

doi: 10.32620/oikit.2024.100.11

УДК 378.1:004.92

В. О. Захаренко, О. С. Носиков

Дослідження та аналіз методів візуалізації освітніх програм та навчальних планів у вищих освітніх закладах

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Завданням дослідження є ідентифікація найбільш перспективних методів візуалізації, які можуть сприяти підвищенню розуміння, структури та змісту освітніх програм студентами та викладачами, покращенню планування навчального процесу, а також полегшенню адаптації програм до змінних вимог освітніх стандартів та потреб ринку праці. **Метою** дослідження є аналіз існуючих методів візуалізації освітніх програм в університеті для виявлення їх ефективності, сфер застосування та внеску у покращення якості освітнього процесу. **Методом дослідження** є аналіз з послідовним виявленням найбільш впливових ознак методів, що вивчаються на кінцевий результат подання даних.

Візуалізація даних незамінна для досліджень, аналізу та подання даних завдяки таким перевагам як покращене розуміння з боку аудиторії, ефективне спілкування та спрощення спільної роботи в команді, виявлення закономірностей та аномалій поданого матеріалу, більш вагома підтримка прийняття рішень, доступність та проведення ітеративного аналізу поданого матеріалу. Оскільки успішність становлення спеціаліста у будь-якій галузі пов'язана з орієнтацією студентів у існуючих освітніх програмах для різних рівнів підготовки. **В процесі дослідження** проаналізовані приклади застосування методів візуалізації освітніх програм у наукових дослідженнях. Оскільки методи візуалізації можуть відігравати ключову роль на всіх етапах життєвого циклу освітньої програми, починаючи від проектування та розробки до її безпосереднього використання, досліджені методи візуалізації дозволяють структурувати навчальні програми, графічно відображати розгортання освітньої програми в часі, наочно відображати, як навчальні модулі та курси співвідносяться з освітніми стандартами та цілями, надавати різноманітні звіти та аналітичні дані, виявляти прогалини та визначати галузі для покращення, інтегрувати зовнішні освітні ресурси та матеріали, організувати спільну роботу у реальному часі, адаптувати інтерфейс та подання даних під конкретні потреби студентів, викладачів та інших заінтересованих осіб. **Результатом дослідження**, на основі проведеного аналізу, є запропоновані рекомендації щодо вибору та інтеграції методів візуалізації до освітніх програм вищих освітніх закладів.

Ключові слова: освітня програма, візуалізація, картування, галузь знань, компетенція, онтологія, семантична модель, граф, освітня траєкторія.

Вступ

Візуальна комунікація - це не тільки спосіб передачі даних, але й потужний інструмент для навчання та взаємодії між учасниками освітнього процесу. Візуальні засоби дозволяють передати складні концепції та дані більш коротко та наочно, а сучасні платформи доступу (смартфони, планшети та ін.) дозволяють отримувати доступ до візуальної інформації у будь-який час та в будь-якому місці, забезпечуючи при цьому мобільність. Продукти візуальної комунікації відіграють важливу роль у сучасному освітньому процесі університетів. Їхнє широке використання обумовлено як технологічним прогресом, так і змінами у підходах до навчання [1].

Центральну роль освітньому процесі сучасного університету грає освітня програма, оскільки визначає структуру і зміст навчання, орієнтуючи як викладачів так і студентів на досягнення конкретних освітніх цілей. Для усунення обмежень

та забезпечення спільного, інтегрованого та цілісного бачення освітньої програми розробники звертають особливу увагу на методи візуалізації, які призначені для передачі структури, змісту освітньої програми, її оцінки зацікавленими сторонами та сприяють ефективному спілкуванню та взаєморозумінню між студентами, викладачами та іншими учасниками освітнього процесу [2].

1. Значення методів візуалізації даних у аналізі та поданні даних та їх систематизація

Візуальне подання – це метод та засіб реалізації візуалізації інформації у вигляді графічного уявлення, що виражає зміст інформації у формі візуальних символів [3]. До переваг візуалізації даних можна віднести:

- Поліпшене розуміння.
- Ефективну комунікацію.
- Ефективне виявлення закономірностей та тенденцій.
- Ефективне виявлення аномалій.
- Полегшене ухвалення рішень.
- Поліпшене міждисциплінарне співробітництво.
- Ефективне прогнозування.

Таким чином, візуалізація даних незамінна для досліджень, аналізу та подання даних. Використовуючи можливості візуальних уявлень, користувачі можуть отримати цінну інформацію з даних і ясно і переконливо зробити висновки та прийняти рішення. Тому правильний вибір формату візуалізації (методу візуалізації) даних відіграє ключову роль у тому, щоб зробити інформацію доступною, зрозумілою та корисною для всіх зацікавлених сторін.

Найбільш ефективною систематизацією методів візуалізації, на думку авторів, є систематизація реалізована у роботі авторів Lengler, R., & Eppler, M. J [4] в якій автори провели дослідження про значення візуалізації інформації в менеджменті та наочних форм її представлення, які можна використовувати для створення, обміну або систематизації знань. Результати дослідження подані у вигляді періодичної таблиці, в якій представлено 100 методів візуалізації (рис. 1). Елементами цієї таблиці є різні методи візуального подання інформації. Метод візуалізації автори визначають як систематичне, засноване на правилах, зовнішнє, графічне уявлення, що сприяє набуттю ідей, розвитку детального розуміння чи передачі досвіду. Таблиця побудована за двома вимірами: періоди та групи. Для прагматичної класифікації методів візуалізації використовують вимірювання «складності візуалізації» для періодів і вимірювання «область застосування» для груп.

Області застосування (групи) у свою чергу розділені на категорії, виділені різним кольором фону:

1. Жовтий колір це абстрактні кількісні формати візуалізації даних (таблиці, матриці, графіки, діаграми та ін.) які є універсальними і в основному використовуються для отримання огляду даних.

