

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми досліджень. Успішне вирішення проблем, що стоять перед Україною на шляху її інтеграції в Світову економіку неможливе без спеціалістів з високим рівнем кваліфікації. Особлива роль в цьому процесі належить закладам вищої освіти (ЗВО), тому особливо важливим є забезпечення стабільної роботи вищих закладів освіти та розвитку нових освітніх програм. Потрібні для цього зміни в системі вищої освіти України полягають не тільки у входженні в Болонський процес, а в першу чергу в таких організаційних, технологічних, функціональних удосконаленнях ЗВО, які дозволять їм вийти на рівень провідних європейських університетів.

У рамках методів і засобів, що існують у традиційній системі управління ЗВО розв'язати це стратегічне завдання неможливо. Тому необхідно змінити підходи, методи та засоби управління вищими навчальними закладами. Для цього необхідно використовувати сучасні концепції та методології управління складними організаційно-технічними структурами, і як у будь-яких управлінських системах створити умови, для своєчасного одержання всіма суб'єктами управлінського процесу повної інформації про процеси у ЗВО і його оточенні. Тому в дисертаційній роботі пропонується об'єднати два стратегічні напрямки розвитку культури управління ЗВО – це інформатизація на базі впровадження автоматизованих інформаційних систем і технології управління вищими навчальними закладами.

Процеси управління ЗВО характеризуються цілою сукупністю властивостей: складністю, невизначеністю, багатокритеріальністю прийнятих рішень, багатоваріантністю, динамічним характером процесів, суперечливістю і важкоформалізованим характером функціонування елементів системи проектно-технологічного управління. Тому створення в цій області сучасних систем проектно-технологічного управління (СПТУ) ЗВО вимагає істотного розвитку теоретичних основ та методів створення інформаційно-управляючих систем. Для забезпечення ефективності процесів підготовки фахівців ЗВО у сучасних умовах необхідно здійснити структурну перебудову всього механізму управлінської діяльності. У першу чергу така перебудова пов'язана з необхідністю переходу на використання сучасних інформаційних технологій при організації управлінської діяльності у ЗВО.

Перехід до використання сучасних інформаційних технологій вимагає нових підходів до питань інформатизації ЗВО, до створення принципово нових технологічних побудов у їхній структурі. Якщо при традиційній організації управління інформатизація зазвичай закінчувалася областю облікових завдань, то в проектно-технологічних структурах інформатизація забезпечує прийняття якісних управлінських рішень. Починаючи з господарської діяльності ЗВО і закінчуючи плануванням навчального процесу важлива розробка стратегічних рішень по розвитку ЗВО. Таким чином, можна констатувати, що обрана тема досліджень є **актуальною** й необхідною на сучасному етапі розвитку освітньої сфери нашої країни.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до національної стратегії розвитку освіти в Україні на 2011-2027 роки, до плану науково-дослідних робіт Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) та у межах державних бюджетних тем МОН України: науково-дослідна робота для Міністерства освіти та науки України «Розробка комбінованих методів ідентифікації неповних дублікатів та виявлення повноти висвітлення наукових результатів дисертаційних досліджень, опублікованих автором», Київський національний університет будівництва і архітектури (номер державної реєстрації – 0119U002579, 2019 – теперішній час);

науково-дослідна робота для Міністерства освіти та науки України «Методологічні основи створення інформаційного середовища управління науковими дослідженнями структурних одиниць ЗВО МОН України», Київський національний університет будівництва і архітектури (номер державної реєстрації – 0115U000330, 2016 – 2017 рр.); науково-дослідна робота для Міністерства освіти та науки України «Створення системи перевірки ступеню унікальності наукових робіт», Київський національний університет будівництва і архітектури (номер державної реєстрації – 0114U000126, 2016 – 2017 рр.); науково-дослідна робота для Міністерства фінансів України. «Моделювання та прогнозування розвитку фінансової системи України. Лот № 3. «Впровадження сучасних інтернет-технологій в роботу органів виконавчої влади. Розроблення та створення системи «Прозорий бюджет»», Київський національний університет будівництва і архітектури (номер державної реєстрації – 0111U007013, 2011 р.); науково-дослідна робота КНУБА для Міністерства фінансів України. «Моделювання та прогнозування розвитку фінансової системи України. Лот № 4. «Науково-методичне забезпечення підтримки діяльності Віртуального університету Міністерства фінансів України» Київський національний університет будівництва і архітектури (номер державної реєстрації – 0111U007014, 2011 р.); науково-дослідна робота КНУБА для Міністерства фінансів України «Візуалізація аналітичної інформації в системах управління державними фінансами» (номер державної реєстрації – 0110U005592, 2010 р.); науково-дослідна робота для Державного агентства з питань науки, інновацій та інформації «Розробка автоматизованої системи тестування для проміжного і підсумкового контролю знань студентів», Київський національний університет будівництва і архітектури (номер державної реєстрації – 0109U005902, 2010 р.), де здобувач приймав участь як виконавець окремих розділів. У межах участі в науково-дослідних роботах автором обґрунтована необхідність впровадження ціннісно-орієнтованого управління при розробленні концептуальних положень стратегії управління розвитком організацій, на прикладі розробленої та апробованої інформаційної технології управління розвитком освітнього середовища.

Об'єктом дослідження є процеси управління розвитком організаціями освітньої сфери на основі створення та впровадження інформаційних технологій.

Предметом дослідження є ланцюгова ціннісно-орієнтована інформаційна технологія управління розвитком закладів вищої освіти.

Метою дослідження є розробка наукових основ, методів та інструментів ланцюгової ціннісно-орієнтованої інформаційної технології управління розвитком закладів вищої освіти.

Завдання дисертаційного дослідження:

- всебічний аналіз завдань і структур з організації та управління розвитком освітніми середовищами;
- обґрунтування застосування векторної парадигми до побудови методології управління розвитком в освітніх середовищах;
- розробка нового наукового напрямку по виділенню і формалізації управління інформаційно-продуктовими проектами, як проектами, що складають основу ціннісно-орієнтованої ланцюгової інформаційної технології управління розвитком ЗВО;
- розробка концептуальної моделі ціннісно-орієнтованої ланцюгової інформаційної технології управління розвитком в освітній сфері України;
- створення понятійного базису методології управління розвитком освітніх середовищ на основі ціннісно-орієнтованої ланцюгової інформаційної технології управління розвитком;

- побудова моделі проектно-технологічної системи управління розвитком освітніми середовищами;
- розробка методів управління ІТ-проектами через визначення оптимальної траєкторії руху об'єктів освітніх середовищ;
- розробка науково-методологічних основ ІТ проектно-технологічного управління освітніх середовищ;
- розробка методів побудови ланцюгів цінності інформаційного і функціонального середовища інформаційної технології управління розвитком в освітніх середовищах;
- розробка математичної ціннісно-орієнтованої ланцюгової моделі системи проектно-технологічного управління розвитком освітніх середовищ.

Методи дослідження ґрунтувалися на використанні теорії систем, теорії структурного моделювання; системотехніки; методів системного аналізу – для вивчення предметної області досліджень та виявлення закономірностей в розвитку систем автоматизації дій по плануванню і моніторингу навчального процесу; методів реінжинірингу бізнес-процесів – для побудови структур інформаційної технології планування і моніторингу обсягів управлінських процесів ЗВО; теорії алгоритмів – для розробки програмних засобів інформаційної технології; теорії моделювання – для побудови адекватної реальним процесам управління навчальним процесом у ЗВО математичній моделі; методів дослідження операцій – для оптимізації порядку дій у процесах проектно-технологічного управління ЗВО; методів управління навчальним процесом – для побудови раціональних структур і технологій управління навчальним процесом у ЗВО.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в тому, що вперше вирішена науково-технічна проблема побудови теоретичних основ, методів, моделей і засобів проектно-технологічного управління розвитком ЗВО. В розв'язанні такого проблемного методологічного завдання отримані такі нові наукові результати, а саме:

Вперше:

- запропонована концептуальна модель ланцюгового ціннісно-орієнтованого управління розвитком освітніми середовищами, компонентами якої є: організація, її об'єкти та процеси, ланцюги створення та міграції цінностей, технологія, взаємодії, інтереси, проблеми, що дозволяє систематизувати інформацію в освітніх середовищах;

- формалізовані моделі вимірів і об'єктів проектно-технологічного простору, які відображають різні оціночні категорії ланцюгів створення та міграції цінності освітніх середовищ, і характеризують рух об'єктів цього простору, що дозволяє розробити математичну модель управління розвитком освітніх середовищ;

- розроблена математична модель управління розвитком освітніх середовищ, оригінальність якої забезпечується поданням сутностей проєктів, продуктів, інструментів і суб'єктів освітніх середовищ як об'єктів проектно-технологічного простору;

- запропонована модель векторної парадигми управління інформаційно-продуктовими проєктами, як проєктами, що лежать в основі розвитку освітніх середовищ.

Набули подальшого розвитку:

- понятійний простір досліджень, що дозволило систематизувати і формалізувати процес приведення до особливостей освітніх середовищ і включення в методологію проектно-технологічного управління понять, визначень, концепцій;

- класифікація ІТ-проєктів в освітніх середовищах, що відрізняється від традиційних ознаками, що відображають вимірювання проектно-технологічного

простору і дозволяє структурувати компоненти мультисистем управління розвитком в організаціях, що працюють в освітній сфері України;

- математичні моделі оцінки величини подібності векторів на значних за тривалістю часових інтервалах, а також оцінки величини близькості векторів, що задаються якісними категоріями, в основі якої знаходиться багатовимірна реверсивна схема оцінки координат цих категорій, що дозволяє розробити метод групування об'єктів проектно-технологічного простору за компонентами мультисистеми;

- метод групування об'єктів проектно-технологічного простору таким чином, щоб відстань між векторами об'єктів, що входять в одну групу була мінімальною, який відрізняється від інших моделлю обчислення відстаней між якісними категоріями проектів, що дозволяє оптимально структурувати мультисистему управління розвитком цих середовищ.

Вдосконалено:

- комплекс методів планування обсягів навчальної роботи, які формують новий підхід до управління учбовим процесом та забезпечують прямий та зворотній напрямки розрахунку навчальних планів, контингенту, навчального навантаження викладачів і аудиторного фонду;

- метод визначення найбільш ймовірних значень невідомих координат об'єктів в розширенні проектно-технологічному просторі за координатами заданих вимірювань, який, на відміну від відомих, базується на поєднанні векторної алгебри та експертних методів і забезпечує якісне прогнозування координат об'єктів в технологічному просторі;

- трирівнева концептуальна модель процесів ЗВО, яка дозволяє виділити компонент планування і моніторингу обсягів навчальної роботи в окрему інформаційну технологію, що орієнтована на створення якісного інформаційного ресурсу для системи управління навчальним процесом.

У сукупності отримані результати утворюють теоретико-інструментальну основу ланцюгової ціннісно-орієнтованої інформаційної технології управління розвитком закладів вищої освіти.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені дослідження дозволили створити нову ціннісно-орієнтовану інформаційну технологію управління розвитком освітніми середовищами, як базису для систем управління розвитком в організаціях освітньої сфери України.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі узагальнення відомих результатів і використання наукових результатів, закладений сучасний науково-методологічний базис підвищення ефективності та якості діяльності організацій освітньої сфери, за рахунок використання розробленої методології проектно-технологічного управління розвитком освітніми середовищами.

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, розробки та висновки дисертаційної роботи є результатом самостійно проведеного дослідження здобувача. Основні наукові результати, представлені в дисертації, отримані здобувачем особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: аналіз міжнародних методик оцінювання діяльності ЗВО та запропоновано види діяльності ЗВО [12, 23]; рішення задачі прийняття рішень в управлінні проектами методом розрахунку величини несилової дії, схема формування і коригування плану проектів освітніх середовищ [11, 15]; метод визначення ступеня близькості проектів, обґрунтування векторного підходу до побудови системи управління ЗВО, знаходження оцінки величини близькості векторів за якісними критеріями [14, 18]; комбінований метод планування інформаційно-продуктових проектів [6];

математична модель представлення наукових публікацій, спосіб визначення відстані між публікаціями, опис процедури кластеризації наукових публікацій [1, 2, 3, 4, 7, 24, 27]; застосування ймовірнісної тематичної моделі для встановлення повноти висвітлення матеріалів дисертації в публікаціях [8]; визначення функцій інтегрованого технологічного середовища системи тестування для проміжного і підсумкового контролю знань студентів, модель діагностики знань та метод визначення істинності відповіді [10, 13]; аналіз моделей і методів для прогнозування часових рядів [5]; архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень щодо вибору стратегії диверсифікації будівельного підприємства [25, 26]; структурна організація системи управління навчальним навантаженням, узагальнена схема формування навчального навантаження, основні компоненти інформаційної технології планування і моніторингу обсягів навчальної роботи, метод розрахунку навчального навантаження студентів і викладачів ЗВО [9, 16, 19]; метод розрахунку траєкторії руху в проектно-векторному просторі, що забезпечує досягнення цілей проєкту [17]; структурна модель збігів в двох текстах, розробка алгоритму порівняння множини об'єктів в текстах, розробка алгоритму пошуку вузлових елементів [20, 21, 22]; метод «розкладання» загальної енергетичної ентропії проектно-орієнтованої організації [28].

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися, обговорювалися й одержали позитивну оцінку на: 2-й Міжнародній науковій конференції ICS-2013. Інформація, комунікація, суспільство (м. Львів, 2013), I-III, VI, VII-й міжнародних науково-практичних конференціях «Управління розвитком технологій» (м. Київ, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020), XII, XIII-й Міжнародній конференції «Управління розвитком освітніми середовищами у розвитку суспільства» (м. Київ, 2015, 2016), 11-й Міжнародній науково-практичній конференції «Управління розвитком освітніми середовищами: стан та перспективи» (Миколаїв, 2015), II-й міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та взаємодії» (м. Київ, 2015), III-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та взаємодії» (м. Київ, 2016), 14th International Conference «The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics» (CADSM) (Polyana-Svalyava, 2017), International Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PIC S&T) (2017), 14th IEEE International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (Львів-Славське, 2018), 4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS) (2018), Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інфокомунікацій. Наука і технології» (PIC S&T) (Харків, 2018), X Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології, системний аналіз і моделювання соціоекологоекономічних систем» (м. Київ, 2019), International Scient.-Pract. Conference. Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T) (м. Київ, 2019), XVII міжнародній конференція «Управління розвитком освітніми середовищами у розвитку суспільства». Тема: «Управління розвитком освітніми середовищами в умовах дігіталізації суспільства» (м. Київ, 2020) та інших.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 55 наукових праць, з яких: 26 наукових статей у фахових виданнях України, 8 з яких входять до наукометричної бази даних Scopus, 2 публікації в закордонних виданнях, 21 теза доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, семи розділів, основних висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг

дисертації складає 337 сторінок, в тому числі 35 рисунків, 30 таблиць, список літератури з 227 найменувань на 32 сторінках і 5 додатків на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету, завдання і методи дослідження, окреслена наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, приведена загальна характеристика дисертаційної роботи.

У **першому розділі** виконано аналіз структур управління сферою освіти в розвинених країнах світу. Показано, що часткова або повна перебудова системи управління освітою повинна проводитися тільки з урахуванням соціальних і економічних особливостей країни та з використанням передових методологій і технологій організації навчального процесу та управління.

Проведений аналіз існуючої вітчизняної системи управління освітою показав, що на даний момент система управління ЗВО залишилася переважно такою, якою вона була ще за часів Радянського Союзу – сильно централізованою. У процесі переходу до ринкових відносин в систему управління були внесені зміни, але вони є недостатніми для своєчасної та чіткої реалізації поставлених перед освітньою системою України цілей.

Показано, що для підвищення ефективності управління вищими навчальними закладами необхідне застосування сучасних методологій і концепцій управління. Саме розробка методів і засобів, здатних з найменшими витратами підвищити ефективність роботи системи управління закладами освітньої сфери, є актуальною в сучасних умовах.

Проведено ґрунтовний аналіз існуючих наукових розробок в галузі застосування методології управління розвитком освітніми середовищами для управління освітньою сферою України за напрямками: проектного підходу до реформування освітньої сфери України; проектно-орієнтованого управління на регіональному рівні системи освіти; стратегічного управління ЗВО; інформаційних технологій управління освітніми проектами. На основі проведеного аналізу та за результатами обґрунтування напрямку дослідження сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи.

Другим розділом закладаються науково-методичні основи проектно-технологічного управління освітніми середовищами на основі моделі ланцюгового ціннісно-орієнтованого управління.

Концептуальна модель ланцюгового ціннісно-орієнтованого управління ІТ розвитку ЗВО наведена на рис.1. Концептуальна модель передбачає інформаційну технологію, яка пов'язана прямим та зворотнім зв'язком зі стейкхолдерами. Модель містить три ланцюги цінностей: 1 – студентів, 2 – викладачів, 3 – керівництва ЗВО. В процесі створення цінностей ланцюги 1-3 взаємодіють за рахунок міграції цінностей між рівнями інформаційної технології.

Нехай існує множина вигод, яка створюється ЗВО для стейкхолдерів.

Нехай $S(t), P(t), M(t)$ – дискретні динамічні ряди. Якщо $t_0, t_1, \dots, t_w, \dots$ моменти часу, в які можуть сформуватися вигоди, t_0 – початковий момент часу, тоді часові ряди можна записати у вигляді:

$S = \{s_0, s_1, \dots, s_n\} = \{s(t_0), s(t_1), \dots, s(t_n)\}$ – дискретний динамічний ряд вигод для студентів (здобувачів вищої освіти).

$P = \{p_0, p_1, \dots, p_r\} = \{p(t_0), p(t_1), \dots, p(t_r)\}$ – дискретний динамічний ряд вигод для викладачів.

$M = \{m_0, m_1, \dots, m_k\} = \{m(t_0), m(t_1), \dots, m(t_k)\}$ – дискретний динамічний ряд вигод для керівництва ЗВО.

На основі вигод отриманих у проектах підготовки фахівців формується система цінностей, які набувають стейкхолдери у процесі діяльності.

Нехай $F_s : S \rightarrow \mathfrak{R}^n$, $F_p : P \rightarrow \mathfrak{R}^n$, $F_m : M \rightarrow \mathfrak{R}^n$.

У процесах підготовки фахівців ЗВО формуються такі ланцюги цінностей:

$\{F_s(s_0), F_s(s_1), \dots, F_s(s_n)\}$ – дискретні динамічні ряди цінностей для студентів.

$\{F_p(p_0), F_p(p_1), \dots, F_p(p_r)\}$ – дискретні динамічні ряди цінностей для викладачів.

$\{F_m(m_0), F_m(m_1), \dots, F_m(m_k)\}$ – дискретні динамічні ряди цінностей для керівництва.

