

УДК 53(07)

DOI <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2024.4.13>

**О. Є. СТРИЖАК**

*доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи,  
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна  
Електронна пошта: [sae953@gmail.com](mailto:sae953@gmail.com)  
<http://orcid.org/0000-0002-4954-3650>*

**В. В. ЄМЕЦЬ**

*науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна  
Електронна пошта: [evvevv@ukr.net](mailto:evvevv@ukr.net)  
<http://orcid.org/0000-0002-4352-7190>*

**І. В. ДЕЙНЕКА**

*кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник  
відділу інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна  
Електронна пошта: [ivd711@gmail.com](mailto:ivd711@gmail.com)  
<http://orcid.org/0000-0001-8656-3987>*

**Я. В. САВЧЕНКО**

*молодший науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання,  
Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна  
Електронна пошта: [savchyarik@gmail.com](mailto:savchyarik@gmail.com)  
<http://orcid.org/0000-0001-5790-6629>*

**НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ  
КОГНІТИВНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ  
ДОСЯГНЕНЬ СУБ'ЄКТІВ НАВЧАННЯ: АСПЕКТ STEM-ОСВІТИ**

У статті в результаті дослідження проведено аналіз поняття інтелектуального потенціалу в контексті STEM-освіти. Основний вектор дослідження спрямований на формалізацію етапів побудови, структурування та представлення джерел наукової інформації доменів у цифрових освітніх системах та створення для них когнітивних цифрових платформ, що відображатимуть елементи STEM-освіти.

На основі аналізу сучасних підходів до оцінювання інтелектуального потенціалу визначено ключові концепти, що забезпечують формування нових методологічних основ для індивідуалізації навчання в закладах освіти різного рівня та профілю на засадах STEM.

Окреслено особливості онтологічної інженерії, як складової розробки когнітивних платформ, що забезпечуватиме створення формалізованих моделей знань, які можна структурувати, інтегрувати та ефективно використовувати різноманітні освітні ресурси у процесі вивчення STEM-дисциплін.

Особливу увагу приділено розробці онтології множинного інтелекту як інструменту для оцінювання та розвитку інтелектуальних досягнень суб'єктів навчання. Дана онтологія враховує різноманіття когнітивних здібностей, таких як логіко-математичний, лінгвістичний, просторовий, музичний, тілесно-кінестетичний, міжособистісний та внутрішньоособистісний інтелект. Запропонована онтологія забезпечує структуровану основу для аналізу інтелектуального потенціалу здобувачів освіти та дозволяє глибше зрозуміти індивідуальні освітні потреби. Окреслені підходи в дослідженні спрямовані на модернізацію системи наукової освіти через впровадження адаптивних когнітивних сервісів, що є викликом сучасного суспільства.

Розглянуто використання новітніх освітніх ресурсів, зокрема Semantic Web, Big Data та Data Mining, для підвищення ефективності освітнього процесу в заклад освіти різного рівня та профілю. Описано концепцію комп'ютерної онтології як прикладу когнітивного цифрового сервісу, здатного інтегрувати множинні освітні ресурси й забезпечити ефективну взаємодію учасників освітнього процесу. Розроблена онтологія «Поліедр» демонструє практичну реалізацію принципів множинного інтелекту, сприяючи розвитку в здобувачв вищої освіти критичного мислення та креативності.

Отримані результати сприяють формуванню науково-технологічних засад створення когнітивних сервісів для STEM-освіти, як фундаментального чинника для ефективного вивчення дисциплін фізико-математичного та інженерно-технічного напрямку.

**Ключові слова:** трансдисциплінарність, освіта, STEM, суб'єкти навчання, когнітивні сервіси.

**Постановка проблеми.** У сучасному світі швидкий розвиток STEM технологій зумовлює потребу у нових інструментах для оцінювання здібностей та досягнень суб'єктів навчання в закладах освіти різного типу та профілю. Когнітивні сервіси мають потенціал для поліпшення освітнього процесу через автоматизацію оцінювання та підтримку індивідуальних потреб здобувачів освіти.

Зростання інтелектуального потенціалу значною мірою сприяє впровадженню сучасних інноваційних STEM підходів до вивчення фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін. По-перше, це залежить від здатності науки використовувати передове обладнання, технології та системи, що є результатом інновацій у науково-технічній сфері. По-друге, вирішальна роль професійної освіти, яка в контексті STEM формує навички й компетенції нового покоління, необхідні для інтелектуального розвитку особистості та суспільства. Освітня сфера забезпечує фундамент для міждисциплінарних досліджень, підготовку фахівців у галузях науки, технологій, інженерії та математики, а також сприяння трансформації наукових відкриттів у реальні виробничі й управлінські процеси.