2. Світло-зелений колір це формати візуалізації зв'язків між компонентами інформації, які крім кількісної оцінки об'єктів, дає наочне уявлення взаємозв'язків між цими об'єктами (семантична мережа, деревоподібна карта, діаграма потоку даних та ін.).

3. Темно-зелений колір це концептуальна візуалізація (дерево рішень, діаграма Тулмена та ін.). Вона дає наочне уявлення взаємозв'язків між цими

об'єктами та якісну оцінку цих зв'язків, надаючи аналіз моделі аргументації. В основному це методи розробки якісних концепцій, ідей, планів та аналізу за допомогою процедур картування, керованих правилами.

4. Рожевий колір це візуальна метафора (карта метро, айсберг, замок та ін.). Вона дозволяє оцінювати взаємозв'язки між об'єктами за рахунок передачі суті чи нового змісту через усталені образи.

5. Фіолетовий колір це складова візуалізація, яка складається з кількох перерахованих вище графічних уявлень (складні карти знань), що містять схематичні та метафоричні елементи, карта навчання, концептуальні карикатури з кількісними діаграмами або настінні малюнки та ін.

6. Синій колір це візуалізація стратегій зафарбована у таблиці кольором використовується для створення, аналізу, розвитку стратегій підприємств та взаємозв'язків між ними (дорожня карта технологій, діаграма портфоліо, гнучка крива попиту та ін.). Ці методи характеризуються більш високим ступенем складності візуалізації, оскільки вони припускають більше знань у конкретній предметній галузі.

A PERIODIC TABLE OF VISUALIZATION METHODS

C continuum	Data Visualization Visual representations of quantitative data in schematic form (either with or without axes)										Strategy Visualization The systematic use of complementary visual representations in the analysis, development, formulation, communication, and implementation of strategies in organizations.										G graphic facilitation						
Tb table	Ca cartesian coordinates	Information Visualization The use of interactive visual representations of data to amplify cognition. This means that the data is transformed into an image, it is mapped to screen space. The image can be changed by users as they proceed working with it.										Metaphor Visualization Visual Metaphors position information graphically to organize and structure information. They also convey an insight about the represented information through the key characteristics of the metaphor that is employed.										Me meeting trace	Mm metro map	Tm temple	St story template	Tr tree	Ct cartoon
Pi pie chart	L line chart	Concept Visualization Methods to elaborate (mostly) qualitative concepts, ideas, plans, and analyses.										Compound Visualization The complementary use of different graphic representation formats in one single schema or frame.										Co communication diagram	Fp flight plan	Cs concept skeleton	Br bridge	Fu funnel	Ri rich picture
B bar chart	Ae area chart	R radar chart	Pa parallel coordinates	Hy hyperbolic tree	Cy cycle diagram	T timeline	Ve venn diagram	Mi mindmap	Sq square of oppositions	Cc concentric circles	Ar argument slide	Sw swim lane diagram	Gc gant chart	Pm perspectives diagram	D dilemma diagram	Pr parameter ruler	Kn knowledge map										
Hi histogram	Sc scatterplot	Sa sankey diagram	In information lense	E entity relationship diagram	Pt petri net	Fl flow chart	Cl clustering	Lc layer chart	Py pyramid technique	Ce cause-effect chains	Tl toulmin map	Dt decision tree	Cp cpm critical path method	Cf concept fan	Co concept map	Ic iceberg	Lm learning map										
Tk tukey box plot	Sp spectrogram	Da data map	Tp treemap	Cn cone tree	Sy system dyn./simulation	Df data flow diagram	Se semantic network	So soft system modeling	Sn synergy map	Fo force field diagram	Ib ibis argumentation map	Pr process event chains	Pe pert chart	Ev evocative knowledge map	V vee diagram	Hh heaven 'a' hell chart	I informal										

Cy Process Visualization

Note: Depending on your location and connection speed it can take some time to load a pop-up picture.

version 1.5

© Ralph Lengler & Martin J. Eppler, www.visual-literacy.org

Hy Structure Visualization

Overview

Detail

Detail AND Overview

Divergent thinking

Su supply demand curve	Pe performance charting	St strategy map	Oc organisation chart	Ho house of quality	Fd feedback diagram	Ft failure tree	Mq magic quadrant	Ld life-cycle diagram	Po porter's five forces	S s-cycle	Sm stakeholder map	Is ishikawa diagram	Tc technology roadmap
Ed edgeworth	Pf portfolio	Sg strategic	Mz mintzberg's	Z zwick's	Ad affinity	De decision	Bm bmc matrix	Stc strategy	Vc value chain	Hy hype-cycle	Sr stakeholder	Ta taps	Sd sdc

Рис 1. Періодична таблиця методів візуалізації

Запропонована систематизація орієнтована на користувача і дозволяє йому порівняти існуючі методи візуалізації за різними критеріями та ефективно вибрати метод візуалізації у певному контексті для вирішення складних пізнавальних, конструктивних та практичних завдань.

2. Аналіз існуючих методів візуалізації освітніх програм

Освітні програми зазвичай представляються як тексту чи таблиць з

семестрової структурою. Ця структура допомагає учням створювати свої освітні траєкторії у межах цієї програми. На думку Blasco Soplon L. [5], наприклад, текст та таблиці корисні для пояснення частин конкретної освітньої програми, але вони мають обмежене застосування для візуалізації зв'язків між різними навчальними курсами, набуттям та розвитком компетентності, результатами навчання чи діяльністю, що здійснюється у кожному навчальному курсі. Компетенції та навчальні курси повністю переплетені і студенти зазвичай приймають рішення про вибір освітньої програми ґрунтуючись лише на тому які курси вони хочуть пройти, а не на тому, які навички вони сформуєть чи розвинуть.

