

УДК 004:37

## ЗАСТОСУВАННЯ SEMANTIC WEB ДО СТВОРЕННЯ КОЛАБОРАТИВНОГО ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ

Глибовець М.М.

Національний університет “Києво-Могилянська академія”

*Розглядаються перспективи використання технології Semantic Web в електронному навчанні. Використання агентних технологій, створення інтерактивного навчального середовища, наділеного потужними засобами співпраці й використанням веб-сервісів дає можливість розглядати цілісний колаборативний освітній простір. Аналізується архітектура такого простору й перспективи його розвитку.*

**Ключові слова:** *Semantic Web, e-learning, агентні технології;*

### Вступ

Сучасні системи електронного навчання (e-learning) завдячують бурхливому розвитку технологій Semantic Web (SW), засобів мультимедіа та передачі знань. Особливістю цього процесу є створення таких технічних засобів і спеціалізованого програмного забезпечення які б суттєво спрощували доступ до навчального матеріалу, оптимізували інтерактивну комунікативну взаємодію шляхом надання користувачам простих можливостей для спілкування і обміну знаннями про контент та побудову індивідуального навчального простору. Такий перехід став можливим із появою і розвитком технологій Web2.0 та Web3.0.

Використання в навчальних платформах спеціалізованих репозитаріїв типу Merlot [1], дозволяє об'єднати зусилля як учителів, так і учнів по створенні та постійної модифікації навчального контенту та ефективно реалізувати принцип повторного використання об'єктів навчання (Reusable Learning Objects, RLOs). Інтелектуалізація репозитаріїв за допомогою агентних технологій або створення інтелектуалізованих навчальних платформ на їх базі, наприклад, платформ типу IDEAL [2], дозволяє вирішувати і проблему розриву між навчальним контентом конкретної платформи та знаннями зовнішнього світу, забезпечивши ширший доступ до експліцитних знань інформаційного світу WWW.

Використання SW для реалізації інтелектуального контекстно-залежного пошуку та спеціалізованих онтологій [3,4] дозволяють уже в певній мірі вирішити і проблеми дублювання даних та позбавлення суперечностей. Інтеграція інтелектуальних мобільних агентів і трансформаторів для контролю за контентом, семантичного індексування та перетворення форматів призводить до пришвидшення інтеграції нових користувачів у навчальну спільноту, розширення можливостей нагляду за контентом, покращення асинхронної комунікації між різними типами користувачів, підвищення доступності контенту.

Використання рекомендаційних систем агентного типу [5] дозволяє агрегувати набір автоматизованих та орієнтованих на користувача підходів для контролю за семантичними ресурсами, вирішивши проблему перенасичення інформацією. Вони дозволяють розробити повністю конфігурований та адаптивний інтерфейс користувача, здатний до розвитку у відповідності до найчастіше використовуваних користувачем функцій, і до пропонування більш складної функціональності, залежно від рівня кваліфікації користувача (персоналізація).

Террі Андерсон (Terry Anderson) і Деніс Вайтлок (Denise Whitelock) у роботі [6] висвітлили можливі переваги втілення Semantic Web в процес навчання, а також увели термін Educational Semantic Web (ESW), котрий використовується для позначення використання технології SW у освітньому процесі.

Враховуючи це, в рамках даної роботи розглянуто можливості ESW для побудови колаборативного освітнього простору (Collaborative E-Learning Spaces -CELS).

### Фундаментальні характеристики Educational Semantic Web

За думкою Андерсона, Educational Semantic Web базується на 3-х основних властивостях. Першою є здатність до ефективного збереження та пошуку інформації. Другою є здатність автономних агентів до пошуку і обробки інформації для покращення навчання людей. Третьою є здатність Інтернету підтримувати та розширювати можливості комунікації людей, не зважаючи на місце і час.

