

УДК 004.021; 004.043; 004.62
UDC 004.021; 004.043; 004.62

DOI:10.33744/0365-8171-2025-118.1-056-071

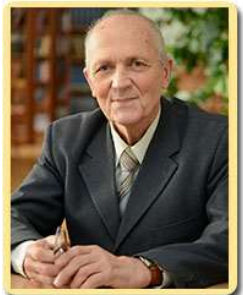
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ІНФРАСТРУКТУРИ Й ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ ЗА ПОТРЕБ СПЕЦІАЛЬНИХ ПРОГРАМ

AUTOMATION AND DIGITALIZATION OF INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT NETWORK DEVELOPMENT MANAGEMENT TECHNOLOGIES FOR THE NEEDS OF SPECIAL PROGRAMS



Комісаренко Олена Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри інформаційних систем і технологій, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net, +380937212438

<https://orcid.org/0000-0002-7436-6473>



Баранов Георгій Леонідович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інформаційних систем і технологій, e-mail: baranovgl2018@gmail.com, +380964882963

<https://orcid.org/0000-0003-2494-8771>



Метельська Дар'я Вікторівна, аспірантка Національний транспортний університет, аспірантка кафедри інформаційних систем і технологій, e-mail: metelskadasha@gmail.com, +380962465632

<https://orcid.org/0009-0002-2804-3101>

Анотація. В статті наведено аналіз стану складної динамічної системи, що охоплює на території України інфраструктури будівельних споруд й автомобільних доріг, які зараз відображають життєві цикли транспортних перевезень пасажирів й вантажів в умовах за три роки пошкодженої екології результатами військових операцій.

Об'єкт дослідження - Урахування міжнародної логістики та спеціальних проектів з безпеки життя та захисту екологічного довкілля, яке не повинне відчувати деградаційних факторів впливу дорожньо-транспортних подій й аварій з руйнуванням споруд.

Мета роботи - Розробити технологію автоматизації та цифровізації проблемно-ситуаційних задач поетапної побудови автомобільних доріг і дорожнього будівництва за потреб провідних полієргатичних виробництв, що створюють для майбутніх технологічно-природних комплексів інноваційні продукти, комплексні конструктивні матеріали, енергетичні мобільні двигуни за міжнародними стандартами з Європейським Союзом.

Методи дослідження – аналіз міжнародної та вітчизняної літератури та оцінка досвіду дорожнього будівництва за потреб цифровізації.

Результати. Надано приклади автоматизації та цифровізації технологій управління процесами пошуку прогресивних інноваційних комплексних конструктивних матеріалів (ККМ). Завдяки фізико-математичним методами формалізовані перетворення PST задач у інтегровані форми Коші для диференціальних рівнянь, або варіативні форми нелінійних інтегральних функцій. Типові моделі забезпечують етапи застосування програмно-апаратних комплексів класу АСУ та САПР для дорожнього будівництва шляхом ергатичного структурно-функціонального узгодження взаємовідношень об'єктів управління з синергетичними засобами керування й захисту.

В перехідних швидкоплинних (стрибокподібних, вибухових, розривних, імпульсних) дорожньо-транспортних подіях й аварійних режимах, є важливим негайно належним чином обмежувати та маневрами оптимізувати наслідки екстремальних проявів ризиків та невизначеності у формах матеріальних руйнувань.

Ключові слова: транспортне будівництво, проблеми управління, спеціальні режими, технології цифровізації, ергатичне моделювання, конструктивні матеріали, мобільні двигуни, дорожнє будівництво майбутнього.

Постановка проблеми. Актуальність теми подальшого прискореного розвитку інфраструктури й транспортних мереж українського суспільства набуває особливої уваги з початком військових руйнувань та небажаних змін екосистеми й довкілля [1-3]. Руйнування та лихо продовжуються до перемоги, але потім гостро буде потрібно не лише відновлення, а також інноваційний розвиток за міжнародними стандартами безпеки життя ноосфери [4-7].

Стратегічний напрям майбутнього взаємовідношення з державами Європейського Союзу передбачає етапи оцінювання причин і наслідків порушень частки дорожнього будівництва. Знання всіх конкретних об'єктів інфраструктури та локальних дорожніх пошкоджень буде сприяти оптимізації ресурсів для швидкого підйому наземного транспорту до міжнародних стандартів в цілому майбутньої метасистеми [8] з інноваційними початковими засобами проривного будівництва.

Традиційні відомі недоліки сучасного наземного транспорту та його фактичний стан, що й до початку війни не відповідав європейським та міжнародним стандартам провідних держав світу [8], визначає реальну проблему глобальної економіки. Насамперед це бюджетний розподіл наявних ресурсів для всіх галузей людської діяльності, як матеріальних, так і нематеріальних (інтелектуальних, інформаційних, комунікаційних, ідеально абстрактних) раціональних функцій. На концепціях парадигмального [7] узгодження (балансування, маневрування, розвитку, економічної стабільності без порушень прав людини на життя) зростання обчислювальної складності потребує Авідо від науки, інженерії, комплексного навчання, мультиплексної обробки (даних, команд, фактів, результатів) потоків інформації (public database and public Data Network) з базами даних загального й оперативного використання.

Огляд джерел за проблемами комп'ютерних інформаційних технологій (КІТ) у закордонних та українських публікаціях формує певні уточнення по різноманітним питанням безпеки руху транспортних засобів та режимам експлуатації транспортних споруд [8]. Наприклад, автозаправок, ремонтних центрів, розв'язок, тунелів, мостів, споруд для паркування, світлофорного та інформаційного регулювання рухом в різних сферах транспортно-природних комплексів (ТПК) ноосфери [7].

Аналіз опублікованих результатів досліджень довів, що на початкових етапах розгляду доцільною Авідо за інноваційними напрямками реформування традиційних технологій обов'язковим є етап економічно-математичного моделювання з комплексним оцінюванням міні-максних меж майбутнього можливого застосування, наприклад, електромобілів, в сучасних глобалізованих умовах ринкових взаємовідношень.

Мета роботи. Розробка методології автоматизації і цифровізації технологій організаційного управління розвитком інфраструктури й транспортних мереж за потреб спеціальних програм їх

функціонування, шляхом створення полієргатичних виробництв, майбутніх проектів і програм, застосування комплексних конструктивних матеріалів та перспективних енергетичних мобільних двигунів і приводів для роботів зі штучним інтелектом. Результативна ефективність дорожнього будівництва досягається завдяки спеціальним програмам цифровізованої обробки інформації з функціями, які використовують динамічні мультиплікативні режими для ліквідації наслідків ураження в надзвичайних умовах особливого періоду [2, 6].

Завдання роботи складено з чотирьох наступних задач.

1. Аналіз сучасного стану стосовно ефективності руху МТЗ дорогами техногенно природних комплексів (ТПК) завдяки існуючого дорожнього будівництва.

2. Формалізація проблемних ситуативних задач PST та процесних задачних систем, що налагоджують на необхідність повного знання причин і наслідків впливу природного зовнішнього оточуючого середовища (ЗНОС) та військових руйнувань економічних, енергетичних, екологічних, етнічних форм життєвих циклів (LC) у межах технологічних природних комплексів (ТПК).

