

DOI <https://doi.org/10.15407/csc.2022.03.053>
УДК 303.721;004.03142

А.Ф. МАНАКО, д.т.н., с.н.с., завідувач відділу діалогових та навчальних систем, Міжнародний науково-навчальний центр інформатичних технологій і систем НАН та МОН України, 03187, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 40, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-7118>, alla@irtc.org.ua

СИСТЕМНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ ЯК СКЛАДНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розглядаються питання, пов'язані із системними дослідженнями електронного безперервного навчання. Представлено роль формалізації елементів безперервної освіти. Визначено ключові принципи безперервного навчання як складної системи. Застосування феноменологічного підходу дало змогу суттєво вдосконалити процес проектування та побудови систем підтримки електронного навчання впродовж життя. Стаття містить ідею альтернативного погляду на безперервне навчання як складну інформаційну систему, що відкриває широке поле для досліджень у цій галузі для математиків, системних інженерів та спеціалістів у галузі баз даних.

Ключові слова: системні інформаційні технології, процес, модель, технологічні аспекти безперервного навчання.

Вступ

Сьогодні, за доби стрімких інформаційних трансформацій, що продукують нові проблеми та задачі, дедалі більшої актуальності набувають дослідження сутності «навчання» та його імплементації в електронному вигляді [1, 2]. Розглядаються актуальні питання системного дослідження безперервного електронного навчання (БЕН) як дослідження складної інформаційної системи. Це є становленням нової інформаційної сутності, яка утворюється внаслідок злиття теоретичних основ електронного та безперервного навчання. Потреба у системному дослідженні БЕН зумовлюється тим, що, *по-перше*, особливості розвитку та трансформації форм, методів, способів та цілей навчання можуть змінювати їх загальний контекст. *По-друге*, зрозуміло, що трансформації вмісту, процесів, цілей,

середовищ навчання породжують нові проблеми, дослідження яких може спричинити несподівані відкриття або результати. *По-третє*, розгляд технологічної багатовартової карти розвитку БЕН вимагає ретельної уваги дослідників задля вдосконалення якості різноманітних освітніх процесів, а також застосованих у цих процесах моделей, методів та технологій. Розвиток сучасних інформаційних і комунікаційних технологій (ІКТ) та електронне навчання за своєю технологічною суттю є комбінуванням й акумуляцією навчальних, педагогічних та інформаційних гетерогенних систем задля підвищення якості результату таких перетворень. Розвиток технологій і поява нових технологічних можливостей вплинули й на розуміння засобів підтримки навчання, й на застосування цих засобів.

З розвитком цифрових технологій поняття «масовість» і «безперервність» у контексті освіти не лише стали актуальними, а й набули нового змісту, вони почали досліджуватися та вивчатися в різних ракурсах [3, 4]. Вербальні значення трансформувалися в інноваційні наукові напрями, проте, технологічні основи розвитку БЕН не розглядалися окремо від загальних питань створення технологій підтримки електронного навчання, попри їх важливість не лише для розвитку теоретичних основ сучасного навчання, а й для визначення пріоритетних напрямів прикладних розробок у цієї сфері.

Метою дослідження є подальший розвиток та систематизація знань про природу, структуру та якість сучасного навчання за допомогою дослідження БЕН як складної інформаційної системи за умови інформаційних трансформацій.

У статті розглянуто основні процеси безперервного навчання, визначено роль формалізації елементів безперервного електронного навчання, запропоновано феноменологічний підхід до опису БЕН як складної системи, а також сформульовано ключові принципи створення систем безперервного електронного навчання.

Основні характеристики безперервного навчання

Педагогічна категорія безперервного навчання виникла в період початкової індустріалізації й до появи Інтернету розвивалася повільно. Трансформації у всіх сферах діяльності [5] зумовили нове бачення процесів, а їхня інтерпретація – розуміння цих процесів у контексті розвитку суспільства. Перспективи безперервного навчання є стратегічним баченням майбутнього. З педагогічного погляду БЕН – це процес набуття знань, умінь, навичок протягом життя людини в процесі і формального, і неформального навчання. У Меморандумі безперервного навчання [6] було запропоновано вважати безперервне навчання навчанням упродовж життя *LifeLong*

Learning (LLL), яке поєднує ідеї розвитку через пізнання, вдосконалення майстерності, необхідності навчання та пізнання поза межами формальної освіти. Втім, у цьому документі, який відображає стан розуміння поняття безперервного навчання на початок 21-го сторіччя, увагу було зосереджено на соціально-педагогічних аспектах освіти та навчання у будь-якому віці.

