



Теорія і методика професійної освіти

УДК 37.02:62:159.95:519.17

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.19431810>

**Аналіз доцільності та перспектива втілення інтерактивного графового
освітнього середовища для технічних спеціальностей**

Федоров Олег Валерійович

асистент кафедри комп'ютерних технологій та інформатики ФФМКТО
Бердянського державного педагогічного університету, аспірант 2 курсу
Бердянського державного педагогічного університету, тимчасово
переміщеного у м. Запоріжжя, 69000, Україна
<https://orcid.org/0009-0004-0804-1357>

Прийнято: 11.03.2026 | Опубліковано: 30.03.2026

Анотація: У статті обґрунтовано перспективи та нагальні потреби проектування інтерактивного графового середовища як когнітивно-адекватної моделі структурування змісту технологічної освіти. Автор виходить із тези про нативну структуру сприйняття людиною макро-всесвіту як системи взаємопов'язаних рухомих об'єктів, що робить графове моделювання найбільш ефективним інструментом репрезентації знань, а також з практичного світового досвіду застосування графів у аналітиці та когнітивно-складній роботі. У роботі критично проаналізовано світовий досвід (MIT, Stanford, CMU) роботи з динамічними навчальними програмами та виявлено обмеженість сучасних рішень, що зводяться до лінійних переліків дисциплін. Запропоновано авторський ітеративний алгоритм побудови графа, який включає не лише технічні рішення та технології, а й психомоторні та сенсорні компетенції, набори навчальних вправ та завдань, структури компетентностей та області



практичного (виробничого та побутового) застосування технологій – створює умови до формування навчання орієнтованого на стеки технологій та будування здобувачем освіти власного профілю фахівця. Особливу увагу приділено мережевому аналізу ефективності навчання, що дозволяє оцінювати й планувати вплив опанування конкретних тем та окремих завдань та вправ на якість життєдіяльності та виробничу майстерність. Стаття розглядає висновки з досліджень когнітивних механізмів людини та інкапсулює логіку розглянутих статей до алгоритму побудови графового середовища освітньої програми. Практична значущість дослідження полягає у створенні умов для формування інтегрованого інтерактивного середовища індивідуальних освітніх траєкторій та формування умов для реалізації принципу «навчання впродовж життя» через візуалізацію цілісної картини технологічного світу.

Ключові слова: технологічна освіта, освітні програми, міждисциплінарні зв'язки, технічна освіта, структурування змісту, когнітивне моделювання, інтерактивне освітнє середовище, психомоторні навички, інтерактивні освітні траєкторії, теорія графів.

Feasibility study and implementation prospects of interactive graph-oriented educational environments in technical education

Information about the Author(s) (in English):

Oleg Fyodorov

Assistant Lecturer of the Department of Computer Technologies and Informatics,
Faculty of Physics, Mathematics, and Computer-Technological Education, Berdyansk
State Pedagogical University; 2nd year postgraduate student in Berdyansk State
Pedagogical University, temporarily relocated to Zaporizhzhia, 69000, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-0804-1357>



Abstract: *The article substantiates the prospects and urgent needs for designing an interactive graph-based environment as a cognitively adequate model for structuring the content of technology education. The author proceeds from the thesis of the native human perception of the macro-universe as a system of interconnected mobile objects, which makes graph modeling the most effective tool for knowledge representation, while also drawing on global practical experience in using graphs for analytics and cognitively demanding tasks. The paper critically analyzes international experience in managing dynamic curricula and identifies the limitations of contemporary solutions, which are often reduced to linear course lists. An original iterative algorithm for graph construction is proposed, integrating not only technical solutions and technologies but also psychomotor and sensory competencies, sets of learning exercises and tasks, competency structures, and areas of practical technology application. This approach creates the necessary conditions for technology stack-oriented learning and enables students to build their own professional profiles. Special attention is paid to the network analysis of learning effectiveness, allowing for the assessment and planning of how mastering specific topics and individual tasks impacts quality of life and vocational mastery. The article examines findings from research on human cognitive mechanisms and encapsulates the logic of the reviewed studies into the graph-based environment constructing algorithm. The practical significance of the study lies in creating an integrated interactive environment for individual educational trajectories and fostering the implementation of the "Life-Long Learning" principle through the holistic technological world visualization.*

Keywords: *graph-based environment, technology education, content structuring, cognitive modeling, interactive trajectories, graph theory.*

