

УДК 53 (07)

DOI <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2024.4.9>

О. С. КУЗЬМЕНКО

*доктор педагогічних наук, професор,
учений секретар секретаріату Вченої ради,
Донецький державний університет внутрішніх справ, м. Кропивницький, Україна;
провідний науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання,
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна
Електронна пошта: Kuzimenko12@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>*

О. Ю. ЗАСЕНКО

*кандидат економічних наук, науковий співробітник відділу створення
та використання інтелектуальних мережних інструментів,
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна
Електронна пошта: o.zasenko@icloud.com
<https://orcid.org/0000-0003-2943-3021>*

Т. І. БЄЛАН

*провідний інженер відділу створення та використання інтелектуальних мережних інструментів,
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна
Електронна пошта: t.belan08@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8138-9614>*

В. М. КУДЛЯК

*старший науковий співробітник відділу створення та використання інтелектуальних
мережних інструментів,
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна
Електронна пошта: masterds56@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3500-1639>*

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ STEM-ОСВІТИ В ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНЕ ІНФОРМАЦІЙНО-ДИДАКТИЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Стаття присвячена дослідженню імплементації STEM технологій у трансдисциплінарне інформаційно-дидактичне середовище (ТІДС) як ключового напрямку модернізації сучасної освіти. Розкрито методику навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, що базується на принципах STEM. Вона спрямована на інтеграцію міждисциплінарних знань, розвиток критичного мислення, творчості та інженерних навичок у здобувачів освіти, відповідаючи вимогам сучасної науки, техніки та інноваційного виробництва.

У роботі висвітлено категорії сучасних цифрових сервісів, актуальних для впровадження STEM технологій у ТІДС. Зокрема, акцент зроблено на інструментах моделювання фізичних явищ, симуляції інженерних процесів, платформ для візуалізації даних, а також на системах дистанційного навчання та платформах для навчання, що забезпечують інтерактивну взаємодію. Обґрунтовано роль цих сервісів у забезпеченні індивідуалізації навчання та адаптивності до освітніх потреб суб'єктів навчання на засадах STEM.

Особливу увагу приділено основним компонентам онтологічних систем, що впроваджуються у ТІДС на основі STEM. Визначено їхню функціональну структуру, яка включає засоби для семантичного аналізу даних, автоматизації освітнього процесу та інтеграції з іншими інформаційними системами. Досліджено технологічні умови, необхідні для ефективного функціонування такого середовища, зокрема адаптивність, інтерактивність, масштабованість та інтеперабельність.

Запропоновано класифікацію STEM технологій за освітніми контекстами, що враховує їхню роль у формуванні міждисциплінарних компетентностей. Крім того, розроблено структуру когнітивних сервісів, побудованих на засадах трансдисциплінарних онтологій. Ці сервіси забезпечують персоналізацію навчання, підтримують реф-

лексивний аналіз знань здобувачів освіти і сприяють розвитку ключових компетенцій XXI століття, таких як здатність до інновацій, комунікація та співпраця.

Результати дослідження демонструють, що впровадження STEM технологій у ТІДС сприяє підвищенню якості освіти, інтеграції інноваційних підходів в освітній процес та підготовці висококваліфікованих фахівців з фізико-математичних та інженерно-технічних галузей. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових освітніх програм і методик, спрямованих на інтеграцію STEM у навчання.

Ключові слова: освітні технології, STEM-освіта, трансдисциплінарність, інформативно-дидактичне середовище, онтології, наратив.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В сучасних умовах розвитку інноваційних технологій є актуальною проблема інформатизації освіти та впровадження технологій STEM-освіти, що охоплює, створення єдиного інноваційного освітнього простору. Її можна вирішити впроваджуючи принципи трансдисциплінарності та мережецентризму, зокрема за рахунок підвищення прозорості та оперативності роботи органів, установ та закладів освіти, а також формування єдиного картини стану.

Сучасні інноваційні освітні програми, спрямовані на розвиток навичок XXI століття, які сформульовані та структуровані в документах освітнього альянсу The Partnership for 21st Century Learning (Skills) (вживається скорочення – (P21)). На основі масштабних досліджень та співпраці з науково-педагогічними працівниками, освітніми експертами та бізнес-лідерами всього світу, деякі об'єднання фахівців з напряму інноваційних технологій, розробили карту ключових навичок XXI століття для реалізації професійної діяльності. Ця карта містить основні визначення, приклади практичного застосування, варіанти міждисциплінарних тем і форматів комунікації для кожної компетенції, що відповідає STEM-освіті. Таким чином, йдеться про використання робототехнічних комплектів, STEM-технологій, ігрових методик, цифрових платформ, елементів віртуальної та доповненої реальності та ін.