3. Автоматизація прийняття директивно-командних рішень на спеціальній місії за результатами економіко-математичного моделювання з оцінками вартості валютних витрат на досягнення ефективності призначеного варіанту реалізації надзвичайного реагування.

4. Цифровізація технологій виробництва нових продуктів майбутнього прогресивного призначення, включаючи оптимізацію створення комплексних дорожніх матеріалів (КДМ) і для майбутніх двигунів класу EMV наземних мобільних транспортних засобів (МТЗ) за потреб суспільства техногенного природного комплексу (ТПК).

Виклад основного матеріалу. Моделі, методи та засоби комп'ютерних інформаційних технологій (КІТ) шляхом ергатичного моделювання дозволяють вирішити безліч різноманітних задач типу PST [7]. Моделювання за потреб сучасних, різноманітних процесів (Рис. 1) здійснюється із застосуванням обчислювальної техніки та програмно-апаратних комплексів (ПАК).

Для майбутнього виконання складних прогностичних розрахунків, а також екстрене створення нових різних автоматизованих систем управління (АСУ), необхідні досконалі методи управління процесами (method demand multiplexing validation and verification). Таким чином, використовуючи дані, які побудовані на фізико-математичному моделюванні і сучасних технічних засобів управління у сукупності, спеціальні полієргатичні виробничі організації (ПЕВО) мають змогу, отримати більш повну і чітку інформацію. Наприклад, багатоспектральні космічні знімки та радіолокаційні спостереження це ключові дані, щоби практично реалізувати отримані рішення, а також спрогнозувати план отримання результатів спеціалізованих місій в зоні техногенно-природних комплексів (ТПК).

Моделювання розділяють на два основні класи - матеріальне та ідеальне. Особливо значущим є ідеальне моделювання, оскільки не завжди можливо провести реальний експеримент в натурних дослідженнях. До складу ідеального моделювання входять: символічне, знакове та кодово-інтуїтивне зображення оригіналів об'єктів управління (ОУ). Протягом тривалого часу для лінгвістів в задачах семіотики було одним із головних методів аналізу. В деяких випадках некоректності «нечіткої логіки» підстановки, це може призводити до прийняття помилкових рішень. Нажаль коли інтуїтивна модель настільки абстрактна, що не зрозуміла в умовах невизначеності окремо псевдо досвіду людини. Тоді лише мовна назва моделі сприймається по-різному. Тому, люди можуть отримати різноманітні відповіді на одне і теж саме запитання. Поглиблене дослідження цифровізації математичних моделей та терміналів стало базою для чіткого представлення адекватних моделей і роз'яснення отриманих результатів [7] під час військових спеціальних операцій [1-4].

Фізико-хімічне моделювання по своїй суті є набагато складнішим, в порівнянні з економічними, політологічними, історичними та іншими процесами. Це можна пояснити тим, що матеріалознавство включає в себе одночасно знання фізичних та хімічних процесів за спеціальними технологіями будівництва доріг й інфраструктури держави.

Отже, **термін економіко-математична модель** – це математичний опис досліджуваного об'єкта упорядкування або процесу, а **економіко-математичне моделювання** – це процес дослідження явищ

за допомогою спеціальних методів та засобів математичного моделювання з оцінюванням економічних характеристики витрат ресурсів, а також місію потокових складних динамічних систем (ПСДС).

Загальноприйняті види та класифікації методів економіко-математичного моделювання подано у вигляді схеми (Рис. 1) [7]. До такого розподілу економіко-математичних моделей схилиються також Казарезов А.Я., Циплінська О.О., Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д.



Рисунок 1 – Класифікація парадигмальних 3-4-5 визначень на 8 рівнях моделювання економіки ПСДС

Figure 1 – Classification of paradigmatic 3-4-5 definitions at 8 levels of modeling the economy of the PSDS

Аналіз праць і дослідження економіко-математичних моделей В. В. Вітвінського, доводить, що він пропонує такі типи: жорстко-детерміновані; моделі, що враховують випадковість, невизначеність, або на такі види: описові; нормативні.

Федосєєв В.В., Гармаш О.М., Дайітбегов Д.М., Орлова І.В. пропонують розділити економіко-математичні моделі ще за такими ознаками: за ступенем агрегування об'єктів: макроекономічні;

мікроекономічні; за конкретним призначенням: балансові моделі; трендові; оптимізаційні; імітаційні; Окрім моделей лінійного та нелінійного програмування вони за типом математичного апарату виділяють ще такі: матричні; кореляційно-регресійні; моделі теорії масового обслуговування; моделі мережевого планування і управління: дескриптивні; нормативні. Гібридні характерні для військових, цивільних, спеціального призначення.

Розвиток застосування економіко-математичних моделей, що вдосконалюються за потреб практики обумовлює нові типи, (здебільшого змішані), які в подальшому об'єднуються в нові модельні конструкції типу мереж Петрі С.А.

В процесі економіко-математичного моделювання задіяні три структурні елементи: об'єкт дослідження, суб'єкт (той, хто досліджує об'єкт) та модель, яка описує (Рис. 1) взаємовідносини суб'єкта і об'єкта.

Розглянемо для визначення першочергового завдання на виконання цілеспрямованих перетворень запропоновану загальну схему економіко-математичного моделювання, яка складається з шести основних етапів (Рис. 2):

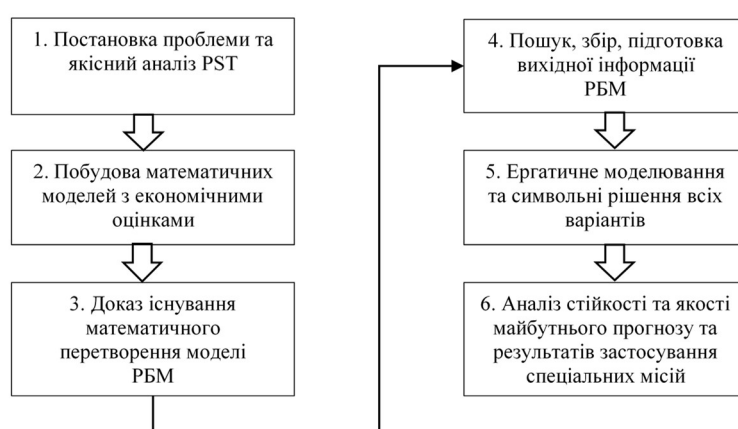


Рисунок 2 – Етапи розробки завдання для виконання роботи й досягнення показників ефективності РБМ за результатами економіко-математичного моделювання ПСДС

Figure 2 – Stages of developing a task for performing work and achieving RBM performance indicators based on the results of economic and mathematical modeling of the PSDS

На першому етапі найголовнішим є чітке визначення сутності проблеми дослідження, відбувається постановка цілей і задач (місій). Потім виділяються найголовніші риси і властивості досліджуваного об'єкта, аналізується його структура і взаємозв'язок окремих складових елементів. Після описують поведінку і розвиток об'єкта управління за припущенням.

На другому етапі відбувається розробка математичної моделі досліджуваного об'єкта за допомогою конкретних математичних інструментів. Спочатку складається загальна конструкція математичної моделі ПСДС, а потім уточняється кожний елемент окремо. При цьому бажано побудувати просту функціональну модель, в якій буде задіяно мінімальну кількість чинників з витратами ресурсів на дорожнє будівництво й рух МТЗ. Обов'язково вводяться додаткові обмеження на змінні параметри техніко-економічних показників.

