УДК 004.89:681.581:378

Максим Полторацький
доктор філософії з 121 Інженерія програмного забезпечення, доцент
доцент кафедри комп'ютерних наук та програмної інженерії
Херсонський державний університет, м. Херсон, Україна
ORCID ID 0000-0001-9861-4438
mpoltoratskyi@ksu.ks.ua

Ольга Коннова
аспірантка Херсонського державного університету
асистентка кафедри комп'ютерних наук та програмної інженерії
Херсонський державний університет, м. Херсон, Україна
ORCID ID 0000-0001-5590-9527
okonnova@ksu.ks.ua

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ SEMANTIC WEB ДЛЯ ВАЛІДАЦІЇ ОСВІТНІХ МОДЕЛЕЙ

Анотація. Розрив між освітніми програмами вищих навчальних закладів та потребами сучасного ринку праці є однією з ключових проблем, яка негативно впливає на рівень працевлаштування випускників. Невідповідність між навичками, які отримує студент у закладах вищої освіти, та запитами роботодавців ускладнює процес працевлаштування: випускникам часто доводиться додатково набувати необхідних навичок поза межами університету, тоді як роботодавцям важче знайти кваліфікованих фахівців. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є створення освітніх моделей з використанням сучасних засобів ІКТ, зокрема технологій Semantic Web, та їх подальша валідація з метою виявлення прогалин і вдосконалення навчальних програм відповідно до актуальних потреб ринку праці.

У цій роботі було представлено підхід до валідації освітніх моделей, створених з використанням семантичних технологій, із застосуванням мови SHACL (Shapes Constraint Language) та мови запитів SPARQL. Мова SHACL дозволяє перевіряти коректність моделі даних шляхом встановлення обмежень на структуру і властивості зв'язків між елементами, такими як дисципліни та навички. Вона є ефективним інструментом для накладання декларативних обмежень та валідації структури даних. SPARQL, своєю чергою, забезпечує можливість створення гнучких запитів до RDF-графів, дозволяючи створювати складні тести та аналізувати взаємозв'язки між компонентами моделі.

Для демонстрації експерименту нами було представлено фрагмент освітньої моделі, створеної за допомогою технологій Semantic Web. Ця модель описує взаємозв'язки між навчальними дисциплінами та навичками, які формуються у студентів, та вимогами ринку праці. Модель було створено на основі дослідження українського ринку праці шляхом аналізу даних із платформ пошуку роботи, таких як Work.ua, Robota.ua та інших. У даній роботі наводимо фрагмент освітньої моделі для демонстрації можливостей технології Semantic Web не лише для побудови семантичних моделей, а насамперед – для їхньої валідації.

Ключові слова: освітні моделі; Semantic Web; онтології; валідація освітніх моделей; skills gap.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Сучасна система освіти, зокрема вищі навчальні заклади, часто стикається з викликами, пов'язаними з динамічними змінами на ринку праці. Незважаючи на постійне оновлення освітніх програм, існує певний розрив між навичками, які студенти отримують під час навчання, та тими, які реально затребувані на ринку праці. Так, серед причин кваліфікаційного розриву (skills gap) виділяють недостатнє узгодження навчальних програм із запитами роботодавців, низьку

© Максим Полторацький, Ольга Коннова, 2025.

обізнаність студентів з актуальними вимогами ринку, недостатню співпрацю між освітніми закладами і бізнесом, а також те, що багато навчальних закладів не встигають за швидкими технологічними досягненнями та змінами в економіці [1], [2]. Це призводить до того, що студенти не завжди готові до реальних умов праці, а роботодавці не отримують працівників з необхідними навичками.

Для подолання цього розриву необхідні інструменти, які дозволять ефективно узгоджувати освітні програми з вимогами ринку праці та забезпечувати їх систематичну валідацію. Семантичні технології, які базуються на принципах зв'язаних даних та онтологічного моделювання, відкривають широкі можливості для формалізації, перевірки та вдосконалення освітніх моделей різного рівня складності. Semantic Web – це розширення Всесвітньої павутини (World Wide Web), у якому інформації надається чітко визначене значення за допомогою метаданих та онтологій. [3]. Семантичні технології – це інструменти та методи, що використовуються для представлення, обробки, аналізу та взаємодії з даними на основі їхнього значення (семантики). Використання семантичних технологій базується на таких стандартах, як RDF (Resource Description Framework), OWL (Web Ontology Language) та SPARQL для створення структурованої та взаємопов'язаної мережі даних.