Результати дослідження ролі візуалізації у стратегічній роботі Azad, B., & Zabliith, F. (2021) [6] показують, що особливості цифрової візуалізації вплинули на етапи стратегічного перетворення освітньої програми бакалаврів та її реалізації. Зокрема, дослідження показує, що розуміння стратегії покращилося за рахунок трьох можливостей, а саме: ефективності, реляційності та інтерактивності інструментів візуалізації та пов'язаних із ними функцій. Проведене дослідження виявило, що робота рядових співробітників щодо прийняття стратегії формувалася одночасно за допомогою як можливостей розбірливості (прийняття стратегії відповідно до початкового наміру), так і можливостей формулювання (прийняття стратегії, що виходить за межі початкового наміру). Також дослідження підтвердило, що функції цифрової візуалізації працюють разом як набір можливостей, що взаємно підсилюють один одного.

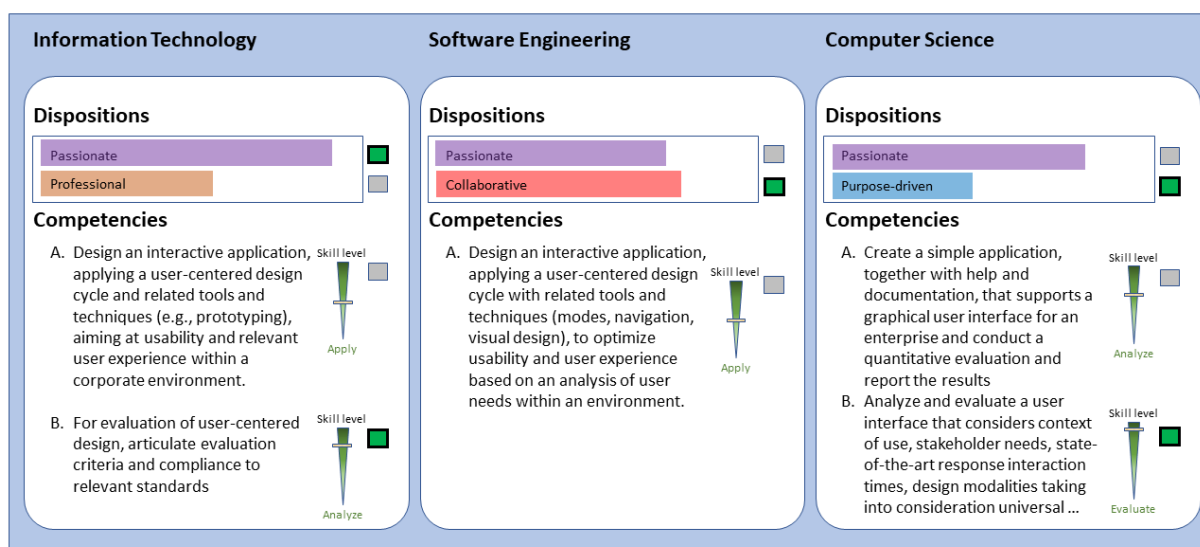


Рис. 2. Перелік компетенцій та відповідні рівні навичок у галузі дизайну користувальницького досвіду (CC2020)

Але найчастіше розробники освітніх програм не знають можливостей методів візуалізації інформації та використовують їх для візуалізації лише цілей освітньої програми. Тому однією з основних цілей проекту Computing Curricula 2020 (CC2020) [7] є надання інтуїтивно виразних інструментів візуалізації, які допоможуть зацікавленим сторонам (студенти, галузевий персонал, викладачі) інтерпретувати різні аспекти конкретної освітньої програми та порівнювати програми пов'язані з нею. Автори проекту на основі освітніх програм, розроблених АСМ та іншими професійними організаціями наводять приклади багатьох візуалізацій як елементів конкретної освітньої програми, так і освітніх

програм в цілому. Вони показують, що візуалізація може допомогти учням, викладачам та зацікавленим сторонам зрозуміти структуру, зміст та послідовність освітніх матеріалів, а різні методи візуалізації можуть бути кращими у різних контекстах залежно від їх цілей, аудиторії та типу освітньої програми (див. рис. 2).

Як приклад застосування прекуту автори показують проміжні візуалізації під час роботи студента з інтерактивною освітньою програмою. Наприклад, студент може вказати, які окремі галузі знань, представлені «use case» діаграмою, найбільш актуальні. Якщо студент влаштовує цей набір областей знань, він може підтвердити і попросити дати загальне уявлення про те, наскільки різні навчальні програми відповідають його інтересам. З вибору учня система шукає навчальні програми, відповідні передбачуваному змісту (рис. 3).