Розвиток освітньої системи в контексті STEM орієнтується на впровадження стратегій, які сприяють підвищенню інтелектуального потенціалу суспільства шляхом випереджальної освіти. Цей підхід акцентує увагу на підготовці суб'єктів навчання до майбутньої професійної діяльності в умовах технологічного прогресу та швидкоплинних змін. STEM-освіта, інтегруючи знання з науки, технологій, інженерії, математики та гуманітарних дисциплін, формує компетенції, які забезпечують адаптацію до нових викликів суспільства. Серед важливих якостей, що розвиваються в межах STEM-підходів, експертно виділяються: системне і критичне мислення, творча інженерна активність, здатність до співпраці та толерантність, інформаційна грамотність та етична відповідальність.

Таким чином, для підготовки сучасного фахівця, необхідно забезпечити якісний розвиток інтелекту, що забезпечуватиме ефектив-

ність освітнього процесу на засадах STEM. Тому, інтелектуальний потенціал має накопичений певний інтелектуальний ресурс, який обумовлює здатність до функціонування та розвитку; поточні нереалізовані інтелектуальні можливості, у тому числі практичне застосування та використання наявних інтелектуальних ресурсів; так й максимально допустимий стратегічний рівень розвитку інтелектуальних ресурсів, здатність створювати нові знання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Актуальність дослідження інтелектуального потенціалу суб'єктів навчання зумовлена швидкими інноваційними змінами та особливостями розвитку їхньої інтелектуальної сфери в умовах сучасних технологій та STEM-освіти. У цьому контексті є вивчення того, як формується інтелектуальний потенціал і адаптується до нових вимог, що ставляться перед особистістю щодо швидко змінених технологічних та соціальних запитів сьогодення. Проте, досі не існує єдиного, загальноприйнятого визначення поняття «інтелектуальний потенціал», що ускладнює створення концептуальних засад для розуміння цього феномену в контексті інноваційних підходів до освітнього процесу в закладах освіти різного рівня та профілю.

Найбільш розширеним є розуміння інтелектуального потенціалу як динамічно організованої, складної системи, яка об'єднує інтелектуальні ресурси та можливості особистості, спрямовані на ефективне вирішення складних, технологічно спрямованих завдань. Однак, цей феномен часто ототожнюють з іншими психічними явищами, що призвели до розмиття його наукового розуміння, ставлячи під сумнів навіть сам факт існування такого явища.

Аналіз існуючих визначень не дає чіткого виявлення змісту інтелектуального потенціалу в умовах швидких змін у технологічному та науковому середовищі. Тому доцільно здійснити дослідження цього феномену через призму структурних особливостей, враховуючи специфіку впливу STEM-освіти та інноваційних підходів на розвиток когнітивних і творчих сил здобувачів освіти.

Таким чином, у структурі когнітивної складової виділяють змістовний компонент (стиль інтелектуальної активності), структурний (світогляд, а також обсяг, системність і глибина засвоєння знань) та операційний (сприймання, пам'ять, мислення) компоненти. В структурі особистісної складової розрізняються мотиваційний компонент (рівень домагань особистості), регуляційний (рефлексія, самопізнання, саморегуляція), емоційний (допитливість) та оцінювальний (самооцінка) компоненти. Інтелектуальний потенціал є комплексною системою функціонування особистості та інтелектуальної діяльності суб'єктів навчання.

Аналізуючи дослідження наукового потенціалу, зазначимо, що більшість наукових робіт спрямовано на вивчення проблеми інтелекту в сучасних реаліях сьогодення. Зазначимо, що серед зарубіжних дослідників цими питаннями займалися О. Кюльпе, К. Марбе, Ч. Спірмен, Р. Стернберг, Л. Термен та ін. Вітчизняними вченими (С. Вовканич, Л. Діба, В. Касаткіна та ін.) окреслено в роботах сутність, зміст, формування та зміцнення інтелектуального потенціалу здобувачів освіти.

Інтелектуальний потенціал розглядається як ключовий склад інноваційного розвитку, що досліджується як у вузькому, так і в широкому контексті. У широкому розумінні це сукупність інтелектуальних ресурсів (якостей) людини або суспільства, здатних забезпечити створення інновацій та розвиток STEM напрямів для розв'язання завдань самозбереження й прогресу. У вузькому аспекті інтелектуаль-

ний потенціал часто асоціюють із людським капіталом, умовами його формування та відтворення, або з інтелектуальним капіталом. До структурної складової останнього належать управлінські та організаційні знання, досвід, кваліфікація, корпоративна культура, що сприяють впровадженню інновацій у STEM галузях.

Важливо підкреслити, що одним із ключових проявів інтелектуального потенціалу є науковий потенціал. Він представляє собою спроможність національної економічної системи створювати достатньо знань, що відображаються у кількісних і якісних показниках винаходів та інновацій. Науковий потенціал розвивається як за чисельністю, так і за професійним рівнем науковців, залучених до різних сфер науки. Основними результатами наукової діяльності є створення нових знань (винаходів) та вдосконалення методів застосування наявних нововведень [Довгий, Стрижак, Горбулін, Калитич]. В таблиці 1 нами розглянуто елементи інтелектуального потенціалу суб'єкта навчання, що є важливим аспектом розвитку STEM-освіти.

