

Методи підвищення наочності карт понять у навчальних мобільних застосунках¹

Полєнова В. А., Феденко В. А., Коваленко Д. Р., Титенко С. В. Методи підвищення наочності карт понять у навчальних мобільних застосунках // Сталий розвиток — XXI століття. Дискусії 2020: колективна монографія / Національний університет “Києво-Могиллянська академія” / за ред. проф. Хлобистова Є.В. — Київ, 2020. — С. 435-441 с. — Електронне видання. ISBN: 978-617-7668-22-9.

Актуальність. Розвиток інформаційних технологій та широке використання інтернету у різноманітних галузях професійної та наукової діяльності зробило інформаційно-навчальні веб-ресурси доступним та зручним джерелом різноманітної інформації загальноосвітнього та професійного спрямування.

Водночас, серед тенденцій сучасного світу усе більших масштабів набирає використання мобільних застосунків для спрощення доступу до необхідної інформації. Сьогодні смартфони мають функції, які можна порівняти з середнім комп'ютером, і цей портативний мобільний пристрій може залучити студентів до навчального процесу набагато динамічніше, ніж ноутбук чи планшет.

Інформаційно-навчальні портали повинні бути пристосовані до онтологічно-орієнтованої моделі навчального контенту, що передбачає формалізацію інформаційного наповнення, онтологічне моделювання предметної області та дидактичну функцію, яка забезпечує подання та візуалізацію затребуваної навчальної інформації². Набув поширення спосіб візуалізації професійно-навчальної інформації у вигляді карт понять різних типів³.

Новизна. У роботі досліджується вплив карт понять на когнітивні процеси для підвищення ефективності навчання. Пропонується застосування групування вузлів та лінійного упорядкування понять у складних картах, де велика кількість ребер значним чином погіршує наочність та збільшує когнітивне навантаження. Окрема увага приділяється розв'язанню цієї

¹ Автори Полєнова В. А., Феденко В. А., Коваленко Д. Р., Титенко С. В.

² Tytenko, S. V. INTERACTIVE CONCEPT MAPS IN ONTOLOGY-ORIENTED INFORMATION AND LEARNING WEB-SYSTEMS. KPI Science News, no. 2, pp. 24–36, 2019. doi:10.20535/kpi-sn.2019.2.167515

³ S. Puntambekar, A. Stylianou, and R. Hübscher, “Improving Navigation and Learning in Hypertext Environments With Navigable Concept Maps”, Human–Computer Interaction, vol. 18, no. 4, pp. 395–428, 2003. doi: 10.1207/S15327051HCI1804_3

проблеми для екранів мобільних пристроїв, де стандартні методи візуалізації графів малоефективні.

Основна частина. Візуалізація грає дуже важливу роль у засвоєнні знань. Проблему візуалізації досліджував Кант, німецький філософ ХІХ століття. На думку філософа, процес візуалізації задіює "первинну уяву" — техніку, захovanу у глибинах людського розуму, і належить до трансцендентної категорії⁴. Візуалізація відноситься до теорій, методів та технологій, за допомогою яких наукові дані спочатку представляються в інтуїтивно зрозумілій графіці або зображенні, що відображаються на екрані, а потім інтерактивно обробляються за допомогою комп'ютерної графіки та технології обробки зображень.

Карти понять виникли в результаті досліджень когнітивної психології. Це важливий інструмент для організації, представлення та обміну знаннями⁵. Побудова карти понять передбачає створення текстових вузлів, що з'єднані між собою дугами. Вузол означає поняття, а дуга означає зв'язок між певними вузлами. Використання карт понять виявилось корисним у цілому ряді галузей, що охоплюють початкову освіту та отримання експертних знань. Одна з переваг такого подання інформації полягає в тому, що карти понять, як правило, стислі та чіткі порівняно з текстовими повідомленнями того самого змісту.

Переваги карт понять у навчальних процесах. *Подвійне кодування та спільне запам'ятовування.* Перегляд або побудова карт понять разом із семантично еквівалентним текстом або усними презентаціями може полегшити когнітивну репрезентацію інформації як у вербальній, так і в зорово-просторовій пам'яті учня⁶.

