГМТЗН, представлену ієрархіями підпорядкування її визначальних складових компонентів і функцій.

У загальній структурі ГМТЗН, виділимо наступну сукупність із семи взаємопов'язаних ієрархічних рівнів її компонентно-об'єктного складу:

$$ЗСКСГМТЗН = \langle P_m(ЗСК)ГМТЗН, m = 1, \dots, 7 \rangle, \quad (1)$$

де $P_1(ЗСК)ГМТЗН$ (користувачі КС ГМТЗН) = $\{p_1(1)$ (цільові користувачі – ті, хто навчається в середовищі КС ГМТЗН); $p_1(2)$ (користувачі ланки управління навча-

льним процесом, здійснюваним на базі КС ГМТЗН – науково-педагогічні працівники з функціями викладачів, методистів, створювачів інформаційного наповнення, виконавців адміністративного контролю тощо); р1(3) (інженерний персонал, що виконує функції розробників і супроводжувачів КС ГМТЗН); р1(4) (технічний персонал, що обслуговує навчальний процес, здійснюваний на базі КС ГМТЗН));

Р2(ЗСК)ГМТЗН (інтерфейси КС ГМТЗН) = {р2(1) (інтерфейси взаємодії КС ГМТЗН); р2(2) (технічні інтерфейси КС ГМТЗН));

Р3(ЗСК)ГМТЗН (технічні засоби КС ГМТЗН) = {Р3-1(ЗСК)ГМТЗН (системні та прикладні програмні засоби КС ГМТЗН); Р3-2(ЗСК)ГМТЗН (апаратні засоби КС ГМТЗН));

Р3-1(ЗСК)ГМТЗН (системні та прикладні програмні засоби КС ГМТЗН) = {р3-1(1) (програмне забезпечення, спеціалізоване щодо КС ГМТЗН); р3-1(2) (програмне забезпечення універсального призначення в складі КС ГМТЗН));

Р3-2(ЗСК)ГМТЗН (апаратні засоби КС ГМТЗН) = {р3-2(1) (спеціалізоване апаратне забезпечення КС ГМТЗН – пристрої / прилади / обладнання / спорядження / комплекси / системи); р3-2(2) (апаратне забезпечення універсального призначення в складі КС ГМТЗН – комп'ютерне / периферійне / організаційне / мережне));

Р4(ЗСК)ГМТЗН (комп'ютерні технології в складі КС ГМТЗН та асоційовані з ними) = {р4(1) (традиційні локальні комп'ютерні технології); р4(2) (традиційні мережні комп'ютерні технології); р4(3) (сучасні інформаційно-комунікаційні технології); р4(4) (прогресивні мобільні технології); р4(5) (хмарні технології));

Р5(ЗСК)ГМТЗН (інформаційні носії в складі КС ГМТЗН та асоційовані з ними: локальні носії інформації + глобальні Інтернет-ресурси) = {р5(1) (традиційні неелектронні носії, що оцифровують); р5(2) (комп'ютерні сервери даних, резервуючі дискові масиви); р5(3) (компакт-диски й інші автономні зовнішні носії великої ємності); р4(4) (мережні, зокрема, хмарні сховища, бази, банки файлів / даних / інформації / контенту); р4(5) (віддалені суперкомп'ютерні центри обробки даних навчальних і наукових установ));

Р6(ЗСК)ГМТЗН (інформаційне наповнення КС ГМТЗН) = {р6(1) (спеціалізовані навчально-

методичні матеріали для інформаційного наповнення ГМТЗН); р6(2) (нормативна документація); р6(3) (службова інформація);

Р7(ЗСК)ГМТЗН (моделі КС ГМТЗН) = {р7(1) (моделі організації та функціонування КС ГМТЗН); р7(2) (моделі складових компонентів та об'єктів КС ГМТЗН); р7(3) (моделі організації та функціонування навчального процесу на базі КС ГМТЗН); р7(4) (моделі впливів зовнішнього середовища стосовно КС ГМТЗН));

Р8(ЗСК)ГМТЗН (об'єкти, в межах яких розташовано КС ГМТЗН) = {р8(1) (будівлі); р8(2) (споруди); р8(3) (навчальні приміщення); р8(4) (службові приміщення)}.

Відзначимо, що будівлі, споруди та приміщення, в яких розташовуються КС ГМТЗН, у першу чергу слід характеризувати як категорію об'єктів зазначених систем із точки зору наступних властивостей:

- захищеність від негативного впливу зовнішнього середовища на системи ГМТЗН;

- освітленість і можливість її гнучкого динамічного змінювання;

- придатність до розміщення (розгортання) систем ГМТЗН, із забезпеченням належного рівня безпечності, ергономічності, повномасштабності та стабільності їхнього функціонування.

У функціональному складі КС ГМТЗН, будемо виділяти:

$$\Phi_{КСГМТЗН} = \langle \Phi_{и(ЗСК)ГМТЗН, u = 1, \dots, 3 \rangle, \quad (2)$$

де $\Phi_1(ЗСК)ГМТЗН$ – категорія функцій підготовки навчального процесу;

$\Phi_2(ЗСК)ГМТЗН$ – категорія функцій підтримки аудиторної роботи;

$\Phi_3(ЗСК)ГМТЗН$ – категорія функцій управління позааудиторною роботою.

У межах наступного завдання, розглянемо один із найбільш актуальних і нагальних для дослідження аспектів – концептуальне моделювання об'єктів предметної галузі ГМТЗН як складових відповідних систем.

Виходячи з проведеного автором аналізу особливостей предметної галузі ГМТЗН, розглядатимемо узагальнену концептуальну модель об'єктів зазначеної предметної галузі ОПГГМТЗН у вигляді сукупності наступних множин:

$$\text{ОПГГМТЗН} = \langle \text{В(ОПГ)ГМТЗН}, \text{Ф(ОПГ)ГМТЗН}, \text{М(ОПГ)ГМТЗН}, \text{Х(ОПГ)ГМТЗН} \rangle, \quad (3)$$

де $\text{В(ОПГ)ГМТЗН} = \{v(i), i = 1, \dots, N\}$ – множина базових видів ГМТЗН;

$\text{Ф(ОПГ)ГМТЗН} = \{\{f(j), j = 1, \dots, M\}(i), i = 1, \dots, N\}$ – множина провідних фірм-виробників ГМТЗН, асоційована та структурована щодо кожного i -го елементу множини В(ОПГ)ГМТЗН ;

$\text{М(ОПГ)ГМТЗН} = \{\{m(k), k = 1, \dots, Q\}(j), j = 1, \dots, M\}(i), i = 1, \dots, N\}$ – множина модельних рядів (визначальних моделей) ГМТЗН, асоційована та структурована щодо кожного j -го елементу множини Ф(ОПГ)ГМТЗН і кожного i -го елементу множини В(ОПГ)ГМТЗН ;

$\text{Х(ОПГ)ГМТЗН} = \{\{x(l), l = 1, \dots, R\}(k), k = 1, \dots, Q\}(j), j = 1, \dots, M\}(i), i = 1, \dots, N\}$ – множина властивостей ГМТЗН, асоційована та структурована відносно k -их елементів множини М(ОПГ)ГМТЗН , j -их елементів множини Ф(ОПГ)ГМТЗН та i -их елементів множини В(ОПГ)ГМТЗН .

Конкретні реалізації моделі КМ(ОПГ)ГМТЗН передбачають наведення актуальних видів, фірм-виробників, моделей і властивостей ГМТЗН.

Під властивостями ГМТЗН будемо розуміти:

– найменування, значення й пояснювальні описи щодо визначальних характеристик ГМТЗН (технічних, споживчих, вартісних, експлуатаційних, комунікаційних, ергономічних тощо);

– архітектура, конструктивні особливості та можливі форми зовнішнього та внутрішнього вигляду ГМТЗН;

– функціональні можливості, штатні стани та режими роботи (функціонування) ГМТЗН; наявність та якість інформаційно-документального спорядження ГМТЗН.

Особливу роль для конкретизації даної концептуальної моделі відіграє виявлення тих характеристик ГМТЗН, які є критично важливими для забезпечення навчального процесу стабільністю їхньої роботи на визначеному рівні її гарантованості, з урахуванням заданих штатних режимів експлуатації, припустимих станів готовності та справності, а також згідно заданих критеріїв безвідмовності, надійності, продуктивності (в особливості, швидкодії) й ергономічності (в особливості, комфортності для користувачів).

Стосовно зазначених характеристик, основний акцент слід наголосити на дослідженні тих показників, які впливають на ефективність та ергономічність інтерфейсів взаємодії ГМТЗН із їхніми користувачами й іншими пристроями.

Проведений на базі концептуальних моделей (1) і (2) аналіз показує, що для КС ГМТЗН є характерними наступні властивості:

– широкий асортимент існуючих сучасних компонентів для комплектації КС ГМТЗН від різноманітних виробників;

– велика кількість об'єктів, які потенційно можуть бути включені до складу КС ГМТЗН, їхніх характеристик і взаємозв'язків між ними;

– суттєва кількість параметрів, які характеризують КС ГМТЗН у цілому й їхні компоненти, вхідні та вихідні потоки даних, стани, режими функціонування, зовнішні впливи з боку інших систем та об'єктів тощо;

– висока ймовірність суттєвої динаміки змін у вказаному вище асортименті та складі.

Відповідно, доцільним бачиться створення та ведення баз даних і знань, інформаційно-пошукових систем та експертних програмних модулів із інформацією про категорії, моделі та характеристики існуючого забезпечення КС ГМТЗН та інших їхніх об'єктів, а також із знаннями про правила та метаправила оптимального функціонування КС ГМТЗН та управління ними.

Надамо далі більшу деталізацію та конкретизацію моделі (1), розгорнувши її в ряд похідних підмоделей.

Узагальнену концептуальну модель-профіль користувачів КС ГМТЗН, які належать до категорії тих осіб, які навчаються в межах зазначеної системи, будемо позначати ПКНГМТЗН і розглядати у вигляді сукупності підмоделей-профіль, які базуються на кортежах характеристик користувачів (загальнотипових та індивідуальних, персоніфікованих), що визначають специфічні особливості реалізації та стан реалізованості для певних властивостей:

$$\text{ПКНГМТЗН} = \langle \text{smi}(vi(\text{ПКНГМТЗН})), i = 1, \dots, 7 \rangle, \quad (4)$$

де $\text{smi}(vi(\text{ПКНГМТЗН}))$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з i -ю властивістю vi ;

$v1(\text{ПКНГМТЗН})$ – ергономічність (загальна безпечність і комфортність, рухова зручність, зорова й аудіа-

льна неперенапруженість тощо) процесів знаходження користувачів у КС ГМТЗН і здійснення ними навчальної діяльності з використанням зазначеної системи;

v2(ПKN)ГМТЗН – готовність користувачів до взаємодії з певними базовими (графічними, мультимедійними) та допоміжними пристроями, приладами, електронними носіями й іншим апаратним забезпеченням і технічними інтерфейсами КС ГМТЗН;

v3(ПKN)ГМТЗН – готовність користувачів до взаємодії з належним системним і прикладним програмним забезпеченням КС ГМТЗН;

v4(ПKN)ГМТЗН – готовність користувачів до взаємодії з певними користувацькими інтерфейсами КС ГМТЗН;

v5(ПKN)ГМТЗН – готовність користувачів до сприйняття ними (візуального, аудіального, тактильного тощо) певних мультимедійних навчально-методичних матеріалів із точки зору: методів і засобів подання мультимедіа; безпосередньо мультимедійного контенту; обсягів і темпу надання мультимедійної інформації;

v6(ПKN)ГМТЗН – готовність користувачів до певних (зокрема, специфічних) способів взаємодії з КС ГМТЗН (гіпермедійних, інтерактивних тощо);

v7(ПKN)ГМТЗН – готовність користувачів до комунікації з іншими користувачами КС ГМТЗН.

Узагальнена концептуальна модель-профіль користувачів КС ГМТЗН, які належать до категорії тих осіб, які навчають за допомогою даної системи (професорсько-викладацького складу), позначатиметься як ПКВГМТЗН і міститиме підмоделі-профілі з кортежами характеристик, які відобразать певні здатності:

$$\text{ПКВГМТЗН} = \langle \text{smj}(z_i(\text{ПКВ})\text{ГМТЗН}) \rangle, j=1, \dots, 5, \quad (5)$$

де $\text{smi}(z_i(\text{ПКВ})\text{ГМТЗН})$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з j -ю здатністю;

z1(ПКВ)ГМТЗН – здатність до здійснення ефективного контролю за забезпеченістю належного стану ергономічності умов функціонування КС ГМТЗН у навчальному процесі;

z2(ПКВ)ГМТЗН – майстерність володіння забезпеченням КС ГМТЗН (апаратними засобами, програмними пакетами, технічними інтерфейсами тощо);

z3(ПКВ)ГМТЗН – майстерність взаємодії з користувацькими інтерфейсами КС ГМТЗН і володіння різномані-

тими технологіями (способами та засобами) взаємодії з КС ГМТЗН та іншими користувачами системи;

z4(ПКВ)ГМТЗН – майстерність створення мультимедійних навчально-методичних матеріалів для КС ГМТЗН та управління ними;

z5(ПКВ)ГМТЗН – майстерність організації навчального процесу на базі КС ГМТЗН та управління ним.

Узагальнена концептуальна модель-профіль користувачів комп'ютерної системи ГМТЗН категорії інженерно-технічного складу (супровідників системи, обслуговуючого персоналу тощо), котру будемо позначати як ПКТГМТЗН, спиратиметься на підмоделі-профілі з кортежами характеристик, семантика яких визначає здатність до ефективного реалізації та стан реалізованості певних аспектів:

$$\text{ПКТГМТЗН} = \langle \text{smk}(\text{ak}(\text{ПКТ})\text{ГМТЗН}) \rangle, k=1, \dots, 5, \quad (6)$$

де $\text{smk}(\text{ak}(\text{ПКТ})\text{ГМТЗН})$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з k -им аспектом;

a1(ПКТ)ГМТЗН – супровід КС ГМТЗН, включаючи її технічне обслуговування, адміністрування та забезпечення захисту як мережної КС;

a2(ПКТ)ГМТЗН – розробка КС ГМТЗН як апаратно-програмного комплексу (модернізація й інтеграція компонентів КС і т.і.);

a3(ПКТ)ГМТЗН – удосконалення користувацьких інтерфейсів КС ГМТЗН;

a4(ПКТ)ГМТЗН – поповнення й оновлення КС ГМТЗН навчально-методичними графічними та мультимедійними матеріалами;

a5(ПКТ)ГМТЗН – моніторинг та аналіз стану, діяльності, думок, потреб і запитів користувачів КС ГМТЗН.

Слід відзначити, що одну з найбільших переваг та одночасно проблем КС ГМТЗН і компонентів зазначених систем становлять їхні інтерфейси.

Інтерфейси з користувачами компонентів КС ГМТЗН і зазначених систем у цілому надають велике розмаїття можливостей взаємодії з реалізацією недотикових і дотикових видів комунікації, що можуть бути віднесені до категорій візуальної, аудіальної, тактильної взаємодії тощо; задача максимально вичерпного та доцільного використання зазначених можливостей є багатокритеріальною та потребує використання експертних оцінок.

Дуже важливим є уникнення надлишковості у використанні мультимедійного потенціалу КС ГМТЗН, особ-

ливо, стосовно інтенсивності застосування анімаційних і кольорових ефектів.

Особливу увагу в інтерфейсах користувачів КС ГМТЗН слід приділити тим варіантам інтерфейсів, які підтримують взаємодію з особами, що мають обмежені фізичні можливості (інвалідами, людьми з серйозними фізичними вадами та захворюваннями тощо).

Ще одним аспектом, який потребує особливої уваги, є Web-інтерфейси для віддаленої роботи користувачів комп'ютерних систем ГМТЗН із мультимедійними ресурсами (контентом).

Технічним інтерфейсам систем КС ГМТЗН та їхніх компонентів має бути властива в процесі їхнього функціонування стабільність роботи в заданих режимах, часових межах, напрямках взаємодії та відповідно до встановлених сценаріїв здійснення навчального процесу.

Наприклад, щодо мультимедійного проєктору має бути: мінімізована ймовірність прояву такого збою в роботі, як раптове пропадання бездротового мережного зв'язку з керувальним комп'ютером; забезпечена безперерійна працездатність пульта проєктору та можливість оперативної ідентифікації його місцезнаходження; підтримано такий стан керувального комп'ютеру та його файлової системи, при якому би беззбитко здійснювалося знаходження, активізація та відтворення (візуалізація) потрібних електронних ресурсів (ілюстрованих текстових і графічних файлів, 3D-моделей, віртуальних світів, інтегрованого гіпермедійного і інтерактивного мультимедійного контенту тощо).

Важливим внеском до стабільності роботи КС і компонентів ГМТЗН є безвідмовність роботи їхніх технічних інтерфейсів.

У даному контексті, особливої уваги заслуговують засоби сполучення елементів КС ГМТЗН та їхні складові – роз'єми (вилки, розетки та т.і.), кабелі, перехідні елементи, портативні блоки живлення тощо.

Серед них слід окремо виділити ті засоби дротового сполучення, для яких є характерною висока ймовірність впливу ряду факторів, які можуть спричинити відмови в їхньому функціонуванні.

Наочним прикладом є з'єднувальні кабелі: внаслідок різноманітних форс-мажорних обставин (таких, як механічні впливи випадкового характеру, яким достатньо сильно піддаються кабелі й особливо певні

їхні ділянки, різкі перепади напруги тощо), реальний стан виношеності та пошкоженості кабелів може достатньо сильно відрізнятися від значень характеристик, заявлених у технічній документації. До відмов схильні і бездротові сполучення КС ГМТЗН.

Аналогічною є також ситуація з засобами активізації роботи елементів КС ГМТЗН, пристроями тактильної та безконтактної взаємодії (кнопками, клавіатурами, сенсорними датчиками, пультами, тачпадами, сканерами сітківки та відбитків тощо).

Актуальним є виявлення тих категорій елементів технічних інтерфейсів КС ГМТЗН, які мають високу ймовірність відмов, витоків виникнення зазначених відмов і способів їхнього передбачення й усунення їхніх наслідків.

До вказаних елементів, у першу чергу, належать такі елементи контакту та взаємодії, як кабелі, бездротові мережні з'єднання, роз'єми, вимикачі, різноманітні елементи тактильної та безконтактної взаємодії для ідентифікації користувачів та активізації певних функцій системи тощо. Важливим є забезпечення систематичного тестування стану вказаних елементів, їхньої діагностики й аналізу її результатів.

Таким чином, доцільним бачиться:

- запровадження та ведення баз даних нормативних і поточних характеристик станів виношеності та пошкоженості з'єднувальних, контактуючих та активуючих елементів комп'ютерних систем ГМТЗН;

- створення та ведення експертних систем, які б виводили рекомендації щодо дій із запобігання прискореному розвитку процесів випрацювання елементів КС ГМТЗН, а також стосовно передбачення, уникнення та компенсації негативних результатів впливу виношеності й uszkodженості зазначених елементів.

Відслідковування поточного стану виношеності та пошкоженості компонентів КС ГМТЗН із високим рівнем uszkodженості та виношеності має здійснюватись як під час їхнього функціонування в навчальному процесі, так і на стадіях до та після їхнього поточного використання.

Згідно з наведеним вище рекомендаційним висновком, автором було проведене дослідження та моделювання інтерфейсних компонентів КС ГМТЗН на засадах експертних оцінювань.

Підставою для започаткування даного дослідження стало попереднє вивчення й аналіз автором численних інформаційних джерел із описами передумов, вимог, обставин, особливостей, процесів і результатів практичних впроваджень ГМТЗН у перебігу навчання, здійснюваних як під час фундаментальних теоретичних досліджень та практичних апробацій видатних фахівців даної галузі, так і протягом активної діяльності в даній сфері звичайних викладачів-практиків.

Із указаною вище метою, в першу чергу було застосовано метод вилучення знань із текстів, які містили критичні думки стосовно проблем ефективного впровадження КС ГМТЗН у процеси навчання та в якості яких застосовувалися:

- публікації в періодичних фахових наукових виданнях (журналах, збірках наукових праць);
- доповіді на фахових наукових конференціях, семінарах, симпозіумах;
- обговорення на спеціалізованих форумах і відеоконференціях;
- фахові книжки та т.і. (монографії, підручники, навчальні посібники, методичні розробки тощо).

Переважно зазначені думки являли собою розрізнені висловлення в непрямій формі подання їхнього основного смислу, без чіткого формулювання проблем у цілому та без представлення методів їхнього вирішення.

Також було підготоване та застосоване експертне опитування в формі інтерв'ю та анкетування.

Таблиця 1

№ з/п	Локальні критерії експертного оцінювання	Узагальнений критерій
1	u1: інтуїтивна фізіологічна звичність роботи з інтерфейсними елементами КС ГМТЗН та її компонентів	U1: індивідуальна прийнятність для користувачів інтерфейсних елементів КС ГМТЗН та її компонентів
2	u12: психологічна комфортність роботи з інтерфейсними елементами КС ГМТЗН та її компонентів	ГМТЗН та її компонентів
3	u13: активний інтерес (зацікавленість) щодо роботи з інтерфейсними елементами КС ГМТЗН та її компонентів	

Результатом ретельного аналізу й узагальнення великого обсягу вилучених експертних знань стало формування автором відповідного поля знань, а на підставі його розгляду – надання наведених нижче ієрархічних

класифікацій і здійснення ряду незалежних експертних оцінювань.

Дворівневу ієрархію виділених критеріїв експертного оцінювання представлено в таблиці 1, де за допомогою табличної форми подання наочно відображається базова структурно-логічна схема системи актуальних експертних оцінювальних критеріїв щодо інтерфейсних елементів КС ГМТЗН та її компонентів.

Ієрархію виділених інтерфейсних елементів КС ГМТЗН та її компонентів, актуальних для оцінюваних експертним шляхом, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

№ з/п	Елемент першого рівня класифікаційної ієрархії	Елементи другого рівня класифікаційної ієрархії	Елементи третього рівня класифікаційної ієрархії	
1	ІЕ: інтерфейсні елементи КС ГМТЗН та її компонентів, які є актуальними щодо експертного оцінювання за критеріями u11, u12, u13 (див. таблицю 1)	ti: технічні інтерфейси КС ГМТЗН та її компонентів	ti-c: дотикові	
2			ti-y: зорові	
3			ti-e: слухові	
4		сі: інтерфейси взаємодії (користувачькі інтерфейси) КС ГМТЗН та її компонентів	сі-і: інтегровані за декількома видами впливу на органи почуттів	сі-l: локальні комп'ютерні екранні інтерфейси
5				сі-п: мережні комп'ютерні екранні Web-інтерфейси
6				
7				

Для експертного оцінювання, було задіяно чотири категорії груп експертів:

- GE-1 – науково-педагогічні працівники;
- GE-2 – користувачі, що працюють з ГМТЗН часто;
- GE-3 – користувачі, що працюють з ГМТЗН помірно;
- GE-4 – користувачі, що працюють з ГМТЗН рідко.

Для наочності розгляду, в таблиці 3 надано витяг із результатів експертного оцінювання, де представлено вагове співвідношення часток інтенсивності застосування різних видів актуальних інтерфейсних елементів КС ГМТЗН та її компонентів, рекомендоване на підставі експертних оцінок за критерієм u12 (психологічна комфортність роботи з інтерфейсними елементами КС ГМТЗН та її компонентів).

Також для більшої наочності, в таблиці 3 наведено усереднену оцінку, що одразу дозволяє побачити зна-

чення важливого показника розбіжності в оцінках різних груп експертів.

Таблиця 3

№ з / п	Види інтерфейсних елементів КС ГМТЗН та її компонентів, які подавалися експертному оцінюванню (повні назви – в таблиці 2)	Оцінки рекомендованої інтенсивності взаємодії з певними видами інтерфейсних елементів КС ГМТЗН та її компонентів, узагальнені за однорідними групами експертів				Усереднена оцінка
		ЕГ1	ЕГ2	ЕГ3	ЕГ4	
		ti:				
1	ti-c	54	50	49	47	50
2	ti-y	28	24	23	25	25
3	ti-e	16	16	15	13	15
4	ti-i	2	10	13	15	10
		ci:				
5	ci-l	75	77	78	80	75
6	ci-n	25	23	22	20	25

Аналіз даних, зібраних та опрацьованих за всім переліком критеріїв експертного оцінювання, стане предметом розгляду наступної публікації.

Узагальнена концептуальна модель-профіль програмного забезпечення КС ГМТЗН, яка буде позначатися ППГМТЗН, міститиме підмоделі-профілі з кортежами характеристик із певним словесним наповненням:

$$\text{ППГМТЗН} = \langle \text{smr}(\text{cr}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}) \rangle, r = 1, \dots, 6, \quad (7)$$

де $\text{smr}(\text{cr}(\text{ПП})\text{ГМТЗН})$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з r -им словесним наповненням;

$\text{c1}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}$ – специфіка організації та функціонування універсального системного та прикладного програмного забезпечення в складі КС ГМТЗН;

$\text{c2}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}$ – особливості організації та функціонування спеціалізованого програмного забезпечення КС ГМТЗН, із додатковим акцентуванням уваги на інструментальному, інтегрованому та реконфігурованому програмному забезпеченні зазначеної системи;

$\text{c3}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}$ – особливості технологій розробки нового, модернізації й інтеграції існуючого програмного забезпечення КС ГМТЗН, із акцентуванням уваги на сучасних технологіях візуального проектування зазначеного програмного забезпечення й інших прискорених технологіях його створення;

$\text{c4}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}$ – особливості технологій ведення програмного забезпечення КС ГМТЗН, у тому числі, його адміністрування та захисту;

$\text{c5}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}$ – особливості застосування інтегрованих технологій у процесі розробки та використання програмного забезпечення в складі КС ГМТЗН;

$\text{c6}(\text{ПП})\text{ГМТЗН}$ – специфіка технологій застосування програмного забезпечення КС ГМТЗН у навчальному процесі.

Узагальнена концептуальна модель-профіль апаратного забезпечення КС ГМТЗН (комп'ютерної та мережної апаратури, інших пристроїв, приладів, організаційної техніки та т.і.), яку будемо позначати ПАГМТЗН, складатиметься з підмоделей-профілів із кортежами характеристик певної семантики:

$$\text{ПАГМТЗН} = \langle \text{smq}(\text{cq}(\text{ПА})\text{ГМТЗН}) \rangle, q = 1, \dots, 6, \quad (8)$$

де $\text{smq}(\text{cq}(\text{ПА})\text{ГМТЗН})$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з q -ою семантикою;

$\text{c1}(\text{ПМ})\text{ГМТЗН}$ – інформаційні описи апаратного забезпечення КС ГМТЗН (загальні; спеціалізовані відносно особливостей КС ГМТЗН як систем навчального призначення);

$\text{c2}(\text{ПМ})\text{ГМТЗН}$ – технічні характеристики апаратного забезпечення КС ГМТЗН;

$\text{c3}(\text{ПМ})\text{ГМТЗН}$ – особливості організації та функціонування апаратного забезпечення КС ГМТЗН (архітектури, взаємозв'язків, функціональності, способів дії, можливостей використання, технологій застосування тощо) – як загальні, так і стосовно їхнього навчального призначення;

$\text{c4}(\text{ПМ})\text{ГМТЗН}$ – особливості інтерфейсів апаратного забезпечення КС ГМТЗН (загальні; під кутом зору застосування зазначеної системи в навчальному процесі);

$\text{c5}(\text{ПМ})\text{ГМТЗН}$ – особливості взаємодії користувачів КС ГМТЗН із апаратним забезпеченням зазначеної системи в навчальному процесі;

$\text{c6}(\text{ПМ})\text{ГМТЗН}$ – умови й обмеження організації, функціонування апаратного забезпечення КС ГМТЗН і роботи з ним у навчальному процесі.

Узагальнена концептуальна модель-профіль навчально-методичних матеріалів КС ГМТЗН, яка буде позначатися як ПМГМТЗН, міститиме підмоделі-профілі з кортежами характеристик зазначених матеріалів, які мають певну семантику:

$$\text{ПМГМТЗН} = \langle \text{sml}(\text{d}(\text{ПМГМТЗН})), l=1, \dots, 4, \quad (9)$$

де $\text{sml}(\text{d}(\text{ПМГМТЗН}))$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з l -ою семантикою;

$\text{c1}(\text{ПМГМТЗН})$ – призначення (спрямованість) навчально-методичних матеріалів КС ГМТЗН щодо певних видів навчальної діяльності (типів навчальних занять, категорій їхніх окремих етапів і дій, їхньої тематики тощо);

$\text{c2}(\text{ПМГМТЗН})$ – стан реалізованості в навчально-методичних матеріалах КС ГМТЗН графічних і мультимедійних можливостей (текст, ілюстрований текст, статичне графічне зображення, анімація / морфінг, фото, відео, звук (мова, вокальний спів і т.і.), гіпертекст, інтерактивність, мультимедійний контент на основі інтеграції вказаних компонентів тощо);

$\text{c3}(\text{ПМГМТЗН})$ – можливості технічної реалізації навчально-методичних матеріалів КС ГМТЗН на базі певного апаратно-програмного забезпечення та технологій (зокрема, з визначенням найоптимальніших варіантів зазначеної реалізації);

$\text{c4}(\text{ПМГМТЗН})$ – спрямованість навчально-методичних матеріалів КС ГМТЗН на певні цільові категорії користувачів.

Таким чином, доцільним є запровадження та подальше ведення бази даних актуальних характеристик навчально-методичних матеріалів КС ГМТЗН.

Узагальнена концептуальна модель-профіль навчального процесу на основі комп'ютерної системи ГМТЗН, яку буде позначено ПНПГМТЗН, спиратиметься на підмоделі-профілі з кортежами характеристик певного смислового значення:

$$\text{ПНПГМТЗН} = \langle \text{smp}(\text{cp}(\text{ПНПГМТЗН})), p=1, \dots, 7, \quad (10)$$

де $\text{smp}(\text{cp}(\text{ПНПГМТЗН}))$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з p -ою семантикою;

$\text{c1}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості організації, функціонування, взаємозв'язків і взаємодії об'єктів навчального процесу на основі КС ГМТЗН;

$\text{c2}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості процесів навчання, що здійснюються на базі КС ГМТЗН;

$\text{c3}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості документальної (в тому числі, навчально-методичної) бази навчального процесу на основі КС ГМТЗН;

$\text{c4}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості моделей управління навчальним процесом на базі КС ГМТЗН;

$\text{c5}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості результатів навчального процесу на базі КС ГМТЗН;

$\text{c6}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості зовнішніх впливів на навчальний процес на основі КС ГМТЗН;

$\text{c7}(\text{ПНПГМТЗН})$ – узагальнені властивості моделей навчального процесу на основі КС ГМТЗН як складної системи.

Узагальнена концептуальна модель-профіль оточуючого (зовнішнього) середовища КС ГМТЗН, яка позначатиметься ПЗСГМТЗН, базуватиметься на підмоделях-профілях із кортежами характеристик певної семантики:

$$\text{ПЗСГМТЗН} = \langle \text{sms}(\text{cs}(\text{ПЗСГМТЗН})), s=1, \dots, 5, \quad (11)$$

де $\text{sms}(\text{cs}(\text{ПЗСГМТЗН}))$ – умовне позначення підмоделі-профілю, асоційованої з s -ою семантикою;

$\text{c1}(\text{ПЗСГМТЗН})$ – особливості зовнішніх впливів на КС ГМТЗН із боку організаційної структури (навчального закладу або т.і.), в межах якої зазначена КС функціонує, включаючи властиві даній структурі організаційні та навчальні процеси;

$\text{c2}(\text{ПЗСГМТЗН})$ – специфіка впливів на КС ГМТЗН соціально-економічних аспектів (організаційних структур, соціальних та економічних факторів і т.і.), що є зовнішніми відносно тієї організаційної структури, що містить КС ГМТЗН;

$\text{c3}(\text{ПЗСГМТЗН})$ – особливості впливів на КС ГМТЗН зовнішніх природно-кліматичних аспектів природного та штучного походження;

$\text{c4}(\text{ПЗСГМТЗН})$ – специфіка впливів на КС ГМТЗН зовнішніх форс-мажорних обставин;

$\text{c5}(\text{ПЗСГМТЗН})$ – загальні структурні та поведінкові особливості оточуючого середовища КС ГМТЗН, його об'єктів і взаємозв'язків між ними, їхніх властивостей тощо.

У контексті підмоделей-профілів $\text{c4}(\text{ПЗСГМТЗН})$ і $\text{c5}(\text{ПЗСГМТЗН})$, слід окремо проаналізувати питання інформаційної безпеки КС ГМТЗН.

Підсистема захисту КС ГМТЗН має передбачати наведені далі види захисту, включаючи як неспеціалізований (звичайний, типовий, універсальний) захист, так і спеціалізований захист, адаптований до особливостей КС ГМТЗН.

Повинен бути наявний захист від: негативних зовнішніх впливів на КС ГМТЗН та її компоненти; негативних впливів усередині комп'ютерної системи ГМТЗН.

Має бути окремо виділений захист від: випадкових ненавмисних дій; умисної зловмисної діяльності.

Також має окремо специфікуватися захист від: несанкціонованих дій сторонніх щодо системи осіб; нештатних дій легальних користувачів системи.

Для пересічних негативних зловмисних і незловмисних впливів, безпосередньо не пов'язаних із функціонуванням КС ГМТЗН, у підсистемі захисту зазначеної системи доцільно та достатньо передбачити стандарти універсальні засоби захисту.

У разі виникнення посилених негативних зловмисних і незловмисних впливів, безпосередньо не пов'язаних із функціонуванням КС ГМТЗН, слід передбачити оперативне переведення зазначеної системи в спеціальний напівзabloкований стан, із відключенням усіх мережних режимів роботи та задіянням екстремного режиму роботи системного адміністратора.

В особливу категорію слід виділити цілеспрямовані негативні впливи, безпосередньо пов'язані з функціонуванням КС ГМТЗН і націлені на досягнення тимчасового (короткочасного або тривалого) виведення системи з ладу, знищення або викривлення необхідної для роботи системи інформації, краху системи тощо.

У даному зв'язку, важливо ідентифікувати актуальні об'єкти захисту комп'ютерних систем ГМТЗН і ступінь важливості їхнього захисту, а також ключові об'єкти загрози та види зароз.

Посилений захист у підсистемі безпеки КС ГМТЗН має бути забезпечений для:

- внутрішньо-системних інформаційних масивів (сховищ) текстових, ілюстрованих текстових, графічних, мультимедійних і гіпермедійних навчально-методичних матеріалів;
- баз даних посилань на інформаційні ресурси Інтернету;
- баз даних і знань щодо номенклатури об'єктів комп'ютерної системи ГМТЗН, їхніх властивостей і взаємозв'язків;
- баз даних і знань щодо моделей організації та функціонування комп'ютерної системи ГМТЗН, її інтер-

фейсів, взаємодії її об'єктів, комунікації системи з оточуючим середовищем.

Надпосилений захист повинен бути передбачений для баз даних службової інформації комп'ютерних систем ГМТЗН, баз знань інтелектуальних моделей і сценаріїв організації навчального процесу, баз даних і знань підсистеми контролю комп'ютерної системи ГМТЗН.

На перетині попередньо розглянутих завдань, знаходиться завдання дослідження та моделювання КСТ ГМТЗН щодо позаштатних ситуацій в їхній роботі.

У межах даного завдання, виконаємо концептуальне моделювання ймовірних витоків виникнення та заходів запобігання негативним наслідкам позаштатних ситуацій у роботі КС ГМТЗН.

У підсумку безпосереднього спостереження, вивчення існуючого досвіду й аналізу численних ситуацій практичної роботи КС ГМТЗН та їхніх компонентів, було складено узагальнену концептуальну модель ПСРГМТЗН позаштатних ситуацій у роботі зазначених систем:

$$\text{ПСРГМТЗН} = \{\text{ВВ}(\text{ПСРК})\text{ГМТЗН}, \text{ЗЗНН}(\text{ПСРК})\text{ГМТЗН}\}, \quad (12)$$

базові структурні складові компоненти якої мають наведений нижче зміст.

Концептуальна підмодель ВВ(ПСРК)ГМТЗН охоплює п'ять ключових категорій витоків виникнення позаштатних ситуацій в роботі КС ГМТЗН та їхніх компонентів:

$$\text{ВВ}(\text{ПСРК})\text{ГМТЗН} = \{\text{k1}(\text{ВВПСРК})\text{ГМТЗН}, \text{k2}(\text{ВВПСРК})\text{ГМТЗН}, \text{k3}(\text{ВВПСРК})\text{ГМТЗН}, \text{k4}(\text{ВВПСРК})\text{ГМТЗН}, \text{k5}(\text{ВВПСРК})\text{ГМТЗН}\}, \quad (13)$$

де k1(ВВПСРК)ГМТЗН – категорія виникнення аварійного стану приміщення, де розташовано КС ГМТЗН (внаслідок протікання стелі через таляня снігу, розбиття віконного скла під час буревію тощо);

k2(ВВПСРК)ГМТЗН – категорія аварійного знеструмлення системи електропостачання КС ГМТЗН (внаслідок пошкодження лінії електропередач через падіння дерев у негоду, обледеніння дротів та т.і.);

k3(ВВПСРК)ГМТЗН – категорія штатного відключення електропостачання КС ГМТЗН (з метою виконання

планових профілактичних і ремонтних робіт на електромережах, економії електроенергії тощо);

к4(ВВПСРК)ГМТЗН – категорія штатної технічної профілактики та ремонту пристроїв КС ГМТЗН;

к5(ВВПСРК)ГМТЗН – категорія позаштатного (непередбачуваного) виходу з ладу пристроїв КС ГМТЗН.

Концептуальна підмодель ЗЗНН(ПСР)ГМТЗН поєднує три базових категорії заходів запобігання негативним наслідкам позаштатних ситуацій у роботі КС ГМТЗН та їхніх компонентів:

$$\text{ЗЗНН(ПСР)ГМТЗН} = \{ \text{к1(ЗЗННПСР)ГМТЗН}, \text{к2(ЗЗННПСР)ГМТЗН}, \text{к3(ЗЗННПСР)ГМТЗН} \}, \quad (14)$$

де к1(ЗЗННПСР)ГМТЗН – категорія забезпечення функціонально повної підсистеми безперебійного постачання та безпечного відключення електроенергії КС ГМТЗН (включаючи джерела безперебійного живлення, аварійні генератори електроенергії тощо);

к2(ЗЗННПСР)ГМТЗН – категорія резервування пристроїв КС ГМТЗН;

к3(ЗЗННПСР)ГМТЗН – категорія розробки резервних сценаріїв організації навчального процесу для випадків виникнення позаштатних ситуацій у роботі КС ГМТЗН (для всіх базових видів указаних ситуацій).

Основні результати та висновки.

Здійснене дослідження та моделювання загальносистемних аспектів комп'ютерних систем і технологій графічних і мультимедійних технічних засобів навчання.

Отримано наступні актуальні результати, що являють собою наукову новизну: проаналізовано та сформульовано актуальні підпроблеми дослідження комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання; створено формалізовані інформаційні моделі комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання на рівні об'єктів предметної галузі зазначених систем і засобів, що доповнюють, розширюють та узагальнюють існуючі в даній предметній галузі напрацювання.

Застосування результатів проведеного дослідження та моделювання в навчальному процесі кафедри інформаційних технологій ХНТУ дозволило підвищити ефективність навчання на 5%.

Виконана в розроблених моделях систематизація інформації щодо предметної галузі комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання створила підґрунтя для отримання наочної структуризації зазначеної предметної галузі в цілому, з метою підвищення: валідності подальшого детального моделювання комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання; ґрунтовності занесення даної інформації до певних структур і сховищ даних (об'єктів, баз даних, графових моделей, продукційних баз знань, фреймів, семантичних мереж тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Buinytska O. P. Informatsiini tekhnologii ta tekhnichni zasoby navchannia : navchalnyi posibnyk / O. P. Buinytska. – K. : Tsentr navchalnoi literatury, 2017. – 240 s.
2. Polozhennia pro elektronni osvittni resursy [Elektronnyi resurs] // Ofitsiinyi veb-sait Verkhovnoi Rady Ukrainy. – Rezhym dostupu : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/z1695-12>. – Nazva z ekranu.
3. Pro Natsionalnu stratehiu rozvytku osvity v Ukraini na period do 2021 roku: Ukaz Prezzydenta Ukrainy [Elektronnyi resurs] // Ofitsiinyi veb-sait Verkhovnoi Rady Ukrainy. – Rezhym dostupu : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>. – Nazva z ekranu.
4. Allen I. E. Changing Course : Ten years of tracking online education in the United States / I. Elaine Allen, Jeff Seaman. – January, 2013. – Wellesley : Babson Survey Research Group and Quahog Research Group, LLC. – 42 p. – Access mode : <http://www.onlinelearningsurvey.com/reports/changingcourse.pdf>.
5. Leshchenko M. P. Vidkryta osvita v katehoriinomu poli vitchyznianskykh ta zarubizhnykh vchenykh [Elektronnyi resurs] / M.P Leshchenko, A.V. Yatsyshyn // Informatsiini tekhnologii ta zasoby navchannia. – 2014. – № 1. – Rezhym dostupu : <http://journal.iitta.gov.ua>. – Nazva z ekranu.
6. International Experiences With Technology in Education: Final Report/ Prepared by : Marianne Bakia, Robert Murphy, Kea Anderson, Gucci Estrella Trinidad ; U.S. Department of Education, Office of Educational Technology and the Office of Planning, Evaluation and Policy Development, Policy and Program Studies Service. – Washington, 2011. – 327 p.
7. Zaporozhchenko Yu. H. Standartyzatsiia vymoh do zasobiv IKT navchalnoho pryznachennia u mizhnarodnomu osvittnomu prostori / Yu. H. Zaporozhchenko // Informatsiini tekhnologii u osviti. – 2014. – № 20. – S. 33-52.

8. Manako A. F. Bazovi aspekty evoliutsii vykorystannia multymediinykh tekhnologii v osviti / A. F. Manako, O. S. Voronkin // Informatyka ta informatsiini tekhnologii v navchalnykh zakladakh. – 2014. – № 1 (9). – S. 4-9.
9. University Leadership: Bringing Technology-Enabled Education to Learners of All Ages : Proceedings of the Fifth Conference of Learning International Networks Consortium // LINC 2010 Conference. – Cambridge : MIT. – May 23-26, 2010. – 878 p.
10. Transforming American Education: Learning Powered by Technology : National Education Technology Plan 2010 : Executive Summary / Office of Educational Technology. – Washington : U.S. Department of Education, 2010. – 24 p.
11. Melnyk O. M. Analiz bazovykh terminiv ta poniat, yaki vykorystani u doslidzhenni z pytan proektuvannia elektronnykh osvitnikh resursiv navchalnoho pryznachennia / O. M. Melnyk // Problemy osvity : nauk.-metod. zb. / Instytut innovatsiinykh tekhnologii i zmistu osvity MON Ukrainy. – Kyiv, 2015. – № 83 (II). – S. 83-87.
12. Systema psykholoho-pedahohichnykh vymoh do zasobiv informatsiino-komunikatsiinykh tekhnologii navchalnoho pryznachennia : monohrafiia / [Hryb`iuk O. O., Demianenko V. M., Zhaldak M. I. ta in.]; za red. M. I. Zhaldaka. – K.: Atika, 2014. – 172 s.
13. Veselovska H. V. Systema vizualnoho suprovodzhennia protsesiv vyvchennia kompiuternoi hrafiiky / H. V. Veselovska, I. I. Kybalko, O. I. Krotko // Problemy informatsiinykh tekhnologii. – 2014. – № 2 (016). – S. 92-96.
14. Veselovska H. V. Intelktualizovana informatsiina systema pidtrymky stanu hotovnosti tekhnichnykh zasobiv navchannia komp`iuternii hrafiits: Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh, aspirantiv i studentiv "Intelektualni informatsiini systemy" (16 – 17 liutoho 2016 roku, m. Mykolaiv, ChDU imeni Petra Mohyly) / H. V. Veselovska, naukovyi kerivnyk d.t.n., prof. V. Ye. Khodakov. — Mykolaiv: Vydvo ChDU imeni Petra Mohyly, 2016. – 168 s. – S. 35-38.
15. Veselovska H. V. Zahalna postanovka y analiz problemy doslidzhennia tekhnichnykh zasobiv navchannia z hrafiichnyimi ta multymediinymi mozhlyvostyami: Materialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Conduct of modern science = Vesty sovremennoi nauky" (30 lystopada – 7 hrudnia 2017 roku, m. Shefiled, Anhliia) / H. V. Veselovska. – Shefiled: "Science and education LTD", 2017. – Volume 13. – 128 s. – S. 61-63.

Рецензент: д.т.н., проф. Коваленко В. Ф.,
Херсонський національний технічний університет

КЕРУВАННЯ ФОРМОЮ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА РАХУНОК ВАРІЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОГО ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ

УДК 514.182

КОВАЛЬОВ Сергій Миколайович

д.т.н., професор, завідувач кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
Київського національного університету будівництва та архітектури.

Наукові інтереси: прикладна геометрія, дискретне геометричне моделювання об'єктів, процесів та явищ.

БОТВІНОВСЬКА Світлана Іванівна

к.т.н., доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
Київського національного університету будівництва та архітектури.

Наукові інтереси: прикладна геометрія, геометричне моделювання, дискретна геометрія,
геометричне моделювання в архітектурі та дизайні.

ВСТУП

При проектуванні складних криволінійних поверхонь покриття в архітектурі широке використання знайшли дискретно представлені поверхні просторових конструкцій. Дискретизація архітектурних оболонок, в багатьох випадках, дозволяє виявити міцнісні характеристики конструкції, забезпечити конструктивно-розрахункові вимоги, наочно уявити вплив різноманітних зовнішніх чинників на форму поверхні у разі використання методу дискретного моделювання. Просторові покриття, які в силу своєї функціональної значущості і оригінальності зовнішньої форми, як правило, стають домінуючими у насколишній забудові проєктуються із підвищеними до них естетичними, технологічними, функціональними та конструктивними вимогами. При проектуванні найсучасніших криволінійних поверхонь покриття архітектори та дизайнери вдало та ефективно поєднують геометричну форму просторових конструкцій з дотриманням різноманітних умов та вимог, що необхідні для розрахунків на міцність і стійкість. Вибір геометричної форми, законів її зміни, управління та варіювання формою безментних оболонок покриттів дозволить визначити найкращий образ майбутньої споруди.

У статті наведено приклади можливого управління формою дискретно представлених поверхонь (ДПП) за рахунок варіювання параметрів зовнішнього формування навантаження, в процесі моделювання дискретних каркасів архітектурних оболонок статико-геометричним методом (СГМ).

МЕТА СТАТТІ

Для встановлення залежностей між геометричними та естетичними характеристиками криволінійних поверхонь в архітектурі, можна скористатись їх дискретними аналогами. Метою даної роботи є аналіз форми дискретного каркаса поверхні, управління нею під впливом різноманітного формування навантаження, яке є джерелом вільних параметрів та залежностей між ними. Такий підхід надасть необмежену свободу в управлінні формою ДПП та спростить пошук нових сучасних архітектурних форм, які матимуть свою оригінальність та унікальність.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Процес моделювання сучасних криволінійних конструкцій, на які впливають різні фізичні фактори навколишнього середовища, неможливо уявити без створення

їх дискретних моделей. В залежності від постановки геометричної задачі, за вихідні дані формування дискретної сітки, обирають: зовнішній вигляд оболонки, вид її напруженого стану (стисла або розтягнута оболонка), величину і характер діючого на вузли навантаження (в СГМ, мається на увазі формоутворюючого навантаження) та різноманітні крайові умови.

В даній роботі, для моделювання дискретних каркасів поверхонь, пропонується скористатись СГМ, математичний апарат якого не відрізняється від апарату методу скінчених різниць [1]. Основною ідеєю методу є моделювання дискретної сітки як рівноважної під дією зовнішніх зусиль. Причому, зусилля у в'язях повинні бути прямо пропорційними довжинам цих в'язей. Взаємодія зовнішніх зусиль, таких як надлишковий тиск, сила вітру, снігове навантаження, тощо та зусиль внутрішньої напруги, які виникають на модельованих поверхнях, в СГМ виглядає як сукупності зусиль, прикладених у вузлах сітки або виникаючих у в'язях. Дискретна математична модель поверхні [1] являє собою систему лінійних і нелінійних рівнянь, розв'язання якої дозволять визначити координати вузлів сітки, при яких всі зусилля знаходитимуться у рівновазі.

У багатьох роботах наведені приклади побудови дискретних каркасів поверхонь під впливом вертикальних зовнішніх зусиль з лінійним [2] та гіперболічним [3] законами розподілу величин векторів цих зусиль. В роботі [4] запропоновано нові принципи знаходження параметрів функції розподілу зовнішнього формоутворюючого навантаження, що діє на вузли ДПП, залежно від кроку дискретизації. Але, вплив параметрів положення зовнішніх зусиль на форму ДПП в цих роботах не розглядався.

На основі СГМ автором роботи [5] запропоновано побудову дискретних врівноважених неупорядкованих сіток, рівновага вузлів яких забезпечується за рахунок використання коефіцієнтів натягіння у в'язях. Такий підхід дозволить сформулювати безмоментні оболонки покриття із заданою в плані геометрією рисунку ребер на довільно заданому опорному контурі. Задачі формування дискретних каркасів поверхонь в архітектурі та дизайн-проектванні, питання варіювання форм об'єктів дизайну за рахунок використання різноманітних поверхонь-прообразів та моделювання поверхонь із заданими властивостями розглядалися в роботах

[6-9]. Але, порівняльний аналіз отриманих форм дискретних моделей поверхонь авторами не виконувався.

Ознакою сучасної архітектури є значна зацікавленість природними формами, оскільки саме естетичні характеристики геометрії форм живої природи дозволяють визначитись із критеріями естетичності криволінійних поверхонь покриття в архітектурі. В роботі [10] за допомогою СГМ моделюється дискретний каркас біоформи, в процесі її зростання за заданою траєкторією. Але, не розглядаються питання управління формою поверхні за рахунок використання зовнішнього формоутворюючого навантаження та зміни його параметрів.

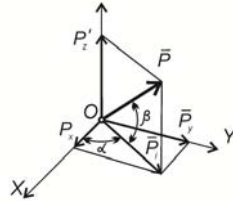


Рис. 1 Параметри вектора зовнішнього зусилля

Найбільш дослідженими на сьогодні залишаються аналітичні поверхні. При використанні таких поверхонь в архітектурі особливу увагу також приділяють пошуку оптимальних та раціональних форм як самих оболонок та їх елементів. В роботі [11] авторами знайдено оптимальне співвідношення стріли підйому параболоїду обертання до основи, показано наскільки важливим є вибір оптимальної форми. Доведено, що зменшення стріли підйому оболонки може призвести до значного зростання витрат на арматурні вироби. Але, ця стаття стосується лише аналітичних поверхонь, дискретні моделі безмоментних оболонок не розглядаються.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Наведені у цій публікації приклади є продовженням досліджень, які були представлені в роботі [7], та спробою провести порівняльний аналіз форм дискретних каркасів поверхонь, отриманих в результаті варіювання параметрів зовнішніх зусиль які діють на вузли дискретної сітки.

Основна частина. При формуванні поверхонь у дизайні фізична уява зовнішнього формоутворюючого навантаження втрачає сенс, і тому збільшується число

параметрів такого навантаження за рахунку звільнення від параметрів, які залежать від того чи іншого фізичного явища. У такому разі, вектор кожного зусилля, яке діє на вузол, має три вільних параметри: два параметри напрямку зусилля (кути α та β) і довжина вектора зусилля (відрізок \overline{OP}) (рис. 1). Кожний з цих трьох параметрів може бути сталим, може залежати від одного або одразу двох параметрів i, j сітки:

$$\begin{aligned} \overline{P} &= const, \quad \overline{P} = f(i), \quad \overline{P} = f(j), \quad \overline{P} = f(i, j); \\ \alpha &= const, \quad \alpha = f(i), \quad \alpha = f(j), \quad \alpha = f(i, j); \\ \beta &= const, \quad \beta = f(i), \quad \beta = f(j), \quad \beta = f(i, j), \end{aligned} \quad (1)$$

де \overline{P} – вектор зовнішнього формоутворюючого навантаження, α – кут між горизонтальною проекцією вектора зусилля та віссю Ox , β – кут нахилу вектора зусилля до горизонтальної площини.

Різноманітні комбінації цих параметрів між собою породжують сполучення з повторенням \overline{C}_n^k , число яких можна підрахувати за формулою

$$\overline{C}_n^k = C_{n+k-1}^k = \overline{C}_4^3 = \frac{(n+k-1)!}{k!(n-1)!} = 364 \quad (2)$$

де \overline{C}_n^k – число поєднань параметрів з повторенням із n по k елементів, $n=12$ – сумарне число елементів, які приймають участь у сполученнях з повтореннями із (1) та $k=3$ – число поєднань елементів в сполученнях між собою. При використанні конструктивного (графічного) способу задавання кутових параметрів векторів зовнішніх зусиль їх координатні складові визначаються згідно з обраним способом.

Для більшої наочності можливостей керування формою дискретної сітки розглянемо деякі приклади побудови моделей поверхонь покриття з різними значеннями та напрямками зовнішніх зусиль, які можуть діяти на вузли сітки, різними типами клітин і на різних опорних контурах.

Приклад 1. Для першого варіанта цього приклада задано опорний контур у вигляді чотирьох однакових

півкіл у вертикальних площинах, паралельних координатним площинам XOZ та YOZ . Рівняння півкіл, відповідно, мають вигляд: $x^2 + y^2 = 9, y = \pm 3$ та $y^2 + z^2 = 9, x = \pm 3$. На кожному півколі задано по сім вузлів з рівномірним кроком вздовж дуги. Топологічна схема сітки на квадратному плані 6×6 лінійних одиниць (лін. од.) має чотирикутні клітини (рис. 2).

Напрямок векторів зовнішніх зусиль задано спільним центром точкою $O(x_0 = 0; y_0 = 0; z_0 = 0)$ та вузлами правильної в плані сітки з квадратними клітинами, що лежить у горизонтальній площині $\Gamma(z = 3)$. Крок сітки $t = 1$ лін. од.

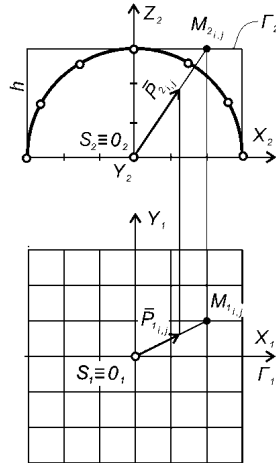


Рис. 2 Топологічна схема сітки та заданий опорний контур

Довжини векторів зусиль, що діють на вузли сітки, прийняті однаковими $kP = const$. Координатні складові векторів зусиль зовнішнього формоутворюючого навантаження підраховуються за формулами:

$$P_{x,i,j} = \frac{P \cdot i}{\sqrt{i^2 + j^2 + h^2}}; \quad P_{y,i,j} = \frac{P \cdot j}{\sqrt{i^2 + j^2 + h^2}}; \quad P_{z,i,j} = \frac{P \cdot h}{\sqrt{i^2 + j^2 + h^2}}, \quad (3)$$

де i, j – номер вузла дискретної сітки у локальній системі координат, P – величина зовнішнього зусилля, постійного для всіх вузлів сітки, h – висота положення площини Γ .

Симетрія заданих умов відносно вертикальних площин XOZ та YOZ дозволяє значно скоротити число рівнянь рівноваги вузлів:

$$\begin{aligned} x_{i-1,j} + x_{i+1,j} - 4x_{i,j} + x_{i,j-1} + x_{i,j+1} + kP_{x,i,j} &= 0; \\ y_{i-1,j} + y_{i+1,j} - 4y_{i,j} + y_{i,j-1} + y_{i,j+1} + kP_{y,i,j} &= 0; \\ z_{i-1,j} + z_{i+1,j} - 4z_{i,j} + z_{i,j-1} + z_{i,j+1} + kP_{z,i,j} &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Для виборів варіантів управління формою дискретно представлених поверхонь були виконані розрахунки при різних значеннях зовнішнього зусилля: $kP' = 0,25P$ лін. од.; $kP'' = 0,5P$ лін. од.; $kP''' = P$ лін. од.

У всіх трьох випадках для визначення невідомих апікат вузлів сітки та коефіцієнтів k , пропорційності зусиль P довжинам в'язей, були складені системи рівнянь рівноваги вузлів (4) для 1/4 частини плану. Абсциси вузлів сітки визначені при підстановці до (4) знайдених коефіцієнтів k , а ординати вузлів визначено із умови симетрії сітки. За

отриманими результатами координат вузлів сітки на рис. 3, а, б, в, в побудовано дискретні каркаси змодельованих поверхонь при різних значеннях величини зовнішнього формоутворюючого навантаження.

З наведеного прикладу видно, що управління формою поверхні відбувається за рахунок зміни довжини вектора зовнішнього зусилля, який залишається однаковим для всіх вузлів сітки. З рис. 3 видно, що зміна довжини вектора впливає на стрілу підйому модельованих поверхонь (аплікату центрального вузла).