Таким чином, розвиток елементів інтелектуального потенціалу суб'єкта навчання набуває особливого значення в сучасному цифровому STEM-середовищі. Особливу увагу слід приділити процесам організації та аналізу даних, а також роботі з інформаційними джерелами, що сприяють формуванню ключових soft skills, які є притаманними для вивчення STEM дисциплін. Дані можуть бути представлені у вигляді математичних символів, таблиць, графіків,

Таблиця 1

Елементи інтелектуального потенціалу суб'єкта навчання

№ з/п	Елементи інтелектуального потенціалу	Характеристика
1.	Soft skills	Система психічних утворень, що відображає результати когнітивної та процесуальної активності індивіда на особистому рівні
2.	Ідеали, переконання, цінності, інтереси	Результат інтелектуального розуміння людини навколишнього світу та свого місця в ньому
3.	Лідерство	Становлення особистості, що здатна до активної діяльності, відповідальності, самоосвіти, саморозвитку, самоствердження, самореалізації, а також є мобільною й конкурентоспроможною на ринку праці
4.	Комунікативність	Навички, які потрібні для роботи в команді в контексті впровадження інноваційних технологій (STEM, робототехніки, цифрових платформ, нейромереж та ін.)
5.	Креативність	Полягає в інтелектуальній активності й чутливості (сензитивності) до побічних продуктів своєї діяльності
6.	Критичне мислення	Розвиток критичного мислення в сучасних умовах залежить від створення сприятливих педагогічних умов у закладах освіти різного типу та профілю, вибору дидактичних форм, методів, прийомів, засобів тощо

діаграм та за допомогою інтерактивних візуалізацій, таких як процеси моделювання, доповнені звуковими та кольоровими ефектами. Виконання завдань на основі STEM технологій стимулює в здобувачів освіти розвиток таких характеристик як: мислення, експериментальність, гнучкість, зв'язність і структурність. Ці якості пов'язані з когнітивними процесами, що є основою творчого підходу до діяльності та ефективного розвитку критичного мислення, що є фунтаментальним чинником з виконанням проєктів.

Отже, відповідно до зазначеного, розглянемо аспекти теорії Говарда Гарднера, які були використані в нашому дослідженні, а саме:

– Види інтелекту розглядаються як унікальний підхід, що ґрунтується на аналізі ключових наукових відкриттів, пов'язаних із розвитком людини (зокрема, відхиленнями у розвитку), функціонуванням мозку, еволюційними процесами тощо. На відміну від інших класифікацій, які базуються на кореляціях між результатами тестів або емпіричних досліджень (наприклад, за суб'єктами навчання в класі чи аудиторії), цей метод зосереджується на глибшому розумінні природи інтелекту. Говард Гарднер зазначав, що тести можуть прогнозувати успішність у шкільному (аудиторному) середовищі, проте їхня прогностична здатність у ширшому контексті є доволі обмеженою.

– Види інтелекту тісно пов'язані з різними типами інформації, що існує у світі. Наприклад, людина розвиває певний тип інтелекту залежно від специфіки інформаційного змісту: числову інформацію обробляє математичний інтелект, просторову – просторовий інтелект, а інформацію про інших людей – соціальний або міжособистісний інтелект.

– Інтелект не є тотожним стильовим характеристикам і не може бути зведений до них. Для їх визначення необхідно використовувати інші категорії, орієнтуючись на зміст діяльності.

Таким чином, розроблено онтологію множинного інтелекту, яка представлена на рис. 1. Відповідно до даної онтології окреслено основні напрями застосування STEM технологій у процесі навчання здобувачів освіти, а саме:

– моделювання явищ (фізико-технічного напрямку), заміна натурних експериментів експериментами з цифровими моделями, візуалі-

зація математичних моделей, проведення лабораторних робіт;

– створення систем, що включають і цифрові моделі, і реальні прилади, фізичні об'єкти, що є актуальними в умовах цифрового розвитку освіти;

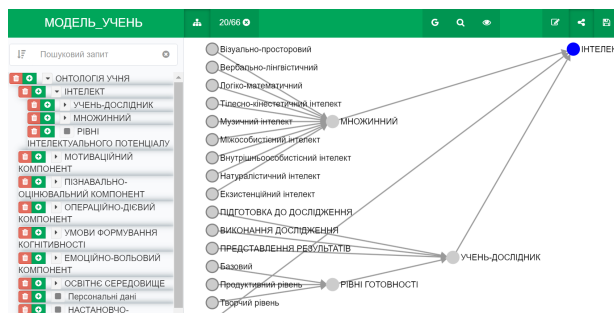


Рис. 1. Онтологія множинного інтелекту суб'єкта навчання

– проведення оперативного моніторингу і коригування освітнього процесу із використанням цифрових систем визначення рівня навчальних досягнень (наприклад, фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін та ін.);

– створення і використання цифрових довідниково-інформаційних та

експертних систем, систем навчання з елементами штучного інтелекту (використання віртуальної та доповненої реальності, нейромереж, цифрових платформ та ін.).