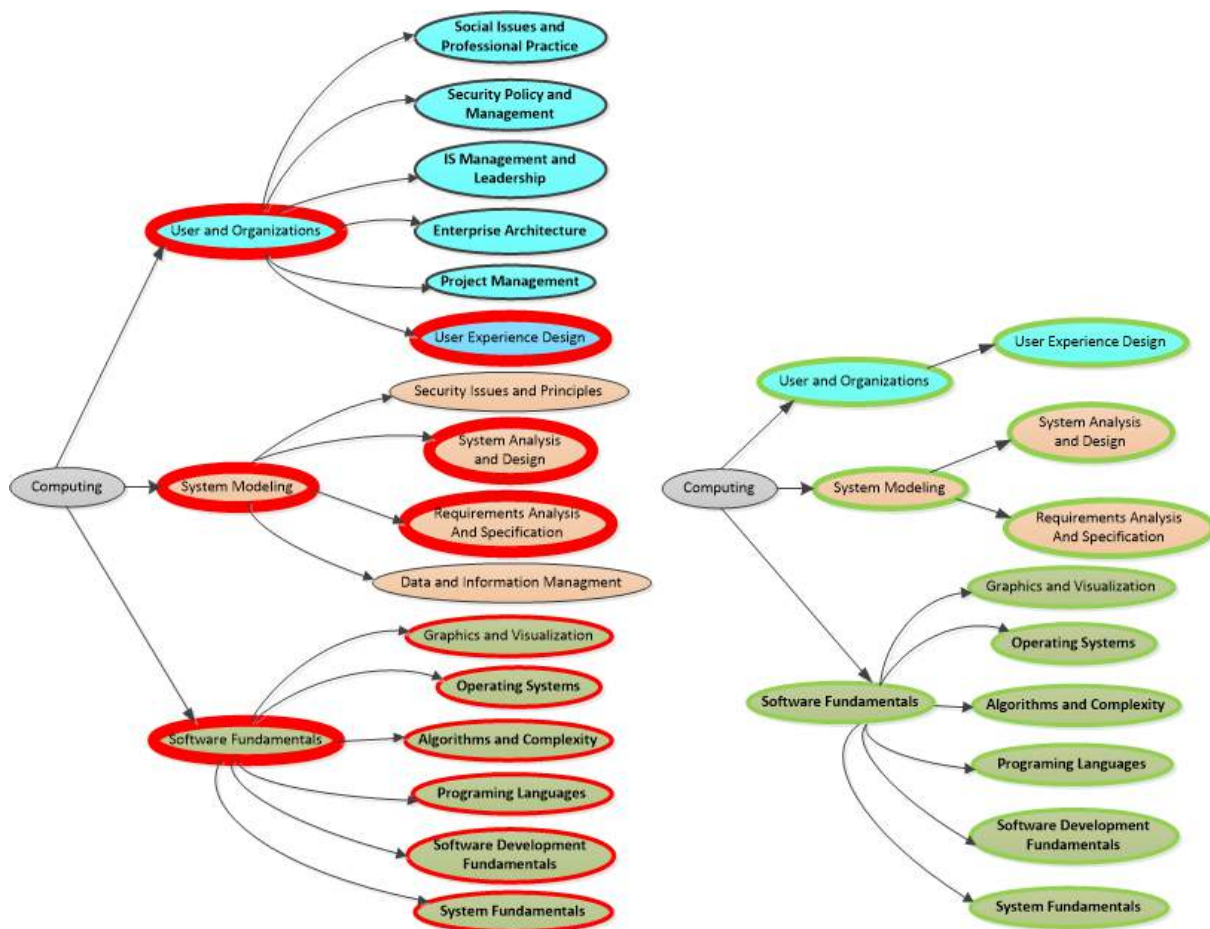


Рис. 3. Детальний вибір галузей знань (CC2020)

Зіставлення обраних категорій знань з навчальними рекомендаціями представлено у вигляді інтерактивної карти з передбачуваними категоріями знань, які відображені у вигляді квадрата для кожного з керівних принципів освітньої програми. Під час наведення курсору на квадрат відображаються відповідні компетенції (рис. 4). Також відображаються диспозиції, пов'язані із компетенціями та відносний рівень, розрахований на основі вибору студента.

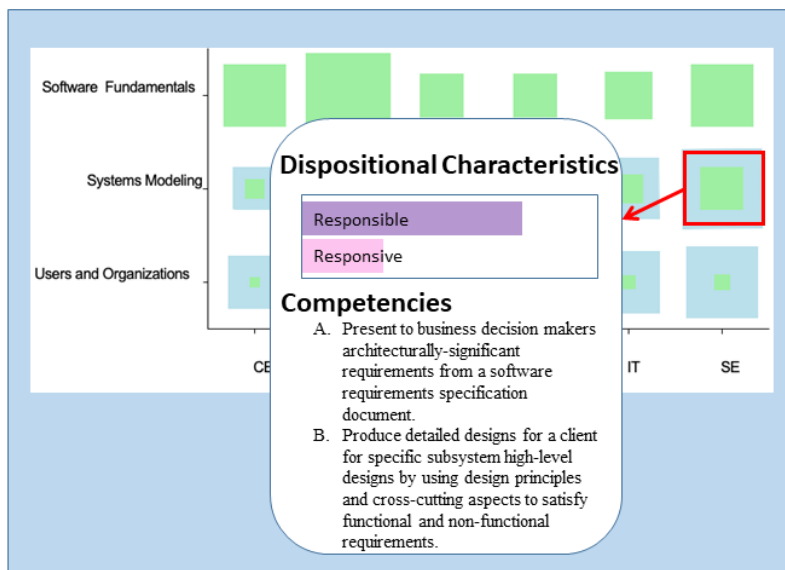


Рис. 4. Інформація про диспозицію та компетенцію (CC2020)

Автори іншого проекту Takada, S., Cuadros-Vargas, E., Impagliazzo, J. та ін. [8] автори розкривають потенціал методів візуалізації на прикладі освітніх програм бакалаврів у галузі комп'ютерних технологій. Вони зосередили увагу на різних моделях візуалізації. Ці моделі включають моделі комп'ютерних компетенцій, які підкреслюють їх значення та використання в освітньому середовищі, а також компетенції високого рівня, щоб показати, чим компетенції відрізняються від знань. Також запропоновані моделі містять способи формулювання компетенцій та ілюстрації їхньої структури. Як метод кількісної оцінки компетенцій автори використовували опитування, в якому розглядалися компоненти компетентності (знання, навички та схильності) з мінімальною та максимальною шкалою значимості для кожної з шести обчислювальних дисциплін (CE, CS, CY, IS, IT, SE).

У своїй роботі Armstrong [9] на прикладі освітньої програми з інформаційної безпеки запропонував простий процес візуалізації для оцінки процесів прийняття рішень щодо відповідних наборів навичок та основних знань у вигляді теплових карт, кожен осередок яких відповідав навичці, а колір відображав рівень відповідальності. Картування освітньої програми – процедура (рис. 5), яка створює візуальне подання освітньої програми на основі інформації в реальному часі, як способу підвищення рівня співробітництва та колегіальності у вищій освіті.