Згідно з теорією подвійного кодування Пайвіо⁷, словесні знання та ментальні образи містяться в окремих, але потенційно взаємопов'язаних кодах пам'яті. Зв'язки між словесними та візуально-просторовими кодами забезпечують додаткові шляхи пошуку для обох типів інформації. Крім того, оскільки словесні та зорово-просторові спогади черпаються з різних когнітивних ресурсів, одночасна вербальна та зорово-просторова обробка може бути ефективною⁸.

⁴ Zhuan Ma, L. Shi. Application of Visual Interactive Concept Map in College English Writing Teaching. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 11, 32

⁵ Coffey JW, Hoffman R, Cañas A. Concept Map-Based Knowledge Modeling: Perspectives from Information and Knowledge Visualization. Information Visualization. 2006;5(3):192-201. doi:10.1057/palgrave.ivs.9500129

⁶ Paivio, A. (1986). Mental representations: A dual coding approach. Oxford, UK: Oxford University Press.

⁷ Paivio, A. (1986). Mental representations: A dual coding approach. Oxford, UK: Oxford University Press.

⁸ Baddeley, A. (1992). Is working memory working? The Fifteenth Bartlett lecture. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 44A, 1–31.

Словесне кодування. В якості відмінної альтернативи подвійному кодуванню та спільному запам'ятовуванню, виступає теорія про те, що графічні зв'язки між поняттями запам'ятовуються більш схожим чином до того як запам'ятовується текстова інформація, а не візуальна⁹.

На картах, поняття представлене одним вузлом, незалежно від того, скільки відношень воно має з іншими поняттями.

Карти можуть знизити когнітивне навантаження, необхідне для додавання нових асоціацій до вже наявних знань учня, створюючи міцні когнітивні структури в його пам'яті. Карти понять, на відміну від текстових уривків, дозволяють проводити ефективніший оглядовий пошук та більш ймовірно залишаться в довготривалій пам'яті¹⁰.

Карти можуть полегшити словесне кодування шляхом об'єднання понять, що мають подібні значення або підпадають під ту саму концепцію вищого порядку, тим самим створюючи асоціативну макроструктуру інформації. Візуалізація понять на карті може зменшити когнітивне навантаження, зменшуючи візуальний пошук або пошук в пам'яті, необхідний для розрізнення або асоціювання подібних понять¹¹.

Подібна перевага отримується через асоціації, коли карти понять використовують характерні форми та кольори для вузлів, що представляють різні типи концепцій. Дійсно, є дані, що навчання покращується вивченням карт, в яких поняття типізуються за допомогою відстані між вузлами, форми та кольору¹².

В результаті дослідження обох попередніх теорій, можна сказати, що навіть не знаючи яка з них правдива, а яка хибна, в обох випадках карти понять сприяють кращому засвоєнню інформації.

Стратегії навчання. Згідно дослідження¹³, учні засвоюють більше інформації, коли перетворюють її з текстового формату в формат карти або навпаки, ніж коли просто читають текст або слухають лекцію.

Концептуальні карти можуть покращити навчання, коли вони використовуються для узагальнення інформації. Існує безліч свідочств того, що створення або вивчення анотацій сприяє покращенню запам'ятовування

⁹ Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413–448. doi:10.3102/00346543076003413

¹⁰ Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413–448. doi:10.3102/00346543076003413

¹¹ Winn, W. (1991). Learning from maps and diagrams. *Educational Psychology Review*, 3, 211–247.

¹² Wallace, D. S., West, S. C., Ware, A. M., & Dansereau, D. F. (1998). The effect of knowledge maps that incorporate gestalt principles on learning. *Journal of Experimental Education*, 67, 5–16.

¹³ Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986) The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook on Research in Teaching* (3rd ed., pp. 315–327). New York: Macmillan.6.

узагальнених ідей¹⁴. Порівняно з висновком у текстовій формі, карти понять можна переглянути швидше, що дозволяє учасникам дослідження переглянути більше представленої інформації за фіксований проміжок часу.

Дослідження¹⁵ показує, що використання карт понять у навчанні забезпечує низку переваг: вони сприяють кращій організації понять у конкретній предметній області, демонструючи взаємозв'язок між основними ідеями просто та візуально привабливо. У картах понять доцільним є використання різних кольорів та геометричних фігур, що сприяє кращому запам'ятовуванню інформації. Таким чином, вони забезпечують швидке, легке розуміння нових концепцій, сприяють аналізу та синтезу ідей, і дають можливість пояснити своїми словами те, що ми дізналися, що в свою чергу значно покращує процес навчання.