Основою науково-освітньої діяльності в інноваційно-освітньому STEM-середовищі в будь-якому тематичному напрямі є аналіз інформаційних ресурсів, які можна трактувати як набір пасивних знань, що лише фіксують факти, процеси та операційні стани, але не застосовують правила їх активного застосування. Важливим є також врахування постійного оновлення цифрових даних та інтеграція їх змісту в процеси активного використання, зокрема в освітньому середовищі STEM. Вимоги до ефективної обробки великих обсягів різномірних і розрізнених інформаційних ресурсів вимагають їх стандартизованого та зрозумілого представлення. Сьогодні найефективнішим інструментом для цього є онтологічна інженерія (один із компонентів STEM), яка сприяє впровадженню інновацій та активному використанню знань у процесі навчання з фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін.

Відповідно до аналізу наукових джерел щодо впровадження інноваційних технологій [Shan Wang, Fang Wang, Zhen Zhu, Jingxuan Wang, Tam Tran, Zhao Du.], важливо застосувати об'єкти, які описуються, їх характеристики та взаємозв'язки. Це завдання може бути розв'язане за допомогою розробки когнітивних цифрових сервісів на засадах STEM, які спираються на виявлення закономірностей об'єктів гіпернавчання та властивостей предметних об'єктів. Такий підхід забезпечує можливості для ефективного моніторингу ресурсів різних станів та їх впливу на діяльність суб'єкта навчання через когнітивне моделювання. Це дає можливість використовувати інноваційні методи та інструменти для оптимального вибору інформаційних процесів в освітньому STEM-середовищі. Когнітивний підхід виникає в класифікації, систематизації та категоризації освітніх процесів в контексті STEM, що забезпечує комплексне відображення всіх інформаційних станів, які формують діяльність суб'єкта в цифровому просторі.

Таким чином, когнітивні технології визначають систему методів і програм, які моделюють та підвищують пізнавальні можливості здобувача освіти для виконання практичних завдань за напрямками STEM-освіти. Вони базуються на даних про процеси пізнання, навчання, комунікації, а також вибору цифрових та інформаційних технологій, що доцільно впроваджувати в освітній процес закладів освіти різного типу та профілю.

Тому, розроблення когнітивних інструментів цифрових платформ наукової освіти [8], покликана забезпечити сукупне використання закладами освіти електронних освітніх ресурсів, а саме:

- забезпечення доступу до різноманітних форматів, технологій та стандартів для створення освітніх онлайн-ресурсів із застосуванням семантичного управління (Semantic Web), що дозволяє інтелектуально організувати інформацію;

- обробка великих обсягів даних з освітніх мереж (Big Data), що дає змогу отримувати нові знання та інсайти для покращення навчання з дисциплін фізико-математичного та інженерно-технічного профілю;

- опрацювання великих обсягів мережних джерел освітньої інформації (Big Data);

- використання методів Data Mining для добору та аналізу даних з просторово розподілених джерел інформації, що дозволяє виявити корисні закономірності та тенденції для вдосконалення процесів навчання та розвитку персоналу;

- розроблення персоналізованих навчальних траєкторій для здобувачів освіти із використанням когнітивних сервісів, що адаптують освітній процес відповідно до індивідуальних потреб суб'єктів навчання, забезпечуючи інтеграцію STEM та оптимізацію їхнього навчального досвіду на основі аналізу даних.

Один із підходів до структуризації та формалізації джерел інформації в STEM-освіті передбачає надання користувачеві цілісного огляду певної предметної галузі через концептуалізацію знань, що включає ідентифікацію основних об'єктів і взаємозв'язків між ними. У цьому контексті виокремлено ключові концептуальні елементи (базові поняття) ресурсів, що використовуються учнями, з акцентом на їхню семантичну значущість та інтеграцію STEM-змісту.

Використання когнітивних сервісів дозволяє візуалізувати результати агрегування розподілених інформаційних джерел, забезпечуючи їхню доступність та наочне подання для виконання навчальних завдань. Це сприяє покращенню процесу навчання та стимулює розвиток критичного мислення в здобувачів освіти.

Теоретично онтологія є формалізованою специфікацією спільної концептуалізації, яка надає структурований словниковий запас для моделювання STEM-галузей знань, визначення типів об'єктів, їхніх властивостей і взаємозв'язків.

Комп'ютерну онтологію в контексті STEM можна розглядати як відкриту базу знань, представлену формальною мовою, що дозволяє ефективно інтегрувати та обробляти інформацію в рамках освітнього процесу. У поєднанні з когнітивними сервісами онтологічний підхід стає частиною системного знанневого підходу, що використовує інтелектуальні технології для адаптації та оптимізації навчальних процесів у STEM-освіті.