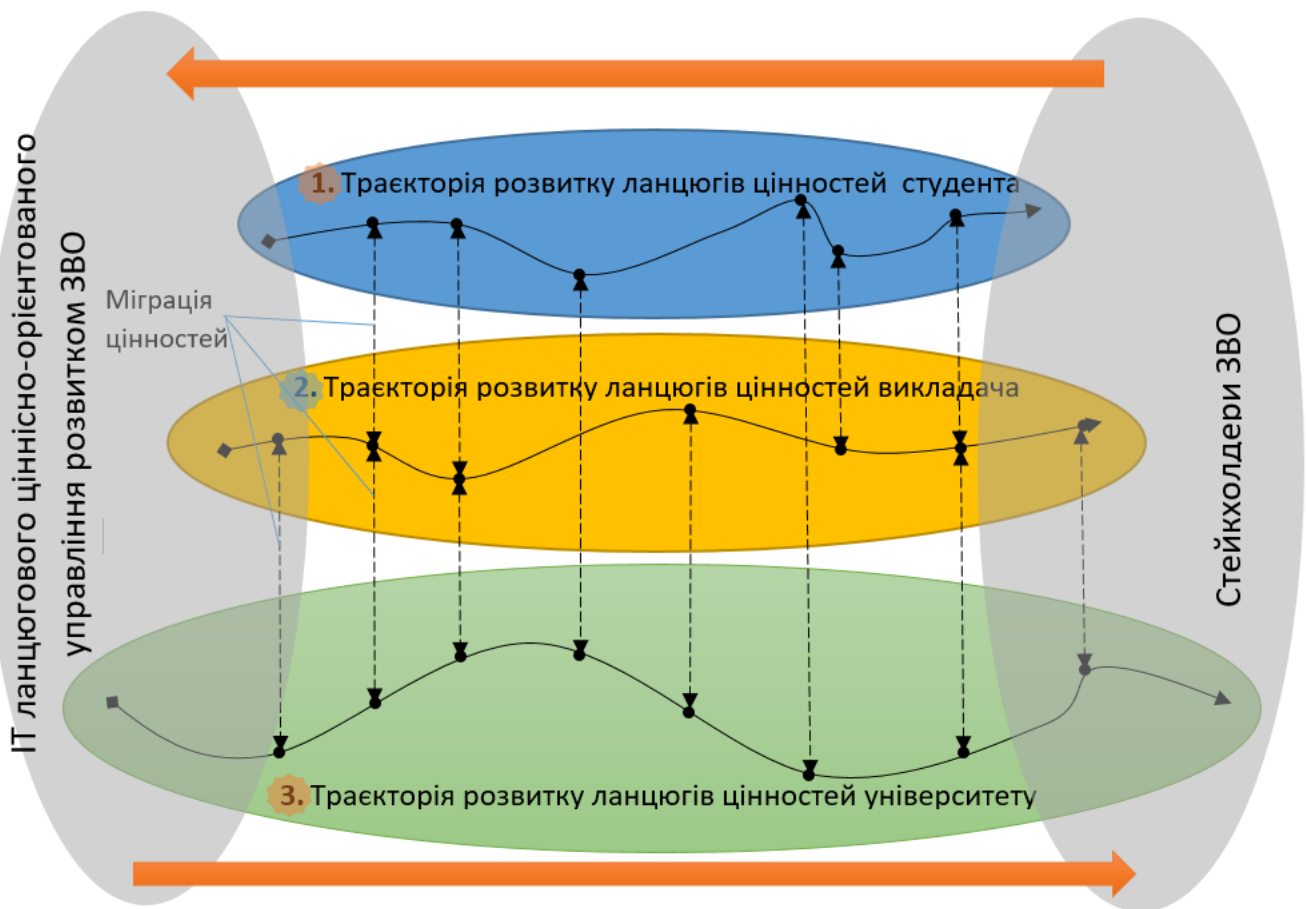


Рис. 1. Концептуальна модель ланцюгового ціннісно-орієнтованого управління ІТ розвитком ЗВО.

Цінності у процесах розвитку мігрують між стейкхолдерами:

$\{F_s(s_0), F_s(s_1), \dots, F_s(s_i), F_s(p_{d_1}), F_s(s_{i+1}), \dots, F_s(s_n)\}$ – студент отримав цінність від вигоди викладача, $d_1 \in [1, r]$, $0 \leq i \leq n-1$.

$\{F_s(s_0), F_s(s_1), \dots, F_s(s_i), F_s(m_{d_2}), F_s(s_{i+1}), \dots, F_s(s_n)\}$ – студент отримав цінність від вигоди керівництва ЗВО, $d_2 \in [1, k]$, $0 \leq i \leq n-1$.

$\{F_p(p_0), F_p(p_1), \dots, F_p(p_i), F_p(s_{d_3}), F_p(p_{i+1}), \dots, F_p(p_r)\}$ – викладач отримав цінність від вигоди студента, $d_3 \in [1, n]$, $0 \leq i \leq r-1$.

$\{F_p(p_0), F_p(p_1), \dots, F_p(p_i), F_p(m_{d_4}), F_p(p_{i+1}), \dots, F_p(p_r)\}$ – викладач отримав цінність від

вигоди керівництва ЗВО, $d_4 \in [1, k]$, $0 \leq i \leq r-1$.

$\{F_m(m_0), F_m(m_1), \dots, F_m(m_i), F_m(s_{d_5}), F_m(m_{i+1}), \dots, F_m(m_k)\}$ – керівництво ЗВО отримало цінність від вигоди студента, $d_5 \in [1, n]$, $0 \leq i \leq k-1$.

$\{F_m(m_0), F_m(m_1), \dots, F_m(m_i), F_m(p_{d_6}), F_m(m_{i+1}), \dots, F_m(m_k)\}$ – керівництво ЗВО отримало цінність від вигоди викладача, $d_6 \in [1, r]$, $0 \leq i \leq k-1$.

При цьому інформаційна технологія формує *інформаційні сліди* кожної категорії стейкхолдерів, які супроводжують їх на всьому життєвому шляху:

$$\begin{aligned} & \{F_s(s_0), F_s(s_1), \dots, F_s(s_n), F_s(x_1), F_s(x_2), \dots, F_s(x_j), F_s(y_1), F_s(y_2), \dots, F_s(y_v)\}, \\ & \{F_p(z_0), F_p(z_1), \dots, F_p(z_c), F_p(p_1), F_p(p_2), \dots, F_p(p_r), F_p(y_1), F_p(y_2), \dots, F_p(y_v)\}, \\ & \{F_m(z_0), F_m(z_1), \dots, F_m(z_c), F_m(x_1), F_m(x_2), \dots, F_m(x_j), F_m(m_1), F_m(m_2), \dots, F_m(m_k)\}, \end{aligned}$$

$z_1, z_2, \dots, z_c \in S$, $y_1, y_2, \dots, y_v \in M$, $x_1, x_2, \dots, x_j \in P$.

Після формування відповідних множин, впорядковуємо їх і формуємо динамічні ряди з цінностей, які впорядковані за часом виникнення вигод. Такі динамічні ряди формуватимуть інформаційний слід.

Загальна цінність, яку отримав стейкхолдер, може бути знайдена як сума цінностей отриманих від власних вигод та сума цінностей від вигод, що мігрували від інших стейкхолдерів: загальна цінність, отримана студентами (1), загальна цінність, отримана викладачами(2), загальна цінність, отримана керівництвом ЗВО (3).

$$T_s = \sum_{i=0}^n F_s(s_i) + \sum_{x_j \in P} F_s(x_j) + \sum_{y_v \in M} F_s(y_v), \quad (1)$$

$$T_p = \sum_{z_c \in S} F_p(z_c) + \sum_{i=0}^r F_p(p_i) + \sum_{y_v \in M} F_p(y_v), \quad (2)$$

$$T_m = \sum_{z_c \in S} F_m(z_c) + \sum_{x_j \in P} F_m(x_j) + \sum_{i=0}^k F_m(m_i). \quad (3)$$

Запропоновано ряд базових визначень і концепцію проектно-технологічного управління освітніми середовищами. Класифіковані проекти освітньої сфери України.

Виділено загальні та характерні риси ІТ-проектів, що стало підґрунтям для розробки ланцюгової ціннісно-орієнтованої інформаційної технології управління розвитком закладів вищої освіти. Наведено основні означення, які використовуються в дисертаційній роботі.

Означення 1. Цінність, що створюється у освітніх середовищах, пов'язана з вигодами, які отримують стейкхолдери (залучені сторони) в процесі застосування інформаційної технології. Цінність є багатовимірним елементом моделей та може формувати ланцюги.

Означення 2. Ланцюг цінностей – це впорядкована у часі послідовність вигод, що отримують стейкхолдери у процесі застосування інформаційної технології.

Означення 3. Міграція цінностей створених інформаційною технологією – це процес передачі вигод або їх частки іншим стейкхолдерами.

Означення 4. Ланцюгова ціннісно-орієнтована інформаційна технологія – це технологія, яка створює та передає цінності, що мігрують, стейкхолдерам в межах сформованих ланцюгів. Прикладом такої технології є створення інформаційних слідів студентів та викладачів в ході навчання, участі у науковій роботі, олімпіадах та конкурсах.

Сукупність суб'єктів S , об'єктів O , технологій T та процесів E , які формують зв'язки між ними, утворюють систему, що може задаватися кортежем $\langle S, O, T, E \rangle$ рис. 2. Задамо множину всіх можливих станів системи $U = \{u_0, u_1, \dots, u_w\}$, де w – кількість всіх можливих станів. В початковий момент часу система $\langle S, O, T, E \rangle$ характеризується своїм станом u_0 – сукупністю кількісних і якісних характеристик елементів системи та зв'язків між ними. Під впливом зовнішнього середовища та внутрішніх змін система $\langle S, O, T, E \rangle$ переходить з початкового стану u_0 в стан u_1 , зі стану u_1 в стан u_2 і т.д.

Задамо функціонал цінностей $\Psi: U \rightarrow \mathcal{R}^n$, визначений на множині станів системи. Однією з інтерпретацій даного функціоналу є оцінка ступеня цифровізації (дігіталізації) системи в заданому стані.

Нехай $\rho(\Psi(u_i), \Psi(u_j))$ – деяка метрична відстань в \mathcal{R}^n між будь-якими двома оцінками станів системи $\langle S, O, T, E \rangle$, $i = \overline{0, w}$, $j = \overline{0, w}$.

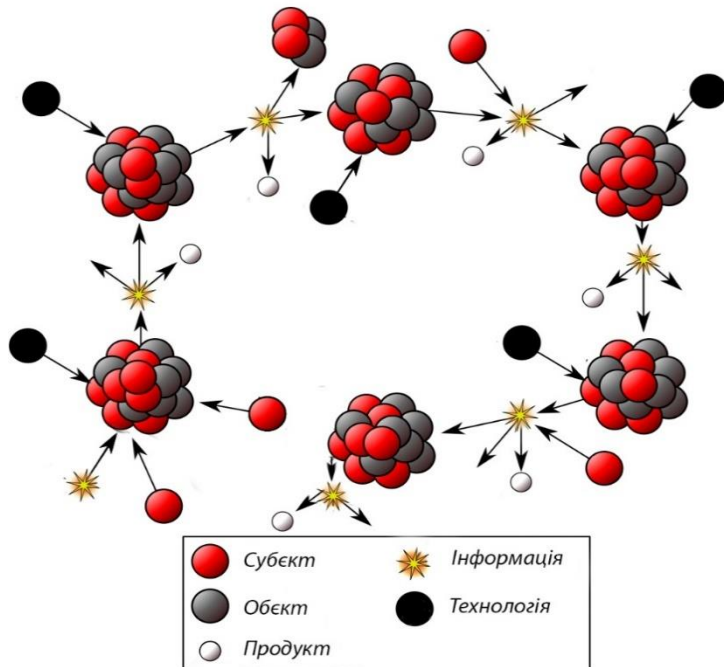


Рис. 2. Концептуальна модель цифрової трансформації в освітньому середовищі

Близькими станами в термінах метричної відстані ρ назвемо такі стани u_i та u_j , що $\rho(\Psi(u_i), \Psi(u_j)) \leq \Delta$, де Δ – порогове значення. Якщо вплив зовнішнього середовища та внутрішніх змін на систему $\langle S, O, T, E \rangle$ недостатній, то вона переходить між близькими станами. Внаслідок таких «близьких» переходів система не буде розвиватися і досягнення цілі трансформації системи буде неможливе. Відповідно, для того, щоб відбулись зміни і система почала розвиватись, має виникнути біфуркація. Тобто система має перейти зі стану u_i в стан u_j , причому $\rho(\Psi(u_i), \Psi(u_j)) > \Delta$. Такі стани, для яких $\rho(\Psi(u_i), \Psi(u_j)) > \Delta$ назвемо неблизькими. Внаслідок послідовного переходу між неблизькими станами система досягає переходу на інший рівень розвитку, може з'явитись нова інформація, продукт тощо. Вони є каталізаторами для подальших переходів. Переходи системи на наступні рівні утворюють ланцюг цифрової трансформації.

Для побудови системи управління розвитком освітніми середовищами необхідно вирішити завдання, що полягають у визначенні ступеня близькості інформаційних продуктів проєктів та дій для їх отримання і налаштуванні окремих функціональних підсистем системи управління розвитком освітніми середовищами на однорідні проєкти. Вирішення цієї задачі запропоновано виконувати згідно з такою науково-методичною схемою:

1. Кожен проєкт освітніх середовищ ідентифікується конфігурацією, що відображає його параметри в деякому просторі ознак проєктів.

2. За ознаками проєктів можна визначити приналежність проєктів одному (близькі в просторі ознак) або різним класам (образам) проєктів.

3. Кожному класу проєктів (множині близьких у просторі ознак проєктів) можна поставити у відповідність підсистему управління розвитком освітніми середовищами з характерним для цього класу організаційним, методологічним і технологічним наповненням.

4. Параметри проєкту можна представити як координату деякого вектора в просторі організаційної, наукової, освітньої та адміністративно-господарської діяльності організації ОС.

5. Математично, параметри підсистеми управління розвитком освітніми середовищами, що відповідає деякому класу проєктів, можна представити як вектор управління розвитком освітніми середовищами даного класу в просторі, сформованому організаційним, методологічним і технологічним вимірами.

6. Для вирішення задачі кластеризації проєктів та визначення структури системи управління розвитком освітніх середовищ необхідно здійснювати обчислення близькості векторів проєктів і знаходити відповідний їм вектор управління.

Третій розділ присвячено розробці методів побудови інформаційного та функціонального середовища в інформаційній технології планування і моніторингу управління освітньою складовою. Представлено концептуальну модель цифрової трансформації освітнього середовища. Сформульовані цілі діяльності ЗВО, а також підходи до управління всіма діями, які забезпечують досягнення сформульованих цілей. Визначено процесний підхід як основний в системі управління ЗВО.

Для реалізації концепції «Цифровий університет» необхідно дотримуватись певних етапів цифрової трансформації в рамках розробленої концептуальної моделі цифрової трансформації освітнього середовища (рис.3). Також потрібно виділити певні процеси, які відбуваються у ЗВО. Процесний підхід акцентує увагу на управлінні бізнес-процесами, що зв'язують воєдино діяльність структурних частин ЗВО. При цьому, під бізнес-процесом в навчанні студентів розуміється сукупність дій, що продукує результат (знання студента), що мають цінність для майбутнього фахівця. Важливим кроком структуризації ЗВО є виділення і класифікація бізнес-процесів, узагальнення напрямків діяльності, в рамках яких реалізуються бізнес-процеси ЗВО.

Сформульовано цілі, які досягаються через планування та моніторинг навчального навантаження викладачів і студентів ЗВО. Наведено загальну схему управління обсягами навчальної роботи. Виділено компоненти управління та наведено характеристику двох зворотних зв'язків, походження та функції яких різні за своєю природою та характером впливу на функції розрахунку обсягів навчального навантаження. Виділено компоненти інформаційної технології планування та моніторингу освітнього середовища (ІТПМОС) і наведено їх формальне визначення. Це: інформаційні шаблони ІТПМОС, екземпляри інформаційних шаблонів ІТПМОС, функції ІТПМОС, компоненти ІТПМОС, зв'язки, що визначають порядок слідування функцій ІТПМОС, інформаційна технологія. Показано, що порядок виконання інформаційних функцій ІТПМОС залежить від технології формування екземплярів інформаційних шаблонів ІТПМОС і від вільних ресурсів (в першу чергу аудиторного фонду) у ЗВО. Сформульовано задачу побудови раціональної схеми реалізації інформаційних функцій ІТПМОС при плануванні та моніторингу обсягів навчальної роботи. Для реалізації такої технології необхідне створення раціональної схеми реалізації інформаційних функцій ІТПМОС. Це дозволить створити дійсно ефективні системи управління інформацією у ЗВО на основі застосування сучасних підходів до

управління складними організаційно-технічними системами і реалізувати їх у середовищі програмно-інформаційних засобів управління навчальним процесом. Запропоновано схему реалізації інформаційних і процедурних компонентів ІТПМОС. Реалізація цієї схеми в програмно-інформаційних засобах забезпечує розрахунок оптимальних планових обсягів навчальної роботи студентів і викладачів ЗВО з урахуванням умов, в яких реалізується навчальний процес.

