

<https://doi.org/10.15407/csc.2024.02.048>
УДК 303.721;004.03142

А.Ф. МАНАКО, д.т.н., с.н.с., зав. відділом,
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем НАН та МОН України,
03187, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 40, Київ, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-7118>,
afmanako@gmail.com

В.В. МАНАКО, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.,
Український мовно-інформаційний фонд НАН України,
01030, м. Київ, вул. Володимирська, 54, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4945-1892>,
manvv104@gmail.com

МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ДАНИХ НАВЧАННЯ СУБ'ЄКТА ВПРОДОВЖ ЖИТТЯ

На основі фундаментальних фактів, ідей і системних методологій, на вищому рівні формалізації, розроблено та змістовно інтерпретовано базисні системотворчі елементи, конструктиви моделювання, загальну модель, моделі успадкування та реєстру задач із метою систематичного поліпшення розуміння процесу результатів, якості продуктів, послуг та прийняття обґрунтованих рішень на базі методів та інструментів аналізу даних навчання суб'єкта впродовж життя за допомогою доступної системи керування.

Ключові слова: цифрові трансформації, Великі дані, формалізація, систематизація, успадкування, Глосарій, реєстр задач, система керування.

Вступ

Моделювання складного об'єкта, системи “аналіз даних навчання та поведінки суб'єкта впродовж життя” за підтримки технологій переживає особливий етап свого розвитку, перебуваючи під великим впливом суспільних вимог і можливостей щодо обміну, вимірювання, збирання, очищення, оброблення, зберігання, оцінювання, візуалізації інформації, надання зворотного зв'язку тощо [1—8]. Бурхливий розвиток і глобальне поширення нових цифрових технологій таких як хмарні обчислення даних

великого обсягу, Веб 4.0, Інтернет речей, цифрова дидактика тощо індукують постійне нагромадження цифрових можливостей для всіх, зокрема, використовуючи нові ефективні інструменти, забезпечуючи безперервне підвищення рівня якості практик, продуктів і послуг [4, 6—8]. Загальна проблема полягає в тому, що цей величезний потенціал наразі систематизовано не реалізується впродовж життя [9—11]. І тому багато наявних знань, моделей і технологій своєчасно та ефективно не перетворюються на потужні інструменти для всіх [1, 2, 4, 10, 12—14].

Cite: Manako A.F, Manako V.V. Models Data Analysis of the Subject's Lifelong Learning. *Control Systems and Computers*, 2024, 2, 48—64. <https://doi.org/10.15407/csc.2024.02.048>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2024. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Численні суб'єкти реалізують зазначені можливості з різними перспективами, цілями, на різних рівнях, етапах, використовують різноманітні підходи, методи, конструкції, мови, процедури, системи, процеси, інструменти, сервіси, стандарти [15—37].

У нашому дослідженні, моделювання фокусується з вищого рівня формалізації на поліпшення розуміння суб'єктом стратегії цілеспрямованого розвитку, прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору, адаптації наявних чи запланованих інноваційних інструментів, методів, аналітики всіх типів за допомогою доступної системи керування.

Формалізація даних щодо суб'єктів навчання

Далі використовуються такі позначення:

<> — позначення наборів комбінацій (агрегацій) того, що містять ці дужки;

... — те, що доцільно доповнювати.

<O> — процес, система <Аналіз даних навчання суб'єкта впродовж життя>.

Приклад *видів, типів наборів комбінацій (агрегацій)*: <форма-зміст>, <суб'єкт — об'єкт>, <<агрегатор><генератор> <аналізатор>>, <патерн> <фрактал>, <нейронна-мережа>, <електронне-оповідання>, <алгоритмічне>, <діалогове>, <дидактичне>, <динамічне>, <індикаторне>, <кількісне-якісне>, <логічне>, <прийняття рішень>, <паковане>, <цільове>. <адміністровано>, <класифіковане> [20, 22, 32—35].

Приклад *декомпозиції опису <O>*: <впродовж життя>, <аналіз даних>, <аналіз великих даних>, <навчання>, <поведінка суб'єкта>.

Приклади *суб'єкта*: людина, команда, група, організація, спільнота, а також програмний агент, аватар, робот, пристрій “мозок-комп'ютер”.

Приклади *процедур*. Відповідно до системної методології [21] будування моделі <O> відносно цілей відбувається за двома процедурами “згори-вниз” і “знизу-вгору” (дедуктивний та індуктивний метод; аналіз-синтез). Основним напрямком розгортання кроків процедури “знизу-вгору” є “від практичної реалізації до абстракції”, а процедури “згори-вниз” нав-

паки, тобто, від формалізованого опису <O> до неформалізованого, вербального опису (як змістовної інтерпретації) та навпаки.

Згідно системної методології, побудова моделі <O> за процедурою “згори-вниз” впродовж життя суб'єкта потребує *систематичного опису*: базисних конструктивів <O> зі змістовними інтерпретаціями: успадкування <O>; прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору, адаптації та використання наявних чи запланованих інноваційних методів та інструментів; Реєстру базисних задач <O>.

Формулювання проблеми: “Як суб'єкту поліпшувати опис <O>?”

Основна ідея побудови моделі <O>: “Систематичне поліпшення (розуміння, оптимізація) *опису <O>*”. Практична реалізація ідеї здійснюється за допомогою доступної системи керування з метою якнайкраще реалізовувати великий потенціал цілеспрямованого розвитку <O> на базі інтеграції *найкращих практик* суб'єктів впродовж життя.

Приклад визначення. *Найкраща практика*: “Процес або методологія, яку ідентифіковано й рекомендовано як модель; Оцінка, рекомендована як найбільш пристосований спосіб розв'язування задачі визначеного типу, що базується на моніторингу способу, яким суб'єкти найкраще розв'язують цю задачу” (Див також в [3, 27]).

Приклад концептуальної ідеї побудови моделі *опису <O>*: “Ще у 1957 році В.М. Глушков побачив велику силу різючої концептуальної ідеї — математизації побудови обчислювальних машин та їх застосувань” [15].

Глосарій

Основна ідея, мета (функції) побудови навчально-орієнтованого *Глосарію* (доступної системи керування) — допомагати особам поліпшувати *розуміння <O>* на базі найкращої практики.

Модель процесу Глосарій, <Ĝ>: <<подія>> <одинаця навчання>>.

Модель <подія>: <<метадані> <анотація> <коментар> <пошук> <завантажити> <дивитися> <вчити> <тест> <запитання> <оцінювання: відповіді>...>.

Модель <одиниця навчання>: <<пререквізит> <метадані: ключові слова> <задача> <факт> <поняття> <ідея> <запитання> <принцип>, <проблема> <процедура>, <процес> <роль>, <приклад><не приклад>...>.

Приклад, опису підкласів <одиниця-навчання> (першого рівня ієрархії) наближено до природної мови:

<метадані>
 <роль>
 <роль-учень> (<роль-учень-властивість> ...)
 <роль-персонал-підтримки> ...
 <навчальна-мета>
 <пререквізит>
 <контент>
 <об'єкт-знання> (<поняття>, ...)
 <об'єкт-пошук-індекс> ...
 <метод>
 <структура-вд> (вд = вид діяльності) ...

Приклад моделі <метадані>. (Міжнародний стандарт LOMv1.0 — Метадані навчального об'єкта — Тип навчального ресурсу, специфічні види навчального об'єкта: <вправа>, <імітація>, <питальник>, <діаграма>, <рисунок>, <граф>, <індекс>, <слайд>, <таблиця>, <розповідний текст>, <екзамен>, <експеримент>, <формулювання проблеми>, <самооцінка>, <лекція> [24]).

Приклад опису підкласу <ідея>:

<ідея-вступ> (опис того, що буде вивчатися, навчальна мета – див., наприклад, опис першого з 9-ти кроків навчання у таксономії (навчання Ганьє [37])

<ідея-метадані>
 <ідея-формулювання> (основне формулювання)
 <ідея-факт> (пояснення ідеї — див. <факт>)
 <ідея-принцип> (керівні <принцип> щодо ідеї)
 <ідея-приклад> (<запитання> щодо ідеї для різних контекстів)
 <ідея-не-приклад> (які керівні принципи порушено)
 <ідея-аналогія> (для підвищення навчального вмісту)
 <ідея-дидактика> (дидактичний матеріал).