Основні характеристики БЕН, які відрізняють його від інших видів та форм навчання (дистанційного, неперервного та ін.):

– БЕН (як навчання впродовж життя) охоплює часовий інтервал, протягом якого відбуваються зміни цілей навчання, форми подання та вмісту навчального контенту, технологічної платформи, методів оцінювання та дидактичних стратегій;

– БЕН (як спосіб підтримки розвитку людини) містить засоби допомоги у формуванні навчальних цілей, плануванні шляхів досягнення цих цілей, вибір навчальних ресурсів, а також надає засоби індивідуального керування та аналізу інформації щодо своїх компетентностей, здібностей та інших чинників афективної (емоційної), когнітивної (пізнавальної) та поведінкової царин;

– БЕН (як процес життєдіяльності) є добре інтегрованим із іншими процесами (робота, хобі тощо) та реалізується в різних середовищах, ситуаціях та з різними цілями;

– БЕН (як метод набуття навчального досвіду) охоплює засоби формального, неформального та інформального навчання, з можливістю їхньої інтеграції, функціонування у спільному середовищі та обміну інформацією, суттєвою для оптимізації навчальних (пізнавальних, тренувальних) процесів.

Початковий етап впровадження ІКТ в освітні процеси пов'язаний із розумінням електронного навчання як засобу відтворення традиційних процесів та методик за допомогою технологій. Слід зазначити, що на сучасному етапі важливим і перспективним є зворотній погляд на процес навчання з урахуванням технологічних інновацій, тобто відображення технологічно підтримуваних форм, способів та

процесів у сучасних методиках навчання. Такі дослідження мають величезний потенціал у вивченні навчання як цілого, уможливають глибше розуміння сутності підтримки навчального процесу технологічними засобами. До того ж це дає змогу одночасно досліджувати еволюційні й інноваційні процеси в розвитку. Запропоновані результати досліджень стосуються безперервного електронного навчання як «всієї системи», тобто, охоплюють всі аспекти структури, взаємодії між елементами, інформаційних потоків і процесів функціонування, і надають цілісне розуміння БЕН як об'єкта дослідження.

Розгляньмо БЕН як складну інформаційну систему [7, 8]. У наших дослідженнях БЕН буде представлено як сукупність формалізованих моделей, методів та інформаційних технологій, що створюють підґрунтя для масового застосування електронного навчання впродовж життя. БЕН підтримується різними соціально-технологічними системами, які реалізуються у вигляді навчальних середовищ, науково-навчальних просторів та інших структур [9-11].

Для визначення БЕН як нової сутності треба проаналізувати його під системним кутом зору: визначити природу, елементи та структуру БЕН та його основні характеристики.

За вербальними визначеннями з позицій системного аналізу БЕН розглядається, починаючи з високих рівнів абстракції, а саме як:

- система впорядкованої множини структурно взаємопов'язаних і функціонально взаємозалежних елементів;
- складна система впорядкованої множини структурно взаємозв'язаних і функціонально взаємозалежних систем;
- велика система впорядкованої множини структурно взаємозв'язаних і функціонально взаємозалежних складних систем. Зауважмо, що аналогічно визначаються надвелика система, глобальна система та глобальна суперсистема;
- складна багаторівнева ієрархічна система це цілісний об'єкт, утворений з функціонально різнотипних систем, структурно взаємо-

зв'язаних з ієрархічною підлеглистю і функціонально об'єднаних між собою для досягнення заданих цілей за певних умов.

Відповідно до чотирьох етапів розвитку веб [12,13], а саме *Web1.0*, *Web2.0*, *Web3.0* та *Web4.0*, розглядають моделі підтримки електронного навчання на його базі. Проте, суттєві зміни в моделях та системах електронного навчання відбуваються швидше, ніж зміна етапів. Отже, доцільно ретельно розглянути часовий контекст БЕН. Цей контекст може бути визначено як суму:

$$\langle SS, P \rangle = \langle \langle SS1, P1 \rangle + \langle SS2, P2 \rangle + \dots + \langle SSn, Pn \rangle \rangle,$$

де SS_i – це частина, шар, що описує стан БЕН в умовах, які є наявними в період P_i . Вибір складових контексту визначається потребою зменшити невизначеність, тобто помилки в процесі проектування систем БЕН. Далі ми застосовуватимемо «БЕН», якщо йдеться про загальне поняття на вербальному (неформальному) рівні та використовуватимемо позначку «*LLLS*» в процесі розгляду БЕН як складної системи.