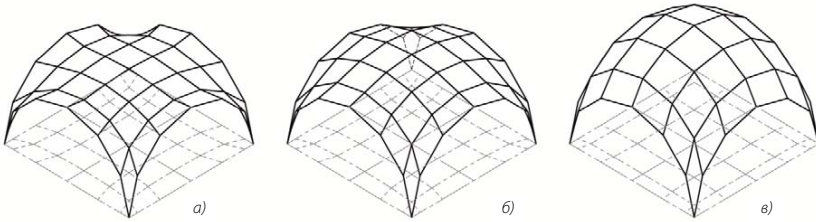


Рис. 3 Дискретні каркаси врівноважених поверхонь, змодельованих під впливом зовнішнього навантаження: а) зовнішнє зусилля – $0,25P$ лін. од.; б) зовнішнє зусилля – $0,5P$ лін. од.; в) зовнішнє зусилля – $P = 1$ лін. од.

Розглянемо другий варіант цього прикладу. У цьому випадку центр O , який визначає напрямок зовнішніх зусиль, перенесено у точку C ($x_C = -2; y_C = -2; z_C = 0$). Положення векторів зовнішніх

зусиль показано на рис. 4, а. Тоді, формули для розрахунку координатних складових зусиль приймають вигляд:

$$\begin{aligned} P_{x,i,j} &= \frac{P \cdot (i_M + 2)}{\sqrt{(i_M + 2)^2 + (j_M + 2)^2 + h^2}}; \quad P_{y,i,j} = \frac{P \cdot (j_M + 2)}{\sqrt{(i_M + 2)^2 + (j_M + 2)^2 + h^2}}; \\ P_{z,i,j} &= \frac{P \cdot h}{\sqrt{(i_M + 2)^2 + (j_M + 2)^2 + h^2}} \end{aligned} \quad (5)$$

Оскільки вихідні дані у цьому прикладі передбачають лише одну площину симетрії ($x = y$) число рівнянь рівноваги (4), у порівнянні з попереднім прикладом, збільшиться до 50 рівнянь. За результатами розрахунків на рис. 4, б показаний дискретний каркас змодельованої поверхні. Такий варіант завдання напрямку векторів зовнішніх зусиль можна використо-

увати на етапі ескізного проектування архітектурних оболонки під впливом вітрового навантаження.

Третій варіант обираємо таким, коли змінюється як напрямок вектора зусилля так і його довжина (для всіх вузлів сітки $kP \neq const$). Напрямок вектора зусилля визначається так само, як було показано на рис. 2. А саме, координатні складові кожного з векторів

зусиль визначаються двома точками, одна з яких – це точка O ($x_0 = 0; y_0 = 0; z_0 = 0$), а інша – точка M , яка збігається з відповідним вузлом сітки у площині Γ ($z=3$). Тоді, координатні складові векторів зовнішніх зусиль визначаються за формулами:

$$kP_x = i; \quad kP_y = j; \quad kP_z = h, \quad (6)$$

де $k = 0,3333$ – величина коефіцієнта пропорційності зусилля до довжини в'язі. Таке значення коефіцієнта прий-

мається для того, щоб апліката центрального вузла була сумірна з відповідними аплікатами вузлів сіток на рис. 3 та рис. 4. Система рівнянь рівноваги вузлів сітки тотожна системі (4) для першого варіанта у описаному прикладі. За результатами розрахунків побудовано дискретний каркас поверхні (рис. 5).

З рис. 5 видно, що сітка в плані, при використанні такого розподілу зовнішніх зусиль, матиме клітини правильної форми.

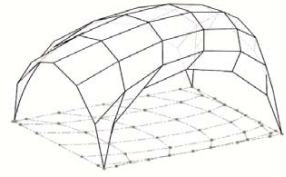
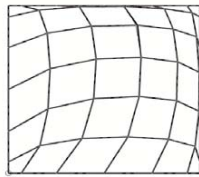
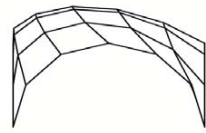
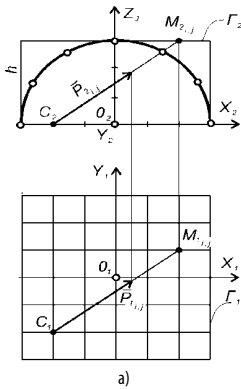


Рис. 4 Дискретний каркас поверхні, змодельований під дією зовнішнього навантаження. Центр векторів зовнішніх зусиль перенесено у точку C_1 ; а) топологічна схема сітки та опорний контур; б) три проекції та диметрія дискретного каркаса зрівноваженої оболонки

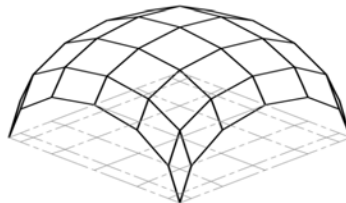
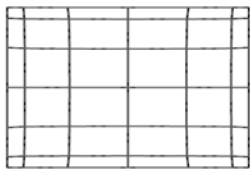
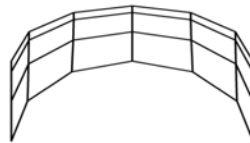
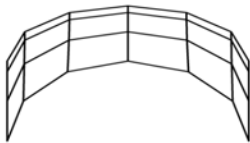


Рис. 5 Три ортогональні проекції та ізометрія дискретного каркаса зрівноваженої поверхні, яка змодельована під впливом неоднакових зовнішніх зусиль

Приклад 2. На рис.6 показано варіювання форми дискретної сітки з трикутними клітинами за рахунок зміни довжин векторів зовнішніх формуютьуючих зусиль, які залишаються однаковими для всіх вузлів сітки. Задано опорний контур у вигляді просторової ламаної лінії з шестикутним планом так, як показано на рис. 6, а. Напрямок векторів зусиль зовнішнього навантаження задано спільним центром

$O(x_0 = 0; y_0 = 0; z_0 = 0)$ і вузлами правильної сітки з трикутними клітинами, яка лежить у площині $\Gamma(z = 3)$. Контуром цієї сітки є такий саме шестикутник, як і у опорного контура в плані. Крок сітки дорівнює 1 лін. од., розмір радіуса кола, описаного навколо шестикутника, дорівнює 4 лін. од. Система відліку вузлів задана осями O_i, O_j так, як показано на рис. 6, а.

Рівняння рівноваги довільного вузла такої сітки:

$$\begin{aligned} x_{i-1,j-1} + x_{i-1,j} + x_{i,j-1} - 6x_{i,j} + x_{i,j+1} + x_{i+1,j-1} + x_{i+1,j} + kP_{x,i,j} &= 0; \\ y_{i-1,j-1} + y_{i-1,j} + y_{i,j-1} - 6y_{i,j} + y_{i,j+1} + y_{i+1,j-1} + y_{i+1,j} + kP_{y,i,j} &= 0; \\ z_{i-1,j-1} + z_{i-1,j} + z_{i,j-1} - 6z_{i,j} + z_{i,j+1} + z_{i+1,j-1} + z_{i+1,j} + kP_{z,i,j} &= 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Система рівнянь рівноваги з урахуванням подвійної дзеркальної симетрії сітки налічує 30 рівнянь. Коор-

динатні складові векторів зовнішніх формуютьуючих зусиль, у цьому випадку, мають вигляд:

$$P_{x,i,j} = \frac{P \cdot (i - \frac{j}{2})}{\sqrt{(i - \frac{j}{2})^2 + j^2 + h^2}}; \quad P_{y,i,j} = \frac{P \cdot j}{\sqrt{(i - \frac{j}{2})^2 + j^2 + h^2}}; \quad P_{z,i,j} = \frac{P \cdot h}{\sqrt{(i - \frac{j}{2})^2 + j^2 + h^2}}. \quad (8)$$

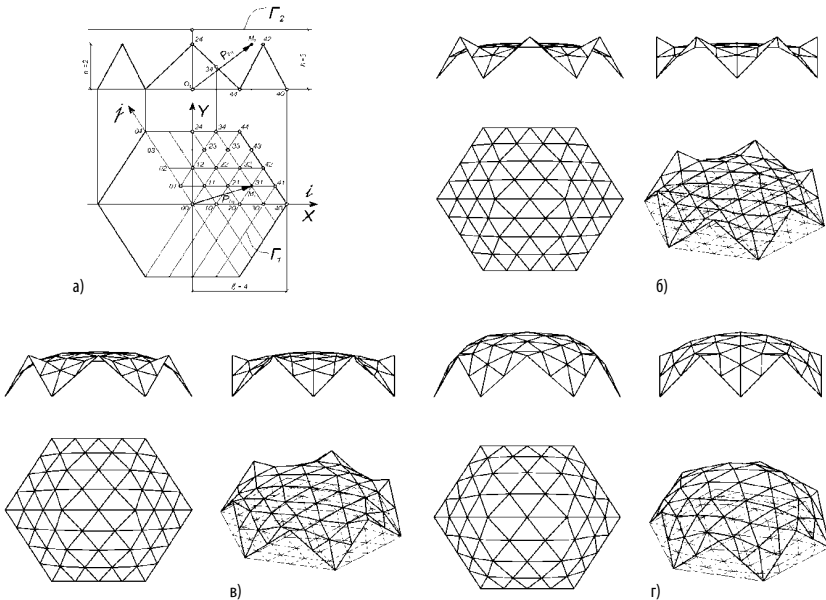


Рис. 6 Дискретні каркаси зрівноважених поверхонь, побудовані під впливом зовнішнього навантаження: а) топологічна схема сітки та опорний контур; б) зовнішнє навантаження $0,25P$ лін. од;

На рис. б, в, г побудовано дискретні сітки врівноважених поверхонь, відповідно, при величинах зовнішніх зусиль: $kP'' = 0,25P$ лін. од.; $kP'' = 0,5P$ лін. од.; $kP''' = 1,0$ лін. од.

В усіх наведених прикладах подальше керування формою безмоментної оболонки можна здійснювати за рахунок коефіцієнта пропорційності k , який можна вважати невідомим. Це дозволить призначити вузол, через який повинен проходити дискретний каркас поверхні, тобто задавати одну координату довільного вузла дискретної сітки як вихідну умову.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Наведені в роботі приклади побудови дискретних каркасів врівноважених поверхонь довели, що використання трьох параметрів зовнішнього формоутворюючого навантаження, яке діє на вузли сітки, у різних сполученнях, дозволяє значно розширити можливості управління формою ДПП із заданими крайовими умовами на довільно заданих опорних контурах. Підтверджена перспективність використання СГМ для моделювання різноманітних дискретних сіток врівноважених поверхонь в архітектурі та дизайні, з урахуванням особливостей їх зорового сприйняття, накладених різноманітних обмежень та із збереженням естетичних характеристик модельованих поверхонь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Mihailenko, V.E. Konstruivovanie form sovremennykh arhitekturnykh sooruzhenii [Tekst] / V.E.Mihailenko, S.N.Koval'ov. – К. : Budivel'nik, 1978. – 112 s., il.
2. Koval'ov, S.M. Formoutvoryuyucha rol' zovnishn'ogo navantajennya v statiko-geometrichnomu metodi [Tekst] / S.M.Koval'ov, O.I.Ahmatshina // Suchasni problemi modelyuvannya: zb. nauk. prac' / MDPU im. B.Hmel'nic'kogo; gol. red. kol. A.V.Naidish. – Melitopol': Vidavnicтво MDPU im. B.Hmel'nic'kogo, 2014. Vipusk 2 – S. 43 – 51.
3. Grischenko, V.G. Diskretnoe modelirovaniye poverhnoy obolochki s uchetom sovokupnosti geometricheskikh i staticheskikh formobrazuyuschikh parametrov: avtoref. dis. na soiskanie nauchnoy stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.01.01 «Prikladnaya geometriya, injenernaya grafika» [Tekst] / V.G. Grischenko. – K. KISI, 1985. – 15 s.
4. Pustyl'ga, S.I., Samchuk, V.P. Zguschennya tochkovykh karkasiv diskretno predstavlenih krivykh za rahunokparametriv zovnishn'ogo formoutvoryuyuchogo navantajennya [Tekst] / S.I. Pustyl'ga, V.P. Samchuk // Mijvidomchii naukovu-tehnichniy zbirnik «Prikladna geometriya ta injenerna grafika». Vidpovidal'nyi redaktor V.E.Mihailenko. – K.: KNUBA, 2010, Vipusk 88 – S. 35 – 40.
5. Romanova Yu.V. Formuvannya rebristih bezmomentnih pokrittiv z zadanim malyunkom reber [Tekst] / Yu.V.Romanova // Suchasni problemi modelyuvannya: zb. nauk. prac' / MDPU im. B.Hmel'nic'kogo; gol. red. kol. A.V.Naidish. – Melitopol': Vidavnicтво MDPU im. B.Hmel'nic'kogo, 2014. Vipusk 2 – S. 124 – 129
6. Botvinov'ska, S.I. Formuvannya diskretnih poverhon' v arhitekturi ta dizain-proektuvanni // Problemi informacijnih tehnologij. – 2016. – №1(019). – S. 192 – 199.
7. Koval'ov, S.M. Vpliv parametrov zovnishnih zusil' na formu diskretnogo karkasa poverhni [Tekst] / S.M.Koval'ov, S.I.Botvinov'ska // Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem. – 2016. – №28. – S. 137 – 141.
8. Botvinov'ska, S.I. Varyuvannya form ob'ektiv dizainu shlyahom vikoristannya riznih poverhon'-proobraziv [Tekst] / S.I.Botvinov'ska // Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem. – 2017. – №30. – S. 136 – 141.
9. Koval'ov, S.M. Geometrichne modelyuvannya poverhon' iz zadanimi vlastivostyami u dizaini ta arhitekturi [Tekst] / S.M.Koval'ov, S.I.Botvinov'ska, A.V.Zolotova // Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem. – 2016. – №25. – S. 121 – 126.
10. Kaschenko, O.V. Formuvannya v dizaini ta arhitekturi na osnovi modelyuvannya bioprototipiv: diss. ...d-ra tehn. nauk: 05.01.03 / O.V. Kaschenko. – K.: KNUBA, 2013. – 250 s.
11. Grimach, K.M. Podbor optimal'nykh parametrov ellipsoidnoy jelezobetonnoy obolochki vrascheniya [Tekst] / K.M.Grimach, A.V. Kozlov, R.A.Proskurov // Mejdunarodnyi nauchno-issledovatel'skij jurnal: tehnicheckie nauki (chast' 3). – 2017. – №2(56).

Рецензент: д.т.н., проф., Плюский В.О.,
Проректор з наукової роботи, КНУБА

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ

УДК 004.921

ЗАЙЦЕВА Еліна Євгенівна

к.т.н., доцент кафедри математичних методів та системного аналізу,
Маріупольський державний університет.

Наукові інтереси: методи системного аналізу та їх застосування на практиці,
проекування інформаційних систем, обробка зображень.

МЕРКУЛОВА Катерина Володимирівна

к.т.н., доцент, доцент кафедри математичних методів та системного аналізу,
Маріупольський державний університет.

Наукові інтереси: методи системного аналізу та їх застосування на практиці,
проекування інформаційних систем, обробка зображень.

ВСТУП

Система кар'єрного транспорту є однією з важливих систем гірничорудного виробництва, функціонування якої впливає на ефективність роботи суміжних технологічних систем – перевантажувальних пунктів, збагачувальних фабрик, тощо. Основним видом транспорту для перевезення покровних порід та корисних копалин є автотранспорт, він є сполучною ланкою всіх технологічних процесів розробки гірничих порід у кар'єрі, проте, разом з тим, на нього приходиться біля половини усіх вартісних витрат на видобуток корисної копалини. Сьогодні існує стійка тенденція зростання потужності та глибини кар'єрів, що в свою чергу вимагає рішення низки технологічних задач, зокрема перегляду організації транспортної системи. При збільшенні глибини кар'єрів значно ускладнюються гірничотехнічні умови експлуатації автотранспорту: висота підйому гірничої маси досягає 150-170 м, відстань транспортування – 3,0-3,5 км, середньозважений кут нахилу кар'єрної дороги – 100-115%, що призводить до істотного зниження швидкості руху автосамоскиду до 15-18 км/год і продуктивності використання рухомого

складу. Все це викликає постійні зміни технології перевезення гірничої маси й планування роботи транспортних засобів та вимагає значної кількості попередніх розрахунків.

Нарощення потужності автосамоскидів приводить до необхідності збільшення ширини автомобільних доріг, товщини дорожніх конструкцій та, відповідно, їх вартості. Однак, через специфічні гірничі умови, ширина існуючих доріг може бути недостатньою для одночасного проходження самоскидів у зустрічних напрямках. Таким чином, односмугові ланки можуть виникнути у кар'єрах з двосмуговими дорогами. Гірничі підприємства з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин, в яких з тих або інших причин існують односмугові ділянки трас, належать до кар'єрів зі специфічними умовами транспортування. Зазвичай, для роз'їздів на односмугових ділянках, водії використовують стратегію «перший приїхав – перший їде». Проте з метою організації контролю та планування руху транспорту для кар'єрів зі специфічними умовами транспортування диспетчерська служба має оперативно координувати рух задіяних у поточній зміні самоскидів. Питання підвищення ефек-

тивності експлуатації кар'єрного автотранспорту досліджуються у роботах Аністратова Ю.І., Васильєва М.В., Клебанова О.Ф., Кулешова О.О., Монастирського Ю.А. та ін. Основні принципи їх досліджень покладені в основу реалізації автоматизованих систем диспетчерського управління. Існуючі сьогодні автоматизовані системи диспетчерського управління (ГІС К-MINE, «КАРЬЕР»; АСУ ГТК Wenco; DISPATCH тощо) не враховують наявність односмугових ланок на трасах, а отже, не зважають на важливу складову показника ефективності оперативного диспетчерського управління (ОДУ) – час простоїв транспортного обладнання, що виникає на ділянках реверсивного руху.

Таким чином, актуальною є задача оптимізації оперативного-диспетчерського управління рухом кар'єрного автомобільного транспорту, які враховували б наявність односмугових ділянок доріг та забезпечували підвищення ефективності вантажоперевезень.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Аналіз існуючих схем оперативного диспетчерського управління кар'єрним транспортом [1] дозволив визначити основну мету – підвищення ефективності вантажоперевезень на гірничих підприємствах з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин зі специфічними умовами транспортування за рахунок застосування методів і моделей оперативного диспетчерського управління рухом кар'єрного автомобільного транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі дослідження:

- удосконалити метод управління рухом транспорту на односмугових ділянках доріг, який дозволить запобігти виникненню аварійних ситуацій та мінімізувати час простою автотранспорту;
- розробити алгоритм перевірки керованості стану та перевірити його на адекватність.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Дискретно-подійна динамічна модель транспортної системи, яка представлена у [2] дозволяє застосувати управління у вигляді моментів відправлення транспортних засобів зі станцій системи так, щоби загальний час простою транспорту був найменшим. Але, необхідно обрати метод управління транспортною системою

як дискретно-подійним об'єктом, застосовуючи методи системного аналізу, що забезпечить ефективне транспортування вантажів по різних маршрутах руху транспорту в системі. В теорії системного аналізу можна виділити два підходи до розв'язку цієї задачі [3].

В першому ідея синтезу управління в ДПС полягає в формуванні такого вектора управління, який задає дискретно-подійному процесу бажану поведінку [4]. Задана поведінка ДПС може характеризуватись через можливу недопустимих маркувань позицій, або – якщо говорити про простір станів – заборонених станів системи. Тобто, деяка позиція не може маркуватись або деякий стан системи не може досягатись в конкретний момент часу. Такий підхід дозволяє розглядати управління як результат дії зворотного зв'язку, за допомогою якого через рішення системи рівнянь Max-Plus алгебри можна формувати умови часових точок маркувань. Оскільки через управління, розвиток у часі дискретно-подійного процесу, який залежить від власного числа матриці динаміки, може тільки сповільнюватись, то очевидно є потреба зменшення різниці між власними числами матриць керованої і некерованої системи. Тому в якості критерію синтезу алгоритму управління використовується оцінка різниці власних чисел некерованого процесу і процесу з керованими переходами. Фактично за допомогою зворотного зв'язку і специфікації математичної моделі процесу можна говорити про класичну структуру системи управління в ДПС. При такій побудові управління в системі цілеспрямовано може змінюватись власне число і власний вектор в залежності від зовнішніх збурень, які безумовно діють на реальну ДПС.

Даний підхід можна умовно назвати управлінням за заданими показниками якості.

Другий підхід – це оптимальне управління дискретно-подійними системами, обумовлене впливом часових характеристик системи на економічні або виробничі показники її функціонування. Критерій якості при цьому задається деякою узагальненою функцією вартості, яка надає перевагу управлінню, що призводить до дотримання графіку виробництва та, за необхідності, зберігає рівень запасів і «штрафує» управління, яке призводить до зменшення ефективності та збільшення простоїв. Цільові функції критерію відрізняються залежно від того, чи в системі передбачені матеріально-виробничі запаси, чи є вони допустимими, які вимоги щодо випередження виробничого графіка, чи є

припустимим запізнення на початку роботи на окремих ділянках виробництва тощо [5,6,7]. Якщо цільова функція визначається як сума відхилень між фактичними та бажаними моментами настання вихідних подій, через наявність операції max вона є недиференційованою, а отже пошук оптимального управління ДПС є задачею нелінійної оптимізації.

В роботі для розробки алгоритму управління транспортною системою кар'єрного комплексу пропонується використання обох підходів до побудови системи управління дискретно-подійними системами на основі Max-Plus алгебри.

Розглядається дискретно-подійна система, яка задана в канонічній формі наступною системою рівнянь в базисі Max-plus алгебри $(\bar{R}, \oplus, \ominus)$:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(k+1) &= \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}(k) \oplus \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}(k+1), \\ \mathbf{y}(k+1) &= \mathbf{C} \cdot \mathbf{x}(k+1), \end{aligned} \quad (1)$$

де $\mathbf{x}(k) \in \bar{R}^m$, елемент $x_i(k)$ – це момент часу, в який i -а подія відбудеться в k -му циклі розвитку процесу, $i = \overline{1, m}$, $\mathbf{u}(k) \in \bar{R}^n$ – момент часу, в який k -й вектор управління безпосередньо діє на систему, $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ – матриці відповідних розмірностей, елементи яких належать до \bar{R} .

Перше рівняння системи (1) означає, що поява події i в $(k+1)$ -му циклі має місце лише тоді, коли відбудуться всі події у всіх попередніх k циклах та буде завершено керуючий вплив, що діє на подію i . Тобто маємо $\bigoplus_{j=1}^m a_{ij} \cdot x_i(k)$, $\bigoplus_{l=1}^n b_{il} \cdot u_l$ (a_{ij} – тривалість j -ї події, що безпосередньо передує події i , u_l – момент часу запуску керування l та b_{il} – затримка часу до запуску події i , крім того, $b_{il} = -\varepsilon$ в випадку, якщо l безпосередньо не передує i).

У випадках представлення системи графом синхронізації, стан відповідає часу маркування позицій графа, а керування докладається до деяких переходів, затримка відповідна часу запуску переходу.

Перше рівняння в системі (1) можна записати

$$\mathbf{x}(k+1) = [\mathbf{B} \mid \mathbf{A}] \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{u}(k+1) \\ \mathbf{x}(k) \end{pmatrix} \quad (2)$$

та в розгорнутому виді:

$$\mathbf{x}(k+1) = [\Gamma_{k-i} \mid \mathbf{A}^{(k+1-i)}] \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{u}_{k-i} \\ \mathbf{x}(i) \end{pmatrix} \quad (3)$$

де $\Gamma_{k-i} = [\mathbf{B} \mid \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} \mid \dots \mid \mathbf{A}^{(k-i)} \cdot \mathbf{B}]$ та $\mathbf{u}_{k-i} = (\mathbf{u}(k+1) \quad \mathbf{u}(k) \quad \dots \quad \mathbf{u}(i+1))^T$ – послідовність керуючих впливів, що переводить систему зі стану $\mathbf{x}(i)$ в стан $\mathbf{x}(k+1)$.

Припустимо, що для заданого $\mathbf{x} = \mathbf{x}(k+1)$, існує допустимий початковий стан $\mathbf{x}(i)$ і послідовність вхідних впливів $\mathbf{u}(i+1), \mathbf{u}(i+2), \dots, \mathbf{u}(k+1)$, така, що рівняння (3) є тотожністю. Тоді, починаючи зі стану $\mathbf{x}(i+1) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}(i) \oplus \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}(i+1)$, можна досягти $\mathbf{x}(k+1)$ за $k-i$ кроків розвитку процесу (тобто $\mathbf{x}(i), \mathbf{x}(i+1), \dots, \mathbf{x}(k)$ – всі є допустимими початковими станами). Оскільки $\mathbf{x}(i) \leq \mathbf{x}(i+1)$, отримуємо, що множини допустимих початкових станів S та вхідних керуючих векторів V є частково впорядкованими.

Можна сформулювати задачу досяжності у вигляді: нехай задано $\mathbf{x} \in \bar{R}^m$. Потрібно, якщо це можливо, знайти таку множину $S(\mathbf{x}) \neq \emptyset$ допустимих початкових станів та множину $V(\mathbf{x}) \neq \emptyset$ вхідних керуючих векторів, такі, що рівняння (3) вірно для деякого i ($0 \leq i \leq k$).

При $i=0$ з рівняння (3) отримуємо початковий стан $\mathbf{x}(0)$ (момент часу, в який не було запущено жодного переходу) та послідовність вхідних векторів \mathbf{u}_k з першим управлінням $\mathbf{u}(1)$. Оскільки момент $t=0$ може бути часом першого запуску переходів, раціонально припустити, що $\mathbf{x}(0) = -\varepsilon$. В цьому випадку, оскільки $\mathbf{A}^{(k+1)} \cdot \mathbf{x}(0) = \mathbf{A} \cdot -\varepsilon = -\varepsilon$, рівняння (3) приймає вид:

$$\mathbf{x}(k+1) = \Gamma_k \cdot \mathbf{u}_k \quad (4)$$

Стан \mathbf{x} вважається досяжним, якщо $S(\mathbf{x}) \setminus \{\mathbf{x}\} \neq \emptyset$, та керованим, якщо $-\varepsilon \in S(\mathbf{x})$. Для неперервних та дискретних систем поняття досяжності та керованості є тотожними, однак для дискретно-подійних систем це не так. Якщо стан дискретно-подійної системи є керованим, то він також є досяжним, але зворотне невірно. Крім того, в теорії ДПС гово-

ряться лише про керованість стану, а не системи в цілому, оскільки керованість – дискретна властивість в лінійних системах Мах-plus алгебри.

В [6,8,9,10] було доведено, що для того, щоб стан \mathbf{x} був керованим, необхідно, щоби він був фіксованою точкою матриці

$$\begin{aligned} \Gamma_k^\nabla : \bar{R}^{m(k+1)} &\rightarrow \bar{R}^{m(k+1)}, \\ \mathbf{x} &\mapsto \Gamma_k^\nabla \cdot \mathbf{x}, \quad \Gamma_k^\nabla = \Gamma_k \cdot \Gamma_k^{-T}. \end{aligned} \quad (5)$$

Таким чином, перевірка необхідної умови керованості стану $\mathbf{x}(k+1)$, є перевіркою, чи є стан $\mathbf{x}(k+1)$ фіксованою точкою матриці Γ_k^∇ .

Запишемо рівняння (3) в розгорнутому виді:

$$\mathbf{x}(k+1) = [\mathbf{B} | \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} | \dots | \mathbf{A}^{(k)} \cdot \mathbf{B}] \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{u}(k+1) \\ \mathbf{u}(k) \\ \dots \\ \mathbf{u}(1) \end{pmatrix} \quad (6)$$

При розв'язанні (5) відносно вектору \mathbf{u}_k , отримуємо рівняння для відновлення керуючих впливів:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{u}(k+1) \\ \dots \\ \mathbf{u}(1) \end{pmatrix} = \Gamma_k^{-T} \cdot \mathbf{x}(k+1) \quad (7)$$

або скорочено

$$\mathbf{u}_k = \Gamma_k^{-T} \cdot \mathbf{x} \quad (8)$$

Отже, алгоритм перевірки керованості стану \mathbf{x} за необхідною умовою має вид:

Крок 1. $k := 1, \mathbf{x}(0) := -\varepsilon$.

Крок 2. Якщо $k > k_{\max}$ перехід на крок 7, інакше – перехід на крок 3.

Крок 3. Перевірити необхідну умову керованості. Обчислити матриці Γ_k, Γ_k^{-T} , та матрицю $\Gamma_k^\nabla = \Gamma_k \cdot \Gamma_k^{-T}$. Якщо умова виконана, переходити до кроку 4, інакше – переходити до кроку 6.

Крок 4. Використовуючи матрицю Γ_k^{-T} з рівняння (6) обчислити вектор \mathbf{u}_k . За рівнянням (4) обчислити вектор стану $\mathbf{x}(k+1)$.

Крок 5. Якщо виконане $\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{x}$, то стан \mathbf{x} є досяжним, починаючи зі стану $\mathbf{x}(0) = -\varepsilon$ за k кроків,

а отже, є керованим. Перехід до кінця алгоритму. Інакше – перехід до кроку 6.

Крок 6. $k := k + 1$ і переходити на крок 2.

Крок 7. Вважати стан \mathbf{x} некерованим. Кінець.

Даний алгоритм дозволяє не лише перевірити стан системи на керованість, а і відновити управління, що за скінчену кількість циклів приведе систему до заданого стану.

Для перевірки керованості станів системи необхідно визначити матрицю управління \mathbf{B} . Матриця управління – матриця розмірності $|S| \times P$, де $|S|$ – кількість вершин графу синхронізації, P – кількість керованих переходів, з елементами $b_{im} \in \{\varepsilon, e\}$ ($i = 1, |S|, m = 1, P$). Для графу синхронізації кар'єру можна виділити 14 керованих переходів, що відповідатимуть за затримку транспортних засобів на станціях (рис. 1). Таким чином, матриця управління \mathbf{B} має розмірність 70×14 , а перелік індексів керованих переходів та відповідних скінчених елементів $b_{im} = 0$ наведено у табл.1.

Таблиця 1.

Індекси скінчених елементів матриці \mathbf{B}

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i	2	11	5	8	22	35	25	33	27	30	49	51	58	60

Перевіримо, чи є керованим стан системи $\mathbf{x}(2)$, отриманий раніше. Для $i = 0,6$ та $j = 1,10$, $(10 \cdot i + j)$ -та координата вектору $\mathbf{x}(2)$ наведена в таблиці 2.

Таблиця 2.

Стан $\mathbf{x}(2)$ ДПС

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
i										
0	9	9	10	13	13	14	17	17	19	21
1	21	21	23	9	9	13	21	13	13	17
2	16	16	17	20	23	25	25	26	30	30
3	32	33	35	36	36	37	39	16	16	20
4	33	25	25	30	24	24	25	28	30	32
5	35	39	39	43	43	46	47	49	50	52
6	54	54	56	24	24	28	47	39	39	43

Перевірка стану системи $\mathbf{x} = \mathbf{x}(2)$ на керованість проводиться за приведеним вище алгоритмом. Для цього система рівнянь зводиться до виду

$$\mathbf{x}(k+1) = \tilde{\mathbf{A}} \cdot \mathbf{x}(k) \oplus \tilde{\mathbf{B}} \cdot \mathbf{u}(k+1) \quad (9)$$

де $\tilde{\mathbf{A}} = \mathbf{A}_0^* \cdot \mathbf{A}_1$, $\tilde{\mathbf{B}} = \mathbf{A}_0^* \cdot \mathbf{B}$.

Матриці $\tilde{\mathbf{A}}$ та $\tilde{\mathbf{B}}$ використовуються для обчислення матриці Γ_k і послідовності векторів управління $\mathbf{u}(k)$.

Оскільки кількість циклів роботи транспорту в системі обумовлена виробничим процесом, будемо вважати достатнім для перевірки умови виходу з циклу значення $k_{\max} = 10$. Отримаємо, що для значення

$k = 2$ виконана необхідна умова керованості стану системи, тобто

$$\bar{\mathbf{x}} = \Gamma_k^{\nabla} \cdot \bar{\mathbf{x}},$$

а отже, можливе відновлення управління, що за прийнятну кількість виробничих циклів переведе систему в заданий стан. Відповідні вектори управління, знайдені за виразом (6), дорівнюють:

$$\mathbf{u}(1) = [9 \ 7 \ 10 \ 13 \ 16 \ 14 \ 17 \ 38 \ 20 \ 24 \ 26 \ 29 \ 51 \ 56]^T,$$

$$\mathbf{u}(2) = [3 \ 1 \ 0 \ 3 \ 10 \ 8 \ 0 \ 12 \ 3 \ 7 \ 0 \ 3 \ 17 \ 20]^T.$$

Таким чином, FIFO-управління «перший приїхав – перший вийшов» дозволяє досягти бажаної поведінки системи.

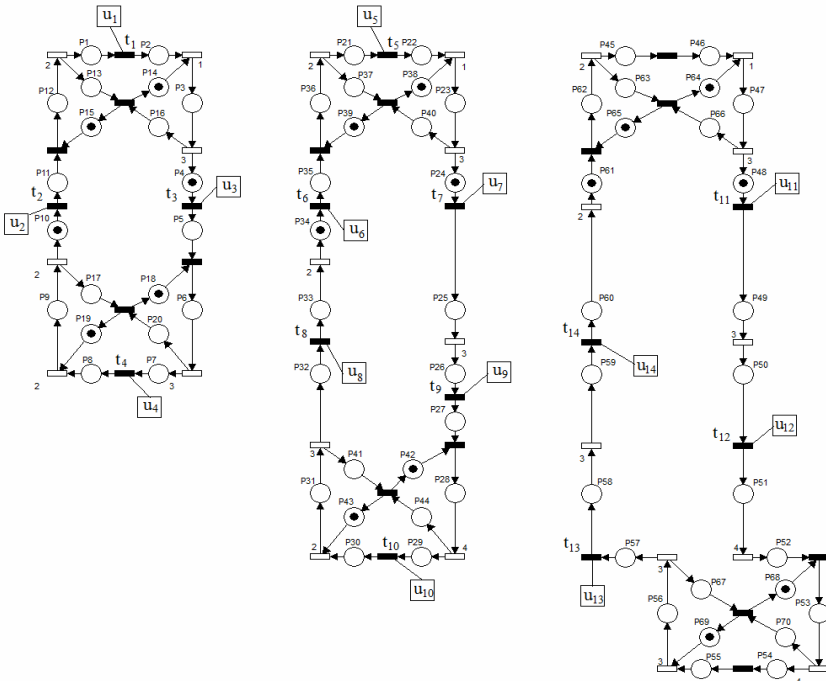


Рис. 1. Граф синхронізації керованої системи

ВИСНОВКИ

Таким чином в роботі на основі методів системного аналізу розроблено алгоритм управління транспортною

системою кар'єрного комплексу з використанням двох підходів системного аналізу до побудови системи управління дискретно-подійними системами на основі

Мах-Plus алгебри. Проведено перевірку керуваності станів системи та визначено, що FIFO-управління «перший приїхав – перший вийхав» дозволяє досягти оптимальної роботи системи. Така робота може бути описана за допомогою рівнянь у просторі станів. Проте в даному випадку неможливе формування стислої графіку роботи транспортної системи, який дозволить

диспетчеру спростити контроль за вантажоперевезенням, проходженням маршруту та простоями обладнання. Розробка алгоритму управління транспортною системою кар'єрного комплексу на основі теорії дискретно-подійних систем забезпечить вирішення цієї проблеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Zaytseva E. Informatsionnaya tekhnologiya upravleniya dvizheniyem kar'yernogo avtotransporta / E. Zaytseva, V. Voropayeva, I. Dolgikh // Nauchnyy vestnik Chernovitskogo universiteta Seriya «Komp'yuternyye sistemy i komponenty» – 2013. – Том 4, Вып.4. – С. 69-73.
2. Zaytseva E. Podsystema operativnogo upravleniya kar'yernym avtotransportom / E. Zaytseva // Sbornik nauchnykh trudov Donetskogo instituta zheleznodorozhnogo transporta – Donetsk, 2013. – № 34. – С. 19-25.
3. Zaytseva E. Optymal'ne upravlinnya dyskretno-podiyinymy systemamy z bahat'ma vkhodamy / E. Zaytseva, V. Voropayeva, I. Dolgikh // Systemnyy analiz ta informatsiyni tekhnolohiyi: materialy 15-yi Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi SAIT 2013 – K.: NNK "IPSA" NTUU "KPI". – 2013. – С. 99-100.
4. Zaytseva E. Metody i modeli operativno-dyspetchers'koho upravlinnya rukhom kar'yernoho avtomobil'noho transportu: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk: 05.13.06 / E. Zaytseva; Donets'kyy natsional'nyy tekhnichnyy univrsytet. – Donetsk, 2014. – 21 с.
5. Anderson T. W. An introduction to multivariate statistical analysis. – N.Y. – 2008. – 131 s.
6. Nait-Sidi-Moh A. Petri net with conflicts and (max, plus) algebra for transportation systems / Nait-Sidi-Moh A., Manier M.-A., El Moudni A., Wack M. // 11th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems – 2006, Delft: Netherlands (2006) – P. 548-553.
7. R.F. Subtil. A practical approach to truck dispatch for open pit mines / R.F. Subtil, D.M. Silva and J.C. Alves // 35th APCOM Symposium 2011, Wollongong, NSW, 24-30 Sept 2011 – 2011. – P 765-777.
8. Та С. A stochastic optimization approach to mine truck allocation / Та С.; Kresta J.; Forbes J.; Marquez H. // International Journal of Mining, Reclamation and Environment – Taylor & Francis, 2005. – Vol. 19, n. 3. – P. 162–175.
9. Wetjens D. Discrete event system analysis using the max-plus algebra: Master's thesis / Wetjens Dennis; Eindhoven University of technology – Eindhoven, June 2004 – 151 p.
10. Königsberg Z.R. A mixed lyapunov-max-plus algebra approach to the stability problem for discrete event dynamical systems modeled with timed petri nets / Z.R. Königsberg // Neural Parallel & Scientific Computations. – 2011 – vol. 19, no. 1-2. – P. 35-50.

Рецензент: д.т.н., проф. Крижановський В.Г.,
Донецький національний університет
ім. Василя Стуса

ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОИСК ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВЗВЕШЕННЫХ ДЕСКРИПТОРОВ

УДК 519.21.681.142

СТЕНИН Александр Африканович

д.т.н., профессор кафедры технической кибернетики
Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Научные интересы: ситуационное моделирование и оптимизация сложных динамических систем, автоматизированные обучающие системы, идентификация и оптимизация систем.

e-mail: alexander.stenin@yandex.ru

ПАСЬКО Виктор Петрович

к.т.н., доцент кафедры технической кибернетики

Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Научные интересы: информационные технологии, идентификация и оптимизация систем.

e-mail: vppasko@ukr.net

ЛЕМЕШКО Вячеслав Анатолиевич

аспирант кафедры технической кибернетики

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Научные интересы: объектно-ориентированное программирование, информационные системы и информационные технологии, архитектура веб-приложений.

e-mail: slavalemeshko@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного выполнения ИТ-проекта недостаточно выбрать эффективные технологии и средства разработки, обеспечить необходимый бюджет и найти квалифицированных разработчиков. В любой организации существуют правила и методики, по которым участники проекта (заказчики, аналитики, разработчики, тестеры, технические писатели) распределяют между собой задачи, взаимодействуют друг с другом, создают проектные артефакты (спецификации, исходный код, документацию). Эти правила могут быть четко организованными или хаотичными, быть формально документированными или существовать в головах проектной команды, но в любом случае именно их совокупность называется процессом разработки.

Известно [1], что процесс разработки инновационных информационных технологий (ИИТ) является многоальтернативным, т.е. возникает проблема многокритериальности, которая, как правило, требует привлечения интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР). Это обусловлено тем, что, во-первых, наличие человеческого фактора в процессе разработки ИИТ вносит большую долю неопределённости, и, во-вторых, необходимо посмотреть весь спектр допустимых решений в области использования ИИТ, что требует разработки автоматизированных методов извлечения знаний данной предметной области из различных источников информации, в том числе и из Интернет ресурсов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕРНЕТ КАК ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ.

Интернет в отличие от традиционных информационно-поисковых систем (ИПС) имеет следующие особенности [2, 3].

1. Развитие Интернет как информационного хранилища происходило без учёта потребности поиска документа. Как результат, в Интернет, в отличие от традиционных ИПС, где система хранения документов ориентирована на активный поиск [4], система хранения документов является заданной априори относительно задачи информационного поиска.

2. Интернет представляет собой децентрализованное хранилище документов, не имеющее единого управления организацией и развитием. Сеть Интернет гетерогенна, так как используется не только различные платформы, но и различные стандарты представления информации. Интернет объединяет как современное, так и унаследованные системы. Часть информации хранится в виде, отличном от текста (мультимедиа).

3. Социальная гетерогенность – это 83% коммерческой информации и 6% – научно-образовательной [5]. Кроме того, большой социальный разброс по авторам, аудитории, читателям.

4. Интернет – распределённое хранилище, где время доступа к различным его частям неодинаково и может существенно превосходить время доступа к локальному документу.

5. Объём документов в Интернет оставляет несколько миллиардов и превышает объёмы самых больших ИПС и постоянно увеличивается [6]. Большая часть информации, хранимой в Интернете, содержится в базах данных (эта часть называется DeepWeb [7]) и недоступно для большинства существующих промышленных ИПС. По оценкам экспертов количество документов, хранящихся в базах данных Интернет, превышает количество документов хранящихся в промышленных ИПС приблизительно в 500 раз.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ

По мере распространения поставщиков услуг доступа в Интернет и снижения цен на такие услуги, всё больше людей получали возможность не только ис-

пользовать информацию из Сети, но и добавлять её, и, довольно часто, бессистемно. В наши дни, благодаря своей доступности WWW становится одним из популярнейших источников информации.

Наряду с появлением в WWW новой информации, имеет место изменение содержания существующих информационных ресурсов. Страницы, посвященные новостям и другой быстро устаревающей информации, обновляются регулярно. Ввиду децентрализованной структуры WWW, ее архитектура и принципы построения не предполагали какой-либо контроль и упорядочение содержимого. Полезность информации варьируется в весьма широких пределах, так как каждый пользователь имеет возможность размещать любые данные, будь то авторская научная статья или личная информация сомнительного содержания. Если человек хочет получить какую-либо информацию, говорят, что у него возникла информационная потребность. Для её выражения он излагает неформальное описание требуемой информации, например, в виде вопроса на естественном языке. Уже на этом этапе проблематично обеспечить полноту такого описания: в каком контексте интерпретировать фразу, насколько подробный требуется ответ.

Разнообразная слабоструктурированная информация в сети Интернет не может быть успешно использована на практике без эффективного доступа. Так, по оценкам экспертов, около 79% журналистов обращаются к Интернету в поисках новостей, и лишь 20% из них находят ту информацию, которая им необходима. Несмотря на выполняемые большие работы по совершенствованию методов информационного поиска проблема вряд ли можно решить традиционно используемыми методами, такими как, булева модель, векторная модель, интерактивная модель и др. модели поиска. И даже, если представить такую ситуацию, что все существующие проблемы информационного поиска в их традиционной постановке будут решены, то большинство пользователей и, в первую очередь разработчики ИИТ, по-прежнему останутся недовольны, так как извлекаемая ими информация будет релевантной поисковому запросу, а не насущным проблемам.

Для преодоления такого противоречия консорциумом W3C развивается направление Semantic Web. По замыслу его создателей реализация этой парадигмы в

Интернете позволит ИС в какой-то степени понимать содержание информации и выступать «интеллектуальными посредниками (агентами)», способными самостоятельно манипулировать ею по заданию человека.

В настоящее время, в смысле автоматизации информационного поиска, активно ведётся работа по разработке алгоритмов, которые автоматически генерируют программы-посредники. Задача извлечения является сложной, поскольку требуется извлечь не только вид схемы данных, но также и связанную с ним семантическую информацию [8]. Актуальное исследование в области работы со слабо структурированной информацией на основе «интеллектуальных агентов» привели к появлению большого количества альтернативных инструментов их создания. Основной задачей извлечения данных из Интернет-ресурса является получение определённых фрагментов информации из указанных HTML-документов [9, 10]. Эта задача близка к задаче автоматической кластеризации и состоит в поиске разложения HTML-документов $D\{d_1...d_n\}$ на классы $C_1...C_k$, которые содержат документы со схожей структурой, или, другими словами, в определении базиса признаков $\{e_i\}$, формирующих многомерное пространство, и метода разложения документа по этому базису, то есть вычисление координат $\{w_i\}$. В частности, авторами работы [10] предлагается использовать подход, связанный с вычислением весов термов информационно-поисковых систем и использующих векторную модель представления документов. При этом

$$w_i = f_i / \log(N / k_i), \quad (1)$$

где f_i – частота встречаемости i -го признака, k_i – количество документов, в которых он встречается, a/N – общее количество рассматриваемых документов. Для оценки качества кластеризации вводится энтропийная мера. Следует отметить, что такой подход, определяющий значимость термина лишь по частоте, не гарантирует значимость документа по смыслу.

Отсюда, задача разработки методов извлечения информации на основе семантического анализа документов на естественном языке является весьма актуальной.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Семантический подход является в настоящее время одним из основных путей совершенствования информационно-поисковых систем, т.к. прямое лексическое сравнение запросов с индексами документов полностью не удовлетворяет разработчика. Это объясняется тем, что, как правило, найденные документы обладают либо полисемией (т.е. много лишних слов), либо синонимией (т.е. не все значащие слова извлекаются). Поэтому в рамках семантического подхода предлагается метод взвешенных дескрипторов, позволяющий извлекать наиболее значимые по смыслу и значению документы, весьма близкие к предметной области.

Метод построен на основе идеи базисов Грёбнера [11], в качестве которых используются статистически построенные концептуальные дескрипторы. Данный метод предполагает, что концептуальные дескрипторы в предложениях имеют низ лежащий, «латентный» смысл, который затеняется использованием разных слов. Идеалом при определении базисов Грёбнера будем считать техническое задание на инновационное развитие информационных технологий в конкретной предметной области. Для получения значимых концептуальных дескрипторов воспользуемся законами Джорджа Зипфа, известного американского математика и лингвиста [12].

Согласно этим законам создаваемые человеком тексты построены по единым правилам. Зипф предположил, что природная лень человеческая ведёт к тому, что слова с большим количеством букв встречаются реже коротких слов. На основании этого Зипф вывел два закона:

1. Произведение вероятности обнаружения слова в тексте на ранг частоты является постоянной величиной (C). Причем, значение константы в разных языках различно, но внутри одной языковой группы остаётся неизменным, какой бы текст не был. Так, для русских текстов константа Зипфа $C \approx 0.06 - 0.07$.

2. Для конкретного языка форма кривой Зипфа, связывающая количество слов и их частоту в тексте, является неизменной для любых текстов (рис.1).

Законы Зипфа универсальны. Им, в частности, отвечают характеристики популярности узлов сети Интернет. Объяснение законов Зипфа основано на корреля-

ционных свойствах аддитивных Марковских цепей со ступенчатой функцией памяти [12].

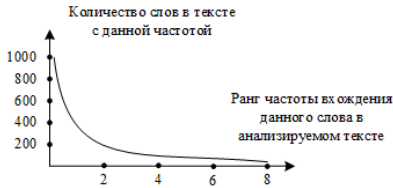


Рис.1. Кривая Зипфа

Анализ второго закона Зипфа показывает, что наиболее значимые слова, а, следовательно, и дескрипторы лежат в средней части кривой Зипфа [13]. Это объясняется тем, что, например, в русском языке наиболее часто встречаются предлоги, местоимения и др., а в английском – артикли и другие. Им отвечает левая часть диаграммы. Правая часть диаграммы соответствует дескрипторам, не имеющим решающего смыслового значения. Следовательно, от того как будет определен диапазон наиболее значимых дескрипторов, зависит успешность работы поисковой системы.

МЕТОД ВЗВЕШЕННЫХ ДЕСКРИПТОРОВ

Во-многом, определение диапазона наиболее значимых дескрипторов зависит от корректного составления двух специальных словарей – тезауруса и стоп-словаря. Тезаурус данной предметной области даёт возможность корректно определить набор концептуальных дескрипторов, т.е. набор наиболее значимых смысловых понятий данной предметной области. Стоп-словарь отсекает «помехи» в виде «лишних» слов, т.е. для русского языка – это частицы, предлоги, местоимения и др.

Количество концептуальных дескрипторов определяется частотным диапазоном выбранных из тезауруса данной предметной области дескрипторов и скорректированных техническим заданием на разработку ИИТ. Как правило, частотный диапазон определяется анализом частоты их появления в техническом задании. Таким образом, пусть мы сконструировали и отобрали n дескрипторов. Тогда по их запросу в Интернет мы получим прямоугольную матрицу

«дескрипторы-документы» $A = \{a_{ij}\}$ размерностью $N \times n$, где a_{ij} – частота появления

i -го дескриптора в j -ом документе, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, N}$.

Так как количество документов может оказаться весьма велико, то предлагается провести k -аппроксимацию на основе латентно-семантического анализа (ЛСА).

Латентно-семантический анализ – это метод обработки информации на естественном языке анализирующий взаимосвязь между набором документов и встречающимися в них терминами. В основе метода ЛСА лежат принципы факторного анализа, в частности, выявление латентных связей изучаемых явлений или объектов [14]. При кластеризации документов ЛСА используется для извлечения контекстно-зависимых значений лексических единиц при помощи статистической обработки большого объема текстов.

В этом смысле, ЛСА можно сравнить с простым видом нейронной сети, состоящей из трёх слоёв: первый слой содержит множество слов, второй – множество документов, соответствующих определённым ситуациям, а третий, средний, скрытый слой, представляет собой множество узлов с различными весовыми коэффициентами, связывающими первый и второй слой.

Для обработки полученных из Интернет документов с целью отбора наиболее значимых в смысловом содержании воспользуемся k – аппроксимацией. Основная идея k – аппроксимации латентно-семантического подхода состоит в замене матрицы A некоторой матрицей \tilde{A} , содержащей только k – первых линейно-независимых компонент матрицы A , и отражающей основную структуру различных зависимостей, присутствующих в A .

Говоря более формально, согласно теореме о сингулярном разложении [14] матрица A может быть разложена на произведение трёх матриц:

$$A = USV^T, \quad (2)$$

где: матрицы U и V – ортогональны, а S – диагональная матрица, значение на диагонали которой представляют собой сингулярные значения матрицы A .

Такое разложение обладает замечательной особенностью: если в матрице S оставить только k наибольших сингулярных значений, а в матрице U и V – только соответствующие этим значениям столбцы, то произведение получившихся матриц S , U и V будет наилучшим приближением исходной матрицы к матрице \tilde{A} ранга k .

$$\tilde{A} \approx A = USV^T. \quad (3)$$

Как правило, выборка размерности k зависит от поставленной задачи и выбирается на основе различных статистических критериев, в частности, критерия релевантности следующего вида:

$$R_j = \sum_{i=1}^n \alpha_i w_{ij}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (4)$$

где: w_{ij} - частотный коэффициент значимости, α_i – смысловой коэффициент значимости.

В качестве частотного коэффициента значимости можем использовать общепринятую формулу (1), в которой под f_i будем понимать частоту появления i -го дескриптора в j -ом документе. Смысловой коэффициент w_{ij} значимости можно определить либо на основе экспертных оценок смысловой значимости i -го дескриптора в техническом задании, либо как вероятность употребления в техническом задании дескриптора t в данном смысловом значении m_i , вычисляемую по формуле

$$P_i(m_i) = \frac{c(t, m_i)}{\sum c(t, m_i)}, \quad (5)$$

где: $c(t, m_i)$ - частота совместного использования дескриптора t в смысловом значении m_i .

В результате алгоритм поиска по предложенному методу взвешенных дескрипторов можно сформулировать следующим образом:

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Sergeev V.A. Osnovy innovacionnogo proektirovaniya – Ul'janovsk: UIGTU 2010. – 246s.
2. Tanenbaum Je., Ujezeroll D. Komp'juternye seti. 5-e izd. — SPb.: Piter, 2012. — 960 s.: il
3. Kuz'min A.V. Zolotareva N.N. Poisk v Internete - Sankt — Peterburg.: Izdatel'stvo NIT, 2011g. 276s.
4. Manning, K. Vvedenie v informacionnyj poisk / K. Manning. — M.: «Vil'jams», 2011. - 200 s.

Шаг 1. Берём в качестве идеала для определения базисов Грёбнера (в нашем случае, концептуальных дескрипторов) текст технического задания на инновационную разработку ИТТ в конкретной предметной области.

Шаг 2. Удаляем из технического задания с помощью стоп-словаря оговоренные выше «помехи».

Шаг 3. Конструируем с помощью словаря-тезауруса данной предметной области концептуальные дескрипторы.

Шаг 4. Упорядочиваем концептуальные дескрипторы в порядке убывания их частоты.

Шаг 5. Определяем диапазон частот наиболее значимых концептуальных дескрипторов (обычно 10-20 дескрипторов).

Шаг 6. Осуществляем запрос и получаем прямоугольную матрицу «дескрипторы – документы» A .

Шаг 7. По формуле (4) упорядочиваем документы в порядке убывания релевантности.

Шаг 8. Проводим на основе латентно-семантического анализа k -аппроксимацию.

Шаг 9. Заносим отобранные документы в базу знаний данной предметной области.

ВЫВОДЫ

В основе предложенного метода взвешенных дескрипторов с использованием латентно-семантического анализа лежат принципы факторного анализа, в частности, выявление латентных связей изучаемых явлений или объектов. Кластеризация документов методом взвешенных дескрипторов осуществляется на основе контекстно-зависимых значений лексических единиц при помощи статистической обработки большого объёма текстов. Описанный алгоритм поиска по предложенному методу взвешенных дескрипторов позволяет повысить качество найденной в Интернете информации за счет получения определённых фрагментов информации с учетом семантического анализа текста на естественном языке.

5. Internet-zavisimoe povedenie (Internet- addictive behavior) : (obzor) : (evieu) / V.L.Malygin [i dr.] // Zhurnal nevrologii i psihiatrii imeni S. S. Korsakova. - 2011. - T. 111, № 8. - S. 86-92
6. Bogdanov-Kat'kov, N.V.; Orlov, A.A. Internet: Novejsij spravocnik; M.: Jeksmo, 2012. - 928 c.
7. Denis Shestakov (2011). «Sampling the National Deep Web». Proceedings of the 22nd International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA), str.331-340.
8. Informatika i IKT. Cvetkova M.S., Velikovich L.S. 3-e izd., ster. - M.: 2012. — 352
9. Dakett, Dzhon Osnovy veb-programirovanija s ispol'zovaniem HTML, XHTML i CSS / Dzhon Dakett. - M.: Jeksmo, 2015. - 768 c
10. Nekrest'janov I., Pavlova E. Obnaruzhenie strukturnogo podobija HTML-dokumentov. – SPb. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet, Trudy chetvertoj vsrossijskoj konferencii RCDL, 2002. -ss.38-54.
11. Gerdt V.P. Groebner bases and involutive methods for algebraic and differential equations // Mathematics and Computers in Modelling, 25, No. 8/9, 1997, pp. 75-90.
12. K. E. Kechedzhy, O. V. Ustenko, V. A. Yampol'ski Rank distributions of words in additive many-step Markov chains and the Zipf Law. – Physical Review E. - 2005. – V.72. - pp. 1-6
13. Wentain Li. Random Texts Exhibition Zipf's Law – Like Word Frequency Distribution. Santa Fe institute. NM 87501. - 1992. - V. 38-№6. - pp. 1842-1845
14. Golub Dzh. Matrichnye ischislenija. - M.: Mir. - 1999. -548 c.

Рецензент: д.т.н., проф., Кулаков Ю.А.,
КПИ им. Игоря Сикорского

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 510.6

ЗАХАРЧЕНКО Леонід Миколайович

аспірант кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси: нові інформаційні технології.

e-mail: zraissa2@gmail.com

ЗАХАРЧЕНКО Раїса Миколаївна

к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси: нові інформаційні технології.

e-mail: zraissa2@gmail.com

КІРЮШАТОВА Тетяна Григорівна

к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси: нові інформаційні технології.

e-mail: tanyakir1963@gmail.com

КІРЮШАТОВА Катерина Володимирівна

асистент кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси: нові інформаційні технології.

e-mail: tanyakir1963@gmail.com

ВСТУП

В теперішній час інформаційні технології постійно використовуються в освітньому процесі. Для економії часу викладача на контроль навчальних досягнень учнів, студентів використовуються різні види контролю. Переважно для цього використовується тестовий контроль за допомогою програмного забезпечення.

Тестовий контроль – це не просто звичайна перевірка отриманих знань, а науково обгрунтований метод об'єктивної оцінки рівня підготовленості, валідності та ефективності [1].

Якість освіти – ключовий елемент будь-якої сучасної освітньої системи, який вимагає необхідних засобів контролю навчальних досягнень учнів [2].

Саме тому за кордоном широко поширений, а в Україні активно впроваджується в практику навчального процесу цілий комплекс методів оцінки навчальних успіхів, важливе місце в якому посідає тестування.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Потреба у використанні тестової технології зростає. Серед найбільш популярних методів перевірки якості знань в освітньому процесі вона посідає третє місце і складає 12,5% всіх методів контролю знань [7].

В наш час викладачі багато уваги приділяють компетентнісним тестам, де компетентність і складова її компетенція – це системна характеристика особистості, вона формується під час навчання й означає комплексну здатність і готовність людини до самостійної діяль-

ності в різних ситуаціях, при вирішенні практичних проблем. Це є основною ідеєю компетентнісного підходу, який повинен буде передбачити, так зване, з'єднання освітнього процесу в одне ціле і особистісного розвитку, на основі якого відбувається становлення особистісної позиції учня чи студента [7, 8].