Постановка проблеми. Актуальність статті зумовлена потребою країни у багаторазовій, багатоітеративній реструктуризації системи технологічної освіти,



що є необхідною з огляду на потребу в адаптації до потужних технологічних змін: роботизації, формування єдиної інформаційної комп'ютеризованої системи, стрімких процесів автоматизації виробництва. Сучасне людське суспільство є інформаційним, і водночас технологічним. Технології являють собою багатозв'язну систему, і численні технології та технологічні вироби сучасності у своєму застосуванні вимагають значних технологічних знань і навичок. Навіть процес створення високотехнологічних апаратів неухильно вимагає використання (та заздалегідь розробки) інших високотехнологічних пристроїв вже з 2-ї половини ХХ століття. Технічна освіта часто опиняється поза застосуванням математично-інформатичних методів та технологій під час навчання, зокрема методи застосування графів не отримують вжитку у освітньому процесі. Методи застосування графів отримали активне застосування у сфері комп'ютерних технологій з 1950-х років та фактично були доступні для вжитку у технічній освіті в Україні з 1990-х, але не були застосовані. Застосування графів є актуальним (дуже активне у сучасних технологіях ІІІ) та водночас перспективним для українського суспільства у найближчий час, бо відкриває можливості підвищення ефективності когнітивних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах розвитку освіти в Україні простежується стійка тенденція до комп'ютерної інтерактивізації освітнього процесу, що є складовою глобальних цифровізаційних трансформацій. Попри тривалий період впровадження інформаційних технологій, логіка організації навчання значною мірою зберігає риси традиційної «паперової» парадигми: домінують статичні представлення матеріалу, імітація сторінкової структури та обмежене використання динамічних інтерактивних моделей. Як наслідок, цифрові засоби часто виконують лише функцію візуального супроводу, не трансформуючи глибинно когнітивну організацію навчального змісту. Вагомий внесок у дослідження цифровізації освітнього середовища та впровадження інтерактивних технологій здійснили



науковці Бердянського державного педагогічного університету. Так, Я. Сичикова, Н. Цибуляк, Ж. А. Тейшейра да Сілва та С. Назаровець [1] запропонували таксономічний підхід до делегування завдань генеративному штучному інтелекту, що дозволяє структуровано інтегрувати ШІ в науково-освітню діяльність. У подальшому дослідженні Г. Мицик, С. Ковачов та Я. Сичикова [2] обґрунтували практичні аспекти впровадження цифрових технологій у професійну діяльність майбутніх фахівців, зокрема через призму готовності студентів до їх застосування. Ще один напрям досліджень пов'язаний із використанням цифрових інструментів у професійній підготовці. Зокрема, Г. М. Алексєєва, Л. В. Горбатюк, О. С. Овсянніков та О. В. Антоненко [3] довели ефективність застосування скрінкастів як інноваційного засобу організації дуального навчання, що забезпечує інтеграцію теоретичної та практичної складових підготовки. У роботі А. Дімітрової, Г. Алексєєвої, О. Антоненка та інших авторів [4] розкрито потенціал інтерактивних ресурсів у формуванні комунікативної компетентності, що підкреслює значущість мультимедійних та інтерактивних середовищ у сучасній освіті.

Міжнародні дослідження демонструють високий рівень активності у сфері інтерактивного навчання, особливо у країнах з динамічним економічним розвитком. Так, Д. Liu [5] дослідив вплив сегментації мультимедійного матеріалу на когнітивне навантаження та результати навчання, довівши ефективність структурованого подання інформації. Б. Song [6] запропонував використання соціального мережевого аналізу для організації інтерактивного навчального середовища, що дозволяє моделювати взаємодію учасників освітнього процесу. Q. Cui [7] обґрунтував можливості мультимедійних технологій у формуванні «розумних» освітніх систем, орієнтованих на адаптивне навчання. Подальшого розвитку набули дослідження, пов'язані із застосуванням графових моделей у освіті. Так, Н. Lee, Y. Cheng, W. Wang та ін. [8] дослідили ефективність STEM-освіти через аналіз навчальної поведінки, підтвердивши доцільність



використання складних структур взаємозв'язків між елементами знань. У роботі K. Qu, K. C. Li та B. T. M. Wong та ін. [9] здійснено системний огляд застосування графів знань (Knowledge Graph) в освіті, де підкреслено їхню роль у побудові інтелектуальних освітніх систем. X. Li, A. Henriksson, M. Duneld та ін. [10] продемонстрували ефективність поєднання мовних моделей і графів знань для рекомендації навчального контенту, що відкриває перспективи персоналізації навчання.