Class	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
CST 105																			
CST 300																			
CST 341																			
CST 408																			
ENG 101																			
ENG 105																			
ENG 109																			
ENG 303																			

Рис 5. Зіставлення курсів із результатами навчання студентів

Для візуалізації карти освітньої програми можна використовувати різні методи: концептуальна карта, таблиця, блок-схема, матриця, сітка [10, 11].

Наступний підхід, який широко використовується для картування освітніх програм у вищій освіті, базується на онтології. Найбільш повно він був сформульован авторами Zouri, M., & Ferworn, A. [12]. Створену завдяки цьому підходу онтологію можна використовувати для передачі та інтеграції знань із різних частин обраної галузі освіти (рис. 6).

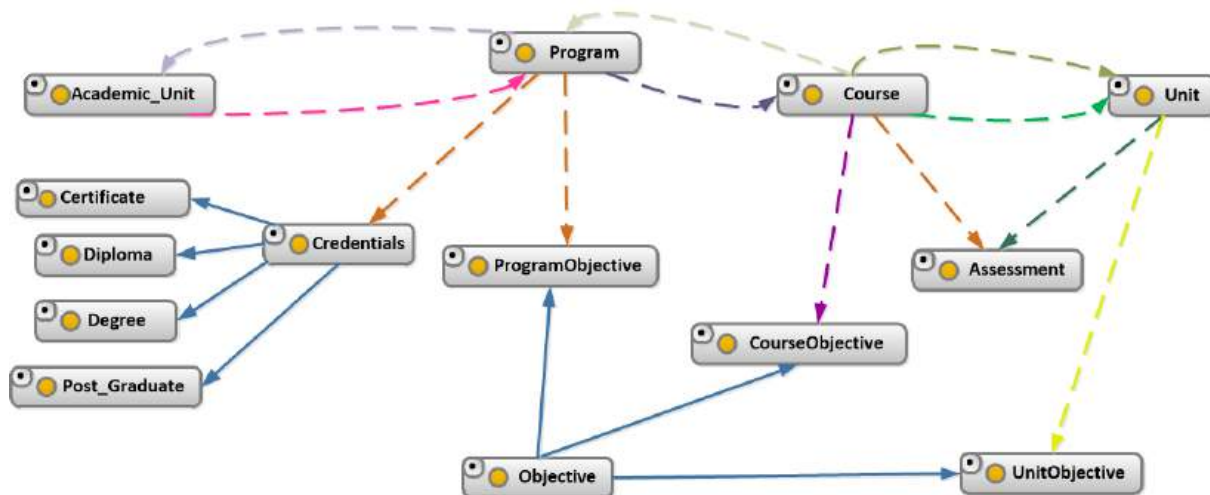


Рис. 6. Пропонована онтологія освітньої програми (Zouri, M. & Ferworn)

У наступних роботах описаний вище підхід на базі онтології отримав подальший розвиток. Так у роботі Y. Chi [13] представлено використання онтології для систем упорядкування змісту освітньої програми з семантичними правилами, що допомагають керувати маршрутом навчання учнів, щоб вони могли досягти бажаних цілей навчання. Онтологія використовувалася уявлення матеріалу курсу, а семантичні правила використовувалися уявлення відносин між людьми. У своїй роботі Chung, H., & Kim, J. [14, 15] розробили та детально представили інтегровану онтологію навчання. Вони запропонували метод інтеграції та класифікації освітніх програм, створеними різними викладачами на основі стандартної таксономії знань, що базується на визначенні семантичної моделі навчального плану. Перевагою використання онтології для картування освітніх програм є підвищення точності та поінформованості про контекст процесу виявлення знань, а також збагачення цього процесу.

Для наочного подання зв'язків між різними елементами освітньої програми, такими як курси, теми, завдання та компетенції використовують графи [16, 17, 18]. Це допомагає краще зрозуміти структуру програми та її логічну організацію. Графи дозволяють виявити залежність між різними компонентами освітньої програми. Наприклад, вони допомагають визначити, які теми чи навички є передумовами вивчення інших тем. Також вони дозволяють проводити узгодженість існуючих програм у вищому навчальному закладі та оцінювати їх ефективність, а також оптимізувати порядок вивчення різних тем, враховуючи їх взаємозв'язки та залежності [19].

У статті (Turkin, I., Nosykov, O. (2024) [20] запропоновано метод побудови індивідуалізованих освітніх траєкторій для студентів програмної інженерії українських університетів, що підтримує студентоцентроване навчання (SCL).

Метод базується на Європейській структурі електронних компетенцій (e-CF), що відображає компетенції у стандартних професійних профілях ІКТ. Він використовує теорію графів для моделювання зв'язків між необхідними компетенціями в профілях e-CF та робочими продуктами.

Профілі згруповані в групи з міцними внутрішніми зв'язками. Можливі траєкторії між рівнями профілю оцінюються за показником «досяжності» на основі нових необхідних компетенцій. Цей метод використовується для створення траєкторій, що охоплюють рівні молодшого бакалавра та докторантуру в галузі програмної інженерії. Результати показують, що профілі рівня бакалавра «Розробник», «Спеціаліст із цифрових медіа» та «Спеціаліст з тестування» мають найважливіші зв'язки. Ця методологія та аналіз допомагають студентам у виборі освітніх шляхів на основі їхніх кар'єрних цілей розробника програмного забезпечення (рис. 7).