На третьому етапі відбувається аналітичне дослідження побудованої моделі за допомогою відповідних математичних прийомів, які були сформульовані на першому етапі. На цьому етапі найголовніше довести існування розв'язку завдяки побудованої моделі.



Рисунок 3 – Алгоритм синтезу багатofакторного закону організаційного управління об’єктами транспортної системи великих міст

Figure 3 – An algorithm for synthesizing a multifactorial law of organizational management of large city transport system objects

Якщо з’ясується, що кінцевий результат не буде отриманий таким чином, значить не можна підібрати необхідний метод розв’язання. Тоді вносяться відповідні зміни, модифікують функціональну модель. Складні моделі ПСДС керування достатньо важко досліджувати. Тому виконавці, зазвичай, намагаються зводити нові задачі до об’єктів вже верифікованих моделей, (Рис. 3) алгоритми яких вже апробовано і підібрані відповідні методи інноваційного з’єднання для часток природи транспортних споруд й мереж.

Для аналізу економічних моделей можуть бути використані методи оптимізації та імітації.

Четвертий етап моделювання (Рис. 2) є найбільш кропітким. Якщо ситуаційні майже миттєві деформації, пошкодження, руйнування, пожежі разом з реальними аваріями недостатньо параметризовані, тоді математичне моделювання ПСДС вимагає якісної завчасної інформації.

Під час підготовки вихідної інформації можна використовувати методи теорії подібності, ігор, ймовірностей, теоретичної і математичної статистики. У статистичному економіко-математичному моделюванні вихідну інформацію, яку отримали в одних моделях, можна зв умов гомоморфізму використовувати для функціонування інших моделей [7].

На п’ятому етапі засобами ергатичного моделювання за нових потреб й вимог необхідно створити алгоритми розв’язання екстремальної задачі. На цьому етапі можуть виникнути труднощі з задачами, які мають великий масив даних. Тоді додатково необхідно створювати паралельні команди GRID виконавців для них підготувати відповідне програмне забезпечення і провести необхідні розрахунки, шукати відповідні засоби і методи роботи з системами еквівалентних декомпованих підсистем управління базами даних. Результати паралельного моделювання доповнюють значущість аналітичного раціонального організованого дослідження.

Інформаційний ПАК технології управління розвитком ТПК. На заключному шостому етапі ПСДС перш за все виконується верифікація і валідація моделі з’ясовується питання: чи правильно виконано моделювання, чи повні вихідні дані, а також практичне застосування отриманих результатів. Тобто, головне призначення економічного моделювання полягає у практиці оцінок валют й ресурсів на місію поставлених задач. А вже потім аналізують і будують подальше вдосконалення пропускну

здатності доріг ТПК у час небажаних катастроф надзвичайних умов особливого періоду. Процес прийняття рішень за оцінками фінансових витрат можна зобразити схематично також у вигляді циклічного алгоритму (Рис. 3).

Запропонований узагальнений алгоритм ПАК має гнучку мінімізовану структуру з застосуванням досвіду та результатів дії спеціальних підрозділів у ризиках та невизначеності в зонах ТПК з реальними множинними особливостями довкілля. Такі властивості та сучасна специфіка різноманіття форм власності та захисту бізнес-процесів дозволяють в умовах дефіциту моментів часу використовувати певні стандартні методології та інструментальні засоби. Найбільш відомою є методологія структурного аналізу SADT (Structured Analysis and Design Technique), яка була запропонована ще в 70 роках Дугласом Россом. На початку 90-х років з'являється новий стандарт моделювання бізнес-процесів IDEF0, який був заснований на методології SADT і отримав широку популярність. Головною ідеєю методології SADT є побудова деревоподібної функціональної моделі підприємства для графічного моделювання бізнес-процесів є ARIS і AllFusion Process Modeler 7 (попередня назва BPwin) засобами.

До складу ПАК сімейства IDEF входять стандарти - IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF2, IDEF3, IDEF4 і IDEF5, за допомогою яких можна ефективно відображати і аналізувати в режимах on-line моделі діяльності широкого спектру ПСДС. (Рис. 4).

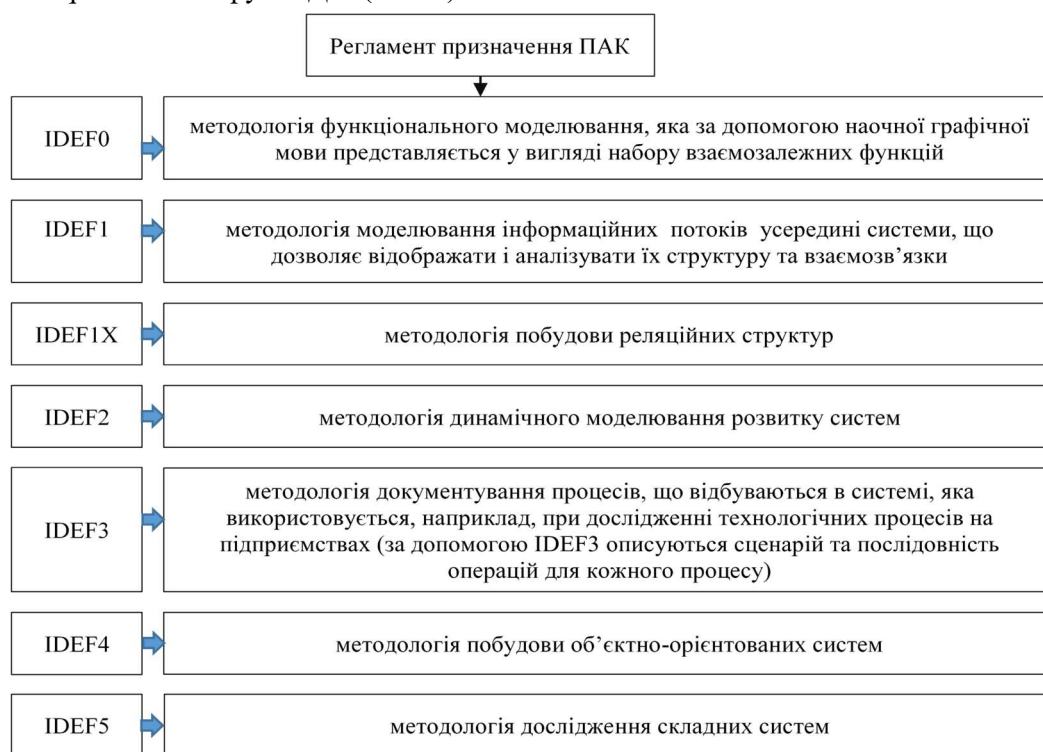


Рисунок 4 – Єдиний принцип розподілу функцій цифровізації ПАК серії IDEF0
Figure 4 – A single principle for the distribution of digitalization functions for IDEF0 series packaged goods machines

Система **AllFusion Process Modeler** була розроблена компанією Computer Associates і вона повністю підтримує стандарт IDEF0. За допомогою AllFusion Process Modeler 7 можна легко описати важливі процеси бізнесової діяльності: це і завдання, які постають перед підприємством, способи їх реалізації, розрахувати необхідні ресурси і в кінці отримати візуалізацію результатів дій. Серед особливостей системи можна виділити можливість експортувати різні об'єкти і дані. За потреб

майбутніх проектів і спеціальних програм реалізуємо різні технології моделювання з аналізом показників витрат і пропускної здатності транспортних доріг [8].