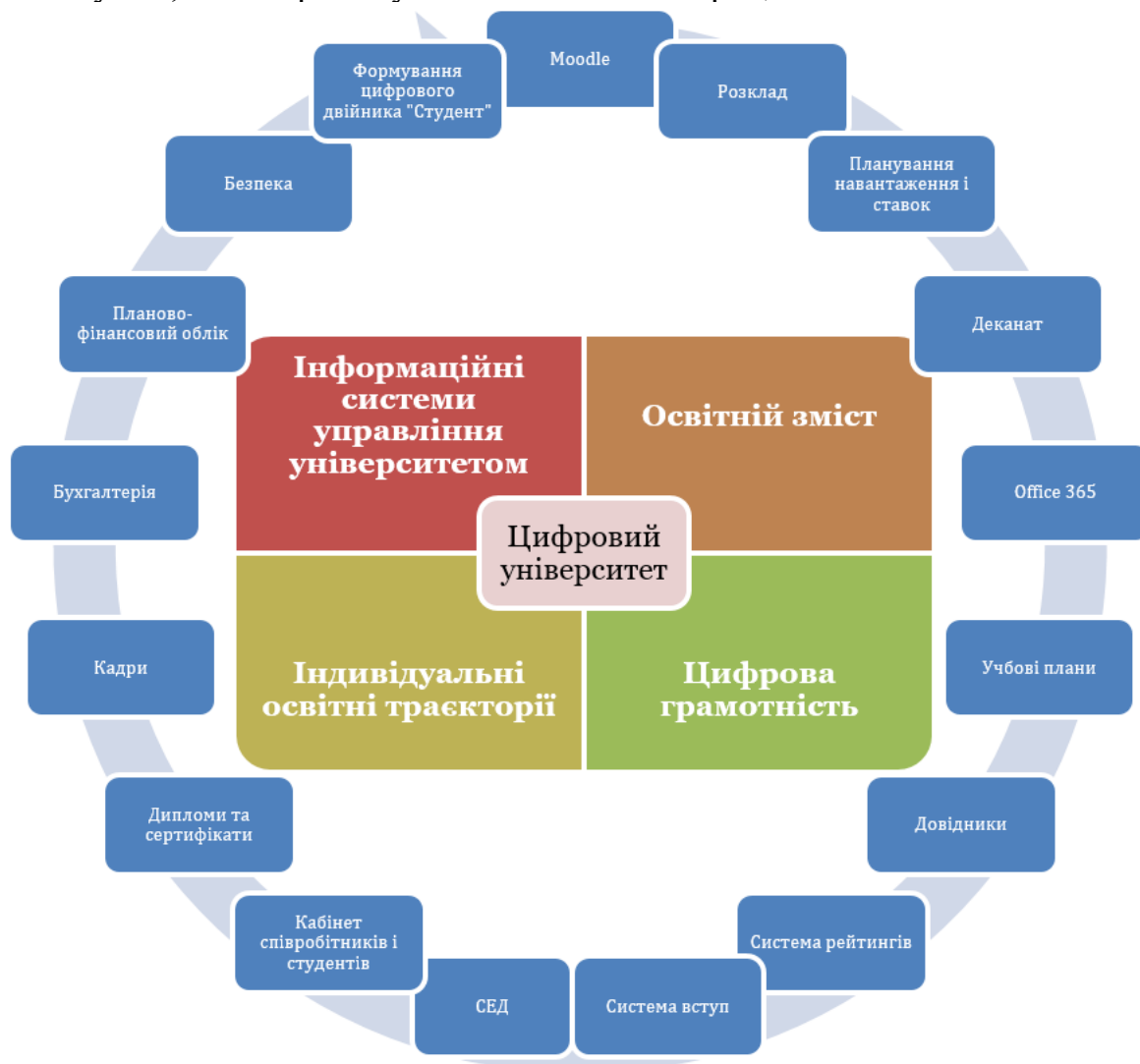


Рис.3. Концептуальна модель цифрової трансформації освітнього середовища

Основними компонентами процесів планування та моніторингу обсягів навчальної роботи студентів і викладачів, які базуються на автоматизації зберігання й обробки інформації в ІТПМОС, є: навчальні плани, множина обмежень на формування навчальних планів спеціальностей, контингент студентів, контингент викладачів.

Результатом реалізації функцій по плануванню навчального процесу є відповідь на наступні запитання: 1) який обсяг навчальної роботи студентів в кожному семестрі по кожній з дисциплін в розрізі видів занять; 2) які викладачі які види занять і в яких групах (з якими студентами) проводять; 3) який обсяг навчального навантаження викладачів планується до виконання в кожному семестрі по кожній з дисциплін в розрізі видів навантаження; 4) який обсяг навчального навантаження викладачів виконано в кожному семестрі по кожній з дисциплін в розрізі видів навантаження; 5) місце і час проведення занять; 6) які звітні документи необхідно підготувати по

завершенню семестру чи навчального року, хто це повинен зробити, коли і хто повинен підписати і де вони повинні зберігатися?

Відповідь на ці запитання формуються в процесі реалізації інформаційної технології планування обсягів навчальної роботи студентів і викладачів. Для вирішення задачі 1 автоматизуються функції планування обсягів навчальної роботи студентів. Відповіді на запитання 2–4 формуються в процесі автоматизації функцій планування обсягів навчальної роботи викладачів. В компоненті ІТПМОС, який забезпечує реалізацію функцій планування розкладу занять вирішується задача 5. І, нарешті, відображення факту виконання навчального навантаження реалізується компонентом ІТПМОС, який відповідає за моніторинг планів. Цим самим формується відповідь на запитання 6. Місце компонентів планування і моніторингу обсягів навчальної роботи в системі управління навчальним процесом показано на рис. 4.

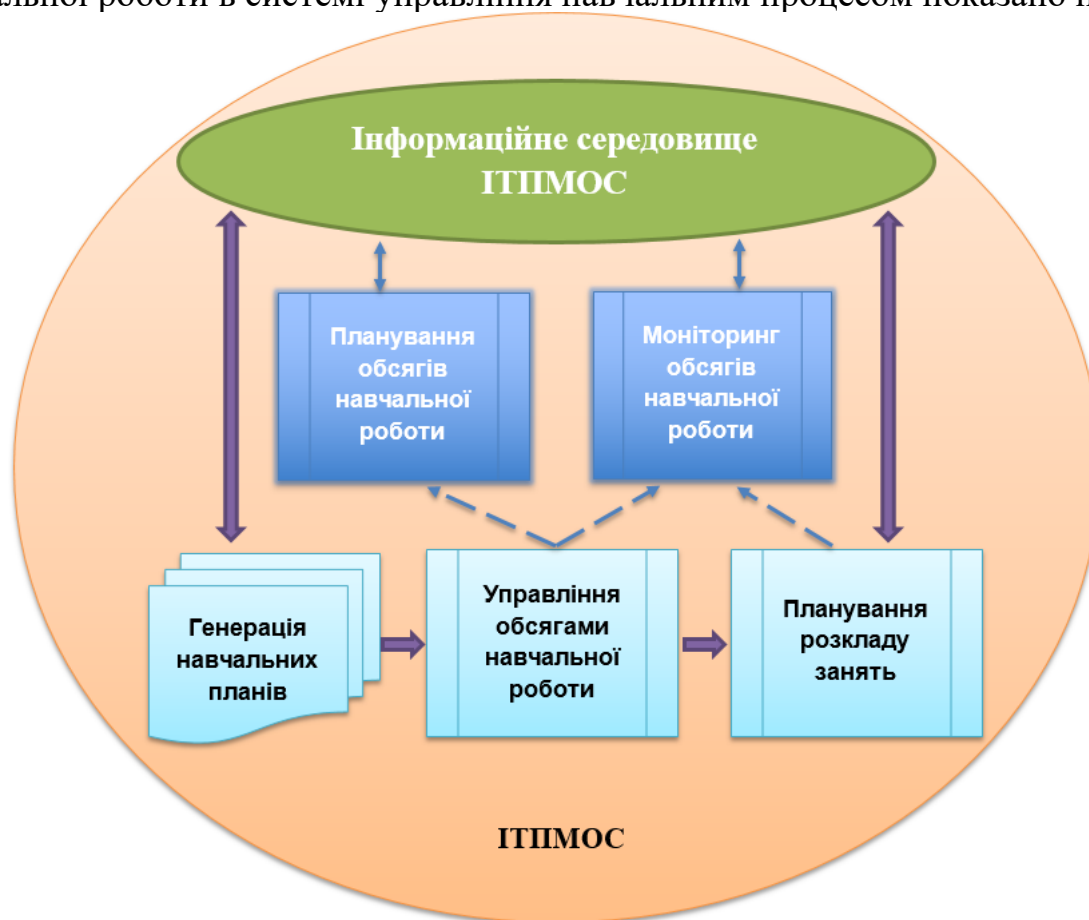


Рис. 4. Компоненти та задачі інформаційної технології планування та моніторингу освітнього середовища

Інформаційне середовище ІТПМОС, яке відображає як процеси діяльності так і процеси управління при плануванні та моніторингу обсягів роботи студентів і викладачів, може бути подане множиною екземплярів інформаційних шаблонів ІТПМОС та функціональних компонентів ІТПМОС.

Для формування інформаційної й функціональної структури ІТПМОС візьмемо за основу функції, які відносяться до бізнес-процесів планування та моніторингу навчальної роботи у ЗВО. Подамо статичну частину інформаційного середовища ІТПМОС сукупністю інформаційних шаблонів (вхідних, вихідних і робочих форм документів електронних документів й форм документів на твердому носії).

Розроблено метод прямого розрахунку планових обсягів навчальної роботи студентів і викладачів. Метод базується на моделі та методі розрахунку навчального

навантаження студентів і викладачів ЗВО. З огляду на доцільність розробки та впровадження нових підходів до процесу формування навчальних планів, зокрема на створення інформаційних систем та технологій формування навчальних планів в залежності від наявного аудиторного фонду та контингенту студентів, було запропоновано метод зворотного розрахунку обсягів навчальної роботи студентів і викладачів вищих навчальних закладів, що дозволяє оптимізувати аудиторне навантаження в навчальних планах у відповідності до кредитно-модульної системи організації навчального процесу та вимог МОН України.

Метод зворотного розрахунку обсягів навчальної роботи студентів і викладачів вищих навчальних закладів забезпечує реалізацію зворотних зв'язків в системі управління процесами планування та моніторингу обсягів навчальної роботи студентів і викладачів ЗВО. З позицій впливу на ефективність навчального процесу дуже важливо при плануванні обсягів навчальної роботи враховувати прогнозну інформацію, яка визначатиме те, наскільки «зручний» план в реальному навчальному процесі. При традиційному підході до планування (навчальний план → планування навчального навантаження → планування розкладу) на кожному етапі не враховуються «можливості» ефективної реалізації наступних етапів, виходячи з прийнятих рішень. Тому в структурі інформаційної технології планування навчального процесу автор пропонує вирішувати поставлені задачі на основі прогнозування ефективності рішень задач на наступних етапах. Адже при традиційному підході розклад занять є кінцевою метою технології планування навчального процесу. В традиційній схемі управління навчальним процесом реалізується три етапи:

1. Розклад занять формується функцією :

$$\Theta(R) = f_{10}(H^C(R), H^B(R), B(R), k_{51}). \quad (9)$$

Аргументами цієї функції є обсяг навчальної роботи студентів $H^C(R)$ і викладачів $H^B(R)$, а також робочі навчальні плани $B(R)$ й обмеження, яке визначається фондом аудиторій і лабораторій k_{51} . Таким чином, визначення того, вистачить аудиторій і лабораторій для розрахованого навантаження виконується після того, як це навантаження сформоване.

2. В свою чергу розрахунок обсягів навчальної роботи виконується з застосуванням формалізованих функцій. Для студентів:

$$H^C(R) = f_9(G, W, O(R)). \quad (10)$$

Аргументами цієї функції є графік навчального процесу G , дисципліни, що вивчаються студентами W і навчальне навантаження, яке задається навчальними планами $O(R)$.

Для викладачів:

$$H^B(R) = f_8(P, X, O(R)). \quad (11)$$

Аргументами цієї функції є множина викладачів P , множина експертних оцінок можливості проведення видів занять викладачами X , і навчальне навантаження, яке задається навчальними планами $O(R)$.

3. Як видно з пункту 2 в основі розрахунку обсягів навчальної роботи знаходиться навчальний план:

$$O(R) = f_6(B(R), Q(R)). \quad (12)$$

Вхідною інформацією функції є робочі навчальні плани $B(R)$ і контингент студентів $Q(R)$. Вихідною – обсяг навчального навантаження студентів і роботи

викладачів, який є в навчальних планах. Таким чином, саме навчальні плани визначають навчальне навантаження, яке використовується при розрахунку обсягів навчальної роботи. А обсяги навчальної роботи знаходяться в основі розрахунку розкладу занять.

Наведений підхід до розрахунку як розкладу, так і планового навчального навантаження не дозволяє регулювати обсяг аудиторного навантаження, яке задається навчальним планом під фактичний контингент студентів, штат викладачів та наявний аудиторний фонд. Тому пропонується реалізувати метод управління обсягами навчальної роботи студентів і викладачів через зворотній зв'язок, що забезпечує відображення інформації про обсяг навчальної роботи студентів і викладачів, та завантаженість аудиторій та лабораторій в компоненті ІТПМОС, що виконує розрахунок планових обсягів навчальної роботи, а також в компоненті проєктування навчальних планів.

Метод зворотного планування навчального процесу, в основі якого лежить адаптація навчальних планів до вимог ЗВО включатиме етапи:

1. Розрахунок навчального навантаження по наявним навчальним планам.

2. Якщо розраховане навчальне навантаження відповідає вимогам: наявні аудиторії і лабораторії; бажане навчальне навантаження на одного викладача – закінчення оптимізації навчальних планів.

3. Розрахунок навчального навантаження, яке відповідає заданим вимогам. По суті визначається доля від наявного навчального навантаження з врахуванням пріоритетів у викладанні дисциплін (в яких можна зменшувати аудиторне навантаження, а в яких ні) та завантаженість аудиторій. Реалізується в кілька етапів:

3.1. Розрахунок середнього навчального навантаження по кафедрах університету.

$$v_{avg}^{ayd}(K_i, R) = \frac{\sum_{l=1}^n \sum_s \sum_{j=1}^{m_i} \left(\rho_{slj}^1(K_i) + \rho_{slj}^2(K_i) + \rho_{slj}^3(K_i) + \rho_{slj}^4(K_i) \right)}{\sum_{l=1}^n \left[\frac{\sum_s \sum_{j=1}^{m_i} \left(\rho_{slj}^1(K_i) + \rho_{slj}^2(K_i) + \rho_{slj}^3(K_i) + \rho_{slj}^4(K_i) \right)}{\sum_s \sum_{j=1}^{m_i} \left(\rho_{slj}^1 + \rho_{slj}^2 + \rho_{slj}^3 + \rho_{slj}^4 \right)} \cdot \frac{g_i(R)}{N_i^{6ukl}(R)} \right]}, \quad (13)$$

де $v_{avg}^{ayd}(K_i, R)$ – середнє аудиторне навчальне навантаження кафедри K_i в навчальному році R ; ρ_{slj}^1 – обсяг роботи викладачів по проведенню лекційних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; ρ_{slj}^2 – обсяг роботи викладачів по проведенню практичних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; ρ_{slj}^3 – обсяг роботи викладачів по проведенню лабораторних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; ρ_{slj}^4 – обсяг роботи викладачів по проведенню індивідуальної роботи студентів по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; $\rho_{slj}^1(K_i)$ – обсяг роботи викладачів кафедри K_i по проведенню лекційних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; $\rho_{slj}^2(K_i)$ – обсяг роботи викладачів кафедри K_i по проведенню практичних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі;

$\rho_{slj}^3(K_i)$ – обсяг роботи викладачів кафедри K_i по проведенню лабораторних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; $\rho_{slj}^4(K_i)$ – обсяг роботи викладачів кафедри K_i по проведенню індивідуальної роботи студентів по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі; $g_l(R)$ – загальна кількість студентів, яка навчаються по навчальному плану A_l ; $N_l^{6ukl}(R)$ – норматив співвідношення кількості студентів і викладачів по навчальному плану A_l на навчальний рік R .

Середній обсяг навчального навантаження кафедр визначається із формулою:

$$v_{avg}^{3az}(K_i, R) = \frac{\sum_{l=1}^n P_l^{nl}(K_i, R)}{\sum_{l=1}^n \left[\frac{P_l^{nl}(K_i, R)}{P_l^{nl}(R)} \cdot \frac{g_l(R)}{N_l^{6ukl}(R)} \right]}, \quad (14)$$

де $v_{avg}^{3az}(K_i, R)$ – середнє навчальне навантаження кафедри K_i в навчальному році R ; $P_l^{nl}(K_i, R)$ – навчальне навантаження кафедри K_i в навчальному році R по навчальному плану A_l ; $P_l^{nl}(R)$ – навчальне навантаження по навчальному плану A_l в навчальному році R .

3.2. Обсяг занять, які проводяться в дефіцитних аудиторіях:

$$v_s^a(L_i) = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \left(\rho_{slj}^1(L_i) + \rho_{slj}^2(L_i) + \rho_{slj}^3(L_i) + \rho_{slj}^4(L_i) \right), \quad (15)$$

де $v_s^a(L_i)$ – загальне навчальне навантаження на аудиторію L_i в семестрі s ; $\rho_{slj}^1(L_i)$ – обсяг роботи викладачів по проведенню лекційних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі в аудиторії L_i ; $\rho_{slj}^2(L_i)$ – обсяг роботи викладачів по проведенню практичних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі в аудиторії L_i ; $\rho_{slj}^3(L_i)$ – обсяг роботи викладачів по проведенню лабораторних занять по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі в аудиторії L_i ; $\rho_{slj}^4(L_i)$ – обсяг роботи викладачів по проведенню індивідуальної роботи студентів по дисципліні d_{lj} в s -му семестрі в аудиторії L_i .

3.3. Виділення найбільш перевантаженого елемента навчального процесу.

$$\mu_i^{kaf}(R) = \frac{v_{avg}^{3az}(K_i, R)}{K_4}; \quad \mu_j^a(R) = \frac{\sum_{s \in R} v_s^a(L_j)}{K_5}, \quad (16)$$

де $\mu_i^{kaf}(R)$ – коефіцієнт перевантаження кафедри K_i в навчальному році R ; $\mu_j^a(R)$ – коефіцієнт перевантаження аудиторії L_j в навчальному році R ; K_4 – обмеження навантаження викладачів; K_5 – ресурсні обмеження.

$$K_i : \max_{K_i} (\mu_i^{kaf}(R)); \quad L_j : \max_{L_j} (\mu_j^a(R)). \quad (17)$$

3.4. Якщо $\mu_i^{каф}(R) > \mu_j^a(R)$, $\mu_i^{каф}(R) > 1$ то виконується зменшення обсягів аудиторного навантаження в навчальних планах по дисциплінах кафедр за схемою:

3.4.1. Знаходження нових обсягів аудиторної роботи:

$$\overline{v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)} = v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R) - v_{avg}^{3az}(K_i, R) \cdot (\mu_i^{каф}(R) - 1), \quad (18)$$

де $\overline{v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}$ – нові (такі, що задовольняють умові K_4) обсяги аудиторної роботи кафедри K_i в навчальному році R .

3.4.2. Знаходження коефіцієнту зменшення обсягів аудиторної роботи:

$$k_{avg}^{ay\partial}(K_i, R) = \frac{\overline{v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}}{v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}, \quad (19)$$

де $k_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)$ – коефіцієнт зменшення обсягів аудиторної роботи кафедри K_i в навчальному році R .

3.4.3. Знаходження величини зменшення аудиторного навантаження в навчальних планах по дисциплінах кафедри:

$$\Delta v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R) = \sum_{l=1}^n \sum_s \sum_{j=1}^{m_l} \left[\left(\rho_{slj}^1 + \rho_{slj}^2 + \rho_{slj}^3 + \rho_{slj}^4 \right) \cdot \beta_{lj}(K_i) \right] \cdot \left(1 - k_{avg}^{ay\partial}(K_i, R) \right), \quad (20)$$

де $\Delta v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)$ – різниця в величині навчального навантаження між початковими і цільовими обсягами навчальної роботи в навчальних планах по кафедрі K_i в навчальному році R .

3.4.4. Розрахунок суми пріоритетів дисциплін, по яким викладає кафедра:

$$R(K_i, R) = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^{m_l} \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}(K_i), \quad (21)$$

де $R(K_i, R)$ – сума пріоритетів дисциплін, по яким викладає кафедра K_i в навчальному році R ; r_{lj} – пріоритет дисципліни d_j навчального плану A_i .