Роль формалізації елементів БЕН (LLLS)

Системи електронного навчання, як основа БЕН, засновані на різних ідеях, педагогічних принципах та теоріях, вони реалізують різні стратегії, для опису їх застосовують різні моделі та поняття. Є очевидним, що формалізація опису таких систем сприятиме узагальненню досвіду розробки їх, надасть можливість оцінювати та порівнювати різні системи електронного навчання, уможливить їхню інтеграцію. Окрім цього, формалізація опису сприятиме розумінню принципів роботи створюваних систем, узгодженості їхніх окремих компонентів і спростить проектування цих систем. Тому сформулюймо загальну мету нашого дослідження так: *розробити підходи, а саме, методи та моделі для проектування та реалізації LLLS на базі формалізованого опису БЕН.*

Для досягнення зазначеної мети вводяться ключові поняття, необхідні для побудови

технологічно-можливих БЕН як складної системи (*LLLS*), зокрема, описуються відповідні базисні підходи до формалізації ключових понять і постановок задач. Проблема формалізації пов'язана з багатьма іншими проблемами, переважно того самого чи вишого порядку, наприклад, такі як:

- *проблема формалізації*, тобто пошуку єдиної математичної структури для опису систем, використання якої дасть змогу отримувати змістовні нові знання, (наприклад, проблема класифікації систем, яку розглядають на основі "теорії категорій"[14]);

- *проблема формалізації* великих і складних систем в умовах невизначеності, зокрема, проблеми декомпозиції, координації тощо [15];

- *проблема формалізації* самих об'єктів навчання у відповідності до множини навчальних цілей;

- *проблема формалізації* потреб і вимог об'єкта-сутності "Учень" (роль);

- *проблема формалізації* задач при реалізації інноваційних ідей і технічних рішень, а також при проектуванні виробів нової техніки, які принципово не мають аналогів і прототипів.

Перехід від вербального визначення *LLLS* як складних систем, (середовищ, мереж, просторів) з використання ІКТ до відповідних формалізованих визначень вимагає переходу до "*формалізованих цілей*", які, своєю чергою, визначаються через відповідні задачі. При цьому мета вважається досягнутою тоді, коли знайдено розв'язання відповідної задачі. При такому підході строге визначення понять "мета", "цілеспрямована діяльність", а також цілеутворення та способи, за допомогою яких вони можуть бути досягнуті, у загальному випадку точно визначати не обов'язково, оскільки вважається, що стан, за якого ціль досягається, може бути розпізнаний самою системою.

Задачі, пов'язані з реалізацією інноваційних ідей, до яких належать задачі побудови систем підтримки БЕН, вирізняються характеристиками, що ускладнюють формалізацію їх. Серед них важливими є неоднозначність і суперечливість вимог до результату, цілей

та умов його застосування, необмеженість і непрогнозованість ризиків на різних стадіях життєвого циклу побудованої системи. Розкриття концептуальної невизначеності є системною задачею, оскільки розкриття всіх видів невизначеності має виконуватися на основі єдиних принципів, критеріїв та цілей. Складність задач і труднощі розв'язання їх зумовлюються невизначеністю множини альтернатив і критеріїв вибору, тому результати розв'язання їх залежать цілковито від здібностей і вміння дослідника усунути цей недолік.

Аналіз доступних джерел, присвячених побудові *LLLS* як взаємопов'язаної сукупності різноманітних електронних середовищ підтримки навчального процесу показує, що вони створюються з численними призначеннями, цілями та перспективами на різних рівнях (таких як абстракція-реалізація, агрегування контенту, прийняття рішення, концептуальний, цифрової дидактики, алгоритмічний) із використанням різноманітних ідей, понять, мов, моделей, методів, правил і теорій. Компоненти та методи, які використовуються на кожному з цих рівнів, є різними, і різні правила керують їхньою поведінкою. Дослідження та досвід зі створення та впровадження телекомунікаційних освітніх середовищ переконують, що загальним суттєвим недоліком і перешкодою для створення нового покоління систем, що підтримують БЕН, є відсутність нових підходів, моделей, методів і процесів, побудованих на базі інтегрального застосування концептуальних ідей та ідей системного аналізу і дидактичних теорій.

Вибір об'єкта системного дослідження, визначення його меж і меж середовища є доволі складним завданням. Постановка, формалізація та методи розв'язання задачі залежать від багатьох чинників. Насамперед, вони залежать від цілей дослідження, особистих рис людини, яка ухвалює рішення, а також від умов, що складаються, і ситуацій, що виникають під час здійснення цього дослідження.

На інший факт звернули увагу розробники дидактичної метамоделі [16]. А саме, за

використання формалізованого опису навчального середовища як засобу отримання знань, ці знання не є ключовим фактором для досягнення успішних результатів. Велика кількість досліджень і практичних застосувань свідчить, що вагоме значення має не сам засіб, а поєднання дидактичних підходів, моделей із цим засобом.