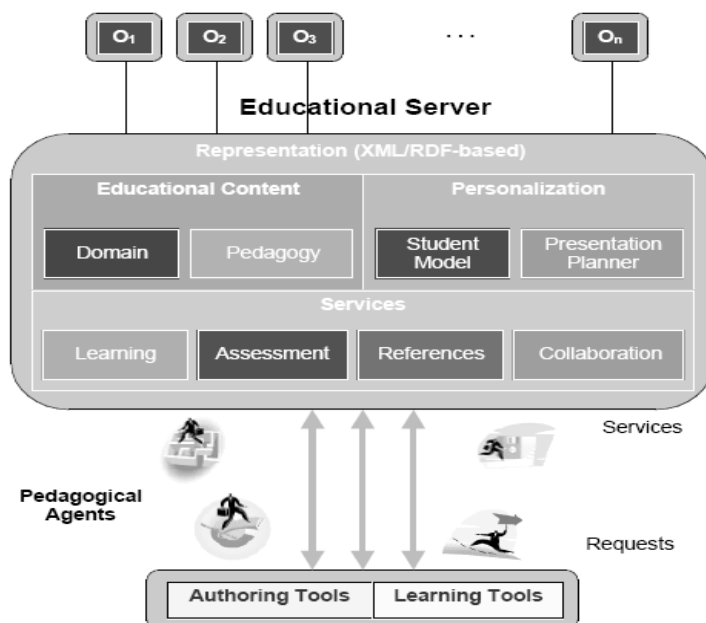
Лора Аройо (Lora Aroyo) [7], відповідаючи на питання, що нам потрібно для реалізації ідеї ESW зазначає. Нам потрібно досягнути ефективної інтероперабельності між різними освітніми системами, а з іншого боку, мати автоматичну, структуровану та уніфіковану авторську підтримку для їх створення. Для досягнення інтероперабельності варто зробити ставку на семантичну концептуалізацію і онтології, спільний стандартизований комунікаційний синтаксис, великомасштабну сервісно-орієнтовану інтеграцію навчального контенту і функціональне супроводження та використання.

### Перспектива використання SW в освітньому процесі

Конкретні архітектурні рішення семантично-орієнтованої платформи можна знайти в багатьох роботах, зокрема [8,9]. Фактично вона відображає зв'язок викладача і слухача з освітніми серверами за допомогою педагогічних агентів.

Інтелектуальні педагогічні агенти забезпечують необхідну інфраструктуру для потоку знань та інформації між клієнтами та серверами.

Педагогічні агенти здійснюють доступ до освітнього контенту на сервері, використовуючи високо рівневі освітні послуги (мал. 1.), а сервер володіє достатнім інтелектом для здійснення персоналізації (personalization) навчальних задач, які він підтримує. Фактично, з погляду учня, сервер є інтелектуальним репетитором з предметними та педагогічними знаннями, що дозволяє йому здійснювати навчальну сесію (мається на увазі навчальні дії). Він використовує презентаційний планувальник (presentation planner) для вибору, підготовки, та адаптації предметних матеріалів в подальшому наданні студентові. Він також поетапно будує модель студента протягом сесії, для того щоб зберігати історію дій студента та навчального прогресу, виявляти та виправляти його/її помилки і непорозуміння, та можливо таким чином переадресовувати сесію.



Мал. 1. Архітектура освітнього серверу ( $O_i$  - онтології)

Автори розробляють навчальний контент на сервері. Щоб зробити контент машинно-зрозумілим, придатним для обробки та відповідно агенто-орієнтованим потрібно наситити

інформацію дескрипторами, які вказують на спільні *освітні онтології*. Для розробки освітніх онтологій використовують високо рівневі онтологічні мови OWL.

Зрозуміло, що на початку потрібно розробити підходящі предметні та педагогічні онтології. В ідеальному випадку, створення освітнього веб-контенту з онтологічною анотацією повинно бути підтримане авторськими інструментами та класами онтологічних ієрархій. Більш того, онтології повинні бути зв'язані з бібліотекою термінів, та взаємозв'язані для можливості здійснення повторного використання або зміни термінів.