Приклади стислого опису <одиниця навчання> подано далі.

Дані: багаторазово інтерпретоване представлення *інформації* у формалізованій спосіб, зручний для комунікації, інтерпретації чи оброблення. Дані можуть оброблятися людьми або автоматичними засобами.

Великі дані: величезна кількість наборів даних, які неможливо зберегти, обробити чи проаналізувати за допомогою традиційних інструментів [6, 8]. Приклад їхніх характеристик, атрибутів, властивостей: *обсяг, цінність, різноманітність, швидкість, правдивість*.

Аналітика великих даних: цілеспрямований процес, що охоплює методи та *інструменти*, які використовуються для збору, обробки та отримання великого обсягу *інформації* та високошвидкісних наборів даних із різних джерел. Приклади джерел: Інтернет, (інтелектуальні, мобільні) пристрої, соціальні мережі, e-пошта.

<Аналіз даних>: цілеспрямований процес збирання, очищення, знищення дублікатів, перевірки, трансформації, інтеграції, моделювання та інтерпретація даних у зручній формі (візуалізація) суб'єктам з *метою* виявлення цінної інформації та надання суб'єктам висновків чи прийняття обґрунтованих рішень.

Опис <аналіз даних> охоплює багато *методів* та *інструментів* з різними формами та змістом. Тип даних визначатиме відповідні методи аналізу даних, з'ясування методів аналізу даних, які найкраще надаються для поточного дослідження. Процес аналізу даних починається з чіткого дослідницького запитання.

<*Метод аналізу даних*>: процес очищення, впорядкування, трансформації, моделювання та візуалізації даних з метою здобути з них важливу інформацію, зробити вибір й прийняти обґрунтовані рішення. Приклади: аналіз вмісту (концептуальний аналіз; реляційний), аналіз дерева рішень (дискримінантний аналіз), аналіз **настроїв**, аналіз сегментації, аналіз часових рядів, кластерний, когортний, нарративний аналізи, описовий аналіз, регресійний аналіз, штучні нейронні мережі, факторний аналіз.

Зазначимо, що часто певний метод аналізу даних називають різновидом аналітики або навпаки. Приклад. *Розмовна аналітика*: аналітика, в якій суб'єкти обмінюються запитаннями та відповідями з метою поліпшення пошуку цінної інформації: *Метод аналізу даних ad hoc, за запитом*: виконується на основі одноразового дослідницького запитання. Це відрізняється від звичайного запиту або повнішого повторюваного циклу звітності.

Приклад популярних <інструмент>: мов програмування *R* та *Python*. Подібно до *Python*, *R* має мережу системного програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом CRAN (Комплексна мережа архівів *R*), яка містить понад 10 000 пакетів. Зазвичай в *R* використовується створення статистичних методів аналізу даних. Навчальна траєкторія в *R* є складнішою ніж у *Python*, але в *R* простішою є граматики. Мова *R* широко використовується для візуалізації даних і створена спеціально для розв'язання складних задач статистичних обчислень.

<Аналітика>: цілеспрямований процес вивчення й оцінювання всього обсягу інформації, якою вже володіє суб'єкт, прогнозування найімовірніших сценаріїв розвитку подій і прийняття обґрунтованих рішень, покращення процесів і результатів загалом. Мета аналітики — визначити причину цих подій і надати рекомендації щодо подальших заходів. Наведено приклади типів аналітики.

<Кібераналітика>: стосується захисту та конфіденційності даних.

<Аналітика реального часу>: аналітика, яка застосовує логіку та математику до даних, щоб надати інформацію для швидкого прийняття ефективніших рішень. Приклади: *A*, яка завершується протягом декількох секунд або хвилин після надходження від генератора даних до нових даних; *A*, яка на вимогу очікує, поки <споживач> чи <процес> <система> надають аналітичні результати.

<Описова аналітика>: перша стадія, етап, рівень складності, зрілості аналітики, в якій суб'єкт фокусується на агрегації історичної звітності та візуалізації накопичених даних з

метою отримання відповіді на прості запитання, такі як: “Що сталося?” або “Коли це сталося?”.

<Діагностична аналітика>: На цій стадії аналітики суб'єкт використовує дедуктивний підхід, починає дивитися вперед і фокусується на отриманні відповіді на запитання “Чому щось сталося?”.

<Прогнозна аналітика>: На цій стадії аналітики суб'єкт використовує індуктивний підхід і фокусується на отриманні відповіді на запитання “Що ймовірно станеться?” Суб'єкт розглядає історичні та поточні дані, щоб зробити прогнози на майбутнє, й використовує методи та інструменти видобутку даних з інтелектуального аналізу даних, штучного інтелекту, машинного навчання для аналізу поточних даних і прогнозування майбутнього типу поведінки користувачів, ринку продуктів, послуг.

<Рекомендаційна (когнітивна) аналітика>: “Що можна зробити?”. На цій стадії аналітики суб'єкт починає використовувати статистичні моделі, які отримано на попередніх стадіях, і визначати нові моделі за допомогою інструментів машинного навчання та штучного інтелекту.

<Аналітика продукту (послуги)>: збирання, аналіз даних для отримання цінної інформації про поведінку суб'єктів і використання продукту (послуги).

<Цифрова аналітика>: процес аналізу цифрових кількісних та якісних даних із таких джерел як веб-сайти, мобільні програми та канали соціальних мереж, щоб отримати чіткішу картину: як користувачі шукають продукти (послуги); як покращити взаємодію, комунікацію та стратегії роботи з клієнтами. Ця аналітика отримується з багатьох джерел і допомагає зрозуміти найкращий шлях клієнта до здійснення конверсії.

Базисні конструктиви моделювання

Позначимо:

<O> = <аналіз даних навчання суб'єкта впродовж життя ...>;

$\langle \check{S} \rangle$ — набір формалізованих описів $\langle O \rangle$ та їхньої змістовної інтерпретації.

Приклади наборів описів $\langle O \rangle$:

■ $\langle O \rangle = \langle \langle \text{аналіз даних} \rangle \langle \text{навчання} \rangle \langle \text{суб'єкт} \rangle \langle \text{впродовж життя} \rangle \langle \dots \rangle$

■ $\langle \text{аналіз даних впродовж життя} \rangle$;

■ $\langle \text{навчання впродовж життя} \rangle$;

■ $\langle \text{суб'єкт впродовж життя} \rangle$.

Приклади *стрілок* з кінцями:

■ $\langle \langle \text{спостереження} \rangle \langle \text{навчання} \rangle \rangle$;

■ $\langle \langle \text{спостереження} \rangle \langle \text{суб'єкт впродовж життя} \rangle \langle \dots \rangle \rangle$

Визначати комбінації (агрегації) описів можна за допомогою різноманітного інструментарію, конструктивів, динамічних чи постійних відношень, зв'язків між ними, тощо. Також вони мають багато форм, зміст яких залежить від поточного контексту, ситуацій, подій впродовж життя. В умовах цифрових трансформацій впродовж життя суб'єкта зміст сутностей та їхніх складових оновлюється та поглиблюється у певні періоди часу. Також численні суб'єкти часто недостатньо їх розуміють загалом або взагалі не знають. Тому, відповідно до системної методології, запропоновано базисні системотворчі конструктиви, елементи опису $\langle O \rangle$.

На вищому рівні формалізації, абстракції базисним будівничим структурним конструктивом, елементом моделювання $\check{S} \in$ “стрілка; \rightarrow ” або стрілка з протилежним напрямком \leftarrow . Стрілки та їхні кінці взаємопов'язані фундаментальними зв'язками “форма—зміст”, “суб'єкт—об'єкт”.

Приклади вербальних описів конструктиву, елемента *стрілка*.

Процес (система): набір *трансформацій* вхідних елементів у вихідні елементи, які інтерпретуються як кінці *стрілки*.