Semantic Web дозволяє створювати та використовувати онтології, які можуть описувати складні взаємозв'язки між різними елементами освітнього процесу. Це передбачає опис компетенцій та навичок, які студенти мають опанувати під час вивчення навчальних дисциплін, та вимог до вакансій, які вони можуть зустріти на ринку праці. Застосування цих технологій у валідації освітніх моделей відкриває перспективи для створення більш гнучких та адаптованих навчальних програм, які враховують як сучасні вимоги ринку праці, так і довгострокові тренди розвитку галузей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в області використання семантичних технологій для освітніх цілей активно розвиваються та набувають все більшої актуальності в контексті цифрової трансформації освіти. Одним з ключових напрямків застосування Semantic Web в освіті є створення інтелектуальних навчальних середовищ та персоналізація навчання. У роботі [4] автори представляють підхід до персоналізованого адаптивного електронного навчання на основі технологій семантичної мережі. Автори пропонують модель, яка використовує онтології для структурування даних про учнів, навчальний контент і галузі знань. Онтології дозволяють інтегрувати різні джерела даних, підтримуючи семантичну сумісність між компонентами системи. Розроблена система електронного навчання дозволяє адаптувати навчальний процес відповідно до здібностей, стилю навчання, уподобань та рівня знань учнів. У роботі [5] автори пропонують комплексну освітню онтологію, яка адаптує навчальний контент до індивідуальних потреб студентів, зокрема враховуючи їх стилі навчання, рівень знань та інтереси. Інтеграція онтології в LMS Moodle дозволила реалізувати семантичний пошук, який враховує семантику понять, а не лише ключові слова. Також були реалізовані персоналізовані рекомендації для студентів щодо навчальних ресурсів та заходів на основі їхніх онтологічних профілів, таких як уподобання та навчальні цілі. Використання онтології сприяло підвищенню залученості студентів у навчальний процес і покращенню їхньої академічної успішності. У статті [6] представлено фреймворк, який використовує онтології та навчання з підкріпленням (RL) для надання персоналізованої підтримки студентам у віртуальному освітньому середовищі. Онтології є центральним компонентом системи, який забезпечує структуроване та ієрархічне представлення знань та інтеграції їх із RL-агентами. Вони також дозволяють створювати семантичні зв'язки між різними темами, що сприяє більш змістовній організації навчального плану та презентації освітнього контенту. Онтології

забезпечують структурування знань і адаптацію матеріалів до потреб студентів, дозволяючи автоматично створювати персоналізовані навчальні шляхи.

Значна увага також приділяється створенню систем рекомендацій, побудованих на основі онтологій та технологій семантичного вебу, для масових відкритих онлайн-курсів (MOOCs). Так, створення гібридної системи рекомендацій для платформ MOOCs, яка використовує семантичні технології, онтології та мову правил SWRL для персоналізації навчання, представлено в роботі [7]. Онтології структуровано представляють дані про учнів і курси, дозволяючи системі інтегрувати ці знання для персоналізованих рекомендацій. Використання SWRL дозволяє системі динамічно змінювати рекомендації залежно від поведінки учня та його прогресу в курсі. Це робить систему більш адаптивною та здатною реагувати на зміни в навчальному процесі. У роботі [8] автори також описують гібридний підхід до рекомендацій, заснований на онтології та колаборативній фільтрації, для персоналізованих рекомендації масових відкритих онлайн-курсів для учнів на платформах МООС. Метою системи є персоналізація рекомендацій курсів, враховуючи характеристики учнів і самих курсів. Онтології допомагають створити більш точні та персоналізовані рекомендації, враховуючи індивідуальні характеристики учнів. У запропонованому підході використання онтології також допомагає вирішити проблему “холодного старту”, надаючи структуру для генерації рекомендацій навіть при обмежених даних про взаємодію. Це дозволяє системі використовувати наявні знання про учнів та МООС для створення початкових рекомендацій.

Багато досліджень також присвячено темі використання семантичних технологій для вдосконалення освітніх програм з метою узгодження навчальних компетенцій, зокрема з тими, які затребувані на ринку праці. Так у статті [9] розглядається приклад використання семантичних технологій для розробки системи, яка узгоджує освітні програми з потребами ринку праці. Автори пропонують систему, метою якої є встановлення онтологічного зв’язку між вимогами до компетенції професій на ринку праці та профілем студентів вищої освіти, щоб забезпечити постійне узгодження між профілями студентів та галуззю. Освітні та галузеві профілі представлені у вигляді профілів структури компетенцій O∗NET (Occupational Information Network). Ключовим елементом системи є онтологія, створена за допомогою мови OWL 2. Вона дозволяє моделювати навчальні програми, результати навчання, компетенції та їх зв’язки з професійними вимогами. Це дає можливість зробити класифікацію всіх освітніх профілів на відповідні або не відповідні до пов’язаних з ними галузевих профілів. Результати дослідження демонструють, що семантичні технології дозволяють ефективно виявляти прогалини між освітніми програмами та потребами ринку праці.

Розроблення моделі компетенцій у межах освітньої програми та її реалізації за допомогою семантичних технологій описана в роботі [10]. Авторами було запропоновано онтологічну модель компетенцій для освітніх програм, яка базується на ієрархічній структурі. Було реалізовано алгоритм перевірки узгодженості навчальної програми за допомогою запитів SPARQL та програмного коду на Python, який визначає різницю між набором необхідних компетенцій для вивчення курсів у семестрі та набором компетенцій, які вже були набуті студентами. Модель дозволяє покращити узгодженість навчальних програм і виявляти прогалини в компетенціях, сприяючи інтеграції освітніх програм і підтримці академічної мобільності студентів. Можливість використання семантичних технологій для вдосконалення освітніх програм шляхом узгодження навчальних компетенцій з міжнародними кваліфікаційними рамками досліджується в роботі [11]. Автори запропонували онтологічну модель кваліфікацій, що формалізує компетенції у вигляді атомарних елементів, забезпечуючи їх взаємну інтеграцію та обробку. Ця модель має на меті вирішення проблем, пов'язаних із зіставленням

кваліфікацій з різних національних та міжнародних систем, які часто виражаються через різні терміни та концепції. Дослідження показує, що використання Semantic Web та Wiki-технологій сприяє автоматизованому аналізу компетенцій, полегшує узгодження освітніх стандартів та забезпечує їхню прозорість на міжнародному рівні.