У 50-х роках ХХ сторіччя, коли *складність розуміння поведінки людей та середовищ* людської діяльності стала очевиднішою, виникла нова предметна галузь знання – когнітивна наука, в якій *навчання* розглядалося у *мультидисциплінарному* підході, включаючи антропологію, лінгвістику, філософію, психологію розвитку, комп'ютерні науки (інформатику), нейронауку та декілька гілок психології. Однією з особливостей когнітивної науки було надання особливого значення поняттю розуміння у сфері навчання. Активізація досліджень і розробок у цьому напрямку збіглася з періодом активного розвитку технологій електронного навчання.

БЕН як *об'єкт дослідження* розглядається у таких контекстах: інформаційному, дидактичному, організаційно-технологічному, персональному, локальному, національному, глобальному, а також на базі різноманітних підходів, теорій, моделей, методів і технологій, таких як задачний підхід, модель навчаємості в контексті трансформації та взаємодій явних і неявних *знань*.

Здійснене дослідження показало, що єдиного загальноновизнаного формального (математичного) визначення поняття *LLLS* наразі немає.

Ключові принципи створення БЕН (LLLS)

Для розроблення підходів до побудови *LLLS* на базі формалізованого, а не вербального, опису їх запропоновано використовувати принципи конструктивності та системності. У групі принципів конструктивності визначають такі принципи.

Принцип інноваційності БЕН і LLLS. Головним принципом цілеспрямованого

розвитку БЕН є динамічне створення нового електронного знання у формі інноваційних агрегацій навчально-орієнтованого контенту за допомогою *LLLS* для досягнення встановлених цілей. Основним кінцевим критерієм оцінювання БЕН і *LLLS* є якість навчальних практик та набуті компетенції.

Принцип визначеності БЕН і LLLS. Основним методом побудови описів БЕН і *LLLS* є метод послідовної формалізації (Ф-метод), згідно з яким ключові поняття загальної постановки задач вводяться за допомогою формалізації, виходячи з вербального опису ключових ідей і понять із використанням базисної формалізованої структури. Надалі до цього базису додаються й уточнюються релевантні ідеї, поняття однієї або більше теорій, а результати виконання попередніх кроків застосовуються для розв'язання подальших завдань. При цьому виникає наступне ключове завдання-мета – як краще визначити базисну формалізовану структуру на вищому рівні абстракції БЕН і *LLLS*? Загальний шлях виконання такого завдання полягає в тому щоб комплексно використати:

- конструктиви та методи розвинутих формалізованих теорій складних систем;
- методи аналогій для ідентифікації та змістовної інтерпретації релевантних конструктивів, фактів, ідей, абстрактних понять;
- властивості універсального характеру, такі як *форма-зміст*; аксіоматичний метод.

Невизначеність понять є однією з основних проблем побудови *LLLS* і тому її необхідно усунути. Це може бути зроблено за допомогою холістичного підходу («вся система») внаслідок постійного вдосконалення відповідності вербальних і формалізованих описів *LLLS* на базі Ф-методу. Одним з практичних рішень у цьому напрямі є використання Ф-методу в формі визначеного процесу, який можна застосовувати покроково для досягнення певної структури об'єктів або підвищення рівня якості раніше побудованих структур.

Побудова *LLLS* здійснюється на базі моделі контенту, що постійно удосконалюється

із застосуванням механізмів часткового розуміння контенту. Зазначмо, що модель контенту потрібна для розпізнавання, розуміння, ефективної організації, прогнозування та прийняття рішень, пов'язаних із застосуванням контенту.

Принцип «часткового розуміння»: конструктив (комполит, об'єкт) *LLLS* організується у вигляді ієрархії класів; якщо конструктив є невідомим, то забезпечується його часткове розуміння шляхом віднесення до ширшого класу (типу, компоненту) *LLLS*.

Принцип усвідомлення *LLLS*. Усвідомлення *LLLS* і його комполитів здійснюється внаслідок усвідомлення найкращої практики застосування *LLLS*.

Групу принципів системності розроблено за допомогою адаптації принципів системної методології [14].

Принцип системної узгодженості *LLLS*. Підходи, методи, моделі, методики, процедури, алгоритми, організаційне, інформаційне, програмне та інше забезпечення *LLLS* є функціонально взаємозалежними та взаємозв'язаними в єдине ціле.

В операційному плані системна узгодженість *LLLS* означає такий вплив на підсистеми та процедури (зворотній зв'язок), який змушує їх функціонувати скоординовано у взаємозв'язку з визначеною метою або задачею. Нагадаймо, що в загальному випадку мета вважається досягнутою тоді, коли знайдено розв'язок відповідної задачі. Узгодженість зазвичай є сферою діяльності системи управління вищого рівня, яка намагається скоординувати функціонально дії систем управління нижчого рівня. За відсутності єдиної мети останні можуть конкурувати одна з одною.