Процес: (деталізоване визначення) набір взаємопов'язаних або взаємодіючих видів діяльності (функцій, робіт, операцій), що використовують входи для створення запланованого результату. Входами процесу зазвичай є виходи інших процесів, а виходи процесу зазвичай є входами до інших процесів. Залежно від контексту посилання “запланований результат” процесу називають *виходом*, *продук-*

том чи *послугою*. Мета — це результат, який має бути досягнуто. Діяльність — це сукупність узгоджених задач, завдань.

Трансформація: зміни та контексти, пов'язані із застосуванням інновацій і технологій. Приклади. Глобальна трансформація відбувається в реальних світах, зокрема, в цифрових світах, у світі віртуальної реальності; ментальному світі, тобто, в структурах мозку людей, імітується штучним інтелектом в їхніх персональних світах впродовж життя.

Трансформація: конструктив *стрілка*. Приклад інтерпретації. Будь-які сутності X , Y мають “властивості” та їхні представлення. Властивості можуть бути виражені у вигляді представлень у термінах *RDF*, це значення *Value*). Запис $X \rightarrow Y$, де X , Y позначають кінці *стрілки*, виражає відносну присутність властивостей об'єкта X у властивостях об'єкта Y , зокрема, що у відношеннях “форма—зміст”, “суб'єкт—об'єкт” із старого, прогресивного, успішного перейшло в нове або, навпаки, впродовж життя суб'єкта чи зі стандартів, тощо.

Приклади візуальних форм об'єкта *стрілка*: пряма, дуга, штрих-пунктир, товста, кольорова, зі звуком.

Приклади інших інтерпретацій об'єкта *стрілка*: відношення, відображення, декартів добуток, функція, функтор, оператор, процедура, алгоритм, процес, подія, діяльність.

Приклад фундаментального факту. “Велика кількість досліджень і практика свідчать, що значення має не сам по собі засіб, а поєднання дидактичних підходів, моделей із засобом... Недостатньо зробити знання в наявності у людей згідно з правильною дидактичною структурою... Недостатньо лише передати або забезпечити людей знаннями, оскільки знання вивчають ..., об'єкти знань самі по собі також не є єдиною ключовою сутністю у процесах або подіях” [1, 19, 31].

Приклад дидактичного підходу. Проблемно-орієнтоване навчання (*PBL*): підхід, орієнтований на суб'єкта, при якому учні вивчають предмет і працюють у групах, шукаючи розв'язок для відкритої проблеми, яка також стимулює мотивацію та навчання [18].

Цей фундаментальний факт означає, що для опису <O> необхідно:

- додавати системотворчий елемент *суб'єкт*, який має один або більше *e-портфелів* з описом його поведінки та релевантної цінної інформації;

- поліпшувати опис на базі відповідних дидактичних теорій, методів і технологій. Наприклад, візуалізації комбінацій опису <O> чи їхніх ділянок, траєкторій, патернів (зразків, шаблонів) тощо з використанням *інтелектуальних карт*.

Інтелектуальна карта: технологія візуального опису нових понять, термінів (формалізованих словників) чи іншого вмісту, показують групи або зв'язки, взаємовідношення між ними. Вони також відомі, як карта слів чи павукові діаграми. Приклади використання: для мозкового штурму, творчого мислення, розв'язання проблем, організації та фіксації ідей, принципів.

Учень: суб'єкт, який навчається впродовж життя. Приклади *інформаційного опису учня*: e-портфель, мова, вподобання, рух очей, емоція, вікно, інформаційна панель на екрані, ментальна схема, ролі. Ролі (функції) *учня* впродовж життя: (загальна роль) основний двигун, фактор руху до світу інновацій цифрової економіки; цифровий клієнт, новачок, експерт, передовик, лідер, фантазер. Фантазер — бачить щось про майбутнє ("Уява є важливішою за знання. Знання обмежені, тоді як уява охоплює цілий світ, стимулюючи прогрес, породжуючи еволюцію", А. Ейнштейн).

Приклади вмінь *Учня* стосовно аналізу даних: критичне мислення, вирішення проблем, комунікація, знання предмета, візуалізація даних, очищення даних, аналіз і дослідження даних, створення інформаційних панелей і звітів, MATLAB, SQL і NoSQL, машинне навчання, лінійна алгебра та обчислення.

Приклад опису <O>: дидактичний: аналітичний; формалізований (математичний: формалізованою мовою); не формалізований (вербальний: природною мовою), візуальний: інформаційний, алгоритмічний.

Приклад дидактичного опису <O>. Нехай є набори описів із кінцями стрілок <моніто-

ринг>, <процес>, <навчання>, <суб'єкт>, <поведінка>. Тоді *стрілка задача* в \dot{S} це: <<моніторинг><процес><навчання>> — <<моніторинг><поведінка><суб'єкт>>, де — означає дві стрілки, напрямки яких є протилежними.

Моніторинг: періодичне спостереження та перевірка прогресу або якості чогось; систематичний перегляд. Мета моніторингу — генерація показників, індикаторів прогресу *суб'єкта* за допомогою методів, інструментів аналізу даних для поліпшення поточного чи запланованого процесу, методів, інструментів.

Приклад аналітичного опису <O>: <<аналіз даних><поведінка суб'єкта><процес><метод><інструмент>>.

Базисний конструктив опису <O> типу *ділянка* чогось. Приклади чогось: комбінація, агрегація, набір *стрілок*; *процес*; *конструктив*.

Ділянка: набір суміжних сутностей, подій, практик, які, якщо вони спільно здійснюються, то задовольняють набору цілей, задач, що вважаються суттєвими для поліпшення чогось. Приклад практики: діяльність (функції, роботи, операції), яка робить внесок у цілі (виходи, результати) процесу або збільшує його можливості; набутий досвід, набір вмінь, конкретних знань у певному контексті.

Ділянка є засобом групування та фокусування діяльності, сценаріїв розвитку подій, варіантів траєкторій стрілок, входів і виходів, робіт, заходів, функцій, операцій тощо, щодо поліпшення чогось і підвищення потенціалу. Наприклад, цей конструктив є дієвим механізмом для фокусування на поліпшенні процесу, підвищенні рівня якості конкретних продуктів, послуг.

Базисний конструктив опису <O> типу *трикутник*, Δ . Це набір описів у вигляді трикутників зі стрілками між вершинами. Приклад Δ : форми кінців стрілок, тобто, вершин Δ , є <аналітичний опис>, <дидактичний опис>, <цифровий опис>. В ідеалі всі Δ є комутативними.

Базисний конструктив опису <O> типу *квадрат*, \square . Це набір описів у вигляді квадратів зі стрілками між вершинами. Приклади форм вершин квадрату, тобто, кінців стрілок: <аналітичний опис>, <дидактичний опис>, <мате-

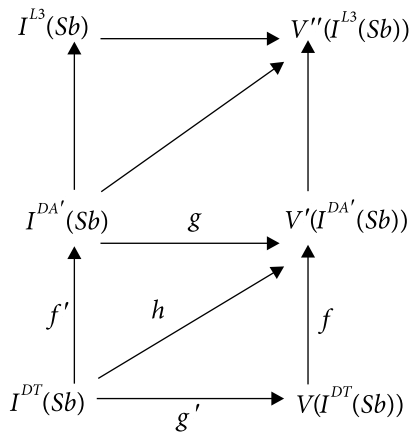


Fig. 1. Формалізований опис $\langle O \rangle$ (модель $\langle \tilde{S} \rangle$)

матичний опис, <вербальний> Ідеальний випадок: усі квадрати декартові. Катастрофа: цінні квадрати не ідентифіковано або не враховано.

Загальна модель

Модельовання та практична реалізація складного процесу, системи <аналіз даних навчання та поведінки суб'єкта впродовж життя> ($\langle O \rangle$) потребує також комплексного розв'язання багатьох складних проблем, таких як *розуміння, масштабування, захист власності, знищення невизначеності, інтегрованість, гармонізація наявних і запланованих офіційних і де-факто стандартів* [12—14, 28—30]. Слід розуміти, що розв'язування абстрактних задач у реальному світі потребує водночас розв'язання й цих проблем. Тому необхідною умовою чи вимогою для систематизованого поліпшення моделі $\langle O \rangle$ є комплексна інтерпретація абстракцій у контексті зазначених проблем (Див. п. Модель успадкування).