Недоліки карт понять у навчальних процесах. *Кarti понять у навчальних системах.* Кarti понять є важливим інструментом візуалізації знань в навчальних системах. Однак, дослідження¹⁶ виявляють, що учням важко отримати корисну інформацію з карти понять, у якій присутня велика кількість вузлів, а зв'язки між ними заплутані та складні. Більш того, зазвичай карта понять будується без урахування навчальних здібностей студентів та особливостей певної навчальної системи, що також може погано впливати на засвоєння знань. Додатковий аналіз карт понять щодо згаданих особливостей забирає багато часу через додаткові трудові витрати.

Розглянемо навчальну систему¹⁷, що є сучасним освітнім порталом. Система базується на онтологічному моделюванні контенту з використанням карт понять для забезпечення візуалізації знань в певних предметних областях. Приклад карти понять з порталу зображено на рис. 1. Серед зазначеної вище низки переваг такого підходу візуалізації інформації для навчальних порталів існують кілька недоліків, що ускладнюють користування картами понять та зменшують їх наочність. Кarti понять системи, що охоплюють велику область контенту та будуються на базі дидактичних відношень порядку вивчення (рис. 1) часто представлені великою кількістю вузлів та ребер і виглядають досить заплутано. Це також ускладнює візуалізацію такої карти на мобільному пристрої в умовах обмеженого розміру екрану. Розглянемо методи розв'язання цих проблем.

¹⁴ Foos, P. W. (1995). The effect of variations in text summarization opportunities on test performance. *Journal of Experimental Education*, 63, 89–95.

¹⁵ Romero, C., Cazorla, M., & Buzón, O. (2017). Meaningful learning using concept maps as a learning strategy. *Journal of Technology and Science Education*, 7, 313-332.

¹⁶ Winn, W. (1991). Learning from maps and diagrams. *Educational Psychology Review*, 3, 211–247.

¹⁷ Semantic Portal [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://semantic-portal.net>.

Методи підвищення наочності карт понять на мобільних пристроях. Метод групування вузлів. Одним із можливих методів вирішення проблеми заплутаних зв'язків можуть бути кругові діаграми з принципом групування зв'язків. Проблема великої кількості дуг особливо відчутна у випадку застосування мобільних пристроїв. Обмежений розмір екрана ускладнює візуалізацію. Актуальним рішенням проблеми є зручний інтерфейс, у якому користувач бачить лише деякий сектор діаграми. На рис. 2 зображено приклад інтерфейсу мобільного застосунку. Користувач бачить лише зв'язки, які стосуються активного концепту. Це допомагає не відволікатися на непотрібну інформацію. Інтерфейс також передбачає використання міні-карти для наочного і швидкого переходу між пов'язаними концептами.