Важливим кроком у стандартизації та уніфікації підходів до опису компетенцій та кваліфікацій стала розробка онтології ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations) [12]. Вона спрямована на інтеграцію ринку праці та освітніх систем, підтримку працевлаштування, мобільності працівників і студентів, а також автоматизацію аналізу відповідностей між вакансіями, навичками та освітніми програмами. Ще одним прикладом використання семантичних технологій для створення структурованих компетенцій є онтологія COMP2, розроблена для персоналізації освітніх середовищ [13]. Ця модель використовується для побудови навчальних сценаріїв, оцінки прогалин у компетенціях, а також для рекомендації відповідних ресурсів і завдань на основі індивідуальних потреб. Представлена онтологія дозволяє персоналізувати навчальні середовища на основі компетенцій, що робить навчання більш ефективним та адаптованим до потреб кожного учня.

Тож аналіз літератури свідчить, що технології Semantic Web відіграють важливу роль у вдосконаленні освітніх моделей завдяки створенню інтелектуальних навчальних середовищ, персоналізації навчального процесу та узгодженню навчальних компетенцій із потребами ринку праці. Особливу увагу дослідники приділяють використанню онтологій для стандартизації та узгодження освітніх компетенцій, що підтверджується впровадженням таких онтологій, як ESCO та COMP2.

Однак важливим аспектом у розробці таких моделей є їхня валідація. Після створення моделі необхідно оцінити, чи існують, наприклад, навички або компетенції, які користуються попитом на ринку праці, але не забезпечуються жодною з освітніх дисциплін. Валідація в контексті моделей компетенцій – це процес збору та аналізу доказів для підтвердження актуальності, точності та корисності моделей. Зокрема вона допомагає гарантувати відповідність моделей сучасним професійним вимогам, правовим і етичним стандартам [14]. Під валідацією ми розуміємо пошук неповноти, зокрема, навичок, які не охоплюються дисциплінами, а також інших структурно-логічних недоліків відповідно до освітніх стандартів та кваліфікаційних рамок. Аналіз літератури показав, що, хоча підхід до створення освітніх моделей із використанням технологій Semantic Web не є новим, питання їх валідації за допомогою мов SHACL та SPARQL досить слабо представлене.

Мета дослідження. Метою цієї роботи є аналіз та застосування методів валідації освітніх моделей на основі RDF для оцінки їх відповідності сучасним вимогам ринку праці. Запропонований підхід забезпечує автоматизоване виявлення прогалин у формуванні затребуваних компетенцій, які не охоплені існуючими навчальними дисциплінами, шляхом системного аналізу зв’язків між навчальним змістом і потребами роботодавців.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасний ринок праці вимагає постійного оновлення та адаптації навчальних програм відповідно до актуальних потреб роботодавців. Освітні установи мають не лише оцінити відповідність своїх програм сучасним стандартам, а й формувати у випускників конкурентоспроможний набір компетенцій, затребуваний на ринку. У цьому контексті валідація освітніх моделей набуває особливої актуальності, адже є складним завданням, яке передбачає систематичну оцінку їх повноти та релевантності. Одним із ключових аспектів цієї задачі є виявлення прогалин, наприклад, пошук навичок, які є актуальними

на ринку праці, але не висвітлені в освітніх курсах. Це, своєю чергою, свідчить про невідповідність навчальних програм сучасним вимогам роботодавців.

Традиційні методи оцінки навчальних програм часто базуються на ручному зіставленні змісту дисциплін із потребами роботодавців (навичками) або на суб'єктивних експертних оцінках, що обмежує їхню ефективність через трудомісткість і потенційну упередженість. Натомість у цій роботі застосовуються методи валідації RDF-моделей, які дозволяють автоматизувати процес аналізу.

У межах цього дослідження ми використовуємо фрагмент вже розробленої раніше нами моделі [15] для демонстрації можливостей SHACL та SPARQL у контексті валідації освітніх моделей, створених засобами Semantic Web. Даний фрагмент моделі відображає взаємозв'язок між освітніми дисциплінами, навичками, які набуває студент після прослуховування курсу, та вимогами ринку праці. Основу моделі становить гетерогенний граф:

```
Subject-(toProvide)-->Skills<--(necessary)--JobOffer
```

Він містить три ключові компоненти:

- Дисципліни (Subject) – курси або навчальні модулі, які пропонуються в освітніх програмах.
- Навички (Skills) – це практичні знання та вміння, які студент набуває після завершення певної дисципліни.
- Вакансії (JobOffer) – актуальні пропозиції на ринку праці, які вказують на необхідні навички для конкретної посади.

Ми розглядаємо дисципліни з освітньої програми для підготовки інженерів-програмістів, а також відповідні вакансії у сфері IT. Водночас запропоновану модель можна адаптувати й до інших спеціальностей аналогічним способом. Для створення моделі використовуються дані з таких платформ пошуку роботи, як Work.ua, Robota.ua та інших, а також робочі програми, силабуси та інша внутрішня документація університету, освітні стандарти, кваліфікаційні рамки. Детальний опис процесу збору інформації для будови цієї моделі представлено у [16].

