

DOI: 10.20535/kpi-sn.2019.2.167515

УДК 004.4:004.774.6СМС

С.В. Титенко*

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

*corresponding author: lab@setlab.net

ІНТЕРАКТИВНІ КАРТИ ПОНЬЯТЬ В ОНТОЛОГІЧНО-ОРІЄНТОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-НАВЧАЛЬНИХ ВЕБ-СИСТЕМАХ

Проблематика. Інформаційно-навчальні портали повинні будуватись через формування онтологічно-орієнтованої моделі навчального контенту, що передбачає формалізацію інформаційного наповнення, онтологічне моделювання предметної області та дидактичну функцію, яка забезпечує подання та візуалізацію затребуваної навчальної інформації. Оскільки графова візуалізація навчальної інформації підвищує ефективність її засвоєння, виникає потреба в розгляді й аналізі карт понять із подальшим дослідженням засобів їх автоматизованої побудови з метою розширення функціональних можливостей інформаційно-навчальних веб-середовищ.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз актуальності графових візуалізацій предметних областей і розробка методу автоматизованої побудови інтерактивних карт понять в онтологічно-орієнтованих навчальних веб-системах. Ставиться задача автоматизувати побудову відношень між поняттями та забезпечити зручне відображення графів для користувачів навчальної веб-системи із застосуванням формалізації контенту на базі понятійно-тезисної моделі.

Методика реалізації. Запропоновано метод побудови дидактичної декомпозиції понять ділянки контенту у вигляді графа з використанням вибіркової візуалізації ребер, що відображають відношення між поняттями понятійно-тезисної моделі.

Результати дослідження. Представлений метод забезпечує наочність подання інформаційно-навчального контенту у вигляді карти, реалізує інтерактивне відображення природомовної інформації про вибране поняття та пошук понять у графі з навігацією до цільового поняття. Створено програмну систему, що реалізує запропонований метод побудови інтерактивних карт понять.

Висновки. Система побудови інтерактивних карт понять отримала позитивний відгук від користувачів як зручний засіб візуалізації нової інформації для вивчення. Серед перспективних напрямів розвитку запропонованої системи оптимізація алгоритмів та мінімізація обчислювального навантаження на всі ланки системи в задачі побудови та використання інтерактивних карт понять.

Ключові слова: карта понять; онтології в освіті; навчальна система; інформаційно-навчальний портал.

Вступ

Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, поширення застосування інтернету в різноманітних галузях професійної діяльності зробило інформаційно-навчальні веб-ресурси одним із ключових джерел освітньої інформації для професіоналів, початківців, студентів та експертів. Постійна доступність величезних сховищ інформації професійного та загальноосвітнього спрямування, безперервна поява нових навчальних ресурсів приводять до глибинних змін у освітніх процесах і методах отримання та вдосконалення знань і умінь. Постійний розвиток та інновації у галузі програмної інженерії, еволюція засобів взаємодії користувача з інформаційними системами зумовлюють запит на вдосконалення та розвиток інформаційно-навчальних систем, застосування в них сучасних засобів аналізу, обробки та

візуалізації навчальної інформації, зручних методів навігації та пошуку навчальних ресурсів.

Інформаційно-навчальні портали повинні будуватись шляхом формування онтологічно-орієнтованої моделі навчального контенту, що передбачає формалізацію інформаційного наповнення, онтологічне моделювання предметної області та дидактичну функцію, яка забезпечує подання та візуалізацію затребуваної навчальної інформації [1].

У роботі [2] досліджується вплив візуалізації на ефективність навчання в галузі комп'ютерних наук. Наголошується на значущості інструментів візуалізації та підвищенні зацікавленості користувачів, коли задіюється візуалізація. Набув поширення спосіб візуалізації професійно-навчальної інформації у вигляді карт понять різних типів [3–11]. У попередніх дослідженнях [12] було запропоновано будувати дидактичну онтологію на основі понятійно-тезисної

моделі (ПТМ), а також представлено спосіб візуалізації онтології у вигляді семантико-дидактичних карт.

Таким чином, набуває актуальності задача застосування графових візуалізацій навчальної інформації у вигляді карт понять і виникає потреба в їх ефективній реалізації та інтеграції з іншими функціями онтологічно-орієнтованих інформаційно-навчальних систем. Виникає потреба в розгляді й аналізі застосовуваних карт понять із подальшим дослідженням засобів їх автоматизованої побудови з метою розширення функціональних можливостей інформаційно-навчальних веб-середовищ.

Постановка задачі

Метою роботи є аналіз актуальності графових візуалізацій предметних областей і розробка методу автоматизованої побудови інтерактивних карт понять в онтологічно-орієнтованих веб-системах. Ставиться задача автоматизувати побудову відношень між поняттями та забезпечити зручне відображення графів для користувачів навчальної веб-системи із застосуванням формалізації контенту на базі ПТМ [12]. Крім цього, необхідно проаналізувати види карт понять, що можуть бути побудовані на базі ПТМ, і з урахуванням виявлених недоліків здійснити модифікацію моделі й алгоритмів побудови понятійних карт.

Графові візуалізації предметних областей в інформаційно-навчальних веб-системах

У праці [3] описано проект CoMPASS, де пропонується використання карт понять (рис. 1) у навчальних веб-середовищах для покращення навігації та засвоєння знань. Встановлено, що застосування інтерактивного графового подання структури понять і відношень між ними позитивно впливає на ефективність навчання користувачів системи.

У статті [4] пропонується використання карт понять у навчальних середовищах для вивчення математики для навігації та кращого засвоєння матеріалу (рис. 2). У роботі [5] наголошується на тому, що карти понять повинні бути однією із високотехнологічних функцій у сучасних електронних підручниках, що функціонують на основі моделювання знань про предметну область навчання. В роботі [6] пропонується застосовувати візуалізацію структури тем і навчальних понять. Інструмент допомагає в на-

вігації навчальними матеріалами та разом із візуалізацією навчальних досягнень допомагає вибирати індивідуальну траєкторію навчання. У [7] наголошується на позитивному впливі графової візуалізації предметних областей електронних підручників на ефективність навчання та пропонується активне використання інтерактивних карт понять для реалізації дослідницького навчання в межах навчальних середовищ.

У праці [8] пропонується інструмент TM4L для побудови та використання тематичних карт в онтологічно-орієнтованих системах дистанційного навчання. Програмний засіб ґрунтується на ідеї, що понятійно-орієнтований доступ до навчальних матеріалів є зручним способом спрямування учня до затребуваних знань [8]. Пропонується структурувати та класифікувати навчальний контент онтологічно-орієнтованих навчальних систем. Така класифікація передбачає встановлення зв'язків між навчальними об'єктами та релевантними їм поняттями через індексацію сховища контенту з використанням структури онтології. Таким чином, забезпечується форма навчальної діяльності у вигляді понятійно-орієнтованого перегляду навчального контенту. Переглядаючи понятійну карту, користувач знайомиться та занурюється в предметну область [8].