Водночас аналіз наукових джерел свідчить, що, попри наявність окремих напрацювань, в Україні відсутня цілісна концепція застосування графових моделей для інтегрованого структурування знань у межах технічної освіти. Це призводить до фрагментарності навчального змісту, дублювання зусиль науково-педагогічних працівників і обмежує можливості формування міждисциплінарних зв'язків. Таким чином, проблема створення єдиного інтерактивного графового освітнього середовища залишається актуальною та потребує подальшого наукового обґрунтування й практичної реалізації

Мета дослідження – розглянути світовий досвід застосування методологій заснованих на графах, сформулювати підхід до формування інтерактивної графової освітньої програми (інтерактивного освітнього середовища) для технічних спеціальностей та оцінити перспективи втілення сформованого рішення у систему технічної освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до потреб українського суспільства цілями дослідження були обрані: А) Створити можливість раціонально, з максимальним залученням перспективних напрямків та технологічних рішень, побудувати структуру знань для викладання у галузі технологій. Б) Створити умови для виведення викладання технологій у навчальних закладах на сучасний міжнародний науковий рівень, подолати розрив між технологіями, що вивчають здобувачі освіти, та технологіями, що їх застосовують у провідній виробничій практиці. В) Сприяти підвищенню ролі



технологій у сучасній освіті України шляхом раціонального аргументування перспектив перебалансування навчальних програм у напрямку технологізації та принципів STEM з метою економічного та соціокультурного зростання суспільства в країні.

Найбільшою проблемою задачі є інформаційна складність структури, що потребує аналізу та переробки. Сучасний світ технологій надзвичайно розгалужений, попри стандартизацію та усунення застарілих технологій. Було прийнято рішення застосувати аналітично-організаційні технології, що полегшують роботу людини зі складними інформаційними структурами. Для того було обрано застосувати наочні методи теорії графів.

Застосування візуальної складової сприяє як ефективності розробки інформаційних структур, так і якості фінального результату роботи з їх конструювання – і чим складніша система, тим більше зростають зазначені характеристики від ефективного вжитку візуальної складової. Сучасна структура технічного знання є дуже складною, так, у роботі «Analysis and Application of Semantic Networks in Education» [11] такі дисципліни, як «Алгоритмізація та програмування», «Економічна кібернетика» та «Математичний аналіз», були декомпозовані у графи зі 125 вузлами, маючи кількість сильно зв'язаних вузлів рівну 121, 111 та 113 відповідно; а у дисертації «A graph-based framework for comparing curricula» [12] зазначено, що декомпозиція навчальної програми для бакалаврів Computer Science (відповідні до «Комп'ютерні науки», «Програмна інженерія», «Комп'ютерна інженерія», «Системний аналіз та Інформаційні системи і технології» в Україні) може сягати 500 вузлів та більше.

Наука та техніка не містять непов'язаних дисциплін і тем, вивчення будь-якої теми має під собою побудування складної системи зв'язків з іншими знаннями здобувача освіти, його досвідом з життя, світоглядом – поза межами освітньої системи. У людини відсутні непов'язані знання, людина інтегрує всі



свої знання у єдину пов'язану систему, де ступінь детальності інтеграції визначає рівень практичної майстерності оперування з цим знанням.

Застосування графової моделі упорядкування інформації є перспективнішим за більш прості структурові рішення. Так, у роботі «The curriculum prerequisite network: Modeling the curriculum as a complex system» [13] автор критикує стан каталогів навчальних програм, який мав місце у 2014–2015 роках і зберігається й досі (на 2025-2026 рік актуально для відомих навчальних закладів, як-от: Massachusetts Institute of Technology, Leland Stanford Junior University, Carnegie Mellon University). Автор зазначає, що каталоги навчальних курсів, хоча й містять структурні елементи у вигляді дисциплін-пререквізитів, але подані каталоги так, ніби це книга – автор критикує відсутність представлення структури пререквізитних зв'язків у вигляді графа. Автор також зазначає, що дані часто подаються у вигляді таблиць, що є незручним для аналізу й узагальнення за сучасними стандартами, враховуючи доступність інтерактивних комп'ютерних методів. У статті було розглянуто підхід до використання візуалізації у формі графа для навчальних програм і розуміння зв'язків між дисциплінами, описаний у більш ранній роботі автора. Варто відзначити, автор наголошує: структура пререквізитних зв'язків не враховує правила програмного (curricular) зв'язку. Таким чином, бачимо розуміння того, що для аналізу навчальних програм із використанням графів не зручно обмежуватися лише одним типом зв'язків. Навіть на рівні окремих курсів (дисциплін) ці зв'язки можуть бути досить різноманітними, а математична модель має відображати модельовані явища.