У даній роботі ми розглядаємо фрагмент моделі, на основі якої можна показати можливості використання мови для валідації RDF даних SHACL [17] та мови запитів SPARQL [18] у контексті валідації освітніх моделей. У запропонованій моделі дисципліни описуються у вигляді класів у форматі Turtle (Terse RDF Triple Language) – це текстовий формат для представлення графів, даних у стандарті RDF [19]. Інформація буде представлятися у вигляді семантичних трійок (далі триплет): суб'єкт-предикат-об'єкт. Далі ми наводимо фрагмент реалізації таких класів:

```
1. ex:FormalMethodsSpecVerOpt a ex:Subject ;
2. ex:TLAPlus a ex:Subject ;
3. ex:IoTDevelopmentCourse a ex:Subject ;
```

Ці класи представляють:

- Курс "Формальні методи верифікації, специфікації та оптимізації ПЗ" – ex:FormalMethodsSpecVerOpt;
- Курс "Застосування формальної мови специфікації TLA+" – ex:TLAPlus;
- Курс з IoT-технологій – ex:IoTDevelopmentCourse.

Кожен курс передбачає набуття студентами певних навичок, які також можна виразити через класи в Turtle:

```
1. ex:Verification a ex:Skill .
2. ex:UsingTLAPlus a ex:Skill .
3. ex:IMS a ex:Skill .
4. ex:FindingVulnerabilities a ex:Skill .
5. ex:IoTSkill a ex:Skill .
```

Далі за допомогою властивостей ми можемо пов’язати дисципліни та навички. Цю властивість виразимо так:

```
ex:toProvide a rdf:Property ; rdfs:label "Subject to provide" ;
rdfs:domain ex:Subject ; rdfs:range ex:Skill .
```

Атрибути представленої властивості:

- a rdf:Property – відображає, що toProvide є властивістю RDF моделей .
- rdfs:label "Subject to provide" – мітка, яка дає текстовий опис властивості.
- rdfs:domain ex:Subject: – визначає суб'єкта цієї властивості. У даному випадку – це Subject.
- rdfs:range ex:Skill – визначає об’єкт властивості. У даному випадку – це Skill (тобто навичка).

У такий спосіб отримуємо наступні RDF триплети, які відображають зв’язок дисциплін та навичок, які вони формують у студентів.

```
1. ex:FormalMethodsSpecVerOpt  ex:toProvide ex:Verification .
2. ex:TLAPlus ex:toProvide ex:UsingTLAPlus .
3. ex:IoTDevelopmentCourse ex:toProvide ex:IoTSkill .
```

По такому самому принципу ми будуємо залежності між класами Skill та JobOffer. Зв’язок між цими класами покажемо через властивість necessary. Нижче наведена реалізації такої властивості:

```
ex:necessary a rdf:Property ; rdfs:label "Skill necessary for" ;
rdfs:domain ex:JobOffer; rdfs:range ex:Skill .
```

У даному випадку суб’єктом виступає клас JobOffer (вакансія), а об’єктом – клас Skill (навичка). Тоді на основі цієї властивості ми можемо побудувати наступні триплети, які будуть відображати зв’язок між вакансією та необхідними навичками:

- `ex:CyberSecurityEngineer a ex:JobOffer ; ex:necessary ex:Verification , ex:IMS , ex:FindingVulnerabilities .`
- `ex:EmbeddedSystemsEngineer a ex:JobOffer ; ex:necessary ex:IoTSkill .`

Отже, у цій моделі для вакансії "Інженер з кібербезпеки" (CyberSecurityEngineer) необхідні навички:

- перевірка програмного забезпечення на відповідність вимогам і специфікаціям –Verification,

- знання та вміння використовувати системи інсерційного моделювання – IMS,
- виявлення вразливостей у системах і застосування ефективних засобів їх усунення – FindingVulnerabilities.

Варто зазначити, що дві останні навички (IMS та FindingVulnerabilities) не покриваються жодною дисципліною, описаною раніше.

Для вакансії "Інженер вбудованих систем та рішень" (EmbeddedSystemsEngineer) потрібна навичка – IoTSkill (робота з IoT-технологіями).

Для автоматизації перевірки відповідності навичок дисциплінам або вакансіям можна використовувати інструменти, такі як SHACL та SPARQL.

SHACL (Shapes Constraint Language) – це мова для перевірки RDF-графів на відповідність певним правилам або шаблонам [17]. За допомогою SHACL можна визначати обмеження на структуру графа та проміжки значень даних у RDF графі. Мову SHACL використовувати у випадку:

- простих тестів і перевірок: відповідність типів, наявність властивостей, прості обмеження;
- для роботи з декларативною перевіркою даних, що не передбачає складних обчислень чи фільтрації даних;
- за необхідності інтегрувати валідацію безпосередньо в RDF-сховище.

Розглянемо використання SHACL для автоматизації валідації описаної вище моделі:

```
ex:SkillCoverageShape a sh:NodeShape ; sh:targetClass ex:Skill ;
          sh:property [
                        sh:path [ sh:inversePath ex:toProvide ] ;
                        sh:class ex:Subject ;
                        sh:minCount 1 ;
                        sh:message "This skill is not covered by any
subject." ;
          ] .
```

Наведений код перевіряє, чи кожна навичка (ex:Skill) забезпечується принаймні однією дисципліною (ex:Subject). Дане обмеження застосовується до всіх екземплярів класу ex:Skill, та визначає вимогу, що в моделі між класами Subject та Skill існує принаймні один зв'язок через властивість toProvide. Варто зазначити, що властивості inversePath дозволяє виконати перевірку не тільки від Subject до Skill, а й у зворотному напрямку. Такий підхід покращує процес валідації RDF-графа.