Заслужує на увагу засіб подання інформації, що отримав назву мапа думок, або інтелект-карта (mind map) [9]. Інтелект-карта є діаграмою, в центрі якої деяке поняття (рис. 3). За формою інтелект-карта є радіальним деревом, хоча, крім ієрархічних зв'язків, тут також можуть застосовуватись додаткові ребра асоціацій між різними елементами структури. Завдяки радіальній формі інтелект-карти виявилися досить зручними для подання інформаційних структур і набули значного поширення як засіб візуалізації ідей. Застосування такого способу для візуалізації структури предметних областей і понять вбачається доцільним [10].

Побудова інтерактивних карт понять, що пропонуються в [2–8, 10], ґрунтується на онтологічному моделюванні предметної області, здійснюваному експертом у ручному режимі, а це передбачає значні трудові та часові витрати. У той же час підхід до моделювання предметної області на базі семантичних мереж і технологій Semantic Web для систем навчання має низку труднощів [13]. Зокрема, такий підхід вимагає подання повної детальної картини області – так звана проблема “всеосвіченості” навчальної системи [14], коли необхідно виконати формалізацію всіх об'єктів і відношень між ними, що

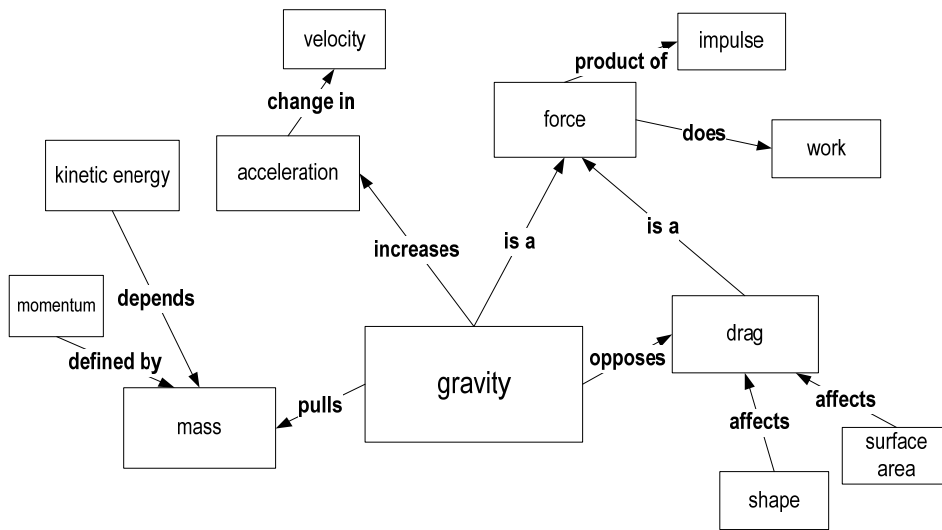


Рис. 1. Приклад карти понять у проєкті CoMPASS [3]

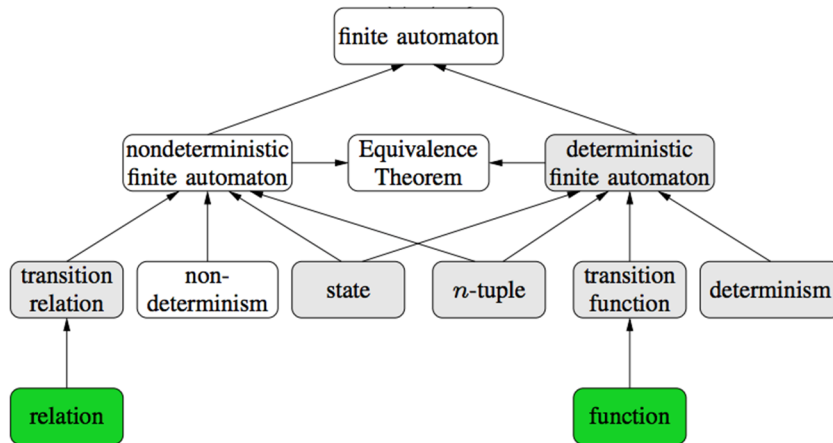


Рис. 2. Карта понять для навігації в системі, що пропонується в роботі [4]

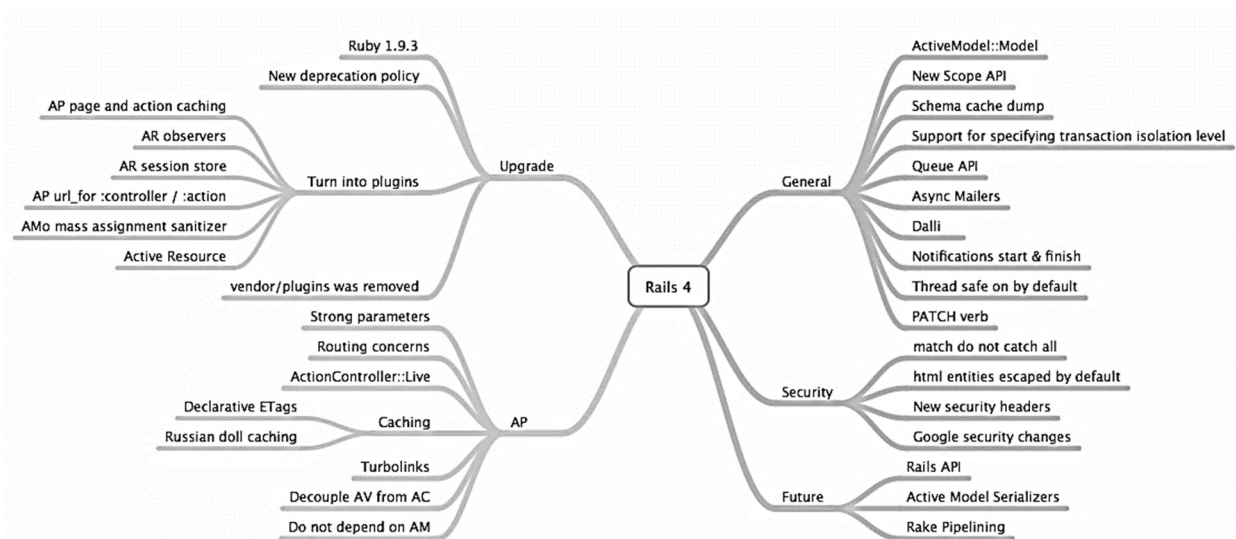


Рис. 3. Приклад інтелект-карти [11]

часом може викликати серйозні труднощі і, крім цього, часто призводить до формалізації знань, що в даному навчальному контексті не мають дидактичної важливості [13].