### **Здобутки в конструюванні платформ ESW**

Наведемо декілька базисних підходів в конструюванні платформ ESW, котрі висвітлюють еволюцію ідей побудови таких платформ.

Почнемо з статті „Екологічний підхід до створення E-learning середовищ”, автором якої є Джордж МакКала. Цей підхід полягає у тому, що в контенті мітки (теги) ставляться автоматично у відповідь на його використання користувачами. Іншими словами, інформація про веб-контент прикріплюється до контенту як тільки користувач отримує доступ до цього контенту.

Екологічний підхід висуває ідею про поступове накопичення навчального контенту реальними користувачами та його інтерпретування тільки в контексті кінцевого користувача. Підхід називається екологічним тому, що весь час система збагачується інформацією, і відбувається щось схоже на природній відбір, побудований на цілях, котрий визначає, які дані є корисними, а які ні.

Ключові технології, що лежать в основі цього підходу полягають в моделюванні поведінки користувача, а також в кластеризації даних (data clustering) та видобутку інформації (data mining).

Освітні системи можуть бути екологічними в тому сенсі, що вони можуть безкінечно адаптуватися до зовнішніх змін середовища. З часом, система повільно еволюціонує, відшліфовуючи себе до параметрів середовища та постійно слідкуючи за змінами в ньому.

Іншим цікавим напрямом досліджень по ESW були роботи з аналізу можливостей семантичного представлення дизайну процесу навчання (Learning Designs). Тут можна виділити статтю [15].

У ній описано як задати електронний курс формальним, семантичним шляхом, щоб він був проінтерпретований комп'ютером так само, якби це зробила людина. Цей процес вони назвали освітнім моделюванням “Educational Modelling”. Семантична модель розробляється за допомогою багатьох різних методів: дослідження джерел, групові обговорення експертів, верифікаційні сесії, та ін., і результати описуються за допомогою мови для формального моделювання, наприклад, UML. Діаграми класів UML можуть бути трансльовані у RDF-Схеми і/або OWL, залежно від об'єму моделі. XML-схеми та інші семантичні компоненти, наприклад, Topic Maps, також можуть бути згенеровані з UML-моделей.

Таке представлення курсів (або більш загально – „компонентів навчання”) називається “Educational Modelling Language” (EML, 2000). На зміну цій мові прийшов IMS Learning Design (LD).

Людині надається роль *учня* в навчально-освітньому процесі. В цій ролі вона працює згідно з певними *результатами*, надаючи більш чи менш структуровані *навчальні та/чи підтримуючі дії* у межах *середовища*. Середовище складається з відповідних *навчальних об'єктів* і *сервісів*, які будуть використовуватись протягом виконання дій. Яка роль отримує яку дію і в який момент процесу, визначається методом або нотифікацією навчального дизайну.

Практична розробка семантичних веб-орієнтованих середовищ була ініційована в межах так званого Universal project. Результатом став портал EducaNext – мультимовний, академічний ресурс [10]. Він надає наступні можливості своїм користувачам: участь в так званих «спілках знань», комунікація з іншими експертами в однаковій області, обмін навчальними матеріалами, постачання розподілених навчальних дій (наприклад курсів,

лекцій і т.п.), співпраця над розробкою навчальних матеріалів та інші. Для опису загальних мета даних, таких як назва, опис і т.п., в порталі використовується стандарт Дублінського ядра. Деякі специфічні освітні атрибути такі як типовий навчальний час взяті з стандарту IEEE LOM.