В результаті аналізу досліджень зарубіжних і вітчизняних вчених-педагогів можна зробити припущення, що педагогічні тести є одним з найбільш добре розроблених, надійних і об'єктивних методів визначення навчальних досягнень учнів чи студентів. Однак педагогічне тестування зазвичай розглядається в рамках знаннєвого підходу. Його зв'язок з компетентнісною парадигмою недостатньо розроблений [7].

Впроваджуючи компетентнісний підхід в систему освіти, необхідно подолати проблеми, пов'язані зі зміною методів роботи викладачів, що стосуються побудови освітнього процесу, оцінки навчання та методів забезпечення якості.

Для перевірки основних ключових компетенцій, що визначають якість освіти, є необхідним створення тестів нового покоління – компетентнісних. Компетентнісні тести відображають системність, як основну рису сучасного навчально-виховного процесу [8].

Необхідно дати визначення компетентності, як динамічній комбінації знань, умінь, які зможуть визначити здатність особи вірно вирішувати життєві проблеми, виконувати професійну і навчальну діяльність.

Для досягнення компетентностей перерахуємо важливі навички й вміння: вміти оцінювати ризик; мати критичне мислення; бути творчою особистістю; бути ініціативним; вміти розв'язувати проблеми; вміти приймати важливі рішення; вміти працювати в команді [8].

В Україні стало необхідним впровадження компетентнісного підходу та оновлення змісту в середній школі на фоні напрямку «Нова українська школа» [6, 9].

Стратегічним завданням сучасної освіти є підвищення її якості, для чого повинні розроблятися та використовуватися певні інструменти [9]:

- стандарти загальної освіти, орієнтовані на компетентності;
- навчальні матеріали та технології навчання на базі стандартів нового покоління;
- систематична оцінка рівня компетентності учнів;

- моніторинг реальних результатів освіти;
- зміна компетенцій педагогічної освіти;
- самостійність учбових закладів в прийнятті рішень і реалізації стратегій;
- формування ключових компетенцій учнів та студентів;
- засоби об'єктивного контролю.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для здійснення сучасних цілей освіти в рамках інноваційного процесу постає потреба у розробці та використанні компетентнісного підходу, формування якого визначило необхідність розробки нової концепції змісту освітнього стандарту, а також корекції технологій його реалізації. Один з найважливіших інструментів такого підходу – це використання компетентнісних тестів, які, по-перше, повинні бути системними, тобто повинні контролювати не тільки знання елементарних дидактичних одиниць (ЕДО) [8], але і, перш за все, розуміння взаємовідносин між ними, а також властивостей, придбаних ЕДО тільки в складі цієї системи знань. По-друге, системність компетентнісних тестів повинна виходити за рамки однієї предметної області шляхом включення у ширший соціально-культурний контекст.

Проаналізувавши найбільш повну класифікацію методів контролю, згідно граф-дерева «Методи контролю», тестовий контроль віднесено до автономної (неконтактної) форми контролю [2].

Компетентнісна модель являє собою своєрідну «карту» областей компетентності, що включає їх ціннісно-сміслові, загальнокультурні, навчально-пізнавальні, інформаційні, комунікативні, соціально-трудова компоненти і компетенції особистісного самовдосконалення відповідно до вимог державного освітнього стандарту [7, 8].

У самому стандарті слово «компетенція» не вживається, але більшість вимог до результатів освоєння основної освітньої програми використовує терміни, що не належать до психологічних парадигм, що вимагають ширшого розуміння результатів навчання. Ключовими словами в характеристиці вимог до результатів освоєння учнями та студентами основної освітньої програми є: готовність, сформованість, здатність, прийняття й реалізація та ін.

Цю модель освітніх компетенцій застосували для аналізу тестових завдань, розроблених як за класичною

методику, так і по компетентнісній (системній) методиці.

Відсоток компетенцій у системних тестах вищий, ніж відсоток компетенцій у класичних тестах. Тобто, системні тести відповідають компетентнісному підходу і дають систему знань, відповідну сучасним вимогам [4, 8].

У дослідженні порівнювалися отримані оцінки: 1) в результаті виконання класичного тесту; 2) в результаті виконання системного тесту, підготованого на основі графа; 3) оцінка експерта – викладача. У дослідженні аналізувалося співвідношення між:

- оцінкою експерта і результатами звичайного тестування;

- оцінкою експерта і результатами системного тестування.

Зазначені співвідношення аналізувалися як для всієї вибірки, так і для сильних груп (тих, у кого бали від 4 до 5) і груп слабких школярів та студентів (тих, у кого бали від 3 і нижче). Достовірність отриманих результатів перевірялася за допомогою кореляційного аналізу [10].

У значній мірі якість отриманих знань залежить від збідностей учня або студента, від вірної організації учбового процесу, від індивідуального навчання, від умінь вчителя, від об'єктивності контролю.

При розробці нового покоління тестів необхідна математико-статистична підготовка та знання теорії тестів. Порівняння правил для виконання завдань, запропонованих в тесті, з еталоном відповіді дозволяє визначити коефіцієнт засвоєння знань (K_{us}). Слід зауважити, що

$$K_{us} = A/P, \quad (1)$$

де A – число вірних відповідей;

P – число завдань у запропонованих тестах.

Визначення K_{us} є операцією виміру якості засвоєння знань. K_{us} піддається нормуванню ($0 < K_{us} < 1$), а процедуру контролю засвоєння легко автоматизувати. По коефіцієнту судять про завершеність процесу навчання: якщо $K_{us} > 0,7$, то процес навчання вважають завершеним. При засвоєнні знань з $K_{us} \leq 0,7$, студент у професійній діяльності робить помилки і не здатний до їх виправлення через те, що не вміє їх знаходити [4, 10].

Після виконання планування змісту, розроблюють специфікацію тесту, в якій фіксується структура, зміст перевірки і процентне співвідношення завдань у тесті.

Під час стандартного тестування часто фіксують збій роботи комп'ютерних програм, які використовуються для тестування. У деяких країнах не раз були змушені відкласти проведення випробувань через проблеми з комп'ютерним тестом, який залишили деякі студенти, які намагалися взяти участь у тестуванні.

Незважаючи на справедливую критику стосовно нього, тестування є достатньо надійним, ефективним і коректним методом перевірки рівня знань учнів.

Для підвищення ефективності використання тестового контролю знань запропоновано використання інформаційних технологій з урахуванням сучасного компетентнісного підходу в освіті.

По перше необхідно виконати правильний підбір завдань, що дозволить відобразити істотні елементи мовної компетентності учнів та студентів.

Рівень і структуру знань можна виявити при аналізі відповідей кожного на всі завдання тесту. Тестовий бал показує "рівень знань" і уточнюється на основі тієї чи іншої моделі педагогічного вимірювання [4].

Необхідно визначитися з числом завдань, яке потім у процесі роботи над тестом можна буде змінювати в бік збільшення або зменшення (60 – 80 завдань). Час тестування вибирають у межах 1,5 – 2 г., а на виконання одного завдання зазвичай не більше 2 хв.

Важливий принцип системності тестів – це підбір змістовних елементів, що відповідають вимогам системності та пов'язаних між собою загальною структурою знань. При дотриманні принципу системності тест можна використовувати для виявлення не тільки обсягу знань, а й для оцінки якості структури знань учнів та студентів [8].

В результаті був створений проект по розробці програми для тестування учнів та студентів.

Цей проект має такі обмеження [8, 10]:

1. Якщо $K_{us} > 0,7$, то процес навчання можна вважати завершеним.

2. Якщо $K_{us} \leq 0,7$ студент у професійній діяльності систематично робить помилки і нездатний до їх виправлення через невміння їх знаходити.

3. Коефіцієнт засвоєння знань K_{us} знаходиться в межах

$$0 < K_{us} < 1.$$

4. Число тестових завдань знаходиться в межах $P < 60$, або $P < 80$.

5. Зазвичай знання та вміння поділяються так:

A>=10% – знання понять, визначень, термінів;

B>=20% – знання законів і формул;

C>=30% – вміння застосовувати закони і формули для вирішення завдань;

D>=30% – вміння інтерпретувати результати на графіках і схемах;

E>=10% – вміння проводити оціночні судження.

Програма призначена для визначення рівня засвоєння знань.

Результатами проектування є:

1. Розгляд результатів аналізу і перевірка їх повноти.

Результат завдання – це визначення рівня засвоєння знань після наданих відповідей, тих хто проходить процес тестування, та їх оцінювання в балах за допомогою програми.

2. Визначення критичних частин проекту і оцінка обмежень проекту.

3. Прийняття рішення про використання продуктів інших розробників, про способи інтеграції та механізмів обміну інформацією з іншими програмами.

Продукт не має механізмів обміну інформацією з іншими програмами.

4. Програма може використовуватися й копіюватися будь-яким користувачем в системі Windows.

5. Проектування процесу і коду: вибір засобів розробки, визначення інтерфейсу програми.

Програма виконує розрахунок коефіцієнту засвоєння знань, використовуючи модель, створену на основі апарату теорії нечітких множин, яка дозволяє перетворювати результати тестування, виражені в балах, в звичні оцінки: "незадовільно", "задовільно", "добре", "відмінно" [4].

При цьому тест складається з N завдань і за правильно обрану відповідь з кожного завдання ставиться один бал, а за неправильно обрану відповідь нуль балів.

Критерій перетворення балів в оцінку пропонується таким:

за j-ту кількість балів ставиться оцінка

$$k_j = \overline{0, N}, k = 2, 3, 4, 5,$$

якщо $\rho_{jk} = \min_l \rho_{jl}, l=2, 3, 4, 5;$

якщо $\rho_{jk} = \rho_{jm}, k \neq m$, то ставиться оцінка $k > m$.

Запропонований критерій дозволяє будь-яку кількість балів однозначно перетворити в загальноприйнятну оцінку.

Система тестування, що передбачає двобальну оцінку (0 або 1) за кожну відповідь на завдання, може бути описана системою булевих рівнянь [4, 10].

6. Визначення вимог до процесу тестування.

7. Визначення вимог безпеки системи.

Цей продукт не пов'язаний з іншими програмами.

При дотриманні принципу системності тест можна використовувати для виявлення не тільки обсягу знань, а й для оцінки якості структури знань учнів та студентів.

Програма призначена для визначення рівня засвоєння знань. Мовою програмування обрана мова JavaScript, яку спочатку створювали для того, щоб розробляти web-сторінки «живими». Програми з використанням цієї мови називають скриптами. У браузері вони будуть приєднані безпосередньо до HTML і, як тільки буде завантажена сторінка – одразу будуть виконуватися [3].

Програми на JavaScript являють простий звичайний текст. Такі програми зовсім не вимагають спеціальної підготовки.

JavaScript має можливість виконуватися не лише у браузері, а де завгодно, потрібна тільки спеціальна програма – інтерпретатор.

Сучасний JavaScript – це «безпечна» мова програмування загального використання. Вона не надає низькорівневих засобів роботи з пам'яттю, процесором, оскільки спочатку була орієнтована на браузери, в яких це не потрібно [3].

Стосовно інших можливостей – вони залежать від оточення, в якому запущено JavaScript. У браузері JavaScript може робити абсолютно усе, що відносять до маніпуляції зі сторінками, взаємодія з відвідувачем і, в якійсь мірі, з сервером:

- розробляти нові HTML-теги, видаляти існуючі, виконувати зміну стилів елементів, приховувати, показувати елементи і т.п.;

- реагувати на дії відвідувача, обробляти кліки миші, виконувати переміщення курсору, натискати на клавіатуру і т.п.

Можна виконувати посилання на запити на сервер і завантажити дані без перезавантаження сторінки (ця технологія називається "AJAX").

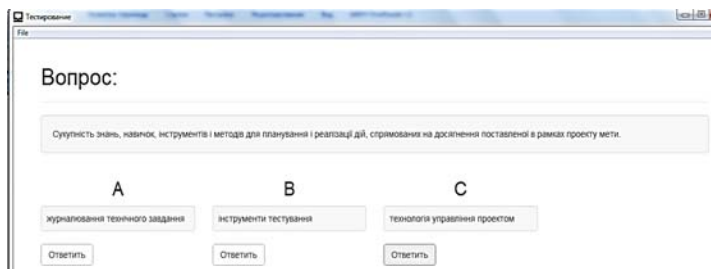
ОПИС РОБОТИ З ПРОГРАМОЮ

Для вирішення завдання – розробки програми в середовищі JavaScript для визначення якості засвоєння знань, використана модель перетворення балів в оцінку. Використовуючи програму, користувачеві необхідно ввести таку вхідну інформацію:

- вказати кількість тестів;
- заповнити інформацію (запитання) по кожному тесту;
- заповнити інформацію – можливі варіанти відповіді;
- отримати результат.

У програмі є можливість вносити зміни, редагувати інформацію, обирати кількість тестових завдань, обирати термін на складання тесту. З чотирьох типів завдань у тестовій формі була обрана та, яка є найпоширенішою формою (завдання на вибір однієї або кількох правильних відповідей) [4].

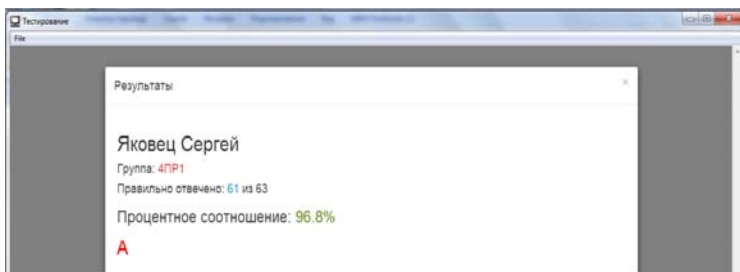
При завантаженні програми за допомогою файлу rrrr.exe спочатку в програмі необхідно виконати авторизацію особи, яка буде тестуватися. Прізвище, ім'я та по батькові заноситься студентом. Для вибору групи із списку необхідно внести інформацію та запропонувати користувачеві виконати відповідний вибір і почати проходження тесту. Тестових завдань в програмі 63. На кожну відповідь відведено 1,5 – 2 хвилини. За кожну вірну відповідь ставиться один бал, а за не вірну відповідь 0 балів. Приклад тестування наведено на рис. 1.



Рисунк 1. – Вікно програми в режимі тестування

Після обраного варіанту відповіді програма пропонує наступний тест і не інформує про те, чи є вірним обраний Вами варіант.

Остаточний результат тестування можна отримати тільки після відповіді на всі запитання у процентному відношенні (рис. 2).



Рисунк 2. – Результати пройденого тестування

Кожен студент при проходженні тестування буде отримувати 63 запитання з варіантами відповідей при різному порядку їх постановки.

В результаті студент отримає на екрані свої прізвище, групу, кількість вірних відповідей, процентне співвідношення та відповідну оцінку.

Виконано варіант проведення тестування в програмі: коли на перші 10 запитань учень чи студент дає вірну відповідь, то наступними ставляться складніші запитання, а якщо учень чи студент відповідає не вірно (з помилками), тоді ставляться запитання меншої складності.

ВИСНОВКИ

Для перевірки основних ключових компетенцій, що визначають якість освіти, є необхідним створення тестів нового покоління – компетентнісних. Компетентнісні тести відображають таку рису сучасного навчально-виховного процесу, як системність [8].

Проблема якості тестування залежить від змісту тесту. В наш час актуальним є питання використання компетентнісних тестів, тобто системних, які будуть

впливати на якість отриманої освіти. Важливий принцип системності – це підбір змістовних елементів, що відповідають вимогам системності, пов'язаних між собою загальною структурою знань.

Більшість тестових програм мають конструктор, що дозволяє розробляти та редагувати тести. Для викладача це найзручніший варіант роботи з програмою для тестування.

Особливості та недоліки тестових програм:

- відсутня обмеженість у часі;
- відсутня можливість коригувати шкалу оцінювання;
- відсутня або зайва можливість повернутися на попередній тест;
- відсутнє або зайве вікно, що покаже вірну або невірну відповідь після натискання наступного тестового запитання;
- не зручний інтерфейс і т.д.

Розроблена програма для тестування учнів, студентів з метою визначення міри засвоєння знань може бути налаштована на системне тестування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Anastazi A., Urbina S. Psichologicheskoe testirovanie. – 7-e izd. – SPb.:Piter, 2005. – 688 s.
2. Bajnazarova O.O. Diagnostuvannya znan' ta ocynuyuvannya navchal'nih dosyagven' uchniv / Naukovo-metodichnij zhurnal „Geografiya”. – № 15-16 (43-44). – H.: „Osnova”, 2005.
3. Dzhheffri Fridl Mastering Regular Expressions. – Iz-vo: Simvol-Plyus, 2008. – 608 s.
4. Bahrushin V.E. Avtomatizaciya opredeleniya rezul'tatov testirovaniya // V.E. Bahrushin, S.V. Zhuravel', M.A. Ignahina // Upravlyayushchie sistemy i mashiny. – 2010. – N 2. – S. 10 – 12.
5. Viktorov V. Osnovni kriterii ta pokazniki yakosti osviti // Vishcha osvita Ukraini, 2006. – № 1. – S. 54 – 59.
6. Zakon Ukraini «Pro zagal'nu serednyu osvitu» // Zakonodavstvo Ukraini pro osvitu. Zbirnik zakoniv. – Parlaments'ke vid-vo, 2015.
7. Lokshina O. I. Monitoring yakosti osviti: svitovij dosvid // Pedagogika i psihologiya, 2013. – № 1. – S. 108 – 116.
8. Mogilev A.V., Tkacheva N.M. Primenenie kompetentnostnoj modeli testirovaniya v celyah povisheniya kachestva obrazovaniya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 5.
9. Monitoring standartiv osviti / Za red. Al'berta Tajdzhimana i T. Nevilla Postlvejta. – L'viv: Litopis, 2013. – 328 s.
10. Poleshchuk O. M. O primenenii nechetkih mnozhestv v zadachah postroeniya urovneyih gradacij // Lesnoj vestnik. 2000. № 4(13). S. 143-146.

Рецензент: д.т.н., проф. Марасанов В. В.
Херсонський національний технічний університет

О ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

УДК 6.21.377.037

СОКОЛОВ А.Е.

Докторант

Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина

Научные интересы: компьютеризованные системы обучения

ВВЕДЕНИЕ

Массовое использование компьютерной техники и информационных технологий обусловило большой интерес к вопросам создания информационных систем, принципам их построения. Представляют также интерес вопросы формализации процессов информационных систем, в том числе и информационного пространства. Под информационным пространством чаще всего понимают совокупность:

- баз и банков данных;
- технологий их применения;
- информационных коммуникационных систем, которые функционируют
- на базе общих принципов и обеспечивают информационное взаимодействие объектов разной природы, а также взаимодействие человека, организационных систем и решают задачи удовлетворения информационных потребностей пользователей.

Целью данной работы является решение и систематизация процессов формализации отдельных задач информационного пространства в решении прикладных задач информационных технологий. Отдельные задачи формализации процессов в информационных системах, в том числе и определения количества информации изложены в работах [1-4]. Не смотря на предложенные многочисленные методы задач эти ещё далеки от решения этой проблемы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Основой понятия пространства является множество, наделенное структурой измерения величины элемента

- нормой и измерения расстояния между элементами
- метрикой [1].

Традиционно множеством, в теории в информации, является множество событий, над которым определяются операции над элементами и алгебра событий [5]. Полученное таким образом пространство событий наделяется вероятностью – нормой в вероятностном пространстве [6]. Более сложно обстоит вопрос с измерением расстояния между событиями. Наиболее естественно использовать в качестве метрики условные вероятности, что определяет статистическую близость событий [3].

При этом необходимо учесть, что вероятность события величина измеримая и существует простой рецепт определения вероятности наблюдаемых событий как отношения количества событий a к общему количеству событий

$$P_a = \frac{na}{n}. \quad (1)$$

Таким образом для пространства событий A , с алгеброй событий ξ получаем вероятностное пространство E с нормой [7]

$$\|E\| = P_a. \quad (2)$$

и метрикой [3]

$$a(a_k, a_m) = P(a_k/a_k) - P(a_k/a_m). \quad (3)$$

Естественно алгебра событий ξ , в вероятностном пространстве порождает алгебру теории вероятностей ξ_e [7]. Однако возможность определения свойств объектов с их вероятностной стороны недостаточна для описания процессов со стороны причин явлений, явно

определяющих события материального мира. Необходимость введения новой величины, определяющей причину события, первыми ощутили физики [8], что определило появление понятия энтропии.

В дальнейшем развитии появилось понятие энтропии, применительно к задачам передачи информации [4] и наконец сформировалось понятие информации, определяемое через вероятность события (1)

$$I_a = -\log_c P_a. \quad (4)$$

Со временем пришло осознание энтропии как ожидаемой информации (4)

$$H_a = M\{I_a\}. \quad (5)$$

Собственно следующий шаг [9] логически привел к информационному пространству, как продолжению вероятностного пространства (1, 2, 3) с нормой

$$\|I_a\| = -\log_c P_a.$$

И метрикой

$$a(I_k, I_m) = -\log_c P(a_k/a_m). \quad (6)$$

Естественно наследование алгебры и всего развития теории вероятностей.

Однако существует противоречие – процессы в природе не ограничены стохастическими, а развитый, на сегодняшний день, механизм теории информации ограничен метрикой (5) и нормой (6).

Данное противоречие снимается очень просто, достаточно рассмотреть (4) и отметить, что по сути дела разговор идет о косвенных измерениях и существует прямая зависимость

$$I = I(P) \Leftrightarrow P = P(I). \quad (7)$$

Следовательно для измерения информации на основе измеренной вероятности исходным отношением является зависимость вероятности от информации (7). Таким образом все становится на свои места и не информация зависит от вероятности, а вероятность события зависит от информации [9]. Неожиданно простое утверждение – информация это причина события резко упрощает картину, действительно достаточно предположить аналитичность вероятности, как мы получаем разложение вряд

$$P = P_0 + \frac{1}{1!} \frac{dP}{dI}|_{I=I^*} \Delta I + \frac{1}{2!} \frac{d^2 P}{dI^2}|_{I=I^*} \Delta I^2 + \dots R. \quad (8)$$

где: P_0 – вероятность до прихода нового сообщения;

I^* – информация в ранее принятом сообщении; ΔI приращение информации с новым сообщением.

Таким образом количество информации ΔI , вызвавшей изменение вероятности ΔP , можно найти обращая (8).

$$\Delta I = P^{-1}(\Delta P). \quad (9)$$

Собственно это стандартная ситуация возникающая при моделировании – учет не только линейных членов разложения при обращении ведет к повышению точности, но при малых изменениях основную роль играет линейная часть разложения, что ведет к линеаризации. В таком случае, для $P_0 = 0$, и ограничившись линейным приближением (9) получаем

$$P \approx \frac{1}{1!} \frac{dP}{dI} \Delta I. \quad (10)$$

Собственно в (10) производная вероятности по информации это просто плотность вероятности $f(I)$ и мы можем записать

$$\frac{dP}{dI} = f(I). \quad (11)$$

Следовательно можем, зная $f(I)$, просто найти связь между вероятностью и информацией

$$dP = f(I) dI. \quad (12)$$

Далее решая полученное дифференциальное уравнение (12)

$$\int dP = \int f(I) dI. \quad (13)$$

Из (13) находим $P=P(I)$ обращая решение как полученную композицию $I=P^{-1}(P)$.

Таким образом получаем возможность определить норму в информационном пространстве, однако остается вопрос о виде плотности $f(I)$.

Здесь необходимо найти плотность распределения $f(I)=-aP(I)$. Для этого необходимы исследования процесса, проверка гипотезы о распределении [9] после чего получаем дифференциальное уравнение для данного процесса. Например, если предположить, что процесс подчиняется уравнению органического роста

$$\frac{dP}{dI} = -\alpha P,$$

то получаем известную меру Хартли

$$\int \frac{dP}{P} = -\alpha \int dI, \rightarrow I = -\frac{1}{\alpha} \ln P.$$

Собственно далее все просто – гипотеза $f(I) = \alpha P(I)$ порождает информационное пространство с нормой (5) и метрикой (6) где энтропия определяется ожидаемой информацией.

Однако здесь начинается самое интересное, так как функция распределения определяется процессом, придется в каждом конкретном случае определяться с функцией распределения. Секрет удачности меры Хартли в том, что для канала связи действительно скорость изменения вероятности пропорциональна текущей вероятности события. Одновременно этим объясняются трудности развития теории информационных систем, где рассматриваются различные задачи, ожидания, сбора информации, хранения информации и так далее, но мера Хартли адекватна только задаче передачи информации. Как следствие множество попыток найти эмпирические меры [10].

Таким образом, необходимо рассмотрение типовых процессов, описываемых в информационном пространстве. Так, для простейшего случая несвязности информации и события, имеем

$$\frac{dP}{dI} = 0.$$

Следовательно в этом случае $P = \text{Const}$ и $P \neq P(I)$.

В случае ожидания события [9], например приход синхросигнала

$$\frac{dP}{dI} = \alpha, \rightarrow I = \frac{1}{\alpha} P. \quad (14)$$

Действительно если мы используем меру Хартли, то собственно ожидаемый сигнал не информативен, с другой стороны практика говорит о обратном, мы формируем окна, строим фильтры именно для обнаруже-

ния ожидаемого сигнала, стремясь снизить влияние маловероятных сигналов – помех.

Другой, практически важный случай, связан с процессом сбора информации от множества источников [9]. В этом случае для множества событий Ω , каждое из которых генерируется отдельным независимым источником, в силу центральной предельной теоремы, имеем к нормальное распределение

$$\frac{dP}{dI} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(I-mI)^2}{2\sigma^2}}. \quad (15)$$

где: mI – ожидаемая информация, σ – среднеквадратическое отклонение.

Собственно данное утверждение это только гипотеза и, естественно, все дальнейшее правильно, если гипотеза верна, но гипотеза вполне оправдана и реализуема. Исходя из связи (15) для получения явной оценки информации по измеряемой величине – вероятности необходимо решить дифференциальное уравнение

$$dP = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(I-mI)^2}{2\sigma^2}} dI. \quad (16)$$

Естественно из (16) получаем функцию Лапласа, как связь между вероятностью и информацией, в случае нормального распределения

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int e^{-\frac{(I-mI)^2}{2\sigma^2}} dI; mI = 0, \sigma = 1, \quad (17)$$

или, для принятых значений математического ожидания и среднеквадратического отклонения, получаем

$$\Phi(I_x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{I_x} e^{-\frac{I^2}{2\sigma^2}} e^{-\frac{(I-mI)^2}{2}} dI = P(I_x).$$

Таким образом, нормой в информационном пространстве, в рассматриваемом случае сбора информации, является доверительный интервал для I с доверительной информацией P_x , используя функцию Лапласа можем записать (17) в виде

$$\|I\| = \Phi^{-1}(P_x, I_x), \quad (18)$$

Следовательно для интервала (α, β) имеем

$$\|\Delta I\| = \left[\Phi\left(P_x, \frac{I_B - mI}{\sigma}\right) - \Phi\left(P_x, \frac{I_\alpha - mI}{\sigma}\right) \right]^{-1}.$$

Таким образом, величина информации в событии определяется доверительной вероятностью нахождения информации I в заданном интервале (I_α, I_β) для этого события, и чем больше мы можем доверять полученному результату, тем выше его информативность. Естественно, в этом случае справедливо правило сигм.

Получаем метрику как доверительный интервал для отклонения

$$\alpha(I, I^*) = \left[\frac{1}{\sigma_I} \left(\Phi \left(P_{I^*}, \frac{I_\beta - m^* I}{\sigma^*} \right) - \Phi \left(P_{I^*}, \frac{I_\alpha - m^* I}{\sigma^*} \right) \right) \right]^{-1}.$$

При этом выполняются требования к метрике, не отрицательность, аксиома тождества выполняется при полной уверенности $R_x=1$, аксиома треугольника. Однако аксиома симметрии, в данном случае, не применима.

Важным свойством информационного пространства является возможность построения его не только над вероятностным пространством, но и над детерминированными процессами. Так в работе [11], построено

Далее повторяя разложение (8) для целевой функции (19) получаем

$$f(I) = f(I_0) + \frac{1}{1!} \frac{df}{dI} \Delta I + \frac{1}{2!} \frac{d^2 f}{dI^2} \Delta I^2 \dots + R \quad (20)$$

где: I_0 – наличная информация,

Рассмотрим в (20) линейное приближение и предположим, что скорость изменения функции цели пропорциональна наличной информации, что характерно для задачи обучения – мы тем быстрее учимся, чем мы умнее. Тогда можно записать

$$\frac{df}{dI} = \alpha I. \quad (21)$$

Следовательно из (21) получаем

$$f = \frac{\alpha}{2} I^2.. \quad (22)$$

Используя в (22) граничные условия $f(I_m)=f_m$, определим коэффициент α

$$\alpha = \frac{2f_m}{I_m^2}.$$

Тогда связь между функцией цели и информацией в данной задаче принимает вид

Обозначив математическое ожидание и средне-квадратическое отклонение в (18) как

$$m^* I = \rho_{II^*} I^*, \sigma^* = \sqrt{1 - \rho_{II^*}^2}.$$

информационное пространство в задаче оптимального хранения информации.

В этом случае информация связана с достижением определенной цели, заданной конкретной целевой функцией

$$f_i = f_i(I_i) \quad (19)$$

$$\|I\| = I_m \sqrt{\frac{f}{f_m}}. \quad (23)$$

Таким образом, выражение (23) определяет норму в информационном пространстве для рассматриваемого случая.

Метрика в данной задаче, будет определяться условным изменением целевой функции

$$\alpha(I_x, I_y) = I_m \sqrt{\frac{f_{x/y}}{f_m}}. \quad (24)$$

Так как в (24), $f_{x/y}$ неотрицательна, расстояние всегда реально и неотрицательно, это обеспечивает выполнение аксиомы неотрицательности.

Таким образом, норма в информационном пространстве определяется особенностью процесса и различна для различных процессов. В таблице 1 сгруппированы рассмотренные процессы и их нормы в информационном пространстве.

Таблиця 1.

Нормы в информационном пространстве для различных процессов



Естественно данные таблицы 1 не охватывают всего множества информационных процессов, но показывают различные нормы информационного пространства для различных процессов.

Выводы

1. Определение информации, как причины события, позволило в задачах формализации рассматривать нормированное, метрическое информационное пространство, где процессы формализации информацион-

ных систем получают единый механизм анализа и синтеза.

2. Единство подхода к определению нормы и метрики в информационном пространстве создает основу для дальнейшего развития теории информации.

3. Сложность и многообразие информационных процессов выдвигают требование определения норма и метрики для каждого конкретного процесса, что естественно усложняет процесс формализации, но обеспечивает адекватность методов расчета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. T.B.Ward Functional analysis lecture notes / T.B.Ward School of Mathematics, University of East Anglia, 2000.
2. Kolmogorov A.H. Teorija informacii i teorija algoritmov / A.N. Kolmogorov -M.: «Nauka», 1987. -304 s.
3. Stratanovich R.L. Teorija informacii / Stratanovich R.L. – M.: Sov. Radio, 1975. – 424 s.
4. Hartley R. V. L. Transmission of information / Hartley R. V. L. // Bell System Technical Journal – 7. – 1928. – S. 535 -563.
5. Kolde Ja.K. Praktikum po teorii verojatnostej i matematicheskoj statistike / Kolde Ja.K – M.: «vysshaja shkola», 1991. -157 s.
6. Jaglom A.M. Verojatnost' i informacija / A.M.Jaglom, I.M.Jaglom – Izd. 5-e, stereotipnoe.-M.: KomKniga, 2007. – 512 s.
7. M. Kendell Teorija raspredelenij / Kendell M., St'juart, pod. Red. A. N. Kolmogorova. – T1, M.: «Nauka», 1966. – 573 s.
8. Je.Fermi Termodinamika. / Je.Fermi. – Izhvsk: RHD, 1998.-164 s.
9. Brazhnik D. O. Modeli ta metody pidvisshennja stijkosti do pereshkod v optichnih sistemh identifikacii: dis... kandidata teh. nauk: 05.13.06 / Brazhnik D. O. – Herson. 2012. - 170 s.
10. Dzh. Tu, R.Gonsales Principy raspoznavanija obrazov / Dzh. Tu, R.Gonsales/- M.: «Mir», 1978. – 411 s.
11. Sokolova O. V. Modeli i metody informacijnyh tehnologij nakoplenija informacii: dis... kandidata teh. nauk: 05.13.06 / Sokolova O. V. – Herson. 2014. 190 s.

Рецензент: д.т.н., проф. Ходаков В.Е.
Херсонский национальный технический университет

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТУРИЗМА И ПРИНЦИПЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

УДК 004.89

СЕЛИВАНОВА Алла Витальевна

к.т.н., доцент кафедры информационных технологий и кибербезопасности,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Научные интересы: интеллектуальное управление, компьютерные тренажеры,
поддержка принятия решений в условиях неопределенности, интеллектуальный анализ данных.

e-mail: av_selivanova@ukr.net

ВИННИК Анна Сергеевна

бакалавр кафедры информационных технологий и кибербезопасности,
Одесская национальная академия пищевых технологий,

Научные интересы: поддержка принятия решений в условиях неопределенности, интеллектуальный анализ данных

e-mail: vinnik.anna83@gmail.com

МИТРОФАНОВА Наталья Федоровна

ассистент кафедры информационных технологий и кибербезопасности,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Научные интересы: базы данных, интеллектуальное управление, облачные технологии

e-mail: proziomod@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Одной из характерных особенностей туристической деятельности является большое количество и разнообразие информационных потоков, которое сопровождается их постоянной актуализацией и высокой скоростью обменных операций. Информационные взаимосвязи существуют между всеми участниками туристского рынка, при этом особое значение уделяется информации, предназначенной для конечных пользователей (туристов). Это обусловлено специфическими чертами туристского продукта и необходимостью предоставления максимально исчерпывающей информации для потенциальных туристов. Информационное обеспечение туризма представляет собой совокупность информационной базы туризма, средств и методов ее обработки, другими словами, специализированных информационных технологий.

Качество информационного обеспечения туризма представляется важнейшим фактором, который непо-

средственно влияет и на качество туристских продуктов и услуг [1].

Широкое использование потенциальными туристами веб-ресурсов породило появление электронного туризма (e-tourist), развитие интеллектуальных веб-сервисов для выработки рекомендаций, помогающих клиенту определиться с маршрутом путешествий и информационных систем принятия решений в индустрии туризма [2]. Большинство существующих ресурсов нацелены на туристические агентства, рекламу отелей, ресторанов, кафе и общеизвестные достопримечательности и места, редко содержат информацию для любителей экстремального туризма и не обеспечивают потребности туристов в вопросе коммуникации и планирования. Наиболее полными средствами обеспечивающими потребности туристов являются, так называемые, туристические гиды, однако и они имеют ряд недостатков.

Постановка задачі. С допомогою інформаційних потоків можна забезпечити неперервне предоставление услуг, то есть наладить двустороннюю связь между фирмой-производителем и потребителем туристской услуги. Поэтому важно проанализировать особенности создания туристических ресурсов с учетом потребности туристов, учитывая предыдущий отечественный и международный опыт [3].

Информационные службы туризма в основном предоставляются глобальными системами распределения (GDS). Глобальные системы распределения обеспечивают доступ к информации о доступности и цене в режиме реального времени для рейсов, отелей и компаний по прокату автомобилей. Однако GDS имеют устаревшие архитектуры с частными сетями, специализированным оборудованием, ограниченной скоростью и возможностями поиска. Кроме того, проблемным является взаимодействие с другими системами и источниками данных. Таким образом, наиболее эффективной для информационного обеспечения туризма является технология веб-сервисов [4].

Анализ исследований и публикаций последних лет. Различным аспектам проблемы информационного обеспечения туризма посвящены работы отечественных и зарубежных ученых.

Вопросам, связанным с государственной информационной политикой развития туризма, посвятили свои работы такие ученые и специалисты как А. Ю. Александрова, А. И. Балабанов, А. А. Бейдик, В. С. Боголюбов, Л. И. Гонтаржевська, П. В. Гудзь, Ю. П. Гуменюк, В. Ф. Данильчук, Л. П. Дядечко, М. И. Кабушкин, В. А. Квартальнов, В. Ф. Кияк, А. А. Любичева, М. П. Мальская, Д. М. Стеченко [5].

Актуальные вопросы и проблемы информационного обеспечения государственной политики развития туризма исследовали такие известные отечественные и зарубежные ученые, как Л. Г. Агафонова, А. М. Бабашкина, Е. М. Ведуга, Д. Л. Вилоух, В. Гуляев, С. П. Есаулова, И. Михайличенко, В. А. Новак, В. В. Трофимов, А. Д. Чудновский и другие [6].

Анализ состояния и перспектив развития информационных технологий в сфере туризма изучают такие ученые: Ф. Котлер, Д. Боуэн, Д. Мейкенз, Е. Ромат. В отечественной науке исследуют развитие информационных технологий в сфере туризма широкий круг

ученых и практиков В. С. Готинян, Г. П. Глузинский, В. А. Квартальнов, Н. С. Орленко, Г. А. Папирян, Н. С. Пинчук, А. В. Семенов, М. М. Скопел, Т. И. Ткаченко, А. В. Томченко [7].

По определению В. А. Квартальнова, новые информационные технологии и эффективные коммуникации обеспечивают стремительное развитие рынка международного туризма. Благодаря информационным технологиям возрастает эффективность туризма, потребитель сможет быстро получать необходимую качественную информацию о туристическом продукте, находясь дома [8].

Исследователи активно работают над разработкой новых средств и методов представления и обработки туристической информации и систем генерирования персонализированных проблемно-ориентированных рекомендаций. Мощными интеллектуальными центрами создания и развития современных мобильных интеллектуальных информационных технологий, ориентированных на отрасль туризма, является "Хранилище мыслей цифрового туризма" (The Didgital Tourism Tink Tank), Международная федерация информационных технологий в сфере путешествий и туризма (International Federation of IT and Travel & Tourism), университеты городов Борнмут (Англия), Лугано (Швейцария) и др. Значительной популярностью в среде пользователей мобильных туристических систем пользуются так называемые программы-гиды [9].

Целью данной работы является анализ и реализация средств информационного обеспечения туризма, таких как туристические гиды для выявления факторов выработки критериев важных при создании подобных систем, а также создание системы на основе выработанных критериев.

МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка эффективных информационных систем принятия решений в индустрии туризма, связана с необходимостью реализации методов для обработки больших объемов разнородной информации, внедрения диалога с пользователем системы и между различными пользователями, которые часто не способны четко сформулировать критерии для поиска места и маршрута отдыха.

Такие критерии часто имеют не формализованный нечеткий характер и, следовательно требуют применения таких методов обработки как нечеткая логика.

Для наполнения экспертной базы данных для организации анализа было использовано анкетирование.

При анкетировании были использованы следующие параметры:

A – возрастная группа

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\},$$

где a1 – до 14 лет,

a2 – младший подросток 14-16 лет

a3 – 16-18 лет

a4 – 18-22 года

a5 – старше 25 лет.

B – частота путешествий

$$B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\},$$

где b1 – часто (чаще 1 раза в год)

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\} = \{0; 2,4; 11,9; 16,7; 69,0\}$$

$$B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\} = \{11,9; 21,4; 23,8; 42,9\}$$

Данные опроса были обработаны в аналитической программной среде Orange[10]. В результате анализа были получены диаграммы иллюстрирующие актуальность темы путешествий для пользователей подобных

b2 – не часто (раз в год)

b3 – очень редко (меньше раза в год),

b4 – не путешествую.

C – актуальность создания гида

$$C = \{c_1, c_2, c_3\},$$

где c1 – высокая

c2 – средняя

c3 – низкая

Опрос был проведен среди разных возрастных категорий пользователей.

При помощи нечеткой логики были созданы отношения A и B.

$$A = \{MFA(x)/x\}$$

$$B = \{MFB(x)/x\}$$

$$MF(x) [0,1]$$

ресурсов в зависимости от возраста (рис.1) и частоту путешествий разных возрастных групп пользователей (рис. 2).

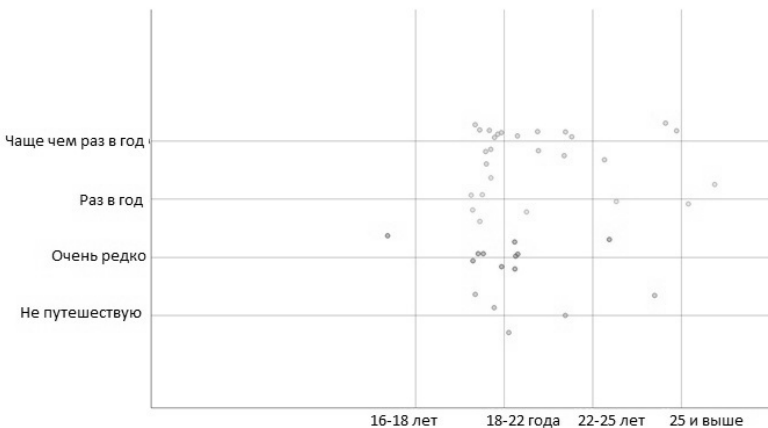


Рисунок 1 – Диаграмма частоты путешествий

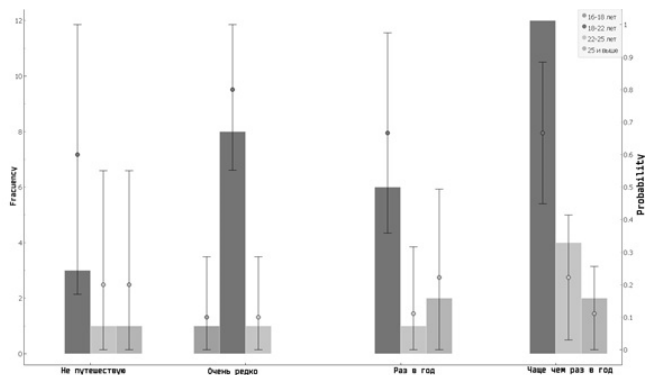


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости количества путешествий от возраста

По полученным диаграммам можно построить таблицу статистики путешествий разными возрастными категориями пользователей.

Также в процессе исследования были проанализированы существующие ресурсы. Их недостатки были оценены с помощью анализа таких факторов как удобство интерфейса, недостаточная функциональность, отсутствие социальной составляющей.

Анализ выявил наиболее часто используемые ресурсы, а именно TripAdvisor, TezTour и Kayak. С помощью Orange была построена диаграмма для определения наиболее важных факторов (рис. 3).

Таблица 1

Статистика путешествий

		Не путешествуют	Очень редко путешествуют	Один раз в год путешествуют	Часто путешествуют
Количество путешественников	0-14 (ребенок)	0	0	0	0
	16-18 (подросток)	0	1	0	0
	18-22 (юноша)	3	8	6	12
	22-25 (взрослый)	1	1	1	4
	25+ (зрелый)	1	0	2	2

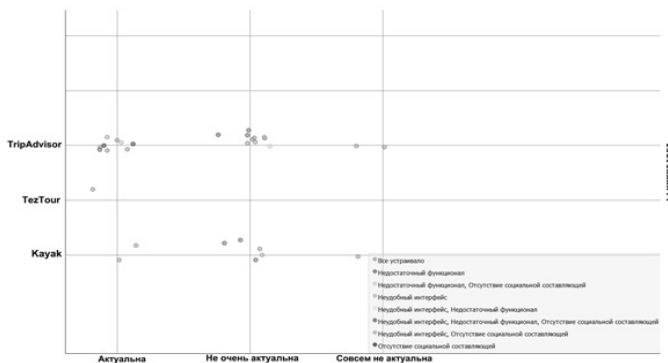


Рисунок 3 – Диаграмма недостатков туристических веб ресурсов

Проведенный анализ показал, что все они имеют ряд недостатков. В большей степени пользователи отметили недостаточную функциональность, недостатки интерфейсной части, а также отсутствие в большинстве из них социальной составляющей. Использование внешних социальных сетей и мессенджеров крайне неудобно, т.к. среди большого количества пользователей сложно найти людей со схожими интересами. Также использование двух раздельных приложений является крайне непрактичным. По результатам анализа был составлен ряд требований к новой системе (таблица 2).

Основные результаты, выводы и перспективы исследования. В рамках исследования было проведено анкетирование разных возрастных групп пользователей и анализ данных с помощью аналитической среды. Анализ позволил выявить наиболее важные параметры и сформулировать требования к новой системе. Сделан вывод, что создание универсальной рекомендательной системы, включающей адаптивную подсистему классификации и анализа, которая объединит в себе две важные составляющие: туристическую и соци-

альную может значительно улучшить качество информационного обеспечения туризма.

Таблица 2.

Сервисы новой системы

Требуемые сервисы	Описание
Сервис нацеленный на интересы различных пользователей	Адаптивный механизм классификации туризма: экстремальный туризм, курортные зоны и т.д.; Возможность добавлять альтернативные способы перемещения, обмена инвентарем
Создание социальной среды	Учетная запись пользователя, возможность отправления сообщений другим пользователям, добавление записей о собственных путешествиях, создание галереи, возможность оценивать записи других пользователей
Контент	Наполнение системы данными об интересных местах на основе данных полученных от интеллектуальной аналитической системы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Informatsionnoye obespecheniye turizma / [N. S. Morozova, M. A. Morozov, A. D. Chudnovskiy ta in.]. – М.: Federal'noye agentstvo po turizmu, 2014. – 288 s.
2. Dyulichева YU. YU. Tendentsii razvitiya intellektual'nykh veb-servisov v industrii turizma [Yelektronnyy resurs] / YU. YU. Dyulichева // Problemy material'noy kul'tury – Ekonomicheskiye nauki – Rezhim dostupu do resursu: <http://dspace.nbuv.gov.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/46149/08-Dyulichева.pdf?sequence=1>.
3. Zheznych P. I. Osoblyvosti formuvannya informatsiynoho zabezpechennya turystychnoy diyal'nosti / P. I. Zheznych, O. O. Soprunyuk. // Visnyk Natsional'noho universytetu L'vivs'ka politekhnikna. Informatsiyni systemy ta mrezihi. – 2014. – №783. – S. 336–343.
4. Dogac A. et al. Semantically enriched web services for the travel industry // ACM Sigmod Record. – 2004. – T. 33. – №. 3. – С. 21–27.
5. Ivanov A. M. Informatsiyne zabezpechennya derzhavnoyi polityky rozvytku turizmu v Ukraini / A. M. Ivanov. // Visnyk sotsial'no-ekonomichnykh doslidzhen'. – 2014. – №3. – S. 29–36.
6. Bratyuk V. P. Informatsiyne zabezpechennya derzhavnoyi polityky rozvytku turizmu // Aktual'ni problemy ekonomiky. – 2013. – №. 8. – S. 24–31.
7. Hlushko V. O. Vdoskonalennya systemy informatsiynoho zabezpechennya rozvytku turystychnoy haluzi Ukrainy / V. O. Hlushko. // Visnyk Donets'koho natsional'noho universytetu ekonomiky i torhivli imeni Mykhayla Tuhan-Baranovs'koho. – 2016. – №64. – S. 97–103.
8. Kvartal'nov V. A. Turizm / V. A. Kvartal'nov. – М.: Finansy i statistika, 2004. – 320 s.
9. Pasichnyk V. V. Intelektual'na systema "mobil'nyy informatsiynyy asystent turysta": funktsional'ni ta tenolohichni osoblyvosti / V. V. Pasichnyk, V. V. Savchuk // Visnyk Natsional'noho universytetu L'vivs'ka politekhnikna. Seriya: Informatsiyni systemy ta mrezihi : zbirnyk naukovykh prats'. – 2015. – № 832. – S. 225–241.
10. Pretnar A. Data Mining for Business and Public Administration [Yelektronnyy resurs] / Ajda Pretnar. – 2017. – Rezhim dostupu do resursu: <https://blog.birolab.si/>.

Рецензент: д.т.н., проф. В. М. Плотников,
Завідувач кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки
Одеська національна академія харчових технологій

ОПТИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ С КРУПНОГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА СУДАХ

УДК 681.5

СОЛОВЕЙ Александр Степанович

аспирант, Херсонская государственная морская академия,
начальник отдела организации практики, дипломирования и трудоустройства

БЕНЬ Андрей Павлович

к.т.н., доцент, Херсонская государственная морская академия,
проректор по научно-педагогической работе

РОЖКОВ Сергей Александрович

д.т.н., проф., Херсонская государственная морская академия,
заведующий кафедрой эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики

Введение. Объемы морских перевозок так называемых тяжелых крупногабаритных грузов для потребностей энергетической промышленности, офшорной индустрии, продолжают расти, несмотря на кризисные явления в мировой экономике.

В условиях, когда необходимо обеспечить оптимальную загрузку судна, экономические соображения заставляют вводить в эксплуатацию все более крупные специализированные морские суда (Heavy Lift Carrier), оборудованные собственными кранами грузоподъемностью до 1000 тонн.

Одной из важнейших проблем и задач морского транспорта в различные периоды его развития является обеспечение безопасности проведения грузовых операций. Морские и речные перевозки тяжелых негабаритных грузов на сегодняшний день крайне востребованы ввиду необходимости перевозок специальной, строительной, сельскохозяйственной и прочей техники, больших цистерн, промышленного оборудования для нефтяной и газовой промышленности, ветро- и гидроэнергетики. Для перевозки грузов такого типа активно создаются и используются специализированные суда типа Heavy Lift Carrier, оборудованные собственными кранами. Наиболее ответственными, сложными и ава-

рийноопасными этапами перевозки тяжелых негабаритных грузов являются этапы погрузки и выгрузки их на судно.

Однако при выполнении грузовых операций с крупногабаритными грузами на судах возникают две проблемы: во-первых, стабилизация положения судна, и во-вторых, обеспечение безопасности грузовых операций при минимальных затратах времени на ее проведение. Задача стабилизации судна неразрывно связана с задачей динамического позиционирования в условиях действующих возмущений, в этом случае основной проблемой является недостаток ресурса управления даже при оптимальных алгоритмах управления. При этом задачи обеспечения безопасности грузовыми операциями требует использования современных методов оптимального управления при минимальных затратах времени.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Задача выполнения грузовых операций с крупногабаритными грузами на судах предполагает реализацию такого управления, которое должно обеспечивать заданную точность при минимальных затратах управления (энергии) [1-5]. При этом сложность задачи позиционирования судна и

выполнения грузовых операций требует использования оптимальных законов управления [8, 11, 17, 19]. Однако при синтезе оптимальных регуляторов существуют объективные трудности, которые связаны с ограничениями в условиях задачи управления, вычислительными трудностями и ошибками идентификации модели объекта.

Целью статьи является решение задачи моделирования и разработки стратегий оптимального управления грузовыми операциями с тяжелыми крупногабаритными грузами на морских судах с учетом влияния массы груза, коррекции ошибок идентификации и построения операции вычисления оптимального управления движениями в системе «судно – груз».

Изложение основного материала. Современная практика проектирования систем управления основывается на использовании оптимальных систем управления, которые предполагают наличие целевого функционала. С точки зрения теории управления наибольший интерес представляют оценки качества управления в виде интегральных функционалов

$$J(\mathbf{x}(t), \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t) = \int_{t_0}^{t_1} F(\mathbf{x}(t), \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t) dt \quad (1)$$

При этом, для ограничений в виде динамической системы с целевым функционалом (1)

$$\begin{aligned} \mathbf{x}^*(t), \mathbf{u}^*(t) &\rightarrow \min J(\mathbf{x}(t), \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t); \\ \dot{\mathbf{x}} &= \Phi(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t). \end{aligned} \quad (2)$$

Для существования оптимума (2) необходимо выполнение условий Лагранжа-Эйлера [7]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}} &= \frac{d\lambda}{dt} \\ \frac{\partial H}{\partial \lambda} &= -\frac{d\mathbf{x}}{dt} \\ \frac{\partial H}{\partial \mathbf{u}} &= \mathbf{0} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В этом случае, основная трудность использования оптимального управления связана с решением системы дифференциальных уравнений (3) в частных производных, которое в общем случае представляется рядом.

При выборе алгоритма оптимального управления, учет близости производных сужает возможности поиска оптимума, поэтому в случае оптимизации в про-

странстве $C_0[t_0, t_1]$ говорят о сильном оптимуме, а в пространстве $C_1[t_0, t_1]$ достигается слабый оптимум.

Естественно сохраняются свойства локальности и глобальности оптимума, при этом единственность оптимума определяет его глобальность – абсолютный оптимум и придает функционалу выпуклые свойства.

Однако в этом случае важную роль играет стационарность системы. Для стационарной системы идентификация объекта проводится только при пуске системы, в то время как для нестационарной системы идентификация проводится постоянно. Для выпуклых функционалов цели и стационарных систем обычно применяется принцип максимума Понтрягина [9].

Предположим, что в простой вариационной задаче

$$\begin{aligned} x^*(t) &\rightarrow \text{extr}\{J(x, x'(t), t)\} = \text{extr} \int_{t_0}^{t_1} F(x(t), x'(t), t) dt \quad (4) \\ t &\in (t_0, t_1) \\ x(t_0) &= x_0; \quad x(t_1) = x_1 \end{aligned}$$

Если целевой функционал обладает выпуклыми свойствами (квазирегулярен или регулярен – строго выпукл), при условии полной управляемости динамической системы ограничения, которые позволяют считать ограничения выпуклыми, получаем задачу выпуклого программирования.

Достоинство такой постановки задачи в том, что в случае справедливости предположения выпуклости задачи решением задачи (4) мы имеем единственный глобальный минимум. При этом условия выпуклости позволяют использовать теорему Куна-Таккера для Лагранжиана [9, 10]:

$$L(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}, \lambda^*) \leq L(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, \lambda^*) \leq L(\mathbf{x}, \mathbf{u}^*, \lambda^*) \quad (5)$$

Учитывая идентичность экстремальных свойств функции Лагранжа и функции Гамильтона при $\lambda = \lambda^*$, запишем условие Куна-Таккера [8] в терминах функции Гамильтона:

$$H(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}, \lambda^*) \leq H(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, \lambda^*) \leq H(\mathbf{x}, \mathbf{u}^*, \lambda^*)$$

Отсюда формируем прямую и двойственную задачу с разделением переменных состояния и управления:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}^* &\rightarrow_{u=u^*} \min H(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, \lambda^*) \\ \mathbf{u}^* &\rightarrow_{x=x^*} \max H(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, \lambda^*) \end{aligned} \quad (6)$$

Предполагая, что траектория движения оптимальна $x=x^*$, в (6) переходим к двойственной задаче:

$$\mathbf{u}^* \rightarrow_{x=x^*} \max H(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, \lambda^*)$$

При этом в канонической форме выполняются необходимые условия оптимума и условие стационарности по управлению

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{d\lambda}{dt}; \quad \frac{\partial H}{\partial \lambda} = -\frac{dx}{dt}; \quad \frac{\partial H}{\partial u} = 0. \quad (7)$$

Собственно (7) это и есть принцип максимума Понтрягина – на оптимальной траектории при оптимальном управлении функция Гамильтона достигает своего максимума.

Однако система уравнений (7) по-прежнему представляет собой систему уравнений в частных производных и, как следствие, решение этой системы, в общем случае, представляет ряд.

Существует ряд задач, где использование принципа максимума дает простое решение. Так как оптимальное управление строится на основе модели, то любая ошибка в определении параметров модели ведет к существенному ухудшению управления.

Для известной задачи оптимального быстродействия [9] для объекта

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = ku,$$

где x – координата, k – постоянная, u – управление, на которое накладывается ограничение по ресурсу

$$|u(t)| \leq 1.$$

Ставится задача: перевести объект по оптимальной траектории за минимальное время из начального состояния системы

$$x_0 = x(t_0), \quad \dot{x}(t_0) = 0,$$

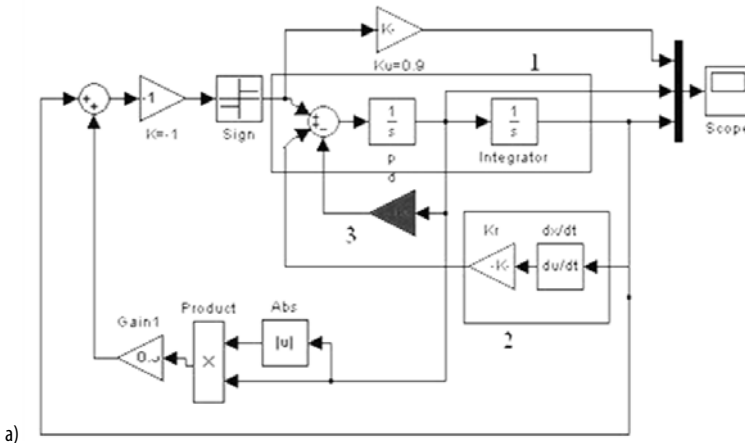
в точку конца траектории

$$x(t_k) = 0, \quad \dot{x}(t_k) = 0.$$

Получаем оптимальное управление по Понтрягину [6] для ресурса управления k_u

$$u^* = k_u \text{sign}(-0.5\dot{x}|x|)$$

Однако в данном случае для оптимального управления критичны ошибки идентификации системы. На рис. 1 приведена модель оптимального управления линейным объектом [18, 20].