Раніше було запропоновано [12] будувати дидактичну онтологію на основі ПТМ, а також представлено спосіб візуалізації онтології у вигляді семантико-дидактичних карт. Така карта — це орієнтований ациклічний граф, вершинами якого виступають поняття, а кожна з дуг указує на те, що поняття-початок дуги дидактично передує поняттю-кінцю дуги. При цьому так званим центром графа є поняття, для якого будується карта. Карта послідовно показує всі зв'язки, починаючи від центрального поняття, з дидактично передуючими поняттями (ліва частина графа), і всі зв'язки, починаючи від центрального поняття, з дидактично наступними поняттями (права частина графа) [12]. Підхід до формалізації професійно-начальної інформації на базі ПТМ має низку переваг у випадку застосування для навчальних систем, що зумовлено орієнтацією на використання неформалізованих ділянок природомовної інформації у поєднанні із семантичною формалізацією ключових концептів. Це добре підходить для дидактичних задач навчальних веб-систем. Разом із тим ПТМ надає можливості автоматизованої побудови карт понять. Запропонований спосіб візуалізації потребує додаткових досліджень і апробації на великих об'ємах формалізованого контенту.

Таким чином, набуває актуальності задача автоматизованої побудови інтерактивних карт понять в інформаційно-навчальних веб-системах та їх інтеграції з іншими функціями онтологічно-орієнтованих інформаційно-навчальних веб-систем. Створювані інтерактивні карти повинні унаочнювати навчальну інформацію через візуальне акцентування на ключових поняттях і відношеннях, а також забезпечувати інтерактивні способи взаємодії користувача з картою понять для спрощення та пришвидшення сприйняття нової навчальної інформації.

Понятійно-тезисна модель та онтологічне моделювання предметної області

Формальний опис ПТМ представлено в працях [12, 15]. Елементи ПТМ є результатом формалізації дидактичного тексту, виконаної експертом за допомогою інтерактивного веб-інтерфейсу. ПТМ слугує для розв'язання цілої низки задач в інформаційно-навчальних системах, серед яких автоматизація контролю знань [15],

автоматизація побудови термінологічного довідника курсу, автоматизована побудова дидактичної онтології, автоматизована побудова індивідуального навчального середовища тощо [12]. Подальше розширення області застосування ПТМ для розв'язання задач побудови інтерактивних карт понять в інформаційно-навчальних системах є ефективним з точки зору оптимального використання трудових ресурсів колективу, що обслуговує навчальну систему.

До ПТ-елементів належать поняття і тези. Тези є природомовним вираженням знань із предметної області у формі фрагментів навчального тексту та медіа-вмісту. Множина понять: $C = \{c_1, \dots, c_n\}$. Теза — це деяка відомість або твердження про поняття. Множина тез: $T = \{t_1, \dots, t_m\}$. Кожна теза стосується одного поняття. Цей зв'язок задається відношенням: $CT: T \rightarrow C$. Своєю чергою кожне поняття може мати довільну кількість тез, що описується відношенням: $TC: C \rightarrow 2^T$ [15]. Віднесення тез і понять до певного класу відбувається завдяки відповідним відображенням: $TClass = T \rightarrow TClasses$, $CClass = C \rightarrow CClasses$.

Застосуванням апарату нечіткого виведення Б'юкенона на основі фактора впевненості [16] на основі даних синтаксичного аналізу ПТ-елементів здійснюється побудова дидактичних зв'язків між поняттями [12]. Дидактичні зв'язки вказують на черговість вивчення понять. $CF_{CtoC}(c_i, c_j)$ — оператор, що повертає значення фактора впевненості CF_{ij} для дидактичного відношення між поняттями c_i та c_j . Якщо $CF_{ij} > 0$, то існує відношення *before concept* (c_i, c_j) із фактором упевненості CF_{ij} [12].

Побудована таким чином дидактична онтологія формально подається ациклічним орієтованим графом. Запропонований метод формалізації контенту й онтологічного моделювання предметної області інформаційно-навчальних ресурсів було реалізовано на порталах [17, 18].

Кількісні характеристики результатів формалізації показано в таблиці.

Інтерактивні карти понять на базі відношень дидактичної черговості

Ациклічний орієтований граф дидактичної онтології та ПТ-елементи можна застосовувати для візуалізації предметної області контенту у вигляді інтерактивних карт. На основі здійсненої формалізації в межах проекту [17] проведено дослідження різних форм візуалізації інтерактивних карт понять. Значний об'єм

Таблиця. Кількісні характеристики результатів формалізації

Сутність	Кількість екземплярів на порталі [17]	Кількість екземплярів на порталі [18]
Результат роботи експерта		
Інформаційні сторінки	1189	998
Тематичні групи	70	11
Поняття	474	1539
Тези	2595	3251
Результат автоматичної обробки		
Входження понять у текст сторінок	3832	4351
Відношення $CinC$	320	536
Відношення $CinT$	1264	1229
Дидактичні відношення $CtoC$	617	1307

формалізованої інформації став підґрунтям для експериментів на реальних даних, що дало можливість перевірити доречність, зручність і наочність різних способів побудови та різних топологій карт понять.

Однорівнева карта поняття на базі дидактичної черговості. Найпростішою формою інтерактивної карти, що будується на базі дидактичної онтології, є така карта поняття, що формально є деревом, яке складається з кореня (центрального поняття) та одного рівня елементів-дітей. Топологічно карта складається з двох частин: ліва містить елементи, що дидактично передують центральному поняттю, права містить елементи, що слідує за центральним поняттям з точки зору черговості вивчення.

Визначення попередніх понять для центрального поняття a – ліва частина карти:

$$BeforeC(a) = \{c \in C : CFCtoC(c, a) > 0\}.$$

Аналогічно визначаються дидактично слідує поняття – права частина карти:

$$AfterC(a) = \{c \in C : CFCtoC(c, a) > 0\}.$$

Подібну карту нескладно реалізувати в програмному інтерфейсі засобами гіпертекстової розмітки. Така карта візуалізує пов'язані

поняття та підказує користувачу можливі напрями подальшого ознайомлення з навчальними поняттями.

Дворівнева карта поняття на базі дидактичної черговості. Дворівнева карта поняття задіює по два рівні відношень дидактичної онтології відносно центрального поняття. Таким чином виділяються два рівні понять, що передують центральному поняттю a :

- 1) попередні поняття першого рівня $BeforeC(a)$;
- 2) попередні поняття другого рівня $BeforeBeforeC(a)$:

$$BeforeBeforeC(a) =$$

$$= \{c \in C : AfterC(c) \cap BeforeC(a) \neq \emptyset\}.$$

Відповідним чином виділяються поняття, що дидактично слідує центральному поняттю a :

- 1) наступні поняття першого рівня $AfterC(a)$;
- 2) наступні поняття другого рівня $AfterAfterC(a)$:

$$AfterAfterC(a) =$$

$$= \{c \in C : BeforeC(c) \cap AfterC(a) \neq \emptyset\}.$$

Перевага дворівневої карти понять полягає у ширшому висвітленні структури предметної області, пов'язаної з висбраним поняттям. Інтерактивність карти забезпечує навігаційні можливості швидкого переходу на те чи інше поняття, що зацікавило користувача. Графове подання засобами мультимедіа, що добре відображаються на різних пристроях у веб-оглядачі, забезпечує досягнення цілей, характерних для інформаційно-навчальних веб-порталів. Приклад дворівневої карти подано на рис. 4.