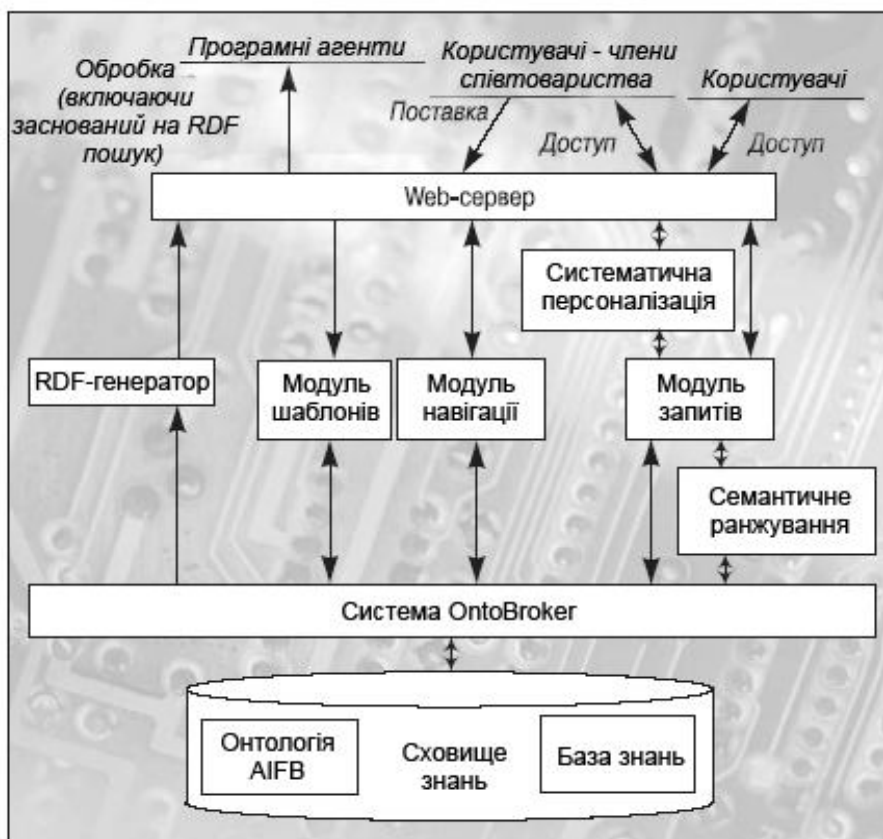
Ще один освітній проект Elena project [11] стартував як європейська дослідницька ініціатива 2002 р. і був розрахований на три роки. Портал функціонує і досі, а основною метою цього проекту є розробка так званих «розумних просторів для навчання» – Smart Spaces for Learning (SSL), що пропонують інтелектуальні сервіси для користувачів. SSL пропонує доступ до різноманітних освітніх систем та репозитаріїв, від семінарів до навчальних курсів та від академічних лекцій до книжок з он лайн-книгарень.

Також хочеться навести опис одного з перших освітніх порталів, побудованого на основі технології Семантичного Web – порталу SEAL [8]. Архітектура порталу зображена на мал. 2.

Основу порталу SEAL становлять сховище знань і система Ontobroker—основний механізм виведення. Сховище знань містить онтологію й базу знань, представлених твердженнями фреймової логіки.

Система Ontobroker є дедуктивною системою об'єктно-орієнтованої бази даних, що надає транслятори для різних мов опису онтологій, правил і фактів. Вона читає вхідні файли, що містять базу знань і онтологію, оцінює вхідні запити й повертає результати, знайдені шляхом комбінування онтології, бази знань і запиту. Тобто, Ontobroker використовується як машина (сервер) побудови логічного висновку.

Портал орієнтований на клієнтів трьох категорій: програмних агентів, членів співтовариства й інших користувачів. Зв'язок усіх клієнтів з порталом реалізується через web-сервер. Віддаленим прикладним програмам (*програмним агентам*) надається доступ до збереженої в порталі інформації мовою RDF. RDF-генератор забезпечує видачу RDF-фактів через web-сервер. Програмні агенти з можливістю пошуку, заснованого на RDF, забезпечують збір фактів і в такий спосіб дозволяють одержувати прямий доступ до збережених на сайті семантичних знань.



Мал. 2. Архітектура порталу SEAL

Користувачам — членам співтовариства й простим користувачам надаються дві форми доступу до інформації на сайті: навігація по порталі з використанням гіперпосилань і пошук по запитам. Структура гіперпосилань частково задається творцем порталі, але може бути розширена за допомогою модуля навігації.