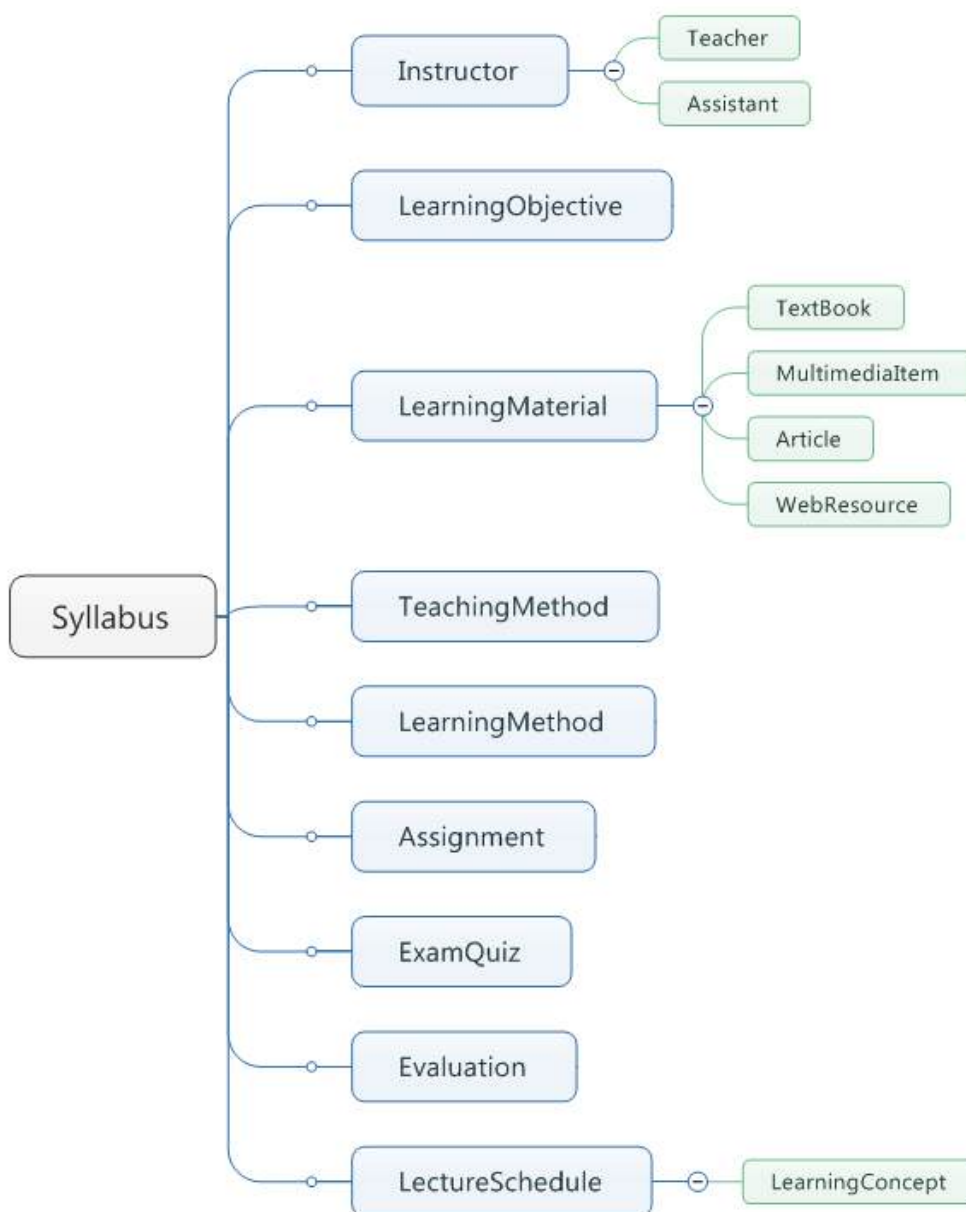


Рис. 7. Ієрархія класів онтології навчального плану (Chung, H.& Kim, J)

На основі теорії графів, у роботі Willcox, KE, & Huang, L. [21], представлено візуалізацію мережевої моделі програми бакалаврату Массачусетського технологічного інституту в галузі аерокосмічної техніки (рис.8).

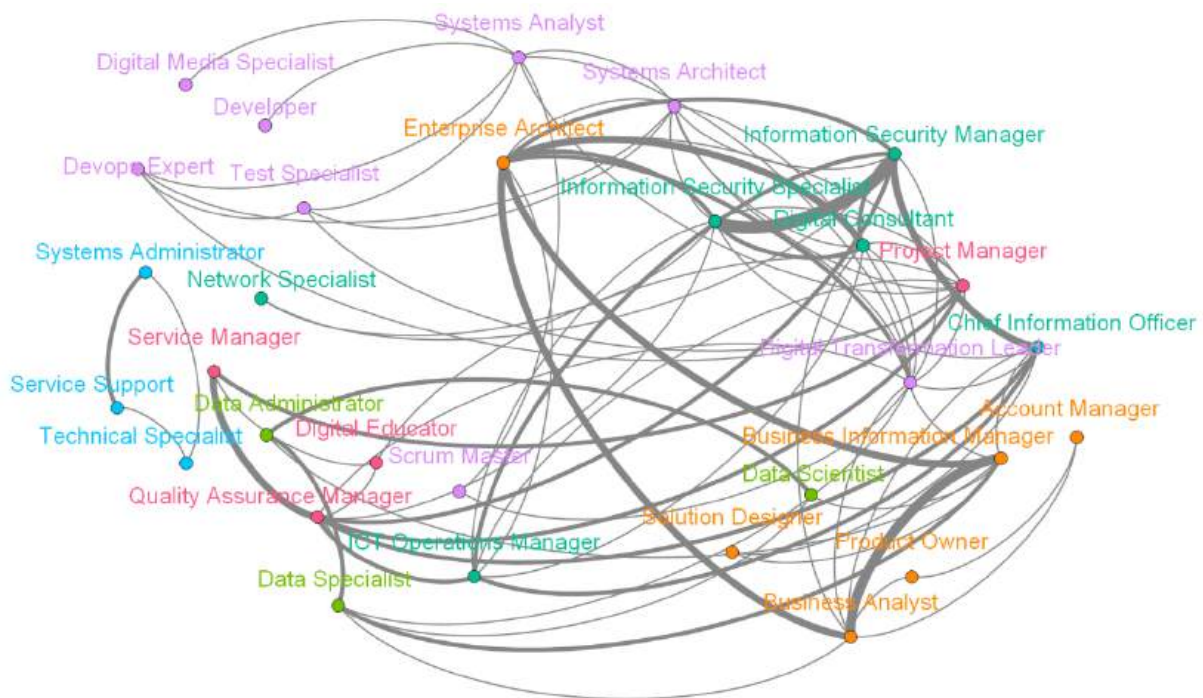


Рис. 8. Сім груп профілів (виділені різними кольорами), які тісно пов'язані між собою списком необхідних компетенцій

Дана модель побудована на основі графів. Її зіставлення з програмою інженерної освіти CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate).