На рис. 5 показано варіант дворівневої карти, що в силу своєї топології представляє таку візуалізацію структури предметної області навчання, яка ускладнить її сприйняття користувачем, адже граф містить значну кількість ребер, що перетинаються та ускладнюють перегляд. Наявність подібних дворівневих карт на базі дидактичної черговості ставить вимогу додаткового аналізу й адаптивної візуалізації графів понять, де менш значимі дидактичні деталі будуть приховані з метою підвищення наочності. Залишається не повною мірою досягнутою вимога наочності.

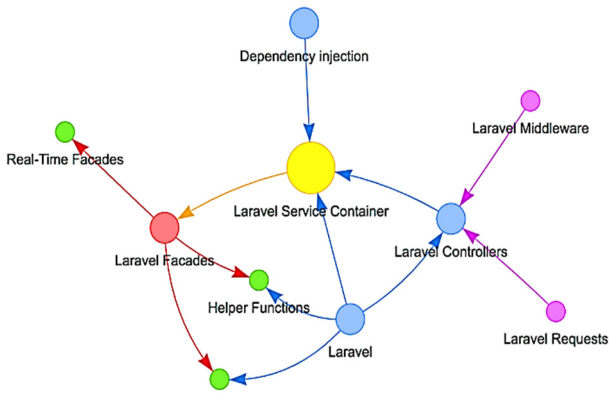


Рис. 4. Приклад дворівневої інтерактивної карти поняття на базі дидактичної черговості

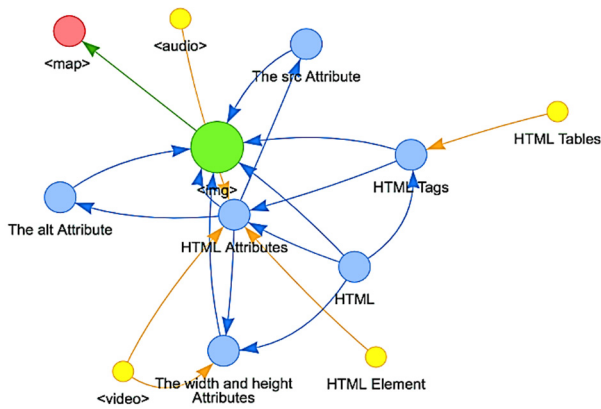


Рис. 5. Приклад дворівневої карти поняття з ускладненою структурою

Карти понять на основі відношень декомпозиції

Експерименти щодо побудови великих карт на базі дидактичної черговості показують недостатню наочність таких візуалізацій, що вимагає інтеграції цього методу з іншими. Пропонується пошук таких засобів візуалізації, що подаватимуть структуру поняття, здійснюватимуть його декомпозицію. Такий підхід має на меті сконцентрувати увагу користувача на вибраній темі, подавши її структурні елементи і тим самим надавши можливість швидкого ознайомлення з цільовою інформацією. Цей підхід характерний для інтелект-карт [9,10], широке застосування яких на практиці підтверджує доцільність такого способу візуалізації.

Карти декомпозиції поняття за допомогою списку тез. Було апробовано візуалізацію понять на базі структурних відношень, що передають декомпозицію поняття через список тез. Такі від-

ношення ґрунтуються на тезах деякого поняття-списку: c_k , де $CClass(c_k) = cList$. Самі тези класифікуються тут як елементи списку:

$$\{t : t \in TC(c_k) \wedge TClass(t) = tListItem\}.$$

Таким чином, додаткові вершини карти будуть подавати тези (рис. 6). Отримуємо більш наочну карту, що повідомляє користувачу про структуру вибраного поняття.

Аспекти понять і карти на їх основі. Типовою для вираження думки та подачі інформації для пояснення і навчання є ситуація, коли інформація про поняття декомпонується, розгалужуючись відповідно до напрямків, що подають опис певних граней поняття. Вказана декомпозиція не обов'язково відповідає такому базовому зв'язку для онтологічного моделювання, як part-of, чи іншим класичним відношенням. Наприклад, для поняття Laravel middleware можна виділити підпункти, зображені на рис. 7.

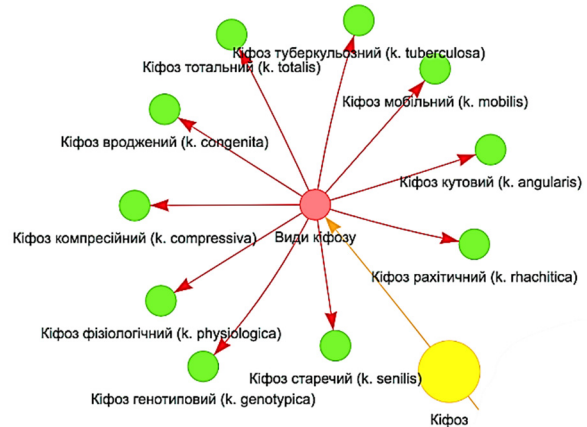


Рис. 6. Приклад карти поняття на базі списків

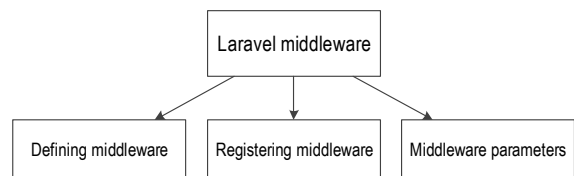


Рис. 7. Декомпозиція поняття Laravel middleware

У цьому прикладі з галузі програмної інженерії розкриваються різні аспекти роботи з відповідною сутністю. В онтологічному моделюванні класичного типу, коли предметна область формалізується для розв'язання задач комп'ютером [13], подібна ситуація може бути представлена моделюванням класу сутностей та

його атрибутів із подальшим створенням відповідних екземплярів. Натомість, як зазначалося [13, 15], такий шлях не задовольняє вимоги сучасних систем навчання, що орієнтуються на інтенсивне оновлення навчальної інформації, адже вимагає значних трудових витрат і акцентує зусилля на моделюванні другорядних з точки зору навчання особливостей предметної області. Для вирішення вказаного завдання в межах ПТМ пропонується ввести спеціальний тип понять, які будемо називати *аспект поняття*:

$$\text{Aspects} = \{c \in C : \text{isAspect}(c) = \text{true}\},$$

де $\text{is_aspect} = \{\text{true}, \text{false}\}$,

$$\text{isAspect} : C \rightarrow \text{is_aspect}.$$

Аспектом буде виступати таке поняття, яке не має самостійного значення та слугує для опису деякої особливості головного поняття:

$$\text{AspectOf} : \text{Aspects} \rightarrow C.$$

У нашому прикладі (див. рис. 7) аспектами будуть вершини, що декомпонують головне

поняття “Laravel middleware”. Своєю чергою аспекти можуть мати тези, що забезпечить природомовний опис відповідних граней поняття. Використання аспектів дає змогу будувати наочні графи, що декомпонують цільове поняття в стилі інтелект-карт (рис. 8).