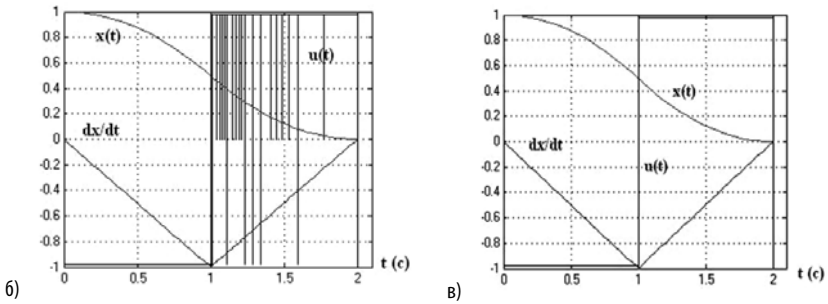


Рис. 1. Схема моделирования и переходные процессы в системе с оптимальным управлением:
 а) схема моделирования; б) переходные процессы при наличии ошибки идентификации;
 в) переходные процессы после введения Д-составляющей в тракт управления

Модель объекта, (рис. 1, а, поз. 1) имеет цепь 3, описывающую ошибку идентификации. Эта ошибка имеет вес 10-8, что достаточно мало влияет на свойства объекта. Однако при оптимальном управлении возникают колебания в управлении (рис. 1, б), что на реальном объекте вызывают значительные ошибки. Устранение ошибки, вызванной неточной идентификацией, возможно введением цепи Д-регулятора (рис. 1, а, поз. 2). Переходный процесс при оптимальном управлении и коррекции ошибки идентификации за счет введения Д-составляющей в канал управления приведен на рис. 1, в.

Таким образом (рис.1), существует реальный выигрыш от совмещения оптимального алгоритма управления и традиционных компонент ПИД-регулятора [13 – 16].

Для систем регулирования, в частности систем стабилизации, важным условием, является соотношение между ошибкой и мощностью, затрачиваемой на устранение этой ошибки. При этом мощность управления P_u , затрачиваемая на устранение ошибки Δx за время Δt_r при ресурсе управления u_m определяется соотношением

$$P_u = \frac{|u_m|^2}{\Delta t_r}.$$

При оптимальном регулировании уменьшение ошибки требует значительных затрат управления, а полное устранение ошибки – бесконечного ресурса

управления. На рис. 2 приведена зависимость оценки мгновенной мощности управления от оценки ошибки, для модели (рис.1).

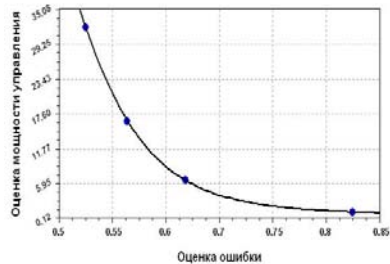


Рис. 2. Влияние ресурса управления на время переходного процесса

Необходимо учитывать, что принцип максимума Понтрягина является только необходимым условием, и является достаточным условием в случае выпуклой задачи. Недостатком принципа максимума Понтрягина является невозможность его применения в случае отсутствия выпуклых свойств в задаче.

При построении оптимального управления операциями с крупногабаритными грузами необходимо учитывать ограничения, которые связанные с требованием возможно меньших перегрузок в системе «кран – груз». Рассмотрим ускорения, воздействующие на груз (табл.1).

Таблиця 1

Ускорення груза

Линейное ускорение	$\mathbf{a} = \ddot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \frac{d^2 x}{dt^2} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} \\ \frac{d^2 z}{dt^2} \end{bmatrix}$
Тангенциальное ускорение	$\dot{\boldsymbol{\omega}} \times \mathbf{x}_\theta = \begin{bmatrix} +i \left(\frac{d^2 \psi}{dt^2} z_\theta - \frac{d^2 \chi^2}{dt^2} y_\theta \right) \\ -j \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} z_\theta - \frac{d^2 \chi^2}{dt^2} x_\theta \right) \\ +k \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} y_\theta - \frac{d^2 \psi}{dt^2} x_\theta \right) \end{bmatrix}$
Центростремительное уравнения	$\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x}_\theta) = \begin{bmatrix} -\frac{d\psi}{dt} \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} y_\theta - \frac{d^2 \psi}{dt^2} x_\theta \right) + \frac{d\chi}{dt} \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} z_\theta - \frac{d^2 \chi^2}{dt^2} x_\theta \right) \\ -\frac{d\varphi}{dt} \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} y_\theta - \frac{d^2 \psi}{dt^2} x_\theta \right) + \frac{d\chi}{dt} \left(\frac{d^2 \psi}{dt^2} z_\theta - \frac{d^2 \chi^2}{dt^2} y_\theta \right) \\ -\frac{d\varphi}{dt} \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} z_\theta - \frac{d^2 \chi^2}{dt^2} x_\theta \right) - \frac{d\psi}{dt} \left(\frac{d^2 \psi}{dt^2} z_\theta - \frac{d^2 \chi^2}{dt^2} y_\theta \right) \end{bmatrix}$
Кориолисово ускорение	$2\boldsymbol{\omega} \times \frac{d' \mathbf{x}_\theta}{dt} = 2 \begin{bmatrix} +i \left(\frac{d\psi}{dt} \frac{d' z_\theta}{dt} - \frac{d\chi}{dt} \frac{d' y_\theta}{dt} \right) \\ -j \left(\frac{d\varphi}{dt} \frac{d' z_\theta}{dt} - \frac{d\chi}{dt} \frac{d' x_\theta}{dt} \right) \\ +k \left(\frac{d\varphi}{dt} \frac{d' y_\theta}{dt} - \frac{d\psi}{dt} \frac{d' x_\theta}{dt} \right) \end{bmatrix}.$

Определим условие, при котором воздействующие на груз ускорения минимально возможны.

Из анализа табл.1 можно сделать вывод, что траектория должна состоять из простых движений. Действительно, при линейном движении груз испытывает только линейные ускорения:

$$\left. \begin{matrix} \mathbf{v} \neq \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\omega} = \mathbf{0} \end{matrix} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{matrix} \mathbf{a} \neq \mathbf{0} \\ 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v} = \mathbf{0} \\ \dot{\boldsymbol{\omega}} \times \mathbf{x}_\theta = \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x}_\theta) = \mathbf{0} \end{matrix} \right. \quad (8)$$

А при повороте крана

$$\left. \begin{matrix} \mathbf{v} = \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\omega} \neq \mathbf{0} \end{matrix} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{matrix} \mathbf{a} = \mathbf{0} \\ 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v} = \mathbf{0} \\ \dot{\boldsymbol{\omega}} \times \mathbf{x}_\theta \neq \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x}_\theta) \neq \mathbf{0} \end{matrix} \right. \quad (9)$$

Таким образом, из анализа выражений (8) и (9) можно сделать вывод, что существует возможность получить уменьшение нагрузок в системе «судно – кран – груз» простым выбором траектории движения груза (рис.3).

Выбор кусочных траекторий (рис. 3) позволяет по умолчанию снизить нагрузки на судовые краны. Если при операциях с относительно малыми грузами (по весу) целесообразно использовать гладкую траекторию [8-10], то при операциях со сверхтяжелыми крупногабаритными грузами гладкая траектория движения груза заведомо ведет к появлению дополнительных напряжений в системе подвеса груза, а это может привести к аварии или катастрофе [1, 5].

С одной стороны, определенность траекторий сужает возможности оптимизации задачи, а с другой – целевым функционалом задачи является время T , затраченное на

операции погрузки – разгрузки. Таким образом, оптимальное управление процессом погрузки – разгрузки приводит к оптимизационной задаче вида (10)

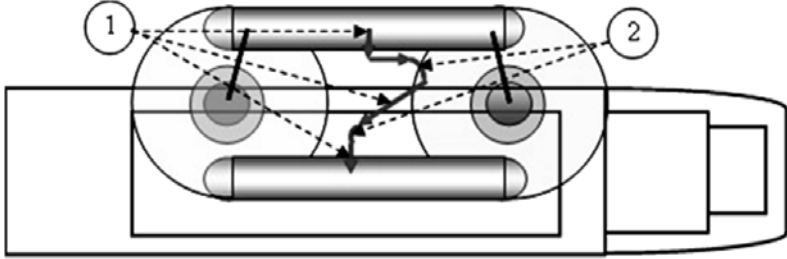


Рис. 3. Траектория движения крупногабаритного груза: 1 – поступательное движение, 2 – вращение

Задача (10) содержит функционал цели J , закрепления и динамические модели груза с координатами \mathbf{g} и судна с координатами \mathbf{x} . В этой постановке задачи можно рассматривать два случая: судно пришвартовано, $\mathbf{x} = \text{const}$, и компенсируются все возмущения, и случай, когда груз неподвижен, $\mathbf{g} = \text{const}$, а судно производит эволюции. При этом, в случае, когда координаты груза постоянны, $\mathbf{g} = \text{const}$, задача упрощается.

Обозначив $A-1B=A$, $A-1D=B$ и выделив в правой части управления \mathbf{u} и возмущения \mathbf{Q} , получаем (11)

$$\left. \begin{aligned} J &= \int_0^T dt = T \\ \mathbf{g}(0) &= \mathbf{g}_0; \quad \mathbf{g}(T) = \mathbf{g}_0 \\ \mathbf{x}(0) &= \mathbf{x}_0; \quad \mathbf{x}(T) = \mathbf{x}_T \\ \dot{\mathbf{x}}(0) &= \mathbf{0}; \quad \dot{\mathbf{x}}(T) = \mathbf{0} \\ \ddot{\mathbf{g}} + A^{-1}B\dot{\mathbf{g}} + A^{-1}D\mathbf{g} &= \mathbf{F} \\ \ddot{\mathbf{x}} + A_k^{-1}B_k\dot{\mathbf{x}} + A_k^{-1}D_k\mathbf{x} &= \mathbf{F}_k \end{aligned} \right\} \begin{aligned} & \\ & \\ & \\ & \\ & \\ & \end{aligned} \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} J &= \int_0^T dt = T \\ \mathbf{g}(t) &= \text{const} \\ \mathbf{x} &\in X_d; \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0; \quad \mathbf{x}(T) = \mathbf{x}_T \\ \dot{\mathbf{x}}(0) &= \mathbf{0}; \quad \dot{\mathbf{x}}(T) = \mathbf{0} \\ \ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} &= \mathbf{u} + \mathbf{Q} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

В задаче (11) интегрант функционала цели вырожден $f = 1$. Преобразовав ограничения к виду равенства, получим мгновенное выражение для функции Лагранжа [– 14]

$$L(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = \lambda_0 + \langle \lambda, (\mathbf{u} - \ddot{\mathbf{x}} - A\dot{\mathbf{x}} - B\mathbf{x}) \rangle. \quad (12)$$

Включив λ_0 в (12) как компонент вектора λ , переходя в обозначениях от функции Лагранжа к функции Гамильтона, можем записать в виде

$$\begin{aligned} H(\mathbf{x}, \mathbf{u}) &= \langle \lambda_0 + \lambda, (\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} - \mathbf{u}) \rangle = \\ &+ \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \lambda_i (\ddot{x}_i + a_{i1}\dot{x}_i + \dots + a_{in}\dot{x}_n + b_{i1}x_1 + \dots + b_{in}x_n - u_i). \end{aligned} \quad (13)$$

На оптимальной траектории для (13) определим функционал Лагранжа, или в принятых терминах, функционал Гамильтона

$$\tilde{H} = \int_0^T H(\mathbf{x}, \mathbf{u}) dt = \int_0^T (\lambda_0 + \langle \lambda, (\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} - \mathbf{u}) \rangle) dt. \quad (14)$$

Учитывая зависимость от времени, запишем условие оптимальности на траектории $x = x(t)$

$$(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, t) \rightarrow \delta \tilde{H}(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, t) = 0; \quad t \in [0, T].$$

Для независимых переменных \mathbf{x} , \mathbf{u} , λ условие Эйлера дает

$$\delta \tilde{H}(\mathbf{x}^*, \mathbf{u}^*, t) = 0 \rightarrow \begin{cases} \frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial H}{\partial \dot{\mathbf{x}}} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial H}{\partial \ddot{\mathbf{x}}} = \mathbf{0} \\ \frac{\partial H}{\partial \lambda} = \mathbf{0} \\ \frac{\partial H}{\partial \mathbf{u}} = \mathbf{0} \end{cases}; \quad t \in [0, T] \quad (15)$$

Решая (15) следует учитывать, что возмущения в системе низкочастотные, и существуют три независимы переменных \mathbf{x} , \mathbf{u} , λ . Получим систему уравнений (16)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}} = A \frac{d\lambda}{dt} - \frac{d^2 \lambda}{dt^2} \\ \frac{\partial H}{\partial \lambda} = \ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} - \mathbf{u} \\ \frac{\partial H}{\partial \mathbf{u}} = \mathbf{0} \end{aligned} \right\} \rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{d^2 \lambda}{dt^2} - A \frac{d\lambda}{dt} + B\lambda = \mathbf{0} \\ \frac{\partial H}{\partial \lambda} = \ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} - \mathbf{u} \\ \frac{\partial H}{\partial \mathbf{u}} = \mathbf{0} \end{aligned} \right\}; \quad (16)$$

Используя принцип максимума Понтрягина

$$\mathbf{u}^*_{x=x^*} \rightarrow \max H.$$

Формируем условия оптимальности из двух условий канонической системы (16) и связи принципа максимума

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \lambda}{dt^2} - A \frac{d\lambda}{dt} + B\lambda = \mathbf{0} \\ \frac{\partial H}{\partial \mathbf{u}} = \mathbf{0} \\ \mathbf{u}^*_{\substack{x=x^* \\ \lambda=\lambda^*}} \rightarrow \max H \end{aligned} \right\}. \quad (17)$$

Из первого уравнения условий оптимальности (17) находим оптимальное значение для $\lambda = \lambda^*$, как решение дифференциального уравнения. Второе условие, при ненулевом λ , не выполняется. Однако, учитывая линей-

ность функции Гамильтона, получаем условие, ограничивающее выбор оптимальности управления

$$\mathbf{u}^* \in \{+\mathbf{u}_{\max}, -\mathbf{u}_{\max}, \mathbf{0}\}$$

Исходя из принципа максимума получаем условия выбора управления (18)

$$\mathbf{u}^* \rightarrow \max \langle \lambda^*, (\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} - \mathbf{u}) \rangle. \quad (18)$$

Исходя из правила n интервалов для (18) получаем два интервала знакопостоянства управления и возможность оценить связь критерия оптимальности и используемого ресурса управления

$$\tilde{T} \approx \frac{2}{\alpha_{\max}} \frac{|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_0|^*}{|\mathbf{u}^*|}.$$

Следовательно, оптимальность управления определяется на каждом участке траектории как два знакопостоянных отрезка управления.

Учет граничных условий требует, чтобы выполнялись следующие равенства

$$\begin{aligned} x(0) &= 0; & \dot{x}(0) &= 0; \\ x(T) &= x_T; & \dot{x}(T) &= 0. \end{aligned}$$

Условия в начале траектории не вызывают трудностей, а условия в конце траектории позволяют определить момент снятия управления. При нахождении решения дифференциального уравнения необходимо решить задачу Коши [6-7].

Отнесем неопределенную переменную C_λ к первому уравнению системы (17). В этом случае переключения управления происходят в моменты изменения знака λ – конец первого интервала знакопостоянства и снятие управления при $dx/dt = 0$. Выбор постоян-

ной C_λ проводим градиентной процедурой по критерию отсутствия перерегулирования. Схема моделирования определения оптимального управления приведена на рис. 4. Решение дифференциального уравнения определяет блок 1 (рис. 4).

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \lambda}{dt^2} - A \frac{d\lambda}{dt} + B\lambda &= 0; \\ \lambda_0 &= x_T. \end{aligned} \quad (19)$$

Выражение (19) дает решение уравнения системы в «обратном времени». При этом неопределенная константа определяется простой градиентной процедурой по критерию минимума перерегулирования переходного процесса δ

$$\lambda_{0i+1} = \lambda_{0i} + \frac{\text{grad } \delta}{|\text{grad } \delta|}.$$

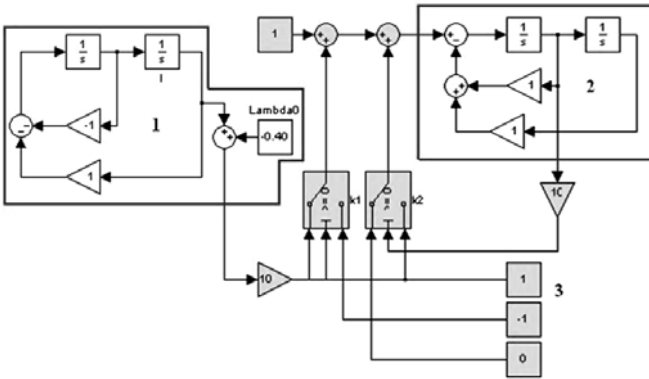


Рис. 4. Схема моделирования оптимального управления

Критерий снятия управления формируется блоком 2 модели процесса (рис.4) по условию равенства скорости нулю

$$\ddot{x} + A\dot{x} + Bx = u$$

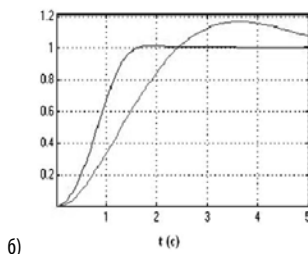
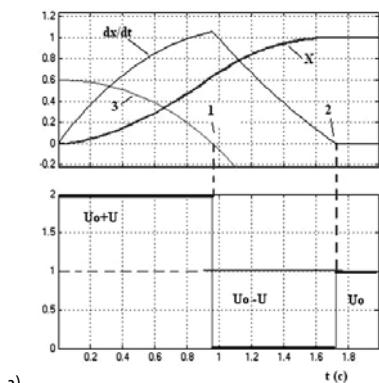
Условия переключения управления могут быть определены автоматически

$$u = \begin{cases} +u_m & \text{if } \lambda^* > 0 \\ -u_m & \text{if } \lambda^* < 0 \\ 0 & \text{if } \dot{x} = 0 \end{cases} \quad (20)$$

Результаты моделирования системы оптимального управления приведены на рис. 5. Таким образом, при построении оптимального управления грузовыми операциями на судах необходимо решать задачу опре-

деления точек переключения, используя метод моделирования обратного (попятного) движения совместно

с градиентной процедурой определения постоянной в обратном решении.



а)

б)

Рис. 5. Результаты моделирования системы оптимального управления:

а) переходные процессы и управление в системе; б) сравнение переходных процессов в оптимальной системе и системе при постоянном управлении

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрены особенности задачи управления грузовыми операциями и использование классических алгоритмов оптимального управления применительно к динамике операций с тяжелыми крупногабаритными грузами. Предложен и обоснован метод построения управления, оптимального по Понтрягину, с использованием моделирования обратного (попятного) движения, как процесса свободного движения λ модели из конечной точки траектории с градиентной процедурой определения постоянной интегрирования.

Системы управления линейными объектами, оптимальные по быстрдействию, чувствительны к ошибкам идентификации, что требует коррекции моделей, например, с использованием корректирующих регуля-

торов. При этом возможности оптимального регулятора определяются ресурсом управления.

При работе с тяжелыми крупногабаритными грузами необходимо разделять траектории на простые движения, что снижает перегрузки в системе управления. Использование операции управления, оптимального по времени, ведет к противоречию между требованием минимальности ускорений движения груза и требованием минимального времени перемещения тяжелого крупногабаритного груза.

В работе показана целесообразность совместного использования в регуляторе оптимальных и неоптимальных компонент, где предложенная процедура обеспечивает минимальное время переходного процесса при отсутствии перерегулирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ben' A.P. Puti povysheniya bezopasnosti gruzovyh operacij s tjazhelymi i negabaritnymi gruzami na specializirovannyh sudah / A.P. Ben', S.S. Solovej // Naukovij visnik Hersons'koj derzhavnoi mors'koj akademii № 2 (09), 2013. –S.244-248.
2. Ben' A.P. Usovsherenstvovanie metodov kontrolja pod#mnogo ugla (hoisting angle) vo vremja provedeniya gruzovyh operacij s tjazhelymi i negabaritnymi gruzami na specializirovannyh sudah / A.P. Ben', S.S. Solovej // Naukovij visnik Hersons'koj derzhavnoi mors'koj akademii № 1 (10), 2014. –S.262-267.
3. Solovej A.S. Kontrol' parametrov ostojchivosti specializirovannyh sudov pri vypolnenii gruzovyh operacij s tjazhelymi i negabaritnymi gruzami // Sudovozhdenie: Sb. nauchn. trudov./ ONMA, Vyp. 25. – Odessa: IzdatInform, 2015. –S. 162-167.

4. Solovej O.S. Vibir zakonu reguljuvannja v zadachi pozicionuvannja specializovanih vantazhnih mors'kih suden / O.S. Solovej, A.P. Ben', S.O. Rozhkov // Visnik Hersov'nogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu №3(62), 2017. –Т.1. –S.221-227.
5. Ershov A. A. Kontrol' ostoichivosti i posadki sudna pri pogruzke i vygruzke /A. A. Ershov. – SPb : GMA im. adm. S. O. Makarova, 2002. –60 s.
6. Moiseev N.N. Chislennye metody v teorii optimal'nyh sistem / N.N. Moiseev. – M.: Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury izd-va «Nauka», 1971. – 424 s.
7. Griffiths F. Vneshnie differencial'nye sistemy i variacionnoe ischislenie /F. Griffiths. –M.: Mir, 1980. –360 s.
8. Petrov Ju.P. Optimal'nye reguljatory sudovyh silovyh ustanovok (teoreticheskie osnovy) –L.: Sudostroenie, 1966. –121 s.
9. Ivanov V.A. Teorija optimal'nyh sistem avtomaticheskogo upravlenija / V.A.Ivanov, N.V. Faldin. – M.: Nauka, 1981. –336 s.
10. Rej U. Metody upravlenija tehnologicheskimi processami / U Rej; per. s angl. – Mir, 1983.– 386 s.
11. Rozhkov S.O. Optimal'ne keruvannja tehnologichnimi kompleksami / S.O. Rozhkov //Adaptivni sistemi avtomatichnogo upravlinnja. Mizh-vidomchij naukoivo-tehnicnij zbirnik. – Kiiiv: Nacional'nij tehnicnij universitet Ukraini "Kiiiv's'kij politehnicnij institut". – 2015. –№2(27). – S.10–19.
12. Tung, F. Linear Control Theory Applied to Interplanetary Guidance, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. AC–9, No. 1, 1964. 82-89 pp. DOI: 10.1109/TAC.1964.1105626.
13. Kalman R.E. Fundamental Study of Adaptive Control Systems. Technical report, No.ASD-TR-61-27, Vol.1, 1962. – 282 p. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/282873.pdf>.
14. Sage, A. P. Optimum Systems Control, Chapter 15, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1968.
15. Gunckel, T.L., Franklin, G.F. A General Solution for Linear, Sampled-Data Control, Transactions of the ASME, Series D, Vol. 85, pp. 197–203, 1963.
16. Lee, R. C. K., Optimal Estimation, Identification, and Control, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1964.
17. Asgeir J. Sorensen. Marine Control Systems Propulsion and Motion Control of Ships and Ocean Structures. Lecture Notes. Department of Marine Technology Norwegian University of Science and Technology. Report UK-13-76.
18. BBC Guideline. Safe solutions for project cargo operations. Version 1.0. — Leer: BBC Chartering and Logistic GmbH&Co.KG, 2009. — 76 p. www.bbc-chartering.com
19. Syvertsen Pål G. Modeling and Control of Crane on Offshore Vessel // Norwegian University of Science and Technology. Masters thesis, 2011. – 106 p.
20. Loading Computer System seacoast MACS3 Version NET 1.1 Crane Operation Module Manual / INTERSCHALT maritime systems AG – Wilhelmstrasse 7-9 – 24937 Flensburg

Рецензент: д.т.н., проф. Рудакова А.В.,
Херсонский национальный технический университет.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПЛАВАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

УДК 62-347

ВОЛЯНСКАЯ Яна Богдановна

Доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электрической инженерии морских и роботизированных комплексов Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев.

Научные интересы: автоматизация и техническая эксплуатация объектов морской робототехники, системы управления электроприводов разного назначения, моделирование электромеханических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Вентильные бесконтактные двигатели постоянного тока (БДПТ) с возбуждением от высокоэнергетичных редкоземельных постоянных магнитов, например, Nd-Fe-B (железо-неодим-бор), наиболее перспективны из всех типов традиционных электродвигателей для применения в системах электродвижения различных автономных плавательных аппаратов (АПА) [1, 3]. Использование с легирующими и повышающими коэрцитивную силу добавками термостабильных магнитов из материала Nd-Fe-B в системе возбуждения БДПТ позволяет сохранить работоспособность магнитов при нагреве до +170 °С и заметно улучшить эксплуатационные свойства всей системы электродвижения. Кроме того, при применении электропривода на основе БДПТ в АПА проявляется целый комплекс положительных конструктивно-технологических свойств и технико-эксплуатационных преимуществ:

- отсутствие требующих обслуживания механических узлов существенно повышает надежность и ресурс БДПТ, входящего в состав системы электродвижения АПА (по сравнению со щеточными электродвигателями постоянного тока и асинхронными с явно выраженной обмоткой на роторе);

- высокая перегрузочная способность вентильного БДПТ (максимальный кратковременный момент может превышать длительный момент в 4-8 раз) позволяет АПА получить отличную приёмистость;

- крайне низкое значение тока холостого хода и наивысшие из всех двигателей малой мощности энергетические показатели (КПД более 0,9 при слабой его зависимости от коэффициента загрузки) позволяет АПА повысить время его автономной работы;

- при необходимости БДПТ может обеспечить очень высокий диапазон регулирования частоты вращения (1:103 и более) гребного винта или других исполнительных механизмов АПА;

- возможность построения гораздо более простой системы управления для системы электродвижения АПА, по сравнению с частотно-регулируемым асинхронным электроприводом;

- из-за низкого перегрева у вентильных БДПТ заметно увеличивается ресурс изоляции, что также позволяет работу с заметными перегрузками, необходимыми, например, при экстренном маневрировании АПА;

- наилучшие массогабаритные показатели, значительный срок службы, высокая наработка на отказ (более 104 часов), возможность оптимизации режимов работы путем формирования уровней ограничения момента и скоростных диаграмм, также расширяют тактико-технические (ТТХ) и эксплуатационные характеристики АПА.

Нужно отметить, что последние годы вентильные БДПТ и электроприводы на их основе активно производятся ведущими зарубежными электротехническими

компаниями («Siemens», «General Electric», «Bosch», «Schneider Electric», «Fanuk», ABB и др.) [4, 5, 10-12]. Изготавливают БДПТ и в России (ОАО «ЧЭАЗ», г. Чебоксары), налаживается их мелкосерийное производство в Украине (ООО «Электротехника—Новые технологии», г. Одесса, [7-9]). Основным сдерживающим фактором широкого применения электроприводов на основе БДПТ — цена преобразователя и наличие дорогого высокоточного датчика положения ротора (ДПР, в зарубежных источниках — Shaft Position Sensor или Shaft Encoder), наличие расширенных сервисно-диагностических и защитных функций, ряда иных встроенных систем. Однако для применения в АПА двойного назначения эти факторы оказываются несущественными, в частности из-за того, что имеются возможности заметного упрощения системы управления [6], применения простейших ДПР [2], отказа от российских материалов и комплектующих [2].

В [6] представлена функциональная схема электропривода на основе БДПТ для АПА. Приведенная схема обладает минимальной аппаратной избыточностью и позволяет создать несколько альтернативных вариантов принципиальных схем электропривода на основе БДПТ. Таким образом, можно утверждать, что созданы предпосылки для технической реализации предложенного в [6] решения и есть основания для разработки упрощенных математических моделей электропривода с БДПТ, необходимых для настройки и последующей оптимизации режимов его функционирования в составе системы электродвижения АПА.

Целью работы является представление одного из вариантов технической реализации, выбора основных элементов, расчета, а также разработки упрощенной математической модели электропривода с минимальной аппаратной избыточностью на основе вентильного БДПТ для системы электродвижения АПА.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Особенности схемы управления вентильным БДПТ. На рис. 1 представлена структурно-функциональная схема вентильного электропривода, построенная на основе [6]. Система регулирования скорости — двухконтурная, с подчиненным регулированием координат. Системы с подчиненным регулированием координат

(СПРК) хорошо теоретически обоснованы и апробированы в автоматизированных электроприводах главного движения и подач металлорежущих станков, в электроприводах промышленных роботов и во множестве других сложных технологических устройствах. Традиционная структура СПРК представляет собой многоконтурную систему с каскадным включением регуляторов, причем число регуляторов и контуров регулирования равно числу регулируемых координат.

Используем основную идею функционирования СПРК, заключенную в том, что каждый внутренний контур подчинен задачам регулирования внешнего контура, в который он входит. При этом настройка регуляторов производится независимо и последовательно — от внутреннего контура к внешнему, с обеспечением соответствующей независимой коррекции в каждом контуре, а передаточная функция каждого регулятора определяется видом ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования и передаточной функцией объекта. Применительно к двухконтурному вентильному электроприводу (рис. 1), СПРК содержит основной контур регулирования скорости гребного винта и внутренний, подчиненный внешнему, контур регулирования тока БДПТ.

Контур регулирования тока состоит из:

- а) релейного регулятора тока, функции которого заложены в нуль—органе НОЗ;
- б) модулятора (блок «Распределитель импульсов—модулятор») и драйвер управления ключами IR2130;
- в) объекта регулирования — трехфазного мостового инвертора и силовой цепи БДПТ;
- г) обратной связи — датчика тока на резисторе R_s и формирователя—усилителя модуля сигнала (ФМС2).

В контур регулирования скорости входят:

- а) регулятор скорости (РС) пропорционально-интегрального типа;
- б) объект регулирования — замкнутый контур регулирования тока и механическая часть системы электродвижения;
- в) датчик обратной связи — бесконтактный тахогенератор (БТГ) и ДПР [6].

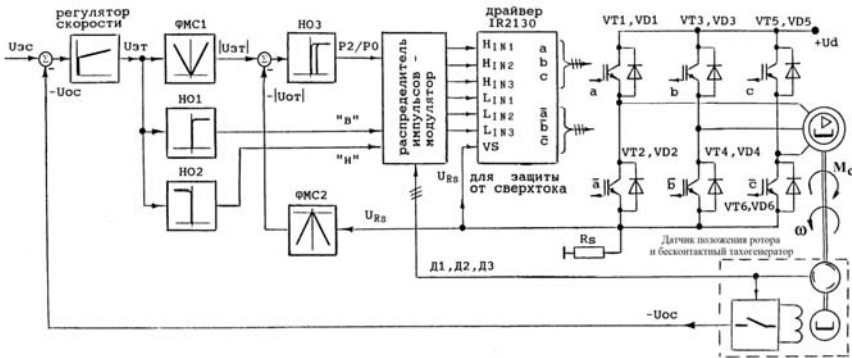


Рис. 1. Структурно-функціональна схема бесконтактного вентильного електропривода

Поясним работу схемы. Пусть на вход регулятора скорости поступает внешний (по акустическому или радиоканалу, от бортовой системы искусственного интеллекта, программы управления и т.д.) сигнал задания скорости $U_{zc} > 0$ (для движения «Вперед»), а скорость БДПТ при этом меньше заданной и сигнал на выходе регулятора скорости (сигнал задания контуру регулирования тока якоря) положителен:

$$U_{zm} = U_{zc} - U_{oc} > 0.$$

Модуль сигнала задания тока определит необходимое значение тока БДПТ:

$$i = ads(U_{zm}) / k_{om},$$

где k_{om} – коэффициент передачи цепи обратной связи по току. Знак сигнала U_{zt} определяет режим работы электропривода (если $U_{zc} \cdot U_{zm} > 0$, то режим двигательный, если $U_{zc} \cdot U_{zm} < 0$, то режим торможения).

При заданных условиях ($U_{zc} > 0$ и $\omega < \omega_z$) на выходе НО1 будет логическая «1», а на выходе НО2 – логический «0». Эти сигналы, совместно с сигналами датчика положения ротора (Д1, Д2 и Д3), поступают на устройство распределения импульсов «Распределитель импульсов–модулятор» (РИМ). По этим сигналам РИМ определяет такую комбинацию включения транзисторных ключей инвертора, которая должна существовать при данном пространственном положении ротора –

для регулирования тока в режимах двигателя или электромагнитного торможения (в описанных условиях – режим двигателя).

Сигнал U_{zt} подается на формирователь модуля сигнала ФМС1 и на выходе нуля–органа НО3 сравнивается с отрицательным значением модуля сигнала обратной связи по току, снимаемого с ФМС2.

Если в фазах обмоток БДПТ ток меньше заданного, то есть

$$abs(U_{zm}) - abs(U_{om}) > 0,$$

то на выходе НО3 установится логическая «1», разрешающая включение двух транзисторов инвертора (режим P2). Это приводит к увеличению тока и, соответственно, момента и скорости.

В противном случае, при логическом «0» на выходе НО3, на выходе элементов модулятора будет высокий уровень сигнала. Выполняется режим P0 с выключением всех транзисторов, ток при этом уменьшается. Ширина петли гистерезиса НО3 определяет размах пульсаций тока Δi и частоту коммутации ключей.

ФМС1 и ФМС2 предназначены для создания условий работы контура тока электропривода, независимо от знаков сигналов U_{zt} и U_{rs} . Формирователи модуля сигнала (ФМС1 и ФМС2) представляют собой выпрямители на операционных усилителях. Работа такого выпрямителя основывается на том, что при одной полярности входное напряжение, с некоторым масштабным коэффициентом, подается на выход, а при другой по-

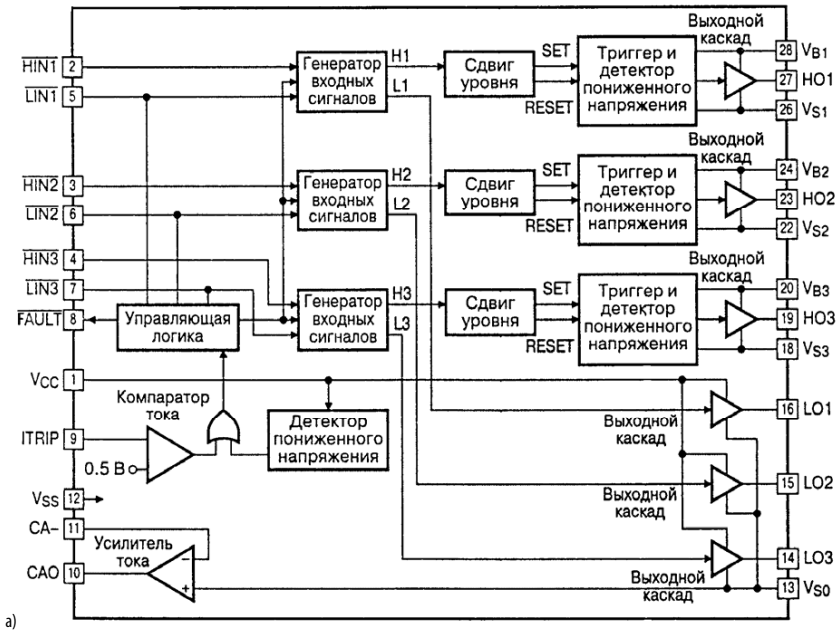
лярности – выходной сигнал инвертируется с тем же масштабным коэффициентом усиления.

Согласование уровней сигналов $U_{зт}$ и $U_{от}$ осуществляется регулировочным потенциометром, установленном на выходе регулятора скорости (на схеме не показан).

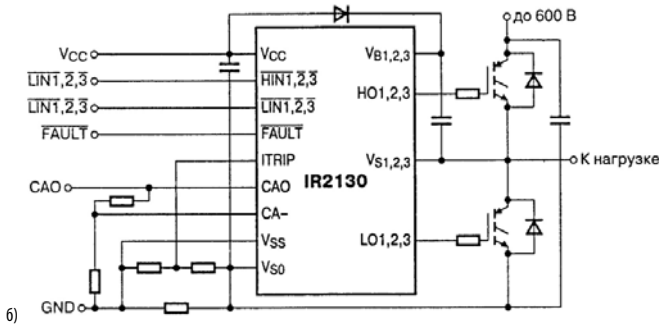
В силовой части инвертора применяются управляемые напряжением транзисторные ключи с изолиро-

ванными затворами. Управление ключами осуществляется с помощью недорогой специализированной микросхемы, например, драйвера IR2130.

Функциональная схема драйвера IR2130 и типовая схема его применения для управления высоковольтными ключами инвертора приведены на рис. 2, а и б, назначение и обозначение выводов – в табл. 1.



а)



б)

Рис. 2. Функциональная схема (а) драйвера IR2130 и типовая схема (б) его применения

Таблиця 1.

Назначение и обозначение выводов драйвера

Обозначение	Назначение
$\overline{HN1}, \overline{2}$	Логические выходы верхних каналов
$\overline{UN1}, \overline{2}, \overline{3}$	Логические выходы нижних каналов
FAULT	Вывод идентификации срабатывания защиты от токовой перегрузки или пониженного напряжения питания нижних каналов
V_{cc}	Напряжение питания логических узлов и цепей нижних каналов
I_{TRIP}	Вход блокировки при перегрузке по току
CA0	Выход усилителя тока
CA-	Инвертирующий вход усилителя тока
V_{ss}	Логическая земля
$V_{B1,2,3}$	Выводы питания верхних каналов
H01, 2, 3	Выводы подключения затворов транзисторов верхних каналов
$V_{S1,2,3}$	Выводы подключения истоков транзисторов нижних каналов
L01, 2, 3	Выводы подключения затворов транзисторов нижних каналов
V_{SO}	Силовая земля
п. с.	Не используется

Основные характеристики драйвера: однокристалльное исполнение; непосредственный интерфейс со всеми уровнями входных сигналов; встроенная пауза между импульсами; защита от токовой перегрузки; допустимый диапазон напряжения питания до 600 В. Возможны для установки и другие типы драйверов управления транзисторными ключами, но в любом случае примененный драйвер должен иметь следующие характеристики.

1. Выходные сигналы с амплитудой в диапазоне от 10 до 15 В.
2. Малое сопротивление управляющего каскада (для быстрого заряда и разряда емкости затвора).
3. Плавающий выходной сигнал (для обеспечения управления верхними транзисторными ключами).

Кроме этих требований драйвер должен быть способен управлять комбинацией включения ключей.

Так, микросхема IR2130 (рис. 3) содержит шесть выходных каскадов, на входы которых подаются сигналы от трех генераторов, каждый из которых работает на два выхода. Три нижних выходных каскада драйвера управляются непосредственно генераторами сигналов L1, L2 и L3, а сигналы управления верхними приборами H1, H2 и H3 должны быть смещены по уровню перед подачей на верхние выходные драйверы.

Упрощенная модель вентильного электропривода на основе БДПТ с минимальной аппаратной избыточностью. Вентильный электропривод представляет собой синергетическое объединение в составе электромеханической системы синхронного электрического двигателя с возбуждением от постоянных магнитов и электронного коммутатора. Поскольку управление ключами мостового инвертора осуществляется по командам ДПР, то таким образом реализуется жесткая обратная связь по пространственному положению ротора, что и определяет алгоритм подключения обмоток БДПТ к источнику постоянного тока. Щеточно-коллекторное устройство, по сути, является механическим коммутатором, а его аналог у БДПТ – электронный коммутатор. Именно это свойство позволяет провести аналогию между моделью вентильного электропривода на основе БДПТ и моделью классического щеточного электродвигателя постоянного тока, у которого секции обмотки якоря посредством щеточно-коллекторного устройства подключаются к источнику постоянного напряжения. Нужно подчеркнуть, что синергетическое объединение в составе электропривода названных компонентов влияет на работу друг друга. Поэтому простейшая аналогия между электромеханическим преобразователем и управляемого инвертором может составить основную особенность моделирования электропривода с вентильным БДПТ [6]. Однако для построения замкнутой системы управления АПА модель [6] может оказаться избыточной, поскольку учитывает все электромагнитные процессы и процессы переключения (ДПР, ключей, логических элементов) что резко ограничивает скорость расчетов.

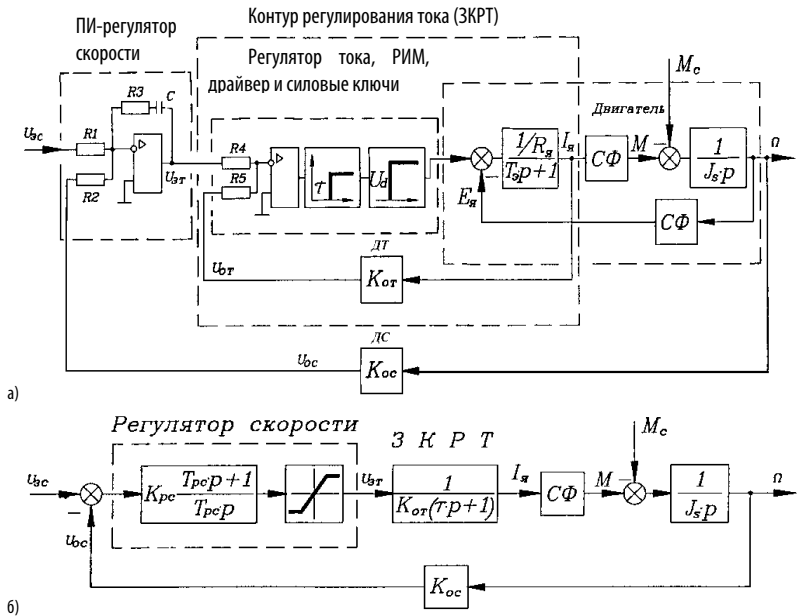


Рис. 3. Структурная схема, с элементами принципиальной схемы, система управления скоростью вентильного электропривода

Обратим внимание на некоторые фрагменты разрабатываемой модели, представляющие взаимодействие преобразователей энергии и управляющей информации. Во-первых, возбуждение от постоянных магнитов позволяет упростить модель эквивалентной обмотки возбуждения БДПТ в сравнении с моделью синхронной электрической машины с электромагнитным возбуждением – достаточно представить обмотку возбуждения как независимый источник ЭДС с собственным внутренним сопротивлением. Тогда ЭДС, наводимые в фазах БДПТ, не будут содержать составляющих, пропорциональных производной тока по времени, протекающего в эквивалентной обмотке возбуждения. Во-вторых, в модели вентильного электропривода на основе БДПТ легко предусмотреть возможность изменения частоты вращения в широких пределах. Поэтому обязательным является включение в состав модели механической подсистемы, позволяющей определять мгновенную частоту вращения ротора электродвигателя. Передача частоты вращения во вспомогательную схему, осуществляющую

интегрирование, делает возможным получение информации о положении ротора в каждый момент времени (моделирование работы ДПР). Понятно, что структурное представление электропривода, с учетом принятых допущений и упрощений позволяет легко реализовать, например, средствами MatLab / Simulink, его математическую модель.

Структурная схема, с элементами принципиальной схемы, системы управления скоростью вентильного электропривода приведена на рис. 3. Отметим, что настройку системы начинают с внутреннего контура, выходная координата которого (ток якоря) изменяется намного быстрее выходной координаты внешнего контура – скорости.

Исходными при настройке являются требования к статическим и динамическим свойствам контуров и системы: отсутствие статической ошибки в установившемся режиме при обработке изменяющегося скачком задающего сигнала и перерегулирование, не превы-

шающее 5%. Возможны и другие специальные требования.

Основное назначение контура тока вентильного электропривода состоит в стабилизации тока якоря на заданном уровне. В транзисторном вентильном электроприводе последовательная коррекция контура тока не требуется, т.к. контур тока является практически безинерционным по следующим причинам.

Во-первых, напряжение источника питания U_d намного превышает ЭДС самоиндукции двигателя, что позволяет форсировать процессы нарастания и спада тока I в диапазоне его ограничения (от $-I_{max}$ до $+I_{max}$) за время, намного меньшее суммарной электромагнитной постоянной времени T_Σ . При этом, постоянная времени T_Σ и обратная связь по ЭДС двигателя не оказывают практического влияния на динамику привода.

Во-вторых, регулятор тока, датчик тока и блок силовых ключей конструктивно выполнены практически безинерционными. Поэтому, при моделировании, замкнутый контур регулирования тока можно приближенно представить аperiодическим звеном с постоянной времени $\bar{K} = 1$ мс и статическим коэффициентом передачи звена $K_m = 1 / K_{om}$. Преобразуем передаточную функцию замкнутого контура регулирования тока (ЗКРТ):

$$W(p) = \frac{1}{K_{om}} \cdot \frac{1}{\tau p + 1} = \frac{1}{K_{om}} \cdot \frac{1/\tau p}{1 + 1/\tau p}$$

Полученное выражение можно трактовать как передаточную функцию цепи, состоящей из последовательно соединенных пропорционального звена с коэффициентом $K_{pm} = 1 / K_{om}$ и интегрирующего звена, с постоянной времени \bar{K} , при этом интегрирующее звено охвачено отрицательной обратной связью звеном с единичным коэффициентом передачи.

При настройке контура регулирования скорости предпочтение отдано легко реализуемой настройке (оптимизации) контура скорости, при которой «оптимизированная» передаточная функция разомкнутого контура скорости принимает вид

$$W_{psc}(p) = \frac{1}{2\tau p \cdot (\tau p + 1)},$$

и на частоте среза $\bar{\omega}_{cp} = 0,5\bar{\omega}$ логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) обеспечивает запас по фазе равный 63,5 град. Тогда передаточная функция «оптимизированной» замкнутой системы будет описываться выражением:

$$W_{\Sigma}(p) = \frac{1}{K_{oc}} \cdot \frac{1}{2\tau p \cdot (\tau p + 1) + 1}$$

Переходные процессы в такой системе связаны с характеристическим уравнением $2\tau p \cdot (\tau p + 1) + 1 = 0$, у которого показатель демпфирования $\bar{\xi} = 0,707$. Рассмотренная настройка контура – настройка на модульный или технический оптимум, обеспечивающая перерегулирование 4,3% и время регулирования 4,7 \bar{K} .

Если повысить показатель демпфирования, то переходный процесс протекает более монотонно и время регулирования увеличивается. С уменьшением показателя демпфирования увеличиваются колебательность и перерегулирование. Поэтому, для получения настройки на модульный оптимум регулятор скорости должен иметь передаточную функцию, определяемую выражением

$$W_{pc}(p) = K_{pc} = \frac{K_{om} \cdot J_s}{K_{oc} \cdot c \cdot \Phi \cdot 2\tau}$$

Регулятор скорости представляет собой безинерционное звено с коэффициентом передачи K_{pc} . В этом случае система будет иметь статическую ошибку регулирования скорости. При большом диапазоне регулирования и в тех случаях, когда система с П-регулятором не обеспечивает требуемой жесткости механических характеристик, применяют ПИ-регулятор скорости, при котором система становится астатической.

Для получения астатизма по возмущению настройку контура скорости выполняют на «симметричный» оптимум (из-за симметричного вида ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования скорости). Здесь передаточная функция ПИ-регулятора скорости определяется выражением

$$W_{pc}(p) = K_{pc} \cdot \frac{1 + T_{pc}p}{T_{pc}p} = K_{pc} \cdot \frac{1 + 4\tau p}{4\tau p}$$

В структурную схему модели на выходе ПИ-регулятора скорости вводится звено с характери-

кой «Ограничение», отражающее возможность выхода на режим токоограничения в переходных режимах или при перегрузке электропривода (см. рис. 4).

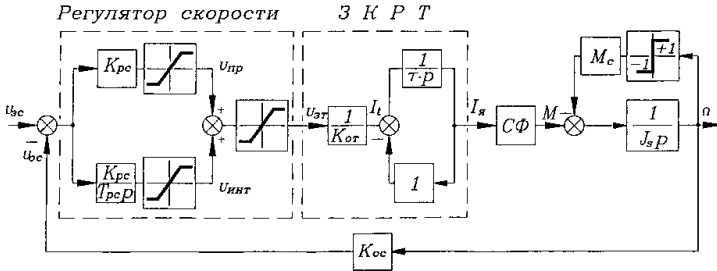


Рис. 4. Структурная схема системы управления скоростью вентильного электропривода

Напряжение на выходе ПИ-регулятора скорости (сигнал Узт задания контуру тока) определяется выражением:

$$U_{зм} = (U_{zc} - U_{oc}) \cdot K_{pc} (1 + 1/(T_{pc} p)) = U_{np} + U_{инт}$$

где $U_{np} = (U_{zc} - U_{oc}) \cdot K_{pc}$ и $U_{инт} = (U_{zc} - U_{oc}) \cdot K_{pc} / (T_{pc} p)$ – пропорциональная и интегральная составляющие выходного сигнала регулятора скорости.

Учет возможности вхождения регулятора скорости в режим насыщения ведется включением звеньев «ограничение» раздельно, как по каналам пропорциональной и интегральной составляющей, так и по их результирующему действию.

Направление приложения момента сухого трения M_c зависит от направления вращения вала электродвигателя:

$$M_c = \text{mod} \cdot [M_c] \cdot \text{sign}(\omega)$$

где $\text{sign}(\omega)$ — математическая сигнум-функция, равная +1 при $\omega > 0$, равная 0 при $\omega = 0$, и равная -1 при $\omega < 0$.

На рис. 4 выражению для статического момента сопротивления M_c соответствует включение цепи обратной связи, охватывающей звено механической части электродвигателя.

Для настройки электропривода необходимо знать конструктивную постоянную $c\Phi$ вентильного двигателя, ток якоря $I_{до}$ и сопротивление обмотки РЛИН (включенных последовательно двух фаз). Эти данные можно

легко и с хорошим приближением получить расчетным способом, используя следующие номинальные данные: $U_{ном}$ – номинальное напряжение источника постоянного тока, при котором определяются характеристики двигателя; $M_{до}$ – длительно-допустимый момент при скорости близкой к нулевой, например, 1 об/мин. Расчет можно вести по следующим формулам.

Конструктивный коэффициент двигателя:

$$c\Phi = 0,9 \cdot U_{d \text{ ном}} / \Omega_{\text{max}}$$

Длительно-допустимый ток:

$$I_{до} = 1,05 \cdot M_{до} / c\Phi$$

Сопротивление двух последовательно соединенных фаз двигателя:

$$R_{лин} = 0,1 \cdot U_{d \text{ ном}} / I_{до}$$

Например, для БДПТ известны параметры: $U_{ном} = 300 \text{ В}$, $n_{\text{max}} = 2000 \text{ об/мин}$ ($\omega_{\text{max}} = 209,4 \text{ рад/с}$), $M_{до} = 130 \text{ Нм}$. Тогда

$$c\Phi = 0,9 \cdot 300 / 209,4 = 1,29 \text{ В} \cdot \text{с} / \text{рад}$$

$$I_{до} = 1,05 \cdot 130 / 1,29 = 106 \text{ А}$$

$$R_{лин} = 0,1 \cdot 300 / 106 = 0,283 \text{ Ом}$$

Обычно при исследовании динамических свойств электропривода необходимо выполнять расчёты процессов пуска и торможения, например, для двух вари-

антов изменения задания сигнала скорости Узс: первый – скачкообразный задающий сигнал Узс = 5 В, второй – сигнал задания такой же амплитуды, но с применением датчика интенсивности. Датчик интенсивности представляет собой электронное устройство, формирующее на своем выходе линейно нарастающий (спадающий) сигнал задания скорости Узс при скачкообразном задающем входном сигнале. Основное назначение датчика интенсивности – ограничить момент двигателя в переходных режимах изменения скорости (разгон, торможение, реверс).

В ходе расчетов и их анализа также необходимо оценить влияние настройки ПИ-регулятора скорости на величину перерегулирования, время переходных процессов пуска и торможения электропривода.

ВЫВОДЫ

На основе анализа свойств и основных характеристик вентильных бесконтактных электродвигателей постоянного тока, показано, что они наиболее эффек-

тивны для применения в автономных плавательных аппаратах различного назначения, в частности, в системах электродвижения этих аппаратов.

Предложены:

а) функционально-структурная схема электропривода на основе БДПТ;

б) простой вариант технической реализации электропривода для системы электродвижения АПА на основе БДПТ, использующий принципы подчиненного регулирования координат при минимальном числе комплектующих и элементов;

в) упрощенная структурная математическая модель электропривода на основе БДПТ, позволяющая оценить настройки контуров тока и скорости, и, в последующем, осуществить синтез всей системы электродвижения АПА.

Показана последовательность расчета контуров регулирования, выбора силовых ключей, и драйвера управления электропривода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Volyans'ka Ya. B. Osoblivosti pobudovi avtomatichnih sistem keruvannya ruhom ob'ektiv mors'koї robototekhniki / Ya. B. Volyans'ka, S. M. Volyans'kij // *Ehlekrotrekhicheskie i komp'yuternye sistemy*. – 2016. – Vyp. 23 (99). – S. 39–44.2.
2. Karpovich O. Ya. Osobenosti realizacii datchika obratnoj svyazi po skorosti i polozheniyu v ventil'no-induktorom ehlektroprivode / O. Ya. Karpovich, O. A. Onishchenko // *Vestnik NTU «HP»*. – 2003. – №. 11. – S. 65–70.
3. Noyal Doss M. A. Reduction in cogging torque and flux per pole in BLDC motor by adapting U-clamped magnetic poles. / M. A. Noyal Doss, S. Vijayakumar, A. J. Mohideen, K. S. Kannan, N. D. B. Sairam, K. Karthik // *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*. – 2017, Vol. 8, no. 1. – Pp. 297–304.
4. Singh S. Kr. Optimization of PID controller for brushless DC motor by using Bio-inspired algorithms. / S. Kr. Singh, N. Katal, S. G. Modani // *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. – 2014, Vol. 7, no. 7. – Pp. 1302–1308.
5. Srinivasan K. Power Quality Analysis of Vienna Rectifier for BLDC Motor Drive Application. / K. Srinivasan, S. Vijayan, S. Paramasivam, K. Sundaramoorthi // *International Journal of Power Electronics and Drive System*. – 2016, Vol. 7, no. 1. – Pp. 7–16.
6. Volyanska, Ya. B. Brushless valve electric drive with minimum equipment excess for autonomous floating vehicle / Ya. B. Volyanska, S. M. Volyanskiy, O. A. Onishchenko // *Electrical Engineering & Electromechanics*. – 2017. – № 4. – Pp. 26–33.
7. Eriksen, C. C. Seaglider: a long-range autonomous underwater vehicle for oceanographic research / C. Eriksen, T. J. Osse, R. D. Light, T. Wen, T. W. Lehman, P. L. Sabin, J. W. Ballard, A. M. Chiodi // *Oceanic Engineering, IEEE Journal*. – 2001. – Vol. 26. – Pp. 424–436.
8. Geisbert, J. S. Hydrodynamic Modeling for Autonomous Underwater Vehicles Using Computational and Semi-Empirical Methods / J. S. Geisbert // *Virginia Polytech Institute and State University, Blacksburg*. – 2007. – Vol. 17. – Pp. 247–251.
9. Mullick, J. A. Fuzzy controller for speed control of BLDC motor using MATLAB / J. A. Mullick // *International Research Journal of Engineering and Technology*. – 2017. – Vol. 4. – No. 2. – Pp. 1270–1274.
10. Bhadani, A. Modeling and controlling of BLDC motor / A. Bhadani, D. Koladiya, J. Devani, A. Tahiliani // *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 139–144.
11. Kamil, O. Real-time speed control of BLDC motor vased on fractional sliding mode controller / O. Kamil, C. Kaan, B. Abdullah, D. Adnan // *International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers*. – 2016. – Vol. 4. – Pp. 314–318.

Рецензент: д.т.н., проф. Рябенский В.М.,
завідувач кафедри теоретичної електротехніки
та електронних систем НУК ім. адм. Макарова

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОНЯТІЙНО-ТЕРМІНОЛОГІЧНОЇ БАЗИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ АПАРАТНОЇ ПІДТРИМКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО НАВЧАННЯ

УДК 004.3(075)

ВЕСЕЛОВСЬКА Галина Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, доцент,
кафедра інформаційних технологій факультету кібернетики та системної інженерії
Херсонського національного технічного університету, робочий

Наукові інтереси: технології підвищення ефективності комп'ютерних систем і мереж.

E-mail: galina.veselovskaya@gmail.com

СОКОЛОВ Андрій Євгенович

докторант кафедри інформаційних технологій
Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси: комп'ютеризовані методи навчання, системи
дистанційної освіти комп'ютеризоване навчання

ВСТУП

Інформаційні технології комп'ютерного навчання відіграють у сучасному суспільстві визначну та надзвичайно актуальну роль [1-5], дозволяючи ефективно вирішувати наступні взаємно пов'язані та однаково важливі проблеми:

а) полегшення здійснення процесів та покращення в цілому отримуваних результатів підготовки навчального процесу;

б) підвищення продуктивності й якості здійснення викладання тими, хто навчає;

в) посилення наочності та загальної комфортності навчання (зокрема, завдяки поліпшенню сприйнятності ілюстрованих навчально-методичних матеріалів), а також інтенсифікація процесів отримання знань, умінь і навичок для тих, хто навчається.

Незважаючи на численні теоретичні та практичні напрацювання в даній галузі знань [2-9], через її постійний і достатньо динамічний розвиток, залиша-

ються невирішеними та потребують доопрацювання ще ряд проблем.

Серед них, одне з чільних місць посідає проблема недостатньої опрацьованості, систематизованості та структурованості накопиченого на даний час великого обсягу знань у галузі засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання в межах системи єдиних загальних підходів.

Вирішення даної проблеми (як у цілому, так і початково на рівні її складових підпроблем) дозволить підвищити ефективність практичної роботи з засобами апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання, а також їхнього подальшого теоретичного дослідження.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Поняття засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання веде свій родовід від давно усталеного та загальноприйнятого

терміну технічних засобів навчання, що на даний час активно набуває оновленого смислового значення та застосовується разом із більш новим терміном інформаційно-комунікаційних технологій навчання, а також похідною від нього термінологією, що є численною та дуже розмаїтою [1, 4, 10-15].