Фахівцями даного альянсу на підставі ґрунтовних масштабних досліджень, співпраці з науково-педагогічними працівниками, експертами з освіти та бізнес-лідерами з усього світу було розроблено мапу ключових навичок для успішного життя і праці у XXI ст., яка містить основні визначення, приклади прояву, варіанти міждисциплінарних тем, форми комунікації для кожної з виокремлених компетенцій, що притаманні STEM (наприклад, впро-

вадження роботи технічних комплектів, STEM технологій, ігрових технологій, інжинірингу). Науковці з альянсу P21 розробили певні методичні особливості з урахуванням soft skills, які є актуальними для системи освіти XXI ст. Ці особливості обов'язково повинні враховувати взаємодію триєдиної ланки взаємодії освіти, бізнесу та управліннянської ланки. Імплементация STEM та цифровізація освітнього процесу повинна відповідати інноваційним тенденціям сьогодення та враховувати ключові напрями для вирішення завдань сучасної організації та розвитку навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти.

Тому, з метою підвищення рівня інтелектуальних можливостей та вдосконалення управління контентом навчальних курсів у сфері STEM-освіти та інноваційних технологій було розроблено програмні рішення, що базуються на нейромережах, які підтримують навчально-дослідницьку, проектну роботу здобувачів освіти.

Однією з форм організації сервісів цифрової освіти, зокрема STEM, є впровадження цифрових лабораторій, платформ та нейромереж, що відображають фізичні та технічні процеси, що є фундаментальним аспектом для вивчення професійно орієнтованих дисциплін в інженерно-технічній та фізико-математичній галузях. Ці ініціативи реалізуються через віртуальні центри STEM-освіти (зокрема, що наявні в НЦ «МАНУ», ЗВО, професійно-технічних закладах освіти та закладах загальної середньої освіти), що відображають сучасні тенденції в галузі фізико-технічних та інженерно-технічних дисциплін, зокрема з використанням онтологічних рішень та інноваційних технологій. Такі платформи дозволяють здобувачам освіти брати участь у реальних і віртуальних навчальних дослідженнях та інтегруватися в міжнародні дослідницькі проекти (наприклад, ICE Cubes Service, Edu-arctic, Biotalent та ін.).

Відмітимо, що для імплементации технологій STEM освіти в закладах освіти різного рівня

та профілю, потрібно враховувати трансформацію освітніх програм, що мають зміни відповідно до вимог сьогодення. За цей період накопичується велика кількість наукових досліджень та навчально-методичної літератури з інноваційних тенденцій, тому дані матеріали потрібно враховувати у процесі використання та створення цифрового контексту, що відображатиме аспекти розвитку STEM освіти. Тому у процесі створення та використання цифрових освітніх ресурсів виникла проблема великих даних (Big Data), розв'язання якої не забезпечує жодна з вищенаведених платформ.

В нашому дослідженні окреслено категорії сучасних цифрових сервісів, що є актуальними для впровадження STEM технологій в трансдисциплінарне інформаційно-дидактичне середовище (далі – ТІДС), а саме:

- спроможність інноваційного освітнього середовища закладу освіти різного типу та профілю надавати ефективні освітні послуги та цифрову освітню логістику;
- використання інтелектуальних засобів освітнього середовища формує складний ланцюг транзакцій навчальної діяльності для кожного суб'єкта навчання, засобами аналізу та використання спроможностей впровадження STEM технологій. Ці спроможності повинні представляти всю множину ресурсів, які забезпечують освітній процес. Але є й такі системи (наприклад, LMS, CMS та ін.), що не враховують, ефективність навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Відповідно для впровадження таких систем, потрібно розробляти відповідну методику навчання для вивчення фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін.

Таким чином, необхідність розробки механізмів, що забезпечують функціонування ТІДС на засадах STEM, а також забезпечення трансдисциплінарності досліджень є пріоритетним напрямом для задач інформаційної підтримки наукових та інших досліджень, що дозволить ефективніше їх планувати, організовувати і проводити, і може бути застосовано до діяльності здобувача освіти, в якій залучені мережеві та STEM технології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Створення цифрових освітніх середо-

вищ повинно містити дві важливі складові, це створення й підтримка сучасного потужного, адаптивного ТІДС на засадах STEM та наповнення його предметним методичним змістом. Останнім часом з'являються так звані провайдери освітніх сервісів, які пропонують адаптивні апаратно-програмні платформи та доступ до потужних інформаційних ресурсів. Це дозволяє розробляти курси навчання для фахівців у галузі STEM, сприяючи формуванню цифрових баз знань для подальшого використання в освітньому процесі.

Таким чином, в ТІДС, онтологічні системи будуть забезпечувати концептуальне відображення інформаційних процесів на засадах STEM. Розглянемо ключові системні компоненти ТІДС до яких віднесемо:

- множину концептів як структуру семантичних одиниць-понять;
- формальну модель предметних знань, представлену за допомогою деякої мови на основі опису концептуальної системи;
- функціональну модель, яка забезпечує уніфікацію термінології, логіку опрацювання таксономічних категорій і відношень між ними, а також аксіоматизацію описів процесів, причинних зв'язків і процедур онтології.

Зокрема, таксономія є ключовим інтелектуальним інструментом для формування єдиного інформаційного простору, що дозволяє ефективно створювати, відображати та інтегрувати дисциплінарні метасистеми в ТІДС на засадах STEM. Вони є основою для вирішення складних завдань інтероперабельності знань здобувачів освіти, їх семантичної інтеграції, управління знаннями, системного аналізу та оптимізації процесів інформації.