Двома загальними процедурами побудови загальної математичної моделі *LLLS* та її часткових моделей на базі математичних засад загальної теорії систем є такі:

1) введення додаткової структури для базисних конструкцій *LLLS*;

2) введення структури безпосередньо для самих об'єктів *LLLS*.

Принцип цільової узагальненості *LLLS*. Рівень узагальненості підходів, методів, моделей, методик, процедур, алгоритмів та видів забезпечення *LLLS* має бути достатнім для розв'язання різнотипних класів задач, які відрізняються цілями, природою та властивостями об'єктів.

Двома загальними процедурами для досягнення бажаного рівня узагальнення стосовно цілей є, відповідно, процедури згоривниз і знизу-вгору. Основним напрямом розгортання кроків першої процедури є від абстракції до реалізації, другої – від (практичної) реалізації до абстракції.

Алгоритм першої процедури передбачає виконання таких кроків:

- розробити вербальний опис задачі, яка підлягає формалізації;
- розробити формалізований опис задачі на базі визначеної загальної математичної моделі;
- ввести припущення та обмеження задачі (задач);
- розробити постановки часткових задач на базі відповідних методів;
- запропонувати методи розв'язання задач;
- знайти сфери (галузі, ділянки) застосування;
- сформулювати задачі з практичної реалізації;
- розв'язати реальну практичну задачу;
- використати отримані результати розв'язання практичної задачі.

Алгоритм другої процедури передбачає виконання таких кроків:

- ідентифікувати реальну практичну задачу;
- розробити вербальний опис реальної практичної задачі;
- розробити формальний опис задачі;
- визначити (знайти, вибрати, розробити) метод її розв'язання;
- розв'язати реальну практичну задачу;
- використати отримані результати розв'язання практичної задачі.

Принцип процедурної повноти *LLLS*. Методологія *LLLS* забезпечує виконання всіх процедур від формалізації постановки задачі до використання отриманих результатів її

розв'язання за підтримки інформаційно-комунікаційних технологій. У відповідності з цим принципом, загальними кроками процедури формулювання й аналізу задачі математичного моделювання *LLLS* є:

- розроблення вербального опису задачі;
- концептуалізація задачі;
- представлення загальної схеми (принципового розв'язку) задачі;
- формалізація та формулювання задачі у межах загальної математичної моделі (наприклад, математичних засад загальної теорії систем);
- аналіз задачі з залученням методів побудови часткових моделей на базі загальної моделі *LLLS* та дослідження властивостей.

Принцип цілеспрямованої відповідності *LLLS*. Процедури *LLLS*-процесів є взаємно узгодженими і відповідають досягненню єдиної мети забезпечення необхідного рівня якості інформації для прийняття рішень і розв'язання задачі.

Необхідною умовою успішного практичного використання зазначених процедур загалом є забезпечення належного рівня якості процесів, послуг, алгоритмів, особливо, з оброблення інформації та даних.

Принцип інформаційної узгодженості *LLLS*. Початкова інформація та результати виконання кожної процедури *LLLS* є узгодженими інформаційно з іншими взаємозалежними процедурами та процесами.

Виконання різних процедур *LLLS* вимагає, зокрема, використання декількох видів обліку для врахування цілей різних груп користувачів облікової інформації та даних. Тоді відповідно до цього принципу забезпечується інтеграція видів обліку як системної інформаційної цілісності, тобто, використовується єдина первинна інформаційна база, різними будуть тільки процедури або методи обробки даних.

Зазначмо, що здійснення загальних принципів *LLLS* забезпечується на основі інтеграції можливостей експертів та інформаційних технологій. Тому в методології *LLLS* важливу роль відіграють евристичні методи,

процедури, алгоритми, які базуються на використанні знань, досвіду та інтуїції людей.

Феноменологічний підхід

У феноменологічному підході на вищому рівні абстракції *LLLS* система визначається $\check{S} = \{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n\} \mid i \in N_n\}$ та вважається системою вищого рівня абстракції, якщо задано множини V_i – об'єкти системи та відношення між ними, N_n – множина індексів, $N_n = 1, 2, \dots, n$. Або, іншими словами, є підмножиною декартового добутку V_i , який є БФС. Подальші визначення окремих об'єктів БФС виду $\check{S} \subset \times \{V_i \mid i \in N_n\}$, де \times – символ декартового добутку, задаються на базі сформульованих раніше ключових ідей та принципів. Зокрема, система виду $\check{S} = \{(X, Y)\}$ та $\check{S} = \{(ST, X, Y)\}$ називається системою *вхід – вихід*, якщо задано:

- множину $X = \{(V_i) \mid i \in N_{nx}\}$ – вхідний об'єкт \check{S} ;
- множину $Y = \{(V_i) \mid i \in N_{ny}\}$ – вихідний об'єкт \check{S} ;
- додаткові конструкції до них у вигляді наступних відображень:

$$TR: X \rightarrow Y; TR^{ST}: ST \times X \rightarrow Y,$$

де TR інтерпретується у широкому сенсі як відображення, функція, процедура, алгоритм або процес; ST – множина станів \check{S} та $(x, y) \in \check{S}$ тоді і тільки тоді, коли $\exists(st) [TR(st, x) = y]$.