Разом із тим, вказані поняття та терміни ще "не приведені до єдиного знаменника", не формують єдиного узгодженого та злагоджено "працюючого" поля знань.

Відсутність єдиного базису понятійно-термінологічного апарату та добре структурованого опису предметної галузі засобів апаратної підтримки (ЗАП) інформаційних технологій комп'ютерного навчання (ІТКН) робить актуальною задачу аналізу зазначеного апарату й узагальнення розрізних класифікацій указаних засобів, початковий розв'язок якої буде виконано в даній статті.

РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ

Згідно представлених вище міркувань, почнемо розгляд поняття засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання з його початкових витоків, а саме, з поняття / терміну технічних засобів навчання.

У широкій практиці застосування, сучасні технічні засоби навчання переважно являють собою комп'ютерні системи (набагато рідше — комплекси або окремі пристрої), що базуються на прогресивних інформаційно-комунікаційних мережних технологіях із наступними основними можливостями наочної графічної візуалізації та здійснення комунікаційних функцій:

а) відображення графічних 2D / 3D-образів:

1) растрових 2D-зображень і векторних 2D-рисуноків із можливістю відтворення та корегування поверхневих тривимірних ефектів;

2) реалістичних 2D / 3D-моделей у статичі та динаміці їхнього руху, розвитку, виявлення певних специфічних особливостей / властивостей (фізичних, біологічних, хімічних тощо) та поведінки в цілому;

3) фрактальних 2D / 3D-зображень;

б) мультимедійності (інтеграції тексту, статичних зображень-ілюстрацій, анімації / морфінгу, фото та відео в цифровій формі подання в форматі єдиного мультимедійного контенту);

в) гіпермедійності (інтеграції мультимедійного контенту та гіперпосилань);

г) сценарно-підтримуваної інтерактивності (діалоговості), з можливостями адаптації до персоналізованих особливостей користувачів;

д) підтримки проведення аудіо- та відео- конференцій крізь Інтернет;

е) моделювання та реалістичної візуалізації віртуальних 3D-світів у середовищі Інтернету;

ж) Web-орієнтованості;

з) підтримки спілкування крізь соціальні мережі;

і) базованості на технологіях інтелектуальних агентів тощо.

Надзвичайно важливу роль відіграють спеціалізовані мультимедійні технічні засоби навчання, до базових видів яких слід віднести мультимедійні комп'ютери, проектори, екрани, графічні планшети (автономні та в складі комп'ютерних пристроїв), інтерактивні дошки, Web-камери, гарнітури для проведення відеоконференцій, ігрові гарнітури навчального призначення тощо.

Слід також окремо виділити суто графічні технічні засоби навчання.

Вони є актуальними в тих нерідких випадках, коли навчально-методичні матеріали потрібно підготувати та надалі відтворити на екрані або на іншому носіїві тільки як картинку (графічне зображення).

У якості активно застосовуваних (особливо — для підготовки навчального процесу) графічних технічних засобів навчання виступають:

а) сканувальні пристрої (сканери, цифрові фотокамери, цифрові відеокамери, графічні планшети, дигітайзери, Web-камери, сканувальні модулі в складі багатфункціональних пристроїв тощо), котрі дозволяють отримувати оцифровані графічні матеріали;

б) друкувальні та копіювальні пристрої та комплекси, що дозволяють отримувати графічні матеріали певними тиражами, на різноманітних носіях (паперових, плівочних, пластикових, тканинних, скляних, голографічних тощо), в 2D або 3D форматах.

Що стосується таких традиційних представників графічних технічних засобів навчання, як графопроектори (діапроектори, епіпроектори тощо), котрі залишилися в складі спорядження багатьох навчальних лабораторій, то, маючи довгу й успішну еволюцію практич-

ного застосування в навчальному процесі, вони досі залишаються корисними.

У найбільш загальному вигляді, дослідження комп'ютерних систем, які поєднують окремі технічні засоби навчання в єдине злагоджено функціонуюче ціле, передбачає аналіз двох основних підсистем указаних систем:

- а) підсистеми носіїв навчальної інформації;
- б) підсистеми технічного обладнання для відтворення (візуалізації) навчальної інформації з указаних носіїв.

На практиці, комп'ютерні системи технічних засобів навчання характеризуються наступними особливостями, що обумовлюють необхідність їхнього дослідження з метою оптимізації:

а) є певна кількість загальновідомих і достатньо поширених універсальних комп'ютерних систем технічних засобів навчання, таких як системи електронного дистанційного навчання (Moodle та т.і.), що мають певно визначені цільові аудиторії та кола прихильників, але ще не стали повсюдно пануючими в царині повсякденного застосування (переважно, саме через надмірну універсальність і пов'язану з нею недостатню адаптивність);

б) переважно більшість існуючих комп'ютерних систем технічних засобів навчання, що є достатньо спеціалізованими, побудовано на врахуванні специфіки умов конкретного навчального процесу й узгодженні їхньої комплектації та технологій функціонування з наявним кадровим складом, аудиторним фондом, апаратурою (комп'ютерною, периферійною, мережною, організаційною й іншою технікою), програмним забезпеченням, спеціалізованим обладнанням і спорядженням, коштами для подальшого розвитку тощо.

Дослідження комп'ютерних технологій технічних засобів навчання (особливо — тих, які споряджено розвиненими графічними та мультимедійними можливостями) є актуальним у плані розгляду наступних аспектів:

- а) мережних технологій (у першу чергу, з точки зору забезпечення стійкого та швидкого зв'язку, ергономіки взаємодії з пристроями);
- б) технологій захисту (переважно, під кутом зору їхньої персоналізованості й адаптованості) тощо.

Також мова йде про технології (засоби та методи) застосування технічних засобів навчання в навчально-

му процесі для його підготовки та власне під час процесів навчання.

Під кутом зору викладених вище міркувань, автори вважають за доцільне виконання досліджень на основі технологій експертних оцінок.

В якості експертів, мають виступити:

а) загальновізані фахівці в досліджуваній предметній галузі, як теоретики, так і практики (щодо них, досліджуються наукові та науково-популярні статті, монографії, підручники, посібники, доповіді на наукових конференціях і семінарах, виступи на форумах тощо);

б) наявні та потенційні користувачі комп'ютерних систем технічних засобів навчання.

У першу чергу, актуальним є такий узагальнений фактор експертного оцінювання, як сприйнятність технічних засобів навчання їхніми користувачами.

Найінформативнішими для його формування підфакторами є наступні:

а) ергономічність (зокрема, комфортність) процесу роботи з технічними засобами навчання крізь їхні специфічні засоби взаємодії з точки зору самовідчуття та самопочуття користувачів;

б) підсвідома й усвідомлена мотивованість користувачів щодо роботи з технічними засобами навчання;

в) оперативність отримання користувачами обслуговування з боку системи технічних засобів навчання й її окремих компонентів тощо.

У якості носіїв навчальної інформації сучасних технічних засобів навчання достатньо часто виступають інформаційні ресурси Інтернету, розташовані на Web-сайтах, у спеціалізованих електронних сховищах тощо.

Переважаю виявляється, що доступ до навчальних інформаційних ресурсів Інтернету доцільно мати в режимі реального часу як під час самостійної й індивідуальної роботи тих, які навчаються, так і під час аудиторних занять.

Разом із тим, виникають проблеми необхідності моделювання зазначеного доступу з метою уникнення затримок із наданням інформації.

У процесі виконання дослідження й аналізу за тематичною проблематикою поставленої задачі, було здійснено вивчення та застосовано методику вилучення знань із численних фундаментальних праць відомих учених і практиків (наукових монографій, дисертацій,

посібників, статей, доповідей тощо теоретичного та прикладного характеру), періодичних фахових видань, літературних джерел на друкованих носіях, інформаційних ресурсів Інтернету тощо.

Зазначена дослідницька діяльність виконувалася під кутом зору еволюції розвитку, сучасного стану та перспективних тенденцій подальшого вдосконалювання в галузі як технічних засобів навчання в цілому, так і їхніх комп'ютерних систем і технологій.

Також було узагальнено матеріали опублікованих авторських наукових праць, пов'язаних із численними аспектами досліджуваної теми.

В якості доповнюючих і підтверджуючих підходів, було застосовано методики наукового експерименту, концептуального та математичного моделювання.

Слід відзначити, що було проведено дуже ретельний еволюційний аналіз особливостей базового понятійного апарату технічних засобів навчання.

Авторські дослідження показали, що понятійний апарат предметної галузі технічних засобів навчання не є до кінця усталеним, а в численних літературних джерелах визначення термінів не мають єдиного формулювання.

Разом із тим, узагальнюючи існуючі базові визначення за їх основною суттю, можна скласти наведене нижче формулювання.

Технічні засоби навчання являють собою систему засобів, що містить носії інформації та технічну підсистему для відтворення інформації навчального призначення.

У численних випадках, до базової версії визначення технічних засобів навчання, вводять додаткові конкретизації:

а) окрім системи засобів, розглядають також комплекс засобів;

б) акцентують увагу на взаємній пов'язаності таких глобальних складових частин системи технічних засобів навчання, як носії навчальної інформації й апаратура для її подання;

в) кажуть про носії навчальних повідомлень, аудіо-візуальної інформації (інформаційні фонди, спеціалізовані навчальні посібники, дидактичні матеріали);

г) в якості головної мети застосування системи технічних засобів навчання, явно вказують підвищення

ефективності навчального процесу й якості його результатів.

Також часто виділяють поняття технічних пристроїв навчання — пристроїв (апаратів, приладів, машин, пристосувань, моделей, комплексів тощо), призначених для подання навчальних матеріалів.

Навчальні матеріали для технічних засобів навчання розглядають як навчальну інформацію, що має наступні властивості:

а) може бути зафіксована на різноманітних електронних (цифрових) носіях, а також на носіях аналогової природи (таких, як папір, фотоплівка, слайди, звукозаписи, відеозаписи тощо);

б) має подаватися з використанням указаних засобів.

У свою чергу, слід відзначити наступне:

а) навчальна (освітня) інформація розглядається як сукупність таких відомостей щодо процесів, подій та об'єктів (предметів) навчального процесу, що приводять до зменшення невизначеності стану того, хто отримує інформацію;

б) навчальне повідомлення розглядається з точки зору матеріальної форми представлення навчальної інформації;

в) інформаційна взаємодія тлумачиться як процес, який, здійснюючи обмін відомостями, викликає зміну стану того, хто отримує інформацію, та може відбуватися в системах, які належать до наступних категорій:

1) природних системах, які пов'язують в якості ключових об'єктів людину з людиною або людиною з природою;

2) штучних системах, які встановлюють взаємозв'язки людини з технікою;

3) змішаних системах, таких як різноманітні датчики, комп'ютерна техніка тощо;

г) джерело навчальної інформації розглядається як система, що продукує певні навчальні відомості чи містить навчальну інформацію, що має бути переданою (такі джерела можуть бути природними чи технічними, активними чи пасивними);

д) комунікація представляється як сукупність певних процесів роботи з інформацією (подання, передавання, отримання, зберігання тощо), а комунікаційні процеси можуть бути формальними та неформальними.

Таким чином, на підставі проведеного автором аналізу особливостей базового понятійного апарату технічних засобів навчання, доцільним бачиться запровадження ієрархічної гіпертекстової системи для впорядкування понятійно-термінологічного апарату технічних засобів навчання.

На підставі дослідження витоків актуальності технічних засобів навчання, їхніх ключових переваг та основних підходів до їхньої типізації, було отримано наведені нижче висновки.

Українське законодавство з питань освіти зазначає в якості головної мети здійснення освітніх процесів гармонійний розвиток людської особистості в суспільстві.

Відповідно, визначальним завданням навчальних закладів є повсюдне покращення якості навчання шляхом постійного вдосконалювання його ключових складових (змісту, методів, форм, засобів тощо), де одну з провідних ролей відіграють технічні засоби навчання, що вважаються найпоширенішою інновацією, запровадженою в навчальні процеси.

Високий рівень інформативності та достовірності впливу, здійснюваного технічними засобами навчання, дозволяє побачити ретельно приховане, почути погано чути, зробити екскурси до мікросвіту та всесвіту тощо.

Оскільки ті, хто навчається, опановують довкілля всіма органами відчуття, серед яких до ключових каналів надходження інформації належать зорові, то технічні засоби навчання поліпшують процеси унаочнення під час викладання дисциплін, сприяють інтенсифікації процесів навчання, роблять вищою швидкість і результативність роботи викладачів.

В якості найінформативніших критеріїв (ознак) типізації досліджуваних засобів, доцільно назвати наступні:

- 1) універсальність застосування на практиці;
- 2) вид функціонального призначення;
- 3) спосіб дії стосовно органів почуттів (впливу на тих, які навчаються);
- 4) принципи та способи роботи;
- 5) ступінь автоматизації.

Розглянемо розгорнуту типізацію та приклади найнаочніших представників перших трьох типів досліджуваних засобів.

За критерієм типізації "універсальність застосування на практиці", в якості основних типів ЗАП ІТКН можна назвати наступні:

а) широкого застосування на практиці, що мають наступні властивості:

1) застосовуються повсюдно з метою навчання, виховання, розвитку, контролю;

2) можуть бути задіяними для різних рівнів освіти, навчальних дисциплін, видів навчальної діяльності, типів навчальних аудиторій, категорій тих, яких навчаються, тощо;

б) спеціалізованого застосування на практиці.

За критерієм типізації " Функціональна роль", основними типами ЗАП ІТКН є наступні:

а) передавання даних, інформації, контенту;

б) контролювання стану знань, умінь і навичок.

За критерієм типізації "характер дії на органи почуттів", в якості основних типів ЗАП ІТКН виступають наступні:

а) аудіо-візуальної (звуко-зорової) дії, що задіюють разом зорові та слухові аналізатори тих, які навчаються, забезпечуючи суттєво краще сприйняття та опанування відомостей, у порівнянні з окремо взятими зоровими й аудіальними засобами);

б) візуальної (зорової) дії, що виконують демонстрацію інформаційних носіїв, які дозволяють відтворювати статичне зображення на екрані чи в інший спосіб;

в) аудіальної (аудитивної, звукової) дії, що роблять інформативний вплив на слухові аналізатори.

Типовими прикладами ЗАП ІТКН, які належать до типу "широкого застосування на практиці", є наступні: засоби глобальної комп'ютерної мережі Інтернет, телевізійного бачення, радіомовлення, озвучення та показу відеозаписів, демонстрації кіно, статичної та динамічної візуалізації, здійснення контролю.

До типових прикладів ЗАП ІТКН, які належать до типу "спеціалізованого застосування на практиці", можна віднести наступні:

а) засоби комп'ютерної, периферійної, мережної, організаційної й іншої техніки (зокрема, друкувальної, копіювальної, мікрокалькуляторної тощо);

б) стенди демонстраційного призначення;

в) діюче обладнання (системи / пристрої / прилади тощо);

г) обладнання та спорядження статичних і діючих макетів для подання різноманітної інформації спеціального призначення.

Серед ЗАП ІТКН, які належать до типу "Передавання даних, інформації, контенту", слід відзначити наступні:

а) засоби телевізійного бачення, радіомовлення, озвучення та показу відеозаписів, демонстрації кіно, статичної візуалізації;

б) засоби комп'ютерної, периферійної, мережної й організаційної техніки.

Типовими прикладами ЗАП ІТКН, які належать до типу "контролювання стану знань, умінь і навичок", є наступні:

а) засоби комп'ютерної та мікрокалькуляторної техніки;

б) засоби автоматизованих і контролюючих машин і класів.

Серед прикладів ЗАП ІТКН, які належать до типу "аудіовізуальної дії", слід відзначити наступні:

а) комп'ютер, телевізор (показ озвучених комп'ютерних програм, телепередач);

б) комп'ютер + відеомагнітофон + телевізор (показ відеофільмів);

в) мультимедійний проектор (показ мультимедійних презентаційних навчальних матеріалів);

г) кінопроектор (показ кінофільмів зі звуком).

До типових прикладів ЗАП ІТКН, які належать до типу "візуальної дії", належать наступні: комп'ютерна техніка (відтворення комп'ютерних програм), ксерокси (копіювання навчальних матеріалів), діа-/ графо-/ епіпроектори (показ діафільмів, транспарантів, епіфільмів), кінопроектори (показ кінофільмів без звуку, німого кіно), мікрокалькуляторна техніка (надання та наочна візуалізація цифрової інформації).

В якості типових прикладів ЗАП ІТКН, які належать до типу "аудіальної дії", можна назвати наступні: засоби надання звукової інформації з лазерного диску, магнітної стрічки, грамплатівки; радіопередавання в прямому ефірі; електрофон (відтворення грамзапису); магнітофон (відтворення магнітного запису); комп'ютер із програвачем компакт-дисків (відтворення лазерних записів); радіоприймач (відтворення радіопередач).

Ефективність навчального процесу на базі технічних засобів навчання дедалі більше залежить від асортименту й якості технічного спорядження, а тому в су-

часних навчальних закладах широко впроваджуються й інтенсивно оновлюються проектори (переважно — мультимедійні), цифрова фото- / відео- техніка, друкувальна та копіювальна техніка, музичні центри тощо, ефективне використання яких сприяє успішному вирішенню навчальних завдань.

Виконаємо огляд типових прикладів представників інформаційних носіїв ЗАП ІТКН, а також апаратури для їхнього створення та використання:

а) інформаційні носії: компакт-диски (лазерні відеодиски, флоридиски тощо), дискети, стрічки (магнітні, відеомагнітні), плівки (прозорі плівки, фотоплівки, кіноплівки), грамплатівки, паперові носії, спеціальні матеріали (фоточутливі, для епіпроекції тощо);

б) апаратура для застосування інформаційних носіїв: комп'ютери, телевізори, відеомагнітофони, відеопроектори, програвачі компакт-дисків, проектори (діа-, епі-, графо-, мультимедіа), магнітофони, програвачі, музичні центри, електрофони, радіоприймачі, кіноустановки, мікрокалькулятори;

в) апаратура для створення інформаційних носіїв (із можливостями їхнього застосування): комп'ютери, комп'ютерне периферійне обладнання й організаційна техніка (принтери, ксерокси, копіювальні апарати, багатофункціональні пристрої), фотоапарати, відеокамери, магнітофони, відеомагнітофони музичні центри тощо.

У цілому, виходячи з проведеного авторського дослідження, в матеріалах статті здійснюється узагальнення, розширення та доповнення типізації сучасних ЗАП ІТКН.

Також здійснюється дослідження технологічних особливостей практичного запровадження ЗАП ІТКН.

Слід відзначити, що найдоцільнішим є використання ЗАП ІТКН для виконання наступних завдань:

а) становлення особистості та надання загальних (фундаментальних загальноосвітніх, міждисциплінарних) знань, умінь і навичок (щодо аналізу та синтезу, абстрагування та конкретизації, узагальнення та виділення головного, порівняння та відокремлення, систематизації та класифікації тощо), котрі створюють засади для подальшого навчання;

б) ознайомлення з еволюцією розвитку, сучасним станом досягнень і тенденціями (напрямами подальшого вдосконалювання) суспільства в цілому, науки,

техніки, загальноосвітніх і фахових предметних галузей тощо;

в) становлення профорієнтаційних спрямувань та уподобань;

г) формування спеціалізованих знань, умінь і навичок у контексті конкретних навчальних дисциплін (щодо способів виконання комп'ютерних обчислень, методів написання програмних кодів і читання лістингів програм, правил оформлення технічної документації, основоположних концепцій моделювання та проектування комп'ютерних систем і мереж тощо);

д) полегшення засвоєння важкої тематики навчальних дисциплін, наочний показ взаємозв'язків теоретичних положень і практичних застосувань на прикладах і при вирішенні практичних завдань.

Практичне застосування технічних засобів навчання в навчальному процесі спирається на наступні пов'язані разом підходи:

а) технічні — забезпечення апаратного обладнання, потрібного з метою задіяння носіїв навчальної інформації, та відповідного вимогам технічного та педагогічного характеру;

б) педагогічні — забезпечення (добирання або розробка) носіїв інформації навчального призначення, відповідних вимогам процесів навчання (з розробкою методик їхнього застосування) та наявній апаратурі.

Надзвичайно важливим для ефективного використання технічних засобів навчання є належне попереднє підготування викладачів (технічне, організаційне, методичне тощо).

Технічні засоби навчання можуть використовуватися згідно наступних методів:

а) активно-евристичного (технічні засоби навчання — в якості базового джерела нової інформації навчального характеру);

б) наочно-ілюстраційного (технічні засоби навчання — в якості наочної ілюстрації до доповіді викладача).

За необхідністю, технічні засоби навчання можуть застосовуватися цілком або частково.

Важливо поєднувати технічні засоби навчання (комп'ютери, проектори, інтерактивні дошки, телевізори, магнітофони, відеоманіфони, відеопроєктори, лазерні проєктори, фотоапарати, відеокамери, кінопроекційні установки, електрофони, тощо) в

єдиному зв'язку з іншими типами наочності та навчальними засобами.

Специфічними особливостями застосування технічних засобів навчання, урахування яких підвищує ефективність занять, є наступні:

а) ТЗН ідуть у комплексі з іншими засобами навчання (навчальними посібниками, розповіддю викладача, аудиторною дошкою, схемами, графіками, кресленнями, рисунками, макетами, моделями тощо);

б) робота з ТЗН відрізняється від традиційних форм роботи викладача та тих, які навчаються, на всіх етапах заняття;

в) оскільки до заняття долучається ще й диктор, який має свої певні функції, то навчальний матеріал, поданий викладачем, повинен бути узгоджений з інформацією ТЗН.

Застосування ТЗН потребує ретельної попередньої підготовки (технічної, організаційної, методичної), оптимальними термінами здійснення базових етапів якої є:

а) до початку навчального року;

б) до початку року семестру;

в) до початку заняття.

Технічною підготовкою до застосування ТЗН до початку навчального року передбачено наступні дії:

а) підбір потрібного апаратного забезпечення;

б) перевірка (технічний огляд) працездатності апаратного забезпечення, що розглядається без носіїв інформації;

в) виконання ремонтних робіт апаратного забезпечення у випадку знаходження неполадок (елементарні несправності можливо усунути на місці, складні — ліквідувати в спеціальних сервісних центрах);

г) установка та демонстрація інформаційних носіїв (для переконання в правильності функціонування апаратного забезпечення ТЗН).

Організаційне підготування щодо застосування ТЗН передбачає наступні терміни:

а) перед початком навчального року;

б) безпосередньо до застосування.

Перед початком навчального року, потрібно здійснити наступні дії:

а) аналіз інформаційних носіїв:

1) наявних;

2) тих, котрі можливо: отримати в спеціалізованих сховищах (відео-, фільмо-, фото-, слайдо-, фоно-теках тощо);

3) тих, які доцільно придбати в торгівельних мережах (спеціалізованих або універсального призначення);

4) тих, які можливо зробити власноруч;

б) добирання необхідних інформаційних носіїв (відеофільмів, записів на компакт-диски, кінофільмів, кінофрагментів, навчальних телевізійних передач, грамплатівок, магнітних записів, діафільмів, слайдів, транспарантів тощо), котрі будуть використовуватися в навчальному процесі;

в) виготовлення інформаційних носіїв (відеофільмів, слайдів, діафільмів, транспарантів, магнітних записів тощо).

Безпосередньо до використання ТЗН, слід здійснити наступні дії:

а) добрати тему заняття та його технічне забезпечення;

б) попередньо повідомити тих, хто навчається, щодо заняття, де мають використовуватися ТЗН;

в) розробити та видати тим, які навчаються, постановки завдань, пов'язані зі змістовим наповненням технічних засобів навчання;

г) добрати та рекомендувати літературні джерела за темою заняття на базі технічних засобів навчання.

Методичне підготування викладача до заняття, де мають використовуватися ТЗН, є поетапним, таким чином, що успішне здійснення певного етапу дозволяє почати черговий етап.

За підсумками визначення з доцільністю та відбором певних технічних засобів навчання, слід попередньо ознайомитися зі змістом візуального й аудіального інформаційного наповнення ТЗН, що має наступний сенс:

а) є необхідною умовою продуктивного застосування технічних засобів навчання;

б) дозволяє в належний спосіб готувати тих, які навчаються, до сприйняття візуальної й аудіальної інформації;

в) надає можливість належно підготуватися до заняття викладачу.

Завчасне вивчення змісту ТЗН здійснюється за посередництва відповідного апаратного забезпечення, таким чином що:

а) переглядається навчальна комп'ютерна програма, відеофільм, кінофільм або його фрагмент, телепередача на відеострічці чи компакт-диску;

б) прослуховується звукова інформація з компакт-диску, магнітної стрічки, грамплатівки;

в) переглядається слайд, діапозитив, діафільм, транспарант, епіфільм тощо.

При підготовці до телеуроку, де переглядатимуть у прямому ефірі телепередачу навчального призначення, котру неможливо завчасно передивитися, зі змістом передачі можливо попередньо ознайомитися, застосовуючи спеціалізовані інформаційні збірники та фахові видання працівників освіти.

Поглиблене вивчення змісту технічних засобів навчання дозволяє якісно здійснити всі наступні етапи методичного підготування викладача та тих, які навчаються.

Після визначення змісту та можливостей технічних засобів навчання, треба визначити цілі заняття (навчальні, виховні, розвивальні), враховуючи загальні фактори та фактори, зв'язані зі змістом ТЗН.

Визначення навчальних цілей заняття спирається на враховування наступних факторів:

а) тема, навчальні цілі переглядів і прослуховувань візуальної й аудіальної інформації;

б) змістовне наповнення візуальної й аудіальної інформації;

в) змістовне наповнення навчальних матеріалів (згідно програми, підручнику);

г) стан знань, умінь і навичок тих, які навчаються (завчасного підготування за темою заняття);

д) спорядження заняття іншими типами наочності та навчальними засобами.

Під час занять із застосуванням технічних засобів навчання, визначальними факторами формування навчальних цілей заняття є наступні:

а) навчальні цілі перегляду та прослуховування;

б) зміст візуальної й аудіальної інформації.

При визначенні виховних цілей заняття, беруться до уваги наступні підстави:

а) тема, навчальна мета заняття;

б) змістовне наповнення, виховні здатності технічних засобів навчання;

в) виховні здатності навчальних матеріалів, підручників, посібників;

г) додаткова поінформованість тих, які навчаються, за темою заняття, що була ними отримана позааудиторно з різних інформаційних джерел;

д) стан вихованості та вікова специфіка тих, які навчаються.

Виховна мета має бути конкретною та, залежно від дисципліни, являти собою складову певних напрямів особистісного виховання.

Визначення розвивальних цілей заняття спирається на врахування таких факторів:

- а) тема, змістовне наповнення та розвиваючі здатності технічних засобів навчання;
- б) змістовне наповнення навчальних матеріалів згідно підручників, навчальних посібників;
- в) стан розвитку, вікова й індивідуальна специфіка тих, які навчаються;
- г) спорядження заняття наочністю, іншими навчальними засобами.

Заняття з застосуванням технічних засобів навчання може вдало формувати та розвивати наступні якості:

- а) психологічні особистісні якості;
- б) загальні навчальні вміння та навички (стосовно роботи з екраном, уважного прослуховування звукової інформації, виокремлення головного, аналізу, порівняння, систематизації, узагальнення тощо).

Далі слід вірно визначитися з типом і структурою заняття, від чого залежить досягнення цілей заняття, де мають використовуватися технічні засоби навчання.

З урахуванням призначення технічних засобів навчання (представлення нового матеріалу; закріплення та повтор навчальних матеріалів; систематизація й узагальнювання знань; формування, розвиток і засвоєння загальних навчальних і спеціальних умінь і навичок; контроль засвоєння знань тощо) та тематично-часової дислокації ТЗН (початок, середина, завершення процесу вивчення тематичного розділу, теми, творчості тощо), можуть задіюватися різні види занять зі своїми структурами.

Найефективнішими та найоптимальнішими є наступні базові типи занять із використанням технічних засобів навчання: комбіноване; надання нових знань; узагальнення та систематизації знань.

Структуризацію заняття з використанням технічних засобів навчання пов'язано з обраним типом заняття: оскільки характер етапів заняття визначає основна дидактична мета та розв'язувані завдання, специфічні для кожного

конкретного виду заняття, то різні типи занять із використанням ТЗН матимуть різну структуризацію.

Кожному типу заняття відповідає чітко визначена навчальна мета.

Комбіноване заняття доцільно проводити тоді, коли технічні засоби навчання містять матеріал із теми одного заняття: викладач перевіряє домашні роботи, представляє та закріплює новий матеріал, оголошує домашні завдання.

Типова структуризація комбінованого заняття з використанням технічних засобів навчання є наступною:

- 1) перевірка стану попередньої базової домашньої підготовки тих, які навчаються;
- 2) підготування тих, які навчаються, до активного свідомого сприйняття візуальної й аудіальної інформації технічних засобів навчання на високому рівні сформованості належної мотивації;
- 3) сприйняття, усвідомлення та засвоєння вказаної вище інформації, що подається за допомогою технічних засобів навчання;
- 4) перевірка результатів опанування візуального й аудіального матеріалу, представленого на базі ТЗН;
- 5) закріплення знань, умінь і навичок, наданих за посередництва технічних засобів навчання;
- 6) підбиття підсумків заняття на базі ТЗН;
- 7) надання домашнього завдання, що враховує візуальну й аудіальну інформацію.

Заняття викладу нових знань доцільно проводити тоді, коли технічні засоби навчання містять великий обсяг нового матеріалу.

Основна мета викладача полягає безпосередньо в поглибленому багатогранному опануванні та поданні тим, хто навчається, навчальної інформації.

Наприклад, дуже часто з даною метою застосовуються навчальні презентації (відеофільми, кінофільми тощо) за темою одного заняття, котрі містять необхідну інформацію для розкриття змісту даного заняття.

Виконаємо концептуальне моделювання актуальних аспектів предметної галузі технічних засобів навчання.

Узагальнені, розширені та доповнені базові класифікації ЗАП ІТКН, із наведенням їхніх ключових предствавників, подано далі за текстом.

Критерій класифікації К1: універсальність застосування ЗАП ІТКН на практиці.

Клас K11: ЗАП ІТКН широкого практичного застосування (застосовуються повсюдно для: навчання / виховання / розвитку/ контролю; різних видів освіти, навчальних дисциплін / діяльності / приміщень, цільових аудиторій тощо).

Ключові представники ЗАП ІТКН класу K11:

1) глобальна комп'ютерна мережа Інтернет:

а) World Wide Web (Web-сайти, Web-служби);

б) віддалені: сховища програмних файлів / документів / фотографій / слайдів / відеофільмів / кінофільмів;

в) багатомірні мультимедійні інтерактивні бази та банки даних, картографічні системи; суперкомп'ютерні обчислювальні центри;

г) віртуальні бібліотеки, книгарні, музеї, виставкові зали, лабораторії, тренажери, випробувальні стенди, демонстраційні моделі загального вільного доступу;

2) корпоративні та локальні комп'ютерні мережі та системи з можливостями локального, корпоративного та віддаленого доступу крізь Інтернет навчальних і наукових закладів, суспільних організацій тощо:

а) електронні мережні бібліотечні й інші ресурси, системи електронного / дистанційного / мобільного / BYOD / змішаного навчання, профільні освітні центри та програми на базі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій;

б) мультимедійні інтерактивні енциклопедії, хрестоматії, довідники, навчальні посібники;

- інструментальні автоматизовані навчальні системи;

- демонстраційні комп'ютерні програми, презентації;

в) традиційне та мобільне телебачення / відеопоказ / радіомовлення.

Клас K12: ЗАП ІТКН вузькоспеціалізованого практичного застосування.

Ключові представники ЗАП ІТКН класу K12:

а) засоби комп'ютерної / периферійної / мережної / організаційної (зокрема, друкувальної / копіювальної / мікрокалькуляторної) техніки, що застосовуються для розв'язування окремих спеціалізованих навчальних завдань;

б) стенди демонстраційного призначення, обладнання та спорядження статичних і діючих макетів для подання інформації спеціального призначення, діюче обладнання (системи / пристрої / прилади);

в) засоби автоматизованих навчальних і контролюючих машин / класів.

Критерій класифікації K2: функціональна роль ЗАП ІТКН.

Клас K21: ЗАП ІТКН для передачі відомостей (даних / інформації / контенту).

Клас K22: ЗАП ІТКН для контролю стану знань, умінь і навичок.

Клас K23: комбіновані (навчально-контролюючі) ЗАП ІТКН.

Критерій класифікації K3: характер дії ЗАП ІТКН на органи почуттів.

Клас K31: ЗАП ІТКН візуального характеру дії (демонстрація / візуалізація інформаційних носіїв, із відтворенням статичного / динамічного зображення на екрані або т.і.).

Ключові представники ЗАП ІТКН класу K31:

а) комп'ютерна центральна та периферійна техніка для відтворення комп'ютерних програм, копіювальне обладнання (комп'ютери / принтери / плотери / копії / ксерокси / факси / сканери / багатофункціональні пристрої / фотоапарати / відеокамери / графічні планшети);

б) проекторна техніка для демонстрації транспарантів, діафільмів, слайдів, епіфільмів, голографічних зображень, кінофільмів і відеофільмів без звуку, німого кіно (графопроєктори, діaproєктори, слайдопроектори, епіпроєктори, голографічні проєктори, кінопроєктори, відеопроектори);

в) мікрокалькуляторна техніка для подання цифрової інформації.

Клас K32: ЗАП ІТКН аудіального характеру дії (інформативний вплив на слухові аналізатори).

Ключові представники ЗАП ІТКН класу K32:

а) засоби відтворення звукової інформації з комп'ютерних дисків, магнітних стрічок, грамплатівок (комп'ютери з програвачами компакт-дисків, музичні центри, магнітофони, електрофони, автономні програвачі);

б) радіопередавальна та радіоприймальна техніка для трансляції та відтворення радіопередач у прямому ефірі.

Клас K33: ЗАП ІТКН тактильного характеру дії (інформативне навантаження на тактильні аналізатори).

Ключові представники ЗАП ІТКН класу K33:

а) пристрої з інтерфейсами плиткового типу;

б) убудовані й автономні пристрої-маніпулятори, сенсорні екрани та клавіатури, світлові пір'їни, графічні планшети, ігрові гарнітури.

Клас K34: ЗАП ІТКН інтегрованого (візуально-аудіально-тактильного) характеру дії (здійюються разом зорові, слухові та тактильні аналізатори, що забезпечує краще сприйняття й опанування відомостей).

Ключові представники ЗАП ІТКН класу К34:

а) мультимедійні комп'ютери з програмами компакт-дисків і розвиненою периферією, мультимедійні інтерактивні дошки, мультимедійні графічні планшети, мультимедійні проектори, мультимедійні Web-камери та гарнітури (відтворення мультимедійного контенту, візуалізація сторінок Web-сайтів, демонстрація мультимедійних презентацій, проведення відеоконференцій);

б) комп'ютери, телевізори, комп'ютери + відеоманіфони + телевізори (показ озвучених комп'ютерних програм, телепередач, відеофільмів);

в) кінопроектори (показ озвучених кінофільмів).

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Виконане дослідження специфічних властивостей і взаємозв'язків основоположних понять і термінів у царині апаратних засобів інформаційних технологій, застосовуваних у процесах комп'ютерного навчання.

Вирішено актуальну задачу отримання узагальнених класифікацій засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання, результати якої являють наукову новизну.

Отримані напрацювання використано за основу для подальшого моделювання з метою підвищення ефективності використання технічних засобів у процесах навчання.

Зокрема, практична апробація на базі кафедри інформаційних технологій ХНТУ дозволяє казати про підвищення ефективності на два відсотки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. ISO/IEC JTC 1/SC 36 : Information technology for learning, education and training [Electronic resource]. – Available from : http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=45392 . – The title screen.
2. Novitni kompiuterni tehnologii : Tom XV / M. I. Zhaldak, V. O. Radkevych, Yu. S. Ramskiy, V. M. Soloviov, Yu. V. Tryus, Yu. V. Yechkalo, O. V. Merzlykin, I. O. Tepytskyi, V. V. Tkachuk, S. V. Shokaliuk, A. M. Striuk, S. O. Semerikov. – Kryvyi Rih : Vydavnychiy tsentr DVNZ «Kryvizkiy natsionalnyy universytet», 2017. – 281 s.
3. Novitni kompiuterni tehnologii : Tom XIV / M. I. Zhaldak, V. O. Radkevych, Yu. S. Ramskiy, V. M. Soloviov, Yu. V. Tryus, Yu. V. Yechkalo, N. V. Rashevskaya, K. I. Slovak, I. O. Tepytskyi, S. V. Shokaliuk, N. A. Kharadzhan, S. O. Semerikov. – Kryvyi Rih : Vydavnychiy tsentr DVNZ «Kryvizkiy natsionalnyy universytet», 2016. – 150 s.
4. Innovatsiyni tehnologii navchannya v umovakh informatyzatsii osvity / Za redaktsiieyu chlena-korespondenta NAPN Ukrainy R. S. Hurevycha. – Lviv : LDUBZhd, 2015. – 396 s.
5. Informatsiyno-komunikatsiyni tehnologii v profesiynii osviti maibutnikh fakhivtsiv / Za redaktsiieyu chlena-korespondenta NAPN Ukrainy R. S. Hurevycha. – Lviv : LDUBZhd, 2015. – 380 s.
6. Teoretyko-metodychni zasady vykorystannya informatsiyno-komunikatsiynykh tehnologii u navchanni vyshchoi matematyky studentiv inzhenernykh spetsialnosti u Spoluchennykh Shtatakh Ameryky / N. M. Kiianovska, N. V. Rashevskaya, S. O. Semerikov : Kryvyi Rih : Vydavnychiy viddil DVNZ «Kryvizkiy natsionalnyy universytet», 2014. – 316 s.
7. Balalaieva O. Yu. Evoliutsiia poniattia «Elektronnyy pidruchnyk» / O. Yu. Balalaieva // Onovlennia zmistu, form ta metodiv navchannya i vykhovannya v zakladakh osvity: Zbiryk naukovykh prats. Naukovy zapysky Rivnenskoho derzhavnoho humanitarnoho universytetu. – Vypusk 9 (52), 2014. – S. 34-40.
8. Balalaieva O. Yu. Analiz sutnosti poniattia elektronnyy navchalnyy slovnyk / O. Yu. Balalaieva // Problemy suchasnoho pidruchnyka. – NAPN Ukrainy, Instytut pedahohiky, 2014. – S. 26-33.
9. Teoriia ta metodyka elektronnoho navchannya : Vypusk IV / M. I. Zhaldak, Yu. S. Ramskiy, V. I. Klochko, S. A. Rakov, Yu. V. Tryus, O. M. Honcharova, O. M. Spinin, V. Yu. Bykov, V. M. Kukhareno, I. O. Tepytskyi, S. O. Semerikov, S. V. Shokaliuk. – Kryvyi Rih : Vydavnychiy viddil KMI, 2013. – 311 s.
10. Lytvynova. S. Professional Development of Teachers Using Cloud Services During Non-formal Education. [Electronic resource] / S. Lytvynova, O Melynk // Proc. Of 1st Workshop 3L-Person2016 (Kyiv, Ukraine, June 21-24 2016) – ICTERI, 2016. – Available from : http://ceur-ws.org/Vol-1614/paper_51.pdf. – The title screen.
11. Mango O. iPad use and student engagement in the classroom / O. Mango // The Turkish Online Journal of Education Technology, 2015. – Vol. 14 (1). – P. 53–57.
12. Cheu-Jey L. Project-based learning and invitations: a comparison / L. Cheu-Jey // Journal of Curriculum Theorizing, 2015. – Vol. 1 (3). – P. 63–73.
13. Candice B. S. Mariz. Interactive Whiteboard in Education / Candice B. S. Mariz. – Macquarie University, 2015, October. – 80 p.
14. Orr D. Open Educational Resources : A Catalyst for Innovation / D. Orr, M. Rimini, D. Van Damme // Educational Research and Innovation – Paris, France : OECD Publishing, 2015. – Available from : <http://dx.doi.org/10.1787/9789264247543-en>. – The title screen.
15. Mohamed Ally. Why open educational resources are needed for mobile learning [Electronic resource] / Mohamed Ally, Avgoustos Tsinakos // Increasing Access through Mobile Learning. – Vancouver, 2014. – Available from : <http://oasis.col.org/handle/11599/558>. – The title screen.

Рецензент: д.т.н., проф. Ходаков В.Є.

Херсонський національний технічний університет

ИНТЕРФЕЙС КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

УДК 004.51

ХОДАКОВ Виктор Егорович

д. т. н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий ХНТУ.

Научные интересы: прикладной системный анализ, управление социально-экономическими системами.

БОСКИН Олег Осипович

старший преподаватель кафедры информационных технологий ХНТУ.

Научные интересы: компьютеризованные системы обучения, человеко-машинное взаимодействие.**e-mail:** bbbosss@i.ua

ВВЕДЕНИЕ

Термин «интерфейс» широко применяется в информатике. В новом энциклопедическом словаре приводится следующее определение – «интерфейс (англ. interface) – система связей с унифицированными сигналами и аппаратурой, предназначенная для обмена информацией между устройствами вычислительной системы (к примеру, между устройствами ввода данных и запоминающим устройством)»[1]. Техническая направленность данного определения очевидна, причем, упоминание о пользовательском интерфейсе отсутствует.

Універсальний словник-енциклопедія (УСЕ) пропонує наступне визначення поняття «інтерфейс»: «елемент комп'ютера чи програми для взаємодії з пристроєм або з програмою; також частина програми, відповідальна за взаємодію з користувачем (інтерфейс користувача)»[2].

Такое понятие интерфейса сложилось в 90-е годы XX ст. Ранее использовалась иная терминология. Причем даже в достаточно научной литературе, например, Энциклопедия кибернетики, изданной в 1974 г., термина «интерфейс» вообще нет. В более поздних энциклопедиях даются несколько иное трактование[3,4].

До массового употребления термина «интерфейс», использовалась терминология:

– человек – техника;

- человек – машина;
- человек – ЭВМ (компьютер);
- человек – компьютеризованная система.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

До недавнего времени в Украине не уделялось должного внимания исследованиям в области разработки интерфейсных систем и не накоплен соответствующий опыт разработки интерфейсов. Поэтому, вопросы систематизации, классификации и стандартизации остались вне поля зрения системных исследователей, что затрудняет проектирование широкого класса интерфейсов компьютерных систем. Поэтому целью данной статьи является рассмотрение понятия интерфейс в различных аспектах, в том числе проблем создания эффективного инструментального обеспечения информационных технологий, а также рассмотрение вопросов классификации и систематизации интерфейсов технических, программных и пользовательских.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В широком смысле интерфейс – определенная стандартами граница между взаимодействующими самостоятельными объектами. Тип интерфейса определяет параметры, процедуры и свойства взаимодействия независимых объектов.

В вычислительной технике понятие интерфейс рассматривается в двух аспектах: с точки зрения компьютерной техники и как неотъемлемая составляющая программного обеспечения.

Под интерфейсом принято понимать совокупность схемотехнических средств, обеспечивающих непосредственное взаимодействие составных элементов вычислительной системы. Основным назначением интерфейса является унификация внутрисистемных и межсистемных связей и устройств.

В литературе, не существует однозначной классификации интерфейсов, но можно выделить четыре классификационных признака:

- по способу соединения компонентов системы (радиальный, магистральный, смешанный, цепочечный);
- по способу передачи информации (параллельный, последовательный, параллельно-последовательный);
- в соответствии с принципом обмена информацией (асинхронный, синхронный);
- согласно режима передачи информации (двусторонняя поочередная передача, двусторонняя одновременная передача, односторонняя передача).

Классификационные признаки интерфейсов компьютерных систем (КС) представлены на рис.1.

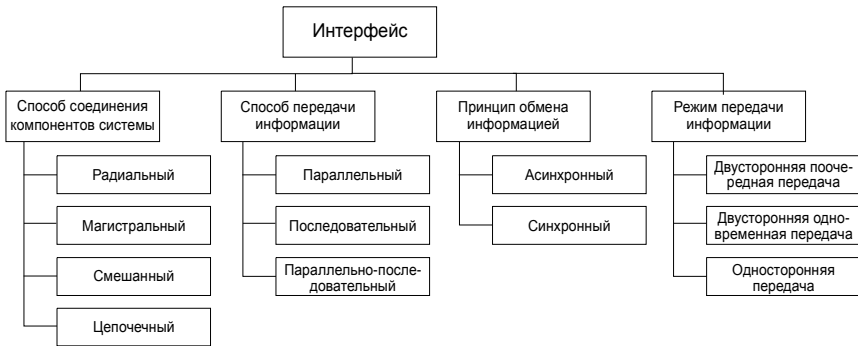


Рисунок 1. Классификационные признаки интерфейсов КС

По признакам функционального назначения можно выделить следующие группы интерфейсов:

- системные интерфейсы (предназначены для организации связи между основными компонентами компьютеров и контроллеров);

- интерфейсы периферийного оборудования (выполняют функции сопряжения с периферийным оборудованием, бывают магистральные и радиальные);
- интерфейсы локальных и глобальных компьютерных систем.

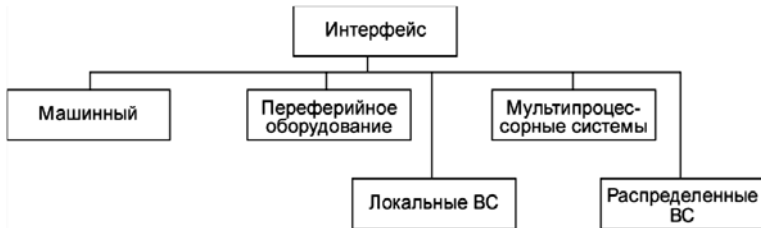


Рисунок 2. Классификация интерфейсов по функциональному назначению

Интерфейсы характеризуются следующими параметрами:

- пропускной способностью интерфейса – количеством информации, которая может быть передана через интерфейс в единицу времени;
- максимальной частотой передачи информационных сигналов через интерфейс;
- информационной шириной интерфейса – числом бит или байт данных, передаваемых параллельно через интерфейс;
- максимально допустимым расстоянием между соединяемыми устройствами;
- динамическими параметрами интерфейса – временем передачи отдельного слова или блока данных с учетом продолжительности процедур подготовки и завершения передачи;
- общим числом линий в интерфейсе.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС

Под пользовательским интерфейсом (ПИ) принято понимать интерфейс, обеспечивающий передачу информации между пользователем – человеком и программно-аппаратными компонентами компьютерной системы.

Все виды пользовательских интерфейсов можно разделить на 2 класса:

пользовательский интерфейс программного продукта (программы);

пользовательский интерфейс сложной информационной системы (информационная система управления промышленным предприятием, атомной станцией т.д.).

ПИ 1-го класса ориентирован на использование одним пользователем, 2-го класса – несколькими. При этом, что касается набора задач, количества элементов системы, то ПИ 2-го класса будут значительно сложнее ПИ 1-го класса.

В случае одного пользователя:

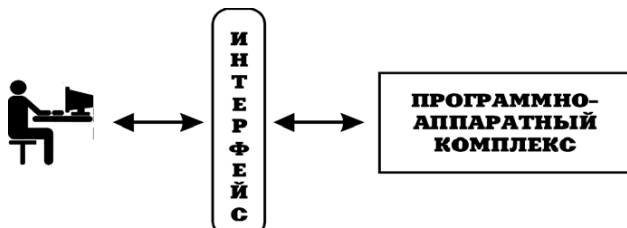


Рисунок 3. ПИ одного пользователя

В случае сложного программно-технического комплекса:

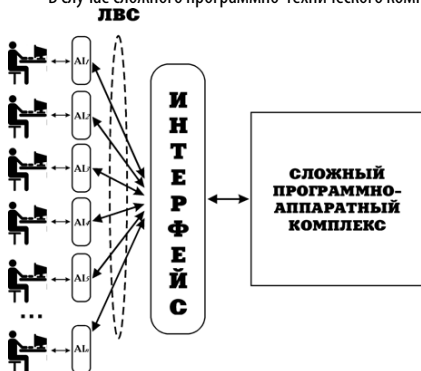


Рисунок 4. ПИ сложной информационной системы

ПИ объединяет в себе все элементы и компоненты программы, которые способны оказывать влияние на взаимодействие пользователя с программным обеспечением (ПО), это не только экран, который видит пользователь.

К этим элементам относятся:

- набор задач пользователя, которые он решает при помощи системы;
- элементы метафорической модели;
- элементы управления системой;
- графический дизайн программы;
- навигация между блоками системы;
- средства отображения информации, отображаемая информация и форматы;
- устройства и технологии ввода данных;

- диалоги, взаимодействие и транзакции между пользователем и компьютером;
- обратная связь с пользователем;
- поддержка принятия решений в конкретной предметной области;
- протокол использования и программная документация.



Рисунок 5. Элементы пользовательских интерфейсов

Формально ПИ можно представить следующим образом:

$$UI = \{G_i, T_i, H_i, I_i, E_i, S_i, R_j\}; i = \overline{1, n_1}, i_2 = \overline{1, n_2}, \dots,$$

где

- UI – интерфейс пользователя,
- $\{G_i\}$ – множество целей, преследуемых пользователем,
- $\{T_i\}$ – множество задач, решаемых пользователем,

- $\{H_i\}$ – множество аппаратных средств отображения информации,
- $\{I_i\}$ – отображаемая информация,
- $\{E_i\}$ – элементы управления системой,
- $\{S_i\}$ – элементы СППР конкретной предметной области.

R_j – множество отношений между перечисленными элементами UI.

Виды пользовательских интерфейсов представлены на рис.6[5]

Отдельно необходимо отметить еще один вид интерфейса – нейрокомпьютерный, который стремительно развивается в последнее время. Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) — система, созданная для обмена информацией между мозгом и компьютером[6]. В основе нейро-компьютерного интерфейса, часто используется метод биологической обратной связи. На основе НКИ проводятся исследования и уже разработаны устройства для восстановления поврежденных функции слуха, зрения, а также утраченных двигательных навыков. В основе успешной работы НКИ лежит способность коры больших полушарий к адаптации, благодаря которому имплантированное устройство может служить источником биологической информации.

Под адаптивным пользовательским интерфейсом понимают способность интерфейса простого программного продукта или сложного программно-технического комплекса подстраиваться под потребности пользователя, учитывая не только его психофизиологические особенности и способности, но и их динамическое изменение, а также консолидация совместных действий для решения поставленной задачи[7].

В дальнейшем будем рассматривать пользовательский интерфейс как систему взаимодействующих элементов, предназначенных для решения поставленных перед пользователем задач.

Принято рассматривать два основных подхода при проектировании ПИ[8]:

- программно-ориентированный интерфейс,
- интерфейс, ориентированный на пользователя.

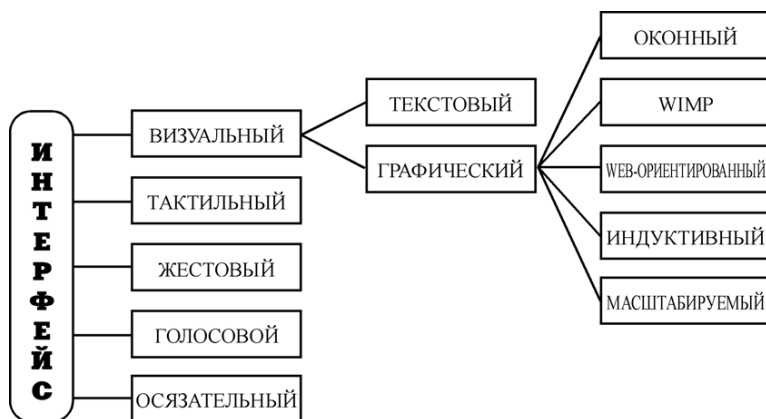


Рисунок 6. Виды пользовательских интерфейсов

В первом случае интерфейс проектируется разработчиками на основе функциональных возможностей ПО, очевидно, что этот подход возник первым. Во втором случае – на основе поставленной перед пользователем главной цели, достижение которой осуществляется через набор уже заложенных в интерфейсе возможностей.

Что первый, что второй подход заранее жестко ограничивают возможности пользователя, предопределяя его возможности в виде набора предопределенных сценариев, выполнение которых, сводится к полуавтоматическому, нетворческому запоминанию набора действий.

Такая негибкая архитектура ПИ сопряжена со сбоями (с неудачами в достижении пользователем поставленной цели) в случае возникновения нештатной ситуации, сценарий которой не предусмотрен и не запрограммирован разработчиком. Такие ситуации могут возникать в процессе функционирования программно-го средства:

- сбой аппаратных составляющих интерфейса;
- если не учтены разработчиком все возможные сценарии событий;
- в результате недостаточного тестирования для выявления нештатных (неучтенных сценариев) ситуаций;
- если есть случайные воздействия извне системы «пользователь – ПС», в том числе агрессивные вмешательства, несущие угрозы безопасности программ и данных.

Вместе с понятием интерфейса часто в литературе и в быту используется понятие юзабилити (от англ. usability – «удобство и простота использования, степень удобства использования»), пригодность использования, эргономичность – способность продукта быть понимаемым, изучаемым, используемым и привлекательным для пользователя, свойство, ПС, при наличии которого конкретный пользователь может эксплуатировать систему в определенных условиях для достижения установленных целей с необходимой результативностью, эффективностью и удовлетворенностью[16].

Якоб Нильсен предложил набор из 10 принципов обеспечения удобства использования или принципов проектирования взаимодействия[17]:

- пользователь должен всегда распознавать статус системы;
- система должна использовать удобную пользователю терминологию;
- свободная управляемость системой, поддержка функций отмены (undo) и повтора (redo);
- согласованность и стандарты;
- предотвращение ошибок и предупреждение пользователя о предстоящей проблеме;
- минимизация нагрузки на память пользователя;
- гибкость и эффективность использования;
- эстетический и минималистический дизайн;

- предлагать пользователю конструктивное решение возникших проблем;
- наличие у ПС справки и документации.

Выводы

Проектировании пользовательского интерфейса должно быть направлено на решение задач, постав-

ленных перед пользователем с учетом максимального удобства и облегчения его труда в достижении цели. При этом интерфейс ПС быть не только удобным, удобным и эргономичным, но и отвечать требованиям безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Novyyi entsiklopedicheskiy slovar. – M.: Iz-vo Bolshaya Rossiyskaya entsiklopediya, 2001. – 1456 s.
2. Unversalniy slovník-entsiklopediya. K.: «Vseuvito», 2001. – 1575 s.
3. Entsiklopediya kibernetiki / Otv. red. Glushkov V.M. – T.1. – K.: Glavnaya redaktsiya Ukrainoy Sovetskoy Entsiklopedii, 1974. – 608 s. Entsiklopediya kibernetiki / Otv. red. Glushkov V.M. – T.2. – K.: Glavnaya redaktsiya Ukrainoy Sovetskoy Entsiklopedii, 1974. – 624 s.
4. Pershikov V. I., Savinkov V. M. Tolkovyy slovar po informatike / Retsenzenty: kand. fiz.-mat. nauk A. S. Markov i d-r fiz.-mat. nauk I. V. Pottosin. – M.: Finansy i statistika, 1991. – 543 s.
5. Myachev A. A. Interfesyiy sredstv vyichislitelnoy tekhniki. Entsiklopedicheskiy spravochnik. M.: Radio i svyaz, 1993. S. 4.
6. Behtereva N. P. Neyrofiziologicheskie aspektyi psicheskoy deyatel'nosti cheloveka. M.: Meditsina, 1971, – 120 s., Oxford Univ. Press (USA), 1978.
7. Dzhef Raskin. Interfey: novyye napravleniya v proektirovanií kompyuternykh sistem. – Simvol-Plyus. – 2004.
8. Magazannik V. D., Lvov V. M. Cheloveko-kompyuternoe vzaimodeystvie: Uchebnoe posobie dlya vuzov. – Tver: Triada, 2005. – S. 200.
9. Magazannik, V.D. Cheloveko-kompyuternoe vzaimodeystvie : ucheb. posobie / V.D. Magazannik – M.: Logos, 2007 – 258 s.
10. Bakanov A. S., Obznov A. A. Ergonomika polzovatel'skogo interfeysa: ot proektirovaniya k modelirovaniyu cheloveko-kompyuternogo vzaimodeystviya. – M.: Institut psikhologii RAN, 2011. – 176 s.
11. Sergeev S. F. Yuzabiliti-testirovanie interfeysov informatsionnykh sistem v gumanitarnykh naukakh i iskusstve. – SPb.: S.-Peterb. un-ta, 2012. – 86 s.
12. Rechinskiy A. V., Sergeev S. F. Razrabotka polzovatel'skikh interfeysov. Yuzabiliti-testirovanie interfeysov informatsionnykh sistem. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2012. – 145 s.
13. Adamovich, I.E. Upravlyaemost mashin / I.E. Adamovich. M.: Mashinostroenie, 1977.- 232 s.
14. Chachko A.G. Chelovek za pultom. M., 1984g.
15. Lomov, B.F. Chelovek i tekhnika: Ocherki inzhenernoy psikhologii / B.F. Lomov. – M.: Sovetskoe radio, 1966. – 464 s.
16. Rechinskiy A. V., Sergeev S. F. Razrabotka polzovatel'skikh interfeysov. Yuzabiliti-testirovanie interfeysov informatsionnykh sistem. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2012. – 145 s.
17. Yakob Nilsen, Hoa Loranzher. Web-dizayn: udobstvo ispolzovaniya Web-saytov = Prioritizing Web Usability. – M.: «Vilyams», 2007. – 368 s.