AllFusion Process Modeler 7 зручно використовувати без втрати якості заздалегідь напрацьованих діаграм і графіків (Рис. 4) для оптимізації діяльності спеціалізованих ПЕВО і перевірок на відповідність стандартам ISO 9000 [8].

Що стосується недоліків системи, то всі вони стосуються інтерфейсу. ARIS – система графічного моделювання бізнес-процесів, яка була розроблена німецькою компанією IDS Sheer AG, в основу її покладена однойменна методологія. За допомогою ARIS теж створюють структуровані описи, досліджують і аналізують складові організаційної структури для подальшого вдосконалення бізнес-процесів підприємства.

Серед недоліків означених ПАК можна вважати: завищеної ціни, достатньо складний інтерфейс, неможливість, розрахувати середній час виконання за етапами цільового створення нестандартних звітів процесу.

Звичайно, для моделювання й оптимізації бізнес-процесів спеціалізованих ПЕВО слід використовувати не тільки відповідні моделі і методи, а й нове програмне забезпечення. Симбіоз допоможе практично виконати необхідний комплекс заходів, які будуть спрямовані на подальше удосконалення служб надзвичайної діяльності ПЕВО після фаз військових протиборств [4].

Формалізації методів та методики інфологічного моделювання процесів ергатичного пошуку ефективних управлінських ТТР за інтегральними критеріями безпеки. Тоді технології виробництва матеріалів без теплових викидів в атмосферу загрозливих для життя газів набувають значущої переваги нових продуктів майбутнього будівництва.

Поняття безпеки ПСДС, де екологічні чинники суттєво залежать від ЗНОС конкретизуємо з наступних критеріальних категорій PST ТПК:

PST1. Безпека неперервного життя людини й екосистеми у просторово-часовому континуумі (ПЧК) з сезонно нормальними природними умовами ЗНОС під час виробництва продукції.

PST 2. Безпека прибуткового функціонування поліергатичних виробничих організацій (ПЕВО) без відмов, аварій, катастроф та забруднення всіх сфер ЗНОС.

PST 3. Економічна безпека кожної керованої системи масового обслуговування (СМО) без зайвих витрат ресурсів, матеріалів, енергії згідно замовлень для спеціалізованих ПЕВО.

Методи та результати. Категоріальні поняття АВІДО слід мати у вигляді єдиного інформаційного простору (ЄІП) для PST ТПК. Потрібну формалізовану трикутну діаграму взаємозалежностей у межах PST для конкретних задач надано на Рис. 5.

Нагадаємо формальне визначення [7] поняття «задача»:

$$\theta = \langle \zeta, Z, F, \delta \rangle, \quad (1)$$

де θ - тема або початковий інформаційний об'єкт дорожнього будівництва та руху МТЗ EMV завдань задачної системи;

ζ - перелік цільовказівок у вигляді комплексу інструкцій-настанов, директив;

Z - задачний комплекс станів, що у вигляді Z_0 початкового, проміжного Z_i поточного та кінцевого-цільового Z_n станів, що фіксують сутність, особливості та специфіку функціонування даного класу перетворень у межах управлінської дії згідно обґрунтованих ТТР на конкретну спеціальну місію;

F - функціональний комплекс правил продукції та цифровізованих перетворень, що може бути визначений згідно алгоритму розв'язку задачі у вигляді послідовності типових операторів, що дозволяють досягти ζ_n мети – кінцевого результату;

σ - початковий символ АВІДО конкретної задачної системи для технологій автоматного переходу від початкового стану PST у термінальний кінцевий з фіксуванням ТТР у вигляді звітної документації дієвої спеціальної місії.

Авторська розробка сутності, особливості та специфіки (СОС) в інформаційних технологіях (ІТ) для проблемних галузей діяльності ПЕВО полягає у інтерпретації вхідних понять (речень), людських слів, в формі кодів для комп'ютерної технології алгоритмічного розв'язання кожної типової задачі. Наприклад, кожний хімічний елемент відображає власну будову ядра атома та електронні конфігурації просторових орбіталей для побудови речовин у хімічних реакціях між хімічними сполуками [7].

В кодових позначеннях на (Рис. 6) застосовуємо цілі (арабські та римські) числа, які належать СДС з певної групи фігурних чисел [7] виду

$$FG = \left\{ n + (k - 2) \frac{n(n-1)}{2} \right\}, n \in N, FG(n = 0) = 1, \quad (2)$$

де k - кутове число, що визначає фундаментальну властивість FG ряду,

N - елементи натурального ряду чисел відповідно закону числення та формотворення арифметичних рядків.

Приклади для $K = \overline{3-6}$ надано у таблиці 1.

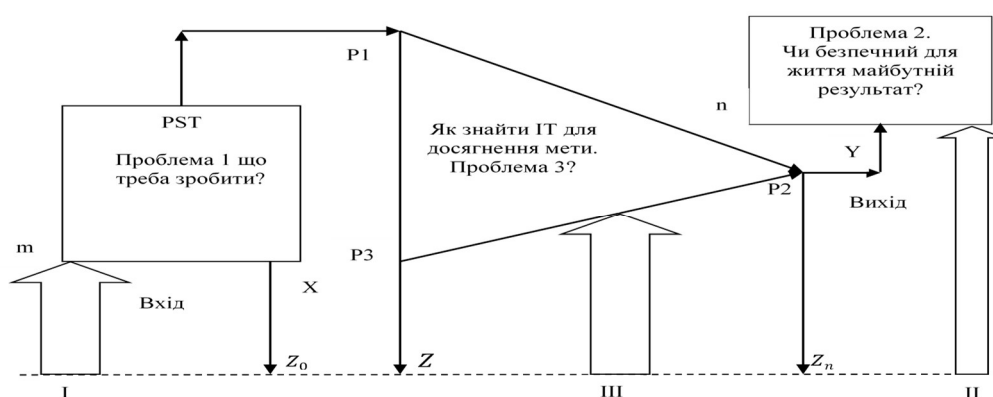


Рисунок 5 – Концептуальна АВІДО, як інформаційно-образна динамічна модель (ІОДМ) триєдності взаємозалежностей в кожній задачній (проблемній) підсистемі у межах PST.

Figure 5 – Conceptual AVIDO as an information-figurative dynamic model (IFDM) of the triunity of interdependencies in each task (problem) subsystem within the PST

У тривимірному евклідовому просторі аналоги трикутних чисел називають пірамідальними або тетраедричними числами. Для трикутної піраміди застосовують поняття тетраедр об'ємного тіла. Системна тетраедрична взаємозалежність у природному просторово-часовому континуумі (ПЧК) визначає складність динамічних процесів та застосування КІТ.

У межах PST1 треба знати початкові наявні ресурси, які будуть піддаватись далі процесам побудови чи створення. Найбільш визначальним фактором на даному етапі є кошторисна вартість отримання цих ресурсів. Бажана мінімізація витрат фінансів на процеси застосування дії до початкових (сировина) речовин. У випадках застосування сміття, яке швидко накопичене [8] й утворило PST1, її застосування набуває іншу актуалізацію. Наприклад – політичну, екологічну, соціальну, естетичну [4].