В нашому дослідженні операціональна складова ТІДС реалізується через наратив дискурсу. Операціональність визначатиметься через ознаки множинної гіпервластивості (рефлексія, рекурсія, редукція). Інтерпретація цих гіпервластивостей розвивається через когнітивні функції, які визначають метапроцедури (структурізація, аналіз, виокремлення проблем, синтез).

Окреслимо технологічні умови, які є важливими для функціонування ТІДС на засадах STEM:

- створення комплексного IT-рішення, що використовуватиметься для єдиного мережецентричного ТІДС;

- розв’язання когнітивних метазадач в процесі обробки текстових документів, баз даних та знань із напрму STEM (розгляд методів структуризації, аналізу, синтезу та ін.);
- підтримка процесів інформаційного пошуку та створення інноваційних цифрових мережових колекцій текстових документів, релевантних для STEM-досліджень та подальшої експертної оцінки;
- впровадження інтерактивних методів взаємодії з кожним документом та забезпечення його атрибутивної інтеграції за допомогою STEM технологій та інформаційних ресурсів;
- моніторинг інформаційних процесів, оцінка стану впровадження STEM технологій, експертна оцінка щодо їх ефективності застосування в процесі навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін;
- врахування мережецентричної взаємодії та звязку між базами інформації із імплементації STEM технологій з урахуванням міждисциплінарних зв’язків з вивчення фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін;
- забезпечення процесів порівняльного аналізу інформаційних джерел за критеріями та вибору відповідних записів і документів за параметрами щодо інформації з впровадження STEM технологій в освітній процес закладів освіти різного типу та профілю;
- забезпечення процесу розв’язання завдань оптимального вибору та розробка на цій основі альтернативних варіантів рішення типових завдань з їх обґрунтуванням при врахування STEM-показників;
- розроблення та обґрунтування багаторівневої схеми реалізації STEM-рішення на етапах освітньо-наукового циклу (зокрема, актуальності проблеми-гіпотеза-новизна-теоретичне та практичне значення-апробація-ефективність для освітньо-наукового середовища-врахування запитів стейкхолдерів);
- формування багаторівневої схеми реалізації STEM рішень на всіх стадіях життєвого циклу, а саме: «проблема – дослідження – вибір – обґрунтування – розроблення – впровадження – виробництво – супроводження» у вигляді онтології процесів;
- взаємодія профільних експертів щодо напрямів STEM у форматі наративного дискурсу, відповідно до проаналізованих інформаційних ресурсів.

Враховуючи вищезазначеного, оптимальний варіант для виконання вимог щодо створення ТІДС є розроблення та впровадження інтелектуальних мережецентричних когнітивних сервісів, здатних забезпечити аналіз, оцінку та вибір науково-технічного та технологічного матеріалу за напрямами STEM, а також щодо рішень розробки та функціонування STEM-технологій і виробів.

Зазначимо, що розробка засобів STEM-навчання для функціонування ТІДС забезпечує удосконалення методики навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін. Це передбачає: використання нових методів, прийомів, засобів та STEM-технологій навчання, які формують проблему розв’язання низки методичних завдань; застосування і запровадження в освітньому процесі з фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін важливих наукових досягнень, а також посилення тих аспектів, котрі стимулюють та активізують самостійну пізнавальну діяльність здобувача освіти.

Вибір доцільних технологій навчання, а саме технологій STEM освіти залежить від фахової реалізації та ефективності дидактичного процесу у навчанні фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін. Технологічний підхід передбачає деяку технологічність форм і методів навчання фізико-математичних дисциплін на засадах STEM, з точки зору її структури, а також конструювання і практичного застосування даних елементів на заняттях з фізики, радіоелектроніки, електротехніки та ін на основі STEM-технологій. Проектування освітнього процесу на основі технологій STEM розглядає формулювання завдань, що розглядаються у процесі навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін.

За даними UNESCO, дефініція «технологія навчання» розглядається як комплексне створення, застосування та визначення процесу навчання, що керується засвоєнням знань, які орієнтуються на людські та технічні ресурси. Дане поняття є системним методом, який ствить своїм завданням оптимізацію освіти.

Таким чином, педагогічна технологія, відповідно до досліджень С. Вітвіцької [1] має основні методологічні вимоги та критерії тех-

нологічності. Тому ці критерії технологічності, розкриваються в складових STEM-освіти, що нами враховано в процесі розроблення методики навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін. Розглянемо дані критерії:

1. Врахування ідей STEM-концепції, що розглядає психологічне, дидактичне, соціальне та педагогічне обґрунтування освітніх цілей навчання для фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін.

2. Забезпечення системності у навчанні з фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін (дотримуватися ознак системи, що ґрунтується на STEM-технологіях).

3. Взаємозв'язок усіх елементів системи (зокрема, фізики та дисциплін професійного напрямку: авіоніки, радіоелектроніки, електротехніки, принципів польоту та ін.), з урахуванням їх логічного та цілісного поєднання.