У межах феноменологічного підходу іноді важко однозначно визначити вихідний об'єкт *LLLS* виходячи із вхідного об'єкта, який навіть є спостережуваним або передбачуваним. У таких ситуаціях можна вводити глобальний або початковий стани об'єкта, але при цьому можуть виникнути нові труднощі. Наприклад, на практиці у кожний момент часу може просто не бути інформації, необхідної для визначення глобального стану *LLLS*. У таких випадках передбачуваності вихідної величини *LLLS* доцільно досягати в такий спосіб. Припустімо, що вхідний об'єкт *LLLS* має дві компоненти $X = M \cup U$ та $S \subset M \times U \times Y$. Припустімо також, що можна визначити першу компоненту m вхідного впливу, а для другого

компонента u можна лише визначити до якої підмножини він належить, тобто, $U_m \subset U$. Тоді у загальному випадку *відкрита система LLLS* визначається у вигляді $Y_m = S(m, U_m)$, де $m \in M$. Зазначмо, що є різні методи відновлення, відбудови *передбачуваності* виходу *LLLS* (проблема передбачуваності), суть яких полягає в переході від розгляду елементів вхідного об'єкта до його підмножин. Визначмо *LLLS* як систему прийняття рішень (СПР). Позначмо X, Y – вхідний та вихідний об'єкт \mathcal{S} . Система

$$\mathcal{S} = \{(X, Y) \mid Z_x, x \in X\}$$

називається СПР якщо задано набір задач $Z_x, x \in X$, з множиною розв'язків R^* і відображенням $TR^Z : R^* \rightarrow Y$ та $TR^Z : R^* \rightarrow Y$ пара $(x, y) \in \mathcal{S}$ тоді і тільки тоді, коли існує елемент $\pi \in \pi^*$, який є рішенням задачі Z_x і $TR^Z(R) = y$. Часто $R^* = Y$, тобто вихідний об'єкт є розв'язком поставленої задачі, а TR^Z є тотожним відображенням. Доведено, що систему *вхід-вихід* можна представити у вигляді СПР і навпаки [17].

Для побудови опису $\times \{V_i \mid iN_n\}$ з використанням конструктиву *TR* вводиться поняття *визначений процес*, який використовується при розгляді або розв'язанні навчальних задач.

Таким чином, створено формалізацію опису поведінки технологічно-можливих систем БЕН, що дає змогу створювати абстрактну систему *вхід-вихід* та моделі окремих процесів на базі використання феноменологічного підходу, що є суттєвим для опису елементів БЕН.

Результати досліджень

Вперше подано оригінальне визначення безперервного електронного навчання як нової сутності з позиції системного аналізу та наведено його характеристики як складної системи під різними кутами зору. Обґрунтовано доцільність формалізації опису БЕН та його складових для подальшого аналізу різних форм реалізації систем БЕН, визначення найсприятливіших напрямів їх розвитку, створення основ проектування компонентів, що полегшує подальшу інтеграцію.

Запропоновано набір ключових принципів створення систем БЕН, які застосовано в реалізації феноменологічного підходу до опису складних систем. Застосування феноменологічного підходу до дослідження БЕН має на меті привернути увагу до вивчення БЕН як цілісної системи. Феноменологічний підхід, зокрема, покрокова формалізація опису елементів БЕН, дає змогу забезпечити пізнання сутності БЕН, його індивідуальних рис для кращого розуміння природи та можливостей розвитку електронного навчання. БЕН розглянуто як сукупність описів, що можуть перетинатися. Так можна розрізняти окремі характеристики електронного навчання, які існують одночасно, та надати багат шаровий опис стану БЕН.

Висновки

Наукова новизна цієї статті полягає у створенні базових основ системних досліджень безперервного електронного навчання «як всієї системи», що розширює теоретичні знання у галузі електронних навчальних систем, пояснює їх природу та закладає фундамент для реального підвищення якості навчання. Запропонований феноменологічний підхід дає змогу створювати інноваційні моделі, методи, технології, а також сервіси та програмні додатки для розвитку системних процесів розвитку навчання. Стаття дає уявлення про альтернативний погляд на безперервне навчання як на складну інформаційну систему, відкриває нову сферу досліджень для математиків, системотехніків, проектувальників та аналітиків складних інтерактивних систем.