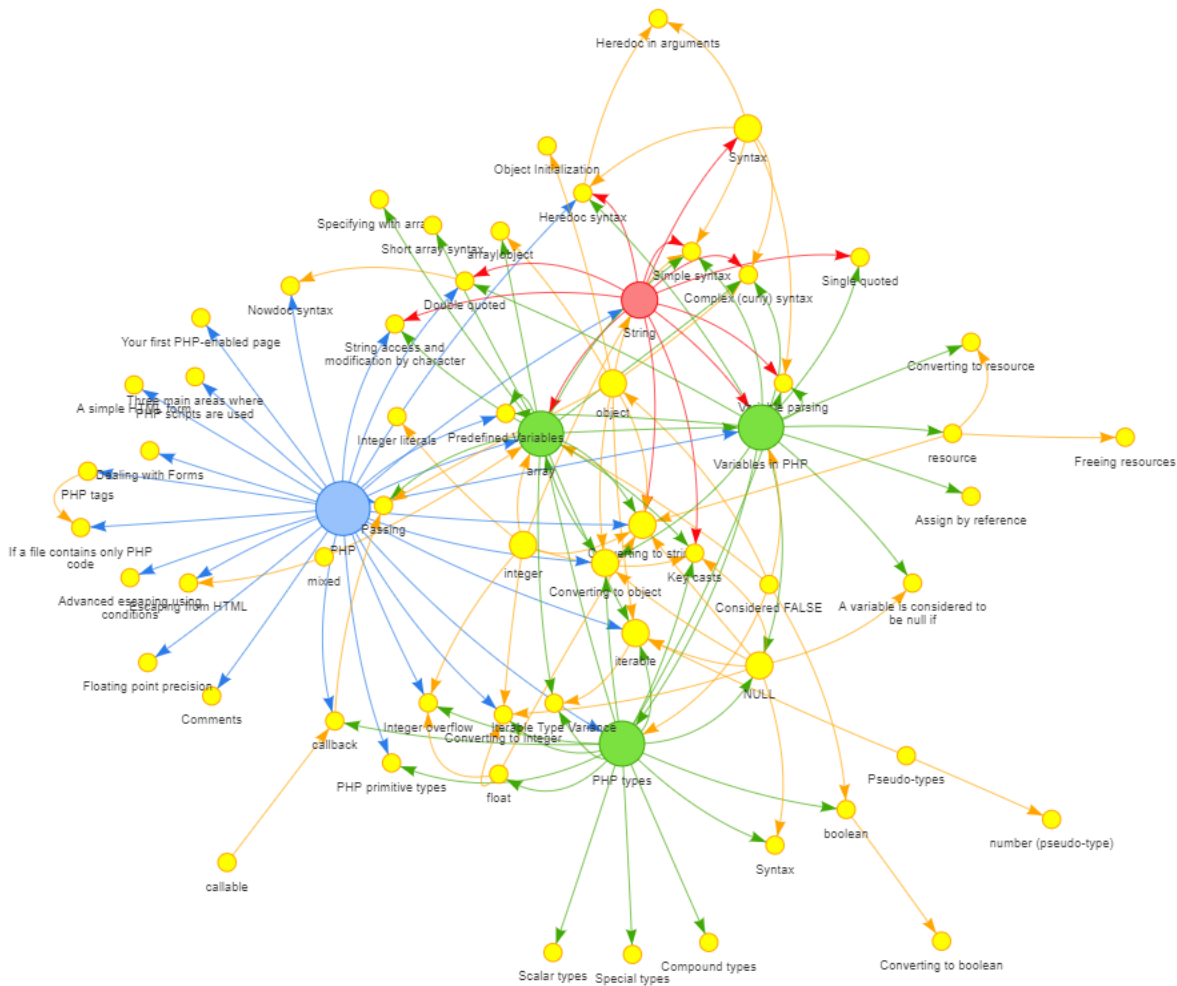
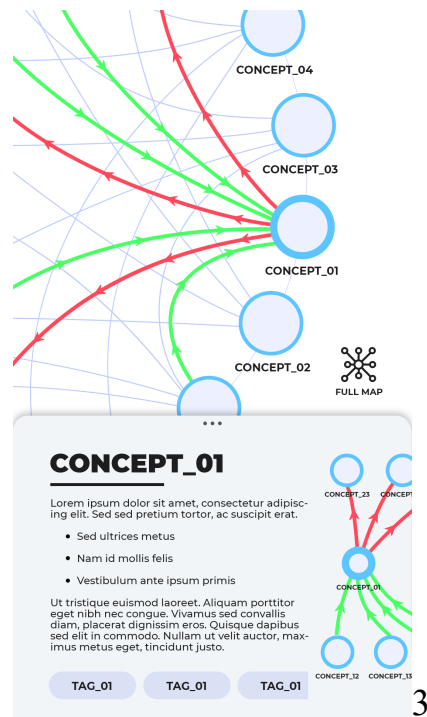


Рисунок 1. Приклад карти понять з великою кількістю зв'язків



**Рисунок 2. Приклад мобільного інтерфейсу з круговою картою
понять**

Автоматична побудова лінійного навчального шляху. Можливим вирішенням проблеми поганого сприйняття ускладнених карт понять також може слугувати алгоритм автоматичної побудови лінійного навчального шляху (далі ЛНШ) для навчальних систем. Навчальним шляхом є покрокова побудова лінійної карти понять, що відбувається по ходу навчання та переходу до інших тем предметної області.

Кarti понять для ЛНШ з різними навчальними функціями генеруються алгоритмом кластеризації, або за допомогою топологічного сортування. Експерименти¹⁸ показують, що алгоритм побудови ЛНШ може мати гарну адаптивність до студентських груп і може генерувати різні навчальні шляхи, відповідно до навчальної діяльності учнів. Також, використання ЛНШ для мобільних пристроїв є вирішенням проблеми ускладненого використання комплексних карт понять через невеликий розмір екрану.