Розв'язання PST1 та початок пошуку ТТР означає одночасний перехід у PST2. Дійсно кожна матеріальна речовина має фундаментальні параметри: об'єм, розміри, вагу, фізико-хімічні властивості, що породжені атомно-молекулярною будовою речовин. Параметри ЄПП належать сучасній метрологічній системі [7] квантових еталонів.

Таблиця 1 – Запис коду елементів N послідовного арифметичного ряду FG
Table 1 – Writing the code of elements N of a sequential arithmetic series FG

Значення K та назва ряду	Значення числа N у послідовності елементів FG (k,n)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Var	N
K=3 трикутний	1	3	6	10	15	21	28	36	...	$\frac{n(n+1)}{2}$
K=4 квадратний	1	4	9	16	25	36	49	64	...	n^2
K=5 пентагональний	1	5	12	22	35	51	70	92	...	$\frac{3n^2 - n}{2}$
K=6 гексагональний	1	6	15	28	45	66	91	120	...	$2n^2 - n$

Переміщення у просторі великих мас проблемної сировини (PST1) означає транспортні витрати на перевезення та появу нової PST2. Результати цієї проблеми повинні бути корисними, привабливими, екологічно чистими. Саме такі властивості мають бажані продукти, товари та послуги, що застосовують матеріальні носії у вигляді комплексних конструктивних матеріалів (ККМ) або спеціальних матеріалів для майбутніх EMV двигунів МТЗ. Коли ТТР по створенню ККМ, буде актуальним, тоді існують також замкнені зв'язки між PST1 та PST2, у зовнішніх сферах: політики, екологі, соціуму. Саме такі вимоги й потреби розвитку застосовують до майбутніх (за горизонтом 2030 [4, 5]) інтелектуальних транспортних систем (ITS).

Проблемні потреби розвитку, покращення, раціоналізації ІТС та транспортної інфраструктури складають першочерговий перелік: двигунів, силових механізмів, транспортних засобів, ділянок, шляхів, транспортно-дорожнього комплексу (ТДК) та вулично-дорожньої мережі (ВДМ) селищ, виробничих організацій, кожного міста. Технології прибуткового вирощування на нових принципах аграрного виробництва продукції рослинництва (АВІПР) для населення й промисловості зараз актуальні й за потреб ЄС.

До процедур КІТ висуваються інші PST3 та критерії ТТР. Фундаментальні критерії глобальної безпеки життя на планеті Земля пов'язані з різким зменшенням об'ємів викиду в атмосферу двоокису вуглецю CO_2 та теплотоків некерованої ентропії (глобальне потепління та зміна клімату). Саме означені явища не дають мешканцям Землі бути щасливими у порівнянні з минулим більш стабільним погодно-кліматичними умовами, до яких добре адаптувалися різноманітні рослини та біологічні форми життя. Напрацьовані у межах PST3 раціональні ТТР повинні значно змінити кругообіг вуглецю в планетарних масштабах без забруднень атмосфери, таким чином всі три проблеми взаємозалежні. Запропонована ІОДМ конкретизує АВІДО.

Взаємозалежність у межах локального ПЧК по кожному конкретному (парному) зв'язку будують грані з трикутного об'єкта дослідження. Приклад застосування трикутних чисел для відповідних (позицій ПЧК) таблиці Д.І. Менделєєва [7] формує точки опису хімічних елементів, як це надано на Рис. 6. Дана локалізована трикутна проекція математичних точок в полярних координатах характеризує три вектори. Для кожної сторони трикутника ABC кількість точок за формулою (2) однакова, дивись таблицю (вісь-OX; радіус-вектор $\rho = AC$, $\angle \alpha$ - кут між віссю OX з базою виміру АВ за формулою (2) при заданому n на бічній стороні AC) Рис. 6.

Вздовж осі OX розташовані FG числа кодового ряду (2) за умов $K=3=const$. Вздовж бічної сторони AC починаючи з 1 згідно часової стрілки знаходяться всі вершини часткових трикутників з відповідним кодовим цілим числом аналогічних та подібних вершині С максимального можливого дієвого об'єкта формотворення. У випадках отримання майбутніх знань про хімічні елементи з

зарядами $Z_c=136$ на АС та більше до $Z_b=153$ на АВ потрібно лише $n=17$, щоби застосовувати методи подібності, симетрії та періодичності для прогнозу – передбачення властивостей хімічних нестійких моделей з надзвичайно швидким розпадом.

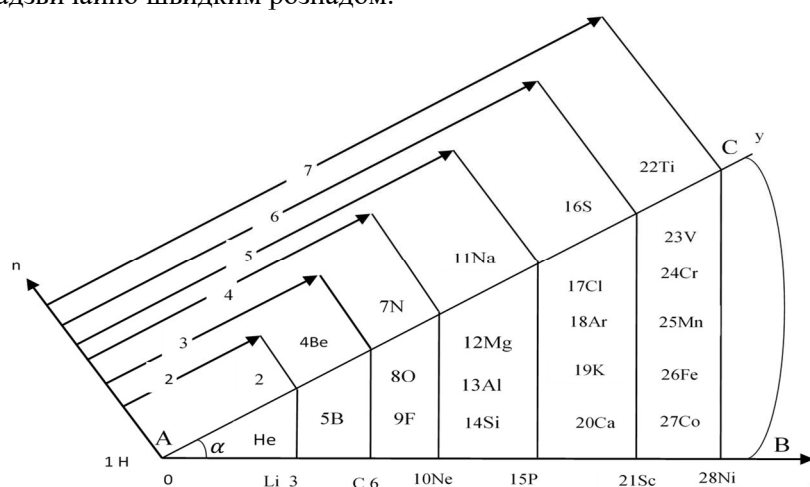


Рисунок 6 – Фрагмент символічного кодування об’єктів розрахункової базової моделі – РБМ.
Figure 6 – Fragment of symbolic encoding of objects of the calculation basic model - RBM.

Всі сторони, що протилежні куту $\alpha = \angle ABC$ вміщують на паралельних сторонах бази СВ відповідну кількість послідовних точок, яка також дорівнює числу n табл.1 для інших АС та АВ подібних трикутників АВС проєкцій вкладених трикутників. Початковий трикутник $\Delta 123$ має лише 2 точки (пара $H - He$ або $H - Li$) на власних бічних сторонах. Кінцевий на рис. 2 $\Delta 1,2,2,28$ або $H - Ti - Ni$ має по 7 точок. Точки визначають різні особливості квантової фізики за законами будови більш складних атомів.