4. Єдність змістової та процесуальної частин, їх взаємодоповненість та взаємообумовленість у навчанні фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін на основі технологій STEM-освіти.

Призначення технологій STEM-освіти полягає в прогнозуванні розвитку освітніх систем, їх проектування, планування та визначення факторів, які відповідають освітнім цілям.

Зокрема, науковці, Ю. Сурмін та Н. Туленков [Сурмін, Туленков] розглядають «освітні технології» як складні відкриті системи, що об'єднують різноманітні методи й прийоми, які концептуально спрямовані на досягнення пріоритетних цілей STEM освіти, та взаємно пов'язані змістом, завданнями, методами і формами щодо впровадження інноваційних технологій.

Тому, на нашу думку, STEM-технології є компонентом освітніх технологій, що характеризують загальну стратегію розвитку освіти і ТІДС.

Відповідно до аналізу досліджень Т. Туркот [Туркот], що структурне відношення блоксхем та операцій технологій STEM-освіти є невід'ємною частиною освітніх технологій навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, що полягає в наступному:

1) отримання професійних знань з фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін на засадах STEM;

2) формування освітніх цілей і завдань у навчанні фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін на основі STEM-технологій;

3) з'ясування змісту і методів освітнього процесу з фізико-математичних та технічних дисциплін;

4) перевірка результатів та його ефективності у процесі навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін в контексті STEM-освіти;

5) корекція і упровадження технологій STEM освіти в педагогічну практику навчання в закладах освіти різного рівня та профілю;

6) проведення діагностування рівня знань в здобувачів освіти щодо ефективності впровадження STEM технологій у вивченні фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін.

У контексті зазначеного методика навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін в умовах STEM-навчання повинна бути орієнтованою на сучасний стан розвитку техніки і суспільства, враховувати останні досягнення психолого-педагогічних наук, сприяти підвищенню активності здобувачів освіти в опануванні новою науковою інформацією та спрямованості освітнього процесу на майбутню професійну діяльність.

Класифікацію STEM-технологій навчання подано на рис 1.



Рис. 1. Класифікація STEM-технологій

Розроблена нами методика навчання фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін з врахуванням технологій STEM освіти [Кузьменко, Дембіцька та ін.] передбачає:

– створення нових STEM-засобів навчання, що доповнюватимуть існуючі і надаватимуть можливості розширити їх функції відповідно до нової парадигми освіти, у якій здобувач освіти розглядається як активний суб'єкт, від усвідомленої освітньої діяльності;

– використання комплектів із STEM освіти, що відповідають ергономічним вимогам для отримання ефективних результатів у навчанні фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін;

– опанування здобувачами освіти сучасними цифровими платформами, технологіями STEM-освіти в реаліях сьогодення для подальшого їх використання в своїй професійній діяльності;

– розроблення засобів багатофункціонального призначення, що спрямоване на виявлення міжпредметних зв'язків та інтеграцію змісту дисциплін фізико-математичного та інженерно-технічного профілю в контексті розвитку STEM-освіти;

– врахування особливостей організації та виконання проектної роботи на основі технологій STEM освіти, що розвиватиме у здобувачів вищої освіти уміння налагоджувати фізичні/технічні установки, передбачати очікуваний результат, самостійно експериментувати, виконувати різні вимірювання й розрахунки, оцінювати фізичні явища, а також узагальнювати одержані результати;

– поєднання технологій STEM-освіти із системою фізичного експерименту, що відповідатиме сучасним психолого-педагогічним, ергономічним вимогам.

Впровадження технологій STEM освіти можлива лише за умови створення єдиного інформаційного простору у форматі нарративного дискурсу в рамках STEM-освіти. Цей підхід забезпечує інтегроване використання розподілених інформаційних ресурсів, інноваційних технологій та корпоративних систем знань в ТІДС, що сприяє ефективному обміну та використанню знань здобувачів освіти з фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін [Головін, Стрижак, Величко].

Зазначимо, що в освітньому процесі закладів освіти різного рівня та профілю, трансдисциплінарні онтології за напрямками STEM, забезпечуватимуть взаємодію експертів з інформаційними ресурсами щодо STEM у форматі нарративного дискурсу. Вони є тим мережевим інтелектуальним інструментом, здатним створити єдиний інформаційний STEM простір на основі трансдисциплінарної процедури лек-

сико-семантичного аналізу інформаційних ресурсів. Такий ресурс створений за деякою інформаційною технологією, що об'єднана в інформаційний простір.

Отже, трансдисциплінарна онтологія в рамках STEM формує цей простір у форматі нарративного дискурсу, який підтримує використання різних типів описів, які обробляються когнітивними сервісами динамічної мережевої системи з комплексним компонентним орієнтуванням на інноваційні тенденції в освітньо-науковому просторі.

Зазначимо, що вищезазначені функціональні сервіси ТІДС поділено на дві групи:

– сервіси лінгвістично-семантичного оброблення інформаційних ресурсів в контексті STEM освіти;

– сервіси трансдисциплінарного аналізу та підтримки прийняття рішень щодо впровадження технологій STEM освіти.