Рецензент: д.т.н., проф. Рудакова А.В.,
Херсонский национальный технический университет.

ЕВРИСТИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ПО ВИХІДНИМ СИГНАЛАМ

УДК 62.505

МАРАСАНОВ Володимир Васильович

Д.т.н., професор кафедри Технічної кібернетики, Херсонський національний технічний університет

Наукові інтереси: методи дослідження складних динамічних систем

ДИМОВА Ганна Олегівна

Старший викладач кафедри Технічної кібернетики, Херсонський національний технічний

Наукові інтереси: методи дослідження складних динамічних систем, прийняття рішень в умовах невизначеності

ВСТУП

Поставлена задача знаходження структури динамічного об'єкта за вихідним сигналом досліджувалася нами методом факторизації кореляційної матриці вихідного сигналу [1]. Розглянутий раніш метод і методи, що розглянуті в цієї статті, відносяться до зворотних задач дослідження динамічних систем, сутність яких заключається в тому, що вихідний спостережуваний сигнал являється рішенням динамічного оператора об'єкта, а структура самого оператора невідома. При цьому є деякі припущення про його клас: лінійний диференційний, нелінійний диференційний і диференційний в частинних похідних і т. д. [2, 3, 4].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Евристичний підхід ґрунтується на тому, що вхідний сигнал, діючий на об'єкт, опитує всі ступені свободи динамічного некерованого об'єкта. Таким вхідним сигналом, що має нескінченний спектр, є білий шум. Необхідно розглянути методику знаходження структури оператора і оцінку його параметрів для лінійного випадку та метод ідентифікації моделі багатомірної динамічної системи.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Розглянемо методику знаходження структури оператора і оцінку його параметрів для лінійного випадку на відносно простому прикладі.

Нехай сигнал $\mathbf{Y}_0(t)$ виходу автономного об'єкта описується звичайним диференційним рівнянням m -го порядку з постійними коефіцієнтами і стійкою точкою спокою $\mathbf{Y}_0 = 0$ [5]

$$\frac{d^m \mathbf{Y}_0(t)}{dt^m} + \sum_{m=0}^{m-1} a_m \frac{d^m \mathbf{Y}_0(t)}{dt^m} = 0 \quad (1)$$

з початковими умовами

$$\left\{ \frac{d^m \mathbf{Y}_0(0)}{dt^m} \right\}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, m-1.$$

Припустивши, для простоти, що рівняння (1) не має кратних коренів, отримуємо рішення

$$\mathbf{Y}_0(t) = \sum_{i=1}^m C_i \exp(r_i t), \quad t \leq 0 \quad (2)$$

Характеристичний поліном рівняння (1)

$$a_m r^m + a_{m-1} r^{m-1} + \dots + a_1 r + a_0 = 0, \quad (3)$$

де r_i – корені рівняння (1).

Рівняння (3) відображає структуру лінійного оператора (1) і встановлює взаємозв'язок між множиною коренів r_i та вектором коефіцієнтів (a_0, a_1, \dots, a_m) [2, 4, 5].

З іншої сторони, при кожному наборі коренів маємо m рівностей:

$$\sum_{i=1}^m C_i t_i^{(m)} = \mathbf{Y}_0^{(m)}, \quad m = (0, 1, \dots, m-1),$$

що однозначно зв'язують вектори (C_1, C_2, \dots, C_m) та $(\mathbf{Y}_0^{(0)}, \mathbf{Y}_0^{(1)}, \dots, \mathbf{Y}_0^{(m-1)})$.

Кожний запис сигналу $\mathbf{Y}_0(t)$ дозволяє знайти тільки ті значення t_i , для яких у відповідності з початковими умовами коефіцієнти C_i виявляться відмінними від нуля. Наша мета обчислити коефіцієнти a_i за записами $\mathbf{Y}_0(t)$. Тому можна враховувати, що кожний з векторів $(\mathbf{Y}_0^{(0)}, \mathbf{Y}_0^{(1)}, \dots, \mathbf{Y}_0^{(m-1)})$, для якого всі $C_i \neq 0$, дозволяє без додаткових збуджень досліджувати об'єкт, тобто одне таке початкове відхилення реалізує повний набір збуджень об'єкту. Враховуючи, що взяття різниці та знаходження похідної являються ізоморфними операціями, то можна перейти від рівняння (1) до різницевих рівнянь регресії шляхом перетворення вихідного сигналу об'єкта за допомогою операції квантування за часом (з урахуванням теореми Котельникова) та квантування за рівнем до часових рядів [1, 6, 7, 8].

Ізоморфізм моделей лінійних диференційних рівнянь та регресійних рівнянь може бути забезпечений при виконанні для рядів кінцевих різниць чотирьох умов Гауса-Маркова. Якщо кінцеві різниці i -го порядку не задовольняють вимогам випадковості i -х різниць: їх нормальному закону розподілення, рівності нулю їх середнього значення та відсутності суттєвих кореляцій, то необхідно перейти до $(i+1)$ -х кінцевих різниць (тобто до рівняння регресії більш високого порядку і знов перевірити умови Гауса-Маркова). Крім того, отримані числові ряди на кожному кроці необхідно перевіряти на наявність помилок (першого та другого роду) [9] методами Ірвіна, за критерієм Фішера, Фостера-Стьюарта та при відсутності грубих помилок для збільшення точності оператора моделі структури об'єкту провести згладжування часового ряду y_1, y_2, \dots, y_n [6, 10].

Для отримання оцінок коефіцієнтів характеристичного поліному (рівняння (3)) і визначення його порядку необхідно виконати наступні операції:

Знайти :

1-ї різниці $u_i^{(1)} = y_i - y_{i-1}$

2-ї різниці $u_i^{(2)} = u_i^{(1)} - u_{i-1}^{(1)}$

к-ї різниці $u_i^{(k)} = \overset{\dots}{u_i^{(k-1)} - u_{i-1}^{(k-1)}}$.

Для всіх різницевих рядів, попередньо перевіривши їх на виконання умов Гауса-Маркова, знайти їх дисперсії:

для вихідного згладженого ряду

$$\sigma_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n-1} \quad (4)$$

різницевих рядів k -го порядку ($k = 1, 2, \dots$)

$$\sigma_k^2 = \frac{\sum_{i=k+1}^n \left(u_i^{(k)} \right)^2}{(n-k)C_{2k}^k}, \quad (5)$$

де C_{2k}^k – біноміальні коефіцієнти.

Визначити порядок регресійного рівняння шляхом порівняння $|\sigma_k^2 - \sigma_{k-1}^2|$ з $0,1\sigma_{k-1}^2$, $0,05\sigma_{k-1}^2$, $0,01\sigma_{k-1}^2$ (у залежності від заданої точності); якщо ця величина не перевищує задану точність аналогоцифрового перетворювача, то $m = k - 1$ визначає порядок диференційного оператора (1) – його характеристичного поліному (модель структури об'єкту) та відповідних регресійних рівнянь

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t + \dots + a_m t^m. \quad (6)$$

Коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_m характеристичного полінома визначаються з вирішення системи нормальних рівнянь, наприклад, для $m=3$:

$$\begin{aligned} a_0 n + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + a_3 \sum t^3 &= \sum y_i \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + a_3 \sum t^4 &= \sum y_i t \\ a_0 \sum t^2 + a_1 \sum t^3 + a_2 \sum t^4 + a_3 \sum t^5 &= \sum y_i t^2 \\ a_0 \sum t^3 + a_1 \sum t^4 + a_2 \sum t^5 + a_3 \sum t^6 &= \sum y_i t^3 \end{aligned} \quad (7)$$

$$a_0 = \frac{\Delta_0}{\Delta}, \quad a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad a_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad a_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

де Δ – визначник системи (7);

$\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ – відповідні визначники, в яких перший, другий, третій, четвертий стовпці у визначнику Δ замінені стовпцем

$$\begin{pmatrix} \sum y_t \\ \sum y_t t \\ \sum y_t t^2 \\ \sum y_t t^3 \end{pmatrix}^T$$

і характеристичне рівняння диференційного оператора (1) має вигляд

$$a_3 r^3 + a_2 r^2 + a_1 r + a_0 = 0. \quad (8)$$

Використовуючи метод Лобачевського-Греффе [11] (або методи Данилевського О.М., Крилова О.М., Лєверьє-Фаддєєва, метод обертань [12]) можна оцінити корені r_1, r_2, r_3 характеристичного рівняння диференційного оператора (1) з точністю знайдених коефіцієнтів a_0, a_1, a_2, a_3 згідно системи нормальних рівнянь (7).

У випадку, коли корені характеристичного полінома мають кратність, розглянута процедура може бути вдосконала з урахуванням того, що при непарному числі коренів завжди є хоча б один дійсний корінь, а комплексні корені завжди зустрічаються як комплексносполучені числа та при негативності дійсних частин комплексносполучених коренів знайдене рішення буде стійким, крім того, при умові, що модулі всіх коренів $|r_i| < 1, i = 1, m$ забезпечується асимптотична стійкість лінійного оператора (1) [2, 11, 13].

Висновки по першому підходу:

1. Оцінка структури моделі динамічного оператора зведена до оцінки структури його характеристичного полінома.

2. Використання ізоморфності моделей операторів на основі лінійних диференційних рівнянь з постійними коефіцієнтами та регресійних різницьових рівнянь, знайдених методом найменших квадратів, отримані системи нормальних рівнянь для визначення коефіцієнтів характеристичного полінома.

3. При виконанні вимог умов Гауса-Маркова та перевірки часових рядів на наявність (та усунення) грубих помилок в часових згладжених рядах різниць можна отримати задовільні оцінки коефіцієнтів моделі структури динамічного об'єкту, що не регулюється, за його вихідними сигналами.

4. Розрахунок коренів характеристичного полінома на основі метода Лобачевського-Греффе дозволяє оцінити стійкість моделі структури динамічного об'єкту [11].

Найбільш часто зустрічаються задачі ідентифікації оператора моделі динамічного об'єкта, вихідний сигнал якого багатомірний і в результаті його квантування за часом та за рівнем будуть отримані багатомірні (векторні) часові ряди, на підставі яких будемо оцінювати оператор динамічної системи. Попередньо слідуючи [8, 12] введемо множину позначень та поняття теорії лінійних просторів і лінійних відображень [2, 7, 8, 9, 12]:

- id – тотожний оператор;
- inj – канонічна ін'єкція (вкладення, відповідність між множинами, при яких різним елементам з множини X відповідають різні елементи в множині Y);
- dim – розмірність лінійного простору;
- im – образ лінійного простору (область значень);
- ker – ядро (нуль простору) лінійного відображення;
- iso – ізоморфізм (лінійна бієкція);
- σ – оператор зсуву;
- $S(\text{mod } \sim)$ – множина класів еквівалентності;
- $\mathcal{L}(\text{mod } \mathcal{L}')$ – векторний простір, індуковане відношення еквівалентності;

$\mathcal{L}' \oplus \text{span}\{e_1, e_2, \dots, e_n\} = \mathcal{L}$ – тоді набір $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ є додатковим базисом для підпростору \mathcal{L}' в \mathcal{L} .

Сюр'єкція – відображення між множинами X та Y $[X \rightarrow Y]$, при якому кожний елемент множини Y відповідає деякому елементу множини X.

Динамічна система задається згідно Калмана Р.Е. та Віллємса Я.К. [7, 8, 12] у виді трійки

$$\Sigma := \{T, W, \mathcal{B}\}, \quad (9)$$

де T – деякий (нескінчений) інтервал в R (R – дійсна пряма: R+ – множина ненегативних дійсних чисел, Z – множина цілих чисел, Z+ – множина ненегативних цілих чисел);

- T \subseteq R;
- W – алфавіт сигналів;

$\mathcal{B} \subset W^T$ – поведінка системи;
 T в W^T – W транспоноване.
 Якщо S – деяка множина, q – позитивне число, то
 $S^q = \underbrace{S \times S \times \dots \times S}_{q \text{ раз}}$ – декартовий добуток.

$R_+^n = \underbrace{R_+ \times R_+ \times \dots \times R_+}_{n \text{ раз}}$ – декартовий добу-

ток множин ненегативних цілих чисел.

R^n – множина n -мірних векторів – те, що отримуємо після квантування за часом багатомірного вихідного сигналу динамічної системи.

W – простір, в якому знаходяться значення змінних, що цікавлять, і через який система взаємодіє зі своїм зовнішнім середовищем. Елементи з W описують характерні властивості (атрибути) динамічної системи.

\mathcal{B} – поведінка системи, складається з тих траєкторій $W: T \rightarrow W$ (\rightarrow – знак відображення), які сумісні із законами, що управляють динамічною системою.

Наведене визначення узагальнює звичне поняття системи типу вхід-вихід, а \mathcal{B} – множина всіх траєкторій системи типу вхід-вихід.

$$\mathcal{B}_s(\mathbf{A}', \mathbf{B}', \mathbf{G}', \mathbf{D}') := \{ \bar{w}: T \rightarrow R^q \mid \exists \bar{x}: T \rightarrow R^n \text{ та } \bar{u} \rightarrow R^m, \text{ таке, що справедливі рівняння (s)} \}, \quad (12)$$

де \exists – квантор існування;
 рівняння (s) визначають множину поліномів p ,
 $p \in R[s]$;
 s – невідома змінна.

Аналогічно $R^n[s]$ – множина векторних поліномів з коефіцієнтами в R^n , а $R^{n_1 \times n_2}[s]$ – множина (матричних) поліномів з коефіцієнтами в $R^{n_1 \times n_2}$. Якщо поліном

$$p_n s^n + p_{n-1} s^{n-1} + \dots + p_0 =: p \in R[s] \quad (13)$$

маємо коефіцієнт $p_n \neq 0$, то число n називається його ступенем $\partial(p) := n$.

Множина поліномів від позитивних і негативних ступенів s з коефіцієнтами з R , позначимо через $R[s, s^{-1}]$. Його векторні та матричні аналоги записуються у виді $R^n[s, s^{-1}]$ і $R^{n_1 \times n_2}[s, s^{-1}]$ відповідно.

Задача для (10), (11) зводиться до знаходження найбільш сильної моделі з класу M не спростовану

Розглядається клас динамічних моделей M , що складається з зовнішніх поведінок скінченномірних лінійних стаціонарних систем з простором зовнішніх сигналів R^q ; кожний елемент з M визначається двома цілими числами m та n і чотирма матрицями:

$$\begin{aligned} \mathbf{A}' &= R^{n \times n} \text{ – матриця коефіцієнтів;} \\ \mathbf{B}' &= R^{n \times m} \text{ – матриця виходу;} \\ \mathbf{G}' &= R^{q \times n} \text{ – матриця обходу системи;} \\ \mathbf{D}' &= R^{q \times m} \text{ – матриця управління,} \end{aligned} \quad (10)$$

що задають зовнішню поведінку системи [4, 7, 12, 14], яке має вид

$$\sigma \bar{x} = \mathbf{A}' \bar{x} + \mathbf{D}' \bar{u}, \quad \bar{w} = \mathbf{B}' \bar{x} + \mathbf{G}' \bar{u}, \quad (11)$$

де \bar{x} – вектор стану системи;

\bar{u} – вектор входу – вектор управління;

σ – оператор зсуву;

(при умові, що динамічна система може бути описана лінійними диференційними (або різницевиими) рівняннями).

Поведінка системи має чітке теоретико-множинне визначення:

виміром $Z = \{ \bar{w} \}$ та серед таких моделей вказати одну, для якої розмірність простору станів n і розмірність m простору управляючих входів \bar{u} будуть найменшими можливими.

Оптимальне рішення можливо отримати у математично точній постановці на теоретико-множинному рівні з використанням ганкелевих матриць [12].

Використовуючи підхід [4, 7, 12] на основі лінійних просторів і лінійних перетворень та відображень рішення будується з наступних етапів.

В результаті квантування за часом та за рівнем множини зафіксованих траєкторій динамічної системи отримуємо часові векторні ряди:

$$\begin{aligned} \bar{w}(0), \bar{w}(1), \dots, \bar{w}(t), \dots & \text{ у випадку } T = Z_+ \\ \dots, \bar{w}(-1), \bar{w}(0), \bar{w}(1), \dots & \text{ у випадку } T = Z \end{aligned} \quad (14)$$

На підставі (14) будемо нескінченні (векторні) ганкелеві матриці

$$\mathcal{H}(\vec{w}) := \begin{pmatrix} \vec{w}(0) & \vec{w}(1) & \dots & \vec{w}(t') & \dots \\ \vec{w}(1) & \vec{w}(2) & \dots & \vec{w}(t'+1) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vec{w}(t) & \vec{w}(t+1) & \dots & \vec{w}(t+t') & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \quad (15)$$

(випадак $T = Z_+$)

$$\mathcal{H}(\vec{w}) := \begin{pmatrix} \dots & \vec{w}(-1) & \vec{w}(0) & \vec{w}(1) & \dots & \vec{w}(t') & \dots \\ \dots & \vec{w}(0) & \vec{w}(1) & \vec{w}(2) & \dots & \vec{w}(t'+1) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \vec{w}(t-1) & \vec{w}(t) & \vec{w}(t+1) & \dots & \vec{w}(t+t') & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \quad (16)$$

(випадак $T = Z$)

та їх обмеженні (або усічені) підматриці $\mathcal{H}_t(\vec{w})$, $t \in Z_+$, що складаються з перших $(t + 1)$ q рядків (або перших $(t + 1)$ блочних рядків матриці \mathcal{H} .

При рішенні задачі спочатку визначаємо заповнення. З ганкелевої структури (16) випливає, що для $t \in Z_+$, вирази

$$\begin{aligned} \rho_t &:= \text{rank } \mathcal{H}_t(\vec{w}) - \text{rank } \mathcal{H}_{t-1}(\vec{w}) \\ \rho_0 &:= \text{rank } \mathcal{H}_0(\vec{w}) \end{aligned} \quad (17)$$

визначають незростаючу послідовність ненегативних цілих чисел [7, 12]. Далі обчислюємо таке t' , що

$$\rho_t = \rho_{t'}, \text{ для } t \geq t'. \quad (18)$$

Наступним кроком є визначення лінійної залежності. Обчислюємо такі векторні рядки $r_1, r_2, \dots, r_q \in R^{1 \times (t'+1)q}$, що їх лінійна оболонка дорівнює ортогональному доповненню стовпців матриці $\mathcal{H}_{t'}(\vec{w})$ [9]. Один зі способів зводиться до визначення підматриці M в $\mathcal{H}_{t'}(\vec{w})$, що має максимальний ранг. Нехай M утворена рядками l_1, l_2, \dots, l_r та стовпцями k_1, k_2, \dots, k_r матриці $\mathcal{H}_{t'}(\vec{w})$. Потім запишемо інші рядки, що утворені стовпцями з номерами k_1, k_2, \dots, k_r з $\mathcal{H}_{t'}(\vec{w})$, як лінійну комбінацію рядків матриці M . Коефіцієнти цих лінійних комбінацій визначають вказане ортогональне доповнення. Враховуючи ганкелевість матриці $\mathcal{H}_t(\vec{w})$, коефіцієнти, що входять в співвідношення лінійної залежності, вочевидь визначають вектори g_1, g_2, \dots, g_q (тут всюди q – розмірність часових рядів, використаних для побудови ганкелевої матриці).

Наступним кроком в розробці алгоритму ідентифікації являється побудова матриці найбільш сильної незаперечної поведінки \mathcal{B}_w^* при точному моделюванні. Для цього для $i \in q$ запишемо її у виді $r_i := (r_{i,0}, r_{i,1}, \dots, r_{i,t'}) \in R^{1 \times q}$ і визначимо у виді

$$\vec{r}_i(s) := \sum_{k=0}^{t'} r_{i,k} s^k, \text{ та } R_w^* := \text{col}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_q). \quad (19)$$

Символ \vec{r}_i , $i \in q$ означає вираз

$$R_w^* = \begin{pmatrix} \vec{r}_1 \\ \vec{r}_2 \\ \vdots \\ \vec{r}_q \end{pmatrix}. \quad (20)$$

З цього витікає, що при $\vec{w}: T \rightarrow R^q - \epsilon$ спостережуваний часовий ряд (14) з $T = Z_+$ або Z і матриця R_w^* визначена за формулою (20), то співвідношення

$$R_w^*(\sigma)\vec{w} = 0 \quad (21)$$

представляє найбільш сильну незаперечну (AR)-модель (авторегресійну модель) ряду \vec{w} , яка отримана квантуванням множини спостережуваних траєкторій динамічної системи.

Пояснимо, що ϵ (AR)-моделлю. Нехай $R_0, R_1, \dots, R_l \in R^{q \times q}$ і має множини рівнянь від часових рядів $\vec{w}_1(\bullet), \vec{w}_2(\bullet), \dots, \vec{w}_q(\bullet)$:

$$R_t \bar{w}(t+1) + R_{t-1} \bar{w}(t+1-1) + \dots + R_0 \bar{w}(t) = 0. \quad (\text{AR})$$

Рівняння (AR) виконується $\forall t \in T$ у відповідності з визначенням динамічної системи і більш коротко може бути записано

$$R(\sigma) \bar{w} = 0. \quad (\text{AR})$$

Узагальнення на випадок кінцевої множини спостережуваних часових рядів: розглянемо ситуацію, коли спостеріга-

ються k часових рядів $\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_k$ і на основі множини вимірювань $Z = \{\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_k\}$ шукається найбільш сильна неспростована (AR)-модель. Алгоритм розповсюджується на випадок, в якому сімейство вимірювань \mathcal{L} складається з всіх кінцевих множин. Для розробки моделі в цій (найбільш реальній) ситуації алгоритм слід будувати на основі блочної ганкелевої матриці

$$\mathcal{H}(\bar{W}) := \begin{pmatrix} \bar{W}(0) & \bar{W}(1) & \dots & \bar{W}(t') & \dots & \dots \\ \bar{W}(1) & \bar{W}(2) & \dots & \bar{W}(t'+1) & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{W}(t) & \bar{W}(t+1) & \dots & \bar{W}(t+t') & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \quad (22)$$

(випадає $T = Z_+$),

в якій $\bar{W}: T \rightarrow R^{q \times k}$ визначається формулою $\bar{W}(t) := (\bar{w}_1(t), \bar{w}_2(t), \dots, \bar{w}_k(t))$ з очевидною модифікацією відповідних об'єктів, коли $T = Z_-$.

Перейдемо від загальних теоретичних узагальнень до найбільш природної задачі, яку сформулюємо наступним чином: для заданого отриманого в результаті обробки експерименту q -мірного часового ряду (14) для конкретного t визначаємо запізнення згідно

формул (18), (19), для побудованої матриці (15) визначаємо лінійну залежність, з умови (21) знаходимо найбільш сильну неспростовану (AR)-модель ряду (14) для $T = Z_+$ за формулою $R_+^*(\sigma) \mathbf{w} = 0$.

Тепер розглянемо нові часовий ряд $\bar{w}: Z \rightarrow R^q$ і введемо наступну розбиту на блоки (нескінчену в чотирьох напрямках) ганкелеву матрицю

$$\left(\begin{array}{c} \mathcal{H}_-(\bar{w}) \\ \hline \mathcal{H}_+(\bar{w}) \end{array} \right) := \begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & & & \\ \dots & \bar{w}(-t-1) & \bar{w}(-t) & \dots & \bar{w}(0) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \bar{w}(t-2) & \bar{w}(t-1) & \dots & \bar{w}(t'+1) & \dots \\ \dots & \bar{w}(-1) & \bar{w}(1) & \dots & \bar{w}(t') & \dots \\ \dots & \bar{w}(0) & \bar{w}(1) & \dots & \bar{w}(t'+1) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \bar{w}(t-1) & \bar{w}(t) & \dots & \bar{w}(t+t') & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \quad (23)$$

rank $(\mathcal{H}_-(\bar{w}); \mathcal{H}_+(\bar{w})) < \infty$. Насправді це число дорівнює розмірності мінімального представлення з простором станів $\sum_s (A', B', G', D')$ найбільш сильної неспростованої (AR)-моделі $\mathcal{B}(R_+^*)$ часового ряду \bar{w} [12].

Розглянемо більш загальний алгоритм знаходження моделі в просторі станів дещо розширивши початкові дані часового ряду:

$$\dots, \bar{w}(-1), \bar{w}(0), \bar{w}(1), \dots, \bar{w}(t), \dots \quad (24)$$

і визначимо структуру матриці $\mathcal{H}(\bar{w})$ [12]. Для цього вводяться матриці H- та H+ (де H- складена з рядків

матриці $\mathcal{H}_-(\vec{w})$, а H_+ – з рядків матриці $\mathcal{H}_+(\vec{w})$, що $\text{rank}(H_-; H_+) = \text{rank}(\mathcal{H}_-(\vec{w}); \mathcal{H}_+(\vec{w})) = n$.

Насправді, згідно формул (18) та (19), обираючи t' отримаємо матриці, що підходять, зупинившись на $q(t'+1)$ нижніх рядків в $\mathcal{H}_-(\vec{w})$ та $q(t'+1)$ верхніх рядків в $\mathcal{H}_+(\vec{w})$. Далі визначаємо матрицю $\text{col}(H_1, H_2)$, що складається з такого кінцевого набору стовпців з $H = \text{col}(H_1, H_2)$, що стовпці $\text{col}(H_1, H_2)$ породжують лінійний простір, натягнутий на стовпці матриці H [9]. Очевидно, $\text{rank}(H_1; H_2) = n$.

На наступному кроці визначаємо простори станів. Обчислюємо ядро матриці H_1 та положимо $\mathcal{H} = H_2 \ker H_1$. Визначимо, що $\dim(\text{im} H_2)(\text{mod } \mathcal{H}) = n$.

Потім положимо $X \cong ((\text{im } H_2)(\text{mod } \mathcal{H}))$.

Припустимо $\vec{x}(t) := \vec{h}_+(t)(\text{mod } \mathcal{H})$, де $\vec{h}_+(t)$ – стовпець з номером t матриці H_+ .

На наступному етапі визначаємо простір вхідних сигналів. Положимо $\vec{f}(t) := \text{col}(\vec{w}(t), \vec{x}(t))$ та $S := \text{span}\{\vec{f}(t), t \in Z\}$. Очевидно, що проєкція $\text{px}: S \rightarrow X$, що визначається рівністю $\text{px} \vec{f}(t) := \vec{x}(t)$, сюр'єктивна (тим самим S представлено як векторне розшарування над X).

Задамо векторний простір U і сюр'єктивне відображення $\pi_u := S \rightarrow U$ так, що $S = X \oplus U$, тобто так, що відображення $\pi := (\pi_x, \pi_u)$ бієктивно. Очевидно, що $\dim U = \dim S - \dim X$. Припустимо [12]

$$\vec{u}(t) := \pi_u \vec{f}(t). \quad (25)$$

Останнім кроком алгоритму згідно [12] є визначення параметрів системи. Для $i \in (n+m)$ введемо числа t_i такі, що вектори $\vec{f}(t_i)$ утворюють базис простору S . Тоді $\vec{f}(t_i) = \text{col}(\vec{x}(t_i), \vec{u}(t_i))$ будуть базисом і для $X \oplus U$.

Тепер визначимо таку $(n+q) \times (n+m)$ -матрицю M , що

$$M := \begin{pmatrix} \vec{x}(t_i) \\ \vec{u}(t_i) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \vec{x}(t_i+1) \\ \vec{w}(t_i) \end{pmatrix} \quad (26)$$

для якої доказано в [12] наступне твердження.

Нехай $\vec{w}: Z \rightarrow R^q$ – спостережуваний часовий ряд і $M \in R^{(n+q) \times (n+m)}$ – побудована, і розбивши її на блоки

$$M := \begin{pmatrix} \mathbf{A}' & \mathbf{B}' \\ \mathbf{G}' & \mathbf{D}' \end{pmatrix}, \quad (27)$$

так, що $\mathbf{A}' = R^{n \times n}$, $\mathbf{B}' = R^{n \times m}$, $\mathbf{G}' = R^{q \times n}$ та $\mathbf{D}' = R^{q \times m}$ отримаємо, що система $\sum_s (\mathbf{A}', \mathbf{B}', \mathbf{G}', \mathbf{D}')$ є неспростованою моделлю з мінімальним простором стану і мінімальним числом управляючих входів для часового ряду \vec{w} , отриманого експериментальним шляхом в результаті квантування множини траєкторій динамічної системи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Для рішення задачі точного моделювання структури моделі динамічної системи на основі дослідних даних у виді багатомірних часових рядів необхідно знати тонку будову системи. Це можна визначити декількома еквівалентними способами: як розмірність деяких підпросторів, безпосередньо зв'язаних з поведінкою системи, як структуру запізнювання у (AR)-представленні з найкоротшим запізнюванням або, нарешті, як індекси спостережності мінімального представлення типу вхід – стан – вихід.

2. Застосування ганкелевих матриць, побудованих на експериментально отриманих часових векторних рядах дозволяє отримати неспростовану модель системи з мінімальним простором станів та мінімальним числом управляючих входів, що повністю використовує інформацію, яка міститься в множині часових рядів, що являються рішенням оператора динамічної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Marasanov V.V. Prognozirovaniye struktury dinamicheskikh sistem / V.V. Marasanov, O.I. Zabytovskaya, A.O. Dymova – Vestnik KHNTU № 1 (44) – 2012, S. 292-302.
2. Neymark M.A. Lineynyye differentsial'nyye operatory / M.A. Neymark – M.: Nauka, 1969. – 526 s.
3. Grop D. Metody identifikatsii sistem / Daniel' Grop. – M.: Mir, 1979. – 302 s.
4. Porter U. Sovremennyye osnovaniya obshchey teorii sistem / U. Porter – M.: Nauka, 1971. – 556 s.
5. Gudzenko L.I. Nekotoryye voprosy struktury ob'yekta po ustanovivshemusya signalu / L.I. Gudzenko – Trudy fizicheskogo instituta imeni P.N. Lebedeva, T.45 – 1969, S. 110-133.
6. Boks Dzh. Analiz vremennykh ryadov. Prognoz i upravleniye / Dzh. Boks, G. Dzhenkins – M.: Mir, 1974. – 406 s.
7. Fadeyev D. K. Vychislitel'nyye metody lineynoy algebry / D. K. Fadeyev, V. N. Fadeyeva. – M.: Fizmatgiz, 1963. – 736 s.
8. Kalman R. Ocherki po matematicheskoy teorii sistem / R. Kalman, P. Falb, M. Arbib – M.: Yeditorial URSS, 2004. – 400 s.
9. Gantmakher F.R. Teoriya matrits / Feliks Ruvimovich Gantmakher. – M.: FIZMATLIT, 2004. – 560 s.
10. Ekonomiko-matematicheskiye metody i prikladnyye modeli / Pod red. V.V. Fedoseyeva – M.: YUNITI, 1999. – 391 s.
11. Demidovich B.P. Osnovy vychislitel'noy matematiki / B.P. Demidovich, I.A. Maron – M.: Nauka, 1963. – 659 s.
12. Villem Yan K. Teoriya sistem. Matematicheskiye metody i modelirovaniye. Sbornik statey / Yan K. Villem – M.: Mir, 1989. – 384 s.
13. Rozenvasser Ye.N. Chuvstvitel'nost' sistem upravleniya / Rozenvasser Ye.N., Yusupov R.M. – M.: Nauka, 1981. – 464 s.
14. Tu YU. Sovremennaya teoriya upravleniya / Yulius Tu – M.: Mashinostroyeniye, 1997. – 472 s.
15. Marasanov V.V. Issledovaniye na chuvstvitel'nost' modeley dinamicheskikh sistem, poluchennykh proyeksionnym metodom / V.V. Marasanov, A.O. Dymova, V.S. Dymov // Problemi informatsyynikh tekhnologiy. – 2016. - №1(019). - S. 169-173 (Data publikatsii – traven' 2016r.)

Рецензент: д.т.н., проф. Рудакова Г.В.,
Херсонський національний технічний університет

МЕТОД ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАЦІОНАРНИХ У ПРОСТОРІ ОБ'ЄКТІВ ПО ЇХ СУМАРНОМУ ВПЛИВУ В ОДНІЙ ТОЧЦІ

УДК 004.9+616.248

МОКІН Віталій Борисович

д.т.н., професор, завідувач кафедри системного аналізу,
комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет
Наукові інтереси: інформаційні технології, кібернетика, системний аналіз,
моделювання, управління складними системами різної природи, DataMining.

E-mail: vbmokin@gmail.com

ВУЖ Тетяна Євгенівна

аспірант Вінницького національного технічного університету,
старший викладач кафедри біологічної фізики, медичної апаратури та інформатики,
Вінницький національний медичний університет ім. М.І.Пирогова

Наукові інтереси: інформаційні технології, моделювання та оптимізація систем,
просторово-хронологічні моделі, аналіз великих даних.

E-mail: tatiana.vuzh@gmail.com

ВСТУП

Важливим класом кібернетичних об'єктів є стаціонарно розташовані в просторі об'єкти різної природи, які здійснюють вплив на інші об'єкти, але характеристики цього впливу зазнають змін, як у часі, так і у просторі. Класичними прикладами таких систем є стаціонарні джерела викидів та скидів вод підприємств, місця видалення відходів та хіміклади, ареали рослин, місця для паркування автомобілів тощо. Звичайно й ці об'єкти з часом можуть змінювати свої координати, але в даній статті розглядається випадок, коли протягом періоду моделювання можна вважати, що координати кожного такого об'єкту є незмінними або незначними у порівнянні з відстанню, на якій відчувається його вплив.

Під впливом мається на увазі ситуація, коли характеристики цих об'єктів (назвемо їх «впливові об'єкти») вносять зміни у характеристики інших об'єктів, наприклад викиди в повітря різних підприємств збільшують вміст забруднювальних речовин у навколишньому середовищі.

Найбільш важливою задачею є не стільки моделювання впливу об'єктів на інші (це – досить стандартизовані задачі, у кожній країні існують різні методики, як це слід здійснювати, наприклад, для того, щоб підприємство могло отримати дозвіл на викиди чи скиди вод тощо), скільки розв'язання зворотної задачі – оцінювання параметрів цих об'єктів за даними регулярного моніторингу у навколишнього середовищі. Як правило, неможливо біля кожного об'єкту поставити пост моніторингу ще й з усіх боків цього об'єкту на випадок різного напрямку впливу (наприклад, вітру, який відносить забруднення). Кількість таких постів є значно меншою, ніж кількість впливових об'єктів. І з'являється задача: як за даними у моніторингу довкілля можна оцінити параметри об'єктів, які на нього впливають. Це дозволяє як знайти місце розташування та оцінити параметри невідомих до того впливових об'єктів, так і уточнити чи перевірити достовірність відомих параметрів впливових об'єктів. Такими задачами займаєть-

ся багато вчених у різних країнах[1–7]. Однак, найскладнішим випадком цієї задачі є випадок, коли на досить великій території (в радіусі 250-500 км) має місце лише один пост регулярних спостережень, на який впливає невідома кількість об'єктів, про які невідомі ніякі параметри, але стоїть задача здійснити оцінювання хоча б координат центрів їх місць розташування, радіусів активної зони та інтенсивності функціонування. У даній роботі буде розглядатись саме такий випадок, на прикладі оцінювання параметрів ареалів цвітіння амброзії, алергенний пилок якої переноситься вітром і уловлюється одним із постів Європейської аеробіологічної мережі.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У світі функціонує розгалужена мережа аеробіологічного моніторингу, найбільшими складовими якої є Європейська Аеробіологічна Мережа (англ. – EAN) та Американська Академія Алергії, Астми та Імунології (англ. – AAAAI). В EAN зареєстровано 38 країн, 686 міст та понад 6000 пунктів спостереження за пилом у всій Європі, у т.ч. в Україні [3].

Метою аеробіологічного моніторингу є визначення просторо-хронологічних закономірностей поширення та прогнозування пилку в повітрі для оцінювання його впливу на вразливі до алергії верстви населення. Таке своєчасне прогнозування дасть можливість приймати рішення для зменшення чи усунення ризику негативного впливу алергенного пилку на людей.

Найбільш ефективним програмно-інформаційним засобом моделювання поширення пилку в Європі є фінська система інтегрованого моделювання атмосферного складу (англ. – SILAM)[4, 5]. Вона дозволяє здійснювати просторово-часове моделювання і прогнозування цвітіння рослин та вивільнення алергенного пилку у повітрі Європи, виявлення певних закономірностей тощо. Але для того, щоб достовірно оцінити концентрацію пилку на території країни необхідна велика кількість пунктів моніторингу. У статті [4] відзначається, що, через погано розвинену мережу EAN в Україні (пости в останні роки є тільки у містах Київ, Вінниця, Запоріжжя та Львів [6]), на сході Європи досі не є можливим застосування SILAM для задач моделювання і прогнозування, тобто слід використовувати менш точні, оціночні підходи. При цьому варто максимально вико-

ристовувати наявні результати досліджень у цій сфері, зокрема феноменологічну модель продукування пилку протягом доби, наприклад для амброзії вона добре описана у роботах [4-7].

Таким чином, актуальною є задача: розробити метод просторово-часового оцінювання параметрів (координат місць розташування та інтенсивності) стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу, вимірюваному в одній точці, за даними регулярних спостережень та моделями процесів у типовому такому об'єкті.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧІ

Ідея розв'язання поставленої задачі полягає в тому, що використовується відома математична феноменологічна модель для типового впливового об'єкту. На прикладі моделювання пилку амброзії ця модель описує продукування пилку ареалом протягом доби[4, 5]. За різні роки, щодо яких робиться припущення про незмінні координати та параметри ареалу, аналізуються дані моніторингу та вибирається період найбільш активного та стабільного впливу (функціонування, цвітіння та продукування пилку тощо). Проводиться формалізація задачі у просторі та у часі. Аналізуються спільні закономірності та кожен ряд спостережень на посту моніторингу розглядається як сумарний вплив різних ареалів за певних метеоумов. Далі за різними методами відшукуються параметри феноменологічної моделі з однаковою структурою і потім по цих параметрах моделі оцінюються параметри самих впливових об'єктів.

Одразу зазначимо ряд припущень та обмежень застосування методу, що розробляється:

- модель, яка описує процеси в об'єкті, є нелінійною (інакше не можна буде по сумарному ряду виявити його складові, які є результатом впливу окремих об'єктів);
- проміжок часу, в який має місце вплив об'єкта протягом доби у період найбільш активного протягом року та стабільного впливу для певного регіону, метеоумов і дати відомий досить точно і він не охоплює всю добу – саме це й дозволяє оцінювати координати впливового об'єкта по моменту початку та моменту завершення цього проміжку часу;
- на пост має місце вплив тільки з просторово зосереджених об'єктів, які аналізуються (вплив просторово розосереджених об'єктів може й бути, але незначний, у

порівнянні із просторово зосередженими об'єктами) – саме пошук координат цих об'єктів і є метою даної статті.

Опишемо процес формалізації постановки задачі на прикладі моделювання поширення пилку амброзії в атмосферному повітрі за даними посту EAN у м. Вінниця, розташованого у Вінницькому національному медичному університеті ім. М.І.Пирогова (ВНМУ).

1. Вибір системи координат. Систему координат слід вибирати таким чином, щоб максимально ефективно можна було врахувати вплив усіх об'єктів на пост

моніторингу. Наприклад, для моделювання забруднення річки, як правило, вибирається одновимірна декартова система координат, спрямована уздовж її усередненої течії[2]. Для моделювання процесів в атмосферному повітрі традиційно вибирають полярну (або – для врахування викидів підприємств – циліндричну) систему координат [7]. Для задачі моделювання пилку у кожному секторі навколо поста моніторингу ВНМУ пропонується схема, показана на рис. 1.

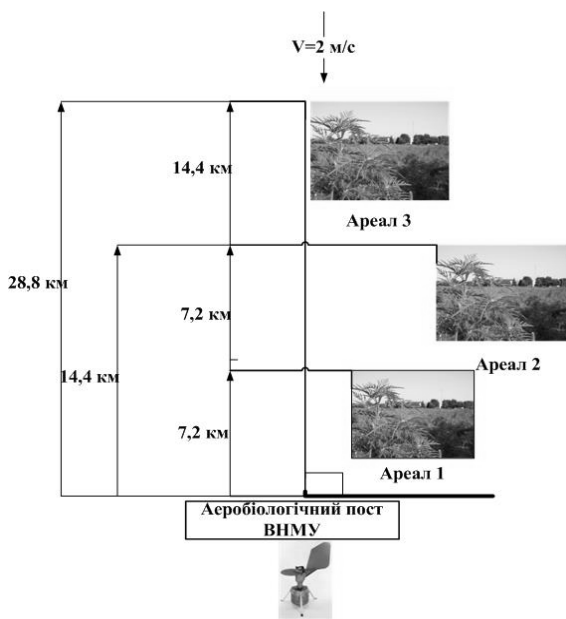


Рис.1. Схема розташування арелів поширення алергенного пилку

2. Побудова моделі формування впливу об'єкту. Охарактеризуємо вирішення цієї задачі на прикладі моделі цвітіння або продукування пилку протягом доби. У роботі [4]описана загальна динаміка продукування пилку амброзії протягом доби у період найбільш інтенсивного протягом року цвітіння (палінації). Зокрема, відзначено, що цей процес є біомодальним, тобто має два чітких піки зранку та вдень. Описано по хвилинах коли він починається після сходу

сонця, коли перший пік, коли другий. У роботі [6, рис. 5] наведено цілий ряд експериментально зібраних даних, в залежності від вологості, які є типовими для ряду широт і які можна, у першому наближенні, застосувати до поста у м. Вінниця. Важливо відмітити, що у роботі [6] спостереження здійснюються через кожну годину (точніше, здійснюються вони неперервно на приладі накопичувального типу, але підрахунок пилку здійснюється за кожну годину, а на пості у м. Вінниця –

за кожні 2 години, тому графіки на рис. 5 роботи [6] були нами перераховані на 2-годинний інтервал (рис. 2), що дозволило позбутися бімодальності, але функція все одно залишилась нелінійною.

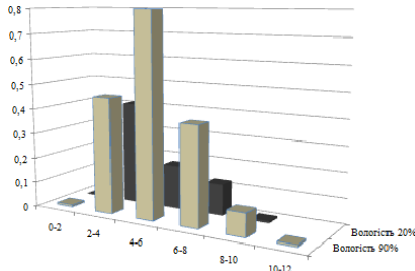


Рис. 2. Перерахований графік виділення пилку амброзії при вологості 20% і 90% на 2-годинний інтервал

У роботі [4] вказується, що продукування пилку, як правило, описується логістичною кривою, але експерименти показали, що похибка апроксимації є значною (особливо на спадній ділянці після піку суттєво відрізняється від логістичної), тому пропонується інший підхід – не інтерполювати криву, а використовувати типовий набір експериментальних даних, $i = 1, 2, \dots, N$ (наприклад пилку амброзії, що продукується сумарно за кожні 2 години протягом доби) як «маску», яку «прикладати» потім до кожного реального графіку значень носія впливурії лише припасовувати її хоча б по висоті, яка визначається піковим протягом доби значенням:

$$p_i = Iy_i, i = \overline{1, N} \quad (1)$$

де I – це інтенсивність впливового об'єкта.

Такий підхід дозволяє обробляти довільні функції без попереднього їх апроксимування. Це є важливим, адже, зазвичай дуже складно або й неможливо апроксимувати складну нелінійну криву лише по 4 нульових точках експериментальних даних, оскільки складна крива, зазвичай має більше, ніж 2-3 параметри.

3. Побудова моделі поширення впливу

Сформований об'єктом носій впливурідалі переноситься від об'єкта до посту моніторингу під дією інших факторів, наприклад, пилки і викиди підприємств розлітаються під дією вітру, скиди вод у річку – водою

річки у напрямі її течії тощо [1-4]. На цьому етапі слід побудувати модель поширення носія впливу у часі та у просторі. Щодо пилку, то, в загальному випадку, це має бути складна модель на кшталт SILAM, яка враховує метеоумови на різній висоті та взаємовплив різних шарів атмосфери один на інший, але у першому наближенні можна використовувати просту модель про те, що носій впливу поширюється у повітрі просто зі швидкістю v , зокрема на прикладі поширення пилку амброзії це може бути залежність:

$$v_n = f(v), \quad (2)$$

де $f(v)$ – функція, яка описує поширення пилку в атмосферному повітрі зі швидкістю вітру v з урахуванням впливу різних факторів; в найпростішому випадку, будемо вважати, що її можна описати лінійною залежністю:

$$f(v) = k_n v, \quad (3)$$

де k – певний коефіцієнт, який враховує дію факторів (метеофакторів, міської забудови, рельєфу, аеродинамічних особливостей пилку тощо), які «пригальмовують» поширення пилку у повітрі ($0 < k \leq 1$).

3. Уточнення постановки задачі. Слід більш детально дослідити просторово-хронологічні закономірності явища, яке моделюється, та уточнити постановку задачі. Здійснимо це на прикладі моделювання пилку амброзії. Як описано у роботах [4-6], під час періоду найбільшої палінації (цвітіння) має місце типова форма функції, яка описує процес продукування пилку, подана на рис. 2. Тобто майже через 2 години після сходу сонця кожен ареал регіону починає продукувати пилки з відповідною цьому ареалу середньою інтенсивністю I . Через певний час, який залежить від вологості повітря, продукування припиняється [6]. Але важливою є відстань від кожного ареалу до поста моніторингу. Спочатку до нього долітає «свіжий» пилки з найближчих ареалів, потім з більш віддалених (див. рис. 1). Важливо, що пилки може фіксуватись протягом усієї доби, у т.ч. вночі, але це буде «учорашній» пилки із дуже віддалених ареалів.

Оскільки швидкість вітру на метеопостах України визначається з точністю до 1 м/с, а пилки – кожні дві години, тобто швидкість пилку можна, теоретично, визначити, з урахуванням (3), кратно відстані 3,6к км,

то відстань у полярних координатах (див. рис. 1) пропонується визначати з такою ж кратністю:

$$r_m = 7,2mk_n \quad (4)$$

де m – номер кроку від поста, який визначається часом, що пролітає пилкок за 2 години за швидкості вітру 1 м/с. Власне кажучи, задача зводиться до визначення цього m для кожного ареалу.

Варто зупинитись на ряді важливих для моделювання аспектів:

1. Відносно однакові умови збирання даних. Слід враховувати стохастичний характер процесів та той факт, що за суттєво різних умов процес може відрізнатись від типового (див. рис. 2). Слід виділяти такі особливі режими і моделювати їх окремо. Наприклад, для задачі моделювання пилку особливими режимами є періоди опадів. Тому перед обробкою даних слід відфільтрувати усі дані, які були зібрані в дощ.

2. Врахування періодичності явища, що розглядається. Сезонність вже врахована тим, що дані відбираються тільки у періоди найбільшої активності, але для більшості процесів класу об'єктів, який розглядається у цій статті, ще й має місце добова періодичність.

3. Розмежування оцінювання напрямку та відстані до об'єкту. Пропонується послідовно оцінювати кут сектору та відстань, на якій розташований об'єкт

відносно посту моніторингу. Для цього слід спочатку з сумарного ряду значень на посту моніторингу виокремити тільки ті дані (впливи), які були принесені вітром з певного напрямку. Напрямок вітру на метеопостах України визначається з точністю до 10 градусів, тому саме за такими секторами, не меншими 10 градусів, і пропонується формувати вибірки (відлік градусів в метеорології починається з північного напрямку за годинниковою стрілкою і показує напрям, з якого, а не в який, дує вітер).

4. Збільшення вибірки даних. Досвід показує, що звуження умов збирання даних, виокремлення даних з одного сектору тощо, призводить до формування досить малих вибірок даних, недостатніх для аналізу (лише 2-5 точок на рік). З метою збільшення вибірки для аналізу пропонується, по-перше, брати до уваги декілька послідовних років, щодо яких є коректним припущення про те, що основні ареали не змінили свого місцезнаходження. А по-друге, у разі отримання малих вибірок з певного напрямку пропонується збільшувати кут сектору з 10 до 20, 30 і більше градусів.

5. За реальних умов, поширення носія впливу здійснюється не по прямій. Як видно з рис. 3 зі статті [7], поки пилкок дістанеться від ареалу до посту моніторингу, може пройти чимало часу і на цьому шляху вітер може зазнати змін і напрямку, і сили.

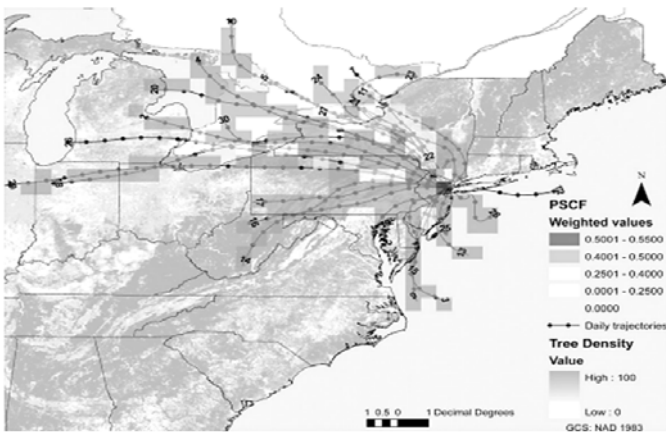


Рис. 3. Траєкторії зміни напрямку вітру біля одного поста моніторингу [7]

Те саме для річок – динаміка та усереднена швидкість течії і процеси перемішування у річці є різними уздовж різних берегів, на різній глибині, біля водогосподарських споруд тощо, тобто носій впливу, який надходить у фарватер в одному створі, але з різних берегів чи на різній глибині, може дістатись до посту моніторингу за різний час. А це, в результаті призведе до деформування типової структури моделі (1). І чим більш віддаленим є ареал, тим більшою може бути ця деформація. За цих умов пропонується замінювати точку (експериментально виміряне значення) інтервалом, ширина якого пропорційна оцінці сумарного відхилення шляху, який пролетів носій впливу від ареалу до посту моніторингу, від прямого шляху між ними. В загальному випадку, точність визначення довжини цього шляху досить невисока, оскільки напрям і сила вітру між метеопостами визначається розрахунковим шляхом. Тому краще просто вводити певний коефіцієнт невизначеності, який автоматично робить більш широким інтервал точок, вимірних у більш пізній час доби.

6. Розмитість меж ареалів. Навіть, у разі точної ідентифікації кривої (1) з урахуванням її деформованості для віддалених об'єктів, не має гарантії, що ареал буде ідентифіковано точно, оскільки дискретність вимірювань таких процесів, як правило, суттєво перевищує, період, за який можуть змінюватись різні параметри явища (наприклад, напрям і сила вітру може змінюватись щохвилини). Крім того, експериментальних даних по багатьох секторах може бути недостатньо для отримання достовірних результатів. За цих умов пропонується перебрати якомога більше варіантів різних ситуацій (сектори по 10, по 20, 30, 40 градусів), різні варіанти можливих деформацій графіку (1) для віддалених регіонів та ін. і для кожного визначити можливі ареали. Все це нанести на карту у вигляді еліпсів. Результатом буде сукупність еліпсів, межі яких будуть перекриватись чи збігатись. Чим більше таких еліпсів буде в певній точці, тим більша достовірність того, що там дійсно має місце ареал. Інтенсивність пропонуємо визначати, як середню (або максимальну) для ареалів, що перекриваються у заданій точці. Інший спосіб – ареалом вважати межу, яка охоплює зовнішню межу сукупності ідентифікованих ареалів, розташованих не далі заданої мінімальної відстані, наприклад 0,5-

1 км. Такий аналіз можна здійснити з використанням геоінформаційних технологій.

Алгоритм застосування методу пропонується у вигляді (за умов попередньої ідентифікації параметрів моделей (1)-(4) для поставленої задачі дослідження):

1. Дані посту моніторингу доповнити метеоданими як по цьому, так і по сусідніх метеопостах (для оцінювання траєкторій – див. рис. 3) та підготувати до вигляду, придатного до аналізу (очистити від помилкових даних та ін.).

2. Відфільтрувати дані, зібрані у спеціальних режимах (наприклад дані, зібрані під час опадів).

3. Сформувати вибірку, яка відповідає періоду найбільш активного та стабільного впливу на пост моніторингу.

4. Визначити періодичність явища (як правило – доба).

5. Або за певним алгоритмом, або просто в циклі перебрати усі можливі варіанти напрямків впливу (для забруднення повітря пилок чи речовинами – сектори по 10, 20, ... 90 градусів) та сформувати такі, по яких є не менше певної кількості значень (наприклад, 5-10).

6. Оцінити ступінь деформованості моделі (1) у кожному значенні отриманих у п. 5 вибірок даних.

7. Провести апроксимацію кожної вибірки одним із відомих методів. Найпростіше можна визначити максимальне значення і припасувати до нього криву (1). Потім від значень вихідного ряду відняти ті, що інтерпольовані (враховані) цією кривою. Серед значень-залишків знов визначити максимальне і повторити процедуру. Повторяти цю процедуру до тих пір, поки максимальне значення у залишку не буде перевищувати певне граничне значення ε . Ця процедура суттєво ускладнюється тим, що, через зміну напрямку вітру, рідко є усі послідовні значення кривої (1). Треба по декількох точках даних спостережень визначити на яку частину кривої (1) це більше схоже (найкраще це робити по піку, але іноді пік може бути розташований і між точками спостережень, тобто припадати на 5 годин, а не на 4 чи 6). І це слід враховувати варіанти деформованості кривої (1). Пошук оптимальних варіантів апроксимації, за таких умов – це предмет окремого дослідження.

8. В результаті апроксимації кривою (1) кожної вибірки по цій кривій визначаються 3 параметри: інтенсивність і та моменти часу, які відповідають першому і останньому

значенням, не меншим певного порогу ξ , тобто момент T_1 , коли вплив вже став відчутний на посту моніторингу (пилкок долетів), і момент T_2 , коли вплив вже не відчутний (пилкок більше не долітає), відповідно. Далі по цих моментах часу, знаючи середню швидкість вітру від початку спостережень за цю добу уздовж відповідної траєкторії (див. рис. 3), вирахувати відстань r_1 до початку та r_2 до завершення межі ареалу.

9. Знаючи кут напрямку і сектор для кожного ідентифікованого ареалу, між цими точками r_1 та r_2 провести еліпс та знайти його координати (середній кут і середнє арифметичне між r_1 та r_2 , км).

Задача розв'язана.

Приклад розв'язання задачі та перевірка працездатності методу.

Продемонструємо працездатність розробленого методу на прикладі розв'язання задачі для оцінювання

параметрів ареалів пилку амброзії за даними поста ЄАНУ м. Вінниця.

Аеробіологічний пост моніторингу наявності пилку в атмосфері міста (пристрій Burkard) знаходиться на даху фармацевтичного корпусу ВНМУ. Пристрій фіксує вміст пилку у повітрі кожні 2 години [8]. До найближчого посту EAN, розташованого у м. Києві – 270 км.

Аеробіологічна лабораторія ВНМУ надала інформацію про вміст пилку у повітрі за 2013-2014 роки. Ця інформація була доповнена відповідними метеоданими. Були відфільтровані усі 2-годинні дані, зібрані під час опадів. Авторами написана програма на R, яка автоматизує формування вибірок та розрахунки за запропонованим методом. На рис. 4 подано графіки вибірок пилку амброзії біля м. Вінниця за різні дні 2014 року (у відносних одиницях разом із значеннями кута «Angle» у градусах та середньої швидкості вітру «AWS», м/с).

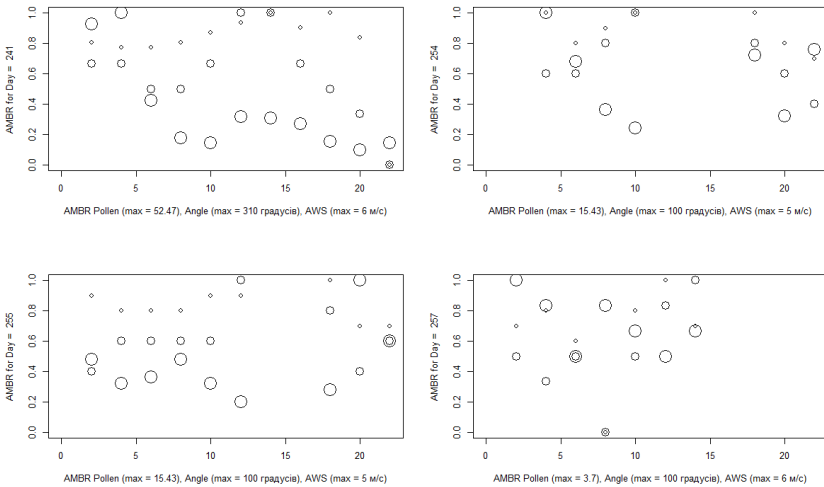


Рис. 4. Графіки значень пилку амброзії (великі кола) за даними поста Європейської аеробіологічної мережі у м. Вінниця за 241-й, 254-й, 255-й та 257-й дні 2014 року (у відносних одиницях разом зі значеннями кута «Angle» у градусах та середньої швидкості вітру «AWS», м/с, під графіком вказано яке значення відповідає рівню 1,0, тобто є максимальним значенням вибірки)

Проведена апроксимація за кривими (1) з рис. 2. Наприклад, одна з найбільших і схожих на криву (1) вибірок даних із піковою інтенсивністю продукування пилку 7,41 має місце у 255-й день (12.09.2014 р.), коли вітер дує з напрямку 80-90 градусів, тобто зі сходу. І ця

вибірка починається майже одразу за класичним графіком (тобто $T_1 = 0-1$ год.), що означає, що джерело розташовано майже поряд із постом моніторингу (більшу точність при швидкості вітру 3 м/с і 2-годинному інтервалі вимірювань вказати важко). У

той же час, з попередніх досліджень, проведених у 2014 році (з картуванням за даними Вінницької обласної фітоінспекції та Вінницької міськради і натурних спостережень), якраз там і було виявлено найбільше джерело амброзії у м. Вінниці у той рік [9] (рис. 5). Такий збіг доводить працездатність розробленого методу.