Валідацію отриманого RDF-графа проводимо за допомогою сервісу Validate RDF against SHACL [20]. Цей інструмент дозволяє автоматично перевіряти, чи відповідає RDF-граф визначеним правилам або вимогам, заданим у формі SHACL. Все, що нам потрібно в поле Input Data цього сервісу, – це завантажити нашу модель у форматах: .rdf, .ttl[21], .n3[22], .trig[23], а в поле Shapes в цих же форматах додати наше обмеження та натиснути кнопку Validate. На Рис. 1 представлено результат роботи сервісу для валідації RDF-графа, який відображає інформацію про освітню модель.

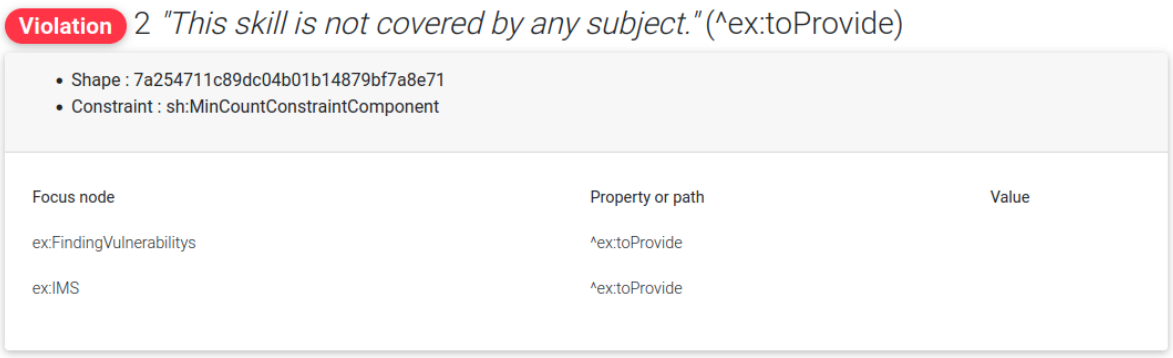

Рис. 1. Пошук навичок, які не охоплюються жодною дисципліною

Як видно з результатів, система визначила два порушення в розробленому RDF-графі. Зокрема виявлено, що дві навички – IMS та FindingVulnerabilities – не пов'язані з жодною дисципліною. Далі, за аналогією, створюємо SHACL-обмеження, яке показує зв'язок знайдених навичок із відповідними вакансіями через властивість necessary. На Рис. 2 бачимо результат роботи.

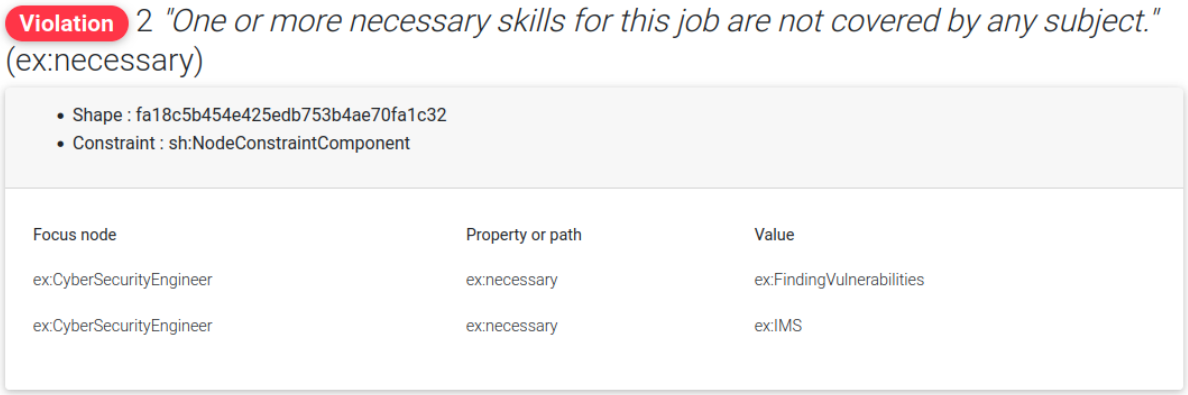

Рис. 2. Пошук навичок, які не охоплюються дисциплінами, але затребувані на ринку праці

У ході тестування система знайшла два порушення в RDF-графі та показала два триплети:

```
ex:CyberSecurityEngineer ex:necessary ex:IMS
ex:CyberSecurityEngineer ex:necessary ex:FindingVulnerabilities .
```

Окрім мови SHACL, для виконання перевірок такого типу можна використовувати й інші. Однією з таких є SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) – це мова запитів для роботи з даними у форматі RDF [17]. SPARQL варто застосовувати у випадку:

- складної логіки, яку не можна виразити декларативно;
- за необхідності перевірки з використанням обчислень, які будуть залежать від складних зв'язків або умов фільтрації;
- великих наборів даних, де важлива продуктивність і оптимізація запитів через індексацію.

Для побудови даного кейсу будемо використовувати SPARQL Playground [24]. На Рис. 3 представлено роботу даного сервісу. Для пошуку навичок ми будемо використовувати наступний SPARQL запит:

```
SELECT ?skill ?job
WHERE {
  ?skill rdf:type ex:Skill .
  ?job ex:necessary ?skill .

  FILTER NOT EXISTS { ?subj ex:toProvide ?skill . }
}
```

Запит виводить усі навички, які мають зв'язок з вакансіями (JobOffer), водночас зв'язок здійснюється через властивість necessary, але вказуємо фільтрування за допомогою оператора NOT EXIST. Якщо запит не знаходить відповідних триплетів у даних, тоді результат буде відображений у загальному результаті.