Онтологічний підхід є основою для ефективного проектування інформаційних систем, орієнтованих на знання [Головін, Стрижак, Величко, Палагін], забезпечуючи структуровану організа-

цію даних. У цьому контексті комп'ютерна онтологія грає роль потужного інструменту для розробки цифрових платформ наукової освіти, які відображають відповідну теорію через набір термінів, їхніх зв'язків, описів і формальних аксіом. Це полегшує процес тлумачення та обміну знаннями, а також інтеграцію цих знань в освітній процес. Комп'ютерну онтологію можна трактувати як чітку концептуалізацію логічної теорії, що включає правила класифікації реальності, представлені мовою знань, яка забезпечує доступ до інформації в межах певної предметної дисципліни. Крім того, онтологічні методи та системи забезпечують концептуальне відображення зв'язків мережових інформаційних процесів і систем у різних галузях через системні компоненти, а саме:

- множини понять як структуру семантичних одиниць;
- формальну модель змісту предметної області, представлену мовою, засновану на описі концептуальної системи;
- функціональну модель, що забезпечує уніфікацію термінології, логіку обробки таксономічних категорій та їхніх зв'язків, а також аксіоматизацію описів процесів, причинно-наслідкових зв'язків і процедур онтології.

У нашому дослідженні запропоновано онтологічну модель розробки, у якій дизайнери створюють відповідні компоненти; генерація інтерфейсу здійснюється з використанням різних мов програмування та платформ; підтримується як локальна, так і мережева взаємодія. Інтерфейсна модель розподіляється між групами фахівців (профільних експертів, програмістів, дизайнерів) і містить усі необхідні дані для її розробки та автоматизованої генерації на основі заданої моделі. Такий підхід дозволяє інтегрувати когнітивні сервіси в процес розробки, що оптимізує адаптований інтерфейс для ефективного використання в STEM-освіті.

Таким чином, модель інтерфейсу в контексті STEM-освіти складається з таких компонентів: системні моделі діалогових концепцій (описують систему термінів предметної області, що забезпечують введення-виведення, спосіб використання інтерфейсу, а також інтелектуальну підтримку дій користувача); моделі завдань користувача (описують завдання, які можуть виконуватися за допомогою програмного комплексу); презентаційні моделі (описують структуру та властивості візуального представлення елементів інтерфейсу);

моделі сценаріїв діалогу (визначають численні можливі стани діалогу та дії, які необхідно виконати); моделі зв'язку інтерфейсів навчальної системи з програмним забезпеченням.

Вищезазначені моделі, реалізовані в програмному комплексі «Поліедр», який сприяє створенню відкритих освітніх систем і когнітивних цифрових платформ для наукової освіти. «Поліедр» є технологією для розробки освітніх та дослідницьких локальних і розподілених (мережових) систем, заснованих на онтології та контекстно-семантичному аналізі. Ця технологія охоплює весь спектр – від локальної онтологічно керованої системи освітнього процесу до комплексної системи для інтегрованого багатогранного аналізу освітніх інформаційних ресурсів. Вона використовує онтологічну систему рішень та управління знаннями, що забезпечує оптимізацію освітнього процесу та взаємодію всіх учасників у мережі [Палагін 2014; Горборуков, Приходнюк, Франчук].

Візуальні методи проектування онтологій сприяють швидшому і повному розумінню структури знань предметної STEM галузі. Реалізація технології онтологічної інтеграції [Горборуков, Франчук та ін.; Kuzmenko, Dembitska, Miastkovska, Savchenko, Demianenko] розподілених інформаційних ресурсів здійснюється шляхом побудови онтологічного графа (рис. 2) вершинами яких є поняття і процеси доменів (концепцій) та їх візуалізації в об'єктному відображенні (рис. 3).

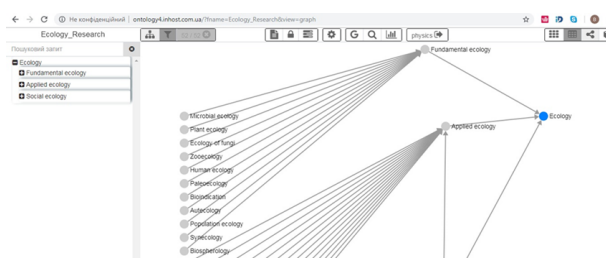


Рис. 2. Зображення онтологічного графа

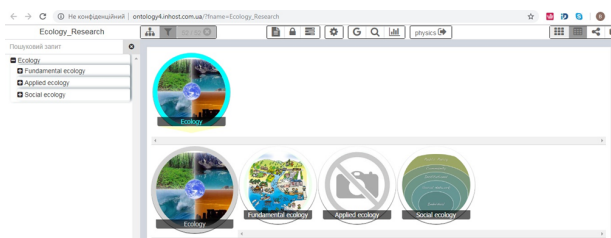


Рис. 3. Об'єктивна візуалізація онтологічного графа

Для ефективного використання програми «Поліедр» користувач повинен ознайомитися з базовими принципами роботи в операційних системах Windows, зокрема, вміти запускати програми, взаємодіяти з інтерфейсами, використовувати елементи управління (меню, кнопки, випадаючі списки, поля для введення даних) та виконувати операції в Інтернеті (перехід між веб-ресурсами, завантаження та обробка файлів тощо). Крім того, необхідно мати навички ефективного пошуку інформації за допомогою цифрових інструментів та вміти працювати з програмами для обробки тексту та даних, такими як MS Word та MS таблицю MS Excel. У контексті STEM-освіти та когнітивних сервісів система «Поліедр» включає кілька інтегрованих підсистем, що забезпечують використання сучасних методів для аналізу, управління знаннями та оптимізації освітнього процесу, сприяючи розвитку інтелектуальних навичок здобувачів освіти в освітньому STEM-середовищі. Функціонально система «Поліедр» складається з таких підсистем:

- Conspect (Text Termin) – побудова термінологічних дерев на основі аналізу природномовного тексту;
- Editor (редактор графів) – формування онтологічних моделей;
- Пошукова машина – пошук лексичних структур на основі лінгвістичної обробки великої кількості текстових масивів;
- Mindexer web-service – індексація сайту спеціальним роботом (програмою) сторінок цього сайту з подальшим внесенням даних про них в базу даних пошукової системи.