Пріоритет визначає міру «незмінності» обсягів дисциплін. Змінюється від 1 (змінювати без обмежень) до 100 (не змінювати ніколи).

3.4.5. Розрахунок відповідних новому навчальному навантаженні обсягів аудиторних годин в навчальних планах:

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^1} = v_{ij}^1 - \frac{\Delta v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}{R(K_i, R)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}(K_i), \quad (22)$$

де $\overline{v_{ij}^1}$ – новий обсяг лекційних занять.

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^2} = v_{ij}^2 - \frac{\Delta v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}{R(K_i, R)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}(K_i), \quad (23)$$

де $\overline{v_{ij}^2}$ – новий обсяг практичних занять.

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^3} = v_{ij}^3 - \frac{\Delta v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}{R(K_i, R)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}(K_i), \quad (24)$$

де $\overline{v_{ij}^3}$ – новий обсяг лабораторних занять.

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^4} = v_{ij}^4 - \frac{\Delta v_{avg}^{ay\partial}(K_i, R)}{R(K_i, R)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}(K_i), \quad (25)$$

де $\overline{v^4}$ – новий обсяг індивідуальної роботи студентів.

3.5. Якщо $\mu_i^{каф}(R) < \mu_j^a(R), \mu_i^a(R) > 1$ то виконується зменшення обсягів аудиторного навантаження в навчальних планах по дисциплінах, які проводяться в аудиторії L_j :

3.5.1. Знаходження необхідної різниці в обсягах аудиторної роботи:

$$\overline{v_s^a(L_i)} = v_s^a(L_i) - K_5, \quad (26)$$

де $\overline{v_s^a(L_i)}$ – нові (такі, що задовольняють умові K_5) обсяги аудиторної роботи по аудиторії L_i .

3.5.2. Знаходження коефіцієнту зменшення обсягів аудиторної роботи:

$$k^a(L_i) = \frac{\overline{v_s^a(L_i)}}{v_s^a(L_i)}, \quad (27)$$

де $k^a(L_i)$ – коефіцієнт зменшення навантаження на аудиторію L_i .

3.5.3. Знаходження величини зменшення аудиторного навантаження в навчальних планах по дисциплінах кафедри:

$$\Delta v_{avg}^a(L_i) = \sum_{l=1}^n \sum_s \sum_{j=1}^{m_l} \left[\left(\rho_{slj}^1 + \rho_{slj}^2 + \rho_{slj}^3 + \rho_{slj}^4 \right) \cdot \beta_{lj}^*(L_i) \right] \cdot (1 - k^a(L_i)), \quad (28)$$

де $\Delta v_{avg}^a(L_i)$ – різниця в величині навчального навантаження між початковими і цільовими обсягами навчальної роботи в навчальних планах по аудиторії L_i ; $\beta_{lj}^*(L_i)$ – коефіцієнт, який визначає, чи проводяться заняття з дисципліни в аудиторії L_i ($\beta_{lj}^*(L_i) = 1$ – проводяться, $\beta_{lj}^*(L_i) = 0$ – не проводяться).

3.5.4. Розрахунок суми пріоритетів дисциплін, які проводяться в аудиторії L_i :

$$R(L_i) = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^{m_l} \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}^*(L_i), \quad (29)$$

де $R(L_i)$ – сума пріоритетів дисциплін, які проводяться в аудиторії L_i .

3.5.5. Розрахунок відповідних новому навчальному навантаженні обсягів аудиторних годин в навчальних планах:

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^1} = v_{ij}^1 - \frac{\Delta v_{avg}^a(L_i)}{R(L_i)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}^*(K_i), \quad (30)$$

де $\overline{v_{ij}^1}$ – новий обсяг лекційних занять.

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^2} = v_{ij}^2 - \frac{\Delta v_{avg}^a(L_i)}{R(L_i)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}^*(K_i), \quad (31)$$

де $\overline{v^2}$ – новий обсяг практичних занять.

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^3} = v_{ij}^3 - \frac{\Delta v_{avg}^a(L_i)}{R(L_i)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}^*(K_i), \quad (32)$$

де $\overline{v^3}$ – новий обсяг лабораторних занять, що задаються навчальними планами.

$$\forall A_i, D_j : \overline{v_{ij}^4} = v_{ij}^4 - \frac{\Delta v_{avg}^a(L_i)}{R(L_i)} \cdot \left(100 - r_{lj} \right) \cdot \beta_{lj}^*(K_i), \quad (33)$$

де $\overline{v^4}$ – новий обсяг індивідуальної роботи студентів, що задається навчальними планами.

3.6. Уточнення обсягів аудиторної роботи на відповідність нормативу (1/3-2/3 від загального обсягу роботи).

4. Погодження та затвердження нових навчальних планів.

5. Розрахунок навчального навантаження по кафедрах ЗВО.

6. Планування розкладу занять.

Закінчення удосконалення навчальних планів.

Реалізація адаптації обсягів аудиторного навантаження дасть можливість сформулювати оптимальні та адаптовані до умов ЗВО навчальні плани, що в свою чергу нормалізує навчальне навантаження викладачів, обсяг роботи студентів та завантаження наявних аудиторій і лабораторій.

Такий підхід дозволить ефективно автоматизувати управління навчальним процесом у ЗВО.

Четвертий розділ присвячений розробці математичної моделі проектно-технологічного простору (ПТП) освітніх середовищ. Виконана математична формалізація ПТП. Запропоновано основні напрями застосування векторної алгебри для забезпечення цілісності компонентів мультисистеми проектно-технологічного управління освітніми середовищами.

Показано, що для побудови ефективної системи управління розвитком освітніми середовищами важливі не стільки напрямки руху окремих об'єктів, як однакові або різні вектори їх руху в ПТП. Однакові вектори означають, що рух об'єктів різних проектів однаково зумовлений. Запропоновано модель обчислення відстаней між векторами і визначення оптимальної сукупності груп проектів (відповідно підсистем системи управління розвитком освітніми середовищами).

Обчислення відстані між числовими векторами. Обчислення середнього відхилення в управлінні різними проектами щодо деякого об'єкта /суб'єкта:

$$\overline{R_{kr}^{(j)}(T, \Delta t)} = \frac{\sum_{m=1}^{\frac{T}{\Delta t}} \sum_{i=1}^p \left| l_{kri}^{(j)}(m \cdot \Delta t) - l_{kri}^{(j)}((m-1) \cdot \Delta t) \right| \cdot \Delta t}{T}, \quad (34)$$

де $\overline{R_{kr}^{(j)}(T, \Delta t)}$ – середня відстань між проекціями векторів об'єкта /суб'єкта Q_j на осі ПТП для проектів $П_k$ і $П_r$ від початку їх реалізації до моменту часу T ; $l_{kri}^{(j)}(m \cdot \Delta t)$ – відстань між векторами руху об'єкта /суб'єкта Q_j проектів $П_k$ і $П_r$ по осі N_i в момент часу $m \cdot \Delta t$; T – кінцевий момент часу.

Обчислення відстані між векторами, які задані якісними параметрами. Для визначення близькості векторів пропонується для однакових значень об'єктів (навіть якісних) прийняти відстань 0. Для різних – 1. Тоді:

$$\overline{x_{ki}^{(j)}} = \langle l_{k1i}^{(j)}, l_{k2i}^{(j)}, \dots, l_{kri}^{(j)}, \dots, l_{kKi}^{(j)} \rangle, \quad (35)$$

де $\overline{x_{ki}^{(j)}}$ – зведена координата вектора $A_k^{(j)}$ за виміром N_i об'єкта /суб'єкта Q_j проекту $П_k$; $l_{kri}^{(j)}$ – зведена різниця в координатах векторів об'єкта /суб'єкта Q_j в проектах $П_k$ і $П_r$ за виміром N_i ; K – кількість проектів.

Різниця в координатах, тотожних якісним параметром, визначається з формули

$$R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t) = \sum_{i=1}^p \left| l_{kri}^{(j)}(t) - l_{kri}^{(j)}(t - \Delta t) \right|, \quad (36)$$

де $R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t)$ – різниця в напрямку руху об'єкта /суб'єкта Q_j в проєктах $П_k$ і $П_r$ в момент часу t .

Якщо якісні ознаки відображені нечіткими множинами, то:

$$I_{kri}^{(j)} = \frac{s(\overline{x_{ki}^{(j)}} \cap \overline{x_{ri}^{(j)}})}{s(\overline{x_{ki}^{(j)}})}, \quad (37)$$

де $s(\overline{x_{ki}^{(j)}})$ – нечітка міра координати об'єкта /суб'єкта Q_j проєкту $П_k$ по осі N_i ; $s(\overline{x_{ki}^{(j)}} \cap \overline{x_{ri}^{(j)}})$ – нечітка міра перетину координат об'єкта /суб'єкта Q_j в проєктах $П_k$ і $П_r$ по осі N_i .

Середнє відхилення в управлінні різними проєктами щодо деякого об'єкта /суб'єкта за якісними ознаками обчислюється за формулою (34), але з використанням отриманих з виразів (36) і (37) значень.

Описано рух об'єктів і суб'єктів проєктів у ПТП.

Означення 5. Потенціал об'єктів/суб'єктів проєктно-технологічного простору – це обсяг фінансових ресурсів, наявний (виділений) для цього об'єкта /суб'єкта з метою забезпечення руху цього об'єкта /суб'єкта в ПТП.

Напрямок руху кожного об'єкта визначається й самим об'єктом, і зовнішніми впливами. Надалі такий «стаціонарний» вплив будемо вважати приналежним самому ПТП.

Означення 6. Невимушений опір проєктно-технологічного простору – це закономірності у впливі значної кількості об'єктів і суб'єктів ПТП один на одного, що зберігаються в більшості проєктів і перешкоджають їх реалізації.

Запропонована модель цілепокладання проєктів освітніх середовищ, яка враховує опір по різних напрямках руху. Кожна мета в ідеалі повинна бути такою, щоб максимально задовольняє потреби зацікавлених сторін і її досягнення має бути мінімально витратним для цих сторін. Витрати на рух визначаються віддаленістю цільової точки від початкової та опором простору. Моментальна швидкість руху визначається виразом:

$$\left| \overline{v_i^{kj}}(t) \right| = x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ki}^{(j)}(t-1), \quad (38)$$

де $\overline{v_i^{kj}}(t)$ – швидкість руху об'єкта /суб'єкта ПТП Q_j проєкту $П_k$ у напрямку N_i в момент часу t .

Сила опору руху дорівнює:

$$\left| \overline{F_i^{jk}}(t) \right| = \gamma_i^{jk} \left| \overline{v_i^{kj}}(t) \right|^2, \quad (39)$$

де γ_i^{jk} – коефіцієнт опору руху об'єкта /суб'єкта ПТП Q_j проєкту $П_k$ у напрямку N_i ; $\overline{F_i^{jk}}(t)$ – опір руху об'єкта /суб'єкта ПТП Q_j проєкту $П_k$ у напрямку N_i в момент часу t .

Звідси, потреба в енергії (в сукупних витратах) на рух за виміром i дорівнює:

$$e_i^{jk} = \left| \overline{F_i^{jk}} \right| \cdot \left| \overline{s} \right| = \gamma_i^{jk} \cdot \int_0^T \int_0^T \left| \overline{v_i^{kj}}(t) \right|^3 \cdot dt^2, \quad (40)$$

де s – шлях пройдений об'єктом ПТП за час T ; e_i^{jk} – фінансовий ресурс (енергія), необхідний для переміщення об'єкта /суб'єкта ПТП Q_j проєкту $П_k$ у напрямку N_i на відстань s за час T ; T – час розвитку проєкту.

Врахувавши дискретність ПТП, можна записати:

$$e_i^{jk} = \gamma_i^{jk} \cdot \sum_{t=1}^{\frac{T}{\Delta t}} \left(|\vec{v}_i^{kj}|(t) \right)^3, \quad (41)$$

де Δt – величина кванту часу; t – квант часу.

Перейдемо від швидкості до зміни координат:

$$e_i^{jk} = \gamma_i^{jk} \cdot \sum_{t=1}^{\frac{T}{\Delta t}} \left(x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ki}^{(j)}(t-1) \right)^3, \quad (42)$$

де $x_{ki}^{(j)}(t)$ – значення координати об'єкта / суб'єкта ПТП Q_j проекту P_k у напрямку N_i у квант часу t ; $x_{ki}^{(j)}(t-1)$ – значення координати об'єкта / суб'єкта ПТП Q_j проекту P_k по осі N_i у квант часу $t-1$.

Оптимальною можна вважати таку мету проекту (таку точку простору), досягнення якої відповідає максимальному розширенню ПТП у тих напрямках, які найбільш важливі для освітніх середовищ. І при цьому будуть використані лімітовані ресурси. Одержимо

$$\forall P_k : E_\phi^k = \sum_p \gamma_p^{jk} \cdot \sum_{t=1}^{\frac{T}{\Delta t}} \left(x_{kp}^{(j)}(t) - x_{kp}^{(j)}(t-1) \right)^3, \quad (43)$$

де E_ϕ^k – фінансовий ресурс (енергія) проекту P_k .

З урахуванням неможливості руху до початку координат (це означало б знищення деяких результатів проекту, що в загальному випадку в реальних проектах неможливо), одержимо

$$\forall t > 0 : x_{ki}^{(j)}(t) \geq x_{ki}^{(j)}(t-1) \Rightarrow \forall P_k : E_\phi^k = \sum_p \sum_j \left[\gamma_p^{jk} \cdot \left(x_{kp}^{(j)}(T) \right)^3 \right], \quad (44)$$

де $x_{kp}^{(j)}(T)$ – кінцеве значення координати об'єкта / суб'єкта ПТП Q_j проекту P_k по осі N_p .

Тоді пошук оптимальної мети для проекту може бути представлений через задачу визначення таких кінцевих координат об'єктів і суб'єктів ПТП $\forall P_k, Q_j : x_{k1}^{(j)}(T), x_{k2}^{(j)}(T), \dots, x_{kp}^{(j)}(T)$, для яких

$$\forall P_k : \sum_{N_p} \left(\lambda_p \cdot \sum_j \left(\sigma_j \cdot x_{kp}^{(j)}(T) \right) \right) \rightarrow \max, \quad (45)$$

за обмежень:

1. Невимушений опір руху.

$$2. \forall P_k : E^k \geq \sum_p \sum_j \left[\gamma_p^{jk} \cdot \left(x_{kp}^{(j)}(T) \right)^3 \right], \quad (46)$$

де λ_p – пріоритетність руху в напрямку N_p (наскільки важливо, щоб у меті було відображено рух саме в цьому напрямку); σ_j – пріоритет об'єкта / суб'єкта Q_j ПТП; E^k – виділений на проект P_k фінансовий ресурс (енергія).

У **п'ятому розділі** запропоновані методи проектно-технологічного управління освітніми середовищами. Виходячи із запропонованої моделі цілепокладання розроблено метод визначення точок простору, які можуть бути цілями суб'єктів проектів.

Математично мультисистема систем проектно-технологічного управління

освітніми середовищами буде відображати сформовані в ПТП вектора (напрямок зміни об'єктів), оцінювати і коригувати їх, виходячи з потреб зацікавлених сторін і цілей проєктів. ПТП містить сукупність об'єктів і суб'єктів проєктів, які розвиваються в часі. Розвиток об'єктів і суб'єктів проєктів відповідає руху в ПТП. Тому, оцінка ефективності мультисистеми систем проєктно-технологічного управління освітніми середовищами буде здійснюватися через оцінку відстані між векторами, що відображають необхідний і фактичний розвиток об'єктів і суб'єктів проєктів (рис. 5).

Математично, одиночні переміщення об'єктів і суб'єктів проєктів в дискретному ПТП можна представити множиною векторів. Кожна координата вектора відображає місце об'єкта/суб'єкта проєкту в одному з вимірів в поточний момент часу. Кінцевою точкою цих переміщень є закінчення проєкту і знову згортання проєктно-технологічного простору (для проєкту, що закінчився) в точку.

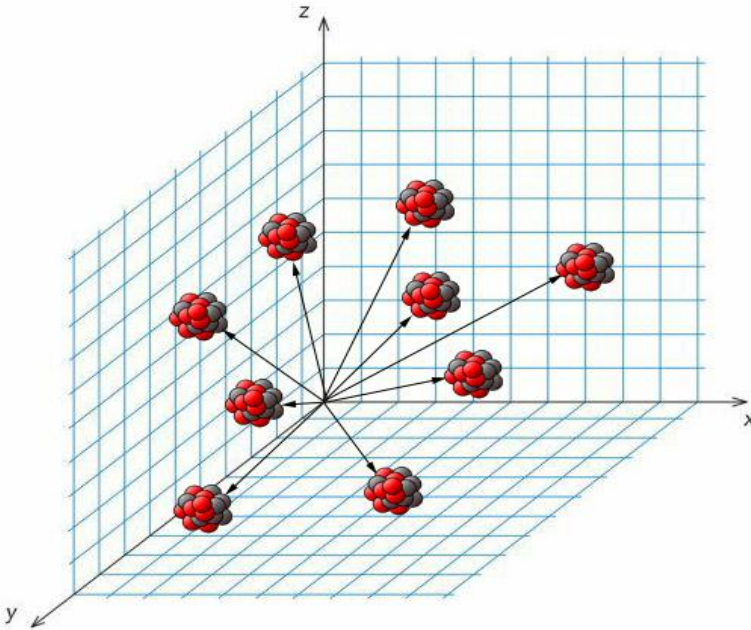


Рис. 5. Векторний підхід до визначення точок в проєктно-технологічному просторі, які можуть бути цілями цифровий трансформації

Вектор руху визначає пріоритетні вимірювання (пріоритетні цінності проєкту) і визначається через величину зміни відстані по заданих напрямках за квант часу. Цільова функція таких змін для проєктів представлена в розділі 2.

Для побудови ефективної системи управління проєктами важливі не стільки «прагнення» окремих об'єктів, як наскільки однакові або різні вектори їх руху в проєктно-технологічному просторі. Адже однакові вектори означають, що рухи об'єктів різних проєктів однаково зумовлені. Отже,

може бути створена єдина система (або підсистема) управління цими проєктами.

Координати векторів в кожному з вимірів настільки різні, наскільки різні ознаки об'єктів і суб'єктів проєктів, що відображені в цьому вимірі. Необхідно розробити математичний апарат для обчислення відстані між напрямками розвитку об'єктів і суб'єктів проєктів. Це дасть можливість створювати оптимальні функціональні процедури формування векторів і мінімізувати час/вартість на створення мультисистеми систем проєктно-технологічного управління освітніми середовищами.

Використовуємо математичний апарат векторної алгебри для обчислення відстаней між векторами і визначення оптимальної сукупності груп проєктів (і відповідно підсистем мультисистеми управління проєктами).