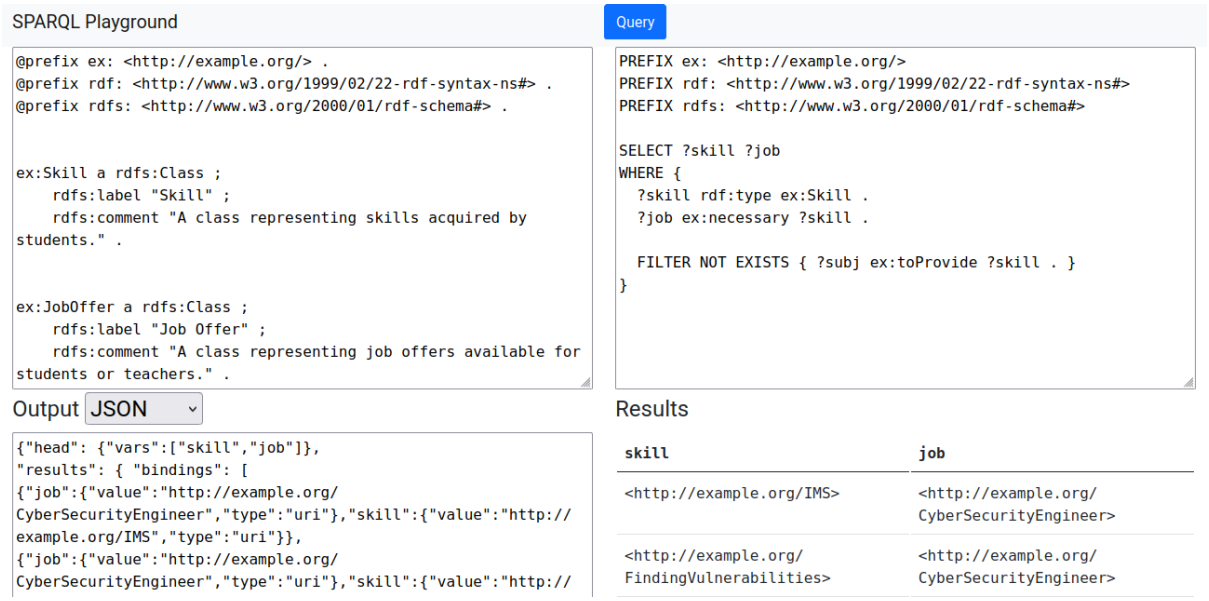

Рис. 3. SPARQL Playground

У такий спосіб ми шукаємо список навичок, які одночасно пов'язані з вакансіями, але не пов'язані з дисциплінами. У полі Results бачимо вакансію "Інженер з кібербезпеки" та ці ж дві навички: IMS та FindingVulnerabilities.

Варто зазначити, що вибір технології валідації залежить від вимог до тестів, складності та розміру моделі. Тому цілком ймовірно, що ефективним способом детальної перевірки буде поєднання кількох зазначених вище підходів.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У даній роботі нами було представлено один з підходів до валідації освітніх моделей, розроблених на основі технології Semantic Web з використанням мов SHACL та SPARQL.

Нами було формалізовано ряд обмежень, що демонструють ефективність мови SHACL для перевірки відповідності типів, наявності зв'язків між класами, а також для забезпечення перевірок на прості обмеження. Мова SHACL є корисною для накладання декларативних обмежень і валідації структури даних.

На відміну від SHACL, мова запитів SPARQL дозволяє реалізувати більш комплексі тести зі складною логікою, використовуючи обчислення, які можуть залежати від складних семантичних зв'язків у моделі.

На наш погляд, поєднання SHACL і SPARQL забезпечить комплексний підхід до аналізу освітніх моделей. Даний підхід можна застосовувати для валідації освітніх моделей у контексті університетської освіти, оскільки це дасть змогу зрозуміти, чи дійсно стек наявних дисциплін забезпечує всі освітні потреби студентів у контексті персоналізованого навчання, а також відстежувати, наскільки освітня програма корелює з реаліями ринку праці. Крім того, запропонований підхід може бути застосований і в різних LMS, які забезпечують інформальну освіту, а також для інших платформ, що надають послуги в освітньому менеджменті.

У подальших дослідженнях ми плануємо розширити модель, а також використати N3 Logic Rules для створення рекомендацій курсів та підтримки персоналізованого навчання, орієнтуючись на інтеграцію логічних правил в RDF-модель для адаптації навчального процесу відповідно до побажань та кар'єрних цілей студента.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] C. Sarin, "Analyzing Skill Gap between Higher Education and Employability," *Research Journal of Humanities and Social Sciences*, vol. 10, no. 3, p. 941, 2019, doi: https://doi.org/10.5958/2321-5828.2019.00154.2.

[2] Coursera, "What Is the Skills Gap?," Coursera, Feb. 19, 2024. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.coursera.org/enterprise/articles/what-is-skills-gap

[3] S. Ruecker, "Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking, Second Edition". *Rich-Prospect Browsing Interfaces*. 2009. doi: 10.4018/978-1-60566-014-1.ch168.