Використання онтологічних моделей для створення відкритих освітніх систем з формуванням доменної бази значно розширює їх функціональні можливості та дозволяє впровадити механізми семантичного пошуку інформаційних джерел, як у межах самої системи, так і в глобальній мережі Інтернет. Це забезпечується точнішим і ефективнішим доступом до знань та ресурсів. В рамках цього підходу визначено чотири ключові онтологічні компоненти моделі доменної області інтерфейсу, що формують чотири основні класи концептуальних систем:

1) концепції користувача, з точки зору яких він використовує додаток. У цій системі поняття перераховані введення/виведення додатку,

а також дані про інтелектуальне забезпечення дій користувача;

2) система понять для представлення джерел інформації, в термінах яких визначені різні види діалогу. Цей клас містить три типи концептуальних систем: систему концепцій графічного інтерфейсу користувача; система концепцій графічних статичних сцен; система понять формування тексту. Таким чином, кожна концептуальна система підтримує проектування одного типу діалогу;

3) система концепцій для визначення сценаріїв діалогу. Визначено абстрактні терміни для опису реакції на події (набори дій, що відбуваються при настанні подій, джерела подій, типи режимів переходів між вікнами, способи вибору екземплярів вікон тощо);

4) система концепцій зв'язків, в термінах яких вимальовується зв'язок між додатком і інтерфейсом відкритої освітньої системи. Він визначає змінні, типи їх значень, які є загальними для інтерфейсу системи та програми, а також протоколи зв'язку, адреси серверів для з'єднання та способи передачі повідомлень.

Інформаційні ресурси наукової освіти представлені у вигляді природних мовних структур, що відображають судження і твердження про факти предметного і тематичного профілю. Факти пов'язані між собою наборами зв'язків, а також можуть характеризуватися певними властивостями. Такий підхід дозволяє створити структуру, що підтримує когнітивні сервіси, які аналізують та інтегрують дані для більш ефективного навчання та розвитку інтелектуальних навичок у STEM-освіті.

Таким чином, онтологічний підхід у створенні адаптивних освітніх сервісів відображає понятійну систему певної дисциплінарної теорії, а методичне забезпечення навчально-пізнавального процесу відбувається у засвоєнні понятійної системи, аксіоматики, правил, синтаксичних та морфологічних основ цієї теорії. Тому, потрібно створювати ефективні умови для забезпечення формування оперативного простору діяльності здобувачів освіти на засадах STEM, у якому вони взаємодіють з іншими учасниками освітнього процесу на основі діяльнісного, компетентнісного та трансдисциплінарного підходів, знаходячись у різних станах розвитку цього інноваційного простору.

**Висновки.** Використання когнітивних сервісів в освітньому процесі сприяє розвитку гнучких навичок у здобувачів освіти, а також їхньої здатності до критичного мислення та вирішення складних завдань у системі STEM. Системи, що підтримують когнітивні сервіси, можуть оцінювати інтелектуальні досягнення за допомогою адаптивних і персоналізованих методів, заснованих на даних про процеси пізнання, навчання та взаємодії здобувачів освіти.

Онтології є ключовими інструментами для створення адаптивних освітніх сервісів у STEM-освіті. Вони формують чітко структуровані концептуальні моделі предметних STEM-дисциплін, що дає змогу реалізувати семантичний пошук, оцінювання та інтеграцію знань. Це сприяє підвищенню ефективності навчання здобувачів освіти під час опанування фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін.

Важливим аспектом є використання онтологічних моделей: моделі здобувача освіти та систем знань з предметних галузей, які інтегруються в науково-освітнє середовище в контексті STEM. Це дозволяє розширити його функціональні можливості та забезпечити реалізацію механізмів семантичного пошуку інформаційних джерел як у самому середовищі, так і в мережі Інтернет, надаючи здобувачам освіти інструменти для ефективного виконання навчальних завдань і досягнення кінцевих освітніх цілей.

Крім того, онтологічні методи та системи забезпечують концептуальне відображення взаємозв'язків мережевих інформаційних процесів і систем у різних предметних галузях завдяки системним компонентам, зокрема:

- множині концептів,
- формальній моделі предметного контенту,
- функціональній моделі,
- аксіоматичним описам процесів,
- причинно-наслідковим зв'язкам і процедурам онтології.