Для кожного власного боку індивідуально кодованого трикутника. Виноски, що паралельні сторони АС та містять цілі числа з нахилом відповідають поточному значенню параметра n у FG підмножинних. Воно відповідно розміщено на базі АВ. Таким чином, наприклад, при $K=3$ з записами кроку фігурної (трикутної підгрупи) характеристики ряду подібних об’єктів та $n=7$ даний трикутник ΔABC на кожному з власних боків має 7 точок (конкретно: 1, 2, 4, 7, 11, 16, 22 для вектору АС; 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 для вектору СВ; відповідно 1,3,6,10,15,21,28 для вектору АВ вздовж осі ОХ. За часовою стрілкою послідовна нумерація натуральним рядом N забезпечує подібність фізичних та хімічних властивостей при просторово-геометрично-тензорній подібності у даному прикладі ядер атомів хімічних елементів. Спіральний хід еволюції фізичної побудови й кодування об’єктів ПСДС, як математичних точок підкреслює систему взаємозалежності часток у цій системі. Наприклад, при $n=5$ маємо $Z_c=105$ та $Z_b=120$, що характеризує зростання нестабільності та радіоактивного розпаду подібних хімічних елементів, що відкриває сучасна наука.

Словосполучення РБМ на рисунку 2 ілюструє, що ПСДС при наявності повномасштабного деталізованого опису точок (елементів, наприклад, $n=7$) розгорнутої деталізації можливо еквівалентувати, згортати до більш конструктивних $1 < n < 7$ моделей. Відповідно явно не використовуються (замовчуються та зберігаються у пам’яті сховищ ЕОМ) для проведення обчислень на більш узагальнених рівнях моделювання фрагментів, що вкладені у спільну будову.

Точка 1 втрачає багаторівневий опис, але має головну сутність інфологічного первинного опису, яким для будь-якої $n \leq 7$ складності є унікальна назва об’єкту моделювання СДС. Наприклад, при $K=3=const$, $n=100$, можливо мати $FG=5050$ для точкових додатків до назви, що починається з одиничного коду інфологічної РБМ з великою кількістю складових часток, що різні за власними

якостями. Згідно рис. 6 на повному рівні відповідності концептуальної ІОДМ можливо надати таку інтерпретацію опису ПСДС.

Нехай база вісь ОХ або бічна сторона АВ визначає базові тривіальні операції (відповідно відомим частково тривіальним задачам) на наступний $next=n+1$ крок. Таким чином ФГ $next = \psi(n)$, де функція ψ визначена алгебраїчно (2). Доцільно знати, що для різних значень К можна використовувати таблицю 1.

Дві точки на осі ОХ визначають вектор руху $\overline{1, n}$ або \overline{AB} з координатами позицій відповідно названого ряду (таблиця 1.) та значенню $n \in N$ у вигляді конкретного числа-коду. Під кутом $\alpha = \angle BAC$ знаходиться інший вектор, що може змінюватися вздовж бічної прямої АС. На цьому боці трикутного прикладу послідовно розміщуються відповідно до значень $n \in N$ натурального ряду арифметичних чисел кодовані позиції відповідного вектору $\overline{AC}(n)$. Рухома точка С завжди отримує дискретну позицію за чисельним номером $\{\psi(n-1)+1\}$. Обчислення також тривіальні тому, що попереднє для рухомої точки В число $\psi(n-1)$ вже є у пам'яті комп'ютера та залишається лише додати 1 до $\psi(B)$. На діаграмі рис. 6 стабільне правило переходу на один крок відображається проєкційним зсувом праворуч вздовж вісі АС.

Сторона, інакше вектор \overline{BC} , що замикає площу трикутника АВС, з'єднує у двох попередніх точках В та С позиції векторів \overline{AB} й \overline{AC} , які ідентифікують у ПЧК різні його фрагменти. Між ними кут $\alpha = \angle BAC = \angle CAB$, який дозволяє знайти інші кути: $\beta = \angle ABC = \angle CBA$; $\gamma = \angle ACB = \angle BCA$.

Внутрішні адресні з'єднання об'єктів цифровізованої технології ІТС. Нагадаємо фундаментальну властивість фігурних чисел стосовно кожної бічної сторони багатовуглику (К) кутника. Зараз ілюструємо $K=3$ та (2). В даній кодовій ситуації на кожний з трьох сторін трикутника (включаючи 2 точки початку та кінця векторів), буде дорівнювати однакова n кількість точок. Але всі (окрім співпадаючих, що утворюють зливання – тотожність) сторони-ребра й вектори по різному орієнтовані у ПЧК. Незважаючи на це система для окремих фрагментів (що всі вкладені) зберігає наступну подібність базових властивостей (p-property).

$$P1. \angle \alpha + \angle \beta + \angle \gamma = \pi \text{ або } 180^0,$$

$$P2. |\overline{AB}| = |\overline{AC}| = |\overline{CB}| = n |\overline{l}_i| \text{ або } \left| \frac{\overline{AB}}{\overline{l}_1} \right| = \left| \frac{\overline{AC}}{\overline{l}_2} \right| = \left| \frac{\overline{CB}}{\overline{l}_3} \right| = n,$$

$$P3. \forall (m, n) : bc_m \parallel BC_n, n < m.$$

Різна орієнтація всіх n точок на кожній зі сторін $\triangle ABC$ дозволяє (використовувати чисельні індекси відповідних позицій) індивідуально характеризувати кожну окрему точку з визначенням її власної специфіки, що й відрізняє її у цілісному ПЧК ПСДС. Опис необхідної й достатньої характеристики за вимог PST роблять засобами КІТ у наступних формах: тексту на альбомних сторінках чи файлах сховища; таблиці з семантично поєднаними атрибутами у рядках та стовпчиках; рисунках, діаграмах чи схемах взаємозв'язків між деталями цілісної композиції; фото копії цифрового піксельного зображення об'єкта оригіналу, що описаний у спеціальному форматі; набору кадрів, де кожен кадр може бути гібридом у вигляді попередніх вище згаданих форм чи однорідним описом форми, яка формально як ланка ланцюга деталізована у даній частковій формі.

Враховуючи відкритість ПСДС та їх еволюційний розвиток за етапами (епохами, періодами, кроками) реорганізації з відповідними формотвореннями (Рис. 5 та Рис. 6) й зміною (корикуванням, уточненням) атрибутів та параметрів, пропонуємо наступну інфологічну модель бази даних (Рис. 7) уніфікованого сховища для розв'язання PST майбутнього дорожнього будівництва для ІТС.

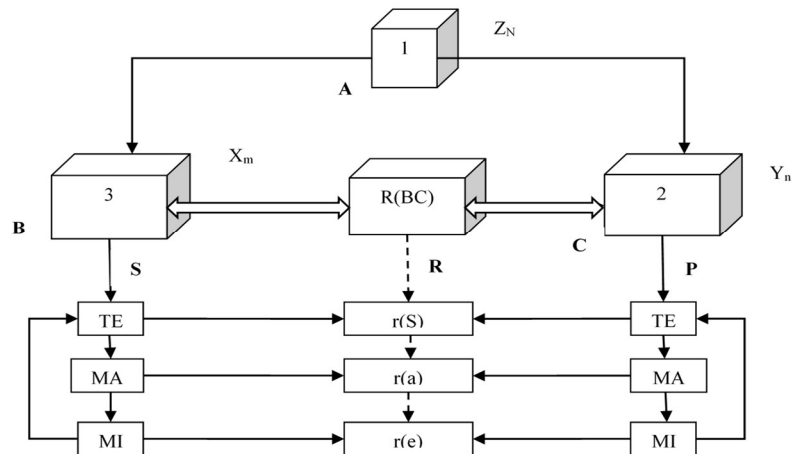


Рисунок 7 – Концептуальна інфологічна модель (КІМ) ПСДС для організації обслуговування запитів на отримання з бази цифровізованих конкретних часткових даних, що еволюційно накопичує сховище КІТ ПЕВО цифрової епохи.