Авторський колективом розроблено та обґрунтовано структуру когнітивних сервісів (рис. 2), що реалізується на засадах трансдисциплінарних онтологій в контексті STEM-освіти в ТІДС.

Розглянемо характеристики кожної групи та сервісу.

Онтолого-лексикографічна група складається з трансдисциплінарних сервісів, які спрямовані на обробку та модифікація неструктурованої текстової інформації щодо впровадження технологій STEM освіти. Основні сервіси даної групи наведено в таблиці 1.

До онтолого-аналітичної групи відносяться сервіси, що забезпечують аналітичну діяльність експертів в ТІДС (див. таблицю 2).

Тому, ці трансдисциплінарні процедури забезпечують відповідними структурами даних усі аналітичні сервіси та відповідають вимогам ТІДС в контексті STEM-освіти.

Отже, ці когнітивні процедури реалізують процеси семантико-лінгвістичного аналізу значних обсягів просторово-розподіленої неструктурованої інформації, її структурування, встановлення контекстних зв'язків між оброблюваними документами, прогнозування та підтримку процесів раціонального вибору, що сприяє формуванню інтелектуальних WEB-орієнтованих інформаційно-аналітичних рішень, що доцільно розглядати в умовах розвитку STEM-освіти.

Відзначимо, що вищезазначені когнітивні процедури, впливають на інтеграцію всіх корпоративних та зовнішніх інформаційних ресурсів для створення сучасного ТІДС на основі технологій STEM освіти. З впровадженням трансдисциплінарного підходу є можливість доступу до потрібної інформації щодо впровадження STEM технологій та розвитку цифрових платформ для кожного експерта відповідно до його профілю. Крім того, потрібно забезпечити створення технологічних умов для налагодження взаємодії між експертами для опрацювання великих обсягів інформації щодо впровадження STEM технологій в ТІДС.

Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. STEM освіта наразі виступає як основою для підготовки висококваліфікованих кадрів з фізико-математичного та інженерно-технічного напрямку. Її інтеграція в ТІДС дозволяє забезпечити глибше розуміння міждисциплінарних дисциплін, що в свою чергу сприяє формуванню в здобувачів освіти системного та критичного мислення з використанням трансдисциплінарного підходу до вирішення практичних завдань.

Для ефективною реалізації STEM освіти в закладах освіти різного рівня та профілю потрібно створити єдиний інформаційний простір, який забезпечить доступ до навчальних матеріалів, ресурсів та когнетивних сервісів.

Цей простір повинен враховувати трансдисциплінарний аспект для аналізу та управління STEM знаннями, а також забезпечувати прозорість щодо надання інформації здобувачам освіти та зручність використання технологій STEM-освіти.

Отже, всесвітня мережа стала платформою для реалізації когнітивно-комунікативного сценарію розвитку STEM-освіти. Ключовими технологіями цього процесу є інженерія знань, що використовує ІТ-інструменти, такі як STEM технології, Big Data, Semantic-WEB, Data Mining. Це дозволяє забезпечити ефективне управління знаннями в освітньому STEM-середовищі. Тому успішність даного напрямку визначається інтелектуальним рівнем і загальною ефективністю взаємозв'язків між мережевими інформаційно-освітніми системами.

Тому, використання когнітивних сервісів є важливим елементом STEM освіти, так як вони дозволяють автоматизувати процеси аналізу, обробки великих даних та ухвалення рішень. Їх використання сприяє персоналізації навчання, адаптації навчального матеріалу до потреб користувача та створенню інтерактивних середовищ для навчання.

Перспективами подальших досліджень є розроблення моделі процесу інтеграції мережових інформаційних ресурсів, як гетерогенних інформаційних STEM середовищ.