Крім деревоподібної структури гіперпосилань, заснованої на ієрархічній декомпозиції предметної області, модуль навігації допускає складні, семантичні гіперпосилання, засновані на онтологічних відношеннях між поняттями предметної області. Понятійний підхід до гіперпосилань заснований на припущенні, що семантично релевантні гіперпосилання з web-сторінки відповідають відносинам між поняттями (`memberOf`, `hasPart`) або атрибутам (`hasName`). Таким чином, екземпляри в базі знань можуть бути представлені зв'язками, що автоматично генеруються, до всіх зв'язаних екземплярів. Наприклад, на персональній web-сторінці можуть бути зазначені гіперпосилання на сторінки, що описують відповідні дослідницькі групи, професійну активність та ін. Для побудови структур концептуальних гіперпосилань *модуль навігації* використовує машину логічного висновку *Ontobroker*.

Пошук і запити виконуються через *модуль запитів*. Цей модуль сполучає простий у використанні інтерфейс і запити у фреймовій логіці, підтримувані інтерфейсом запитів *Ontobroker*. Розробник порталі генерує web-сторінки, що підтримують формування конкретних запитів (проектів, людей і т.п.). Для обмеження безлічі запитів користувачеві пропонується список вибору, який компіюється з використанням онтології й/або бази знань. Наприклад, екземпляр запиту для пошуку деякої людини дозволяє шукати людей відповідно до дослідницьких груп, членами яких вони є. Список дослідницьких груп динамічно заповнюється запитом фреймової логіки й представляється користувачеві для простого вибору з випадального списку.

*Модуль шаблонів* генерує HTML-форми для кожного поняття, для якого користувач може створювати екземпляри. Зокрема, портал SEAL має вхідний шаблон, який генерується на основі онтологічного визначення поняття "Людина". Надалі ці дані використовуються модулем навігації для створення сторінки відповідного індивідуума. Для скорочення даних, що вводяться, розробник порталі специфікує, які атрибути й відношення витягаються із інших шаблонів. Наприклад, якщо в шаблоні проекту визначена участь у проекті, координатор проекту вводить інформацію про учасників проекту, і ця інформація використовується при генерації персональних web-сторінок співробітників на основі фреймової логіки. Таким чином, немає необхідності вводити цю інформацію в шаблон поняття "Людина".

*Модуль семантичної персоналізації* дозволяє переформулювати й збагачувати запити користувача з використанням онтологій і фреймової логіки. *Модуль ранжування* запитів забезпечує ранжування коректних відповідей на запити у тому випадку, коли їх декілька, на основі семантичної схожості баз знань.

Все це призводить до можливості створення спеціалізованого навчального середовища, яке дістало назву колаборативний електронний навчальний простір (*Collaborative E-Learning Spaces, CELS*) [12].

### **Колаборативний електронний навчальний простір**

Стандартним підходом до навчання у ньому передбачається процес взаємодії, у якому викладачі (виробники контенту) та слухачі (споживачі контенту) співпрацюють в межах однієї цифрової платформи за допомогою спеціалізованих телекомунікаційних засобів. Найважливішим тут є збільшення можливостей повторного використання контенту та передачі знань шляхом посилення їх соціотехнологічної функціональності за рахунок багаторазового використання контенту, покращення передачі знань, адаптивності середовища.