3. Рекомендації щодо вибору методів візуалізації

Проведений авторами аналіз методів візуалізації освітніх показав, що вони повинні відігравати ключову роль на всіх етапах життєвого циклу освітньої програми, починаючи від проектування та розробки до безпосереднього її використання. У цьому контексті методи візуалізації дозволяють:

- структурувати освітні програми, забезпечуючи прозорість зв'язків між цілями, стандартами та кінцевими результатами навчання;
- графічно відображати розгортання освітньої програми у часі, дозволяючи викладачам та адміністрації бачити, коли та які навчальні модулі викладатимуться;
- наочно відображати, як навчальні модулі та курси співвідносяться з освітніми стандартами та цілями, полегшуючи процес забезпечення відповідності освітньої програми необхідним стандартам;
- надавати різноманітні звіти та аналітичні дані, які дозволяють візуалізувати ефективність та покриття освітньої програми, виявляти прогалини та визначати галузі для покращення;
- інтегрувати зовнішні освітні ресурси та матеріали, що надає додаткові можливості для візуалізації змісту курсу;

- організувати спільну роботу в реальному часі, це дозволяє командам викладачів та адміністраторів візуально синхронізувати свої зусилля щодо розробки та адаптації освітніх програм, полегшуючи процес внесення змін та оновлень;

- адаптувати інтерфейс та подання даних під конкретні потреби студентів, викладачів та інших зацікавлених осіб, роблячи освітню програму максимально зручною та зрозумілою.

На основі указаних можливостей методів візуалізації авторами сформульовані наступні рекомендації щодо їх вибору та інтеграції в освітній процес:

1. Вибір методів візуалізації для освітніх програм у вищих освітніх закладах має бути ретельно продуманий, щоб забезпечити максимальну ефективність навчання. Насамперед, необхідно визначити конкретні цілі освітньої програми та оцінити предметну сферу застосування освітньої програми. Різні дисципліни можуть потребувати різних підходів до візуалізації. Наприклад, для природничих наук можуть бути кращі деталізовані схеми та моделювання, у той час як для гуманітарних наук можуть бути корисні концептуальні карти та тимчасові лінії.

2. Вибір методів візуалізації має відповідати рівню підготовки та попереднім знанням студентів. Використання надто складних або спеціалізованих методів візуалізації може ускладнити розуміння матеріалу. Для утримання уваги студентів та адаптації до різних стилів навчання корисно використовувати різноманітність візуалізацій, включаючи інфографіку, відео, інтерактивні діаграми та змішану реальність.

3. Методи візуалізації, що використовуються, повинні бути доступні для всіх студентів і не вимагати спеціалізованого обладнання або програмного забезпечення, яке може бути недоступне або складно для використання.

4. Перевагу слід надавати методам візуалізації, які дозволяють студентам активно взаємодіяти з освітньою програмою, навчальним матеріалом, таким як інтерактивні завдання, симуляції та віртуальні лабораторії.

5. Необхідно надати студентам та викладачам відповідні ресурси та навчання з використання методів візуалізації. Це може містити інструкції, посібники, семінари або онлайн-курси.

6. Для коригування та покращення освітніх матеріалів необхідно організувати оцінку та зворотний зв'язок від студентів та викладачів про те, наскільки ефективними є обрані методи візуалізації. Застосовуючи ці рекомендації, вищі навчальні заклади можуть значно покращити якість розробки та використання освітньої програми.

Висновки

Використання методів візуалізації освітніх програм може значно покращити процес її розробки та забезпечити більш ефективні результати: організувати інформацію про зміст освітньої програми, виділити ключові елементи та зв'язки між ними; зрозуміти взаємозв'язки між різними компонентами програми, уникаючи дублювання та неузгодженості; порівнювати різні навчальні програми, виявляти подібності та відмінності, а також оцінювати їх ефективність; отримувати викладачам та розробникам зворотний зв'язок від студентів та інших зацікавлених сторін, що дозволяє покращувати програми та адаптувати їх до потреб користувачів; сприяти чіткішому розумінню, ефективнішої розробки та

успішної реалізації освітніх цілей.