Рис. 2. Зображення інформаційно-аналітичної підтримки когнітивних сервісів

Таблиця 1

Сервіси онтолого-лексикографічної групи в ТІДС

№ з/п	Назва сервіса	Характеристика
1	лінгвістично-семантичний аналіз природної мови	інформація в контексті STEM обробляється як українською та англійською мовами, з урахуванням наданих вихідних даних (включає формалізацію синтаксично-семантичної структури термінів у форматі XML); автоматичне створення документів з багатослівних STEM дефініцій; визначення семантичних консткцій згідно STEM напрямів [7]
2	таксономізація природно-мовних текстів	когнітивна процедура структурізації текстових STEM масивів на основі системологічного представлення їх термінологічної системи у вигляді ієрархії дозволяє таксономізувати STEM тексти. Результатом цієї процедури є графічне представлення структури, де кожна вершина містить відповідні контексти за напрямом STEM, що включають семантичні описи та характеристики відповідного терміна [7, 8]
3	рекурсивна редукція контекстів природної мови	когнітивна процедура багатоетапного перетворення первинної структури STEM-тексту в онтологічний формат на основі створення первинних шаблонів забезпечує автоматичне трансформування STEM-текстових масивів у таксономію, тезаурус та онтологію [9, 10]
4	цифрова колекція документів	процедура систематизації STEM інформаційних мережевих ресурсів (big data sources), об'єднаних за загальною ознакою (мовними, понятійними, прагматичними, часовими, стильовими, функціональними, інтенційними тощо), забезпечує ефективну організацію та класифікацію інформації для подальшого аналізу та застосування в освітньому процесі на засадах STEM [9]
5	індексна розмітка інформаційних ресурсів	трансдисциплінарне відображення семантично пов'язаних STEM-контекстів здійснюється через обмін інформацією між розподіленими інформаційними ресурсами (джерелами Big Data), що сприяє інтеграції та аналізу даних з різних дисциплін [9]
6	встановлення міжконтекстних зв'язків	процедура виявлення присутності відповідних STEM-термінів та слів у різних контекстах оброблених документів у визначених їх місцях та ролях у різних контекстах для забезпечення точності [7, 8]
7	полімовна синонімічна зона	створення полімовної синонімічної STEM-зони забезпечує формування синонімічних зон для різних мов, що забезпечує взаємозамінність дефініцій і словосполучень [11, 12]
8	інтерактивний онтологічний документ	програмна система, яка на основі таксономічного та онтологічного представлення STEM текстових масивів забезпечує інтерактивну взаємодію з кожним терміном та словосполученням, які мають множини контекстних дефініцій. Забезпечує динамічну зміну порядку відображення контекстів термінологічної STEM системи тексту у процесі взаємодії з множиною документів та інформаційних систем. програмна система забезпечує інтерактивну взаємодію з кожним терміном та словосполученням із STEM овіти, які мають множини контекстних визначень, а також таксономічне та онтологічне представлення масивів текстової інформації за STEM напрямками [11, 13]

Таблиця 2

Сервіси онтолого-аналітичної групи в ТІДС

№ з/п	Назва сервісу	Характеристика
1	багатокритеріальний порівняльний аналіз	розглядає клас завдань, що орієнтовано на раціональний вибір та багатокритеріальне розташування STEM-інформації
2	ранжування альтернатив	виначається розгляд альтернатив згідно множини критеріїв STEM освіти, що складається з початкової множини альтернатив, для прийняття суб'єктом навчання оптимального рішення [14]
3	конкурентна нормалізація критеріїв	аналіз домінування одних альтернатив над іншими, з огляду на їх статистику затребуваності використання STEM технологій в освітньому процесі закладів освіти різного типу та профілю [14]
4	обернене ранжування альтернатив	ранжування інформації за напрямками STEM освіти, спрямоване на підвищення рівня аналізу отриманих результатів та розширення онтологічної STEM моделі відповідно до сучасних вимог освіти
5	експертне оцінювання	процедура отримання оцінки STEM-проблем обґрунтовується STEM експертами для прийняття рішення щодо ефективності їх впровадження відповідно розроблених критеріїв
6	раціональний вибір	дослідження лінійного порядку над множиною альтернатив щодо аналізу масивів STEM інформації [15]
7	онтологічний інтерфейс	використання засобу зручної взаємодії ІАС, що вирішує низку задач проблемного контексту відповідно заданих STEM технологій [16]
8	трансдисциплінарна категоризація контекстів	створення бінарних сполучень між STEM дефініціями та словоформами, що формує системологічний клас STEM описів [8, 17]
9	прогнозне оцінювання станів розвитку процесів	прийняття рішення щодо вибору науково обґрунтованих варіантів варіантів тенденцій розвитку STEM освіти або коригування показників стану наявних зразків інноваційної продукції із STEM у часі й просторі
10	система індикаторів	створення трансдисциплінарних STEM інноваційних рішень та формування рейтингової оцінки, враховуючи індикатори щодо впровадження STEM технологій [15]
11	керуюча онтологія	операціональне розширення трансдисциплінарних STEM матеріалів, для вирішення спектру задач, які будуть враховувати контекст онтології із STEM освіти [8, 16]