Figure 7 – Conceptual infological model (CIM) of the SPSS for organizing the service of requests for obtaining specific partial data from the database of digitized specific partial data that evolutionarily accumulates the CIT PEVO repository of the digital era.

Верхній фрагмент БД ПСДС відображає відношення між А,В,С фрагментами сховища ІТ за кодovими зв'язками на основі принципу трикутних фігурних чисел (2) та за умов $\forall n \in N, n \square N, m \square N, m > n$. Початок роботи з даною базою реалізується з вершини А з наявними номерами від 1 до Z_n . Далі згідно цілей та задач (то що вже відомо) можливо отримати дані SPR з наявними індексними кодами від 3 до X_m . Аналогічно завданню та поточній задачі згідно адресних посилань \overline{AB} чи \overline{AC} обираємо поки ще прогнозовані майбутні ІОДМ об'єктів, що шукаємо за орієнтирами не повної (фрагментарної за схожістю), не однозначної форми опису за категорією шукай згідно означених обмежень. Пошук формальних цільових результатів (чи поки ще натяків на це) можливо реалізувати (згідно накопиченого у середовищі БД досвіду) за наступними адресними посиланнями. Спочатку фіксуємо позиції пошукових базових точок В (за стрілкою \overline{AB}) та С (за стрілками \overline{AC}). Далі з опорних позицій В та С звертаємось до ланцюгових переліків $R(B,c)$ та $R(c,B)$, які на рис. 3 відмічені подвійними крупними стрілками. Саме це дозволяє однозначно за потреб динамічного будівництва знаходити перетин

$$R(b,c) \in R(B,c) \cap R(C,b) \cup R(c,B), \quad (3)$$

де $R(B,c)$ - повна множина ланцюгового переліку з позиції В до елементів $c \in C$, які з'єднані з окремими атрибутами позиції С, що детально по С декомпазована;

$R(C,b)$ - також повна множина іншого ланцюгового переліку (або підстановки з індексів) з позиції С до елементів $b \in B$, які з'єднані згідно досвіду експлуатації даної БД з окремими атрибутами позиції В узагальненого поняття класу ПЕВО автодоріг та їх будівництва.

За алгоритмом методики (3) співпадіння пари числових індексів забезпечує однозначно симетричне та достовірне значення $R(B,c) = R(C,b)$ адресних відношень конкретного опису. Його

можна читати вже за пунктирно-означеною адресною стрілкою, що вказує на чітко однозначно оформлений документ (масив даних у відповідній формі наявної у сховищі підсистемі АСІД за темою АВІДО PST) для розвитку транспортної системи.

Переходимо до нижнього фрагменту КІМ (Рис.7), де для більш детальної декомпозиції СДС та ЗНОС застосовуємо знання ієрархічних відношень більшого $3 < k < 17$ рангу. Вертикальні ієрархічні відношення позначені для В: ТЕВ, МАВ, МІВ, аналогічно для С: ТЕС, МАС, МІС. Перша пара літер у цих обох переліках КІТ означає наступне:

ТЕ – тематично-цільове розкриття сенсу означеного підкласу шляхом конкретного звернення за попередньо пройденим ланцюгом ЄІП згідно адресним посиленням;

МА – макро опис особливостей даного фрагмента об'єкта ІТ відповідно до ТЕ;

МІ – мікро опис специфіки деталізації та потрібної декомпозиції кожного наявного фрагмента на більш елементарні (тривіальні) частки, що зрозуміли ПЕВО транспортної галузі.

У всіх випадках, коли трирівневої деталізації не достатньо, тоді продовжуємо далі по блокам на 3 ступеня ранжувати далі. На Рис. 7, це показано стрілками від МІ до ТЕ, що означає необхідно зациклювання (продовження) до повного завершення на дійсно мінімальному необхідно (відомому) атрибуті (аксіомі алеф поняття). Схема на рис. 7 передбачає знання Рис. 6 та Табл.1 стосовно подібних за структурами адресних зв'язків трикутних об'єктів опису. Фігурні числа дозволяють продовжувати ергатичну діяльність з розв'язання необхідних задач, включаючи кодування необхідних та додаткових документів АСІД без зміни операційної системи та програмно-алгоритмічної частини КІТ цілісного ПАК ПЕВО за потреб й особливих вимог безпеки на міжнародних автобанах та їх актуального будівництва.

Висновки

У роботі розвинуто методологію емергентного дорожнього будівництва інфраструктурних споруд майбутньої транспортної мережі локального технологічно-природного комплексу, що дозволяє вирішувати проблему безпеки життя під час руху транспортних засобів з двигунами класу EMV та виконання спеціальних місій цифровізованого формотворення на автомобільних дорогах, де відбулись руйнування і аварійні події військових уражень особливого стану. Підсумки роботи за темою характеризують наступні результати.

Розроблено концепцію ергатичного моделювання потокових складних динамічних систем за потреб ефективності дорожнього будівництва шляхом удосконалення методології автоматизації й цифровізації технологій організаційного управління з режимами ліквідації наслідків руйнувань в надзвичайних умовах особливого стану.

Розроблено принципи й алгоритми першочергових майбутніх місій з безпеки життя та захисту біорізноманіття екологічного довкілля, яке не повинно відчувати деградаційні фактори впливу дорожньо-транспортних подій та аварій у наслідок війни зі значним руйнуванням споруд транспортної інфраструктури мереж техногенно-природних комплексів.

Визначено етапи обов'язкових для прийняття раціональних рішень щодо надзвичайних дій спеціальних місій за потреб підвищених поліергатичних виробництв, які створюють інноваційні продукти, комплексні конструктивні матеріали, енергетичні мобільні двигуни (уніфікованого призначення та широкого спектру застосування) для прискорених форм транспортно-будівельного обслуговування в надзвичайних умовах особливого стану й спеціальних операцій.

Доведено ефективність цифровізації технологій синтезу оперативних рішень з варіаційними структурними схемами, оптимізаціями функцій почергових перетворень, прискореннями пакетної комунікації в режимах мультиплексної обробки інформації відповідно до особливостей розвитку надзвичайних процесів деформації матеріалів конструкцій, відновлення працездатності логістики транспортних перевезень, диспетчерського керування процесними виконавцями в зонах спеціальних операцій, ризику і невизначеності.

Рекомендовано формувати майбутні проекти й програми дорожнього будівництва з застосуванням запропонованої концепції автоматизованого і цифровізованого моделювання,

технологій оперативного створення визначальних функціональних додатків з урахуванням запропонованих засобів економічно-математичного оцінювання ефективності розподілених за спецпризначенням типових програмних модулів. Методології та принципи інженерії комп'ютерних інформаційних та методів створення нових прогресивних конструктивних матеріалів, здатні точно знати особливості напружено-деформованих навантажень елементів будівель в надзвичайних умовах аварійного розвитку загроз й збурень в зонах техногенно-природного комплексу, де суспільство адаптується до реалій інформаційної ери цифровізації.