Також у статті [13] зазначено, що комп'ютерні засоби / додатки для графової візуалізації є корисними інструментами для перегляду та аналізу навчальних програм і можуть висвітлити цікаві організаційні атрибути вищого порядку академічної установи. Такі засоби дозволяють оцінювати організацію навчальної програми (топологію) та потік інформації, який породжує ця



архітектура. Цілісне розуміння передбачає точне знання того, як будь-який окремий курс пов'язаний з іншим курсом у навчальній програмі, і як усі курси в середньому пов'язані між собою у межах усього закладу. У більш дрібному масштабі також можна виокремити підмножини вузлів і їхні зв'язки (підграфи) для оцінки програм, відділів чи факультетів у закладі. Висловлено ідею, що не лише викладачі й адміністратори повинні оцінювати навчальні програми, а й студенти як споживачі освітнього продукту мають оцінювати навчальну програму, і графова мережа пререквізитів навчальної програми на рівні програми може допомогти їм у цій діяльності. Таким чином, у статті розглянуто підхід застосування візуалізації за допомогою графових інструментів для структури навчальної програми на рівні курсів.

З огляду загального застосування більшість дослідників вживають підхід, де робота з графом проводиться з метою перетворення графа на більш традиційні, стандартні структури для освітніх програм – як-от паперові документи Microsoft Word для освітньої програми або фреймворк для розподілу курсів за навчальним часом (практика що діє у Massachusetts Institute of Technology, Leland Stanford Junior University тощо). Проте ця стаття пропонує підхід, що передбачає використання самого графа з його візуальним відображенням як основної структури для роботи. Перевагами запропонованого підходу є:

1. Ефективність переробки – можливість щорічної адаптації навчальної програми, включення нового матеріалу незначними витратами роботи науково-педагогічних працівників.

2. Формування індивідуальних освітніх траєкторій – гнучкість освітньої програми, що підвищує реалізацію принципу «учень в центрі освітнього процесу».

3. Можливість використовувати граф спільно зі здобувачами освіти, як-от:
А) Надавати доступ до значних об'ємів інформації, що значно перевищують



можливості стандартної освітньої програми. Б) Дозволяти спостерігати цілісну структуру, де пов'язані дрібно деталізовані технологічні навички, знання та можливості їх практичного застосування – це: (i) мотивує здобувача освіти до навчання (через демонстрацію шляху, що є для подолання); (ii) розширює обсяг охоплення при формуванні внутрішньорозумових асоціацій (через те що здобувач освіти може краще бачити довгі ланцюги зв'язків); (iii) забезпечує ефективнішу побудову сфери застосування знань (саме у момент розуміння повної картини зв'язку знання з прикладним застосуванням здобувач освіти починає підсвідомо будувати можливі сценарії застосування відповідно до власного світорозуміння та тезаурусу). В) Формувати картину міждисциплінарних зв'язків настільки всеосяжну, що відбувається усунення меж між предметами (учень сприймає цілісну картину технологічного знання, що відповідає розумінню висококваліфікованих фахівців, і розвиває здатність інтегрального сприйняття предмета та цілісного мислення). Г) Сприяти самоконтролю учня над процесом власного навчання та пізнання (завдяки наявності повної картини вивченого матеріалу як на початкових, так і на завершальних етапах освітнього процесу; завдяки можливості наочного перегляду усієї структури). Д) Надавати здобувачеві освіти готову структуру (готовий фреймворк) для вдосконалення власних знань та набування нових знань після завершення навчання (принцип Life Long Learning, далі LLL).

4. Необхідність інтерактивної роботи з графом, що підвищує освіченість та когнітивні здібності всіх, хто працює з графом — як у частині роботи з комп'ютерами, так і в частині інтерактивної роботи з інформаційною структурою графа (це збільшує схильність до структурованого мислення та сприяє додатковій структурній організованості сприйняття).