Концепція побудови ЛНШ для навчальних систем націлена на індивідуальний підхід та спрощення візуального контенту, а також його покрокову побудову. Алгоритм базується на рівні оволодіння студентами концепціями навчальної області, різних особливостях навчання та

¹⁸ Li, Y., Shao, Z., Wang, X., Zhao, X., & Guo, Y. (2019). A Concept Map-Based Learning Paths Automatic Generation Algorithm for Adaptive Learning Systems. *IEEE Access*, 7, 245-255.

використовує топологічне сортування для автоматичної побудови лінійної карти понять, яка відповідає характеристикам адаптивної навчальної системи. На основі існуючої карти понять предметної області автоматично генерується декілька різних лінійних навчальних шляхів. Генерація ЛНШ не вимагає трудових витрат, що оптимізує навчальний процес. Педагоги можуть упорядковувати послідовність викладання, а також тривалість викладання відповідно до навчального шляху. У кожній навчальній групі методи навчання можуть змінюватися в разі потреби.

Топологічне сортування. Нехай $G = (V, E)$ – спрямований ациклічний граф (далі САГ) з $n := |V|$ вершин та $m := |E|$ ребер. Топологічне сортування¹⁹ забезпечує пошук лінійного впорядкування вершин так, що для кожного направленої ребра UV вершина U передує вершині V у впорядкуванні. У випадку, якщо граф не є САГ, топологічне сортування для нього неможливе.

На рис. 3 зображено приклад невідсортованого САГ, до якого може бути застосоване топологічне сортування. З рисунка видно, що граф невідсортований, адже ребро з вершини під номером 4 веде до вершини з меншим номером (2). Існує декілька способів топологічного сортування, але найбільш доцільним²⁰ є метод топологічного сортування за допомогою обходу в глибину.

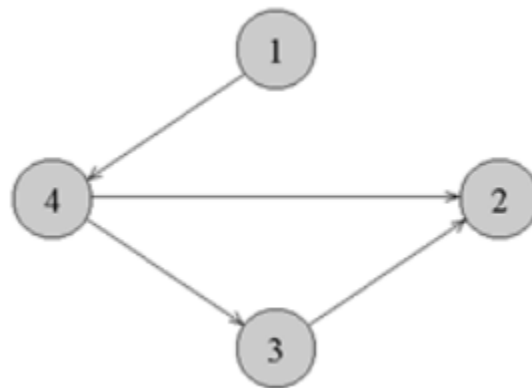


Рисунок 3. Приклад орієнтованого не відсортованого графа

Принцип роботи ЛНШ. У роботі²¹ алгоритм побудови ЛНШ використовує тестові записи учнів, поєднані з даними взаємозв'язків між питаннями та поняттями, а також особливості навчання учнів. Метод

¹⁹ Qing, Z., Yuan, L., Zhang, F., Qin, L., Lin, X., & Zhang, W. (2018). External Topological Sorting in Large Graphs. *Lecture Notes in Computer Science*, 203–220.

²⁰ Chakrabarti, A., Ghosh, P., McGregor, A., & Vorotnikova, S. (2020). Vertex Ordering Problems in Directed Graph Streams. *SODA*.

²¹ Li, Y., Shao, Z., Wang, X., Zhao, X., & Guo, Y. (2019). A Concept Map-Based Learning Paths Automatic Generation Algorithm for Adaptive Learning Systems. *IEEE Access*, 7, 245-255.

кластеризації²² може бути використаним для розподілу учнів на різні групи на основі особливостей навчання студентів, а потім генерується кілька різних карт понять за допомогою методу видобутку правил асоціації.

На основі карт понять для аналізу використовується алгоритм топологічного сортування зв'язків між поняттями. Різні карти понять можуть генерувати різні навчальні шляхи. Ці навчальні шляхи спрощуються на основі рівня засвоєння кожного поняття для кожної групи студентів. Алгоритм побудови ЛНШ зображений на рис. 4²³.