[4] M. Yarandi, H. Jahankhani, A. H. Tawil. "A personalized adaptive e-learning approach based on semantic web technology." *Webology 10*. n. pag. 2013

[5] W. Villegas-Ch and J. García-Ortiz, "Enhancing Learning Personalization in Educational Environments through Ontology-Based Knowledge Representation," *Computers*, vol. 12, no. 10, p. 199, Oct. 2023, doi: https://doi.org/10.3390/computers12100199.

[6] R. Hare and Y. Tang, "Ontology-driven Reinforcement Learning for Personalized Student Support," *arXiv (Cornell University)*, Jul. 2024, doi: https://doi.org/10.48550/arxiv.2407.10332

[7] A. Agarwal, D. S. Mishra, and S. V. Kolekar, "Knowledge-based recommendation system using semantic web rules based on Learning styles for MOOCs," *Cogent Engineering*, vol. 9, no. 1, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2022568.

[8] K. Rabahallah, L. Mahdaoui, and F. Azouaou, "MOOCs Recommender System using Ontology and Memory-based Collaborative Filtering," *Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems*, 2018, doi: https://doi.org/10.5220/0006786006350641.

[9] H. Gasmi and A. Bouras, "Ontology-Based Education/Industry Collaboration System," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1362–1371, 2018, doi: https://doi.org/10.1109/access.2017.2778879.

[10] Marek Milosz, Aizhan Nazyrova, Assel Mukanova, Gulmira Bekmanova, Dmitrii Kuzin, and Gaukhar Aimicheva, "Ontological approach for competency-based curriculum analysis," *Heliyon*, vol. 10, no. 7, pp. e29046–e29046, Apr. 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29046.

[11] Y. V. Rogushina, S. M. Pryima, "Ontological approach to qualification matching based on competences: model and methods," *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. Jan. 2017.

[12] "The ESCO ontology," *Europa.eu*, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://ec.europa.eu/esco/lod/static/model.html. Дата звернення: 13 січня 2025.

[13] G. Paquette, O. Marino, and R. Bejaoui, "A new competency ontology for learning environments personalization," *Smart Learning Environments*, vol. 8, no. 1, Aug. 2021, doi: https://doi.org/10.1186/s40561-021-00160-z.

[14] What are some best practices for validating and updating competency models? Linkedin.com, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.linkedin.com/advice/0/what-some-best-practices-validating-updating-1e. Дата звернення: 7 лютого 2025.
[15] A. Spivakovsky, M. Poltoratskyi, O. Lemeshchuk, V. Denysenko, I. Karpov, and Y. Revenko, "Algorithms for using online tutoring as a tool for personalization of learning in an online educational environment," in Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. *ICTERI 2024*, V. Ermolayev, et al., Eds., vol. 2359, Cham: Springer, 2025, doi: 10.1007/978-3-031-81372-6_13.
[16] Preparation and presentation of data. Chatbot «Eva». 2024. [Електронний ресурс]. Доступно: http://about.ai.kspu.edu/#/7. Дата звернення: 14 січня 2025.
[17] "Shapes Constraint Language (SHACL)," W3.org. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.w3.org/TR/shacl/. Дата звернення: 13 січня 2025.
[18] "SPARQL 1.1 Query Language," W3.org, 2013. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.w3.org/TR/sparql11-query/
[19] "RDF 1.2 Turtle," W3.org, Jan. 09, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.w3.org/TR/rdf12-turtle/ . Дата звернення: 13 січня 2025.
[20] "SHACL Play!," Sparna.fr, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://shacl-play.sparna.fr/play/ Дата звернення: 13 січня 2025.
[21] "What is a ttl file?," Oxfordsemantic.tech, 2024. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.oxfordsemantic.tech/faqs/what-is-a-ttl-file
[22] "Notation3: A Practical Introduction," Notation3.org, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: https://notation3.org/
[23] RDF 1.2 TriG. RDF Dataset Language. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.w3.org/TR/rdf12-trig/
[24] AtomGraph, "SPARQL Playground," SPARQL Playground, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://atomgraph.github.io/SPARQL-Playground/. Дата звернення: 13 січня 2025.

Матеріал надійшов до редакції 17.01.2025р.

USE OF SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES FOR VALIDATION OF EDUCATIONAL MODELS

Maksym Poltoratskyi
PhD in Information Technologies, Associate Professor
Associate Professor of the Department of Computer Science and Software Engineering
Kherson State University, Kherson, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-9861-4438
mpoltoratskyi@ksu.ks.ua

Olga Konnova
Assistant of the Department of Computer Science and Software Engineering
Kherson State University, Kherson, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-5590-9527
okonnova@ksu.ks.ua

Abstract. The gap between the educational programs of higher education institutions (HEI) and the needs of the modern labor market is one of the key problems that negatively affects the employability of graduates. The mismatch between the skills that students receive in HEIs and the needs of employers complicates the employment process: graduates often have to gain additional skills outside the university, while it is more difficult for employers to find qualified specialists. One of the ways to solve this problem is the development of educational models using information and communication technologies (ICT) and their subsequent validation to identify gaps and improve curricula in accordance with the current needs of the labor market.

This paper presents an approach to the validation of educational models created using semantic technologies using the SHACL (Shapes Constraint Language) and SPARQL query language. SHACL enables checking the correctness of the data model by setting constraints on the structure and properties of the relationships between elements, such as disciplines and skills. It is an effective tool for imposing declarative constraints and validating the data structure. SPARQL, in turn,

provides the ability to create flexible queries to RDF graphs, allowing you to create complex tests and analyze the relationships between model components.
To demonstrate the experiment, we presented a fragment of an educational model created using Semantic Web technologies. This model describes the relationships between academic disciplines and skills that are formed in students and the labor market requirements. The model was created based on a study of the Ukrainian labor market by analyzing data from job search platforms such as Work.ua, Robota.ua, and others. In this paper, we present a fragment of the educational model to demonstrate the capabilities of Semantic Web technology not only for building semantic models, but also, and above all, for their validation and verification.