Перелік посилань

1. Шевченко О. Л., Стрілець А. Ю. Цифровізація бізнес-процесів під час війни // Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи : збірник тез та доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 08 грудня 2022 р. Київ, 2022. С. 246–247.
2. Шкляр В., Петухов А. Роль цифрових технологій в управлінні зовнішньоекономічною діяльністю підприємств // Управління та адміністрування в умовах протидії гібридним загрозам національній безпеці : матеріали Міжнар. наук. практ. конф. м. Київ, 22 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 232– 235.
3. А.Г. Ткачук, О.М. Безвесільна, А.А. Гуменюк, В.М. Янчук, І.В. Крижанівська. Дослідження основних напрямків розвитку сучасних системи стабілізації озброєння. Науковий журнал «Технічна інженерія». 2020. Вип. 2(86). С. 73-80.
4. Цифрова трансформація (цифровізація) регіонів України: аналіт. зап. // Національна академія державного управління при Президентові України. URL: <http://academy.gov.ua/pages/dop/198/files/4ba4c1b4-cefe4f27-b58b-3aee7c8cf152.pdf>
5. Ministry of Digital Transformation of Ukraine (2023), Digital Literacy Research - 2023, https://osvita.diiia.gov.ua/uploads/1/8801-en_cifrova_gramotnist_naseleenna_ukraini_2023.pdf.
6. Голошак А. М. Господарська діяльність в умовах дії спеціальних режимів господарювання в умовах воєнного стану / А. М. Голошак // Європейські орієнтири розвитку України в умовах війни та глобальних викликів XXI століття: синергія наукових, освітніх та технологічних рішень : у 2 т. : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 19 травня 2023 р.) / за загальною редакцією С. В. Ківалова. – Одеса : Видавництво «Юридика», 2023. – Т. 2. – С. 704-707.; <https://em.duit.in.ua/index.php/home/article/view/131>;
7. Комісаренко О. С. Інформаційне моделювання процесів створення функціональних матеріалів : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 - інформаційні технології / Комісаренко Олена Сергіївна. – К. : НТУ, 2020. – 283 с.
8. Дмитриченко М.Ф. Використання концепції ефективного автомобіля для моделювання динаміки транспортних потоків у вуличній мережі міста // МФ Дмитриченко, ОО Бакуліч // Економіка та управління на транспорті. – 2016. С. 3-8

AUTOMATION AND DIGITALIZATION OF INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT NETWORK DEVELOPMENT MANAGEMENT TECHNOLOGIES FOR THE NEEDS OF SPECIAL PROGRAMS

Komisarenko Olena S., PhD in Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net

Baranov Georgy L., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: baranovgl2018@gmail.com

Metelska Darya V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: metelskadasha@gmail.com

Abstract. The article presents an analysis of the state of a complex dynamic system covering the infrastructure of building structures and highways in Ukraine, which now reflect the life cycles of passenger and cargo transportation in the conditions of three years of damaged ecology as a result of military operations.

Object of research - To take into account international logistics and special projects for life safety and environmental protection, which should not experience degradation factors of traffic accidents and accidents with the destruction of structures.

The aim of the work is to develop a technology for automation and digitalization of problem-situational tasks of phased construction of highways and road construction for the needs of leading polyergatic industries that create innovative products, complex structural materials, and energy mobile engines for future technological and natural complexes in accordance with international standards with the European Union.

Research methods: analysis of international and domestic literature and evaluation of road construction experience in the context of digitalization.

Results. Examples of automation and digitalization of technologies for managing the processes of searching for progressive innovative complex structural materials (CSM) are given. Physical and mathematical methods have been used to formalize the transformation of PST problems into integrated Cauchy forms for differential equations, or variable forms of nonlinear integral functions. Typical models provide the stages of application of software and hardware complexes of the ACS and CAD class for road construction by means of ergatic structural and functional coordination of the relationships of control objects with synergistic control and protection means.

In transient fast-moving (jump, explosive, rupture, impulse) road traffic events and emergency modes, it is important to immediately properly limit and maneuver to optimize the consequences of extreme manifestations of risks and uncertainty in the form of material damage.

Keywords: transport construction, management problems, special modes, digitalization technologies, ergatic modeling, structural materials, mobile engines, road construction of the future.

References

1. Shevchenko O. L., Strilets A. Yu. Tsyfrovizatsiia biznes-protseviv pid chas viiny // *Biznes, innovatsii, menedzhment: problemy ta perspektyvy* : zbirnyk tez ta dopovidei III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, m. Kyiv, 08 hrudnia 2022 r. Kyiv, 2022. S. 246–247.
2. Shkliar V., Pietukhov A. Rol tsyfrovoykh tekhnolohii v upravlinni zovnishnoekonomichnoiu diialnistiu pidpriemstv // *Upravlinnia ta administruvannia v umovakh protydii hibrydnym zahrozam natsionalnii bezpetsi* : materialy Mizhnar. nauk. prakt. konf. m. Kyiv, 22 lystop. 2022 r. Kyiv, 2022. S. 232–235.
3. A.H. Tkachuk, O.M. Bezvesilna, A.A. Humeniuk, V.M. Yanchuk, I.V. Kryzhanivska. Doslidzhennia osnovnykh napriamkiv rozvytku suchasnykh systemy stabilizatsii ozbroiennia. *Naukovyi zhurnal «Tekhnichna inzheneriia»*. 2020. Vyp. 2(86). S. 73-80.
4. Tsyfrova transformatsiia (tsyfrovizatsiia) rehioniv Ukrainy: analit. zap. // *Natsionalna akademiia derzhavnoho upravlinnia pry Prezydentovi Ukrainy*. URL: <http://academy.gov.ua/pages/dop/198/files/4ba4c1b4-cefe4f27-b58b-3aee7c8cf152.pdf>
5. Ministry of Digital Transformation of Ukraine (2023), *Digital Literacy Research - 2023*, https://osvita.diiia.gov.ua/uploads/1/8801-en_cifrova_gramotnist_naseleenna_ukraini_2023.pdf.
6. Holoshchak A. M. *Hospodarska diialnist v umovakh dii spetsialnykh rezhymiv hospodariuvannia v umovakh voiennoho stanu* / A. M. Holoshchak // *Yevropeiski oriientyry rozvytku Ukrainy v umovakh viiny ta hlobalnykh vyklykiv KhKhI stolittia: synerhiia naukovykh, osvitykh ta tekhnolohichnykh rishen* : u 2 t. : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (m. Odesa, 19 travnia 2023 r.) / za zahalnoiu redaktsiieiu S. V. Kivalova. – Odesa : Vydavnytstvo «Iurydyka», 2023. – T. 2. – S. 704-707.; <https://em.duit.in.ua/index.php/home/article/view/131>;
7. Komisarenko O. S. *Informatsiine modeliuvannia protseviv stvorennia funktsionalnykh materialiv* : dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk : spets. 05.13.06 - informatsiini tekhnolohii / Komisarenko Olena Serhiivna. – K. : NTU, 2020. – 283 s.
8. Dmytrychenko M.F. *Vykorystannia kontseptsii efektyvnoho avtomobilia dlia modeliuvannia dynamiky transportnykh potokiv u vulychnii merezhi mista* // MF Dmytrychenko, OO Bakulich // *Ekonomika ta upravlinnia na transporti*. – 2016. S. 3-8