Кarti понять представляють асоціації між поняттями, вказуючи на те, що одне поняття слід вивчати перед вивченням іншого поняття. На карті понять, якщо правило асоціації між поняттями C_1 і C_2 — це $C_1 \rightarrow C_2$, це означає, що поняття C_1 слід вивчити перед C_2 . Може бути обчислений рівень володіння кожним поняттям у групі. Якщо група студентів має низький рівень помилок у певному понятті, це означає, що група студентів має високий рівень засвоєння цього поняття і не потребує вивчати його ще раз, тому концепт може бути вилучений із загального шляху, і зрештою створюється спрощений навчальний шлях. Рівень помилок групи студентів у певному понятті впливає на тривалість часу, який слід виділити для засвоєння поняття. Студенти у кожній групі можуть вивчати поняття на основі відповідних спрощених шляхів навчання, вчителі також можуть керувати різними групами студентів відповідно до індивідуальних навчальних шляхів.

Наприклад, ключове поняття та зв'язані з ним відкриваються у лінійній карті понять після проходження студентом певної теми, таким чином карта будується покроково. Добре засвоєні поняття можна вилучати з карти для її спрощення. Наприкінці студент буде мати індивідуальну візуалізацію.

²² Li, Y., Shao, Z., Wang, X., Zhao, X., & Guo, Y. (2019). A Concept Map-Based Learning Paths Automatic Generation Algorithm for Adaptive Learning Systems. *IEEE Access*, 7, 245-255.

²³ Li, Y., Shao, Z., Wang, X., Zhao, X., & Guo, Y. (2019). A Concept Map-Based Learning Paths Automatic Generation Algorithm for Adaptive Learning Systems. *IEEE Access*, 7, 245-255.

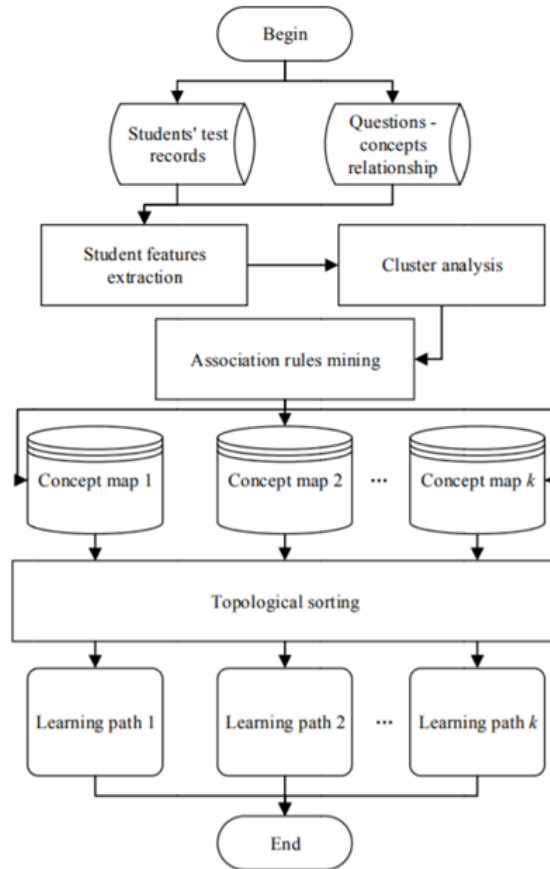


Рисунок 4. Блок-схема алгоритму побудови ЛНШ²⁴

Висновок. Карти понять грають дуже важливу роль у візуалізації знань, що призводить до їх кращого засвоєння. Це робить їх дуже потужним інструментом при використанні у адаптивних навчальних системах. Не зважаючи на переваги, застосування карт понять пов'язане з деякими проблемами. Серед них — складність розуміння студентами комплексних карт понять із великою кількістю дуг та вузлів, потреба у застосуванні адаптивних візуалізацій для груп та учнів і ускладнена візуалізація карт понять в мобільних застосунках. У роботі розглянуто та запропоновано до застосування декілька методів розв'язання даної проблеми, а саме метод групування вузлів на картах, а також метод побудови лінійного шляху навчання. Обидва методи вирішують проблему використання сервісів на базі карт понять для мобільних пристроїв, адже відповідні візуалізації добре підходять для екранів обмеженого розміру.

²⁴ Li, Y., Shao, Z., Wang, X., Zhao, X., & Guo, Y. (2019). A Concept Map-Based Learning Paths Automatic Generation Algorithm for Adaptive Learning Systems. *IEEE Access*, 7, 245-255.