Перспективи подальших досліджень

Основа БЕН створюють технології та навчальний контент, які дозволяють підвищити якість навчального процесу, рівень захисту чутливої інформації, забезпечити відповідність очікуванням користувачів, покращити розу-

міння, пришвидшити засвоєння знань та формування навичок. Подальші дослідження БЕН пов'язані з аналізом характеристик навчального контенту, а саме, з визначенням суттєвих чинників, що впливають на вибір

контенту із зазначеними показниками, та ефективної складової, яка підтримує мотивацію, задоволення та зацікавленість у пізнанні. Навчання – це цілеспрямоване вкладення у майбутнє.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Valverde-Berrococo, J., Garrido-Arroyo, M.D.C., Burgos-Videla, C., & Morales-Cevallos, M.B.* Trends in educational research about e-learning: A systematic literature review (2009–2018). *Sustainability*, 2020. 12(12), p. 51-53.
2. *Rodrigues, H., Almeida, F., Figueiredo, V., & Lopes, S. L.* Tracking e-learning through published papers: A systematic review. *Computers & Education*, 2019. 136, 87-98.
3. *Манак А.Ф., Синица Е.М.* Электронные научно-образовательные пространства и перспективы их развития в контексте поддержки массовости и непрерывности. *УСИМ*. 2012. № 4. С. 83-92.
4. *Манак А.Ф.* ИКТ, інновації та підтримка масового безперервного навчання. *Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах*. №3. 2012. С. 20-30.
5. *Гриценко В. І., Манак А.Ф., Синица К.М.* Е-трансформації в навчанні. *УСИМ*, 2018, №1, С. 3-15.
6. A memorandum on life-long learning. Commission staff working paper. Brussels, SEC, No 1832, 2000. pp. 36.
7. *Torres, L., Blevins, A. S., Bassett, D., & Eliassi-Rad, T.* The why, how, and when of representations for complex systems. *SIAM Review*, 2021. 63(3), pp. 435-485.
8. *Бусленко Н.П., Калашиников Н.Н., Коваленко И.Н.* Лекции по теории сложных систем. Москва: Советское радио, 1973. 438 с.
9. *Constantinides, P., Henfridsson, O., & Parker, G. G.* Introduction—platforms and infrastructures in the digital age. *Information Systems Research*, 2018. 29 (2), 381-400.
10. *Манак А.Ф., Синица Е.М.* Инновационные электронные научно-образовательные пространства: взгляд сквозь призму трансформаций. *Международный журнал “Образовательные технологии и общество” (Educational Technology & Society)*. 2014. V. 17. No1. С. 546-577.
11. *Гриценчук, О. О.* Цифрові освітні хаби для підтримки громадянської освіти як складова інформаційно-цифрового навчального середовища: досвід Нідерландів, Бельгії та України. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. 79(5), С. 341-360.
12. *Nath, K.* (2022). Evolution of the Internet from Web 1.0 to Metaverse: The Good, The Bad and The Ugly. *TechRxiv*. Preprint. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.19743676.v1>, DOI 10.36227/techrxiv.19743676.v1
13. *Jacksi, K., & Abass, S. M.* Development history of the world wide web. *Int. J. Sci. Technol. Res.*, 2019. 8(9), С. 75-79.
14. *Букур Н., Деляну А.* Введение в теорию категорий и функторов. М.: Мир, 1972. 259 с.
15. *Месарович М., Такаха Я.* Общая теория систем: математические основы. Пер. сангл. М.: «Мир», 1978. 311 с.
16. *Чошанов, М. А.* Дидактика цифровой эпохи: от преподавания к инженерии учения. *Информатика и образование*, 2018. (10), С. 52-60.
17. *Згуровский М. З., Панкратова Н. Д.* Системный анализ: проблемы, методология, приложения. К.: Наукова думка, 2005. 744 с.

Надійшла 15.09.2022

REFERENCES

1. *Valverde-Berrococo, 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), pp. 5153.
2. *Rodrigues, H., Almeida, F., Figueiredo, V., & Lopes, S. L.* (2019). “Tracking e-learning through published papers: A systematic review”. *Computers & Education*, 136, pp. 87-98.
3. *Manako, A.F., Sinitsa, E.M.*, 2012. “Electronic Scientific-Educational Spaces and the Prospects of their Development in the Context of the Support of the Mass Scale and the Continuity”. *Upravlyayushchie Sistemy i Mashiny*, N 4, pp. 83-92 (In Russian).
4. *Manako, A.F.*, 2012. “ИКТ, innovatsiyi ta pidtrymka masovoho neperervnoho navchannya”. *Informatyka ta informat-siyini tekhnolohiyi u navchal nykh zakladakh*, N 3, pp. 20-30 (In Ukrainian).
5. *Gritsenko, V.I., Manako, A.F., Synytsya, E.M.*, 2018. “E-Transformation in Learning”. *Upravlyayushchie Sistemy i Mashiny*, N 4, pp. 3-15 (In Russian).