5. Можливість використовувати граф у єдиній базі даних інформаційної системи навчального закладу.



6. Підвищення структурованості мислення всіх учасників освітнього процесу. (Важливо відзначити, в освітньому процесі процес навчання та зростання знань, умінь та навичок відбувається в усіх учасників освітнього процесу – і здобувачів освіти, і науково-педагогічного складу, і допоміжного складу робітників. І це також має бути основою процесу планування процесу освіти на загально-всесвітньому рівні.)

7. Можливість включення до графа додаткових матеріалів для використання за потребою, власним вибором або у разі виникнення додаткових обставин.

Відповідно до задачі дослідження було вирішено застосувати аналіз зв'язку таких елементів (сутностей), як: а) технологічні рішення; б) технології; в) змістовні модулі та теми; г) навички та вміння; д) галузі застосування відповідних технологічних рішень у виробництві та побуті. Було розроблено метод (підхід) побудування графу, що поєднує зазначені вище елементи, такий, що відповідає потребам: а) створення цілісної структурованої системи освіти у галузі технології; б) аналізу впливу навчання на покращення виробничої ефективності та життєдіяльності майбутніх спеціалістів та не пов'язаних з виробництвом здобувачів освіти. Було розроблено наступний алгоритм ітеративного проектування графової моделі змісту технологічної освіти.

Загальний опис ітерації застосування:

1. Створити графову структуру з: а) технологічних рішень; б) технологій; в) відповідних їм тем, навичок, умінь; г) смислових модулів знань що сприяють, або дають основу, або необхідні до оволодіння підпункту б, вивчення підпункту в.

2. Створити графову структуру застосування технологій (та пов'язаних із курсом навчання умінь та навичок) у: а) виробництві, б) побуті, в) повсякденному житті людини, г) інших сферах застосування (науці, оборонній галузі).



3. Об'єднати елементи пунктів 1 та 2; побудувати структуру зв'язків між вузлами отриманої об'єднаної множини.

4. Добудовувати, улагоджувати та впорядковувати отриману графову структуру з метою отримати граф системи освіти з технологічних дисциплін у межах усього комплексу освітніх рівнів, включно з навчанням впродовж життя (LLL).

5. Ітеративно, після повторень пункту 4, здійснювати зважування значущості сфер застосування в житті людини для елементів графа з пункту 2. Ми отримуємо оцінку вагомості впливу підмножин тем / дисциплін / навчальних практик на якість сфер життєдіяльності людини.

6. Ітеративно, після повторень пунктів 4 та 5, здійснювати зважування вартості (часової та інших витрат) вивчення відповідних тем / дисциплін / навчальних практик (п.1, пп. в) та модулів знань (п.1, пп. г) та їх впливу на застосування в житті людини для елементів графа з пункту 2. Ми отримуємо оцінку ефективності витраченого часу на навчання та інших витрат для покращення життєдіяльності людини завдяки цим витратам на навчання.

7. Ітеративно, після повторень пунктів 4, 5 та 6, здійснювати оцінку важливості дисциплін / тем / модулів / компетентностей та оцінку необхідних часових витрат на опанування відповідно до інформаційної структури з пункту 6.

Виконання пунктів 1–7 алгоритму дозволяє: А) швидко та ефективно будувати програми навчання технологіям: (і) загальноосвітні, (іі) спеціальні професійно-технічні, (ііі) орієнтовані на навчання впродовж життя (LLL), (іііі) для самоосвіти населення; Б) аналізувати, яку вагу мають займати уроки технологій у процесі навчання, проводити адаптацію відповідно до принципу STEM та потреб суспільства; В) залучати учня до вивчення загальної картини / структури знань, наданої до опановування; Г) провокувати в учня ланцюг дій «аналіз / навчання / міркування наперед» – феномен, що виникає, коли людина зазирає в опис того, що буде вивчати в майбутньому, що спонукає її



(i) здійснювати підсвідомий аналіз запланованого на майбутнє навчального матеріалу, (ii) будувати зв'язки між матеріалом, що здобувач освіти вивчає на поточному етапі, та майбутнім матеріалом; Д) надавати учневі умови та змогу «перебудувати» схему власних знань завдяки спостереженню цілісної картини.