Визначення близькості векторів в проєктно-технологічному просторі. Нехай за деякий період часу dt значення координат деякого об'єкта/суб'єкта Q_j проєкта P_k змінюється від значення

$$\left| x_{k1}^{(j)}(t - dt), x_{k2}^{(j)}(t - dt), \dots, x_{ki}^{(j)}(t - dt), \dots, x_{kp}^{(j)}(t - dt) \right|, \quad (48)$$

до значення

$$\left| x_{k1}^{(j)}(t), x_{k2}^{(j)}(t), \dots, x_{ki}^{(j)}(t), \dots, x_{kp}^{(j)}(t) \right|, \quad (49)$$

де t – момент часу; dt – квант часу дискретного проектно-технологічного простору.

Тоді величину, відповідну розвитку об'єкта/суб'єкта Q_j проекту P_k , можна визначити за формулою:

$$l_k^{(j)}(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ki}^{(j)}(t - dt))^2}, \quad (50)$$

де $l_k^{(j)}(t)$ – векторна оцінка зміни об'єкта/суб'єкта Q_j проекту P_k в момент часу t (моментальна швидкість зміщення).

Але в проектно-технологічному просторі є одна особливість. В операціях над векторами відстань між ними в деякому вимірі задається різницею координат в цьому вимірі. Це не може бути використано для обчислення ступеня близькості різних векторів. По-перше через те, що напрямок розвитку об'єкта/суб'єкта не можна оцінювати за невеликими дискретними моментами часу. Необхідно їх оцінювати на досить довгому інтервалі часу. По-друге, створення єдиної системи (підсистеми) управління багатьма проектами базується не тільки на односпрямованості розвитку окремих об'єктів і суб'єктів проектів, але і на їх близькості в проектно-технологічному просторі. Наприклад, чи використовуються одні й ті ж методи або засоби управління проектами, одні і ті ж виконавці, чи використовується одна і та ж вхідна інформація.

Оцінка величини подібності векторів на значних за тривалістю часових інтервалах. Вираз (47) визначає напрямок розвитку об'єкта/суб'єкта Q_j проекту P_k в проектно-технологічному просторі в момент t .

Для моментальних змін можна записати:

$$A_k^{(j)}(t) = \frac{dA_k^{(j)}(t)}{dt} = \left[\frac{dx_{k1}^{(j)}(t)}{dt}, \frac{dx_{k2}^{(j)}(t)}{dt}, \dots, \frac{x_{ki}^{(j)}(t)}{dt}, \dots, \frac{dx_{kp}^{(j)}(t)}{dt} \right], \quad (51)$$

$$A_r^{(j)}(t) = \frac{dA_r^{(j)}(t)}{dt} = \left[\frac{dx_{r1}^{(j)}(t)}{dt}, \frac{dx_{r2}^{(j)}(t)}{dt}, \dots, \frac{x_{ri}^{(j)}(t)}{dt}, \dots, \frac{dx_{rp}^{(j)}(t)}{dt} \right], \quad (52)$$

де $A_k^{(j)}(t)$ – моментальний вектор руху об'єкта/суб'єкта Q_j проекту P_k в момент часу t ; $A_r^{(j)}(t)$ – моментальний вектор руху об'єкта/суб'єкта Q_j проекту P_r в момент часу t .

Якщо

$$A_k^{(j)}(t) \approx A_r^{(j)}(t), \quad (53)$$

то це означає, що в певний момент часу проекти розвиваються однаково. Але це не означає, що на тривалому інтервалі часу розвиток проектів подібний, а значить до управління ними можна застосувати єдині підходи. Тому для вирішення завдання визначення близьких по розвитку проектів скористаємося іншою математичною моделлю.

Замінімо мінімальний інтервал часу на більший, який точніше характеризує збіг або розбіжність тенденцій в розвитку проектів. Але не всі вектори, що отримуються від такої заміни, рівнозначні. Адже зміни за тривалий період більш точно характеризують тенденції в розвитку об'єктів і суб'єктів проектів. Для більш точного визначення подібності методологій управління різними проектами задамося

ваговим коефіцієнтом визначення подібності в розвитку об'єктів і суб'єктів проектно-технологічного простору.

Отримаємо

$$R\left(\frac{A_k^{(j)}(t)}{\Delta t}, \frac{A_r^{(j)}(t)}{\Delta t}\right) = R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t) = \mu(\Delta t) \cdot \left| \frac{\Delta A_k^{(j)}(t)}{\Delta t} - \frac{\Delta A_r^{(j)}(t)}{\Delta t} \right| =$$

$$= \mu(\Delta t) \cdot \sum_{i=1}^p \left| \frac{x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ki}^{(j)}(t - \Delta t)}{\Delta t} - \frac{x_{ri}^{(j)}(t) - x_{ri}^{(j)}(t - \Delta t)}{\Delta t} \right|, \quad (54)$$

де $R\left(\frac{A_k^{(j)}(t)}{\Delta t}, \frac{A_r^{(j)}(t)}{\Delta t}\right) = R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t)$ – різниця в напрямку руху

об'єкта/суб'єкта Q_j в проектах Π_k та Π_r в момент часу t ; $\mu(\Delta t)$ – коефіцієнт, який задає величину зв'язку між значенням близькості векторів, отриманим для даного інтервалу часу і фактичної близькістю векторів руху об'єкта/суб'єкта Q_j в проектах Π_k і Π_r в момент часу t .

Оскільки чим більш тривалий час об'єкти і суб'єкти проектів розвиваються однаково, тим більша ймовірність, того що до їх управління потрібен однаковий підхід. Прийmemo за величину коефіцієнта $\mu(\Delta t)$ величину інтервалу часу, на якому проекти розвиваються однаково (майже однаково).

Отже, з урахуванням коефіцієнта $\mu(\Delta t) = \Delta t$ отримуємо:

$$R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t) = \Delta t \cdot \sum_{i=1}^p \left| \frac{x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ki}^{(j)}(t - \Delta t)}{\Delta t} - \frac{x_{ri}^{(j)}(t) - x_{ri}^{(j)}(t - \Delta t)}{\Delta t} \right| =$$

$$= \sum_{i=1}^p \left| x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ki}^{(j)}(t - \Delta t) - x_{ri}^{(j)}(t) + x_{ri}^{(j)}(t - \Delta t) \right| =$$

$$= \sum_{i=1}^p \left| (x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ri}^{(j)}(t)) - (x_{ki}^{(j)}(t - \Delta t) - x_{ri}^{(j)}(t - \Delta t)) \right| = \quad (55)$$

$$= \left| \sum_{i=1}^p (x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ri}^{(j)}(t)) - \sum_{i=1}^p (x_{ki}^{(j)}(t - \Delta t) - x_{ri}^{(j)}(t - \Delta t)) \right|.$$

Або, позначивши

$$l_{kri}^{(j)}(t) = x_{ki}^{(j)}(t) - x_{ri}^{(j)}(t); \quad (56)$$

$$l_{kri}^{(j)}(t - \Delta t) = x_{ki}^{(j)}(t - \Delta t) - x_{ri}^{(j)}(t - \Delta t), \quad (57)$$

де $l_{kri}^{(j)}(t)$ – відстань між векторами руху об'єкта/суб'єкта Q_j проектів Π_k та Π_r за виміром N_i в момент часу t ; $A_r^{(j)}(t)$ – відстань між векторами руху об'єкта/суб'єкта Q_j проектів Π_k та Π_r за виміром N_i в момент часу $t - dt$,
отримаємо

$$R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t) = \sum_{i=1}^p \left| l_{kri}^{(j)}(t) - l_{kri}^{(j)}(t - \Delta t) \right|. \quad (58)$$

Тоді середнє відхилення в управлінні різними проектами щодо деякого об'єкта/суб'єкта можна отримати, оцінивши всі вектори розвитку цього об'єкта:

$$\overline{R_{kr}^{(j)}(T, \Delta t)} = \frac{\int_{t=0}^T R_{kr}^{(j)}(t, \Delta t) dt}{T} = \frac{\int_{t=0}^T \sum_{i=1}^p |l_{kri}^{(j)}(t) - l_{kri}^{(j)}(t - \Delta t)| dt}{T}, \quad (59)$$

де $\overline{R_{kr}^{(j)}(T, \Delta t)}$ – середня відстань між векторами руху об'єкта/суб'єкта Q_j проєктів Π_k та Π_r за всіма вимірами від початку їх реалізації до моменту часу T .

Оцінка величини близькості векторів за якісними критеріями. Близькість векторів можна обчислити за їх координатами, але до багатьох вимірів важко застосувати безперервну числову міру. Адже багато параметрів проєктів задаються якісними, а не кількісними параметрами. Тому пропонується застосувати до визначення близькості векторів зворотній підхід. Кожна координата вектора представляється відстанями до координат інших векторів (в цьому вимірі) – відстанню між об'єктами проєктів. Для однакових значень об'єктів (навіть якісних) приймається відстань рівна 0. Для різних якісних – 1. В цьому випадку немає необхідності переводити якісні поняття до кількісних заходів. Тоді приведена координата кінця вектора $A_k^{(j)}$ за виміром N_i буде задаватися не одним числом, а кортежем, який відображає різниці за цією координатою з векторами цього ж об'єкту, але інших проєктів:

$$\overline{X_{ki}^{(j)}} = \langle l_{k1i}^{(j)}, l_{k2i}^{(j)}, \dots, l_{kri}^{(j)}, \dots, l_{kKi}^{(j)} \rangle, \quad (60)$$

де $\overline{X_{ki}^{(j)}}$ – приведена координата кінця вектора $A_k^{(j)}$ за виміром N_i об'єкта/суб'єкта Q_j проєктів Π_k ; $l_{kri}^{(j)}$ – приведена різниця в координатах векторів проєктів Π_k та Π_r за виміром N_i для об'єкта/суб'єкта Q_j ; K – кількість проєктів.

Для визначення схожості проєктів розглянемо пари проєктів. При визначенні близькості кожних двох проєктів в проєктно-технологічному просторі важливий не весь кортеж, а тільки пара значень, що характеризують ці проєкти. З цієї причини можна оцінити відносну швидкість руху (розвитку) об'єктів двох різних проєктів:

$$l_{kr}^{(j)}(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (l_{kri}^{(j)}(t) - l_{kri}^{(j)}(t - dt))^2}, \quad (61)$$

де $l_{kri}^{(j)}(t)$ – векторна оцінка зміни об'єкта/суб'єкта Q_j проєкта Π_k за виміром N_i в момент часу t (моментальна швидкість зміщення за виміром) відносно зміни цього ж об'єкта/суб'єкта в проєкті Π_r ; $l_{kr}^{(j)}(t)$ – векторна оцінка зміни об'єкта/суб'єкта Q_j проєкта Π_k в момент часу t (моментальна швидкість зміщення в проєктно-технологічному просторі) відносно зміни цього ж об'єкта/суб'єкта в проєкті Π_r .

При цьому

$$l_{kr}^{(j)}(t) = l_{rk}^{(j)}(t), \quad \forall k, i, j: l_{kki}^{(j)} = 0. \quad (62)$$

Отже, чим повільніше зміщуються два проєкти щодо один одного, тим вигідніше відносити їх до однієї групи і управляти ними на базі єдиної системи (підсистеми) управління проєктами.

Наступний етап після визначення оптимальних точок руху – знаходження оптимальної траєкторії досягнення цих точок. Візьмемо за початкову умову отримані кінцеві точки руху суб'єктів ПТП:

$$\forall \Pi_k, C_j: A_k^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}) = \left[x_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), x_{k2}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, x_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}) \right], \quad (63)$$

де $x_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, x_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}})$ – кінцеві координати суб'єкта ПТП C_{jk} проєкту Π_k у планований момент завершення проєкту $\overline{T_k^{dup}}$.

Нехай $F\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right]$ – вплив об'єкта /суб'єкта Q_i з координатами $A_k^{(i)}(t)$ на об'єкт/суб'єкт Q_j з координатами $A_k^{(j)}(t)$. Цей вплив призводить або до опору руху об'єкта/суб'єкта ПТП, або до сприяння цьому руху. Введемо ряд означень.

Означення 7. У впливі $F\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right]$ об'єкт Q_i будемо називати *джерелом впливу*.

Означення 8. У впливі $F\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right]$ об'єкт Q_j будемо називати *результатом (приймачем) впливу*.

Означення 9. *Коефіцієнт взаємодії об'єктів/суб'єктів ПТП* $\phi\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right]$ відображає необхідну величину енергетичних витрат для зсуву приймача на одиницю відстані при заданих координатах цих об'єктів:

$$\phi\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right] = f\left(F\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right]\right), \quad (64)$$

де $\phi\left[Q_j(A_k^{(j)}(t))/Q_i(A_k^{(i)}(t))\right]$ – коефіцієнт взаємодії об'єктів/суб'єктів ПТП.

Наслідок. Величина впливу на об'єкт/суб'єкт Q_j із координатами $A_k^{(j)}(t)$ залежить від координат $A_k^{(i)}(t)$ джерела впливу Q_i .

Для того, щоб вплив на суб'єкти (саме на суб'єкти, як на сутність ПТП, за якими оцінюється результативність проєкту) був таким, що сприяє їхньому руху до цільової точки у ПТП, необхідно «вибрати» вигідні координати для джерел впливу. Якщо

$\phi\left[Q_j(x_{kp}^{(j)}(\Delta t))/Q_i(x_{kp}^{(i)}(\Delta t))\right] > \gamma_p^{jk} \cdot (\Delta x_{kp}^{(i)}(\Delta t))^3 + \phi\left[Q_j(x_{kp}^{(j)}(\Delta t))/Q_i(x_{kp}^{(i)}(\Delta t) + \Delta x_{kp}^{(i)}(\Delta t))\right]$, (65)
то необхідно спочатку забезпечити рух об'єкта Q_i , що спростить одержання цільового значення суб'єктом Q_j .

Вихідними даними для визначення оптимальної траєкторії руху будуть: множина відносин до проєкту у зацікавлених сторін (суб'єктів ПТП); множина об'єктів ПТП; напрямок невимушеного опору руху суб'єктів і об'єктів ПТП; енергетична залежність переміщення суб'єктів і об'єктів ПТП.

Задачею методу є пошук ряду координат:

$$\prod_k : \forall Q_j \in \Gamma_k : t_1 : x_{k1}^{(j)}(t_1), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_1); \quad t_2 : x_{k1}^{(j)}(t_2), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_2); \quad \dots \\ t_i : x_{k1}^{(j)}(t_i), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_i); \quad \dots \quad t_{max} : x_{k1}^{(j)}(t_{max}), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{max}), \quad (66)$$

де t_1, t_2, \dots, t_{max} – моменти часу (t_{max} – момент завершення проєкту); $x_{k1}^{(j)}(t_i), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_i)$ – координати об'єкта Q_j проєкту Π_k у момент часу t_i .

Моделювання руху об'єктів і суб'єктів у ПТП (рис.6). Для знаходження раціональної траєкторії руху суб'єктів ПТП моделюються варіанти руху у ПТП. Кращі варіанти пропонуються менеджменту проєкту.

Початковий варіант моделювання: $N_v = 0$.

1. Перехід до чергового варіанта моделювання $N_v = N_v + 1$. Якщо $N_v > N_v^{max}$, перехід до п.10. Приймаємо крок руху: $N_d = 0$.

Початкові координати об'єктів і суб'єктів ПТП і початковий час t_0 :

$$\forall \Pi_k, Q_j : x_{kl}^{(j)}(t_0), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_0), \quad (67)$$

де $x_{kl}^{(j)}(t_0), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_0)$ – початкові координати об'єкта / суб'єкта Q_j проекту Π_k .

Початкові енергетичні характеристики (витрати) проектів:

$$\forall \Pi_k : E_{факт}^k = e_0^k, \quad (68)$$

де $E_{факт}^k$ – фактичні витрати на проєкт Π_k ; e_0^k – початкові витрати на проєкт Π_k (до початку проекту Π_k).

2. Перехід до чергового кроку руху $N_d = N_d + 1$. Розрахунок чергового моменту часу $t_{N_d} = (N_d - 1) \cdot \Delta t + t_0$. Якщо координати всіх суб'єктів перевищують цільові або фактичні витрати (енергія) більше планових, перехід до п.1.

3. Розрахунок зусиль при русі по напрямках у момент часу t_{N_d} . Визначається через δ_{jki} . Якщо для напрямку N_i :

$$\begin{aligned} \Pi_k : Q^* = \{Q_s\}, s = \overline{1, K^*}, K^* > 0 \wedge \delta_{jki}^s < \delta_{jki} : \\ \delta_{jki}^s &= K_i^{jk} + \rho_{jki}^s \left(x_{kl}^{(j)}(t_{N_d}) = x_{kl}^{(j)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x, \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{N_d}) = x_{kp}^{(j)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x \right); \\ \delta_{jki} &= K_i^{jk} + \rho_{jki} \left(x_{kl}^{(j)}(t_{N_d}) = x_{kl}^{(j)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x, \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{N_d}) = x_{kp}^{(j)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x \right); \\ \delta_{ski} &= K_i^{sk} + \rho_{ski} \left(x_{kl}^{(s)}(t_{N_d}) = x_{kl}^{(s)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x, \dots, x_{kp}^{(s)}(t_{N_d}) = x_{kp}^{(s)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x \right), \end{aligned} \quad (69)$$

де K^* – кількість об'єктів, зсув яких призводить до зменшення витрат на зсув суб'єктів у ПТП; Q_s – об'єкти, зсув яких приводить до зменшення витрат на зсув суб'єктів у ПТП; δ_{jki} – узагальнений коефіцієнт опору руху суб'єкта C_j проекту Π_k по напрямку N_i за умови, що координати об'єкта Q_s не змінилися; δ_{jki}^s – узагальнений коефіцієнт опору руху суб'єкта C_j проекту Π_k по напрямку N_i за умови, що спочатку змістився об'єкт Q_s ; δ_{ski} – узагальнений коефіцієнт опору руху об'єкта Q_s , і витрати на зсув об'єкта менше, ніж компенсація витрат через зменшення впливу цього об'єкта на суб'єкти

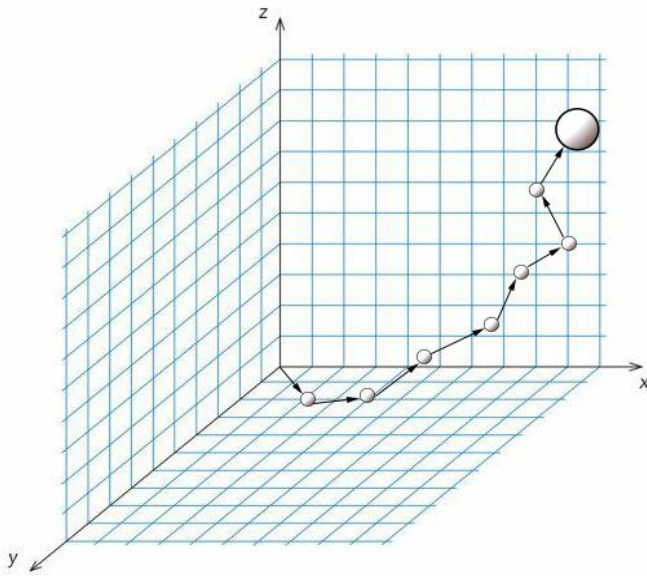


Рис. 6. Моделювання руху об'єктів і суб'єктів у ПТП

$$\delta_{jki}^s \cdot (\Delta x)^3 + \delta_{ski} \cdot (\Delta x)^3 < \delta_{jki} \cdot (\Delta x)^3 \Rightarrow \delta_{jki}^s + \delta_{ski} < \delta_{jki}, \quad (70)$$

то виникає необхідність у першочерговому зсуві об'єкта з подальшим перерахуванням можливостей зсуву суб'єктів ПТП.