Приклад фундаментального факту — теорема Льовенгейма-Скулема: будь-яка несуперечлива теорія першого порядку, що має незліченну модель, має також і зліченну модель. Це твердження з теорії моделей: якщо множина пропозицій у зліченній мові першого порядку має нескінченну модель, то вона має зліченну модель.

Згідно з теоремою Льовенгейма-Скулема, нескінченний опис $\langle O \rangle$ має зліченний опис (модель), який містить усю *інформацію* про не-

скінченний об'єкт. Тоді зліченний опис $\langle O \rangle$ має скінченні набори опису типу “форма-зміст”, тобто, форма класу $EIO \rightarrow$ зміст класу EIO , де EIO — це елементарний інформаційний опис. Приклади класів “форма-зміст” EIO . “цифрові трансформації”; клас форм “аналіз даних”; “навчання”.

Приклади розуміння понять: *інформація, дані, метадані*:

- *Інформація*, у найзагальнішому її розумінні, є мірою неоднорідності та розподілу матерії та енергії у просторі та часі, мірою змін, якими супроводжуються всі процеси, що відбуваються у світі (В.М. Глушков [41], див. також в [38]).

- *Інформація*, доступна обчислювальній машині, складається із деяких *даних* про *дійсність* — таких даних, які вважаються належними до поставленої задачі та з яких, як передбачається, можна отримати потрібний результат [39].

- *Дані*. Від самого початку Веб було спроектовано з припущенням, що “машина читає” дані, а не “машина розуміє дані”, отже, на Веб дуже важко що-небудь автоматизувати, а керувати вручну інформацією на Веб неможливо [23, 30]. Розв'язання цієї проблеми було запропоновано наприкінці ХХ сторіччя у вигляді концептуальної ідеї — використання метаданих для опису Веб-інформації [23, 30, 36].

- *Метадані*: дані про дані або *інформація*, яка описує іншу інформацію; різниця між даними і метаданими не є абсолютною і виникає переважно через їх застосування — один і той самий ресурс можна інтерпретувати і як дані, і як метадані [23, 36]; *RDF*: мова для представлення інформації про ресурси на Веб; *Ресурс*: те, що можна ідентифікувати через посилання *URL*.

У визначених базисних конструктивах, формалізований опис $\langle O \rangle$ (модель $\langle \tilde{S} \rangle$) представляється діаграмою (рис. 1):

На рисунку:

Sb — суб'єкт, який має або може мати стосунок до EIO впродовж життя;

V, V', V'' — класи змісту відповідних форм EIO ;

I^{DT} — клас форм *EIO*: (цифрові ресурси) “цифрові трансформації”;

I^{DA} — клас форм аналітичні *EIO* “аналіз даних”;

I^{L3} — клас форм дидактичні *EIO*: “навчання”;

Δ — всі комутативні, всі \square — декартові (зокрема, $h = g \circ f' = f \circ g'$).

Згідно з принципом двоїстості, напрями всіх стрілок можна *одночасно* поміняти на протилежні. В цілому, діаграма (рис. 1) описує $\langle O \rangle$ у формі набору взаємозв'язаних і взаємозалежних комбінацій, агрегацій аналітичних, навчальних, *інформаційних ресурсів* та складних системних процесів, визначених із базисними конструктивами. Ці форми, своєю чергою, представляються в інших еквівалентних формах — таких як система “вхід-вихід” і система прийняття рішень та навпаки. Див. далі *опис* $\langle O \rangle$ в Моделі успадкування та Моделі реєстру задач.

Приклади змістовної інтерпретації діаграми (рис. 1) (Див. також у [17, 25, 26]). У процесі *аналізу даних* визначається набір описів ‘розмірність змінних у вигляді $K = \langle \langle K_1 \rangle, \langle K_2 \rangle, \dots, \langle K_i \rangle, \dots \rangle$. Кожна K_i має свою дискретну шкалу вимірювання, зокрема, частково або лінійно впорядкований набір значень. Порядок цих значень формально описується за допомогою певних типів відношень і значень. Приклади відношень: *is-part-of* (є частиною); *has-part* (має частину), *is-based-on* (базується на); *is-basis-for* (є базисом для), *requires* (потребує); *is-required-by* (потребується через).

Аналітика Каліпера (Caliper Analytics) дозволяє суб'єктам збирати навчальні дані з цифрових ресурсів, щоб краще розуміти та візуалізувати навчальну діяльність і дані про використання продукту, послуги, а також представляти у значущий спосіб цю *інформацію* учням, інструкторам і консультантам з метою допомогти в інформуванні про плани набору й утримання студентів, про програму, навчальний план і дизайн курсу, заходи втручання для студентів... . Каліпер визначає низку *метричних профілів*, кожен із яких *моделює* навчальну діяльність або допоміжну діяльність, яка допомагає полегшити навчання [12—14].

Модель успадкування

У базисні стандарти та специфікації з *інтероперабельності* в галузі навчання за підтримки технологій систематично інтегруються релевантні результати глобальних проєктів, ініціатив. Від середини 90-х років XX сторіччя у межах ініціативи проєкту *DC* розроблялося “Дублінське ядро набору метаданих з 15 елементів метаданих та кваліфікаторами цих елементів”. Простий опис ресурсів був одним із головних мотивів розроблення *DC* — “Ідея інтуїтивного семантичного каркасу, який кожен учасник (від створювачів праць до досвідчених каталогізаторів тощо) був би спроможний використовувати для опису ресурсів, є привабливою, але простоти опису ресурсів можна досягти лише через деталізовані інженерні розробки, які допомагають зменшити внутрішню складність проблеми” (Термін “ресурс” використовується у сенсі *RDF*) [31]. Проте, проєкт *DC* від самого початку реалізовувався *не узгоджено* з релевантними проєктами *IFLA FRBD* (*International Standard Bibliographic Description*), *INDECS* (*Interoperability of Data in E-Commerce Systems*), *DOI* (*Digital Object Identifier*) [29]. Цей факт взагалі дивує, оскільки ініціатором *DC*-проєкту був *всесвітньо відомий* Онлайновий бібліотечний центр Огайо (*OCLC*). Другий факт є не менш цікавим — ясно, що у реальному світі не можна ігнорувати питання *інтелектуальної власності* стосовно інформаційних ресурсів.

Тому для практичної реалізації моделі $\langle O \rangle$ необхідно систематично інтегрувати релевантні базисні стандарти та специфікації з *інтероперабельності*, зокрема ті, які стосуються питань *інтелектуальної власності* інформаційних ресурсів.

У відповідності з моделлю *IFLA FRBD* [29], *інформаційний ресурс* (інформаційний опис конструктиву *стрілка*) може перебувати у таких станах: $\langle a \rangle$: абстракція, $\langle v \rangle$: вираз (абстракції), $\langle m \rangle$: маніфестація (виразу), $\langle p \rangle$: примірник (маніфестації). Створювач інформаційного ресурсу виробляє $\langle a \rangle$, яка реалізується через $\langle v \rangle$ і доступна у вигляді $\langle m \rangle$ та $\langle p \rangle$. Пояснення: $\langle v \rangle$ — це $\langle a \rangle$, яка існує у часі та про-

сторі, але не в доступній формі; <м> це доступний інформаційний ресурс. Модель IFLA FRBD визнає, що інтелектуальні праці (моделі, \check{S}) можуть мати своїми складовими: <а>, <в>, <м> або <п>; особи, організації та інструменти; поняття, об'єкти, події або місця.

Позначимо $V(k)$ — опис k -го набору трійок <а>, <в>, <м> \check{S} . Тоді опис наступного $V(k+1)$ визначається у такому вигляді (стрілка \rightarrow позначає процес формування опису):

$$\langle V(k)_{ij}; i = 1, 2, \dots, m(k), j = 1, 2, \dots, e(k) \rangle \rightarrow V(k+1)_i; \quad (1.1)$$

$$\langle V(k+1)_p, i = 1, 2, \dots, m(k) \rangle \rightarrow V(k+1), \quad (1.2)$$

де: $V(k+1)_i$ — опис i набору стрілок з $(k+1)$ набору трійок \check{S} ;

$V(k)_{ij}$ — опис j набору стрілок <м> набору в (k) наборі маніфестації \check{S} . (Для зручності викладу припускається, що деякі з них є пустою множиною). Усі сутності наборів з описами $V(k+1)_i$ належать (інтегровані) в $(k+1)$ набір маніфестації \check{S} .