У сучасному застосуванні графів у конструюванні структурних моделей (як-от модель структури освітньої програми) значну роль має підхід до обрання типів зв'язків та класифікації вузлів-сутностей. Ефективне відображення специфіки надає переваги. Важливим є потенціал подальшої структурної декомпозиції сутностей на детальні елементи у процесі конструювання, ієрархічне розуміння є природнім для людини та зручним для аналізу.

Спираючись на дослідження роботи «Understanding the role of visualizations on decision making: A study on working memory» [14] ми розуміємо, що правильний візуальний супровід прийняття рішень розвантажує когнітивні функції, ефективні системи візуалізації із застосуванням графів можуть значно збільшити продуктивність у педагогічного складу під час дослідження та формування навчальної програми у галузі технологій. Тобто в освітніх цілях ми не можемо обмежитися розглядом графа як суто логічної структури зв'язків, наочна складова також є елементом інформаційного об'єкту графа.

Відповідно до роботи «2D versus 3D visualizations in decision support - The impact of decision makers' perceptions» [15] наразі складно визначити, чи для графового представлення важлива тривимірність системи наочності, хоча багат шарове відтворення масиву об'єктів у графі може бути перспективним завдяки щільнішій та натвнішій візуальній інкапсуляції (як от розташування групами) зображень об'єктів у просторі візуалізації. Автори статті зазначають, що хоча різниця між сприйняттям 2D та 3D представлення експериментально підтверджена, але визначити перевагу 3D над 2D дослідження не дозволили. Ми можемо сформулювати гіпотезу причини таких результатів у тому, що для сучасної людини 2D-світ має певний ступінь нативності – зумовлений: прикутістю



людини у переміщенні до топології поверхні землі; прив'язкою інтелектуальної праці та освіти до книг, двовимірних зображень, паперу, монітору; прикутістю майстра / інженера до робочого столу та верстату тощо. Це: А) вказує насамперед на те, що застосування 3D-систем у сучасному суспільстві надто вузьке, віртуальний двовимірний світ переважає завдяки домінуванню в обсязі досвіду та розповсюджених способів застосування; Б) вказує на можливий потенціал вправ та активностей, що були б спрямовані саме на розвиток ефективного 3D сприйняття. Завдяки наявності комп'ютерних систем з модельованим в реальному часі зображенням відкривається можливість розширення застосування 3D-розташувань у наукових, освітніх, аналітичних відображеннях.

Проведемо оцінку важливості надання повноцінного графа сучасних технологій здобувачеві освіти. Надання повної схеми всього розмаїття застосовуваних технологій є ключем до розуміння загальної картини сучасних виробничих можливостей. Деталізуємо:

А) У здобувача освіти може повноцінно сформуватися не просто цілісне уявлення про фізичну картину світу, а й технологічна картина сучасності. Це вирішує типову проблему, коли людина (здобувач освіти або дієвий фахівець) сприймає застарілу технологічну картину та технічно мислить з опорою на підходи, що були актуальними багато років тому, але вже втратили перспективність та/або актуальність. Також цей підхід вирішує проблему обмеженого сприйняття технологій, коли людина знайома лише з частиною сучасного технологічного спектра, а тому при вирішенні технологічних завдань спирається лише на вузьке коло рішень. У здобувача освіти формується цілісне бачення вивчуваної програми і це бачення зберігається актуальним та активним і на початкових етапах навчання, і на кінцевих. Також, такий підхід вирішує проблему розуміння, навіщо потрібна та чи інша дисципліна, і усуває гальмівний чинник мотивації до навчання на кшталт «чи потрібно мені це взагалі?», який дуже значно заважає зусиллям учіння. У сучасних системах планування освіти у



міжнародному застосуванні це завдання частково вирішується в процесі планування здобувачем власної освітньої траєкторії. Вирішується проблема «вузького вікна» огляду структури знань на середніх і завершальних етапах навчання: якщо студент бачить перед собою всю навчальну програму, може виникати стимул до повторного проходження дисциплін, хоча б на підсвідомому рівні.

Б) Педагоги під час розробки навчальної програми можуть не лише повноцінно побудувати систему підготовки фахівця, а й покращити та оптимізувати її. Фактично головним викликом при створенні навчальної програми є обмеженість уваги того, хто її формує. Чим вищий рівень наочності, тим якісніше фахівець може скласти програму.

В) Калькуляційні можливості дозволяють: 1. Розрахувати необхідну кількість годин навчання до початку тієї чи іншої дисципліни. 2. Побачити, як слабо вивчені теми або смислові модулі можуть бути покращені завдяки повторному проходженню або додаванню до навчання інших смислових модулів.