4. Вибір об'єктів/суб'єктів, що зміщуються. Якщо $K^* = 0$, то:

- якщо на цьому кроці руху є об'єкти, зміщені на Δx , то перехід до п.2, а якщо ні, то здійснюється вибір до зсуву серед суб'єктів ПТП. Вибір суб'єкта здійснюється випадково відповідно до ймовірностей

$$\forall N_i : p_{jki} = \frac{\sigma_{jk}}{\sum_l \sigma_{lk}}, \quad (71)$$

де p_{jki} – ймовірність вибору до зсуву по напрямку N_i суб'єкта C_{jk} проекту P_k ;

- інакше вибираються до зсуву ті об'єкти ПТП $Q_U^* = \{Q_b^U\}, b = \overline{1, U}, Q_U^* \subseteq Q^*$, переміщення яких на величину Δx зменшує опір ПТП щодо суб'єктів проектів. Якщо множина Q_U^* порожня – перехід до п.2. Вибір об'єкта здійснюється випадково відповідно до розподілу ймовірностей на підставі формули

$$p_{jki} = \frac{\theta_{jki}}{\sum_{b=1}^U \theta_{bki}}, \quad (72)$$

де p_{jki} – ймовірність вибору до зсуву по напрямку N_i об'єкта Q_j проекту P_k .

5. Розрахунки зсуву. Якщо

$$E_{\text{план}}^k - E_{\text{факт}}^k \geq \delta_{\text{жкп}} \cdot (\Delta x)^3, \quad (73)$$

то:

$$\begin{aligned} x_{\text{кр}}^{(j)}(t_{N_d}) &= x_{\text{кр}}^{(j)}(t_{N_{d-1}}) + \Delta x; \\ E_{\text{факт}}^k &= E_{\text{факт}}^k + \delta_{\text{жкп}} \cdot (\Delta x)^3. \end{aligned} \quad (74)$$

Інакше

$$x_{\text{кр}}^{(j)}(t_{N_d}) = x_{\text{кр}}^{(j)}(t_{N_{d-1}}). \quad (75)$$

Повернення до п.3.

Оцінка отриманих цільових координат руху у ПТП. Здійснюється експертна оцінка отриманих варіантів траєкторії руху. Якщо значення не задовольняють менеджмент проектів, то корегуються початкові дані та все повторюється, якщо задовольняють – завершення.

У **шостому розділі** описано практичне застосування розроблених моделей і методів проектно-технологічного управління освітніми середовищами та технічну складову методології проектно-технологічного управління освітніми середовищами.

План проекту, що відображає оптимальну траєкторію руху об'єктів і суб'єктів ПТП, розробляється з використанням обраних інструментів планування. Також план затверджується командою проекту, виходячи із запланованих обсягів робіт, потреби в ресурсах та вартості ресурсів, виконавців, механізмів і термінів закупівель з урахуванням виділеного фінансування. До поширених інструментів планування проектів можна віднести: метод критичного шляху, метод PERT (Program (Project) Evaluation and Review Technique), метод критичних ланцюгів, імітаційні та ймовірнісні методи тощо.

Вказані методи і засоби планування проектів ефективні в управлінні термінами проектів освітніх середовищ, за винятком тих робіт інформаційно-продуктових проектів, якими менеджери не управляють, а лише адмініструють. Наприклад, отримання дозволу на виконання якоїсь дії від державних органів. Але ці ж інструменти не можуть бути використані для планування і управління ресурсами проектів. Нехай $R = \{r_j | j = \overline{1, N_R}\}$ – множина робіт проекту, N_R – кількість робіт. Причому деяка фіксована k -а робота r_k , $k \in \{1, 2, \dots, N_R\}$ визначається як кортеж:

$$r_k = \langle a^k, d^k, U^k, s^k, w^k \rangle, \quad (76)$$

де a^k – назва роботи r_k , d^k – довжина роботи r_k , U^k – множина ресурсів, які необхідні для виконання роботи r_k , s^k – зв'язки роботи r_k , w^k – адреса роботи r_k в структурі робіт проекту.

Якщо $U = \{u_i \mid i \in I_U\}$, де $I_U = \{1, 2, \dots, n_U\}$, n_U – кількість всіх ресурсів проекту, то кожен ресурс u_i описується кортежем:

$$u_i = \langle b^i, e^i, z^i, O^i, \omega^i \rangle, \quad (77)$$

де b^i – назва ресурсу u_i , e^i – одиниці виміру ресурсу u_i , z^i – вартість ресурсу u_i , O^i – запас ресурсу u_i , ω^i – зміст ресурсу u_i .

Множина ресурсів для роботи r_k формується з множини всіх ресурсів проекту. Нехай U – множина всіх ресурсів проекту, тоді $U^k \subseteq U$:

$$U^k = \{u_i^k \mid k \in \{1, 2, \dots, N_R\}, i \in I_k, I_k \subseteq I_U\}, \quad (78)$$

де u_i^k – окремий ресурс i -го виду для роботи r_k , n_k – кількість ресурсів, які необхідні для виконання роботи r_k , I_k – множина індексів ресурсів, які необхідні для виконання роботи r_k .

При підготовці плану проекту визначаються перераховані параметри робіт проекту. Після чого розраховується календарний план таким чином, щоб обсяг споживання ресурсів в ході виконання проекту не перевищував обмеження:

$$\forall u_i \in U, t_{\min} \leq t \leq t_{\max}, o^i(t) \leq O^i(t), \quad (79)$$

де t_{\min} – момент початку проекту, t_{\max} – момент закінчення проекту, $o^i(t)$ – потреба в ресурсі u_i в момент часу t , $O^i(t)$ – доступні запаси ресурсу u_i в момент часу t .

Специфіка проектів в освітніх середовищах така, що для виконання робіт виділяється досить багато ресурсів одного виду. В класичній задачі управління проектами для двох заданих робіт r_{k_1} та r_{k_2} , що $I_{k_1} \subseteq I_U$ та $I_{k_2} \subseteq I_U$ отримуємо, що $I_{k_1} \cap I_{k_2} = \emptyset$. В задачах управління розвитком ЗВО і діяльності суб'єктів освітніх середовищ, зокрема вищих навчальних закладів, може бути випадок, що $I_{k_1} \cap I_{k_2} \neq \emptyset$. Наприклад, є множина науковців, які виконують певні дослідження і є множина наукових проектів. Завдання полягає в розподілі науковців між проектами, враховуючи певні обмеження (79). Пропонується комбінований метод планування проектів освітніх середовищ, який поетапно вирішує задачу планування та розподілу ресурсів.

Комбінований метод планування інформаційно-продуктових проектів. Підхід базується на перетині двох груп процесів. Перший – вибудовування технологічної послідовності робіт, на відміну від класичного методу критичного шляху, що враховує ресурсні обмеження. Другий – розподіл ресурсів одного виду з різних робіт проекту. У першій частині методу використовується календарно-мережеве планування. У другій – імітаційне, що базується на пошуку кращих варіантів розподілу ресурсів. В основі другої частини методу лежить метод Монте-Карло.

Комбінований метод планування інформаційно-продуктових проектів реалізується за наступною схемою:

1. Розрахунок ранніх і пізніх термінів виконання робіт без урахування розподілу ресурсів.

2. Випадкове призначення на роботи ресурсу необхідного виду. Тобто з кожного виду ресурсів вибирається один і призначається на всі роботи, в яких

потрібен саме цей вид ресурсів. Ймовірність вибору ресурсу кожного виду розраховується за формулами:

$$\forall \rho_i^k > 0, \rho_j^k > 0, p_i^k = \frac{\rho_i^k}{\sum_j \rho_j^k}, \text{ якщо } \exists \rho_j^k > 0, \quad (80)$$

$$\forall \rho_i^k < 0, \rho_j^k < 0, p_i^k = \frac{\sum_j \rho_j^k - \rho_i^k}{\sum_j \rho_j^k}, \text{ якщо } \forall \rho_j^k < 0, \quad (81)$$

$$p_i^k = \frac{1}{2}, \text{ якщо } \forall \rho_i^k = 0, \quad (82)$$

де ρ_i^k – пріоритетність ресурсу $u_i^k, u_i^k \in U^k, U^k \subseteq U, p_i^k$ – ймовірність вибору ресурсу u_i^k .

3. Розрахунок завантаження ресурсів. Якщо конфлікту ресурсів немає – завершення планування. Перехід до п.9.

4. Вибір додаткового ресурсу того виду, до якого належить ресурс, що не задовольняє обмеженням. Можливість вибору розраховується за формулами (80)–(82). Якщо такий ресурс є, то відбувається заміна старого ресурсу на обраний на одній з робіт. Якщо такого ресурсу немає – перехід до п.7. Запам'ятовування обраного ресурсу. Вибір роботи, на якій здійснюється заміна ресурсу, виконується відповідно до ймовірності, яка розраховується за формулами:

$$\forall \tilde{\rho}_i^k > 0, \tilde{\rho}_j^k > 0, \tilde{p}_i^k = \frac{\tilde{\rho}_i^k}{\sum_j \tilde{\rho}_j^k}, \text{ якщо } \exists \tilde{\rho}_j^k > 0, \quad (83)$$

$$\forall \tilde{\rho}_i^k < 0, \tilde{\rho}_j^k < 0, \tilde{p}_i^k = \frac{\sum_j \tilde{\rho}_j^k - \tilde{\rho}_i^k}{\sum_j \tilde{\rho}_j^k}, \text{ якщо } \forall \tilde{\rho}_j^k < 0, \quad (84)$$

$$\tilde{p}_i^k = \frac{1}{2}, \text{ якщо } \forall \tilde{\rho}_i^k = 0, \quad (85)$$

де $\tilde{\rho}_i^k$ – пріоритетність роботи r_k, \tilde{p}_i^k – ймовірність вибору роботи r_k .

Запам'ятовування вибраної роботи.

5. Розрахунок завантаження ресурсів. Якщо конфлікт ресурсів ліквідовано – перехід до п.9.

6. Якщо є відрізки часу, на яких перший ресурс не задовольняє обмеженням, а сумарне завантаження першого і нового ресурсу задовольняє обмеженням, відбувається заміна першого ресурсу на новий на роботах, які виконуються в цей період. Якщо конфлікт ресурсів ліквідовано – завершення планування. Інакше – перехід до п.4.

7. Вибір ресурсу, що не задовольняє обмеженням. Ймовірність вибору ресурсу розраховується за формулами (80)–(82). Зсув у часі робіт, що створюють конфлікт ресурсу.

8. Якщо конфлікт ресурсів не ліквідовано – перехід до п.7.

9. Зміна термінів виконання проекту і характеристик розподілу ресурсів в загальну оцінку розрахованого плану робіт може здійснюватися різними методами: експертними, імовірнісними, евристичними тощо.

Оцінка варіантів плану, отриманих при виборі ресурсу/роботи, базується на «запам'ятовуванні» ресурсів і робіт, обраних при розрахунку чергового варіанту плану. Приріст оцінки може здійснюватися виходячи з задоволеності/незадоволеності розрахованим варіантом плану, або з формальних критеріїв – тривалість проєкту або розподіл його вартості в часі.

10. Якщо результат не задовольняє – продовжити пошук кращого варіанту, починаючи з п.2.

Інструменти адміністрування технологічного компонента методології проєктно-технологічного управління освітніми середовищами. Функції адміністрування в проєктах пов'язані з доведенням рішень до виконавців, забезпеченням їх виконання і перевіркою виконання. У методології проєктно-технологічного управління освітніми середовищами управління пов'язано з вибором правильної траєкторії руху, ресурсним забезпеченням та контролем руху. Адміністрування – це формування команд на зміну траєкторії руху або виділення ресурсів відповідно до забезпечення руху за необхідною траєкторією.

Для ефективного адміністрування необхідно формалізувати процес впливу на суб'єкти проєктів при відхиленнях від запланованої траєкторії на всьому шляху руху від початкової точки до цільової точки (рис. 7).

На рис. 8 зображено принцип формування вектора адміністрування проєктів освітніх середовищ проєктно-технологічного простору. Даний принцип є основою методологічної моделі створення інструментів адміністрування, в яку також входить визначення напрямку додаткового впливу на рухомі в проєктно-технологічному просторі об'єкти і суб'єкти.



Рис. 7. Роль адміністратора проєктів освітніх середовищ в прикладній інформаційній технології планування та адміністрування діяльності суб'єктів освітніх середовищ

Нехай $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_z$ – деякі проєкти освітніх середовищ проєктно-технологічного простору, $Q_1^k, Q_2^k, \dots, Q_{h_k}^k$ – об'єкти або суб'єкти деякого проєкту Π_k , $k = \overline{1, z}$, z – кількість проєктів, h_k – кількість об'єктів або суб'єктів проєкту Π_k . Тоді плановий вектор руху об'єкта або суб'єкта Q_i^k деякого проєкту Π_k в проєктно-технологічному просторі при $i \in \{1, 2, \dots, h_k\}$ визначається за формулою:

$$\hat{A}_i^k(t) = [\hat{x}_{i_1}^k(t), \hat{x}_{i_2}^k(t), \dots, \hat{x}_{i_p}^k(t)], \quad (86)$$

де $A_i^k(t)$ – плановий вектор руху об'єкта/суб'єкта Q_i^k проекту Π_k в момент часу t , p – кількість компонент, які визначають вектор руху, $\hat{x}_{ij}^k(t)$ – планове значення j -го показника i -го об'єкта або суб'єкта Q_i^k деякого проекту Π_k в момент часу t .

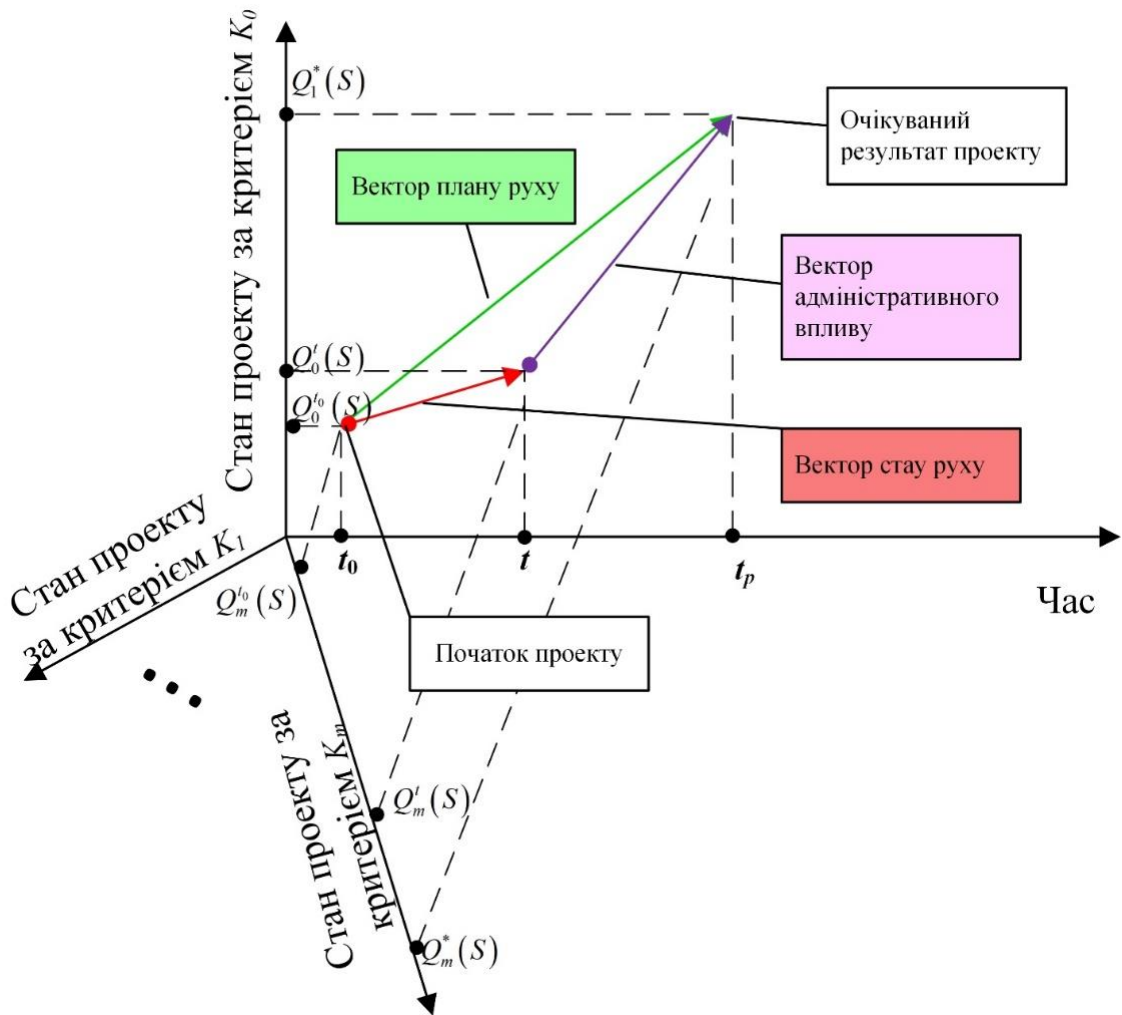


Рис. 8. Формування вектора адміністрування проектів освітніх середовищ в прикладній інформаційній технології планування та адміністрування діяльності суб'єктів освітніх середовищ

Аналогічно до планового вектору знаходиться фактичний вектор руху та вектор адміністрування за формулами:

$$\tilde{A}_i^k(t) = [\tilde{x}_{i_1}^k(t), \tilde{x}_{i_2}^k(t), \dots, \tilde{x}_{i_p}^k(t)], \quad (87)$$

$$A_i^k(t) = \hat{A}_i^k(t) - \tilde{A}_i^k(t) = [\hat{x}_{i_1}^k(t) - \tilde{x}_{i_1}^k(t), \hat{x}_{i_2}^k(t) - \tilde{x}_{i_2}^k(t), \dots, \hat{x}_{i_p}^k(t) - \tilde{x}_{i_p}^k(t)], \quad (88)$$

де $\tilde{A}_i^k(t)$ – фактичний вектор руху об'єкта або суб'єкта Q_i^k проекту Π_k в момент часу t , $A_i^k(t)$ – вектор адміністрування об'єкта або суб'єкта Q_i^k проекту Π_k в момент часу t , $\tilde{x}_{ij}^k(t)$ – фактичне значення j -го показника i -го об'єкта або суб'єкта Q_i^k деякого проекту Π_k в момент часу t .