Приклад інтерпретації <а> на вищому рівні абстракції: парадигми та концептуальні ідеї В.М. Глушкова, цінність, оригінальність яких полягає в тому, що вони, зберігаючи точність і стислість математичних теорій, дозволяють формулювати й розв'язувати практичні завдання [15]. Сім парадигм В.М. Глушкова: “Самоорганізація та самовдосконалення — шлях для побудови кібернетичних систем”; “Математизація проектування ЕОМ”; “Числення та обчислення — нова парадигма проектування властивостей кібернетичних систем”; “Безпаперова інформатика — новий етап взаємодії людини з комп'ютерним середовищем”; “Підвищення внутрішнього інтелекту ЕОМ — засіб удосконалення їх”; — “Узгоджена реалізація економічних моделей — шлях удосконалення економічних систем”; “Штучний інтелект як додатковий спосіб виживання”. Стисле пояснення поняття “парадигма”, а також перелік 27 концептуальних ідей і понять В.М. Глушкова, що становлять сутність парадигм [15].

Стратегія цілеспрямованого розвитку \check{S} здійснюється для досягнення взаємоузгодже-

них численних цілей, результатів (Див. далі Клас задач узгодження цілей \check{S}). За визначенням ця стратегія є процесом успадкування на наборі $VZ = \langle \langle V \rangle, \langle Z: \langle \text{задача} \rangle \rangle$, в якому визначається частковий порядок, тобто, задовольняються умови рефлексивність, транзитивність, антисиметричність, на наборі VZ . Отже, VZ є узагальненим конструктивом, що охоплює будь-які встановлені або уявлені напрями, контексти, ситуації, аспекти тощо цього цілеспрямованого розвитку. Наприклад, VZ зручно розглядати у часі як набори трійок з минулого, поточного та майбутнього (прогнозованого) часу.

Упорядкування зазначених наборів трійок \check{S} визначається у вигляді ієрархічних структур, які можливо й не будуть найкращими у певному контексті або ситуації, проте вирішальним є те, що людям їх значно простіше розуміти та використовувати. Прикладом такого конструктиву є $\langle O, Z \rangle$ — набір концептів \check{S} , де: $\langle O \rangle$ — набір подій і сутностей (об'єктів) \check{S} ; $\langle Z \rangle$ — множина задач. (Див докладніше п. модель Реєстру задач).

Якщо проаналізувати приклади задач цілеспрямованого розвитку \check{S} , то їхніми типовими компонентами є наступні процеси:

а) Для заданого набору задач Z^* з $\{Z\}$, побудувати увесь набір об'єктів O^* , які є необхідними та достатніми для вирішення Z^* . Формальний запис цього процесу за допомогою оператора виведення:

$$B \subseteq Z \rightarrow B^+ = \{o \in O \mid (o, z) \subseteq (O, Z, P) \forall z \in B\}. \quad (1.3)$$

Цей оператор виведення обчислюється для встановлення відповідності між набором задач B та набором усіх об'єктів з O , які є необхідними та достатніми для вирішення B ;

б) Для заданого набору об'єктів O^+ обчислити набір усіх задач Z , що є спільними для O^+ . Формальний запис за допомогою оператора виведення:

$$A \subseteq O \rightarrow A^+ = \{z \in Z \mid (o, z) \subseteq (O, Z) \forall o \in A\}. \quad (1.4)$$

Цей оператор виведення обчислюється для встановлення відповідності між набором об'єктів A та набором усіх задач, зв'язаних із кожним об'єктом A).

Застосування операторів виведення (1.3)—(1.4) двічі — з O до M та з M до O , тобто A^{++} , та навпаки, тобто, B^{++} — дозволяє обчислювати замикання операторів (1.3)—(1.4) на $\{O, Z\}$. Концепт на $\{O, Z\}$ — це пара (A, B) , де $A \subseteq O, B \subseteq Z$ і $A^+ = B, B^+ = A$. Між концептами множини (A, B) на $\{O, Z\}$ встановлюються \leq — відношення підконцепт-надконцепт з частковим ієрархічним порядком:

$$(A1, B1) \leq (A2, B2) \Leftrightarrow A1 \subseteq A2 (\Leftrightarrow B2 \subseteq B1). \quad (1.5)$$

Множина всіх концептів на $\{O, Z\}$, які упорядковано за допомогою відношення (1.5) підконцепт-надконцепт, у теорії ґраток називається ґратками концептів. Застосування ґраток концептів на $\{O, Z\}$ дозволяє забезпечувати можливість цілеспрямовано і взаємоузгоджено визначати, аналізувати, синтезувати, прогнозувати та оцінювати в явному вигляді ієрархії комбінації об'єктів і задач δ .

Приклад категорії наборів описів *уснадкування* δ : інтеграція найкращих практик з *e*-портфелів; методи та *інструменти* для підтримки функцій, ролей, суб'єктів; аналітика; великі дані; постачальник (генератор), приймач даних; цільові дані; походження даних.

Приклад декомпозиції категорій. Типи великих даних: <структуровані>, <не структуровані>, <напів-структуровані>.

Модель Реєстру задач

Мета Реєстру задач: систематичне поліпшення (розуміння, оптимізація) *опису* задач $\langle O \rangle$ суб'єктом. Функції Реєстру задач: систематичне поліпшення та поширення найкращої практики *опису* задач за допомогою доступної системи керування.

Нагадаємо, що процес *уснадкування* записується у вигляді $VZ = \langle \langle V \rangle, \langle Z \rangle \langle \text{задача} \rangle \rangle$, де набір Z описується (1.1)—(1.5) з базисними конструктивами математичного опису *ділянка*,

предикат, *процедура обчислення*, *критерій*, які до речі, гарно *масштабуються*.

Модель задач “вхід-вихід”, прийняття рішень $\langle O \rangle$ (Z^0) записується у вигляді:

$$Z^0 = \langle \langle \text{постачальник (генератор) даних} \rangle \langle \Delta \rangle \langle \text{приймач даних} \rangle \rangle. \quad (1.6)$$

Тобто, це *стрілка* Δ з кінцями постачальник (генератор і приймач даних, які своєю чергою, також є стрілками) і так далі. Тоді опис Z^0 :

$$Z^0 : \langle \langle \text{генератор даних} \rangle \leftrightarrow \langle \Delta \rangle \leftrightarrow \langle \rangle \rangle,$$

де:

$\langle \dots \rangle$ — набір ділянок $\langle O \rangle$;

$\langle \text{генератор даних} \rangle$: $\langle \langle \text{процес} \rangle \langle \text{об'єкт} \rangle \langle \text{споживач} \rangle \langle \text{не-споживач} \rangle \rangle$. Типи походження даних: $\langle \text{роль: споживач} \rangle$, $\langle \text{роль: не-споживач} \rangle$, $\langle \text{об'єкт} \rangle$, $\langle \text{процес} \rangle$, $\langle \text{система} \rangle$, $\langle \text{середовище} \rangle$;

$\langle \text{приймач даних} \rangle$: процес комунікацій суб'єкта із зацікавленими суб'єктами з метою повідомлення про свої результати;

$\langle \langle \Delta \rangle \rangle$: процес *ділянка циклів* $\langle \langle \text{трансформація} \rangle \leftrightarrow \langle \text{візуалізація} \rangle \leftrightarrow \langle \text{модель} \rangle \rangle$ (Δ — комутативні);

$\langle \text{трансформація} \rangle$: набір процесів наведення ладу в даних для зберігання їх в узгодженій формі, що відповідає семантиці набору даних та способу його зберігання; звуження наборів даних спостережень, моніторингу; створення нових змінних у вигляді певних функцій від наявних змінних чи обчислення набору зведених статистичних даних;

$\langle \text{візуалізація} \rangle$: процес надання у зручній формі відповідей на поставлені чи нові запитання щодо даних.