6. A memorandum on life-long learning. Commission staff working paper. Brussels, SEC, No 1832, 2000, pp. 36.
7. Torres, L., Blevins, A. S., Bassett, D., & Eliassi-Rad, T., 2021. "The why, how, and when of representations for complex systems". SIAM Review, 63 (3), pp. 435-485.
8. Buslenko, N.P., Kalashnikov, N.N., Kovalenko, I.N., 1973. Lektsii po teorii slozhnykh si-stem. Moskva : Sovetskoye radio, 438 p. (In Russian).
9. Constantinides, P., Henfridsson, O., & Parker, G. G. (2018). Introduction—platforms and infrastructures in the digital age. Information Systems Research, 29(2), 381-400.
10. Manako, A.F., Sinitsa, Ye.M., 2014. "Innovatsionnyye elektronnyye nauchno-obrazovatel'nyye prostranstva: vzglyad skvoz' prizmu transformatsiy". Mezhdunarodnyy zhurnal "Obrazova-tel'nyye tekhnologii i obshchestvo". Educational Technology&Society. 17 (1), pp. 546-577 (In Russian).
11. Gritsenchuk, O. O., 2020. "Tsifrov osv tn khabi dlya p dtrimki gromadyans'ko osv ti yak skla-dova nformats yno-tsfirovogo navchal'nogo seredovishcha: dosv d N derland v, Bel'g ta Ukra ni". nformats yn tekhnolog zasobi navchannya, 79(5), pp. 341-360
12. Nath, K., 2022. "Evolution of the Internet from Web 1.0 to Metaverse: The Good, The Bad and The Ugly". TechRxiv. Preprint. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.19743676.v1>.
13. Jacksi, K., & Abass, S. M., 2019. "Development history of the world wide web". Int. J. Sci. Technol. Res, 8(9), pp. 75-79.
14. Bukur, N., Delyanu, A., 1972. Vvedeniye v teoriyu kategoriy i funktorov. M.: Mir, 259 p. (In Russian).
15. Mesarovich, M., Takakhara, YA., 1978. Obshchaya teoriya sistem: matematicheskiye osnovy. Per. sangl. M.: "Mir", 311 p. (In Russian).
16. Choshanov, M. A. (2018). Didaktika tsifrovoy epokhi: ot prepodavaniya k inzhenerii ucheniya. Informatika i obrazovaniye, (10), pp. 52-60. (In Russian).
17. Zgurovskiy, M.Z., Pankratova, N.D., 2005. Sistemnyy analiz: problemy, metodologiya, pri-lozheniya. K.: Naukova dumka, 2005. 744 p (In Russian).

Received 15.09.2022

A.F. Manako, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of the Department, International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, ave. Acad. Glushkov, 40, Kyiv, 03187, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-7118>, alla@irtc.org.ua

SYSTEMATIC INVESTIGATION OF CONTINUOUS E-LEARNING AS A COMPLEX INFORMATION SYSTEM

Introduction. For quite a long time, this problem was considered from a pedagogical point of view in various aspects. With the technological development of society, more and more attention was paid to the informational view of *e-learning*, its importance in the global processes of formation of new constellations of specialists. This was noted in world publications of all countries. It has been proven that *e-learning* is a complex information system, the study of which should begin with a system analysis, it is the system studies that create the basis for further consideration. Based on the analysis of the main processes of continuous learning from a technological perspective. One of the most important is the mathematization of the processes and phenomena of the surrounding world. This process provides a transition from verbal natural language definitions to abstract models.

Purpose. The purpose of the article is a systematic study of continuous *e-learning* as a complex information system by formalizing the formalization of the elements of continuous education.

Methods. The paper presents studies of the mechanisms of formation of values based on the phenomenological approach. Basic formalized structures are considered. In the phenomenological approach at the highest level of abstraction lifelong learning is defined as a system of the highest level of abstraction, if the objects of the system and the relationships between them are given.

Results. The article considers a number of issues related to systematic studies of electronic continuous learning. The role of formalization of elements of continuous education is presented. It is necessary to note the special importance of the procedure of formalization of tasks. The key principles of continuous learning as a complex system are defined. The application of the phenomenological approach made it possible to significantly improve knowledge, practical work and research.

Conclusion. The article provides an idea of an alternative view of continuous learning as a complex information system, opens a large field of research for mathematicians, system engineers, specialists in the field of data bases.

Keywords: *system: information technology, process, model, technological aspects of continuous learning.*