Г) Практико-орієнтовані можливості – до набору сутнісних понять у графі можна додати набір сутнісних понять таких типів: 1) робочі активності; 2) побутові активності; 3) когнітивні здібності; 4) навички загального застосування; 5) навички глибші за базові (психомоторні, пропріоцепційні та координаційні, сенсорні тощо).

Частиною наявних наразі рішень є гнучкі системи вибору освітньої програми, такі як системи формування освітньої траєкторії у Massachusetts Institute of Technology (MIT), Leland Stanford Junior University, Університет Британської Колумбії (UBC) – студент власноруч набирає свою освітню програму з запропонованих курсів, зі збереженням цілісності зв'язків з курсами, що мають бути вивчені раніше [16; 17; 18]. Проте, графова структура у таких реалізаціях спрощена, переважно складена з великих лінійних елементів (курсів),



внутрішня графова структура важлива для порозуміння прихована від користувача. Платформи Coursera та edX є ще більш потужними в інформатичному сенсі представлення структури знань, надають гнучкішу систему мікроконструювання структури знань фахівця, застосовують мікрокурси [19; 20].

Приклад застосування потенціалу наочності графової структури для оптимізації навчальних програм у Pontificia Universidad Javeriana (м. Богота, Колумбія) демонструє ефективний та помірний за розмірами кроків змін підхід [21]. Для оптимізації процесу навчання комп'ютерним дисциплінам було застосовано побудування графової моделі освітньої програми Computer Science. Вжито підхід Reverse Design, але на фінальній стадії замість різкої зміни поточної навчальної програми було обрано підхід «втілення кроків-покращень до програми що діє», маршрутний лист змін. Таке рішення не є типовим Reverse Design, але має переваги м'якого втілення оновлень, відповідно до розуміння що дієвими сторонами освітнього процесу є і здобувачі освіти, і педагогічний склад, обидві групи потребують м'якої адаптації до змін з метою збереження стабільності та дієвості освітнього процесу.

Висновки. Новизна цього дослідження полягає в розробці підходу для втілення інструментальних можливостей графів до формування освітніх програм технічних спеціальностей та створення умов для інтерактивної роботи системи освіти викладач–студент–роботодавець, що відповідає до сучасних потреб України. Реформування технологічної освіти за допомогою графів в повному обсязі освітніх програм має потужний потенціал для покращення рівня майстерності майбутніх фахівців, оптимізації дослідно-наукової роботи науково-педагогічних працівників, відповідності рівня викладання сучасному рівню науково-технічного прогресу. Втілення методологій побудованих на застосуванні графів поступово відбувається в усьому світі, проте швидкість просування такої технології є повільною, та здебільшого людина ані роботи



графів, ані їх застосування для аналітики не бачить – це призводить до того, що розуміння науки залишається лінійним. Важливим є перетворення графів на доступний інструмент освіти та суспільства. Наступними кроками дослідження є формування тестових графових структур для програм технологічної освіти, дослідження переваг, які з’являться у процесі експериментального втілення.

Подяки

Автор статі дякує Г. Алексєєвій та Ю. Беловій-Олейник за наукове керівництво та допомогу у формуванні та оформленні цієї статті.

Окрема подяка всім учасникам XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Технологічна освіта: сучасні реалії та перспективи розвитку» 28.02.2025р., присвяченій пам’яті академіка Дмитра Тхоржевського, яка надихнула на напрямок дослідження цієї статті.

Список використаних джерел

1. Suchikova Y., Tsybuliak N., Teixeira da Silva J. A., Nazarovets S. GAIDeT (Generative AI Delegation Taxonomy): A taxonomy for humans to delegate tasks to generative artificial intelligence in scientific research and publishing. *Accountability in Research*. 2025. P. 1–27.
2. Mytsyk H., Kovachov S., Suchikova Y. From acceptance to implementation: student speech-language pathologists’ perspectives on using digital technologies in practice. *Accountability in Research*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2025.2472262>
3. Алексєєва Г. М., Горбатюк Л. В., Овсянніков О. С., Антоненко О. В. Скрінкасти як інноваційний інструмент професійної та дуальної підготовки здобувачів освіти у галузі інженерної та комп’ютерно-графічної підготовки. *Педагогічна академія: наукові записки*. 2025. № 24. URL:



<https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/1461/1328>

(дата звернення: 01.03.2026).