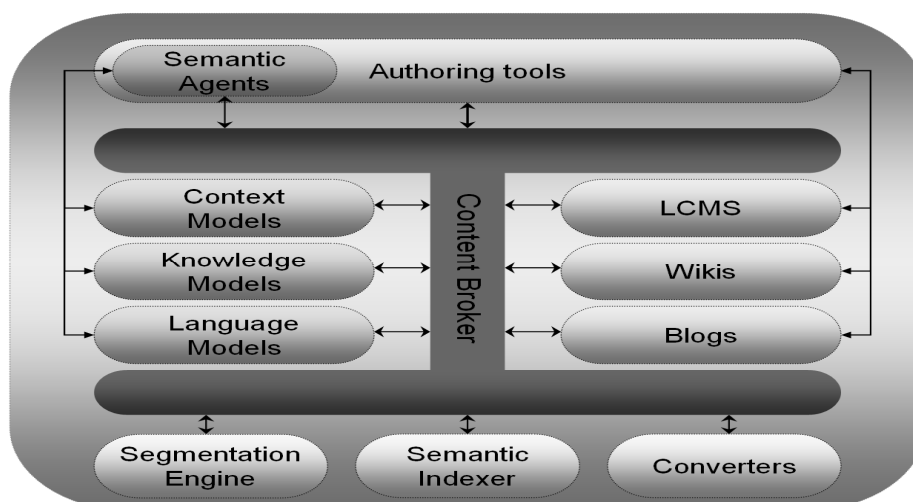
Багаторазове використання контенту тут забезпечується: використанням автоматизованої сегментації (монолітні, неподільні документи розбиваються на атомарні частини, над контентом яких виконуватимуться операції індексування, пошуку, агломерації, варіювання, зміни); виокремленням та моделюванням знань, перевіркою на суперечність

тощо; використанням декларативних логік, реляційних та постреляційних баз знань, SCORM подібних стандартів, OWL подібних мов онтологій; створенням і поширенням XML-стандартів; розвитком спеціалізованих рекомендаційних систем побудованих на основі технологій інтелектуальних мобільних агентів; спрощенням користувацького інтерфейсу; наближенням до користувача засобів мультимедіа; можливістю маніпулювання різнотипною інформацією на основі технологій Web2.0 і Web3; поліпшенням циклу передачі знань за рахунок підвищення ролі слухача на рівні зворотнього зв'язку; значним збільшенням якісного вільно-розповсюдженого програмного забезпечення; підвищенням пропускної здатності каналів комунікації.

Важливим компонентом CELS є наявність адаптивного користувацького інтерфейсу, здатного підлаштовуватися під кожного окремого користувача згідно його можливостей та уподобань. Рекомендаційні системи дозволяють поступово розкривати функціональність системи та позбавлятися від інформаційного перенасичення.

Виявлені вище побажання щодо CELS потребують програмних рішень із гнучкою архітектурою. Існує багато підходів до створення такої архітектури [13, 14]. Найбільш типовою є компонентно-орієнтована архітектура (мал. 3), запропонована в роботі [12]. У ній основна функціональність реалізована такими модулями, як *джерело даних* (the data source), *модель контексту* (the context model) та *сегментаційний двигун* (the segmentation engine), і може бути поширена інтеграцією таких нових модулів, як *семантичні індексатори та перетворювачі* (конвертери). Ключовим елементом запропонованої тут системи є “*брокер контенту*” (“content broker”), який контролює комунікацію і потік даних між різними модулями та використовує прийняття рішень на основі правил для контролю над потоком дій між вхідними і вихідними даними.

Важливе місце в системі розповсюдження знань займає блок *семантичного агента*. Цей агент відслідковує контекст, у якому працює користувач, відповідно до заданої контекстної моделі (рекомендаційної системи) для спрощення процесу розповсюдження знань та доступу до них. Рекомендаційна система дозволяє деактивувати деяку функціональність і згенерувати контекстні дані, необхідні для покращення пошуку, генерацію нових метазнань. Пошук дотичного контенту для інтеграції є одним із завдань вбудованих інтелектуальних інформаційних агентів. Інтелектуальні семантичні агенти вбудовуються в робоче середовище користувачів і втілюють необхідний зв'язок між життєвим циклом інформації та життєвим циклом знань.