$\langle \text{модель} \rangle$ — опис процесу *вибору* суб'єктом якомога кращої математичної моделі та інструментів з обчислювання імпортованих даних для їхньої подальшої візуалізації обраними інструментами.

Розглянемо приклади опису діаграми (рис. 1), (1.1)—(1.5) та (1.6).

Приклад вербального опису Z^0 (див. рис. 2). “Метою *навчальної аналітики* є розуміння, по-



Fig. 2. Масштабована діаграма для навчальної та викладацької діяльності діяльності (Адаптовано з ISO/IEC TR 20748-1:2016 [14])

кращення навчання, його середовища та охоплення задач із вимірювання, збирання, аналізування та подання даних про учнів та контексти навчально-освітнього простору, в яких відбувається навчання (= Z^O). Взагалі, навчальна діяльність виконується в гетерогенних середовищах із застосуванням різних інструментів (= <генератор даних>, <приймач даних>). Процес навчання та викладання (= <генератор даних>, <приймач даних>) регулює і випуск даних, і моделювання чи профілювання даних (= <<Δ>>), щоб мати змогу створювати дані навчальної діяльності (= <трансформація>), які можна застосовувати для аналітики. Можливі потоки даних у навчальній та викладацькій діяльності та процесі збирання даних (= <генератор даних>) охоплюють такі аспекти: *моделювання даних* (див. рис. 2) ґрунтується на пе-

дагогічних питаннях, у яких визначають, який аспект навчання треба підтримувати (= *предикат, критерій, <візуалізація>*), наприклад, результати навчання, прогрес і ставлення до навчання, здатність учнів запам'ятовувати та розвиток специфічних когнітивних умінь” [13]. (Див. також у [13] про еталонну модель для інтегрованості та абстрактний робочий процес навчальної аналітики).

Вербальне формулювання задач типу «предикатні», Z^{PIO} : (у контексті <O>) Для набору ділянок O і набору його описів IO, за допомогою набору процедур PROC, обчислювати значення з набору предикатів PIO та оцінювати за набором критеріїв CR.

Приклад розуміння опису контекст <O>: набір пар $\{w_i, t_i\}$, де: $i = 1, 2, \dots, n$; w_i — це “частина, шар, зріз” дійсності w у час t_i ; у кожній парі

$\{w_p, t_i\}$ розглядаються описи I^w, EIO . Форми контексту: набір даних; набір правил; документ (та їхні комбінації).

Формалізований опис Z^{PIO} :

$$Z^{PIO} = \langle \langle O \rangle \langle IO \rangle \langle PROC \rangle \langle PIO \rangle \langle CR \rangle \rangle, \quad (1.7)$$

де

IO — опис, асоційований з O ;

PIO — опис предикату, асоційованого з O, IO ;

$PROC$ — опис процедури (оператора, алгоритма, процесу, ...), що обчислює значення PIO та може виконуватися (обчислюватися) людиною або автоматично пристроєм;

CR — критерій, асоційований із задачею.

Визначення. Розв'язати Z^{PIO} означає визначити процедуру $PROC$, яка обчислює PIO та задовольняється критерій CR . Якщо створено набір процедур $PROC$, то Z^{PIO} перетворюється на задачу вибору $PROC$ або набору процедур із $\langle PROC \rangle$ згідно встановленому у критерії CR . Приклад CR : вибір алгоритму обчислення екстремуму певної цільової функції або функції якості.

Відповідно до системної методології, визначення та використання додаткових структур для об'єктів PIO та їхніх елементів надає багато можливостей визначати та описувати різноманітні класи задач Z^{PIO} , а також інтерпретувати їх у належний спосіб.

Приклади розуміння зі змістовними інтерпретаціями (див. також в [40]). Примірник O має в e -портфелі описи IO з даними, індикаторами його поведінки протягом певного періоду, які в $PROC$ порівнюються з іншими примірниками та оцінюються за критеріями CR . Якщо оцінки з певних примірників є найкращими, то вони є прикладами для коригування поведінки інших примірників. Аналіз даних великого обсягу про поведінку примірників O дозволить виявляти, коригувати та використовувати найімовірніші сценарії розвитку подій, обґрунтовано приймати найкращі рішення для зацікавлених суб'єктів.

Розглянемо приклади CR .

Індикатор поліпшення процесу (IND): дискретна міра (ступінь) поліпшення процесу на попередньо визначеному наборі ділянок процесу, в якому всі цілі з набору досягнуто.

Для визначання IND потрібно встановити відповідні критерії CR і набори ділянок. Нехай встановлено наступні градації та назви IND : IND_1 — експериментальний, IND_2 — керований, IND_3 — типізований, IND_4 — прогнозований; IND_5 — зразковий (доведений, оптимізований). Критерії визначання IND для набору ділянок процесу:

- *експериментальний* набір — має ознаки: здійснений; цілі (виходи, результати) систематично не досягаються або частково досягаються;

- *керований* набір — має ознаки: здійснений; цілі досягаються; є планування, моніторинг і регулювання; робочі продукти відповідним чином встановлені, контролюються та підтримуються;

- *типізований* набір — має ознаки: керований; використовує вимірювану інформацію та методи аналізу і контролю для поліпшення процесу; побудований на основі еталонних (базових) моделей агрегації параметрів, базових процедур;

- *прогнозований* набір — має ознаки: типізований; керується на основі кількісно вимірюваної інформації; встановлено межі варіативності для нормального здійснення. Якщо необхідно, то вони встановлюються заново після відповідних коригувальних дій, тобто варіації контролюються у встановлених межах;

- *зразковий* набір (доведений, оптимізований) — має ознаки: прогнозований; є докази (свідчення) відповідності правилам і вимогам; постійно поліпшується для досягнення поточних і запланованих цілей (результатів); здійснюється керування змінами (інноваціями) процесу; здійснюється оптимізація процесу.

Зазначені формулювання ознак у критеріях є загальними, тобто для кожного IND встановлюється їхня деталізована структура. Для кожного IND_i вказуються ступені досягнення у вигляді діапазонів процентів та назви.

Потенціал $\langle O \rangle$: характеристика $\langle O \rangle$ у вигляді вимірюваного на поточний час діапа-

зону (інтервалу, меж) передбачуваних максимальних результатів (цілей), які відповідатимуть вимогам і досягаються в умовах реалізації визначених зовнішніх впливів (ризиків). Ця характеристика (розпізнавальна особливість) може бути власною чи наданою, якісною чи кількісною. Кількісну міру (підсумкового) потенціалу <O> можна визначати за різними підходами та методами. Наприклад, методом експертних оцінок. Двома складовими потенціалу <O> є вимірювання мінливості (ймовірності) результатів та порівняння її із запропонованою. Потенціал ЛС залежить від часу, потужності зовнішніх впливів, таких як, фінансування, інновації, ризику (впливи невизначеності).

У підході «За зразком» оцінюються поточні суттєві характеристики структурних компонентів <O> з їхніми максимальними характеристиками, які можна досягати на поточний момент розвитку <O>. Суттєвими ділянками <O> вважаються ділянки, без яких неможливо досягати призначення (довгострокових цілей).

У підході «Функціонал» оцінюється — *якість* виконання суттєвих функцій <O> (процесів) із використанням лише власних ресурсів. *Якість*: ступінь відповідності набору власних характеристик і встановлених до них вимог. Суттєві функції <O>: функції, без яких неможливо досягати призначення (довгострокових цілей). Питання вибору міри якості функцій системи (процесу) досліджуються в теорії систем, теорії оптимального управління системами тощо.

Приклад опису задачі Z^{PIO} . (у контексті аналізу даних, навчання впродовж життя) Знайти методи та інструменти для розв'язання наступних задач суб'єкта:

- Ідентифікувати наявні, інноваційні, очікувані ділянки (на <<a><v>, <m>> ...);
- Класифікувати ділянки;
- Аналізувати ділянки;
- Визначати найкращу практику на ділянках;
- Прогнозувати успішність, прогрес, успадкування на ділянках;
- Інтегрувати ділянки в єдине ціле.

Приклад типу предикату PIO . Твердження «O має властивість з описом IO й зі значеннями $\{0, 1, \upsilon\}$ », де: число 0 — позначає, що O має цю властивість; число 1 — навпаки, «немає»; число υ з діапазону (0, 1) — «предикат імовірно не можна обчислити».