Вектор адміністрування відображає необхідний напрям впливу інструментів адміністрування на об'єкти/суб'єкти ПТП. Розглянемо інструменти адміністрування, які використовуються для проектів освітніх середовищ і які можуть бути впроваджені

в прикладній інформаційній технології планування та адміністрування діяльності суб'єктами освітніх середовищ.

Професійне адміністрування має базуватися на технології планування з використанням якісних інструментів інформаційної взаємодії суб'єктів ПТП. Інструментом цього можуть служити спеціалізовані системи і технології адміністрування.

Інформація знаходиться в основі управління будь-якими процесами і проектами. Недолік інформації, або її низька якість призводить до виникнення багатьох невизначеностей щодо руху в проектно-технологічному просторі. Неповна, неточна інформація не дозволяє точно визначитися з цілями суб'єктів в проектах, не дозволяє точно розрахувати оптимальну траєкторію руху і є джерелом багатьох ризиків і змін.

Усунення цього недоліку можливо двома шляхами. Перший шлях – підвищення рівня інформованості. Реалізувати його складно з причин того, що значна частина інформації відноситься до некерованої частини проекту. Крім того, найчастіше вимагає значних фінансових витрат, що забезпечити складно. Другий шлях – застосовувати моделі і методи, створені для управління проектами в умовах невизначеності. Досягнення цілей проекту представляється рухом в проектно-технологічному просторі.

У процесі дослідження було з'ясовано, що склалася в рамках методології управління проектами схема формування плану проектів освітніх середовищ (від низу до верху) в умовах України не застосовується. Нечітка постановка задачі (для інформаційно-продуктових проектів), значний обсяг робіт з документацією, відсутність усієї документації на момент планування, мінливість поведінки виконавців, нестабільні фінансово-економічні умови діяльності призводять до того, що стає неможливим сформулювати реальний план. Часто реальний план формується вже під час роботи. Тому формування реального плану може і повинно базуватися на експертних оцінках виконавців. Таким чином, в частині формування плану проекту роль і значення адміністративних процедур в методології проектно-технологічного управління освітніми середовищами стає визначальною.

Тому, в рамках методології проектно-технологічного управління освітніми середовищами розроблена концепція відображення нової інформації в планах проектів. В основі цієї концепції лежить налаштування плану на сформовані умови реалізації проекту.

Модель цілепокладання в ПТП може бути використана для коригування траєкторії руху в разі виникнення додаткового опору. Нехай N_1, N_2, \dots, N_c – напрямки руху. Тоді опір руху розраховується за формулою:

$$F_j^{ik} = \gamma_j^{ik} \cdot (V_j^{ik})^2, \quad (89)$$

де F_j^{ik} – опір руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проекту Π_k в напрямку руху N_j , $k = \overline{1, z}$, $j = \overline{1, c}$, γ_j^{ik} – коефіцієнт опору руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проекту Π_k в напрямку руху N_j , V_j^{ik} – швидкість руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проекту Π_k в напрямку руху N_j .

Потреби в енергії або ресурсах на рух в напрямку N_j визначаються так:

$$e_j^{ik} = F_j^{ik} \cdot S, \quad (90)$$

де e_j^{ik} – ресурси, необхідні для протидії опору руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проекту Π_k в напрямку руху N_j , S – шлях суб'єкта або об'єкта ПТП.

Проблеми в проєктах характеризуються збільшенням коефіцієнта опору руху γ_j^{ik} . Нехай $\bar{\gamma}_j^{ik} > \gamma_j^{ik}$, де $\bar{\gamma}_j^{ik}$ – коефіцієнт опору руху суб'єкта/об'єкта ПТП Q_i^k проєкту Π_k в напрямку руху N_j , що враховує технічні проблеми в проєкті. Тоді $\bar{F}_j^{ik} > F_j^{ik}$ або $\bar{\gamma}_j^{ik} \cdot (V_j^{ik})^2 > \gamma_j^{ik} \cdot (V_j^{ik})^2$, де \bar{F}_j^{ik} – опір руху суб'єкта/об'єкта ПТП Q_i^k проєкту Π_k в напрямку руху N_j з врахуванням технічних проблем в проєкті. Тобто при виникненні непередбачуваних ситуацій опір руху збільшується. Нехай $\bar{F}_j^{ik} = \bar{\gamma}_j^{ik} \cdot (\bar{V}_j^{ik})^2$, де швидкість руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проєкту Π_k в напрямку руху N_j , з врахуванням затрат на опір. Тоді для того, щоб $\bar{F}_j^{ik} = F_j^{ik}$ необхідно, щоб швидкість $\bar{V}_j^{ik} < V_j^{ik}$. Тобто час виконання в умовах додаткового опору, що викликана проблемами в проєкті, збільшується.

Три методи для вирішення проблеми:

1. Створювати резерв ресурсів для подолання тих областей простору, в яких виникає опір. Для того, щоб зберегти швидкість руху, необхідна додаткова енергія e_j^{ik} . З того, що $\bar{F}_j^{ik} > F_j^{ik}$ отримуємо, що $\bar{e}_j^{ik} > e_j^{ik}$, тобто $\bar{F}_j^{ik} \cdot S > F_j^{ik} \cdot S$, де \bar{e}_j^{ik} – ресурси, необхідні для протидії опору руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проєкту Π_k в напрямку руху N_j з врахуванням додаткового опору. Додаткова енергія або ресурси визначаються як:

$$de_j^{ik} = \bar{e}_j^{ik} - e_j^{ik}, \quad (91)$$

де de_j^{ik} – додаткові ресурси, необхідні для протидії опору руху суб'єкта або об'єкта ПТП Q_i^k проєкту Π_k в напрямку руху N_j з метою виконання плану.

2. Створювати резерв часу для подолання тих областей простору, в яких виникає додатковий опір. Швидкість руху ПТП при виникненні проблем зменшується, тому необхідно додатковий час Δt для його подолання. Якщо є такий резерв часу, то результати проєкту будуть отримані вчасно (цільова точка ПТП буде досягнута в заданий час).

3. За можливістю прокладати шлях через області найменшого опору. Це досягається детальним вивченням ПТП.

Система розроблена в рамках виконання фундаментального наукового дослідження «Науково-методичне забезпечення підтримки діяльності Віртуального університету Міністерства фінансів України».

Розроблені наукові основи методології проєктно-технологічного управління відкривають нові можливості в професійному управлінні освітніми середовищами. Це видно з наведених у цьому розділі практичних результатів. Наведена на рис. 9 концептуальна модель інформаційної технології управління розвитком освітніх середовищ лежить в основі реалізації інформаційної технології, яка впроваджена що підтверджується актами впровадження. Розширення сфери їх використання дасть змогу створювати ефективні системи управління інформаційно-продуктовими проєктами і в інших галузях економіки України.

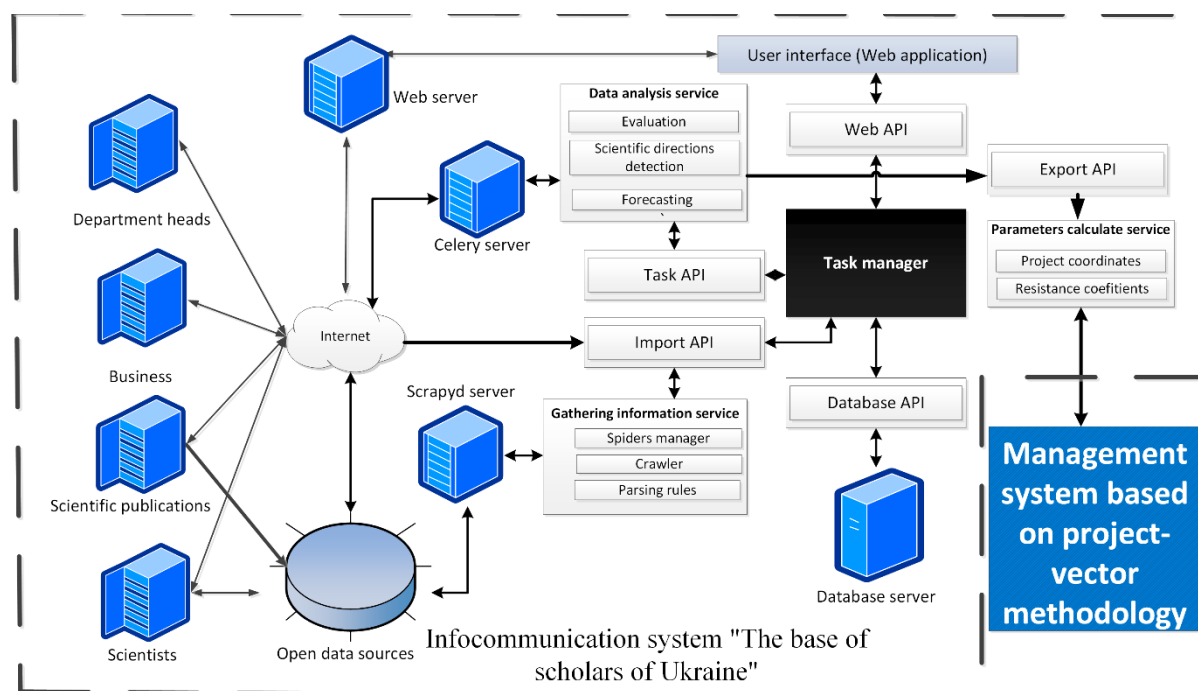


Рис.9. Концептуальна модель інформаційної технології управління розвитком освітніх середовищ

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі представлені результати узагальнення й розв'язку важливої науково-технічної проблеми: підвищення ефективності і якості управління навчальними закладами на основі розробки й використання ланцюгового ціннісно-орієнтованого управління розвитком освітніми середовищами. Така підхід дасть змогу підвищити ефективність управління освітньою сферою України, поліпшити якість підготовки фахівців для внутрішнього ринку.

Виконані дослідження дають підставу зробити ряд висновків:

1. Проведено аналіз наукових розробок в області застосування методології управління розвитком освітніми середовищами для управління освітньою сферою України. Класифіковано проведені раніше дослідження й дана характеристика їх основних результатів.

2. Обґрунтовано застосування векторної парадигми до побудови ціннісно-орієнтованої інформаційної технології управління розвитком в освітніх середовищах.

3. Запропоновано новий науковий напрямок, який пов'язаний з розробкою теоретичних основ, моделей, методів, механізмів та інструментів методології проектно-технологічного управління освітніми середовищами, що складають основу ціннісно-орієнтовно ланцюгової інформаційної технології управління розвитком ЗВО.

4. Розроблено концептуальну модель ціннісно-орієнтованої ланцюгової інформаційної технології управління розвитком в освітній сфері України.

5. Розроблено метод побудови ланцюгів цінності інформаційного і функціонального середовища інформаційної технології управління розвитком в освітніх середовищах.

6. Розроблено математичну ціннісно-орієнтовану ланцюгову модель системи проектно-технологічного управління розвитком освітніх середовищ.

7. Створено методологічну концепцію управління розвитком освітніми середовищами в освітній сфері України та понятійний базис методології проектно-технологічного управління освітніми середовищами.

8. Розроблено теоретичні основи побудови ПТП освітніх середовищ. Формалізовано виміри ПТП, в яких знайшли відображення цінності освітніх середовищ, і які характеризують розвиток проєктів через рух об'єктів і суб'єктів цих проєктів в проєктно-технологічному просторі.

9. Запропоновано математичну модель управління розвитком освітніми середовищами, оригінальність якої забезпечується представленням сутностей проєктів, продуктів, інструментів і суб'єктів освітніх середовищ як об'єктів ПТП, які рухаються від початкової точки (зародження проєкту) до його завершення. Це дозволяє закласти в науково-методичні основи закономірності в розвитку фізичного простору та формалізувати мету проєктів і закони їх досягнення через рух і опір рухові в цьому просторі.

10. Введено та використано в математичній моделі поняття потенціалу руху об'єктів ПТП. Це характеристика об'єктів, що визначає їхню власну «потребу в русі» у ПТП. Наведено визначення невимушеного опору ПТП, джерелом якого є закономірності у впливі значної кількості об'єктів і суб'єктів ПТП, що зберігаються в більшості проєктів освітніх середовищ і перешкоджають їх реалізації.

11. Розроблено нові методи управління інформаційно-продуктовими проєктами через визначення оптимальної траєкторії руху об'єктів освітніх середовищ у ПТП. Показано, що проблематика розробки цих методів пов'язана з визначенням таких цілей проєктів (цілепокладання проєкту), які будуть відповідати максимальному розширенню «Всесвіту проєктів» освітніх середовищ, і розрахунком такої траєкторії руху в ПТП, яка забезпечує досягнення цілей проєкту з мінімальними витратами часу й фінансових ресурсів.

12. Створено науково-методичні основи та розроблено структуру нової методології проєктно-технологічного управління освітніми середовищами. Запропоновано компоненти суб'єктивно-інформаційної й технічної складових методології проєктно-технологічного управління освітніми середовищами. Розроблено структуру мультисистеми управління розвитком освітніми середовищами освітніх середовищ.

Методологія проєктно-технологічного управління розвитком освітніми середовищами створює сучасний науково-методологічний базис для побудови систем управління розвитком освітніми середовищами в організаціях освітньої сфери України. Тим самим закладається фундамент підвищення ефективності і якості діяльності організацій освітньої сфери за рахунок використання розробленої в дисертаційній роботі методології проєктно-технологічного управління освітніми середовищами, що повністю підтвердило гіпотезу роботи.

Наукові положення, висновки, пропозиції й рекомендації дисертаційної роботи можуть бути використані для практичної організації діяльності з управління розвитком освітніми середовищами як в освітній сфері, так і в інших галузях в яких реалізуються інформаційно-продуктові проєкти. Робота впроваджена в освітніх закладах України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ
Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації
Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБД):

1. Biloshchytska S. Detection of near duplicates in tables based on the locality-sensitive hashing method and the nearest neighbor method [text] / S. Biloshchytska, P. Lizunov, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, L.Chala // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 6/4 (84). P. 4–10.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CAplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автору належить модель індексації даних таблиці.

2. Biloshchytska S. Evaluation methods of the results of scientific research activity of scientists based on the analysis of publication citations [text] / S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, O. Kuzka, O. Terentyev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 3/2 (87). P. 4–10.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CAplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автором проведено аналіз існуючих методів обчислення індексів цитування.

3. Biloshchytska S. A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications [text] / S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, O. Kuzka, Ye. Shabala, T. Lyashchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 5/2 (89). P. 4–10.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CAplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автором запропоновано спосіб визначення відстані між публікаціями із врахуванням цитування між публікаціями з використанням орієнтованих графів.

4. Biloshchytska S. A method to evaluate the scientific activity quality of HEIs based on a scientometric subjects presentation model [text] / S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, O. Myronov, R. Reznik, S. Paliy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 6/2 (90). P. 16–22.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CAplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автору належить математична модель представлення наукових публікацій.

5. Biloshchytska S. Development of adaptive combined models for predicting time series based on similarity identification [text] / S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, O. Myronov, Ye. Shabala // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 1/4 (91). P. 32–41.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CAplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автору належить аналіз моделей і методів для прогнозування часових рядів.

6. Biloshchytska S. Development of technical component of the methodology for project-vector management of educational environments [text] / S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, S. Paliy, S. Bronin, Ye. Shabala, V. Vatskel // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 2/2 (92). P. 4–13.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CAplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автору належить комбінований метод планування інформаційно-продуктивних проектів.

7. Lizunov P. Improvement of the method for scientific publications clustering based on N-gram analysis and fuzzy method for selecting research partners [text] / P. Lizunov, S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 4/4 (100). P. 6–14.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CАplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автору належить опис процедури кластеризації наукових публікацій з використанням графу цитування публікацій.

8. Biloshchytska S. The use of probabilistic latent semantic analysis to identify scientific subject spaces and to evaluate the completeness of covering the results of dissertation studies [text] / S. Biloshchytska, P. Lizunov, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 4/4 (106). P. 14–20.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, CАplus, DOAJ, ROAD, MIAR, Open AIRE, WorldCat, CNKI SCHOLAR, Scilit, ResearchBib, EuroPub, CORE.

Автором наведено застосування ймовірнісної тематичної моделі для встановлення повноти висвітлення матеріалів дисертації в публікаціях.

Статті у наукових фахових виданнях України, що входять до наукометричних баз даних:

9. Білощицька С.В. Інформаційні технології планування і моніторингу обсягів навчальної роботи студентів і викладачів ЗВО III-IV рівня акредитації [Текст] / С.В. Білощицька, П.П. Лізунов, А.О. Білощицький, Т.О. Лященко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2010. Вип. 2. С.48–52.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автором запропоновано основні компоненти інформаційної технології планування і моніторингу обсягів навчальної роботи (ІТПМОС) студентів і викладачів, яка базується на автоматизації процесів збирання, оброблення, зберігання та використання інформації.

10. Білощицька С.В. Інтегроване технологічне середовище системи тестування для проміжного і підсумкового контролю знань студентів [Текст] / С.В. Білощицька, Ю.М. Тесля, Д.М. Безмогоричний, В.Ю. Синиця // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2010. Вип. 3. С.92–97.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить визначення функцій інтегрованого технологічного середовища системи тестування для проміжного і підсумкового контролю знань студентів.

11. Білощицька С.В. Застосування математичного апарату теорії несилової взаємодії до побудови систем підготовки прийняття рішень в управлінні проектами [Текст] / С.В. Білощицька, М.М. Олексієнко, О.М. Курілко, Ю.О. Остапчук // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2010. Вип. 4. С.70–74.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автором наведено рішення задачі прийняття рішень в управлінні проектами методом розрахунку величини несилової дії на конкретному прикладі.

12. Білощицька С.В. Организационные элементы проектно-управляемого высшего учебного заведения [Текст] / С.В. Білощицька, Ю.М. Тесля, А.О. Білощицький, Д.М. Безмогоричний, В.Ю. Синиця // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2011. Вип. 5. С.6–9.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автором запропоновано види діяльності ЗВО, які можна віднести до проектних, а також наведено функції відділу управління проектами.

13. Білощицька С.В. Удосконалення методів і засобів сучасних інформаційних технологій в навчанні і контролі знань [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, Р.В. Лісневський, Т.О. Лященко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2011. Вип. 5. С.87–94.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить модель діагностики знань та метод визначення істинності відповіді з урахуванням „жорстких” та „м'яких” обчислень оцінки.