Keywords: educational models; Semantic Web; ontologies; validation of educational models; skills gap.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] C. Sarin, "Analyzing Skill Gap between Higher Education and Employability," *Research Journal of Humanities and Social Sciences*, vol. 10, no. 3, p. 941, 2019, doi: https://doi.org/10.5958/2321-5828.2019.00154.2. (in English)
[2] Coursera, "What Is the Skills Gap?," *Coursera*, Feb. 19, 2024. [Online]. Available: https://www.coursera.org/enterprise/articles/what-is-skills-gap (in English)
[3] S. Ruecker, "Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking, Second Edition". *Rich-Prospect Browsing Interfaces*. 2009. doi: 10.4018/978-1-60566-014-1.ch168. (in English)
[4] M. Yarandi, H. Jahankhani, A. H. Tawil. "A personalized adaptive e-learning approach based on semantic web technology." *Webology 10*. n. pag. 2013 (in English)
[5] W. Villegas-Ch and J. García-Ortiz, "Enhancing Learning Personalization in Educational Environments through Ontology-Based Knowledge Representation," *Computers*, vol. 12, no. 10, p. 199, Oct. 2023, doi: https://doi.org/10.3390/computers12100199. (in English)
[6] R. Hare and Y. Tang, "Ontology-driven Reinforcement Learning for Personalized Student Support," *arXiv (Cornell University*), Jul. 2024, doi: https://doi.org/10.48550/arxiv.2407.10332. (in English)
[7] A. Agarwal, D. S. Mishra, and S. V. Kolekar, "Knowledge-based recommendation system using semantic web rules based on Learning styles for MOOCs," *Cogent Engineering*, vol. 9, no. 1, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2022568. (in English)
[8] K. Rabahallah, L. Mahdaoui, and F. Azouaou, "MOOCs Recommender System using Ontology and Memory-based Collaborative Filtering," *Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems*, 2018, doi: https://doi.org/10.5220/0006786006350641. (in English)
[9] H. Gasmi and A. Bouras, "Ontology-Based Education/Industry Collaboration System," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1362–1371, 2018, doi: https://doi.org/10.1109/access.2017.2778879. (in English)
[10] Marek Milosz, Aizhan Nazyrova, Assel Mukanova, Gulmira Bekmanova, Dmitrii Kuzin, and Gaukhar Aimicheva, "Ontological approach for competency-based curriculum analysis," *Heliyon*, vol. 10, no. 7, pp. e29046–e29046, Apr. 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29046.
[11] Y. V. Rogushina, S. M. Pryima, "Ontological approach to qualification matching based on competences: model and methods," *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. Jan. 2017. (in English)
[12] "The ESCO ontology," *Europa.eu*, 2025. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/esco/lod/static/model.html (accessed Jan. 13, 2025).
[13] G. Paquette, O. Marino, and R. Bejaoui, "A new competency ontology for learning environments personalization," *Smart Learning Environments*, vol. 8, no. 1, Aug. 2021, doi: https://doi.org/10.1186/s40561-021-00160-z.
[14] What are some best practices for validating and updating competency models? Linkedin.com, 2025. [Online]. Available: https://www.linkedin.com/advice/0/what-some-best-practices-validating-updating-1e (accessed Feb. 07, 2025) (in English)
[15] A. Spivakovsky, M. Poltoratskyi, O. Lemeshchuk, V. Denysenko, I. Karpov, and Y. Revenko, "Algorithms for using online tutoring as a tool for personalization of learning in an online educational environment," in Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. *ICTERI 2024*, V. Ermolayev, et al., Eds., vol. 2359, Cham: Springer, 2025, doi: 10.1007/978-3-031-81372-6_13. (in English)
[16] Preparation and presentation of data. Chatbot «Eva». 2024. [Online]. Available: http://about.ai.kspu.edu/#/7 (accessed Jan. 14, 2025) (in English)
[17] "Shapes Constraint Language (SHACL)," W3.org. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/shacl/ (accessed Jan. 13, 2025) (in English)

[18] “SPARQL 1.1 Query Language,” W3.org, 2013. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/sparql11-query/ (in English)
[19] “RDF 1.2 Turtle,” W3.org, Jan. 09, 2025. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/rdf12-turtle/ (accessed Jan. 13, 2025) (in English)
[20] “SHACL Play!,” Sparna.fr, 2025. [Online]. Available: https://shacl-play.sparna.fr/play/ (accessed Jan. 13, 2025).
[21] “What is a ttl file?,” Oxfordsemantic.tech, 2024. [Online]. Available: https://www.oxfordsemantic.tech/faqs/what-is-a-ttl-file (in English)
[22] “Notation3: A Practical Introduction,” Notation3.org, 2020. [Online]. Available: https://notation3.org/ (in English)
[23] RDF 1.2 TriG. RDF Dataset Language. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/rdf12-trig/ (in English)
[24] AtomGraph, “SPARQL Playground,” SPARQL Playground, 2025. [Online]. Available: https://atomgraph.github.io/SPARQL-Playground/ (accessed Jan. 13, 2025).

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.