Карти декомпозиції поняття на основі назви. Важливим джерелом інформації про декомпозицію є синтаксичне входження назви базового поняття в назву похідного, що описується відношенням *CinC* [12]. Прикладом таких понять є поняття “Laravel” і “Laravel Routing”. Таке відношення можна подати у вигляді дидактичної декомпозиції поняття, зобразивши на графі відповідними вершинами та ребрами.

Відношення part-of, is-a, instance-of та їх використання в картах понять. Для реалізації таких класичних відношень, як “частина-ціле” та “підтип типу”, “екземпляр типу”, вводяться відповідні відношення:

$$\text{PartOf} : C \rightarrow C, \text{IsA} : C \rightarrow C,$$

$$\text{InstanceOf} : C \rightarrow C.$$

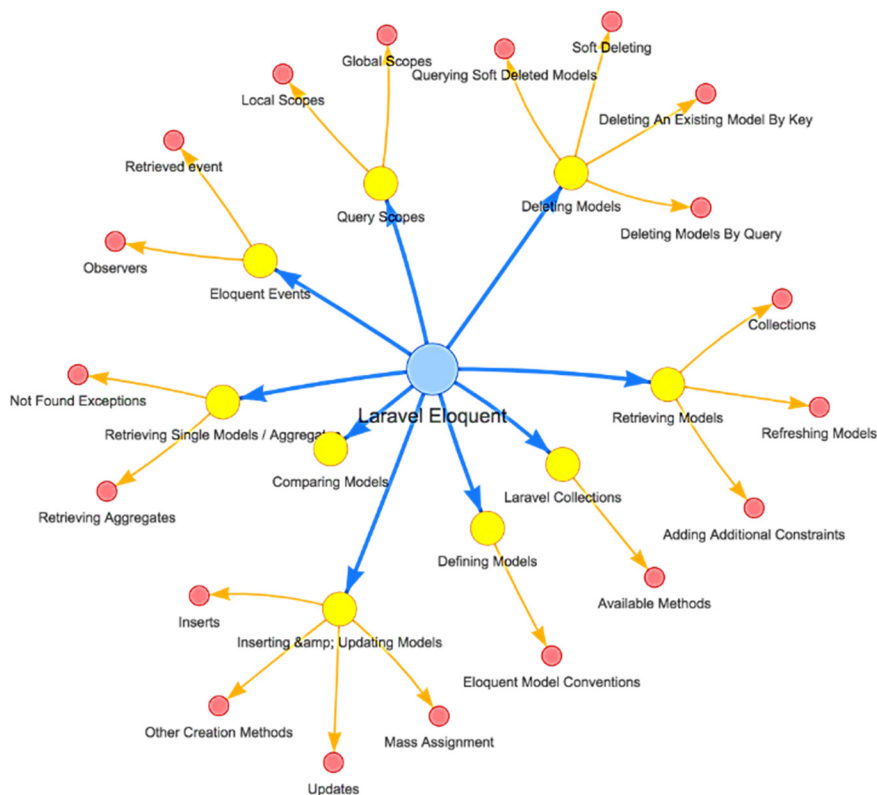


Рис. 8. Приклад карти поняття з використанням аспектів

Реалізація цих відношень у ПТМ відбувається на базі спеціальних тез-відношень, які є підмножиною усіх тез у системі:

$$Trel \subset T.$$

Тези-відношення посилаються на поняття, з яким у поняття-власника тези встановлюється відношення:

$$RelCT : Trel \rightarrow C.$$

При цьому тип відношення вказується через клас тези:

$$\begin{aligned} TRelClasses &\subset TClasses, \\ TRelClasses &= \\ &= \{tRelPartOf, tRelIsA, tRelInstanceOf\}. \end{aligned}$$

Отже, оператори, що визначають у разі наявності поняття, з якими встановлено відповідні відношення, мають вигляд:

$$\begin{aligned} PartOf(c') &= \\ &= \left\{ c : c \in C \wedge \exists t' : \left(\begin{array}{l} t' \in TC(c') \wedge \\ TClass(t') = tRelPartOf \wedge \\ RelCT(t') = c \end{array} \right) \right\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IsA(c') &= \\ &= \left\{ c : c \in C \wedge \exists t' : \left(\begin{array}{l} t' \in TC(c') \wedge \\ TClass(t') = tRelIsA \wedge \\ RelCT(t') = c \end{array} \right) \right\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} InstanceOf(c') &= \\ &= \left\{ c : c \in C \wedge \exists t' : \left(\begin{array}{l} t' \in TC(c') \wedge \\ TClass(t') = tRelInstanceOf \wedge \\ RelCT(t') = c \end{array} \right) \right\}. \end{aligned}$$

Наявність класичних для семантичних мереж відношень у ПТМ зближує її з першими, натомість, як вказувалося раніше, використання семантичних мереж з метою моделювання знань для презентації учневі має низку недоліків [13]. Тому в межах формалізації навчального контенту на базі ПТМ рекомендується використовувати відношення з урахуванням поточної дидактичної необхідності. Серед основних рекомендацій тут зазначимо такі: 1) намагатись вказувати відношення кожного з понять до деякого батьківського чи головного одним із трьох відношень: part-of, is-a, instance-of; 2) не намагатись здійснювати занадто детальну

формалізацію зв'язків між поняттями навчального контенту, залишаючи цю функцію природо-мовним фрагментам контенту, збереженим у тезах. Суть цих рекомендацій полягає в слідуванні принципу найменш необхідної та найбільш дидактично доцільної формалізації, що забезпечує помірну трудоемність, природо-мовну виразність і наочність графових візуалізацій у навчальній системі.

Таким чином, були досліджені та апробовані візуалізації декомпозиції навчальних понять на базі таких джерел: 1) відношень дидактичного слідування $CtoC$; 2) списків тез $TClass(t) = tListItem$; 3) аспектів $Aspects$; 4) декомпозиції за назвою $CinC$; 5) відношень $PartOf$; 6) відношень IsA ; 7) відношень $InstanceOf$.

Пропонується алгоритм побудови карти деякої ділянки навчального контенту, що об'єднує набір понять, забезпечуючи їх декомпозицію та візуалізацію відношень (рис. 9). На рис. 10 подано приклад комплексної карти ділянки контенту, реалізованої на базі запропонованого алгоритму на порталі [18].

Програмне забезпечення побудови інтерактивних карт понять

Інтерфейс системи реалізує карту понять у вигляді інтерактивного графа з функціями зміни масштабу, пошуку понять на графі, навігації та опрацювання взаємодії користувача з візуалізованими об'єктами (рис. 11). Надається функція відображення сукупної текстово-медійної інформації про поняття-вершину в графі, що ґрунтується на відображенні відповідних тез-понять.