Рис. 5. Карта ареалів амброзії у м. Вінниці у 2014 р., побудована за даними Вінницької обласної фітоінспекції та Вінницької міськради і натурних спостережень [9]

ВИСНОВКИ

Стаття присвячена проблемі просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів за даними регулярного моніторингу. Зокрема, розглянуто найбільш складний варіант задачі, коли пост моніторингу лише один, а об'єктів – багато і єдина апіорна інформація про них – це структура нелінійної феноменологічної моделі, яка описує процеси, які відбуваються у кожному із них. Це дозволяє як знайти місце розташування (координати меж та центру) та

оцінити параметри невідомих до того впливових об'єктів, так і уточнити чи перевірити достовірність відомих параметрів впливових об'єктів. У даній роботі продемонстровано роботу запропонованого методу на прикладі оцінювання параметрів ареалів цвітіння амброзії, алергенний пилок якої переноситься вітром і фіксується одним із постів Європейської аеробіологічної мережі (EAN), найближчий до якого розташований на відстані 270 км.

У статті авторами запропоновано формалізацію задачі та приділено увагу ряду важливих її особливостей, щодо яких внесено пропозиції як саме їх враховувати та які при цьому можуть бути проблеми і як їх усувати. Зокрема, врахування деформованості типової моделі об'єкта, через різну відстань долання носії впливу від об'єкта до поста моніторингу у різний час. Запропоновано, у першому наближенні, враховувати цю деформованість коефіцієнтом, що враховує можливу невизначеність, пропорційним часу доби після початку процесів на об'єкті протягом доби (для пилку амброзії – після сходу сонця).

Усі математичні, методичні, алгоритмічні методи деталізовано і потім перевірено на прикладі задачі моделювання поширення пилку амброзії за даними EAN у пості, розташованому у місті Вінниці. За запропонованим методом було виявлено ареал амброзії, що збігається із результатами натурних спостережень та даних державної системи фітоконтролю попередніх років і це свідчить про працездатність та ефективність запропонованого методу.

Також, зазначено яким чином запропонований метод може бути застосований і для інших задач, наприклад оцінювання параметрів стаціонарних джерел викидів та скидів вод підприємств тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. V.B. Mokin, D.YU.Dzyunyak. Metodotsinky parametriv statsionarnoho dzerhela vykydu na osnovi modeli Haussa zadanymy operativnoho monitorynhu zony rozsiyuvannya // Matematychnye modelyuvannya v ekonomitsi. – № 1 – s. 27-35.
2. Mokin V.B. Matematychni modeli kontrolyu ta upravlinnya yakystyu richkovykh vod. Monohrafiya. – Vinnytsya: UNIVERSUM-Vinnytsya, 2005. – 171 s.
3. H. YU. Mayeyeva, O.B. Prykhod'ko. Analiz osoblyvostey ta asymetriyi rozpodilu pilkuambroziiypodnyakhpalintsiyi u povitrimistazaporizhzhya // Naukovyyzhurnal «ScienceRise: BiologicalScience» -№4 (7). – 2017.
4. MarjePrank.An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe / Marje Prank, Daniel S. Chapman, James M. Bullock, Jordina Belmonte and others// Agricultural and Forest Meteorology. -Volumes 182–183. – 15 December 2013 – pp. 43-53. – doi <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.08.003>

5. Sofiev M. A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module / M. Sofiev, P. Siljamo, H. Ranta, T. Linkosalo, S. Jaeger, A. Rasmussen, A. Rantio-Lehtimaki, E. Severova, J. Kukkonen//Int. J. Biometeorol. – 57 (2013). – pp. 45–48. – doi10.1007/s00484-012-0532-z.
6. Michael D. Martin. Anthesis synchronization and floral morphology determine diurnal patterns of ragweed pollen dispersal / Michael D. Martin, Marcelo Chamecki, Grace S. Brush // Agricultural and Forest Meteorology. – 150 (2010). – 1307–1317. – doi 10.1016/j.agrformet.2010.06.001.
7. Christos Efstathiou. A mechanistic modeling system for estimating large-scale emissions and transport of pollen and co-allergens / Christos Efstathiou, Sastrylsukapalli, PanosGeorgopoulos//Atmospheric Environment. – 45 (2011). – pp. 2260-2276 – doi10.1016/j.atmosenv.2010.12.008.
8. Mokin V.B. The improvement of the volumetric monitoring system to raise the analysis accuracy for the allergic pollen found in the city atmosphere/ V.B. Mokin, V.V. Rodinkova, T.Y. Vuzh, W. Wójcik, S. Sailarbek//PrzeglądElektrotechniczny. – 93 (5), 2017. – pp. 87-91.
9. Mokin V.B. Identyfikatsiya ta vidobrazhennyarayonivkarantynnykhroslyn u Vinnyts'kiyoblasti / V.B.Mokin, V.A.Tsymbalyuk // KolektsiyaMaterialyMizhnarodnoyinaukovoyikonferentsiyi "Nauka. Molod". Ekolohiya "v ramkakh I Ukrayins'koyimolodiKonhresyekolohiv z mizhnarodnoyuchastyu. 21-23.05.2014 – s. 242-248.

Рецензент: д.т.н., проф. Кулик А.Я.
Завідувач кафедри
Біологічної фізики, інформатики
та медичної апаратури
ВНМУ ім. М.І.Пирогова

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ПРОЦЕСУ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ ЗА ЇХ ЛІНІЯМИ ОБРИСУ

УДК 681.3: 514.18

СУЛІМЕНКО Степан Юрійович

аспірант кафедри інформаційних технологій в архітектурі,
Київський національний університет будівництва та архітектури.

ВВЕДЕННЯ

Індустрія дизайну вимагає постійної роботи над формою, її швидкого оновлення, переосмислення нових результатів взаємодії складних об'єктів в просторі. Досягнення органічного взаємозв'язку між призначенням та формою об'єкта проектування виникає в наслідок адекватного вписування його обрису у навколишнє середовище таким чином, щоб ті елементи оточення, що є невідчужливими, або не несуть естетичного навантаження були здебільшого сховані за ним. Таким чином правильно побудований обрис об'єкту може мати як маскувальну функцію, так і надати місцевої виразності у штучному середовищі.

Рішенням задач геометричного моделювання та взаємодією цих рішень з апаратом комп'ютерної графіки займаються багато авторів [1-3]. В свою ж чергу розроблено розвиненого апарату для моделювання на основі перспективного зображення ліній обрису досі не існує.

В роботі ставиться задача геометричного аналізу взаємодії форми поверхні з його зображеннями з метою створення дієздатних алгоритмів та програм для формування поверхонь за їх лініями обрисів та використання їх в практиці архітектурного та технічного дизайну.

Питання пов'язані з моделюванням поверхонь обертання на перспективних зображеннях розглядалися автором і раніше [4,5]. Фрагмент роботи [4] приводиться і в цій статті як матеріал для поглибленого дослідження.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Властивості як самих поверхонь обертання так і їх обгортаючих конусів загальновідомі. Проте для їх

успішного використання в аналізі і синтезі алгоритмів необхідно виділити з цих властивостей корисні та наповнити їх конкретним конструктивним змістом.

Кожна площина, що проходить через вісь поверхні обертання є її площиною симетрії. Тому площина Δ , що інцидентна осі деякої поверхні обертання і довільній точці S , буде площиною симетрії конуса, що обгортає цю поверхню обертання і має вершину в точці S .

Спільну лінію поверхні обертання та обгортаючого (дотичного) конуса називають їх лінією контакту. Лінія контакту поділяється площиною Δ на дві конгруентні гілки, що симетричні відносно цієї площини.

Якщо ми розглянемо обгортаючий конус як окремий об'єкт, початкову лінію контакту можна замінити на лінію, що отримується в будь-якому перерізі. При цьому ми маємо необхідну нам інтерпретацію: площина перерізу – картинна площина K , точка S – точка зору, лінія перетину – перспективна лінія обрису.

Такий конус втрачає інформацію про лінію контакту, проте зберігає інформацію про дотичні площини. Якщо разом з лінією обрису зберігається інформація про площину симетрії Δ у вигляді прямої q' , яка є перетином площини Δ з картиною K , то такий конус будемо називати коректно заданим, або спрощено коректним.

Основне призначення коректних конусів – моделювання поверхонь для яких площина Δ є площиною симетрії, та поверхонь обертання за заданою лінією обрису, тобто за заданим коректним конусом.

Звичайно за коректним конусом можуть бути побудовані і несиметричні поверхні. Будь-яка лінія контакту, що задана на поверхні конуса, може задавати одну, або

множину поверхонь (в залежності від апарату моделювання), які задовольняють умову дотику. Але такі поверхні не будуть мати Δ своєю площиною симетрії. Необхідною та достатньою умовою можливості побудови симетричної (що до Δ) поверхні є симетрія лінії контакту.

Симетрична лінія контакту може бути побудована за одних з наступних прийомів:

Як перетин коректного конуса з поверхнею, що має ту ж площину симетрії. В найпростішому варіанті циліндричною поверхнею, з направляючою перпендикулярною площиною Δ .

Половина лінії контакту задається або довільно на поверхні конуса, або в перетині цього конуса іншою довільною поверхнею. Друга, симетрична їй половина, задається за умовою симетрії щодо площини Δ .

Відрізняється тим, що попередньо встановлюється відповідність між твірними коректного конуса, а саме встановлюються пари симетричних твірних і на них відкладають рівні відрізки довжини яких задаються як функціональні.

Останній прийом у випадку, коли площина Δ розташована під довільним кутом до площини картини, вимагає додаткових побудов, бо лінія обрису навіть коректного конуса в цьому разі не є симетричною [5].

Симетричні твірні коректного конуса при несиметричній лінії обрису на картині визначається парами точок лінії обрису, що належать прямим пучка з центром в точці сходу F_p перпендикулярів до площини Δ .

Ця властивість безпосередньо впливає з того, що кожна пара точок, яка симетрична відносно площини, лежить на перпендикулярі до неї. Тобто, положення точки F_p не залежить від форми конуса, а тільки від положення його площини симетрії. Якщо площина симетрії перпендикулярна площині картини – точка сходу F_p невласна.

Випадок, коли площина Δ перпендикулярна картині, вважаємо тривіальним.

Точка зору та лінія обрису на деякій картині породжує обгортаючий конус. Після цього, з геометричної точки зору, положення картини не має значення і може бути змінено так, щоб настав тривіальний випадок. Для цього нова картина W має бути перпендикулярна до площини Δ .

Площина $W \perp \Delta$ має два вільних параметра, але їх значення не суттєві і можуть бути обрані довільно. Картина W має такі застосування.

Змінюючи положення картини користувач може бачити як виглядатимуть лінії обрису, якщо спостерігач буде дивитися безпосередньо на об'єкт. За її допомогою може бути приведена до симетричного випадку лінія обрису, що задана на картині по один бік від осі q' .

Вище розглядалась ситуація коли коректний конус задавався як проекція поверхні обертання. Але на практиці при розв'язанні поставленої задачі первинною є лінія обрису. У нетривіальному випадку її неможливо задати так, щоб конус був симетричним.

Тому найбільш раціонально задавати половину лінії обрису та визначати положення осі q' , а тим самим і площину симетрії Δ . Далі будують площину $W \perp \Delta$. В ній визначають криву p'' , як перетин обгортаючого конуса з площиною W , та вісь q'' ($\Delta \wedge W$). Будують другу гілку лінії обрису симетричну p'' відносно осі q'' . Зворотним проєціюванням отримана крива повертається на площину K .

І головне: всі теоретичні висновки і алгоритми розв'язання задач, що доведені, або розроблені для тривіального випадку автоматично виконуються в загальному випадку і навпаки.

Поверхні обертання задаються віссю і твірною, що обертається навколо неї. Ця твірна, в загальному випадку, може бути просторовою, тобто лінія контакту може розглядатися як твірна. Кожна точка лінії контакту належить:

- спільній дотичній площині конуса і поверхні обертання в цій точці;
- площині, що проходить через вісь і перпендикулярна спільній дотичній площині;
- твірній конуса, що належить обраній дотичній площині.

Ці властивості точок лінії контакту є основою для побудови поверхні обертання за дотичним конусом.

Твердження 1. Якщо задана вісь поверхні обертання, що не проходить через точку зору, то кожна точка лінії обрису з визначеною дотичною задає одне коло в площині, що перпендикулярна осі

Доведення твердження випливає з алгоритму побудови, конструктивна схема якого задана на рис.1.

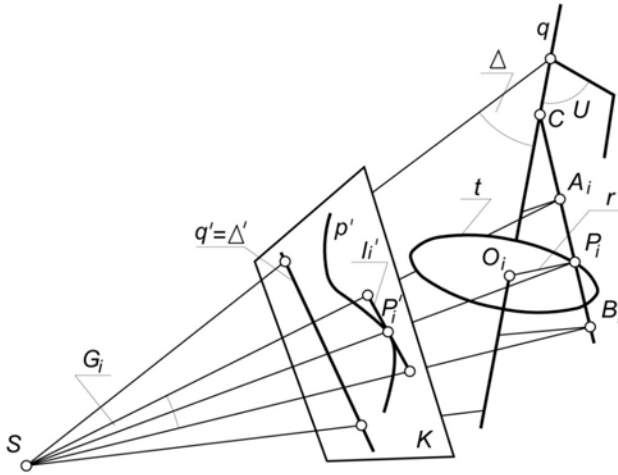


Рис.1. Загальна схема утворення поверхнь обертання за лініями обрисів

Задано вісь обертання q і на лінії обрису $p \subset K$ визначимо дискретну множину точок P_i разом з дотичними l_i в них. В кожній точці P_i визначена площина G_i що задана прямими l_i та SP_i . Ця площина дотична і до обгортаючого конусу, і до поверхні обертання, що моделюється. Осі q належать центри двопараметричної множини кіл в площинах, що перпендикулярні до неї. Однопараметрична множина з них дотикається до площини G_i . Точки дотику належать прямій, що є перетином площини G_i та перпендикулярної до неї площини U , що проведена через вісь q . На рис.2 це пряма A_iB_i . Шукана точка має належати прямій SP_i та прямій A_iB_i . На тому ж рисунку це точка їх перетину P_i . В площині, проведеної через точку P_i перпендикулярно осі q знаходиться центр кола $O_i \in q$ та його радіус r . Таким чином, кожна пара $\{P_i, l_i\}$ визначає одне коло поверхні обертання навіть тоді, коли для двох кіл збігаються або точки $P_i = P_j$, а $(l_i \neq l_j)$, або $l_i = l_j$, а $(P_i \neq P_j)$. Тобто лінія p може мати самоперетин, але в точці самоперетину дотичні мають відрізнитися і навпаки. Лінія обрису p' на картині має однопараметричну множину пар $\{P_i, l_i\}$, тому вона однозначно задає поверхню обертання, коли при $i \neq j$ не знайдеться точки, для якої $P_i = P_j$ та $l_i = l_j$.

Таким чином справедливе і більш загальне твердження.

Твердження 2. При заданих точці зору, лінії обрису на картині, та просторового положення осі, поверхня обертання визначається однозначно.

Приклад 1.

На рис. 2 наведено приклад роботи алгоритму за схемою наведеною на рис.1. На екрані монітору користувач задає лінію l' . Разом з обраною точкою зору вона задає площину Δ – площину симетрії конусу, який має обгортати поверхню, що моделюється. Далі користувач задає по один бік від прямої l' криву p' так, як він бачить обрис майбутньої поверхні. На рисунку, зокрема, показано цей фрагмент у зменшеному вигляді.

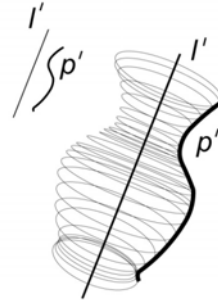


Рис. 2. Приклад моделювання поверхні за заданою лінією обрисів і віссю обертання

Крива p' описана сплайном після чого в автоматичному режимі поділена на 25 точок. Положення дотичних задавалися найпростішим варіантом, як лінія, що проходить через точку P'_i паралельно вектору $P_i - 1$ $P_i + 1$. За цієї інформацією в просторі може бути побудована двопараметрична множина поверхонь. Якщо ми будемо змінювати положення осі $q \triangleq \Delta$ лінія бічного контуру не зміниться, але зміниться положення граничних кіл.

В твердженні 1 передбачалося, що задана вісь поверхні обертання (на що витрачається 4 параметри). В прикладі 1 задавалася площина симетрії (2 параметри), а в ній вісь (ще 2 параметри). Це найбільш поширені в практиці варіанти.

Постає питання, чи можливо задати вісь на основі лише інформації про лінію p' . відповідь на це питання дає властивість поверхні обертання: через кожну точку поверхні проходить дотична сфера, центр якої належить осі обертання.

Твердження 3. Площина симетрії обгортаючого конусу та дві довільні точки цього конусу, при умові, що вони належать до деякої поверхні обертання, визначають вісь цієї поверхні.

Кожна точка, що належить поверхні обертання та дотичному до неї конусу належить до їх лінії контакту. В ній конус та поверхня обертання мають спільну дотичну площину G_i . Перпендикуляр n проведений до площини G_i в точці P_i – геометричне місце центрів дотичних сфер. Перетин цього перпендикуляру з площиною Δ в деякій точці Q_i визначає точку, через яку має пройти вісь поверхні при умові, що P_i належить поверхні обертання. Положення осі залежить від двох параметрів тому точок Q_i ($i=1,2$) має бути дві.

Це твердження має таке застосування. Змінюючи в кінцевих точках P'_0 на P'_n положення дотичних Q'_0 та Q'_n і положення самих точок P_0 та P_n на твірних конуса, можемо досягти бажаного положення граничних кіл та величин їх радіусів.

Якщо площина симетрії не задана то, з параметричних міркувань, на обгортаючому конусі необхідно задати чотири точки P_i , що будуть водночас належати поверхні обертання.

Твердження 4. Чотири точки P_i , що належать водночас деякій поверхні обертання і її дотичному конусу

визначають вісь поверхні обертання, якщо знайдеться пряма яка перетинає всі чотири перпендикуляри p_i , що проведені до дотичних площин G_i в цих точках.

В загальному випадку перпендикуляри p_i мимобіжні. Три з них задають однопорожнинний гіперболоїд як направляючі прямі. Точка перетину четвертого перпендикуляра з цим гіперболоїдом визначає твірну (пряму другого сімейства), що проходить через цю точку і перетинає всі направляючі (прямі першого сімейства).

Зазвичай маємо два розв'язки. Задача буде невизначеною коли три з перпендикулярів p_i перетинаються в одній точці і не буде мати розв'язку, коли четвертий перпендикуляр не перетинає гіперболоїд.

Далі з'ясуємо чи завжди схема твердження 1 (рис.1) дасть рішення. Рішення буде не визначеним, якщо для точки P'_i площина G_i перетинає площину U по твірній конуса SP'_i . Візуально це можливо дослідити тільки в тривіальному випадку.

В тривіальному випадку схема моделювання набуває більш конструктивного характеру. Нехай задані вісь q поверхні обертання і довільна площина H_0 , що перпендикулярна до q . Площина симетрії дотичного конусу визначається точкою зору S та віссю q . Картина $W=K$ проводиться так, що $W \perp \Delta$. Тоді лінії перетину площин G_i з площинами, що паралельні площині H_0 зададуть напрям дотичних до кругових твірних поверхні обертання і всі кругові твірні можуть бути визначені в проєкції на площину H_0 і підняті на відповідні твірні конусу.

На рис.3 картина не тільки перпендикулярна площині $\Delta(S, I)$, а і паралельна осі q . Тоді картина відіграє роль фронтальної площини проєкцій, а перпендикулярна до I площина H_0 – горизонтальної. Лінія основи (B.L. – Base Line) їх спільна вісь.

Лінія обрису на картині задана умовно хвилястою кривою так, що три точки P, A та B мають спільну дотичну. Ця дотична пряма разом з точкою S визначає дотичну площину (на рис.1 це площина G_i). Перетинаємо її площиною, що перпендикулярна до I і належить точці S . На картині ця площина співпадає з лінією горизонту (H.L. – Horizontal Line). Тоді дотична площина буде визначена точкою S та горизонталлю $MS = h_0(M, S, P)$.

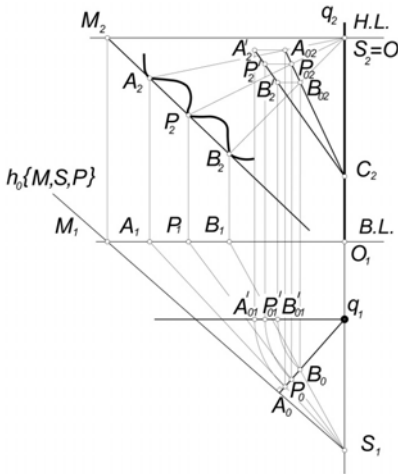


Рис.3. Схема знаходження елемента поверхні обертання при зведенні апарату проєцювання до тривіального випадку.

Площина, що проходить через l і перпендикулярна M, S, B на горизонтальній проєкції будується як перпендикулярна до h_0 . В перетині з твірними конуса вона визначає точки контакту його з поверхнею обертання (точки A_0, P_0, B_0). Обертанням навколо осі q вони переводяться в положення фронтального меридіану поверхні обертання (точки A', P', B'). Твердження 1 і 2, схема на рисунках 1 і 3 та приклад 1 демонструють підхід, яких можемо вважати дискретним на тому підґрунті, що лінія обрису розбивається на кінцеву кількість точок, для кожної з яких в просторі відтворюється коло.

Такий підхід не вимагає додаткових параметричних досліджень, і може бути реалізованим при дотриманні певних умов. Його застосовують, коли головним є відтворення лінії з бажаними естетичними вимогами.

Але є інша задача: вписати поверхню заданого вигляду (зокрема тор) так, щоб її зображення на картині займало певні межі. Межі можуть бути задані багатокутником, окремими прямими та прямими з визначеними на них точками дотику.

Параметричне число поверхонь обертання складається з чотирьох параметрів положення осі обертання та з k параметрів кривої меридіану.

Звернемось до схем на рис.1 та рис.3 і побачимо, що дотична до лінії обрису при заданій осі визначає круговий конус дотичних, а при фіксованій площині меридіану – дотичну до кривої меридіану. Точка на картині, що задана разом з дотичною задає точку з дотичною на меридіані.

По отриманих умовах будується меридіан і визначена ним поверхня обертання. Вона відображається на картину, задовольняючи межі задані на обрисі. При інших положеннях осі, результати моделювання будуть відрізнятися, але всі результати все одно задовольнять вихідні умови.

Твердження 5. Для моделювання поверхні обертання з k -параметричним меридіаном на картині необхідно задати умови еквівалентні завданню k параметрів.

Приклад 2.

Форма і положення тору з заданою віссю залежить від трьох параметрів (2 координати центру твірного кола та його радіус). На рис.4 розглядається схема моделювання в тривіальному випадку. Вісь тору суміщена з картиною. Припустимо, що при точці зору S , бажано, щоб обрис поверхні на картині мав дотичними лінії AB та FP . Точку P призначено точкою дотику.

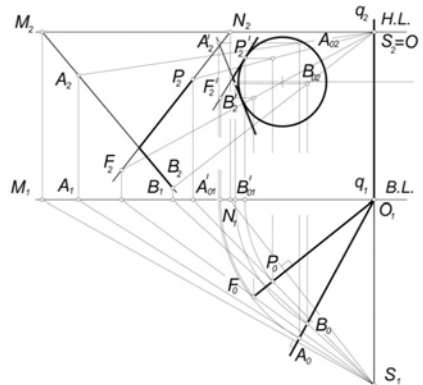


Рис. 4. Моделювання поверхні тору за параметричного схемою

По алгоритму, який описано для схеми тривіального випадку (рис.3) побудовані обмежувальні умови для фронтального меридіану: дотичні прямі $A'B'$ та $F'P'$.

Задача має чотири розв'язання. Наявність точки дотику Р зменшує кількість розв'язань до двох. Але дотичні визначально задаються як орієнтовані відрізки, що забезпечує єдине рішення.

Приклад 3.

Алгоритм параметричного моделювання в загальному випадку розглянемо на прикладі поверхні обертання кривої другого порядку навколо довільної осі, що не є віссю кривої. Перший етап (рис. 5а).

Крива другого порядку залежить від п'яти параметрів. Тому при заданих точці зору і площині симетрії на картині користувач визначає еквівалентні умови – в даному варіанті п'ятикутник в який має бути вписана поверхня.

Другий етап (рис.5б). Визначається вісь поверхні обертання $q \perp \Delta$ точками Q_1 та Q_2 . Через ось q про-

диться довільна площина Π . Вона приймається за площину головного меридіану.

Третій етап (рис.5в). За алгоритмом схеми на рис.1 для всіх прямих п'ятикутника (1...5) будуються прямі так, як для прямих l_i , на рис.1 будувались прямі A_iV_i . Для кожної прямої знаходиться точка C_i , і обертанням навколо осі q прями (1...5) приводяться до положення суміщеного з площиною Π . На ній маємо п'ять дотичних для побудови кривої меридіану. На основі розробок [6] і програмного продукту [7] будуються точки кривої другого порядку.

Четвертий етап (рис. 5г).

Отримана крива другого порядку разом з віссю дозволили побудувати поверхню еліптичного тору, контур якого з обраної точки зору вписано в заданий дотичний п'ятикутник

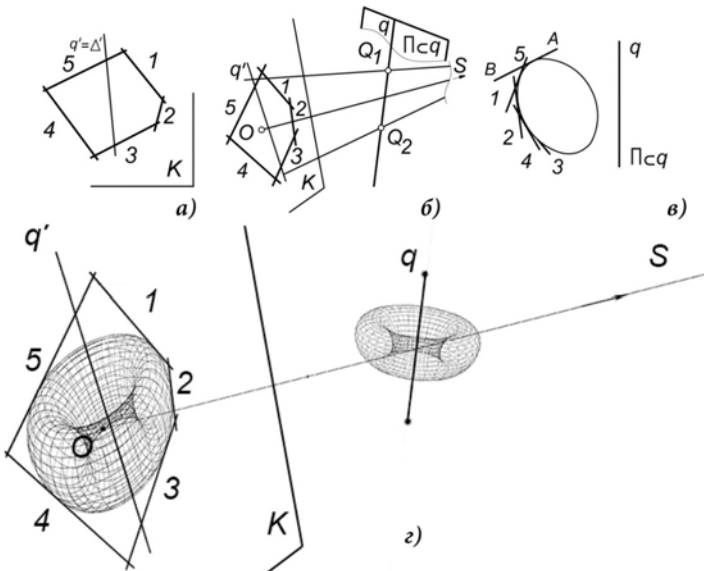


Рис.5. Схема алгоритму і приклад параметричного моделювання в загальному випадку

Дослідження статті виконувались в рамках задачі створення комплексного алгоритму, що об'єднує результати застосування системи AutoCAD [8], 3DsMax, та середовища для розробки 3D-додатків Unity [9]. Техно-

логія комп'ютерного моделювання поверхонь за лініями обрисув викладена в роботі [10].

ВИСНОВКИ

Ми здебільшого користувались поняттям «обгортачий конус», який, складає видиму межу будь якого зображення і в загальному випадку є лише частиною дотичного конусу. Зрозуміло і те, що в точках зникнення видимого контуру лінія контакту не зникає, а стає невидимою. Розроблений апарат однаково сприймає як видимий, так і невидимий контури, а також і лінії кон-

такту, що знаходяться в межах лінії обрису. Справа майстерності та таланту користувача зуміти цим скористатись.

Крім того, вимірність параметричного методу може бути значно підвищена за рахунок використання для ліній меридіанів обводів кривих. Такі обводи в межах однієї дуги не повинні мати точок перегину.

І, нарешті, обидві ці підходи дискретний та параметричний в різних варіантах можуть бути поєднані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ivshin K.S. Principy sovremennogo trekhmernogo modelirovaniya v promyshlennom dizajne/ K.S. Ivshin A.F. Basharova// Uralskaya gosud. arkhitekturno-khudozhestvennaya akademiya. Arkhitekton: izvestiya vuzov №39. – 2012. – S.101-113
2. Botvinovs'ka S.I. Geometrychne modeljuvannja poverhon' iz zadanyimi vlastyvosjtajmy u dyzajni ta arhitekuri/ S.I. Botvinovs'ka, Koval'ov S.M., Zolotova A.V./Upravlinnja rozvytkom skladnyh system. – K.: KNUBA. 2016. – №25. – S.121-125
3. Botvinovska S.I. Formoutvorennja diskretnih poverhon v arhitekturi ta dizajn-proektuvanni/ S.I.Botvinovska // Problemy informacnyh tehnologij. – 2016. – №19. – S.192-199.
4. Sazonov K.O. Modeljuvannja poverkhon obertannja na perspektivnykh zobrazhenniakh/ K.O.Sazonov, H.H. Sulimenko., S.Ju. Sulimenko // Suchasni problemy modeljuvannja : zb. Nauk. prots. – Melitopol: Vydavnytstvo MDPU im. B. Khmelnytskoho, – 2016. – Vyp.5. – S.110-116
5. Sulimenko S.Ju. Pobudova ploshhyny symetrii' konusa, dotychnogo do poverhni obertannja, za eskizom linii' obrysu/ S.Ju. Sulimenko, V.O.Anpilogova, G.G. Sulimenko// Visnyk HNTU №3(62), tom 2 «Prykladna geometrija ta komp'juterni tehnologii» – Har'kov.: 2017. – S.337-341.
6. Korotkij V.A. Sinteticheskie algoritmy postroeniya krivoj-vtorogo porjadka/ Korotkij V.A.// Vesnik kompyuternykh sh informacnyh tehnologij №11. – Yuzhno-ural'skij gosudarstvennyj-universitet. – 2014. S.20-24
7. Korotkij V.A. Programma dlya EVM postroenie krivoj vtorogo porjadka prokhodyashhej cherez dannje točki i kasajushhiesya dannyh pryamykh/ V.A. Korotkij// Svidetelstvo o gosudarstvennoj registracii №2011611961 ot 04.03.2011.
8. About Modeling 3D Objects [Electronic resource] // AUTODESK KNOWLEDGE NETWORK. – 2017. – Resource access mode: <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-9DACE807-BC9D-4357-B47E-C6199F6AF1A2-htm.html>
9. Unity 2017 Functionality [Electronic resource] // Unity Technologies. – 2017. – Resource access mode: <https://unity3d.com/ru/unity>.
10. Sulimenko S.Ju. Tehnologija komp'juternogo modeljuvannja ob'ektiv dyzajnu za linijamy obrysu poverhon' obertannja/ S.Yu. Sulimenko, K.O.Sazonov, V.O.Anpilogova, Zh.G.Levina. Suchasni problemy arhitektury ta mistobuduvannja: naukovo-tehnicnyj zb. KNUBA – K.:Vydavnytstvo KNUBA, – 2017. – Vyp.45. – S.195-201.

Рецензент: д.т.н., проф., Плоский В.О.,
Завідувач кафедри архітектури конструкції КНУБА

МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ

УДК 004.93

ГОЛУБ'ЯК І.В.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

КОСАРЕВИЧ Р.Я.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В багатьох інтелектуальних системах, у яких використовується ідентифікація осіб, застосовуються алгоритми розпізнавання обличчя за фотознімком. Завданням є Завдання ідентифікації обличчя та ідентифікація будь-яких об'єктів у цілому складається з двох частин: навчання та розпізнавання. Навчання здійснюється шляхом показу окремих об'єктів із зазначенням їх належності до того чи іншого класу. Обличчя особи може бути тільки одним, але його зображення, як правило, може бути із незначними спотвореннями. Саме при розпізнаванні обличчя автоматизованою системою і постають такі проблеми як вплив факторів навколишнього оточення (зміна освітлення, зміна позиції), а також через певні чинники організму (емоції, старіння). У результаті навчання розпізнавальна система повинна набути здатність реагувати однаково на всі об'єкти одного образу. Основним завданням біометричної системи розпізнавання обличчя є виділення інформативних ознак з отриманого образу для реєстрації, а в подальшому порівнянні оброблених ознак з вхідним інформативними ознаками, які вже використовуються для отримання певного доступу. Для цього протягом останніх десятиріч розвинулись численні підходи.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Зараз відома велика кількість уже реалізованих методів для роботи систем розпізнавання з за зображенням обличчя людини, звичайно в кожного є свої недоліки та переваги, які проявляються при певних факторах і немає одного найкращого. На даному етапі

більшість систем розпізнавання обличчя застосовують при роботі все ті ж методи для обробки даних, в процесі досліджень науковцями пропоную нові підходи для покращення роботи систем то удосконалення роботи алгоритму, які дозволяють виключити певні недоліки у їхній роботі. Кожен із запропонованих науковцями методів коректно працює на певному обладнанні та при певній побудові самої системи.

ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Враховуючи велику кількість недоліків підходів що стосуються як найпростішого зміни рівня освітлення, кута повороту обличчя чи звичайного спотворення вхідного зображення, що є показником якості системи в напрямку пропустити свого, велике значення має показник не пропустити чужого як у випадку збою системи так і у випадку обману системи за допомогою можливих шахрайських методів. Аналіз існуючих підходів та методів дасть можливість зосередитись на оптимальному, з можливість покращення та часткової зміни алгоритму роботи для покращення якості роботи системи як на роботу пропустити свого так і на не пропустити чужого.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Геометричний метод розпізнавання обличчя є одним із перших серед використовуваних методів розпізнавання обличчя [1, с.117]. В методах цього виду розпізнавання полягає у виділенні набору ключових точок (або областей) особи і наступному формуванні

набору ознак. Серед ключових точок можуть бути куточки очей, губ, кінчик носа, центр ока тощо. Даний метод задає високі вимоги до зйомки зображень і потребує надійного алгоритму знаходження ключових точок для загального випадку. У загальному випадку цей метод не є найоптимальнішим, однак для деяких специфічних завдань все ж перспективний [2]. До переваг методу можна віднести використання недорогого обладнання; при відповідному обладнанні є можливість розпізнавання зображень отриманих на значних відстанях. Серед недоліків слід відмітити наступні: низька статистична достовірність, високі вимоги до освітлення, обов'язкове фронтальне зображення особи, з невеликими відхиленнями. Більшість

алгоритмів не враховують можливі зміни міміки обличчя, тобто вираз обличчя має бути нейтральним.

Метод гнучкого порівняння на графах, суть якого зводиться до порівнянні графів, що описують зображення обличчя особи. Кожному зображенню обличчя ставиться у відповідність граф зі зваженими вершинами і ребрами. На етапі розпізнавання один з графів – еталонний – залишається незмінним, в той час як інший деформується з метою найкращої підгонки до еталонного. У подібних системах розпізнавання графи можуть являти собою як прямокутну решітку, так і структуру, утворену характерними (антропометричними) точками особи (Рисунок 1).

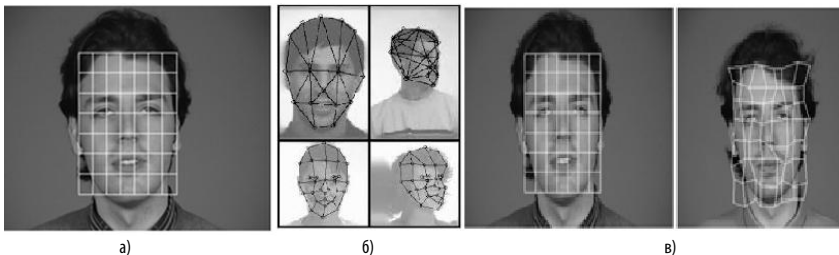


Рисунок 1 – Приклад структури графа для розпізнавання осіб: а) регулярна решітка б) граф на основі антропометричних точок обличчя в) деформації графа у вигляді регулярної решітки.

У роботі [3] показано застосування даного методу для створення системи розпізнавання людських облич. Слід відзначити напрацювання наведені у роботі [4], де пропонується новий підхід для підвищення ефективності методу, застосовуючи дискримінантне відношення Фішера до квадратичної задачі оптимізації за умови набору нерівностей шляхом об'єднання статистичного розпізнавання образів і опорних векторів. Експериментальні результати показують, що ефективність морфологічного узгодження еластичного графа значно покращується за допомогою запропонованого алгоритму зважування. Розширення традиційного підходу до методу пропонують автори статті [5], а саме використання методу для узагальненого розпізнавання облич, який дозволить обробляти більш викривлені чи деформовані образи даючи задовільні результати. У вершинах графа обчислюються значення ознак, найчастіше використовують комплексні значення фільтрів Габора

або їх впорядкованих наборів, які обчислюються в деякій локальній області вершини графа шляхом згортки значень яскравості пікселів з фільтрами [6]. Ребра графа зважуються відстанями між суміжними вершинами. Різниця між двома графами обчислюється за допомогою деякої функції деформації, що враховує як відмінність між значеннями ознак, обчисленими в вершинах, так і ступінь деформації ребер графа. Значення функції деформації при такому положенні деформованого графа і буде мірою відмінності між вхідним зображенням обличчя і еталонним графом. Результат розпізнавання системи – еталон з найкращим значенням цінкової функції деформації. В окремих публікаціях вказується 95–97% ефективність розпізнавання навіть при наявності різних емоційних виразів і зміні ракурсу при формуванні зображення особи до 15 градусів. Проте для порівняння вхідного зображення особи з 87 еталонними витрачається приблизно

25 секунд при роботі на паралельній ЕОМ [7]. Іншим недоліком такого підходу крім високої обчислювальної складності процедури розпізнавання є низька технологічність при запам'ятовуванні нових еталонів, що загалом призводить до нелінійної залежності часу роботи від розміру бази даних осіб. Основною перевагою є низька чутливість до рівня освітленості обличчя та до зміни кута обличчя, але сам по собі цей підхід має нижчі показники за достовірністю розпізнавання [8], ніж методи, побудовані із використанням нейромереж.

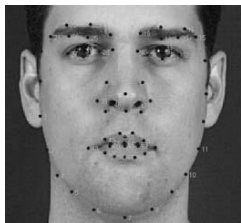


Рисунок 2 – Адаптивна розмітка обличчя

Застосування активних моделей зовнішнього вигляду до задачі розпізнавання обличчя, що означає новий підхід до інтерпретації зображень запропоновано у [9]. Також їх застосовують для розпізнавання артикуляції на обличчі [10]. Активні моделі зовнішнього вигляду – це статистичні моделі зображень, які шляхом різного роду деформацій можуть бути підігнані під реальне зображення. В моделях цього виду описуються два типи параметрів: параметри, пов'язані з формою (параметри форми), і параметри, пов'язані зі статистичною моделлю зображення або текстурою (параметри зовнішнього вигляду). Перед використанням модель повинна бути навчена на безлічі заздалегідь розмічених зображень. Кожна мітка має свій номер і

визначає характерну точку, яку повинна буде знаходити модель під час адаптації до нового зображення [11]. Приклад подібної розмітки показаний на Рисунку 2.

Метод головних компонент (МГК) зводить процес розпізнавання чи класифікації до побудови для вхідного зображення певної кількості головних компонент зображень [12, с. 88]. В залежності від їх числа збільшується або зменшується чутливість методу до шумів на зображенні та дрібних відмінностям в обличчях об'єктів [13, с.143]. Виділення ознак за допомогою вейвлет-перетворення вхідних зображень дозволяє значно зменшити кількість вхідної інформації, що важливо для роботи в режимі реального часу [14]. У роботі [15] пропонується підхід для покращення оперативності розпізнавання обличчя у відеопотоках завдяки застосуванню методу головних компонент. Автори роботи [16] пропонують застосування методу головних компонент не до цілого зображення, а роздільно до певних частин обличчя що суттєво покращує роботу системи при таких факторах як погане освітлення та зміна виразу обличчя. Перевагами МГК є те, що на відміну від інших методів він вимагає відносно невелику кількість характеристик. Також при наявності в наборі зображень обличчя варіацій, таких як раса, стать, емоції, освітлення, будуть з'являтися компоненти, величина яких в основному визначається цими факторами. Тому за значеннями відповідних головних компонент можна визначити, наприклад, расу або стать людини [17]. Як негативну сторону МГК слід назвати високі вимоги до умов зйомки зображень. Зображення повинні бути отримані в близьких умовах освітлення, однаковому ракурсі (вирішуються додаванням в навчальну вибірку зображень в різних ракурсах) і повинна бути проведена якісна попередня обробка, що приводить зображення до стандартних умов [18].

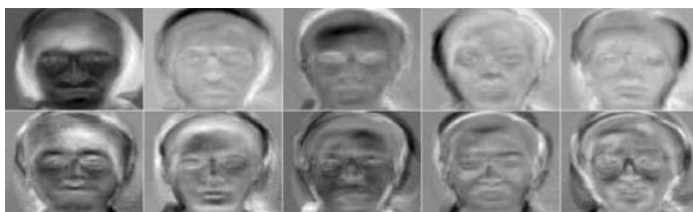


Рисунок 3 – Приклад перших десяти власних векторів (власних осіб), отриманих на навчальному наборі осіб

МГК добре зарекомендував себе в практичних додатках. Однак, у тих випадках, коли на зображенні обличчя присутні значні зміни в освітленості або виразі обличчя, ефективність методу значно зменшується. Вся справа в тому, що підпростір вибирається з такою метою, щоб максимально апроксимувати вхідний набір даних, а не виконати дискримінацію між класами осіб. Було запропоновано вирішення цієї проблеми з вико-

ристанням лінійного дискримінанту Фішера [19] (ЛДФ), за якого лінійний підпростір ознак вибирається так щоб максимізувати відношення міжматрицями міжкласового і внутрішньо класового розкиду. За результатами експериментів в умовах сильного бокового і нижнього затінення зображень обличчя застосування ЛДФ показало 95% ефективність у порівнянні з 53% МГК [19].

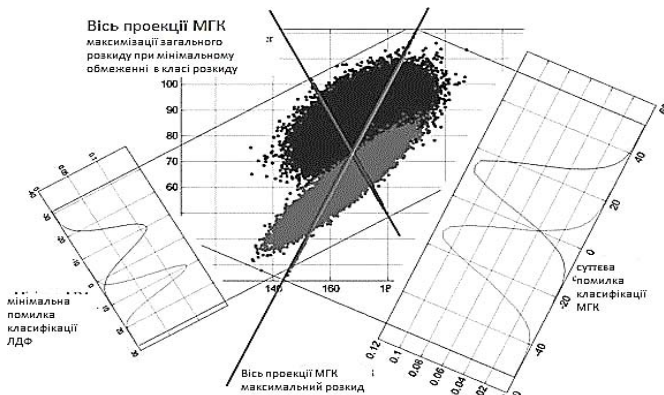


Рисунок 4 – Формування проєкцій за допомогою МГК і ЛДФ

Лінійний дискримінантний аналіз [19, 20] використовує таку проєкцію простору зображень на простір ознак, яка групує якнайближче зображення з тим самим обличчям й одночасно віддаляє один від одного зображення з різними обличчями. В базі даних для роботи алгоритму зберігається множина фотографій людей при різних умовах освітлення для кожної особи. Завдяки цьому, метод стійкий до змін освітленості. Недоліком підходу є відсутність інваріантності до афінних перетворень зображень. У роботах [21, 22] наведено шляхи подолання основних недоліків методу та запропоновані удосконалення, які дозволяють підняти до 99% ймовірність коректного розпізнавання обличчя.

Метод розпізнавання обличчя, тепер відомий як метод Віюлі-Джонса, запропоновано в [23] та дозволяє виявляти об'єкти на зображеннях в реальному часі. В якості ознак для алгоритму розпізнавання авторами були запропоновані ознаки, на основі вейвлетів Хаара [24]. Основною перевагою способу є те, що процес виявлення складається в основному з додавань і порого-

вих порівнянь. Виявлення є швидким, навіть в системах з обмеженими ресурсами, такі як мобільні пристрої. З іншого боку, точність детектора особи сильно залежить від використовуваної бази даних для навчання. Метод складається з 2-х підалгоритмів: алгоритм навчання і алгоритм розпізнавання. Метод має такі переваги – можливе виявлення більше однієї особи на зображенні, використання простих класифікаторів, показує високу швидкість, що дозволяє використовувати цей метод для аналізу відеопотоку. До недоліків слід віднести складність навчання, оскільки у ході навчання алгоритмом необхідно проаналізувати велику кількість тестових зображень. З метою подолання цього недоліку у роботі [25] пропонується використання інтегрального зображення. Завдяки цьому, успішно реалізований детектор особи в режимі реального часу на вбудованій системі. Метод добре працює при спостереженні об'єкта під невеликим кутом, приблизно до 30°. Точність розпізнавання з використанням даного методу частко-

во досягає понад 90%, що є хорошим результатом. Однак при куті відхилення понад 30° ймовірність розпізнавання різко падає. Враховуючи дану особливість унеможливується детектування особи під довільним кутом [26,27]. Слід відмітити велику кількість реалізації даного методу, в тому числі у складі бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV. У роботі [28] пропонується застосування даного алгоритму на новій технології GPU, яка може стати найшвидшою в обробці.

Використання нейронних мереж. Одні з найкращих результатів в області розпізнавання осіб досягається за допомогою використання згорткових нейронних мереж (ЗНМ), які є логічним розвитком таких архітектур як когнітрон і неокогнітрон. Успіх обумовлений можливістю обліку двовимірної топології зображення, на відміну від багатощарового перцептрона. Відмінними рисами ЗНМ є локальні рецепторні поля, які забезпечують локальну двовимірну зв'язність нейронів, загальні ваги, що дозволяють детектування окремих рис в будь-якому місці зображення та ієрархічна організація з просторовими семплінгом. Завдяки цим нововведенням ЗНМ забезпечує часткову стійкість до змін масштабу, зсувам, поворотам, зміни ракурсу та іншим спотворень [29-32]. Тестування ЗНМ на базі даних ORL [33], що містить зображення осіб з невеликими змінами освітлення, масштабу, просторових поворотів, положення і різними емоціями, показало 96% точність розпізнавання. Свій розвиток ЗНМ отримали у розробці DeepFace [30], яка використовується для розпізнавання користувачів соцмереж. Слід відмітити, що особливості архітектури даної нейронної мережі носять закритий характер. До недоліків методів, які побудовані на основі нейронних мереж можна віднести додавання нового еталонного особи в базу даних, що вимагає повного перенавчання мережі на всьому наявному наборі, а це досить тривала процедура, яка залежно від розміру вибірки вимагає годин роботи а то і декількох днів. Також їм властиві проблеми математичного характеру, пов'язані з навчанням: попадання в локальний екстремум, вибір оптимального кроку оптимізації, перенавчання, тощо. Важко формалізується етап вибору архітектури мережі (кількість нейронів, шарів, характер зв'язків).

Локальні бінарні шаблони (ЛБШ) вперше були запропоновані в 1996 році для аналізу текстури півтонових

зображень. Дослідження показали, що ЛБШ інваріантні до невеликих змін в умовах освітлення і невеликим поворотам зображення [34,35]. Вони є описом околу пікселя зображення в двійковому представленні. Оператор ЛБШ використовує вісім пікселів околу, приймаючи значення інтенсивності центрального пікселя в якості порогу. Пікселі зі значенням інтенсивності більшим чи рівним значенню інтенсивності центрального пікселя приймають значення рівні «1», інші приймають значення рівні «0». Таким чином, результатом застосування базового оператора ЛБШ до пікселя зображення є восьмирозрядний бінарний код, який описує окіл цього пікселя [35]. Точність розпізнавання для бази [33] становить 95%. Методи на основі ЛБШ добре працюють при використанні зображень обличчя із різною мімікою, різним освітленням, поворотами голови. Серед недоліків – необхідність якісної попередньої обробки зображень через високу чутливість до шуму, оскільки за його присутності зростає кількість помилкових бінарних кодів. У роботі [36] пропонується ефективний метод використання ЛБШ, де зображення розділяється на кілька областей, з яких вибирається певна особливість і ЛБШ об'єднуються в розширений вектор ознак, який використовується в якості дескриптора особи.

ВИСНОВКИ

Один із поширених підходів до побудови біометричних систем ідентифікації особи полягає у розпізнаванні зображень обличчя. В роботі розглянуті основні напрямки побудови таких методів розпізнавання. Проведено аналіз їх переваг та недоліків, вказано на обмеження при реалізації для систем ідентифікації. На основі проведеного аналізу можна стверджувати про відсутність абсолютної переваги окремого напрямку. Більш чіткий вибір методу має бути продуктований умовами застосування, тобто властивостями біометричної системи, яка застосовується для отримання того чи іншого виду доступу. Крім того відомі недоліки методів проявляються при неумисному спотворенні зображень, тому також доцільно проаналізувати розглянуті методи на стійкість до зумисних спотворень з метою достовірної класифікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Venetsanopoulos A. Face recognition using kernel direct discriminant analysis algorithms // IEEE Transactions On Neural Networks. – 2003. – Vol.14. – №1. – P.117–126.
2. Vydelenie i raspoznavanie lic [Elektronnij resurs] – Rezhim dostupu do resursu: http://wiki.technicalvision.ru/index.php?title=%C2%FB%E4%E5%EB%E5%ED%E8%E5_%E8_%F0%E0%F1%EF%EE%E7%ED%E0%E2%E0%ED%E8%E5_%EB%E8%F6&action=edit.
3. Wiskott L., Fellous J.-M., Krüger N. Face recognition by elastic bunch graph matching // Intelligent biometric techniques in fingerprint and face recognition – USA. Inc. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999. – P. 357–396.
4. Tefas A., Kotropoulos C., Pitas I. Using support vector machines to enhance the performance of elastic graph matching for frontal face authentication / A. Tefas, // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2001. – Vol. 23. -Issue: 7. – P. 735 – 746
5. Shina H., Kima S-D, Choib H.-C. Generalized elastic graph matching for face recognition // Pattern Recognition Letters. – 2007. – Vol. 28. -Issue 9. – P. 1077–1082.
6. Lawrence S., Giles C. L., Tsoira A. C. Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach// IEEE Transactions on Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition. – 1997. – Vol. 8. – №1. – P.98–113.
7. Lades M., Vorbruggen J., Buhmann J. Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture [Electronic resource] // IEEE Transactions on computers. – 1993. – Vol. 42. – №. 3. – Available at : <http://www.vision.caltech.edu/CNS179/papers/Lades93.pdf>
8. Viola P. Robust realtime face detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – V. 57. – № 2. – P. 137–154.
9. Cootes T. F., Edwards G. J., Taylor C. J. Active appearance models// Computer Vision — ECCV'98. – 2006. Volume 1407 of the series Lecture Notes in Computer Science. – P. 484-498.
10. Davidov M. V., Nikol'skij, Ju. V., Tihans'kij, S. M. Algoritm viznachennja formi gub pid chas artikuljacij dlja ukraïns'koi zhestovoi movi // Visnik Nacional'nogo universitetu "Lvivs'ka politehnika". – 2010. – № 673 : Informacijni sistemi ta merezi. – S. 267-273.
11. Cootes T. F., Edwards G. J., Taylor C. J. Active appearance models. // IEEE Trans. on Pattern Recognition and Machine Intelligence. – 2001. – №23 (6) – P. 681–685.
12. Lisenko A. M. Zastosuvannja biometricznih sistem dlja identifikacii osobi // Visnik Kiïvs'kogo nac. un.-tu im. T.Shevchenka. Juridichni nauki. – 2004. – №60/62. – S. 87-91.
13. Neřian V., HayesIII M. H. Face Detection and Recognition Using Hidden Markov Models // Proc. of IEEE International Conference on Image Processing. – 1998. – vol. 1. – P.141-145.
14. Krak Ju.V.; Kruchinin K.S. Poperednja veivlet-obrobka i vikoristannja metodu golovnih komponent dlja virishennja zadachi identifikacii osobi za fotografichnim zobrazhennjam // Shtuchnij intelekt. — 2010. — № 1. — S. 76-85.
15. Zarishnjak V. M. Vidilennja oblichchja ljudini iz videopotoku na osnovi metodu golovnih komponent [Elektronnij resurs] // Materiali XLV Naukovo-tehnicnoi konferencii VNTU, Vinnicja, 23-24 bereznja 2016 r. - Elektron. tekst. dani. - 2016. - Rezhim dostupu : <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2016/paper/view/1246>.
16. Gottumukkal R., Asari V.K. An improved face recognition technique based on modular PCA approach // Pattern Recognition Letters. – 2004. – Vol. 25.- Issue 4.- P. 429–436.
17. Abate F., Nappi M., Riccio D. 2D and 3D face recognition: A survey [Electronic resource] // Pattern Recognition Letters. -2007. -Vol.28. – P. 1885–1906. – Available at : <https://pdfs.semanticscholar.org/2f5d/44dc3e1b5955942133ff872ebd31716ec604.pdf>
18. Zhou M., Liu X., Geng G. 3D Face Recognition Based on Geometrical Measurement // Advances in Biometric Person Authentication. – 2005. – P. 244-249
19. Belhumeur P., Hespanha J.P, Kriegman D.J.Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. -1997. –VOL. 19. – №7. – P. 711-720.
20. Viola P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2001. – V. 1. – Kauai, Hawaii, USA. – P. 511–518.
21. Pedrycz W., Kwak K.-C. Face recognition using a fuzzy fisherface classifier //Pattern Recognition. -2005. – Vol. 38. – Issue 10. – P. 1717–1732.
22. Belhumeur P.N.; Hespanha J.P.; Kriegman D.J. Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection// IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. -1997.-Vol. 19.- Issue 7. – P.711-720.
23. Metod Violy-Dzhonsa (Viola-Jones) kak osnova dlja raspoznavanija lic [Elektronnij resurs] / Rezhim dostupa:<https://habrahabr.ru/post/133826/>
24. Haar A. Z. Theorie der orthogonalen Funktionensysteme. Mathematische Annalen / Published in: C. Heil and D.F. Walnut (eds.)// Fundamental Papers in Wavelet Theory. – Princeton University Press, Princeton 2006. – P. 155-188.
25. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [Electronic resource] .- 2001. – Available at : <http://www.hpl.hp.com/techreports/Compaq-DEC/CRL-2001-1.pdf>
26. Viola P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2001. – V. 1. – Kauai, Hawaii, USA. – P. 511–518.
27. Viola P. Robust realtime face detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – V. 57. – № 2. – P. 137–154.

28. Hefenbrock D.; Oberg J.; Thanh N. T. N. and oth. Accelerating Viola-Jones Face Detection to FPGA-Level Using GPUs // Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM), 2010 18th IEEE Annual International Symposium. – 2010. – Available at : <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5474075/>
29. Lawrence S., Giles C.L., Tsoira C. Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach // IEEE Transactions on Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition. – 1997. – Vol. 8. – №1. – P.98–113.
30. Taigman Y., Yang M., Ranzato M. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification [Electronic resource] / [Yaniv Taigman, Ming Yang, Marc Aurelio Ranzato та ін]. – Available at : https://www.cs.toronto.edu/~ranzato/publications/taigman_cvpr14.pdf
31. Meng Joo Er ; Chen W.; Wu Shiqian High-speed face recognition based on discrete cosine transform and RBF neural networks // IEEE Transactions on Neural Networks. – 2005. –Vol. 16. – Issue: 3. – P. 679 – 691.
32. Rowley H.A.; Baluja S.; Kanade T. Rotation invariant neural network-based face detection // Computer Vision and Pattern Recognition, 1998. Proceedings. 1998 IEEE Computer Society Conference. – 1998. – Available at : <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/698585/> <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>
33. Mäenpää T. The local binary pattern approach to texture analysis – extensions and applications — Finland ,Oulu University Press, 2003. – 80 p.
34. Ahonen T.; Hadid A.; Pietikainen M. Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition//IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. –2006. – Vol. 28. – Issue 12.- P. 2037 – 2041.
35. Lifshic Ju. Metody raspoznavanija lic // [Elektronnij resurs]. / Rezhim dostupu: <http://yury.name/modern/08modernnote.pdf>

Рецензент: д.т.н., проф. Коваленко В.Ф.,
Херсонський національний технічний університет



АНОТАЦІЇ

UDC 007.5:004.9/ Ходаков В. Е., Абрамов Г. С., Абрамова Г. В., Соколов А. Е./ Влияние природно-климатических условий и социально-экономических факторов на развитие экономики/Проблемы информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 5-18: Библ.: 24 назв., укр.

UDC 007.5:004.9/ Ходаков В. Е., Абрамов Г. С., Абрамова Г. В., Соколов А. Е./ Влияние природно-климатических условий и социально-экономических факторов на развитие экономики/Проблемы информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 5-18: Библ.: 24 назв., укр.

UDC 007.5:004.9/ Khodakov V. E., Abramov G. S., Abramova G. V., Sokolov A. E./ Influence of natural-climate conditions and socio-economic factors on the development of economics/The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 5-18: Ref.: 24 titles, ukr.