References

1. Tatiana, F.: Visual Communication and Digital Media: Exploring the Science behind Visual Communication in Digital Age. (2022).
2. Siirtola, H., Raiha, K.-J., Surakka, V.: Interactive Curriculum Visualization. In: 2013 17th International Conference on Information Visualisation. pp. 108–117. IEEE, London, United Kingdom (2013). <https://doi.org/10.1109/IV.2013.13>.
3. Bian, J., Ji, Y.: Research on the Teaching of Visual Communication Design Based on Digital Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021, 1–11 (2021). <https://doi.org/10.1155/2021/8304861>.
4. Lengler, R., Eppler, M.J.: Towards a periodic table of visualization methods of management. In: Proceedings of the IASTED International Conference on Graphics and Visualization in Engineering. pp. 83–88. ACTA Press, USA (2007).
5. Blasco Soplón, L., Minguillón Alfonso, J., Melenchón Maldonado, J.: CURRICULUM VISUALIZATION BASED ON SUBJECT COMPETENCES. In: ICERI2014 Proceedings. pp. 1439–1445. IATED, Seville, Spain (2014).
6. Azad, B., Zablith, F.: How digital visualizations shape strategy work on the frontlines. *Long Range Planning*. 54, 101990 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2020.101990>.
7. Cc2020 Task Force: Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education. ACM, New York, NY, USA (2020). <https://doi.org/10.1145/3467967>.
8. Takada, S., Cuadros-Vargas, E., Impagliazzo, J., Gordon, S., Marshall, L., Topi, H., Van Der Veer, G., Waguespack, L.: Toward the visual understanding of computing curricula. *Educ Inf Technol*. 25, 4231–4270 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10127-1>.
9. Armstrong, C.J., Armstrong, H.L.: Mapping information security curricula to professional accreditation standards. In: 2007 IEEE SMC Information Assurance and Security Workshop. pp. 30–35. IEEE, West Point, NY, USA (2007). <https://doi.org/10.1109/IAW.2007.381910>.
10. Buchanan, H., Webb, K.K., Houk, A.H., Tingelstad, C.: Curriculum Mapping in Academic Libraries. *New Review of Academic Librarianship*. 21, 94–111 (2015). <https://doi.org/10.1080/13614533.2014.1001413>.
11. Ervin, L., Carter, B., Robinson, P.: Curriculum mapping: not as straightforward as it sounds. *Journal of Vocational Education & Training*. 65, 309–318 (2013). <https://doi.org/10.1080/13636820.2013.819559>.
12. Zouri, M., Ferworn, A.: An Ontology-Based Approach for Curriculum Mapping in Higher Education. In: 2021 IEEE 11th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). pp. 0141–0147. IEEE, NV, USA (2021). <https://doi.org/10.1109/CCWC51732.2021.9376163>.
13. Chi, Y.-L.: Ontology-based curriculum content sequencing system with semantic rules. *Expert Systems with Applications*. 36, 7838–7847 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.048>.
14. Kim, J., Kim, P., Chung, H.: Ontology construction using online ontologies based on selection, mapping and merging. *IJWGS*. 7, 170 (2011). <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2011.040447>.
15. Chung, H., Kim, J.: An Ontological Approach for Semantic Modeling of Curriculum and Syllabus in Higher Education. *IJIET*. 6, 365–369 (2016).

<https://doi.org/10.7763/IJJET.2016.V6.715>.

16. Aldrich, P.R.: The curriculum prerequisite network: Modeling the curriculum as a complex system. *Biochem Molecular Bio Educ.* 43, 168–180 (2015). <https://doi.org/10.1002/bmb.20861>.

17. Pavlich-Mariscal, J.A., Curiel, M., Chavarro, G.: CDIO curriculum design for computing: A graph-based approach. In: *Proceedings of the 15th International CDIO Conference* (2019).

18. Rollande, R.: The research and implementation of personalized study planning as a component of pedagogical module, <https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/20219>, (2015).

19. Varagnolo, D., Knorn, S., Staffas, K., Fjällström, E., Wrigstad, T.: Graph-theoretic approaches and tools for quantitatively assessing curricula coherence. *European Journal of Engineering Education.* 46, 344–363 (2021). <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1710465>.

20. Turkin, I., Nosykov, O.: The Software Engineers Student-Centered Learning. In: Nechyporuk, M., Pavlikov, V., and Krytskyi, D. (eds.) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2023*. pp. 462–473. Springer Nature Switzerland, Cham (2024). https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9_35.

21. Willcox, K.E., Huang, L.: Mapping the CDIO curriculum with network models. In: *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*. pp. 78–89 (2017).

Надійшла до редакції 23.08.2024, розглянута на редколегії 23.08.2024

Research and analysis of visualization methods of educational programs and educational plans in higher educational institutions

The task of the research is to identify the most promising visualization methods that can help students and teachers to increase their understanding of the structure and content of educational programs, improve the planning of the educational process, as well as facilitate the adaptation of programs to the changing requirements of educational standards and the needs of the labor market. The purpose of the study is to analyze the existing methods of visualization of educational programs at the university to identify their effectiveness, areas of application and contribution to improving the quality of the educational process. The research method is an analysis with sequential identification of the most influential features of the studied methods on the final result of data presentation.

Data visualization is indispensable for research, analysis and presentation of data, thanks to benefits such as improved audience understanding, effective communication and facilitation of teamwork, identification of patterns and anomalies in the presented material, stronger decision support, accessibility and iterative analysis of the presented material. Since the success of becoming a specialist in any field is related to the orientation of students in existing educational programs for different levels of training. In the course of the research, examples of the use of methods of visualization of educational programs in scientific research were analyzed. Since visualization methods can play a key role at all stages of the life cycle of an educational program, from design and development to its direct use, the researched visualization methods allow structuring educational programs, graphically displaying the development of an educational program over time, visually displaying how educational modules and courses are related with educational standards and goals, provide a

variety of reports and analytics, identify gaps and identify areas for improvement, integrate external educational resources and materials, organize real-time collaboration, adapt the interface and data presentation to the specific needs of students, teachers and other stakeholders . The result of the research, based on the conducted analysis, are the proposed recommendations for the selection and integration of visualization methods into the educational programs of higher educational institutions.

Key words: educational program, visualization, mapping, field of knowledge, competence, ontology, semantic model, graph, educational trajectory.

Відомості про авторів:

Захаренко Володимир Олександрович – доцент, канд. техн. наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, ел. пошта: v.zakharenko@khai.edu.

Носиков Олександр Сергійович – аспірант кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, ел. пошта: o.nosykov@khai.edu.

About the Autors:

Volodymyr Zakharenko – associate professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Software Engineering of the National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail mail: v.zakharenko@khai.edu.

Oleksandr Nosykov – phd student of the Department of Software Engineering of the National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail mail: o.nosykov@khai.edu.