Підсистема побудови понятійних карт інтегрується з програмним забезпеченням онтологічно-орієнтованої системи керування контентом інформаційно-навчальних порталів [1]. Підсистема включає серверні модулі роботи з дидактичною онтологією на базі ПТМ у клієнтські компоненти для формування даних про вершини та ребра графа й інтерфейсні компоненти реагування на взаємодію з користувачем. Як основа для графової візуалізації використовується бібліотека Vis.js.

Система була апробована в навчальному процесі та отримала позитивний відгук від користувачів як зручний засіб візуалізації нової інформації для вивчення.

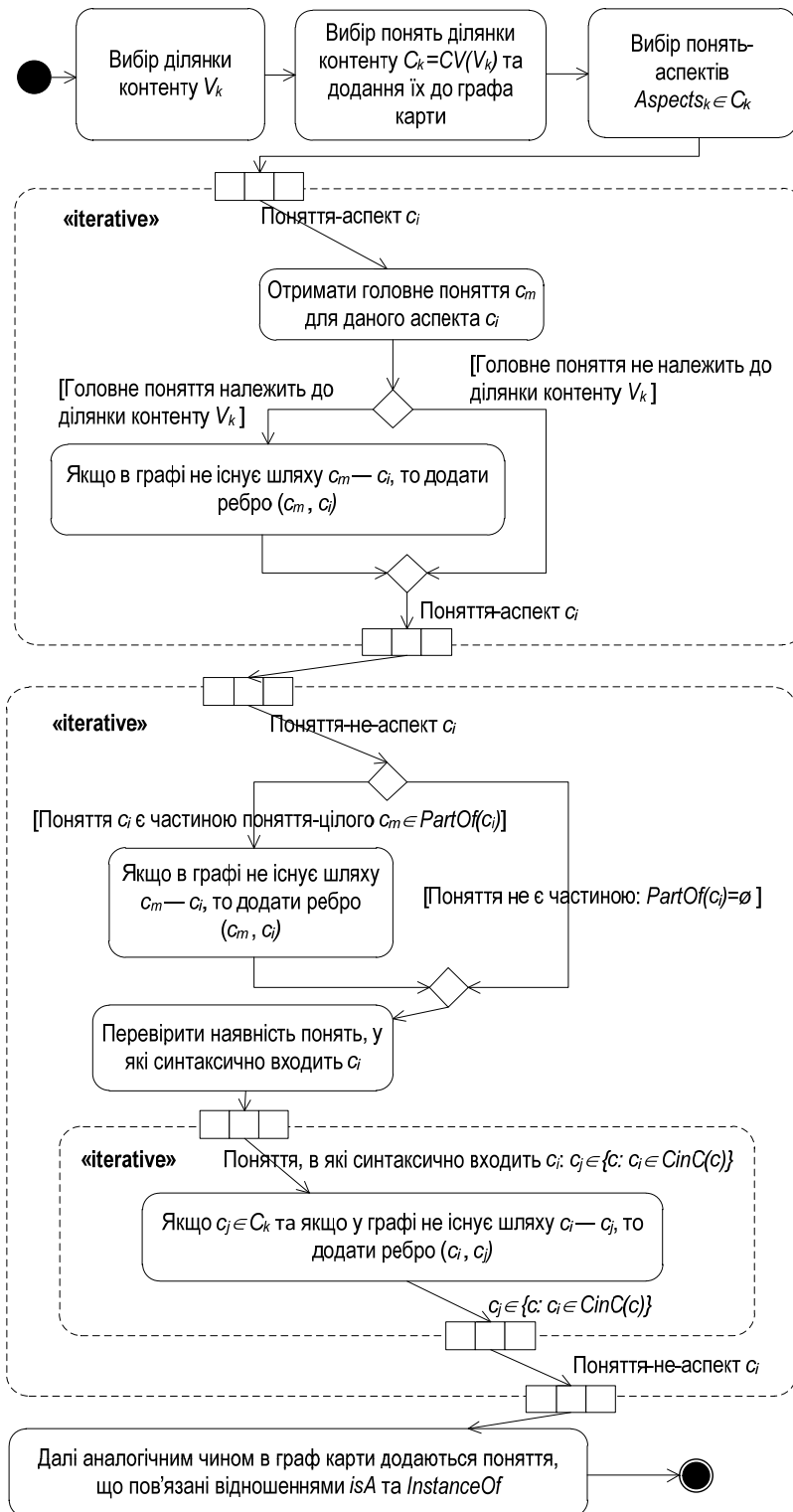


Рис. 9. Алгоритм побудови графа карти деякої ділянки контенту. Діаграма діяльності в нотатції UML