Впровадження когнітивних сервісів дає змогу персоналізувати навчальні траєкторії в STEM-освіті. Когнітивні системи аналізують індивідуальні потреби здобувачів освіти, їхній рівень знань і когнітивні здібності, пропонуючи відповідні навчальні ресурси та адаптуючи складність завдань.

У майбутньому очікується значне розширення застосування когнітивних сервісів у STEM-освіті, зокрема для оцінювання інтелектуальних досягнень здобувачів освіти, використання інтерфейсів на основі візуалізації даних і впровадження інтегрованих когнітивних технологій, орієнтованих на освітній процес відповідно до принципів STEM-освіти.

Перспективами подальших досліджень є обґрунтування теоретико-методологічних засад упровадження елементів онтологічного інжинірингу в умовах інноваційно-наукового STEM-середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Dovgyi, S., Stryzhak, O. (2021). Transdisciplinary Fundamentals of Information-Analytical Activity. In: Ilchenko, 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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_7)
2. В. П. Горбулін, С. К. Полумієнко, О. Є. Стрижак. Індикативне оцінювання науково-технологічного розвитку України: методологічний аспект. *Стратегічна панорама*. 2018. № 1. С. 5-19.
3. Калитич Г. І. Консолідація інформації, знань і мудрості як проектування і основа гармонійного поступу України. *НТТ*, 2008. № 1. С. 51.
4. Shan Wang, Fang Wang, Zhen Zhu, Jingxuan Wang, Tam Tran, Zhao Du. Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 252. Part A. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
5. S.-Y. Chen, P.-H. Lin, W.-C. Chien. Children's digital art ability training system based on AI-assisted learning: A case study of drawing color perception. *Sec. Educational Psychology*. 2022. Vol. 13 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.823078>
6. I. Celik, M. Dindar, H. Muukkonen, S. Järvelä. The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends*. 2022. Vol. 66. Pp. 616-630.
7. A. Charitopoulos, M. Rangoussi, D. Koulouriotis. On the use of soft computing methods in educational data mining and learning analytics research: A review of years 2010–2018. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2020. Vol. 30. Pp. 371-430. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-020-00200-8>
8. Сліпучіна І., Поліхун Н., Чернецький І. Спеціальна освіта наукового спрямування в Україні: особливості реалізації. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2021. № 1(80). С. 91–97. DOI: [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2021-1\(80\)-91-97](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2021-1(80)-91-97).



9. 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.
10. Palagin A.V. Problems of transdisciplinarity and the role of informatics. *Cybernetics and system analysis*. 2013. № 5. P. 3-13.
11. Strizhak A. E. Ontological aspects of transdisciplinary integration of information resources. *Open Information and Computer Integrated Technologies*. 2014. № 65. P. 211-223.
12. Palagin A. V. Transdisciplinarity, Informatics and Development of Modern Civilization. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2014. № 7. P. 25-33.
13. Горборуков В., Приходнюк В. та Франчук О. Алгоритм конкурсного нормування критеріїв рейтингової системи оцінювання інтелектуальних досягнень. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2022. 1(23), 3–12. <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-23-01>.
14. Горборуков В. В., Франчук О. В., Приходнюк В. В., Кирієнко О. В. Трансдисциплінарна інформаційно-аналітична платформа підтримки процесів оцінювання. *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки*. 2022. Том 5. С. 79-84. DOI: 10.18523/2617-3808.2022.5.79-84.
15. Kuzmenko, O., Dembitska, S., Miastkovska, M., Savchenko, I., & Demianenko, V. (2023). Onto-oriented Information Systems for Teaching Physics and Technical Disciplines by STEM-environment. *International Journal of Engineering Pedagogy*. (iJEP), 13(2), pp. 139–146. Retrieved from: <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.36245>