Мал. 3. Архітектура CELS

*Моделі*, інтегровані до системи, використовуються для представлення контексту, в якому працює користувач, і релевантну для предметної області семантику, роз'яснюючи термінологію (що є важливим для нових користувачів) і роблячи її доступнішою для користувачів. Контекстні моделі можуть мати різну складність, в залежності від форми електронного навчання. Вони повинні враховувати дидактичні та методологічні особливості

реалізуваної форми навчання та особистісні особливості учня. До джерел інформації належатимуть всі бази даних певної навчальної установи (організації, навчальної платформи), інтегровані у системі CELS, а також вся вільно-розповсюджувана інформація мережі WWW.

“Брокер контенту” регулює операції над даними, контролює потік даних між різними джерелами та передавачами даних, забезпечує захист даних. Зовнішні модулі підключаються до “брокера” через API. Визначивши набір правил, “брокер” може вирішувати їх функціональність та мету використання. Традиційно він ще включає в себе і навчальну компоненту, спроможну до підлаштування на специфічні семантичні моделі (контекстні моделі, моделі знань і т.п.) та використання можливостей Web2.0 і Web3.

Зовнішні модулі (модуль сегментації даних, модуль семантичної індексації, конвертер) використовуються “брокером контенту” для реалізації потрібних користувачеві функцій.

Які нові можливості надає CELS виробнику контенту? По перше це персоніфікований інтелектуальний інструментарій (an authoring tool) з налаштовуваним інтерфейсом користувача залежно від його профілю. По друге, використання або невикористання наявної функціональності надає системі дані зворотного зв'язку і дозволяє надалі виявляти потенційно корисні (і некорисні). На кінець, процес створення контенту відслідковується інтелектуальним агентом, призначеним для роботи із конкретним інструментарієм. Залежно від профілю користувача, активованої функціональності та допоміжних моделей, агент активно пропонує підходящу інформацію і навчається. Така інформація містить навчальний контент й нові статті вікіпедії та записи з блоків, чим надає виробникові контенту знання і метазнання. Надані системою дані також можуть динамічно рекомендувати експертів для відповідей на запитання і дискусій. У такий спосіб, можлива підтримка груп за особливими інтересами.

Контекстні моделі використовуються для прийняття рішень щодо функціональності, яке буде доступним споживачам контенту.

### **Висновок**

Незважаючи на приведені вище, продовжуються дебати відносно ефективності ESW і навіть доцільності використання таких технологій в освітніх контекстах. Є страх перед втручанням у приватність, виникають питання вартості, кількості витрат. Подібні питання, що стосуються педагогічного і освітнього процесу залишаються переважно без відповіді, а отже, потребують більш глибокого аналізу та дискусій з боку науковців.

Перш за все, варто звернути увагу на наявність не гармонізованих та нечітких стандартів від різних організацій, що можуть частково перекривати один одного. Причиною цього може бути як незрілість даної сфери, так і те, що є потреба у використанні різних технік для вирішення однієї задачі. Ця проблема з'являється не тільки для стандартів, що розроблені в межах різних організацій, але також для тих, що випущені в межах однієї. Прикладом може бути не зовсім чіткий зв'язок між CSS та XSLT, або ж зв'язок між RDF-Schema та OWL, усі розроблені W3C. Роб Копер пропонує шлях боротьби з цією проблемою, котрий полягає у використанні більш виразного стандарту або генерації, коли це потрібно, нового, що може містити підмножини уже існуючих [15].

Продовжуючи питання стандартів, варто зауважити, що для суттєвого просування вперед, перш за все, повинні бути розроблені стандартні онтології, що зможуть покривати різні аспекти викладання та навчання (наприклад, множину різних предметних областей, впорядкування учбового плану, моделювання поведінки студента, педагогічні публікації, оцінювання та ін.). Тільки велика кількість таких онтологій забезпечить необхідну оболонку для побудови навчальних платформ у Вебі

Однією з причин чому стандартних онтологій ще і досі не існує в достатній кількості, є нестача стандартного словника в освітній сфері.