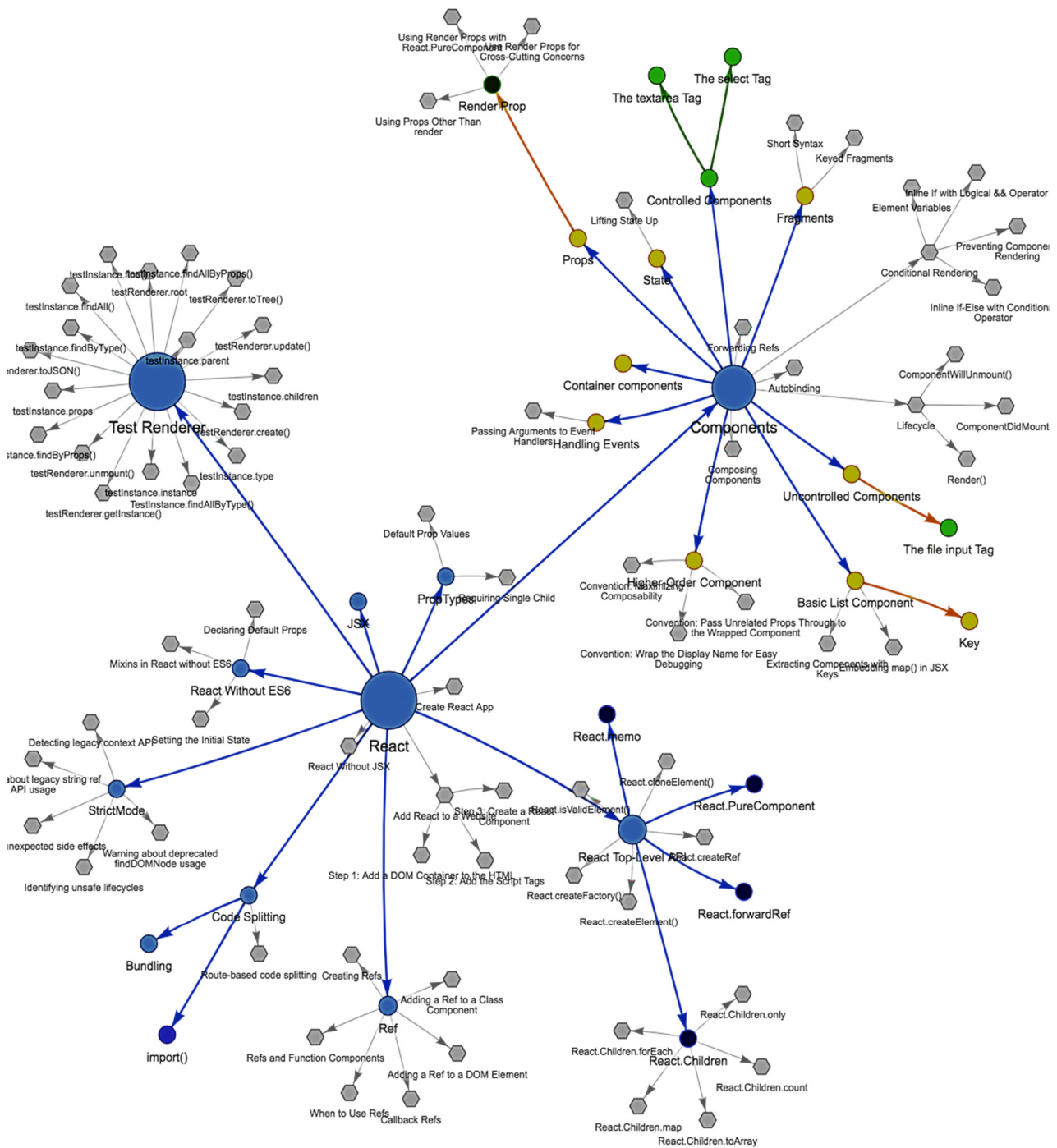


Рис. 10. Приклад комплексної карти ділянки контенту, реалізованої на базі запропонованого алгоритму

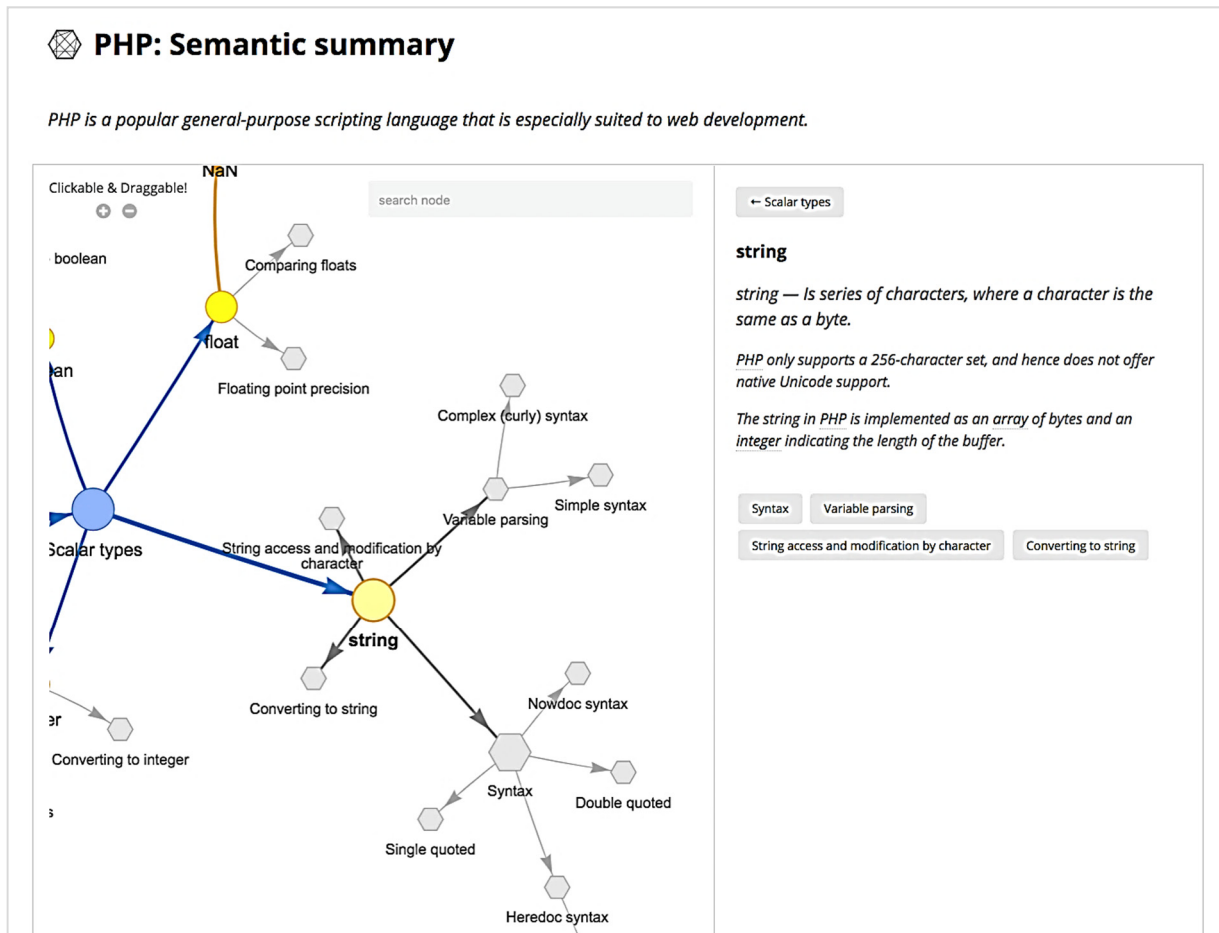


Рис. 11. Приклад інтерактивного інтерфейсу роботи з картою ділянки навчального контенту

Висновки

У роботі розглянуто задачу інтерактивної візуалізації карт понять в онтологічно-орієнтованих порталах із використанням формалізації предметної області на базі ПТМ. Здійснено модифікацію ПТМ введенням до моделі низки базових відношень, а також засобу декомпозиції інформації про поняття на основі понять-аспектів. Запропоновано метод побудови дидактичної декомпозиції понять ділянки контенту у вигляді графа з використанням вибіркової візуалізації ребер, що відображають відношення між поняттями ПТМ. Представлений метод забезпечує наочність подання інформаційно-навчального контенту у вигляді карти, реалізує інтерактивне відображення природомовної інформації про

вибране поняття та пошук понять у графі з навігацією до цільового поняття. Представлено алгоритм побудови вихідного графа понять для інтерактивної карти вибраної ділянки контенту. Реалізовано програмну систему, що надає інтерфейс формалізації професійно-навчального контенту на базі ПТМ, забезпечує зберігання та відображення навчальних матеріалів і реалізує запропонований метод побудови інтерактивних карт понять [18].

Серед перспективних напрямів розвитку запропонованої системи оптимізація алгоритмів і мінімізація навантаження на серверну та клієнтські ланки системи в задачі побудови та використання інтерактивних карт понять. Поточні дослідження публікуються на сайті [19].