ЛІТЕРАТУРА

1. Вітвицька С. С. Основи педагогіки вищої школи: підр. за модульно-рейтинговою системою навчання для студентів магістратури. Київ : Центр навч. л-ри, 2006. 384 с.
2. Сурмин Ю. П., Туленков Н. В. Теория социальных технологий : Учеб. Пособие. Киев : МАУП, 2004. 608 с.
3. Туркот Т. І. Педагогіка вищої школи: навч. посіб. для студ. ВНЗ. Київ: Кондор, 2011. 628 с.
4. Кузьменко О. С. STEM-модельовання фізичних явищ у процесі навчання студентів професійно-технічним дисциплінам в закладах вищої освіти. *Наукові записки* / Ред. кол.: В. Ф. Черкасов, В. В. Радул, Н. С. Савченко та ін. Серія : Педагогічні науки. Кропивницький, 2018. Вип. 168. С. 120–124.
5. Kuzmenko, O., Dembitska, S., Miastkovska, M., Savchenko, I., Demianenko, V. Onto-oriented Information Systems for Teaching Physics and Technical Disciplines by STEM-environment. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 2023, 13(2), pp. 139–146. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.36245>
6. Головін О.О., Стрижак О.Є., Величко В.Ю. Мережецентрична взаємодія експертів у форматі нарративного дискурсу. *Medical Informatics and Engineering*. 2020. № 4 (52). С. 19–25.
7. Dovgyi, S., Stryzhak, O. (2021). Transdisciplinary Fundamentals of Information-Analytical Activity. In: Pchenko, M., Uryvsky, L., Globa, L. (eds) *Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 152. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_7
8. О. С. Стрижак, В. В. Горборуков, О. В. Франчук, М. А. Попова. Онтологія задачі вибору та її застосування при аналізі лімнологічних систем. *Екологічна безпека та природокористування : Збірник наукових праць*. Київський національний університет будівництва і архітектури, НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. Київ, 2014. Вип. 15. С. 172-183.
9. Широков В. А. Язык. Информация. Система: Трансдисциплинарность в лингвистике. Київ: 2017. 280 с.
10. Широков В. А., Булгаков О. В., Грязнухіна Т. О., Костишин О. М., Кригін М. Ю. Корпусна лінгвістика: монографія. Київ: Довіра, 2005. 472 с.
11. Надутенко М. В. Віртуалізовані лексикографічні системи та їх застосування у прикладній лінгвістиці: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 10.02.21 / Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського. Київ, 2016. 22 с.
12. Elson D. K. Modeling Narrative Discourse: Ph.D. thesis. Columbia University. New York City, 2012. 383 p.
13. Приходнюк В. В. Технологічні засоби трансдисциплінарного представлення геопросторової інформації: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.13.06 / ІТГП НАНУ. Київ, 2017. 20 с.
14. Горборуков В.В. Технологічні засоби онтологічного супроводу розв'язання задач ранжування альтернатив: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Вячеслав Вікторович Горборуков, НАН України. Ін-т телекомунікацій і глоб. інформаційного простору. Київ : [Б.в.], 2018. 20 с.
15. В. П. Горбулін, С. К. Полумієнко, О. С. Стрижак. Індикативне оцінювання науково-технологічного розвитку України: методологічний аспект. *Стратегічна панорама*. 2018. № 1. С. 5-19.
16. Попова М. А. Модель онтологического интерфейса агрегации информационных ресурсов и средств ГИС. *International Journal "Information Technologies and Knowledge"*. 2013. Vol. 7, Issue. 4. Pp. 362-370.
17. Стрижак О. Є., Потапов Г.М., Приходнюк В.В., Чепков Р.І. Еволюція управління – від ситуаційного до трансдисциплінарного. *Екологічна безпека та природокористування: Збірник наукових праць*. Київський національний університет будівництва і архітектури, НАН України Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. Київ, 2019. Вип. 2 (30). С. 91-112.

REFERENCES

1. Vitvytska S. S. (2006). *Osnovy pedahohiky vyshchoi shkoly: pidr. za modulno-reitynhovoioiu systemoiu navchannia dlia studentiv mahistratury*. Kyiv : Tsentr navch. l-ry.
2. Surmin Yu. P., Tulenkov N. V. (2004). *Teoriya sotsialnikh tekhnologii : Ucheb. Posobie*. Kiev : MAUP.
3. Turkot T. I. (2011). *Pedahohika vyshchoi shkoly: navch. posib. dlia stud. VNZ*. Kyiv: Kondor.
4. Kuzmenko O. S. (2018). STEM-modeliuvannia fizychnykh yavyshch u protsesi navchannia studentiv profesiino-tekhnichnym dystsyplinam v zakladakh vyshchoi osvity. *Naukovi zapysky* / Red. kol.: V. F. Cherkasov, V. V. Radul, N. S. Savchenko ta in. Seriya : Pedahohichni nauky. Kropyvnytskyi. Vyp. 168. S. 120–124.
5. Kuzmenko, O., Dembitska, S., Miastkovska, M., Savchenko, I., Demianenko, V. Onto-oriented Information Systems for Teaching Physics and Technical Disciplines by STEM-environment. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 2023, 13(2), pp. 139–146. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.36245>
6. Holovin O.O., Stryzhak O.Ie., Velychko V.Iu. (2020). Merezhetsentrychna vzaiemodiia ekspertiv u formati naratyvnoho dyskursu. *Medical Informatics and Engineering*. №4 (52). S. 19–25.
7. Dovgyi, S., Stryzhak, O. (2021). Transdisciplinary Fundamentals of Information-Analytical Activity. In: Pchenko, M., Uryvsky, L., Globa, L. (eds) *Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 152. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_7
8. О. Ye. Stryzhak, V. V. Horborukov, O. V. Franchuk, M. A. Popova. Ontolohiia zadachi vyboru ta yii zastosuvannia pry analizi limnologichnykh system. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia : Zbirnyk naukovykh prats*. Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury, NAN Ukrainy Instytut telekomunikatsii i hlobalnoho informatsiinoho prostoru. Kyiv, 2014. Vyp. 15. S. 172-183.
9. Shirokov V. A. (2017). *Yazik. Informatsiya. Sistema: Transdistsiplinarnost v lingvistike*. Kiiv.
10. Shyrovkov V. A., Bulhakov O. V., Hriaznukhina T. O., Kostyshyn O. M., Kryhin M. Yu. (2005). *Korpusna linhvistyka: monohrafiia*. Kyiv: Dovira.