4. Дімітрова А., Алексєєва Г.М., Антоненко О.В., Овсянніков О.С. Матвійчук-Юдіна О. Використання інтерактивних ресурсів у викладанні англійської мови в онлайн-форматі. Молодь і ринок: Науково-педагогічний журнал. Дрогобич: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка. 11 (231) листопад 2024. С.80-86. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.313851>

5. Liu D. The effects of segmentation on cognitive load, vocabulary learning and retention, and reading comprehension in a multimedia learning environment. *BMC Psychology*. 2024. Vol. 12, No. 1. P. 4. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40359-023-01489-5>

6. Song B. Multimodal interactive classroom teaching strategies based on social network analysis. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*. 2024. Vol. 30, No. 1. P. 70-81. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijnvo.2024.136777>

7. Cui Q. Multimedia teaching for applied linguistic smart education system. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 2023. Vol. 39, No. 1. P. 272–281. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2122111>

8. Lee H., Cheng Y., Wang W. et al. Exploring the learning process and effectiveness of STEM education via learning behavior analysis and the interactive-constructive-active-passive framework. *Journal of Educational Computing Research*. 2023. Vol. 61, No. 5. P. 951–976. DOI: <https://doi.org/10.1177/07356331221136888>

9. Qu K., Li K. C., Wong B. T. M. et al. A Survey of Knowledge Graph Approaches and Applications in Education. *Electronics*. 2024. Vol. 13, No. 13. P. 2537. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics13132537>



10. Li X., Henriksson A., Duneld M. et al. Evaluating embeddings from pre-trained language models and knowledge graphs for educational content recommendation. *Future Internet*. 2024. Vol. 16, No. 1. P. 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi16010012>
11. Analysis and application of semantic networks in education / A. Kiv, V. Soloviev, E. Tarasova et al. // *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology (AET 2022)*. Vol. 1. Setubal, Portugal : SCITEPRESS – Science and Technology Publications, 2022. P. 416–431. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010924800003364>
12. Marshall L. A graph-based framework for comparing curricula : Doctoral dissertation / University of Pretoria. Pretoria, South Africa, 2014. 196 p. URL: https://www.academia.edu/69786152/A_graph_based_framework_for_comparing_curricula
(дата звернення: 07.05.2026).
13. Aldrich P. R. The curriculum prerequisite network: Modeling the curriculum as a complex system. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2015. Vol. 43, no. 3. P. 168–180. DOI: <https://doi.org/10.1002/bmb.20861>
14. Kim S.-H. Understanding the role of visualizations on decision making: A study on working memory. *Informatics*. 2020. Vol. 7, no. 4. Art. 53. DOI: <https://doi.org/10.3390/informatics7040053>
15. Franz M., Scholz M., Hinz O. 2D versus 3D visualizations in decision support – The impact of decision makers' perceptions. *Proceedings of the 2015 International Conference on Information Systems (ICIS 2015)*. Fort Worth, USA, 2015. URL: <https://aisel.aisnet.org/icis2015/proceedings/DecisionAnalytics/23/>
(дата звернення: 07.05.2025).



16. ExploreCourses / Stanford University. URL: <https://explorecourses.stanford.edu/>
(дата звернення: 07.05.2025).
17. Degree planning : Workday Student / The University of British Columbia. URL: <https://workday.students.ubc.ca/degree-planning/>
(дата звернення: 17.02.2026).
18. Stellic: Degree planning and audit : Enrollment Services / Carnegie Mellon University. URL: <https://www.cmu.edu/es/stellic/>
(дата звернення: 07.05.2025).
19. Coursera / Coursera Inc. URL: <https://www.coursera.org/>
(дата звернення: 17.02.2026).
20. edX / edX LLC. URL: <https://www.edx.org/> (дата звернення: 17.02.2026).
21. Pavlich-Mariscal J. A., Curiel M., Chavarro G. CDIO curriculum design for computing: A graph-based approach. *Proceedings of the 15th International CDIO Conference* (Aarhus, Denmark, June 16–19, 2019) / ed. J. Bennedsen et al. Aarhus : Aarhus University, 2019. P. 376–385. URL: <https://www.cdio.org/knowledge-library/documents/cdio-curriculum-design-computing-graph-based-approach>
(дата звернення: 07.05.2025).