References

- [1] S.V. Tytenko, "Ontology-oriented content management system of information and learning web-portals", *Educational Technology & Society*, vol. 15, no. 3, pp. 522-533, 2012.
- [2] T.L. Naps *et al.*, "Exploring the role of visualization and engagement in computer science education", *ACM Sigcse Bulletin*, vol. 35, no. 2, 2002. doi: 10.1145/960568.782998
- [3] S. Puntambekar *et al.*, "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
- [4] E. Andres *et al.*, "An adaptive Theory of Computation online course in ActiveMath", in *Proc. 5th Int. Conf. Computer Science & Education*, 2010, pp. 317-322. doi: 10.1109/ICCSE.2010.5593624
- [5] M.L. Hollingsworth and N.H. Narayanan, "Building a better eTextbook", *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*. vol. 18, no. 2/3, pp. 14-17, 2016.
- [6] J. Barria-Pineda *et al.*, "Concept-level knowledge visualization for supporting self-regulated learning", in *Proc. 22nd Int. Conf. Intelligent User Interfaces Companion – IUI 17 Companion*, ACM, 2017, pp. 141-144. doi:10.1145/3030024.3038262
- [7] Shimada *et al.*, "A meaningful discovery learning environment for e-book learners", in *Proc. 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2017, pp. 1158-1165. doi: 10.1109/EDUCON.2017.7942995
- [8] D. Dicheva and C. Dichev, "TM4L: Creating and browsing educational topic maps", *British J. Educational Technol.*, vol. 37, no. 3, pp. 391-404, 2006. doi: 10.1111/j.1467-8535.2006.00612.x
- [9] T. Buzan, *Use Both Sides of Your Brain: New Mind-Mapping Techniques*. New York: Plume, 1991.
- [10] B.K. Sarker *et al.*, "Some observations on mind map and ontology building tools for knowledge management", *Ubiquity*, vol. 2008, Article 2, 2008. doi: 10.1145/1366313.1353570
- [11] S. Pastorino. (2019). *Rails 4 in a MindNode* [Online]. Available: <https://wyeworks.com/blog/2012/9/20/rails-4-in-a-mindnode>
- [12] S.V. Tytenko, "Construction of didactic ontology based on the analysis of concept-thesis model elements", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 1, pp. 82-87, 2010.
- [13] S.V. Tytenko and O.O. Gagarin, "Problem of knowledge modeling in intelligent learning systems", in *Proc. T.A. Taran Int. Sci. Conf. Intelligent Analysis of Information '2009*, Kyiv, 2009, pp. 384-390.
- [14] D. McArthur *et al.*, "The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects", *J. Educational Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 42-80, 2005. doi: 10.26634/jet.1.4.972
- [15] S.V. Tytenko "Test tasks generation in the distance learning system on the basis of didactic text formalization model", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 1, pp. 47-57, 2009.
- [16] B.G. Buchanan *et al.*, *Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1984.
- [17] *Pozvonochnik* [Online]. Available: <http://pozvonochnik.org/>
- [18] *Semantic Portal* [Online]. Available: <http://semantic-portal.net/>
- [19] *SET Laboratory* [Online]. Available: <http://setlab.net/>

С.В. Титенко

ИНТЕРАКТИВНЫЕ КАРТЫ ПОНЯТИЙ В ОНТОЛОГИЧЕСКИ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИХ ВЕБ-СИСТЕМАХ

Проблематика. Информационно-образовательные порталы должны строиться путем формирования онтологически-ориентированной модели учебного контента, что предусматривает формализацию информационного наполнения, онтологическое моделирование предметной области и дидактическую функцию, которая обеспечивает представление и визуализацию требуемой учебной информации. Поскольку графовая визуализация учебной информации повышает эффективность ее усвоения, возникает потребность в рассмотрении и анализе карт понятий с последующим исследованием средств их автоматизированного построения с целью расширения функциональных возможностей информационно-образовательных веб-сред.

Цель исследования. Целью работы является анализ актуальности графовых визуализаций предметных областей и разработка метода автоматизированного построения интерактивных карт понятий в онтологически-ориентированных учебных веб-системах. Ставится задача автоматизировать построение отношений между понятиями и обеспечить удобное отображение графов для пользователей учебной веб-системы с применением формализации контента на базе понятийно-тезисной модели.

Методика реализации. Предложен метод построения дидактической декомпозиции понятий участка контента в виде графа с использованием выборочной визуализации ребер, представляющих отношения между понятиями понятийно-тезисной модели.

Результаты исследования. Представленный метод обеспечивает наглядность представления информационно-образовательного контента в виде карты, реализует интерактивное отображение естественно-языковой информации о выбранном понятии и поиск понятий в графе с навигацией к целевому понятию. Создана программная система, которая реализует предложенный метод построения интерактивных карт понятий.

Выводы. Система построения интерактивных карт понятий получила положительный отзыв от пользователей в качестве удобного средства визуализации новой информации для изучения. Среди перспективных направлений развития предложенной

системы оптимизация алгоритмов и минимизация вычислительной нагрузки на все звенья системы в задаче построения и использования интерактивных карт понятий.

Ключевые слова: карта понятий; онтологии в образовании; обучающая система; информационно-обучающий портал.

S.V. Tytenko

INTERACTIVE CONCEPT MAPS IN ONTOLOGY-ORIENTED INFORMATION AND LEARNING WEB-SYSTEMS

Background. Information and learning portals should be built by creating an ontological-oriented model of educational content, which involves information formalization, ontological domain modeling and didactic function, which provides representation and visualization of the requested educational information. Since graph visualization of educational information increases the efficiency of its learning, there is a need for consideration and analysis of concept maps and subsequent study of the means of their automated construction with the purpose of expanding the functionality of information and educational web environments.

Objective. The purpose is to analyze the relevance of graph visualizations of domains and to develop an automated method for constructing interactive concept maps in ontology-oriented educational web systems. The task is to automate the construction of relations between concepts and to provide convenient display of graphs for users of the educational web system with the use of content formalization based on the concept-thesis model.

Methods. A method for constructing the didactic decomposition of the concepts of content segments in the form of a graph with the use of selective rendering visualization, representing the relationship between the concepts of concept-thesis model, is proposed.

Results. The presented method provides information and educational content visualization in the form of a map, implements an interactive display of natural-language information about the chosen concept and the search for concepts in the graph with navigation to the target concept. A software system has been created that implements the proposed method for constructing interactive concept maps.

Conclusions. The system for constructing interactive concept maps has received positive feedback from users as a convenient means of visualizing new information for study. Among the perspective directions of development of the proposed system are optimization of algorithms and minimization of computing load on all system links in the problem of constructing and using interactive concept maps.

Keywords: concept map; ontology in education; educational system; information and learning portal.

Рекомендована Радою
теплоенергетичного факультету
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
05 квітня 2019 року

Прийнята до публікації
25 квітня 2019 року