11. Nadutenko M. V. (2016). Virtualizovani leksykohrafichni systemy ta yikh zastosuvannya u prykladnii linhvistytsi [Avtoref. dys. kand. tekhn. nauk, Natsionalna biblioteka Ukrainy im. V. I. Vernadskoho]. Kyiv. <http://nbuv.gov.ua/node/2780>
12. Elson D. K. (2012). Modeling Narrative Discourse: Ph.D. thesis. Columbia University. New York City.
13. Prykhodniuk V. V. (2017). Tekhnolohichni zasoby transdystyplinarnoho predstavlenia heoprosorovoi informatsii [Avtoreferat dys. k-ta tekhn. Nauk, Instytut telekomunikatsii i hlobalnogo informatsiinoho prostoru Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy]. Kyiv. https://itgip.org/wp-content/uploads/2018/01/dis_Prychodniuk.pdf
14. Horburukov V. V. (2018). Tekhnolohichni zasoby ontolohichnogo suprovodu rozviazannia zadach ranzhuvannia alternatyv. [Avtoref. dys. kand. tekhn. nauk, Instytut telekomunikatsii i hlobalnogo informatsiinoho prostoru Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy]. Kyiv. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000757749>
15. V. P. Horbulin, S. K. Polumiienko, O. Ye. Stryzhak (2018). Indykativne otsiniuvannya naukovo-tekhnolohichnogo rozvytku Ukrainy: metodolohichni aspekt. *Stratehichna panorama*. № 1. S. 5-19.
16. Popova M. A. (2013). Model ontologicheskogo interfeisa agregatsii informatsionnikh resursov i sredstv GIS. *International Journal "Information Technologies and Knowledge"*. Vol. 7, Issue. 4. Pp. 362-370.
17. Stryzhak O. Ye., Potapov H. M., Prykhodniuk V. V., Chepkov R. I. (2019). Evoliutsiia upravlinnia – vid sytuatsiinoho do transdystyplinarnoho. Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: Zbirnyk naukovykh prats. Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury, NAN Ukrainy Instytut telekomunikatsii i hlobalnogo informatsiinoho prostoru. Kyiv. Vyp. 2 (30). S. 91-112.

O. S. KUZMENKO

*Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Academic Secretary at the Secretariat of the Academic Council,
Donetsk State University of Internal Affairs, Kropyvnytskyi, Ukraine;
Leading Researcher at the Department of Information and Didactic Modelling, National Center
"Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: Kuzimenko12@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>*

O. YU. ZASENKO

*Candidate of Economic Sciences,
Researcher at the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools,
National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: o.zasenko@icloud.com
<https://orcid.org/0000-0003-2943-3021>*

T. I. BIELAN

*Leading Researcher at the Department of Information and Didactic Modelling,
National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: t.belan08@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8138-9614>*

V. M. KUDLIAK

*Senior Researcher at the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools,
National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: masterds56@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3500-1639>*

IMPLEMENTATION OF STEM EDUCATION TECHNOLOGIES IN TRANSDISCIPLINARY INFORMATION AND DIDACTIC ENVIRONMENT

The article is devoted to the study of the implementation of STEM technologies in the transdisciplinary information and didactic environment (TIDE) as a key area of modernization of modern education. The methodology of teaching physical, mathematical and engineering disciplines based on STEM principles is revealed. It is aimed at integrating interdisciplinary knowledge, developing critical thinking, creativity and engineering skills in students, meeting the requirements of modern science, technology and innovative production.

The paper highlights the categories of modern digital services relevant to the implementation of STEM technologies in TIDE. In particular, the emphasis is placed on tools for modeling physical phenomena, simulating engineering processes, data visualization platforms, as well as distance learning systems and learning platforms that provide interactive interaction. The role of these services in ensuring individualization of learning and adaptability to the educational needs of STEM learners is substantiated.

Particular attention is paid to the main components of ontological systems implemented in TIDE based on STEM. Their functional structure is defined, which includes tools for semantic data analysis, automation of the educational process and integration with other information systems. The technological conditions necessary for the effective functioning of such an environment, in particular adaptability, interactivity, scalability and interoperability, are investigated.

A classification of STEM technologies by educational contexts is proposed, taking into account their role in the formation of interdisciplinary competencies. In addition, the structure of cognitive services based on transdisciplinary ontologies is developed. These services provide personalization of learning, support reflective analysis of students' knowledge and contribute to the development of key competencies of the XXI century, such as the ability to innovate, communication and cooperation.

The results of the study show that the introduction of STEM technologies in TIDE contributes to improving the quality of education, integrating innovative approaches into the educational process, and training highly qualified specialists in the fields of physics, mathematics, engineering, and technology. The results obtained can be used to develop new educational programs and methods aimed at integrating STEM into education.

Key words: educational technologies, STEM education, transdisciplinarity, indoctrination and didactic environment, ontologies, narrative.