Запис типу предикату $PIO_{ij} = 1$ означає, наприклад, що в результаті виконання певної процедури PROC встановлено, що O_i має властивість (властивості), яку представлено IO_j .

Розглянемо приклади класів задач Z^{PIO} з обчислення PIO для розпізнання ситуацій в умовах повної визначеності або неповноти та нечіткості вихідної інформації IO від різних постачальників (генераторів) чи приймачів даних. Тоді, в умовах повної визначеності вихідної інформації IO значеннями $PIO_j(O) \in \{0, 1\}$, а в умовах неповноти та нечіткості вихідної інформації IO значеннями $PIO_j(O) \in \{0, 1, \upsilon\}$, де υ — означає, що його не можна обчислити за встановленою процедурою або алгоритмами.

Клас задач Z^{PIO} з обчислення $PIO^3(O) \Leftrightarrow 'O$ використовує чи формує поняття C_j' , де C — набір понять IO. Розв'язування цього класу задач здійснюється за підтримки Глосарію.

Клас задач класифікації Z^{PIO} з обчислення:

$$PIO_j(O) \Leftrightarrow 'O \in K_j', \bigcup_{j=1}^L K_j = \{O\}.$$

Клас задач Z^{PIO} з обчислення $PIO^1(O) \Leftrightarrow 'g(O) \mathfrak{S}_1 a'$, де: g — змінна (компонент інформаційного опису IO); a — дійсне число; \mathfrak{S}_1 — одне з відношень $\{>, <, =, \neq, \leq, \geq\}$.

Клас задач Z^{PIO} з обчислення $PIO^2(O) \Leftrightarrow 'g(O) \mathfrak{S}_2 b'$, де: g — змінна (компонент інформаційного опису IO), b — інтервал в R^1 виду $[], (), [], ()$; \mathfrak{S}_2 — одне з відношень $\{\in, \not\in, \subset, \subseteq\}$.

Над PIO^1 і PIO^2 за допомогою операцій $\&$, \vee , — та кванторів \exists і \leftrightarrow будується числення висловлювань, тобто, для кожний PIO_j будується за правилами з елементарних предикатів PIO^1 і PIO^2 за допомогою операцій $\&$, \vee та кванторів \exists і \leftrightarrow .

Важливою властивістю \mathfrak{S} та його складових є процес успадкування, зокрема, забезпечення постійності істинності обчислених PIO протягом життя суб'єкта.

Клас задач Z^{PIO} , суттєвими характеристиками яких є:

- досягнення мети є результатом агрегації рішень задач;
- предикат $PIO(x, Z_x)$ визначається у вигляді: “ x є рішенням Z_x ”.

Клас задач узгодження цілей \mathfrak{S} . Введення та використання у формалізованих описах \mathfrak{S} конструкції $PIO(x, Z_x)$ дозволяє формалізувати поняття та принципи щодо *узгодженості цілей* у формі речень (тверджень). Приклад формалізації опису принципу прогнозування взаємодії:

$$(\forall u)(\forall x)[PIO(x, Z(u)) \wedge PIO(\pi_M(u)=\alpha^u)] \Rightarrow \Rightarrow PIO(\pi_M(x), Z).$$

Цей принцип стверджує, що рішення задачі вищого рівня здійснюється за допомогою управляючого впливу $t = \pi_M$ кожного разу коли:

- x є рішенням задач, поставлених перед нижчого рівня компонентами;
- правильно прогнозуються взаємодії компонентів, тобто, α^u справді є об'єктом (сигналом), який зв'язує компоненти при управляючому впливі $t = \pi_M$.

Загалом, опис Z^{PIO} є конструктивним і надає можливість організації з єдиних позицій наступних задач:

- побудова, ведення та спільне використання Реєстру описів унікальних ідентифікованих Z^{PIO} . Наприклад, можливість адаптації ідентифікованих або розроблення нових класів описів задач;
- ідентифікація, реєстрація та доставка описів розроблених, перспективних $PROC$, що підтримують розв'язання Z^{PIO} ;
- ідентифікація, реєстрація описів розроблених, перспективних моделей, алгоритмів з підтримки процесу розв'язання Z^{PIO} ;
- ідентифікація, реєстрація, доставка описів поточних стандартизованих інформаційних описів IO . Наприклад, визначення додаткових структур для комплексу IO , декомпози-

ція і синтез IO , розроблення нових класів моделей з різними структурами IO .

Висновки

На основі фундаментальних фактів, ідей і системної методології, на вищому рівні формалізації, запропоновано та змістовно інтерпретовано базисні системотворчі елементи, конструктиви моделювання, загальна модель, моделі успадкування та реєстру задач із метою систематичного поліпшення розуміння, прогресу, результатів, якості продуктів, послуг та прийняття обґрунтованих рішень для зацікавлених сторін на базі методів та інструментів аналізу даних навчання суб'єкта впродовж життя за допомогою доступної системи керування. Загалом, моделювання та практична реалізація цього надзвичайно складного процесу, системи в епоху цифрових трансформацій потребує комплексного розв'язання багатьох складних проблем, таких як розуміння, масштабування, захист власності, знищення невизначеності, інтероперабельність, гармонізація наявних та запланованих офіційних і де-факто стандартів. Систематизоване застосування конструкцій із математичних теорій дозволяє краще бачити їхню поведінку, знищує невизначеність, сприяє масштабуванню рішень тощо. Тому необхідною умовою, вимогою для систематизованого поліпшення моделей є комплексна інтерпретація абстракцій у контексті зазначених проблем, а також практична апробація їх за допомогою доступних систем керування з метою визначення та поширення найкращих практик зацікавленим суб'єктам. Основні напрями подальших досліджень: будівництво моделей задач навчально-орієнтованих ігор у складі розробленої моделі Реєстру задач з метою покращення вмінь суб'єктів стосовно аналізу даних, таких як: критичне мислення, розв'язання проблем, комунікація, знання предмета, візуалізація даних; дослідження найкращих практик використання Глосарію.