Ще однією причиною відсутності стандартних онтологій є те, що сучасні інструменти для розробки онтологій освітніх платформ у більшості випадках ігнорували технологічні інновації.

Наступною проблемою можна назвати нестачу користувацько-дружніх інструментів, котрі б відповідали різним інтероперабельним стандартам. Частковою рекомендацією у цьому питанні може бути використання універсальних інструментів там, де це можливо.

І останнє, але не менш важливе, є недостатній рівень обізнаності викладачів у нових освітніх можливостях або ж критичне ставлення до них.

Враховуючи все вищесказане, можна сформулювати декілька рекомендацій для поширення і кращого засвоєння технології ESW: максимально спростити інструментарій для роботи з технологіями SW, вжити заходів для популяризації, створити єдині стандарти по web метаданим, та побудувати основні онтології.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. [www.merlot.org/](http://www.merlot.org/)
2. Shang Yi, Shi Hongchi, Chen Su-Shing An Intelligent Distributed Environment for Active Learning. — 2001. — [Cited. 2004, April 17] — Available from <<http://www10.org/cdrom/papers/207/>>.
3. Глибовець А.М., Шабінський А.С. Один підхід до побудови інтелектуальної пошукової системи. // Наукові записки НаУКМА. Т.112: Комп'ютерні науки. –К., 2010. –С. 26–30.
4. Глибовець Н.Н., Федорченко В.М. Упрощенная инфраструктура для трансформации XML-моделей. Журнал Кибернетика и системный анализ №1. 2010. – С. 105-111.
5. Глибовець А.М., Гороховський С.С., Піка А.А. Агенти для рекомендацій у колаборативних середовищах // Наукові праці МДУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології. — Випуск 121. — том 134. — 2010. —С. 142-151.
6. Anderson, T. and Whitelock, D. (2004). The Educational Semantic Web: Visioning and Practicing the Future of Education. (Special Issue) Journal of Interactive Media in Education, 2004 (1). [[www-jime.open.ac.uk/2004/1/](http://www.jime.open.ac.uk/2004/1/)].
7. Aroyo, L., & Dicheva, D. (2004). The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web. Educational Technology & Society, 7 (4), 59-69. [[www.ifets.info/journals/7\\_4/8.pdf](http://www.ifets.info/journals/7_4/8.pdf)]
8. Пантелеев М.Г., Пузанков Д.В., Татаринев Ю.С. Перспективы использования технологий Семантического Web в образовательных порталах. [<http://www.ict.edu.ru/ft/005511/portal3-18.pdf>]
9. Devedzic, V. (2004) 'Education and the semantic web', International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED), Vol. 14, pp.39–65. [[fon.fon.bg.ac.yu/~devedzic/IJAIED2004.pdf](http://fon.fon.bg.ac.yu/~devedzic/IJAIED2004.pdf)]
10. <http://www.educanext.org/> – освітній портал EducaNext
11. <http://www.elena-project.org/> – портал європейської ініціативи Elena project
12. Teo, C.B. and Gay, R.K.L. (2006). A knowledge-driven model to personalize e-learning. In Journal on Education Resources in Computing (6), Issue 1. ACM Press, New York, USA. ISSN 1531-4278
13. Глибовець Н.Н. Использование JADE (Java Agent Development Environment) для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения агентного типа. Элект.журнал “Образовательные технологии и общество”. - 2005. – С.325-345.
14. Глибовець М.М., Гломозда Д.К. Формальна модель координаційно-орієнтованої мережі для колаборативної системи навчання. Журнал Проблеми програмування. – 2006. – № 2-3. Спец. вип. – С. 402-412.
15. Koper, R. (2004). Use of the Semantic Web to Solve Some Basic Problems in Education: Increase Flexible, Distributed Lifelong Learning, Decrease Teachers' Workload. Journal of Interactive Media in Education, 2004 (6). Special Issue on the Educational Semantic Web. [[www-jime.open.ac.uk/2004/6/](http://www.jime.open.ac.uk/2004/6/)].