14. Білощицька С.В. Проектно-векторный подход к построению системы управления высшими учебными заведениями [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, П.П. Лізунов // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2011. Вип. 6. С.73–77.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить розробка методу визначення ступеня близькості проєктів та обґрунтування застосування векторного підходу до побудови системи управління закладами вищої освіти.

15. Білощицька С.В. Векторный подход к администрированию проектов образовательных сред [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2012. Вип. 10. С.125–130.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить розробка схеми формування і коригування плану проєктів освітніх середовищ, пов'язаної з надходженням нової інформації.

16. Білощицька С.В. Створення інформаційної технології управління навчальним процесом у ЗВО [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, С.С. Білоконь // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2013. Вип. 13. С.136–142.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автором запропоновано структурну організацію системи управління навчальним навантаженням, розроблено узагальнену схему формування навчального навантаження викладачів і студентів, наведено функціональну структуру системи управління навчальним навантаженням.

17. Білощицька С.В. Створення інформаційної технології управління навчальним процесом у ЗВО [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, Н.Д. Федоренко, А.И. Черноморденко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2013. Вип. 16. С.148–158.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить метод розрахунку траєкторії руху в проєктно-векторному просторі, що забезпечує досягнення цілей проєкту з мінімальними витратами часу і фінансових ресурсів.

18. Білощицька С.В. Определение близости векторов в Проектно-технологическом пространстве образовательных сред [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, С.В. Бронін // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2014. Вип. 17. С.132–139.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автором запропоновано знаходження оцінки величини близькості векторів за якісними критеріями.

19. Білощицька С.В. Математична модель планування та моніторингу обсягів навчальної роботи викладачів і студентів вищих навчальних закладів [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, В.А. Баженов, П.П. Лізунов, С.В. Палій // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2014. Вип. 20. С.148–161.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить метод розрахунку навчального навантаження студентів і викладачів ЗВО.

20. Білощицька С.В. Метод вилучення помилкових збігів текстів в електронних документах [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, С.Д. Криштоф, О.В. Діхтяренко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2015. Вип. 22. С.144–150.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить опис структурної моделі збігів в двох текстах, що містять цей збіг.

21. Білощицька С.В. Гібридний підхід до аналізу та розпізнавання математичних формул з метою виявлення в них подібностей [Текст] / С.В. Білощицька, П.П. Лізунов, А.О. Білощицький, Л. Е. Чала, О.Ю. Кучанський, С.Г. Удовенко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2016. № 27. С. 145–155.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить розробка алгоритму порівняння множини об'єктів з високим ступенем подібності до текстового об'єкта з формулами, оригінальність якого аналізується.

22. Білощицька С.В. Автоматичний аналіз подібностей схем та діаграм в електронних текстових документах [Текст] / С.В. Білощицька, П.П. Лізунов, А.О. Білощицький, Л. Е. Чала, О.Ю. Кучанський, С.Г. Удовенко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2016. № 28. С. 147–156.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить розробка алгоритму пошуку вузлових елементів.

23. Білощицька С.В. Огляд методів оцінювання результатів діяльності науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, Ю.В. Андрашко, О.Ю. Кучанський, Т.О. Лященко // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2017. № 29. С. 151–159.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить аналіз міжнародних методик оцінювання діяльності ЗВО.

24. Білощицька С.В. Концептуальна модель інформаційної технології оцінювання результатів науково-дослідної діяльності [Текст] / С.В. Білощицька, А.О. Білощицький, Ю.В. Андрашко, О.Ю. Кучанський, О.І. Кузка // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2017. № 30. С. 163–168.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить розробка модуля аналізу даних в моделі інформаційної технології оцінювання результатів наукової діяльності.

25. Biloshchytska S. Diversification of activity as a component of adaptive strategic management of construction enterprise [text] / S. Biloshchytska, Yuanyuan Li // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. К.: КНУБА. 2019. № 37. С. 173–177.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автору належить аналіз будівельних підприємств в Україні щодо стратегії диверсифікації їх діяльності.

26. Biloshchytska S. The problem of choosing a diversification strategy for a building enterprise in risk conditions [text] / S. Biloshchytska, Yuanyuan Li // Scientific Bulletin of Uzhhorod University: Series of Mathematics and Informatics. 2019. №2(35). С. 119–126.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, BASE.

Автором розроблена архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень щодо вибору стратегії диверсифікації будівельного підприємства.

Публікації в закордонних виданнях:

27. Biloshchytska S. Use of the link ranking method to evaluate scientific activities of scientific space subjects [text] / S. Biloshchytska, A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko // Scientific Journal of Astana IT University. 2020. Vol.1. P. 12–20. DOI: 10.37943/AITU.2020.1.63600

Видання індексовано в МНБД: Google Scholar, Ulrichs Web, CNKI

Автору належить аналіз проблеми зловживань самоцитуванням авторів у наукових публікаціях.

28. Biloshchytska S. Structure of the project-oriented organization energy entropy [text] / S. Biloshchytska, A. Bondar, S. Bushuyev, N. Malaksiano // Scientific Journal of Astana IT University. 2020. Vol.3. P.28–34. DOI: 10.37943/AITU.2020.33.24.003

Видання індексовано в МНБД: Google Scholar, Ulrichs Web, CNKI

Автором запропоновано метод «розкладання» загальної енергетичної ентропії проектно-орієнтованої організації.

Монографії:

29. Білощицький А.О., Білощицька С.В., Лізунов П.П., Кучанський О.Ю., Андрашко Ю.В. Методологічні основи створення інформаційного середовища управління науковими дослідженнями: монографія. К.: КНУБА, 2017. 139 с.

30. Лізунов П.П., Білощицький А.О., Білощицька С.В., Кучанський О.Ю., Чала Л.Е., Діхтяренко О.В. Інформаційна технологія пошуку неповних дублікатів графічних даних в математичних формулах та таблицях: монографія. К.: КНУБА, 2017. 137 с.

Матеріали міжнародних наукових конференцій:

31. Білощицька С.В., Білоконь С.С. Інформаційні технології управління навчальним процесом. *Інформація, комунікація, суспільство*: матеріали 2-ї міжнар. наук. конф. ICS-2013. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. С.198–199.

32. Білощицька С.В. Застосування методології структурного аналізу для побудови моделі процесів та моніторингу обсягів навчальної роботи. *Управління розвитком технологій*: тези доп. першої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 23–24 травня 2014 р. К.: КНУБА, 2014. С. 26–28.

33. Biloshchytskyi A., Biloshchytska S., Vatskel V., Kolesnikova K. Methodology design and vector management the scientific environment. *Управління розвитком технологій. Тема: Технологія управління інформацією та знаннями в сучасному суспільстві*: тези доп. другої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ. К.: КНУБА, 2015. С. 14–15.

34. Білощицька С.В., Білощицький А.О., Кучанський О.Ю. Прогнозування методом співставлення зі зразком в управлінні інвестиційними проектами. *Управління розвитком освітніми середовищами у розвитку суспільства. Тема: Компетентнісне управління розвитком освітніми середовищами розвитку в умовах нестабільного оточення*: тези доп. XII міжн. конф., м. Київ. К.: КНУБА, 2015. С.148–149.

35. Biloshchytskyi A., Biloshchytska S., Dikhtiarenko A. Development of effective models and methods to detect plagiarism in electronic documents. *Управління розвитком освітніми середовищами: стан та перспективи*: матеріали 11 міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2015. С.178–179.

36. Biloshchytska S., Biloshchytskyi A., Vatskel V., Dikhtiarenko O. Methodological foundations of an information management environment research in

educational and research institutions of Ukraine. *Інформаційні технології та взаємодії: тези доп. II міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 3–5 листопада 2015р.* К.: «Київський університет», 2015. С. 122–124.

37. Biloshchytskyi A., Biloshchytska S., Kuchansky A., Vatskel V. Sings of clustering documents in the system determining the fuzzy matches in the content of electronic documents. *Управління розвитком освітніми середовищами у розвитку суспільства: матеріали XIII-ї міжнар. конф. Київ, 2016.* С. 18–20.

38. Белошицкая С.В., Белошицкий А.А., Вацкель В.Ю, Вацкель И.Ю. Информационная технология оперативного управления и мониторинга транспортными средствами «ИНСПЕКТОР». *Інформаційні технології та взаємодії: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2016.* С. 235–236.

39. Biloshchytska S., Biloshchytskyi A., Vatskel V., Kolesnikova K. Methodology design and vector management the scientific environment. *Управління розвитком технологій: тези доп. III міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 21–23 травня 2016 р.* К.: КНУБА, 2016. С. 14–15.

40. Biloshchytska S., Biloshchytskyi A., Kuchansky A., Dubnytska A. Conceptual Model of Near Duplicates Detection in Electronic Documents. *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics: IEEE 14th International Conference, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), 21–25 February, 2017.* P. 381–384. [**Scopus; WoS**]

41. Biloshchytska S., Biloshchytskyi A., Kuchansky A., Andrashko Yu., Dubnytska A., Vatskel, V. The Method of the Scientific Directions Potential Forecasting in Infocommunication Systems of an Assessment of the Research Activity Results. *Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T): IEEE International Conference, 2017.* P. 69–72. [**Scopus; WoS**]

42. Biloshchytskyi A., Biloshchytska S., Kuchansky A., Bielova O., Andrashko Yu. Infocommunication System of Scientific Activity Management on the Basis of Project-Vector Methodology. *Telecommunications and Computer Engineering: 14th IEEE International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Львів-Славське, Україна, 20–24 лютого 2018 р.* P.200–204. [**Scopus**]

43. Biloshchytska S., Biloshchytskyi A., Kuchansky A., Andrashko Yu., Vatskel V., Danchenko O., Vatskel I. Combined Models for Forecasting the Air Pollution Level in Infocommunication Systems for the Environment State Monitoring. *4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS): conference-paper, Львів, 20–21 вересня 2018 р.* DOI: 10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525608 [**Scopus**]

44. Biloshchytskyi A., Biloshchytska S., Andrashko Yu. Kuchansky A., Danchenko O. Development of infocommunication system for scientific activity administration of educational environment's subjects. *International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, (PIC S&T). Kharkiv, 9–12 oktob. 2018.* P. 369–373. [**Scopus**]

45. Biloshchytska S. The structure of the technological component of management in educational environments. *Управління розвитком технологій. Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти: тези доп. VI міжнар. наук.-практ. конф. К.: КНУБА, 2019.* С.60–61.

46. Biloshchytska S., Kuchansky A. Strategic Management Of Enterprises Through Diversification Of Activities. *Інформаційні технології, системний аналіз і моделювання соціоекологоекономічних систем: зб. матеріалів X міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–20 березня 2019 року.* К.: НАУ, 2019. С.44–47.

47. Biloshchytskyi A., Biloshchytska S., Kuchansky A., Andrashko Yu., Honcharenko T., Nikolenko V. Fractal Time Series Analysis in Non-Stationary Environment. *Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T): IEEE International Scient.-Pract. Conference. Kyiv, 2019. P. 236–240. [Scopus, WoS]*

48. Biloshchytska S. Educational management organizational structures. *Управління розвитком технологій. Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 25–26 березня 2020 р. К: КНУБА. С. 33–34.*

49. Biloshchytska S. Information interactions in project management of a higher educational institution. *Управління розвитком освітніми середовищами у розвитку суспільства. Тема: Управління розвитком освітніми середовищами в умовах діджиталізації суспільства: XVII міжнар. конф., м. Київ, 15–16 травня 2020 р. С. 28–32.*

50. Kuchansky A., Biloshchytskyi A., Bronin S., Biloshchytska S., Andrashko Y. Use of the Fractal Analysis of Non-stationary Time Series in Mobile Foreign Exchange Trading for M-Learning. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1192 AISC, pp. 950–961. doi: 10.37943/AITU.2020.1.63600 [Scopus]*

51. Biloshchytska S. Formulation of the Problem of Optimal Management of Objects in the Project-Vector Space. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матеріали VII міжнар. наук.-техн. Internet-конф., м. Київ, 26–27 листоп. 2020 р. К.: НУХТ, 2020. С. 34–35.*

Додаткові праці в яких відображено результати наукових досліджень:

52. Білощицька С.В., Білощицький А.О., Лізунов П.П. Використання методології управління розвитком освітніми середовищами для побудови систем управління ЗВО. *72-га Науково-практичної конференції Київського національного університету будівництва і архітектури: матеріали конфер. підсекції кафедри основ інформатики. К.: КНУБА, 2011. С. 5–13.*

53. Білощицький А.О., Гогунський В.Д., Білощицька С.В. Інформаційні технології підняття рейтингу наукових досліджень в науково метричних базах даних. *Буд-Майстер-Клас 2016: тези доп. I всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 26–27 листопада 2016 р. К.: КНУБА, 2016. С. 185–86.*

Навчальні посібники:

54. Федоренко Н.Д., Білощицька С.В., Білощицький А.О., Баліна О.І. та ін. Дискретна математика Ч.1.: навч. посіб. з грифом КНУБА. К.: КНУБА, 2014. 102 с.

55. Бушаєв С.Д., Цюцюра С.В., Білощицька С.В. та ін. Методологія управління бюджетними програмами : навч. посіб. з грифом МОН України (лист №1/11-169 від 14.01.16р.). К.: КНУБА, 2016. 224 с.

Публікації з достатньою повнотою відображають винесені на захист наукові положення, моделі і розробки, одержані практичні результати та висновки.

АНОТАЦІЯ

Білощицька Світлана Василівна. Ланцюгова ціннісно-орієнтована інформаційна технологія управління розвитком закладів вищої освіти.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розв'язку важливої науково-технічної проблеми підвищення ефективності і якості управління закладами вищої освіти на основі розробки і використання ланцюгової ціннісно-орієнтованої інформаційної технології управління розвитком ЗВО.

Формалізовані моделі вимірів і об'єктів проектно-технологічного простору, які відображають різні оціночні категорії ланцюгів створення та міграції цінності освітніх середовищ, і характеризують рух об'єктів цього простору, що дозволяє розробити математичну модель управління розвитком освітніх середовищ. Розроблена математична модель управління розвитком освітніх середовищ, оригінальність якої забезпечується поданням сутностей проектів, продуктів, інструментів і суб'єктів освітніх середовищ як об'єктів проектно-технологічного простору. Запропонована концептуальна модель ланцюгового ціннісно-орієнтованого управління розвитком освітніми середовищами, яка включає компоненти: організація її об'єкти та процеси, ланцюги створення та міграції цінностей, технологія, взаємодії, інтереси, проблеми, що дозволяє систематизувати інформацію в освітніх середовищах.

Зроблено класифікація IT-проектів в освітніх середовищах, що відрізняється від традиційних ознаками, що відображають вимірювання проектно-технологічного простору і дозволяє структурувати компоненти мультисистем управління розвитком в організаціях, що працюють в освітній сфері України.

Розроблено математичні моделі оцінки величини подібності векторів на значних за тривалістю тимчасових інтервалах, а також оцінки величини близькості векторів, що задаються якісними категоріями, в основі якої знаходиться багатовимірна реверсивна схема оцінки координат цих категорій, що дозволяє розробити метод групування об'єктів проектно-технологічного простору за компонентами мультисистеми. Розроблено метод групування об'єктів проектно-технологічного простору таким чином, щоб відстань між векторами об'єктів, що входять в одну групу була мінімальною, який відрізняється від інших моделлю обчислення відстаней між якісними категоріями проектів, що дозволяє оптимально структурувати мультисистему управління розвитком цих середовищ.

Запропоновано комплекс методів планування обсягів навчальної роботи, які формують новий підхід до управління учбовим процесом та забезпечують прямий та зворотній напрямки розрахунку навчальних планів, контингенту, навчального навантаження викладачів і аудиторного фонду.

У сукупності отримані результати утворюють теоретико-інструментальну основу ланцюгової ціннісно-орієнтованої інформаційної технології управління розвитком закладів вищої освіти.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені дослідження дозволили створити нову ціннісно-орієнтовану інформаційну технологію управління розвитком освітніми середовищами, як базису для систем управління розвитком в організаціях освітньої сфери України.

Ключові слова: інформаційні технології, освітнє середовище, ланцюгова модель ціннісно-орієнтована інформаційна технологія, управління розвитком ЗВО.

ABSTRACT

Biloshchytska Svitlana. Chain value-oriented information technology for the management of the development of higher education institutions. – Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Science Degree in specialty 05.13.06 "Information Technologies". – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to the solution of an important scientific and technical problem of improving the efficiency and quality of management of higher education institutions on the basis of development and use of value-oriented value-oriented information technology for the management of free economic development.

The model of vector paradigm of management of information and product projects as the projects underlying development of educational environments is offered. Formalized models of measurements and objects of design and technological space, which reflect different assessment categories of chains of creation and migration of values of educational environments, and characterize the movement of objects of this space, which allows to develop a mathematical model of educational environment management. A mathematical model for managing the development of educational environments has been developed, the originality of which is ensured by the representation of the essences of projects, products, tools and subjects of educational environments as objects of design and technological space. A conceptual model of chain value-oriented management of educational environments is proposed, which includes components: organization of its objects and processes, value creation and migration chains, technology, interactions, interests, problems, which allows to systematize information in educational environments.

The conceptual space of researches is offered that allowed to systematize and formalize process of reduction to features of educational environments and inclusion in methodology of design and technological management of concepts, definitions, concepts. The classification of IT projects in educational environments is made, which differs from traditional features that reflect the measurement of design and technological space and allows to structure the components of multisystem development management in organizations working in the educational sphere of Ukraine.

Mathematical models for estimating the magnitude of vector similarity at significant time intervals, as well as estimating the magnitude of the proximity of vectors given by qualitative categories, based on a multidimensional reversible scheme for estimating the coordinates of these categories, which allows to develop a method of grouping objects of design space by multisystem components. A method of grouping objects of design and technological space has been developed so that the distance between the vectors of objects included in one group was minimal, which differs from other models of calculating distances between qualitative categories of projects, which allows to optimize multisystem management of these environments. .

A set of methods for planning the volume of educational work is proposed, which form a new approach to the management of the educational process and provide direct and reverse directions for the calculation of curricula, contingent, teaching load of teachers and classroom. A method for determining the most probable values of unknown coordinates of objects in the expansion of the Design and Technological Space by the coordinates of given measurements, which, unlike the known ones, is based on a combination of vector algebra and expert methods and provides high-quality prediction of object coordinates in the technological space. A three-level conceptual model of higher education institutions processes has been developed, which allows to allocate the component of planning and monitoring of educational work volumes into a separate information technology, which is focused on creating a high-quality information resource for the educational process management system.

Collectively, the obtained results form a theoretical and instrumental basis of a chain value-oriented information technology for managing the development of higher education institutions.

The practical significance of the obtained results. The conducted researches allowed to create a new value-oriented information technology of development management of educational environments as a basis for development management systems in organizations of the educational sphere of Ukraine.

Keywords: information technologies, educational environment, chain model of value-oriented information technology, management of higher education institutions development.