REFERENCES

1. *National Research Council*. How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition. 2000. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/9853>.
2. Manako, A.F. (2022). "Systematic Investigation of Continuous E-Learning as a Complex Information System". *Control Systems and Computers*, no 3, pp. 53—62. DOI: <https://doi.org/10.15407/csc.2022.03.053>.
3. Osma, J.I.P., Lopez, D.A.G., Porra, A.A. (2021). "Maturity Model for Virtual Education". *Journal Of E-learning and Higher Education*, 4 (11). Article ID 228061, DOI: <https://doi.org/10.5171/2021.228061>.
4. Valverde-Berrocoso, J., Garrido-Arroyo, M. D. C., Burgos-Videla, C., & Morales-Cevallos, M. B. (2020). "Trends in educational research about e-learning: A systematic literature review (2009-2018)". *Sustainability*, 12 (12), 5153. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12125153>.
5. Webb, S., Holford, J., Hodge, S., Milana, M., Waller, R. (2019). "Conceptualising lifelong learning for sustainable development and education 2030". *International Journal of Lifelong Education*, 38(3), pp. 237—240.
6. Wiener, M., Saunders, C., & Marabelli, M. (2020). "Big-data business models: A critical literature review and multiperspective research framework". *Journal of Information Technology*, 35(1), pp. 66—91. DOI: <https://doi.org/10.1177/0268396219896811>.
7. Van de Heyde, V., & Siebrits, A. (2019). "The ecosystem of e-learning model for higher education". *South African Journal of Science*, 115 (5-6), pp. 1—6.
8. Balabanov, O.S. (2019). "Big Data Analytics: principles, trends and tasks (a survey)". *Problems of programming*. (2), pp. 47—68.
9. Nygren, H., Nissinen, K., Hamalainen, R., De Wever, B. (2019). "Lifelong learning: Formal, non-formal and informal learning in the context of the use of the problem-solving skills in technology-rich environments". *British journal of Educational Technology*, 50(4), pp. 1759—1770.
10. Iden, J., Methlie, L. B., Christensen, G. E. (2017). "The nature of strategic foresight research: A systematic literature review". *Technological Forecasting and Social Change*, 116, pp. 87—97.
11. Lai, P.C. (2017). "The literature review of technology adoption models and theories for the novelty technology". *ISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 14, pp. 21—38.
12. ISO/IEC TR 20748-2:2017. Information technology for learning, education and training — Learning analytics interoperability. Part 2: System requirements.
13. ISO/IEC TR 20748-1:2016. Information technology for learning, education and training — Learning analytics interoperability. Part 1: Reference model.
14. Caliper Analytics. [online]. Available at: <https://www.imsglobal.org/activity/caliper> [Accessed 01 Feb. 2017].
15. Kapitonova, Yu.V., Letichevsky, A.A. Paradigms of V.M. Glushkova. [online]. Available at: <http://ogas.kiev.ua/en/glushkov/paradygmy-glushkova> [Accessed 05 Sept. 2023].
16. Laal, M. (2011). "Lifelong learning: What does it mean?". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 28, pp. 470—474.
17. Khan, B. H. (2010). "The global e-learning framework". *E-learning*, pp. 42—51.
18. Nilsson, S. (2010). "Enhancing Individual Employability. The Perspective of Engineering Graduates". *Education + Training*, 52, pp. 540—551.
19. Educational Modeling Languages: A Conceptual Introduction and a High-Level Classification /I.L Martinez-Ortiz, P. Moreno-Ger, J.L. Sierra. *Computers and Education* 2007, pp. 27—40.
20. Manako A.F. (2006). «An approach to modeling the purposeful development of innovative information technologies «educational objects». *Problems of programming*. (2-3), pp. 475—481.
21. Zgurovsky, M.Z., Pankratova N.D. (2005). *System analysis: problems, methodology, applications*. K.: Naukova dumka, 744 p.
22. Manako A.F. (2005). «Models of aggregation of conceptual objects of continuous learning with the support of information and telecommunication technologies». *Systemic research and information technologies*. 3, pp. 29—37.
23. Norris, D., Mason, J., & Lefrere, P. (2003). *Transforming e-Knowledge, Society for College and University Planning*: Ann Arbor, USA. 168 p.
24. «IEEE Standard for Learning Object Metadata,» in *IEEE Std 1484.12.1-2020*, vol., no., pp.1—50, 16 Nov. 2020, DOI: 10.1109/IEEESTD.2020.9262118.
25. *Digital Opportunities for All: Meeting the Challenge*. Report of the Digital Opportunity Task Force (DOT Force), 11 May 2001. 24 p.
26. *A memorandum on life-long learning* (2000). Commission staff working paper. Brussels, SEC, No 1832, 36 p.

27. *Baldrige National Quality Program*. (2000). Education Criteria for Performance Excellence. NIST, Gaithersburg, MD 20899-1020. 54 p.
28. Baker T., Birlinghoven S. A. (2000). "Grammar of Dublin Core". *D-Lib Magazine*, 6 (10), 3. <https://www.dlib.org/dlib/october00/baker/10baker.html>.
29. Bearman, D., Miller, E., Rust, G., Trant, J., & Weibel, S. (1999). "A common model to support interoperable metadata". *D-Lib magazine*, 5(1), pp. 1082—9873.
30. Lassila, O. (1997). *Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification*. W3C Rec. 134 p.
31. Clark, R.E. (1999). "The Cognitive Science and Human Performance Technology". In *H.D. Stolovitsch, E.J. Keeps, Handbook of Human Performance Technology*. San Francisco: Jossey-Bass-Pfeiffer. pp. 82—95.
32. Sinitsa, K., Manako, A. (1999). "Extending glossary role in a virtual learning environment". *Proceeding of ComNEd'99 IFIP Conference*, Finland, pp. 321—327.
33. *Communications and Networking in Education: Learning in a Networked Society* (2001). Editor by: Downes T. & Watson D. Kluwer Academic Publishers. USA. 348 p.
34. Sinitsa, K., Manako, A. (1999). "Interactive Dictionary as an Information Wish-maker". *Educational Technology Magazine*, pp. 22—25.
35. Sinitsa, K. M., & Manako, A. (1999). "Interactive Dictionary in a context of learning". In *Proceedings of the HCI International'99* (the 8th International Conference on Human-Computer Interaction) on Human-Computer Interaction: Communication, Cooperation, and Application Design. Vol. 2. pp. 662—666.
36. Dempsey, L., Heery, R. (1998). "Metadata: Current view of practice and issues". *Journal of Documentation*. No 54 (2), pp. 145—172.
37. Gagne, R., Briggs, L. & Wager, W. (1992). *Principles of instructional design* (4th Ed.). Fort Worth, TX: HBJ College. pp. 44—46.
38. Kolmogorov, A.N. (1987). "Three approaches to defining the concept of «amount of information». *Information theory and algorithm theory*, pp. 213—223.
39. Virt, N. *Algorithms + data structures = programs*. M.: Mir, 1985. 406 p.
40. Ivanchenko (Manako), A.F., Kondratiev, A.I. (1984). "Logical structures in algorithms for calculating estimates". *Cybernetics*. No. 4, pp. 121—123.
41. Glushkov, V.M. *About cybernetics as a science. Cybernetics, thinking, life*. M.: Nauka, 1964. 53 p.

Received 29.11.2023

A.F. Manako, Doctor in Technical Sciences, Chief of Department, International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Glushkov ave., 40, Kyiv, 03187, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-7118>, afmanako@gmail.com

V.V. Manako, PhD. in Physics and Mathematics of Science, senior scientist, Ukrainian Language and Information Fund of the NAS of Ukraine, Str. Volodymyrska, 54, Kyiv, 01030, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4945-1892>, manvv104@gmail.com.

MODELS DATA ANALYSIS OF THE SUBJECT'S LIFELONG LEARNING

Introduction. The modeling of a complex object "data analysis of learning of the subject throughout life", supported by technology, is experiencing a special stage of its development, undergoing a great influx of potential opportunities and possibilities. induce a steady increase in digital capabilities for everyone, Numerous subjects implement the designated capabilities with different perspectives, goals, at different levels, stages, different approaches, methods, designs, languages, procedures, systems, processes, tools, services, standards The hidden problem It seems that this great potential has not yet been systematically realized throughout life. And therefore, a lot of existing knowledge, models and technologies are often not effectively translated into existing tools for everyone. In our research, modeling focuses at a high level of abstraction on the enhanced understanding of the subject of the

strategy for direct development, the adoption of informed solutions to the selection, adaptation of existing and planned Innovative tools, methods, analytics of all types with the help of available management systems.

Purpose. The purpose of this study is develop a formalized description with meaningful interpretations of basic system-forming elements, modeling constructs, a general model, inheritance models and a register of tasks to systematically improve understanding, progress of results, quality of products, services and making informed decisions for stakeholders based on methods and tools data analysis of learning of the subject throughout life.

Methods. System methodology, methods of analogies, didactic methods.

Results. On the basis of fundamental facts, ideas and systematic methodology, at the highest level of formalization, basic system elements, modeling constructs, a general model, inheritance models and a register of tasks are proposed and meaningfully interpreted in order to systematically improve understanding, progress, results, quality of products, services and acceptance reasoned decisions for interested parties based on methods and tools of of learning of the subject throughout life with the help of an accessible management system.

Conclusion. Modeling and practical implementation of an extremely complex process, system <data analysis of learning and behavior of the subject throughout life> in the era of digital transformations requires a comprehensive solution to many complex problems such as understanding, scaling, protection of property, elimination of uncertainty, interoperability, harmonization of existing and planned official and de facto standards. Systematized application of constructions from mathematical theories allows to better see their behavior, destroys uncertainty, helps to scale solutions, etc. Therefore, a necessary condition, a requirement for systematic improvement of models is a complex interpretation of abstractions in the context of the specified problems, as well as their practical approbation using available control systems with the aim of identifying and disseminating best practices to interested parties. The main directions of further research: building models of learning oriented games as part of the developed model of the Register of tasks in order to improve the skills of subjects in relation to data analysis: such as critical thinking, problem solving, communication, subject knowledge, data visualization; research on best practices for using the Glossary.

Keywords: *digital transformations, big data, formalization, systematization, inheritance, glossary, task registry, management system.*