## REFERENCES

1. Dovgyi, S., Stryzhak, O. (2021). Transdisciplinary Fundamentals of Information-Analytical Activity. In: Ilchenko, 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. Retrieved from: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_7)
2. V. P. Horbulin, S. K. Polumiienko, O. Ye. Stryzhak (2018). Indykatyvne otsiniuvannia naukovo-tekhnologichnoho rozvytku Ukrainy: metodolohichniy aspekt. *Stratehichna panorama*. № 1. S. 5-19.
3. Kalytych H. I. (2008). Konsolidatsiia informatsii, znan i mudrosti yak proektuvannia i osnova harmoniinoho postupu Ukrainy. *NTI*, 2008. № 1. S. 51.
4. Shan Wang, Fang Wang, Zhen Zhu, Jingxuan Wang, Tam Tran, Zhao Du (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*. Vol. 252. Part A. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
5. S.-Y. Chen, P.-H. Lin, W.-C. Chien (2022). Children's digital art ability training system based on AI-assisted learning: A case study of drawing color perception. *Sec. Educational Psychology*. Vol. 13 Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.823078>
6. I. Celik, M. Dindar, H. Muukkonen, S. Järvelä (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends*. Vol. 66. Pp. 616-630.
7. A. Charitopoulos, M. Rangoussi, D. Koulouriotis (2020). On the use of soft computing methods in educational data mining and learning analytics research: A review of years 2010–2018. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2020. Vol. 30. Pp. 371-430. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-020-00200-8>
8. Slipukhina I., Polikhun N., Chernetskyi I. Spetsialna osvita naukovooho spriamuvannia v Ukraini: osoblyvosti realizatsii. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti*. 2021. № 1(80). S. 91–97. Retrieved from: [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2021-1\(80\)-91-97](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2021-1(80)-91-97).
9. Holovin O.O., Stryzhak O.Ie., Velychko V.Iu. (2020). Merezhetsentrychna vzaiemodiia ekspertiv u formati naratyvnoho dyskursu. *Medical Informatics and Engineering*. №4 (52). С.19 – 25.
10. Palagin A.V. (2013). Problems of transdisciplinarity and the role of informatics. *Cybernetics and system analysis*. № 5. P. 3-13.
11. Strizhak A. E. (2014). Ontological aspects of transdisciplinary integration of information resources. *Open Information and Computer Integrated Technologies*. № 65. P. 211-223.
12. Palagin A. V. (2014). Transdisciplinarity, Informatics and Development of Modern Civilization. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2014. № 7. P. 25-33.
13. Horborukov V., Prykhodniuk V. ta Franchuk O. (2022). Alhorytm konkursnoho normuvannia kryteriiv reitynhovoi systemy otsiniuvannia intelektualnykh dosiahnen. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy*. 1(23), 3–12. Retrieved from: <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-23-01>.
14. Horborukov V. V., Franchuk O. V., Prykhodniuk V. V., Kyriienko O. V. (2022). Transdystyplinarna informatsiino-analitychna platforma pidtrymky protsesiv otsiniuvannia. *Naukovi zapysky NaUKMA. Kompiuterni nauky*. Tom 5. S. 79-84. DOI: 10.18523/2617-3808.2022.5.79-84.
15. Kuzmenko, O., Dembitska, S., Miastkovska, M., Savchenko, I., & Demianenko, V. (2023). Onto-oriented Information Systems for Teaching Physics and Technical Disciplines by STEM-environment. *International Journal of Engineering Pedagogy*. (iJEP), 13(2), pp. 139–146. Retrieved from: <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.36245>

**O. YE. STRYZHAK**

*D. Sc. in Engineering (Hub), Professor, Deputy Director for Scientific Work,  
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine  
E-mail: sae953@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-4954-3650>*

**V. V. YEMETS**

*Researcher at the Department of Information and Didactic Modeling,  
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine  
E-mail: evvevv@ukr.net  
<http://orcid.org/0000-0002-4352-7190>*

**I. V. DEINEKA**

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Senior Researcher at the Department of Information and Didactic Modeling,  
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine  
E-mail: ivd711@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0001-8656-3987>*

**YA. V. SAVCHENKO**

*Junior Researcher at the Department of Information and Didactic Modeling,  
National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine  
E-mail: savchyarik@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0001-5790-6629>*

**SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE CREATION  
AND USE OF COGNITIVE SERVICES FOR ASSESSING THE INTELLECTUAL  
ACHIEVEMENTS OF STUDENTS: THE ASPECT OF STEM EDUCATION**

The article analyzes the concept of intellectual potential in the context of STEM education. The main vector of the study is aimed at formalizing the stages of building, structuring and presenting sources of scientific information of domains in digital educational systems and creating cognitive digital platforms for them that will reflect the elements of STEM education.

Based on the analysis of modern approaches to the assessment of intellectual potential, the key concepts that ensure the formation of new methodological foundations for individualizing education in educational institutions of different levels and profiles on the basis of STEM are identified.

The article outlines the features of ontological engineering as a component of the development of cognitive platforms that will ensure the creation of formalized knowledge models that can be structured, integrated and effectively used heterogeneous educational resources in the process of studying STEM disciplines.

Particular attention is paid to the development of an ontology of multiple intelligences as a tool for assessing and developing the intellectual achievements of learners. This ontology takes into account the diversity of cognitive abilities, such as logical and mathematical, linguistic, spatial, musical, bodily and kinesthetic, interpersonal and intrapersonal intelligence. The proposed ontology provides a structured basis for analyzing the intellectual potential of students and allows for a deeper understanding of individual educational needs. The outlined approaches in the study are aimed at modernizing the system of scientific education through the introduction of adaptive cognitive services, which is a challenge for modern society.

The article considers the use of the latest educational resources, in particular Semantic Web, Big Data and Data Mining, to improve the efficiency of the educational process in educational institutions of various levels and profiles. The concept of a computer ontology as an example of a cognitive digital service capable of integrating multiple educational resources and ensuring effective interaction of participants in the educational process is described. The developed ontology “Polyhedron” demonstrates the practical implementation of the principles of multiple intelligence, contributing to the development of critical thinking and creativity in higher education students.

The results obtained contribute to the formation of scientific and technological foundations for the creation of cognitive services for STEM education as a fundamental factor for the effective study of physical, mathematical, engineering and technical disciplines.

**Key words:** transdisciplinarity, education, STEM, learning subjects, cognitive services.