В роботі побудовані двофакторні і трьохфакторні моделі залежності ВВП від рівня розвитку людського капіталу, індексу сприйняття корупції та глобального індексу інновацій. Побудовані моделі показують вирішальну роль розвитку людського капіталу (поряд з інноваційною активністю) у формуванні ВВП країн, однак високий рівень корупції нівелює позитивний вплив цього фактора, що особливо характерно для країн східноєвропейського типу і наочно видно на прикладі України. Показано, що у формуванні людського капіталу визначальну роль відіграє фактор освіти, який, таким чином, детермінує економічний розвиток і передові країни його ефективно використовують.
Ключові слова: природно-кліматичні чинники, соціально-економічні чинники, розвиток економіки.

В работе построены двухфакторные и трёхфакторные модели зависимости ВВП от уровня развития человеческого капитала, индекса восприятия коррупции и глобального индекса инноваций. Построенные модели показывают решающую роль развития человеческого капитала (наряду с инновационной активностью) в формировании ВВП стран, однако высокий уровень коррупции нивелирует положительное влияние этого фактора, что особенно характерно для стран восточно-европейского типа и наглядно видно на примере Украины. Показано, что в формировании человеческого капитала определяющую роль играет фактор образования, который, таким образом, детерминирует экономическое развитие и передовые страны его эффективно используют.
Ключевые слова: природно-климатические факторы, социально-экономические факторы, развитие экономики.

Two-factorial and three-factor models of GDP dependence on the level of human capital development, the corruption perception index and the global innovation index are constructed in the paper. The constructed models show the decisive role of the development of human capital (along with innovative activity) in the formation of the GDP of countries, but a high level of corruption levels the positive impact of this factor, which is especially typical for the countries of the Eastern European type and is clearly seen in the example of Ukraine. It is shown that the formation factor plays a decisive role in the formation of human capital, which, therefore, determines economic development and advanced countries use it effectively.
Keywords: natural and climatic factors, socio-economic factors, economic development.

UDC 6.21.377.037/ Соколов А.Е., Бразник О.М., Бразник Д.О./ Про інформаційний простір/Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2 (022). – С. 19-25: Библ.: 11 назв., укр.

UDC 6.21.377.037/ Соколов А.Е., Бразник А.М., Бразник Д.А./ Об информационном пространстве/Проблеми информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 19-25: Библ.: 11 назв., укр.

UDC 6.21.377.037/ Sokolov A.Y., Braznyk O.M., Braznyk D.O./ About the information space/The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 19-25: Ref.: 11 titles, ukr.

Розглянуто формування імовірнісного та інформаційного простору, проаналізовано їх норми і метрики. Доведено наступне:
1. Інформаційний простір це нормований метричний простір над імовірнісним простором.
2. Традиційна міра Хартлі не забезпечує виконання аксиоми симетрії, що відображає особливості інформаційних процесів.
3. Норма побудована на основі міри Хартлі для зворотної події відповідає всім вимогам норми.
4. Природна метрика, побудована на основі міри Хартлі для норми симетричних різниць, відповідає всім вимогам метрики.
Ключові слова: інформаційний простір, міра Хартлі, імовірнісний простір.

Рассмотрено формирование вероятностного и информационного пространства, проанализированы их нормы и метрики. Доказано следующее:
1. Информационное пространство - это нормированное метрическое пространство над вероятностным пространством.
2. Традиционная мера Хартли не обеспечивает выполнения аксиомы симметрии, что отражает особенности информационных процессов.
3. Норма построенная на основе меры Хартли для обратного события отвечает всем требованиям нормы.
4. Естественная метрика, построенная на основе меры Хартли для нормы симметричных разностей, отвечает всем требованиям метрики.
Ключевые слова: информационное пространство, мера Хартли, вероятностное пространство.

The formation of the probability and information space is considered, their norms and metrics are analyzed. Proved the following:
1. The information space is a normed metric space over a probability space.
2. The traditional measure of Hartley does not ensure the implementation of the axiom of symmetry, which reflects the features of information processes.
3. Norm built on the basis of the Hartley measure for the reverse event meets all the requirements of the norm.
4. The natural metric, constructed on the basis of the Hartley measure for the norm of symmetric differences, meets all the requirements of the metric.
Keywords: information space, Hartley measure, probability space.

UDK 004.09/ Vasoхin M.I., Kasim A.M., Dolinniy V.V., Kasim M.M. /Засоби побудови великомасштабних електронних карт для геоінформаційних систем різного призначення// Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2 (022). – С. 26-35: Бібл.: 11 назв, укр.

У статті ліквідовано недоліки, властиві геоінформаційним системам-прототипам вітчизняного та іноземного виробництва, а саме: замість картосхеми введено ряд великомасштабних тематичних цифрових карт, що в залежності від контексту прикладної задачі позмінно відображаються в динамічній сцені реальної обстановки, а замість закордонного програмного забезпечення запропоновано вітчизняне програмно-технічне середовище обробки скомбінованих даних аерознімання об'єктів місцевості з використанням скануючої системи на базі ПЗС-лінійок та інерціально-спутникового навігаційного комплексу.

Наведено математичний опис процедур обробки знімків сукупно з навігаційними даними, а також зв'язок і властивості координатних систем об'єктів, залучених у процес цифрового аерознімання.

Ключові слова: геоінформаційна система, цифрова карта, інтеграція навігаційних і фотogramметричних даних, сканерний знімок, ректифікація зображення, матриця обертавання.

UDK 004.09/ Vasoхin M.I., Kasim A.M., Dolinniy V.V., Kasim M.M. / Средства построения крупномасштабных электронных карт для геоинформационных систем различного назначения// Проблемы информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 26-35: Библ.: 16 назв, укр.

В статье ликвидированы недостатки, присущие геоинформационным системам-прототипам отечественного и иностранного производства, а именно: вместо картосхем введены ряд крупномасштабных тематических цифровых карт, который в зависимости от контекста прикладной задачи поменно отображается в динамической сцене реальной обстановки, а в противовес зарубежному программному обеспечению предложена отечественная программно-техническая среда обработки скомбинированных данных аэросъемки объектов местности с использованием сканирующей системы на базе ПЗС-линеек и инерциально-спутникового навигационного комплекса.

Приведено математическое описание процедур обработки снимков совокупно с навигационными данными, а также связь и свойства координатных систем объектов, вовлеченных в процесс цифровой аэросъемки.

Ключевые слова: геоинформационная система, цифровая карта, интеграция навигационных и фотogramметрических данных, сканерный снимок, ректификация изображения, матрица вращения.

UDC 004.09/ Vasyukhin M.I., Qasem A.M., Dolinniy V.V., Kasim M.M./Means of construction of large-scale electronic maps for geoinformation systems of various purpose// The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 26-35: Ref.: 16 titles, ukr.

The article eliminates the drawbacks inherent in geoinformation systems-prototypes of domestic and foreign production, namely: instead of the map-charts, a number of big-scale thematic digital maps have been introduced, which depending on the context of the applied task are displayed in a dynamic scene of the actual situation, and instead of the foreign software, program-technical environment for processing of combined data of aerial survey of terrain objects using a scanning system on bases of CCD-lines and inertial-satellite navigation complex has suggested.

A mathematical description of the procedures for processing images together with the navigation data is given, as well as the relationship and properties of the coordinate systems of objects involved in the digital aerial survey process.

Keywords: geoinformation system, digital map, integration of navigation and photogrammetric data, scanner image, image rectification, rotation matrix.

UDK 519.688.531.3.539.4 539.3/6 539.4/ Razoв Ю.Г. / Методика використання скінчено-елементного аналізу в розрахунках на міцність технологічної оснастки в процесах обробки металів тиском// Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2 (022). – С. 36-41: Бібл.: 10 назв, рос.

Розроблено скінчено-елементну модель процесу гідроекструзії трубчастих заготовок в середовищі високих гідростатичних тисків, необхідних для підвищення пластичності сталі 30ХН2МФА при холодному формотворенні виробів. Дослідження НДС матриці з використанням методу скінчених елементів підтвердило достатню міцність і надійність інструменту при отриманні прецизійних трубчастих виробів гідропресування з рухомою гладкою оправкою. Натурні експерименти підтвердили адекватність комп'ютерного моделювання та ефективність запропонованого методу виготовлення високоточних довгомірних трубчастих виробів.

UDK 519.688.531.3.539.4 539.3/6 539.4/ Razoв Ю.Г./Методика использования конечно-элементного анализа в расчётах на прочность технологической оснастки в процессах обработки металлов давлением// Проблемы информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 36-41: Библ.: 10 назв, рус.

Разработана конечно-элементная модель процесса гидроэкструзии трубчатых заготовок в среде высоких гидростатических давлений, необходимых для повышения пластичности сталей 30ХН2МФА при холодном формообразовании изделий. Исследование НДС матрицы с использованием метода конечных элементов подтвердило достаточную прочность и надёжность инструмента при получении прецизионных трубчатых изделий гидропрессованием с подвижной гладкой оправкой. Натурные эксперименты подтвердили адекватность компьютерного моделирования и эффективность предложенного метода изготовления высокоточных длинномерных трубчатых

UDC 519.688.531.3.539.4 539.3/6 539.4/ Razoв Y.H./The technique of using finite element analysis in calculating the strength of tooling in metal forming processes// The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 36-41: Ref.: 10 titles, ru.

A finite-element model of the process of hydroextrusion of tubular blanks in the medium of high hydrostatic pressures necessary to increase the ductility of 30ХН2МФА steel with cold forming of products has been developed. The investigation of the matrix using the finite element method confirmed the sufficient strength and reliability of the tool in the production of precision tubular products by hydro-pressing with a movable smooth mandrel.

Experiments confirmed the adequacy of computer simulation and the effectiveness of the proposed method for manufacturing high-precision long tubular products.

Keywords: hydropressing, hydroextrusion, defor-



Ключові слова: гідропресування, гідрострузів, деформування, технологічна оснастка, матриця, оправка, моделювання, міцність, надійність, руйнування

изделий.
Ключевые слова: гидрокессование, гидрокструзия, деформирование, технологическая оснастка, матрица, оправка, моделирование, прочность, надёжность, разрушение

mation, technological equipment, matrix, mandrel, modeling, strength, reliability, destruction

UDK 004.942: 621.3.013 / Рябенкий В.М., Чудайкин І.І., Тарзунанова Ю. Д. / Розробка архітектури програмного комплексу для моделювання полів тонкостінних конструкцій в тривимірному просторі // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2 (022). – С. 42–48 : Бібл.: 10 назв, рос.

UDK 004.942: 621.3.013 / Рябенкий В.М., Чудайкин І.И., Тарзунанова Ю.Д. / Разработка архитектуры программного комплекса для моделирования полей тонкостенных конструкций в трехмерном пространстве // Проблемы информационных технологий. – 2017. - № 2 (022). - С. 42-48 : Библ.: 10 названий, рус.

UDK 004.942: 621.3.013/Ryabenskiy V.M., Chudaykin I.I., Targunakova J.D./Development of software architecture for magnetic fields calculation of the thin-walled structures in a three dimensional space// The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 42-48 : Ref.: 10 titles, ru.

У статті описується архітектура розробленого програмного комплексу MBEM для розрахунку магнітного поля тонкостінних конструкцій в тривимірному просторі. Наведені приклади розрахунку магнітного поля тонкостінних конструкцій.

В статье описывается архитектура разработанного программного комплекса MBEM для расчета магнитного поля тонкостенных конструкций в трехмерном пространстве. Приведены примеры расчета магнитного поля тонкостенных конструкций.

The article describes the architecture of the developed MBEM software for calculating magnetic field of arbitrary shape thin-walled structures in a three-dimensional space. Examples of the magnetic field calculations of the thin-walled structures are given.

Ключові слова: магнітне поле; вектор магнітної напруженості; модифікований метод граничних елементів; архітектура програмного комплексу MBEM для розрахунку магнітного поля тонкостінних конструкцій.

Ключевые слова: магнитное поле; вектор магнитной напряженности; модифицированный метод граничных элементов; архитектура программного комплекса MBEM для расчета магнитного поля тонкостенных конструкций.

Keywords: magnetic field; vector of magnetic tension; modified boundary element method; architecture of MBEM software for calculating magnetic field of arbitrary shape thin-walled structures in a three-dimensional space.

UDK 004.3(075) / Веселовська Г.В. / Моделі предметної галузі комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2 (022). – С. 49–62 : Бібл.: 15 назв, укр.

UDK 004.3(075) / Веселовская Г.В. / Модели предметной области компьютерных систем графических и мультимедийных технических средств обучения // Проблемы информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 49–62 : Библ.: 15 назв, укр.

UDK 004.3(075) / Veselovskaya G.V. / The models of the subject area of computer systems of graphic and multimedia technical means of training // The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 49–62 : Ref.: 15 titles, ukr.

Проаналізовано та сформульовано актуальні підпроблеми дослідження комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання. Створено формалізовані інформаційні моделі комп'ютерних систем графічних і мультимедійних технічних засобів навчання на рівні об'єктів предметної галузі зазначених систем і засобів, що доповнюють, розширюють та узагальнюють існуючі в даній предметній галузі напрацювання.

Проанализированы и сформулированы актуальные подпроблемы исследования компьютерных систем графических и мультимедийных технических средств обучения. Созданы формализованные информационные модели компьютерных систем графических и мультимедийных технических средств обучения на уровне объектов предметной области указанных систем и средств, которые дополняют, расширяют и обобщают существующие в данной предметной области наработки.

Analyzed and formulated the actual subproblems of the study of computer systems of graphic and multimedia technical means of training.

Ключові слова: комп'ютерна система, технічні засоби навчання, комп'ютерна графіка, мультимедіа, предметна галузь, навчання, модель.

Ключевые слова: компьютерная система, технические средства обучения, компьютерная графика, мультимедиа, предметная область, обучение, модель.

Formalized information models of computer systems of graphic and multimedia technical means of training are created at the level of the subject area objects of the specified systems and means, which supplement, expand and generalize the existing in the given subject area working out.

Keywords: computer system, technical means of training, computer graphics, multimedia, subject area, training, model.

UDK 514.182 / Ковалев С.М., Ботвінська С.І. / Керування формою дискретно представлених поверхонь за рахунок варіювання параметрів

UDK 514.182 / Ковалев С.И., Ботвинковская С.И. / Управление формой дискретно представленных поверхностей путем варьирования параметров

UDK 514.182 / S. Kovalov, S. Botvinovska / Controlling the shape of discrete surfaces by varying the parameters of the external loading on the forming surface // «Prob-



зовнішнього формуютьуючого навантаження // *Проблеми інформаційних технологій.* – 2017. – № 2(022). – С. 63-69 : Бібл.: 11 назв., укр.

В роботі досліджуються можливості керування формою дискретно представлених поверхонь за рахунок варіювання параметрів зовнішнього формуютьуючого навантаження. Такий підхід суттєво розширює формуютьуючі можливості СГМ, який є наочною інтерпретацією методу скінчених різниць. Проведені дослідження підтверджують перспективність використання СГМ для конструювання дискретних сіток рівноважених поверхонь архітектурних оболонок, з урахуванням накладених на них обмежень та збереженням їх естетичних характеристик. Наведені в роботі приклади побудови дискретних каркасів рівноважених поверхонь наочно демонструють, що використання всіляких поєднань трьох параметрів зовнішнього формуютьуючого навантаження, яке діє на вузли сітки, дозволяє значно розширити можливості управління формою ДПП із заданими крайовими умовами та на довільно заданих опорних контурах.

Ключові слова: геометричне моделювання, дискретно представлена поверхня, архітектурне формуютьвання, дискретний каркас, статико-геометричний метод.

UDK 004.921 / Зайцева Е.Е., Меркулова К.В. / *Використання системного аналізу для оптимізації управління транспортною системою // Проблеми інформаційних технологій.* – 2017. – № 2(022). – С. 70-75 : Бібл.: 6 назв., укр.

В роботі запропоновано застосувати методи системного аналізу для оптимізації процесу управління транспортною системою кар'єрного комплексу з використанням двох підходів системного аналізу до побудови системи управління дискретно-подійними системами на основі Max-Plus алгебри. Проведено перевірку керуваності станів системи та визначено, що FIFO-управління «перший прийав – перший виїхав» дозволяє досягти оптимальної роботи системи, що описано за допомогою рівнянь у просторі станів.

Ключові слова: системний аналіз, управління транспортною системою, Max-Plus алгебра.

UDK 519.21.681.142 / О.А. Стенін, В.П. Паско, В.А. Лемешко / *Предметно-орієнтований пошук*

внешней формообразующей нагрузки // *Проблемы информационных технологий.* – 2017. – № 2(022). – С. 63-69 : Библ.: 11 назв., укр.

В работе исследуются возможности управления формой дискретно представленных поверхностей путем варьирования параметрами внешней нагрузки. Это позволит существенно расширить формообразующие возможности статико-геометрического метода, который является наглядной интерпретацией метода конечных разностей. Дальнейшее использование данного метода, для конструирования дискретных сеток архитектурных оболочек, позволит моделировать их оптимальные формы с сохранением эстетических характеристик поверхностей и соблюдением заданных технологических и конструктивных условий, предъявляемых к ним.

Рассмотренные примеры наглядно демонстрируют возможности моделирования дискретных каркасов поверхностей. Использование различных сочетаний трех параметров внешней нагрузки, действующей на узлы сети, значительно расширяет возможности управления формой поверхностей с заданными краевыми условиями и на произвольно заданных опорных контурах.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, дискретно представленные поверхности, архитектурное формообразование, дискретный каркас, статико-геометрический метод.

UDK 004.921 / Зайцева Э.Е., Меркулова Е.В. / *Использование системного анализа для оптимизации управления транспортной системой // Проблеми информационных технологий.* 2017. – № 2 (022). – С. 70-75 : Библ.: 6 назв., укр.

В работе предложено применить методы системного анализа для оптимизации процесса управления транспортной системой карьерного комплекса с использованием двух подходов системного анализа к построению системы управления дискретно-событийными системами на основе Max-Plus алгебры. Проведена проверка управляемости состояний системы и определено, что FIFO-управление «первый приехал – первый выехал» позволяет достичь оптимальной работы системы, что описано с помощью уравнений в пространстве состояний.

Ключевые слова: системный анализ, управление транспортной системой, Max-Plus алгебра.

UDK 519.21.681.142 / О.А. Стенін, В.П. Паско, В.А. Лемешко / *Предметно-ориентированный*

lems of information technologies». – 2017. – № 2(022). – P. 63-69 : Ref.: 1 titles, ukr.

Form control capabilities of the discretely presented surfaces by varying the parameters of the external forming surface loading are explored in this article. The discrete framework of the surfaces of design objects modeling based on the usage of the static-geometric method (SGM). This method is evident interpretation of finite difference method. Such an approach will significantly expand the possibilities of the SGM for shaping curvilinear surfaces.

Further use of this method for constructing discrete meshes of architectural surfaces will allow to model their optimal shapes, while maintaining the aesthetic characteristics of surfaces and observing the specified conditions imposed on them.

Provided examples clearly demonstrate the possibilities of modeling discrete framework of the surface. The use of various combinations of three parameters of external load acting on network nodes considerably extend the control possibilities of the shape of surfaces for which boundary conditions are given and which must be constructed on arbitrarily given support loops.

Keywords: geometric modeling, a surfaces presented discretely, architectural shaping, a discrete frame, the static-geometric method.

UDK 004.921 / Zaytseva E., Merkulova K. / *The using of analysis of the systems is for optimization of management of Problem of information technologies a transport system // Problems of Information Technology.* – 2017. – № 2 (022). – P. 70-75: Bibl: 6 titles., Russian.

In the paper, it was suggested to apply the methods of the systems analysis for optimization of management process of quarry complex a transport system with the use of two going of analysis of the systems near the construction of control system by the discreet systems on the basis of Max-Plus algebra. Verification of divisibility of the system states is conducted and certainly, that management FIFO – the “first arrived – the first drove” out allows to attain optimal work of the system, that it is described by means of equalizations in problem space.

Keywords: analysis of the systems, management by a transport system, Max- Plus algebra.

UDK 519.21.681.142 / А.А. Стенін, В.П. Паско, В.А. Лемешко / *Subject-oriented search of information*

інформації в Інтернет-ресурсах на основі методу зважених дескрипторів // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2(022). – С. 76-81 : Бібл.: 14 назв, укр.

У статті пропонується метод зважених дескрипторів для добування інформації з Інтернет-ресурсів, що дозволяє обробляти інформацію на звичайній мові. Основною відмінністю від існуючих методів є аналіз і підбір, що зустрічаються в даній предметній області слів, не тільки по частоті, але і з урахуванням їх семантичного навантаження, що істотно підвищує якість знайденої інформації.

Ключові слова: Інтернет – ресурси, інформаційний пошук, закони Зіпфа, інтелектуальні агенти, зважені дескриптори, латентно-семантичний аналіз.

УДК 510.6 / Захарченко Л.М., Захарченко Р.М., Кірюшатова Т.Г., Кірюшатова К.В. / Дослідження методів контролю навчальних досягнень в освітньому процесі з використанням інформаційних технологій // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – № 2 (022). – С. 82-87 : Бібл.: 10 назв, укр.

Описані проблеми використання інформаційних технологій для визначення навчальних досягнень учнів, студентів за допомогою тестування. Запропоновано використання сучасних мов програмування для розробки програм для тестування, які мають конструктор. Наявність даного інструменту дасть можливість для викладачів розробляти та редагувати тести нового покоління – компетентнісні.

Ключові слова: освіта, навчальні досягнення, компетентнісні тести.

УДК 007.33/ Соколов А.Е. / О формалізації процесів інформаційного середовища // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – № 2 (022). – С. 88-92 : Бібл.: 11 назв, рус., англ.

Визначення інформації, як причини подій, дозволило в завданнях формалізації розглянути нормироване, метричне інформаційне середовище, де процеси формалізації інформаційних систем отримують єдиний механізм аналізу та синтезу. Єдиність підходу до визначення норм і метрик в інформаційному просторі створює основу для подальшого розвитку теорії інформації. Складність та різноманітність інформаційних процесів висува-

ють проблеми інформації в Інтернет-ресурсах на основі метода взвешенных дескрипторов // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – № 2 (022). – С. 76-81 : Бібл.: 14 назв, укр.

В статье предлагается метод взвешенных дескрипторов для извлечения информации из Интернет-ресурсов, позволяющий обрабатывать информацию на естественном языке. Основным отличием от существующих методов является анализ и подбор, встречающихся в данной предметной области слов, не только по частоте, но и с учетом их семантической нагрузки, что существенно повышает качество найденной информации.

Ключевые слова: Интернет – ресурсы, информационный поиск, законы Зипфа, интеллектуальные агенты, взвешенные дескрипторы, латентно-семантический анализ.

УДК 510.6 / Захарченко Л.Н., Захарченко Р.Н., Кірюшатова Т.Г., Кірюшатова Е.В. / Исследование методов контроля учебных достижений в образовательном процессе с использованием информационных технологий // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – № 2 (022). – С. 82-87 : Бібл.: 10 назв, укр.

Описаны проблемы использования информационных технологий для определения уровня знаний учащихся, студентов с помощью тестирования. Предложено использование современных языков программирования для разработки программ для тестирования, которые имеют конструктор. Наличие данного инструмента даст возможность для преподавателей разрабатывать и редактировать тесты нового поколения – компетентностные.

Ключевые слова: образование, учебные достижения, компетентностные тесты.

УДК 007.33/ Соколов А.Е. / О формализации процессов информационного пространства // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – № 2 (022). – С. 88-92 : Бібл.: 11 назв, рус., англ.

Определение информации, как причины события, позволило в задачах формализации рассмотреть нормированное, метрическое информационное пространство, где процессы формализации информационных систем получают единый механизм анализа и синтеза. Единство подхода к определению нормы и метрики в информационном пространстве создает основу для дальнейшего развития теории информации. Сложность и

in Internet resources which is based on the method of weighted descriptors // Problems of Information Technology. – 2017. – № 2 (022). – P. 76-81 : Bibl.: 6 titles, Russian.

The article proposes a method of weighted descriptors for extracting information from Internet resources, which allows processing information in natural language. The main difference from existing methods is the analysis and selection of words that occur in the given subject area, not only by frequency, but also taking into account their semantic load, which significantly improves the quality of the found information.

Keywords: Internet resources, information distributions, Zip's laws, intelligent agents, weighted descriptors, latent semantic analysis.

УДК 510.6 / Zaharchenko L.N., Zaharchenko R. N., Kiryushatova T.G., Kiryushatova K.V. / Monitoring of the quality of education as a tool to improve the effectiveness of educational management // Problems of Information Technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 82-87 : Bibl.: 10 titles, UKR.

The problems of the use of information technologies for determining the educational achievements of students, students with the help of testing are described. The use of modern programming languages for the development of test programs that have a designer is proposed. The availability of this toolkit will enable teachers to develop and edit tests of a new generation of competencies.

Keywords: education, learning achievements, competency tests.

UDC 007.33/ A. Sokolov / On formalization of the processes of information space // Information Technology Issues. – 2017. – № 2 (022). – P. 88-92 : Ref.: 11 titl., rus., eng.

The definition of information as the cause of the event allowed us to consider standardized, metric information space in formalization tasks, where the processes of formalizing information systems receive a single mechanism for analysis and synthesis. The unity of the approach to the definition of norms and metrics in the information space creates a basis for the further development of information theory. The complexity and variety of information processes put forward the

ють вимогу визначення норми та метрики для кожного конкретного процесу, що природно ускладнює процес формалізації, але забезпечує адекватність методів розрахунку.

Ключові слова: інформаційний простір, інформаційні процеси.

UDK 004.89 / Селіванова А. В., Винник Г. С., Мітрофанова Н. Ф. / Анализ средств информационного обеспечения туризма на принципы их реализации. // Проблемы информационных технологий. 2017. – № 2 (022). – С. 93-97 : Библ.: 10 назв., рус.

Стаття присвячена аналізу засобів інформаційного забезпечення туризму. В процесі дослідження проведено опитування користувачів туристичних сервісів. За допомогою аналітичного середовища Orange проведено аналіз отриманої інформації, виявлено недоліки існуючих систем, залежність частоти подорожей від віку, параметри, що впливають на якість інформаційного забезпечення. Зроблено висновок про доцільність створення нової рекомендаційної системи із адаптивного підсистемою аналізу, що поєднає соціальну та інформаційну складові у одному сервісі та сформувавши перелік вимог до такої системи.

Ключові слова: інформаційне забезпечення туризму, інтелектуальний аналіз даних, туристичний гід.

UDK 681.5/ С.С.Соловей, А.П.Бень, С.А.Ражков/ Оптимальные системы управления грузовыми операциями с крупногабаритными грузами на судах// Проблемы информационных технологий. 2017. – № 2 (022). – С. 98-108 : Библ.: 20 назв., рус.

В статті розглянуті особливості задачі управління грузовими операціями та використання класических алгоритмів оптимального управління применливо до динаміки операцій з важкими крупногабаритними грузами. Предложено і обґрунтовано метод побудови управління, оптимального по Понтрягину, з використанням моделювання зворотного (попального) руху, як процесу свободного руху моделі із кінцевої точки траєкторії з градієнтної процедури визначення постійної інтегрування. Обґрунтовано, що при побудові оптимального управління операціями з важкими крупногабаритними грузами необхідно учити обмеження, які пов'язані з вимогою можливо менших перевантажень в системі «кран – груз».

многообразие информационных процессов выдвигают требование определения норма и метрики для каждого конкретного процесса, что естественно усложняет процесс формализации, но обеспечивает адекватность методов расчета.

Ключевые слова: информационное пространство, информационные процессы.

UDK 004.89 / Селіванова А. В., Винник А. С., Мітрофанова Н. Ф. / Анализ средств информационного обеспечения туризма на принципы их реализации. // Проблемы информационных технологий. 2017. – № 2 (022). – С. 93-97 : Библ.: 10 назв., рус.

Статья посвящена анализу средств информационного обеспечения туризма. Проведен опрос пользователей туристических сервисов. С помощью аналитической среды Orange проведен анализ полученной информации, выявлены недостатки существующих систем, зависимость частоты путешествий от возраста, параметры, которые влияют на качество информационного обеспечения. Сделан вывод о целесообразности создания новой рекомендательной системы с адаптивной подсистемой анализа, которая соединит социальную и информационную составляющие в одном сервисе и сформирован перечень требований к такой системе.

Ключевые слова: информационное обеспечение туризма, интеллектуальный анализ данных, туристический гид.

UDK 681.5/О.С. Соловей, А.П. Бень, С.О. Ражков/Оптимальные системы управления вантажними операциями з великогабаритними вантажами на судах//Проблемы информационных технологий. 2017. – № 2 (022). – С. 98-108 : Библ.: 20 назв., рус.

В статті розглянуті особливості управління вантажними операціями та використання класических алгоритмів оптимального управління у використанні до динаміки операцій з важкими великогабаритними вантажами. Запропонований та обґрунтований метод побудови управління, оптимального по Понтрягину, з використанням моделювання зворотного руху, як процесу вільного руху моделі з кінцевої точки траєкторії з градієнтною процедурою визначення постійної інтегрування. Обґрунтовано, що при побудові оптимального управління операціями з важкими великогабаритними вантажами необхідно враховувати обмеження, які пов'язані з вимогою можливо менших перевантажень в системі «кран – вантаж». Визначені ключові параметри управління,

requirement of determining the norm and metrics for each particular process, which naturally complicates the formalization process, but ensures the adequacy of calculation methods. *Keywords:* formalizing, model, dynamic, optimization procedure.

Keywords: information space, information processes.

UDC 004.89 / Selivanova A. V., Vinnik A. S., Mitrofanova N. F. / Analysis of the means of information support of tourism and the principles of their implementation. // The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 93-97 : Ref.: 10 titles, ru.

Article is devoted to the analysis of means of information support of tourism. Survey of users of tourist services is conducted. By means of the analytical environment Orange the analysis of the acquired information is carried out, shortcomings of the existing systems, dependence of frequency of travels on an age, parameters which influence quality of information support are revealed. The conclusion is drawn on feasibility of creation of new recommendatory system with the adaptive subsystem of the analysis which will connect social and information components in one service and the list of requirements to such system is created.

Keywords: tourism information support, data mining, tourist guide.

UDC 681.5/Solovoy O.S., Ben A.P., Razhkov S.O./Optimal control systems of cargo operations with heavy lift cargo on ships// The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 98-108 : Ref.: 20 titles, ru.

The article presents some features of cargo operations control and application of optimum control classical algorithms to the dynamics of operations with heavy lift cargo. It suggests and justifies the design method of optimal control by Pontryagin's principle using modeling of backward motion as a process of model free motion from terminal point with gradient procedure to determine the constant of integration. It proves the necessity to consider the restrictions based on the demand of less possible overloads in the "crane-cargo" system while building optimal control of heavy lift cargo operations. The key parameters of control, necessary to take into account while performance of optimal control of heavy lift cargo operations on seagoing vessels, are defined. The article shows the expedience of the interplay of optimal and nonoptimal

Определены ключевые параметры управления, которые необходимо учитывать при выполнении оптимального управления грузовыми операциями с тяжелыми крупногабаритными грузами на морских судах. Показана целесообразность совместного использования в регуляторе оптимальных и неоптимальных компонент, где предложенная процедура обеспечивает минимальное время переходного процесса при отсутствии перерегулирования.

Ключевые слова: грузовые операции, тяжелый крупногабаритный груз, оптимальное управление, целевой функционал.

УДК 62-347 / Я. Б. Волянская/Особливості синтезу системи електродвиження автономного плавального апарата // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – №2 (022). – С. 109-117: Бібл.: 11 назв., рус.

Показано переваги та обґрунтовано вибір вентильних безконтактних двигунів постійного струму зі збудженням від високоенергетичних рідкоземельних постійних магнітів для використання в електроприводах автономних плавальних апаратів, зокрема електроруку. За принципом мінімальної апаратної надмірності обраний варіант технічної реалізації схеми управління вентилями БДПС. Розроблено спрощену математичну модель запропонованого електроприводу, який функціонує на основі принципів підлеглого регулювання координат, показана послідовність вибору основних елементів (транзисторних ключів, драйвера), визначені основні параметри незалежної корекції контурів за відповідними координатами підлеглого управління електроприводу. Бібл. 11, рис. 4, табл. 1.

Ключові слова: автономний плавальний апарат, безконтактний двигун постійного струму, електрорука.

УДК 004.3(075) / Веселовська Г.В., Соколов А.Е. / Аналіз особливостей понятійно-термінологічної бази та класифікація засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). – С. 118-128: Бібл.: 15 назв, укр.

Виконане дослідження специфічних властивостей і взаємозв'язків основоположних понять і термінів у царині апаратних засобів інформаційних технологій, застосовуваних у процесах

які необхідно враховувати при виконанні оптимального управління вантажними операціями з важкими великогабаритними вантажами на морських судах. Показана доцільність спільного використання в регуляторі оптимальних та неоптимальних компонент, де запропонована процедура забезпечує мінімальний час переходного процесу при відсутності перерегулювання.

Ключові слова: вантажні операції, важкий великогабаритний вантаж, оптимальне управління, цільовий функціонал.

УДК 62-347 / Я. Б. Волянская/Особенности синтеза системы электродвижения автономного плавательного аппарата // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – №2 (022). – С. 109-117 : Бібл.: 11 назв., рус.

Показаны преимущества и обоснован выбор вентильных бесконтактных двигателей постоянного тока с возбуждением от высокоэнергетичных редкоземельных постоянных магнитов для применения в электроприводах автономных плавательных аппаратов, в частности электродвижения. По принципу минимальной аппаратной избыточности отобран вариант технической реализации схемы управления вентилями БДПТ. Разработана упрощенная математическая модель предложенного электропривода, функционирующего на основе принципов подчиненного регулирования координат, показана последовательность выбора основных элементов (транзисторных ключей, драйвера), определены основные параметры независимой коррекции контуров по соответствующим координатам подчиненного управления электропривода. Бібл. 11, рис. 4, табл. 1. *Ключевые слова:* автономный плавательный аппарат, бесконтактный двигатель постоянного тока, электродвижение.

УДК 004.3(075) / Веселовская Г.В., Соколов А.Е. / Анализ особенностей понятийно-терминологической базы и классификация средств аппаратной поддержки информационных технологий компьютерного обучения // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). – С. 118-128: Бібл.: 15 назв., укр.

Выполнено исследование специфических свойств и взаимосвязей основоположных понятий и терминов в сфере аппаратных средств информационных технологий, применяемых в процессах

components in a controller where the suggested procedure ensures the minimum time of a transient process in the absence of overcontrol.

Keywords: cargo operations, heavy lift cargo, optimal control, objective functional.

UDC 62-347 / Ya. B. Volynskaya/Peculiarities of synthesis of electronic movement system of autonomous floating vehicle // The problems of information technologies. – 2017. – №2 (022). – P. 109-117 : Ref.: 11 titles, ru.

Advantages and justified choice of valve electric DC motors with excitation from high-energy rare-earth permanent magnets for use in electric drives of autonomous floating vehicles, in particular electric motions. On the principle of minimal hardware redundancy, a variant of the technical implementation of the control circuit for the valve BLDC motor was selected. A simplified mathematical model of the proposed electric drive based on the principles of subordinate control of coordinates is developed, the sequence of selection of the main elements (transistor keys, driver) is shown, the main parameters of independent contour correction are determined according to the corresponding coordinates of the slave control of the electric drive. References. 11, tables 1, figures 4.

Keywords: autonomous swimming device, brushless DC motor, electromotive.

UDC 004.3(075) / Veselovskaya G.V., Sokolov A.E. / The analysis of the features of the conceptual-terminological base and the classification of hardware support for information technologies of computer training // The problems of information technologies. – 2017. – №2 (022). – P. 118-128: Ref.: 15 titles, ukr.

The research of specific properties and interconnections of the basic concepts and terms in the field of hardware of information technologies, applied in the processes of computer training is carried out. The generalized

комп'ютерного навчання. Отримано узагальнені класифікації засобів апаратної підтримки інформаційних технологій комп'ютерного навчання.

Ключові слова: інформаційні технології, апаратне забезпечення, комп'ютерне навчання, понятійно-термінологічна база, класифікація.

комп'ютерного обучения. Получены обобщенные классификации средств аппаратной поддержки информационных технологий компьютерного обучения.

Ключевые слова: информационные технологии, аппаратное обеспечение, компьютерное обучение, понятийно-терминологическая база, классификация.

classifications of hardware support tools for information technologies of computer training is obtained.

Keywords: information technologies, hardware, computer training, conceptual-terminological base, classification.

UDK 004.51 / Ходаков В.Е., Боскин О.О. / Интерфейс як невід'ємний компонент комп'ютерної системи // Проблеми інформаційних технологій. 2017. – № 2 (022). – С. 129-134: Бібл.: 17 назв., рос.

Розглянуто поняття інтерфейс в різних аспектах, в тому числі проблем створення ефективного інструментального забезпечення інформаційних технологій. Розглянуто класифікацію і систематизацію інтерфейсів технічних, програмних і призначених для користувача.

Ключові слова: інтерфейс, інтерфейс користувача, класифікація, систематизація.

UDK 004.51 / Ходаков В.Е., Боскин О.О. / Интерфейс как неотъемлемый компонент компьютерной системы // Проблемы информационных технологий. 2017. – № 2 (022). – С. 129-134: Библ.: 17 назв., рус.

Рассмотрено понятие интерфейс в различных аспектах, в том числе проблем создания эффективного инструментального обеспечения информационных технологий. Рассмотрены классификация и систематизация интерфейсов технических, программных и пользовательских.

Ключевые слова: интерфейс, пользовательский интерфейс, классификация, систематизация.

UDK 004.51 / Khodakov V.E., Boskin O.O. / The interface as an integral component of a computer system // Problems of Information Technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 129-134: Bibl.: 17 titles. RUS.

The concept of the interface in various aspects, including the problems of creating effective instrumental support of information technologies, is considered. Classification and systematization of technical, software and user interfaces are considered.

Keywords: interface, user interface, classification, systematization.

UDK 62.505 / Марасанов В.В., Дымова Г.О. / Евристичні підходи до аналізу динамічних об'єктів по вихідним сигналам // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2 (022). – С. 135-142 : Бібл.: 15 назв, укр.

Розглянуто два підходи, щодо рішення поставленої задачі аналізу структури динамічного об'єкту: з урахуванням стохастичного підходу до аналізу вихідних сигналів та без урахування випадкових складових вихідного сигналу на підставі лінійних відображень множини лінійних просторів, тобто теоретико-множинний підхід. В першому підході визначається характеристичний поліном оператора моделі динамічного об'єкту, в другому – представлення у виді оператора моделі «вхід – простір станів – вихід».

Ключові слова: модель, оператор, ізоморфізм, рівняння регресії, зворотна задача, лінійні простори, відображення множин, векторні ряди, поведінка системи, ганкелеві матриці, модель, що неспростовується, відношення еквівалентності, оператор зсуву, додатковий базис, ранг.

UDK 62.505 / Марасанов В.В., Дымова А.О. / Эвристические подходы к анализу динамических объектов по выходным сигналам // Проблемы информационных технологий. – 2017. – № 2 (022). – С. 135-142 : Библ.: 15 назв., укр

Рассмотрены два подхода, к решению поставленной задачи анализа структуры динамического объекта: с учетом стохастического подхода к анализу выходных сигналов и без учета случайных составляющих выходного сигнала на основании линейных отображений множества линейных пространств, то есть теоретико-множественный подход. В первом подходе определяется характеристический полином оператора модели динамического объекта, во втором – представление в виде оператора модели «вход – пространство состояний – выход».

Ключевые слова: модель, оператор, изоморфизм, уравнение регрессии, обратная задача, линейные пространства, отображение множеств, векторные ряды, поведение системы, ганкелевы матрицы, неопровергаемая модель, отношение эквивалентности, оператор сдвига, дополнительный базис, ранг.

UDC 62.505 / Marasanov V.V., Dymova A.O. / Heuristic Approaches to the Analysis of Dynamic Objects by Output Signals // The problems of information technologies. – 2017. – № 2 (022). – P. 135-142 : Ref.: 15 titles, ukr.

Two approaches are considered for solving the problem of analysis of a dynamic object structure: with considering the stochastic approach to the analysis of output signals and without considering the random components of the output signal on the basis of linear mappings of a set of linear spaces, that is, the theory-multiple approach. In the first approach, the characteristic polynomial of the operator of the dynamic object model is determined, in the second approach the representation in the form of the operator of the model "input – state space – output" is determined.

Keywords: model, operator, isomorphism, regression equation, inverse problem, linear spaces, mapping of sets, vector series, system behavior, hankel matrices, unrebuttable model, equivalence relation, shift operator, additional basis, rank.

UDK 004.9+616.248/Mokin V.B., Vuzh T.E. / Метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). – С. 143-151 : Библ.: 9 назв., укр.

Запропоновано метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці моніторингу, за мінімуму априорної інформації про них. Продемонстровано працездатність методу на прикладі пошуку та оцінювання параметрів реальі амброзії заданими одного поста Європейської аеробіологічної мережі моніторингу.
Ключові слова: метод оцінювання параметрів об'єктів, просторово-часова модель, алергенний пилок, ареали амброзії, Європейська аеробіологічна мережа.

UDK 681.3: 514.18/ Суліменко С.Ю. / Аналіз та синтез процесу комп'ютерного моделювання поверхонь обернення за їх лініями обрису // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2(022). – С. 152-158 : Библ.: 11 назв., укр.

В статті пропонуються дискретний та параметричний підходи до моделювання поверхонь обернення за заданим дотичним конусом. Проведено параметричний аналіз цієї задачі, встановлено межі застосування алгоритмів та приведені приклади їх реалізації.
Ключові слова: лінія контакту, лінія обрису, поверхні обернення, торові поверхні.

UDK 004.93 / I.V. Golubiyak, P.Y. Kosarevich / Методи розпізнавання обличчя // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). – С. 159-164 : Библ.: 35 назв., укр.

Розглянуто задачу розпізнавання обличчя за допомогою побудови автоматизованих систем визначення ознак та класифікації. Проведено аналіз відомих методів формування опису та класифікації зображень обличчя, виокремлено їх недоліки та переваги. Коротко описано основний алгоритм розглянутих методів розпізнавання обличчя. Наведено огляд існуючих досліджень науковців, які працюють над даною тематикою.
Ключові слова: розпізнавання обличчя, система ознак, класифікація.

UDK 004.9 + 616.248 / Mokin V.B., Vuzh T.E. / Метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних в просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). С. 143-151: Библ.: 9 названий., укр.

Предложен метод пространственно-временного оценивания параметров стационарных в пространстве объектов по их суммарному воздействию в одной точке мониторинга, при минимуме априорной информации о них. Продемонстрировано работоспособность метода на примере поиска и оценки параметров ареалов амброзии по данным одного поста Европейской аеробиологической сети мониторинга.
Ключевые слова: метод оценки параметров объектов, пространственно-временная модель, аллергенная пыльца, ареалы амброзии, Европейская аеробиологическая сеть.

UDK 681.3: 514.18/ Суліменко С.Ю. / Аналіз та синтез процесу комп'ютерного моделювання поверхонь обернення по їх лініям очертання // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). – С. 152-158 : Библ.: 11 назв., укр.

В статье предлагаются дискретный и параметрический подходы к моделированию поверхностей вращения по заданному касательному конусу. Проведен параметрический анализ этой задачи, установлены границы применения алгоритмов и приведены примеры их реализации.
Ключевые слова: линия контакта, линия очертания, поверхности вращения, торовые поверхности.

UDK 004.93 / I.V. Golubiyak, P.Y. Kosarevich / Методи розпізнавання лиця // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – №2 (022). – С. 159-164 : Библ.: 35 назв., укр.

Рассмотрена задача распознавания лица с помощью построения автоматизированных систем определения признаков и классификации. Проведен анализ известных методов формирования описания и классификации изображений лица, выделены их недостатки и преимущества. Коротко описано основной алгоритм рассмотренных методов распознавания лица. Приведен обзор существующих исследований ученых, работающих над данной тематикой.
Ключевые слова: распознавание лица, система признаков, классификация.

UDC 004.9 + 616.248 / Mokin V.B., Vuzh T.Y. / Method of spatial-temporal estimation of parameters of objects which stationary in the space of according to their total influence at one point // Problems of Information Technologies. – 2017 – №2 (022). P. 143-151 : Bible: 9titles.,ua.

The method of spatio-temporal estimation of parameters of objects which stationary in the space of according to their total influence at one monitoring point, with minimum a priori information about them, is proposed. The efficiency of the method is demonstrated on the example of the search and evaluation of the parameters of the ragweed range according to the data of one post of the European Aerobiological Monitoring Network.
Keywords: method of estimation of parameters of objects, space-time model, allergenic pollen, areas of ambrosia, European aerobiological network.

UDK 681.3: 514.18 / Sulimenko S. / Analysis and synthesis of the process of computer simulation of surfaces of rotation along the lines of outline // Problems of information technologies. – 2017. – №2(022). – P. 152-158 : Bibl.: 11 titles.,uk

The article proposes discrete and parametric approaches to surfaces of rotation modeling by a given tangent cone. A parametric analysis of this problem was carried out, limits of application of algorithms were established and examples of their implementation were given.
Keywords: contact line, line of contours, surface of rotation, toroidal surface.

UDC 004.93 / I.V. Holubiak, R.Y. Kosarevich / Methods of face recognition // Problems of information technologies. – 2017. – №2(022). – P. 159-164 : Bibl.: 35 titles.,uk.

The problem of face recognition by means of automated detection systems of characteristics estimation and rules of classification is considered. The review of the known methods of forming description is carried out and their advantages and disadvantages are singled out. The basic algorithm of these methods of face detection is described. The author includes an overview of developments of scientists are engaged in face recognition problems.
Keywords: face recognition, features, classification.

Абрамов Г.С.....	5	Кирюшатова Т.Г.....	82
Абрамова Г.В.....	5	Ковальов С.М.....	63
Бень А.П.....	98	Косаревич Р.Я.....	158
Боскин О.О.....	128	Лемешко В.А.....	76
Ботвіновська С.І.....	63	Марасанов В.В.....	134
Бражник А.М.....	19	Меркулова К.В.....	70
Бражник Д.А.....	19	Митрофанова Н.Ф.....	93
Васюхин М.И.....	26	Мокін В.Б.....	142
Веселовська Г.В.....	49, 117	Пасько В.П.....	76
Винник А.С.....	93	Рожков С.А.....	98
Волянская Я.Б.....	108	Розов Ю.Г.....	36
Вуж Т.Є.....	142	Рябенский В.М.....	42
Голуб'як І.В.....	158	Селиванова А.В.....	93
Димова Г.О.....	134	Соколов А.Е.....	5, 19, 88
Долинный В.В.....	26	Соколов А.Є.....	117
Зайцева Е.Є.....	70	Соловей А.С.....	98
Захарченко Л.Н.....	82	Стенин А.А.....	76
Захарченко Р.Н.....	82	Суліменко С.Ю.....	151
Касим А.М.....	26	Таргунакова Ю. Д.....	42
Касим М.М.....	26	Ходаков В.Е.....	5, 128
Кирюшатова К.В.....	82	Чудайкін І.І.....	42



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ ПУБЛИКАЦИЙ В СБОРНИКЕ «ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

«ПИТ» является периодическим научным журналом, рекомендованным ВАК Украины для опубликования научных работ с целью освещения полученных **новых научных и практических результатов, не публиковавшихся нигде ранее в открытой печати.**

Журнал принимает к рассмотрению статьи в следующие рубрики:

- Математическое моделирование;
- Информационные технологии;
- Информационная безопасность, компьютерные сети и телекоммуникации;
- Общие вопросы информатики;
- Краткие сообщения.

Объем статей до 10 стр., включая пункты (см. ниже): сведения об авторах и научные интересы. Статьи принимаются на **украинском, английском и русском** языках и публикуются на языке оригинала.

Публикация в сборнике платная. Стоимость 1 полной/неполной страницы формата **A4 40 грн**

Сборник входит в **научометрические базы** Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), AcademicKeys, Index Copernicus, National Library of Ukraine (Vernadsky), РИНЦ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

В целях облегчения представления научных и практических результатов Редакционная коллегия рекомендует авторам придерживаться следующей структуры **научной** работы, содержащей основные разделы, которые могут иметь отличные от приведенных ниже наименования:

Введение (Слово «Введение» необязательно). Введение должно содержать:

- краткое освещение достигнутых результатов на сегодняшний день по рассматриваемой проблеме; актуальность проблемы; краткое описание задачи, определяющее её **актуальность и место** в общей научной или технической проблеме;
- освещение цели получения автором(ами) в статье принципиально **новых научных** и (или) **практических** результатов. Ориентировочный объем: ≤ 10% от общего объема статьи.

Постановка задачи или проблемы. Включает:

- формулирование цели решения задачи;
- описание задачи, физической и (или) феноменологической модели объекта (процесса) исследования;
- общую постановку решения задачи, выбор метода решения и его обоснование.

Решение задачи (анализ проблемы – основной раздел статьи). Раздел должен содержать:

- определение области определения задачи, ограничений, граничных и (или) начальных условий задачи; оценку точности (погрешности) полученного решения;
- постановку задачи, включая разработку её математической модели;
- описание реализации метода решения;
- общее представление полученного решения.

Основные результаты и выводы. Приводится представление (в том или ином виде) **основных практических результатов.** Излагаются основные выводы по работе, дается представление и **оценка их научной новизны.**

При этом автор должен по содержанию статьи руководствоваться требованиями ВАК Украины (приведены в конце).

В **списке литературы** обязательно должны присутствовать как можно больше первоисточников по исследуемому вопросу (не более чем 3-4-летней давности). Не следует ограничиваться цитированием работ, которые принадлежат только одному коллективу авторов или исследовательской группе. Необходимой является ссылка на современные зарубежные публикации. Статьи, которые не содержат ссылок на работы, опубликованные на протяжении последнего десятилетия, автоматически считаются не отвечающими редакционным требованиям.

При этом приведенные конкретные наименования разделов статьи являются необязательными.

Стиль основной части должен быть: логически последовательным, доказательным.

ОБЩИЙ ВИД НАУЧНОЙ СТАТЬИ:

УДК находится в верхнем левом углу.

Строкой ниже находится список авторов, выровненный по правому краю: **И.О. Фамилия, И.О. Фамилия**



НАЗВАНИЕ НАУЧНОЙ СТАТЬИ ПО ЦЕНТРУ

Введение. Основной текст статьи набирается шрифтом Times New Roman, размер 10. ...

...и Т. Д.

ЛИТЕРАТУРА: (обязательно латиницей!)

1. Smirnov I.N. Zdorov'e cheloveka kak filosofskaya problema //Voprosi filosofii. – 1985. – №7. – S.24-26.
2. Gladun V.P. Planirovanie reshenij. – K.: Naukova dumka, 1987. – 56 s.

Фамилия Имя Отчество, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, телефон и E-mail для оперативной связи.

Научные интересы:

Структура **кратких сообщений** (к ним Редакция относит статьи объемом **до двух** страниц, включая литературу) – произвольная, но с обязательным последним разделом (см. выше): «Основные результаты и выводы».

Редакционная коллегия оставляет за собой право как не публиковать работы в случае их отклонения, так и принимать решение об их соответствии разделам журнала.

Для публикации автор должен предоставить в редакцию:

- электронный вариант статьи – файл, набранный в редакторе Microsoft Word for Windows, оформленный вместе с рисунками, таблицами и т.д., если таковые имеются;
- файл каждого рисунка – должен быть включен в статью, а также в виде отдельного файла.

Кроме основного текста, статья должна содержать:

- краткую аннотацию на украинском, английском и русском языках, включая УДК, фамилии авторов, название статьи, страницы, количество библиографических источников, язык и в конце ключевые слова, если они есть, – вся информация на трех языках (на отдельной странице);
- Аннотация, соответствующая языку оригинала, определяет формат информационного файла для УРЖ «Джерело». **ОБРАЗЕЦ:**
УДК 004.04 /Бараненко Р.В. /Аналіз моделей даних, що використовуються в ПС //Проблеми інформаційних технологій. –2013. – №1 (013) – С.150-158. Библ.: 6 назв., рус.

Рассматриваются особенности моделей данных, используемых в геоинформационных системах. Особое внимание уделено использованию полной и объектно-ориентированной пространственных моделей данных.

Ключевые слова (если необходимы): геоинформационная система, модель, данные.

- рецензию стороннего (не входящего в коллектив авторов) доктора наук по специальности, по которой подается статья;
- сведения об авторах (ФИО полностью, ученая степень, должность, название кафедры и вуза);
- научные интересы авторов;
- в отдельном файле полные сведения об авторах, т.е. дополнительно – домашний и рабочий адреса и телефоны, e-mail (если есть) и др.

Требования к оформлению рукописи:

1. Машинописные рукописи не принимаются.
2. Рисунки, содержащие кривые линии, следует выполнить на отдельных листах тушью или другим способом (напр., с помощью графического редактора) – четко, черным цветом.
На обороте каждого рисунка следует указать номер рисунка, название статьи и фамилии авторов. Предполагается ограничение как на количество (≤ 5), так и на размеры рисунков.
3. Формулы должны быть напечатаны с учетом таких требований: начертание формул должно быть четким, принадлежность индексов ясна, дроби и скобки оформлены четко и ясно;
4. Список используемых источников помещается в конце статьи, нумеруется в соответствии с порядком появления в тексте.

Требования к оформлению файла:

1. Параметры страницы (опция меню **ФАЙЛ, Параметры страницы**):
 - размер бумаги – А4: 210×297 мм;
 - ориентация листа – книжная (альбомная не допускается);
 - поля: левое – 2,5 см, остальные – 2 см;
 - переплет – 0 см;
 - колонтитулы – 1 см;
 - страницы без нумерации.



Весь текст должен быть набран шрифтом Times New Roman, размер 10 пт, межстрочный интервал – одинарный.

Для выделения **отдельных слов** допускается:

- полужирное начертание символов, а также использование *курсива* и подчеркивания;
- изменение интервала между символами;
- использование ^{верхнего} или _{нижнего} индексов.

Цветовое оформление не допускается.

2. Абзац должен иметь следующий формат (опция меню: **ФОРМАТ, Абзац**):

- отступ слева и справа – 0 см;
- первая строка – отступ на 1,0 см;
- интервалы перед и после абзаца – 0 см;
- интервал между строками – одинарный;
- выравнивание – по ширине.

3. Рисунки должны быть черно-белыми и вставлены в файл и распечатку статьи. Формат рисунков (tif, rsc, bmp и др.) должен быть совместим с редактором текста **Microsoft Word 2010**. Разрешение рисунков – не менее 300 dpi. Рисунки могут быть вставлены в текст при помощи следующих команд:

- **Добавить рисунок – Рисунок Microsoft Word;**
- **Добавить рисунок – Bitmap Image;**
- **Добавить рисунок – Рисунок Corel Draw.**

4. Формулы должны быть набраны при помощи встроенного редактора формул Equation Editor 2.0, 3.0. Все формулы вставляются в таблицу с не очерченным контуром, состоящую из двух колонок: в первой находится формула без абзаца и выровненная **по центру**, во второй – номер формулы (если такой имеется) тоже без абзаца и с выравниванием **по правому краю**. Граница между колонками таблицы устанавливается на отметке 14 см. В тексте формулы должны быть выделены сверху и снизу пустой строкой. Ниже приведен пример вставки формулы:

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \int_0^{\tau} P d\tau = \pi \neq 0. \quad (1)$$

Параметры в редакторе формул должны в точности соответствовать приведенным ниже.

Размеры (опция меню редактора Equation Editor: **РАЗМЕР, Определить . . .**):

- Обычный 10 пт.
- Крупный индекс 7 пт.
- Мелкий индекс 5 пт.
- Крупный символ 16 пт.
- Мелкий символ 10 пт.

Стили (опция меню **СТИЛЬ, Определить . . .**)

- Текст Times New Roman
- Функция Times New Roman
- Переменная Times New Roman
- Стр. греческие Symbol
- Пр. греческие Symbol
- Символ Symbol
- Матрица-вектор Times New Roman полужирный
- Числа Times New Roman

5. Таблицы создаются только при помощи Microsoft Word. Предполагается ограничение как на количество (≤ 5), так и на размеры таблиц (см. п. 8).

6. Суммарный объем рисунков и таблиц должен быть менее 50% объема основного раздела.

7. На основании данных «**Для публикации . . .**» формируется информационный файл о статье для реферативного журнала ДЖЕРЕЛО.

Пробьса к авторам строго придерживаться требования Редколлегии. В противном случае Ваша статья не будет соответствовать требованиям информативного обеспечения национального реферативного журнала «Джерело», что автоматически влечет за собой отклонение статьи от публикации в текущем номере журнала.

1. В случае необходимости уточнения по оформлению статей – связь с ответственным редактором сборника E-mail: Magazinepit@ukr.net

2. Рукописи авторам не возвращаются.

Рукописи для рассмотрения Редколлегией сборника принимаются на кафедре Информационных технологий Херсонского национального технического университета по адресу:

73008, Украина, г. Херсон, Бериславское шоссе, 24, ХНТУ, корп. 3, ауд. 318.





„ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ” №22 /2017/

Свідоцтво про реєстрацію КВ №11321-20 ІР

ВИДАВЕЦЬ:

Херсонський національний технічний університет

Адреса редакції: 73008 м. Херсон,
вул. Бериславське шосе, 24, корп.3, а. 318

Телефони: 8(0552) 51-57-31, 32-69-66

e-mail: Magazinepit@ukr.net

Підписано до друку 25.11. 2017.

Формат видання 60x84/8. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 18,14. Тираж 300 прим.

Друк ПП «ОЛДІ-Плюс»: 73033 м. Херсон, а/с № 15
e-mail: oldi-ks@i.ua, Свід. сер. ХС № 2 від 16.08.2000 р.

