УДК [004.4+004.7]::[001.891:53]::37

Мерзликін Олександр Володимирович
аспірант
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна
avm@ccjournals.eu

ХМАРО ОРІЄНТОВАНІ ЕЛЕКТРОННІ ОСВІТНІ РЕСУРСИ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анотація. У статті введено й означено поняття хмаро орієнтованого електронного освітнього ресурсу, охарактеризовано його програмну й інформаційну складові. Розглянуто технологічне підґрунтя трансформації традиційних електронних освітніх ресурсів у хмаро орієнтовані – віртуалізацію: запам'ятовуючих пристроїв (Data as Service), обладнання (Hardware as Service), комп'ютера в цілому (Infrastructure as Service), системи програмних засобів (Platform as Service), «робочого столу» (Desktop as Service) та інтерфейсу користувача конкретного програмного забезпечення (Software as Service). Показано можливості конструювання системи хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів для підтримки навчальних фізичних досліджень з урахування стандартів зберігання метаданих навчальних об'єктів (з доступом за протоколом OAI-PMH) і мобільності навчальних засобів (LTI). Наведено приклад інтеграції хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів у систему підтримки навчання Moodle з використанням OAI-PMH та LTI.

Ключові слова: віртуалізація; електронні освітні ресурси; засоби ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень; метадані навчальних об'єктів; мобільність навчальних засобів; хмарні технології; хмаро орієнтовані електронні освітні ресурси.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. У дослідженнях В. Ю. Бикова [20; 21; 22] показано, що головні концептуальні засади стратегії подальшої масштабної інформатизації освіти України мають базуватися на концепції хмарних технологій. Наразі всі наявні ІКТ-системи й окремі ІКТ-рішення, що спрямовані на інформатизацію системи освіти на всіх її організаційних рівнях, мають бути проаналізовані й скориговані з точки зору можливості застосування хмарних технологій як альтернативи [20, с. 27].

Однією із задач, що постає у процесі комплексного дослідження проблеми застосування хмарних технологій як альтернативи існуючим ІКТ-системам підтримки навчальних фізичних досліджень, є задача теоретичного обґрунтування і розробки електронних освітніх ресурсів підтримки навчальних фізичних досліджень з хмарним доступом. Для розв'язання цієї задачі було виокремлено класи засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень у профільному навчанні фізики [26], визначені перспективи використання хмарних технологій у навчальних фізичних дослідженнях у профільній школі [29; 30], структура і засоби хмаро орієнтованого середовища підтримки навчальних фізичних досліджень [31; 26], розглянуто можливості створення такого середовища на базі поширених систем підтримки навчання [28; 32]. У процесі аналізу існуючих і перспективних засобів хмарних ІКТ було виявлено недостатність рівня підтримки у них навчально-дослідницької діяльності старшокласників з фізики, разом із достатнім рівнем такої підтримки у традиційних засобах ІКТ. Це зумовлює доцільність надання до останніх хмарного доступу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 1964 році М. Грінбергер (Martin Greenberger) прогнозував поширення комп'ютерних послуг у всіх сферах суспільного життя для розв'язання широкого кола завдань: від рутинних чисельних розрахунків і маніпуляції текстовими даними до автоматичного управління приладами, моделювання

© О. В. Мерзликін, 2015.

динамічних процесів, статистичного аналізу і забезпечення інформаційної діяльності. Необхідною основою цього були системи розподілу комп'ютерного часу, що надають можливість зменшити накладні витрати, пов'язані з опрацюванням користувацьких програм і даних, їх зберіганням і доставлянням. Окремий розділ роботи М. Грінбергера присвячено наданню інформаційних послуг з моделювання як найперспективнішого підходу до аналізу складних систем і випадкових процесів: «використання моделювання ... буде помітно розширюватися, оскільки інформаційна послуга забезпечує легкий доступ до потужних комп'ютерів і систем програмування. Більшість користувачів [інформаційних послуг з] моделювання не матимуть знання або бажання будувати свої власні моделі... Сприяння в розробці, налагодженні, та перевірці достовірності моделей буде надана он-лайн центром моделювання...» [7].

У 1983 році Д. Р. Хаманн (Donald Robert Hamann) найбільш очевидною тенденцією використання ІКТ вважав «зростання розподілених обчислювальних ресурсів, що серйозно вплине на фізичні дослідження. Наявність у персональному користуванні комп'ютера ... з гарним графічним дисплеєм стимулюватиме більш вільне та творче його використання. ... Знаходячись у мережі ..., такий «суперперсональний» комп'ютер надасть можливість у діалоговому режимі вивчати та аналізувати результати ... експериментів великого масштабу» [35, с. 254].

Починаючи з 1980 року, співробітники CERN Т. Бернерс-Лі (Tim Berners-Lee) і Р. Кайо (Robert Cailliau) займались розробкою мережних гіпермедіальних систем, призначених для наукової комунікації фізиків й онлайнового доступу до експериментальних даних. Обґрунтовуючи доцільність створення World Wide Web, Т. Бернерс-Лі вказував, що однією з проблем CERN були втрати наукових даних через високу мобільність дослідників і швидкість зміни специфікацій обладнання, умов проведення експерименту та ін. Особливості роботи великого фізичного дослідницького центру визначили такі вимоги до ПЗ: підтримка віддаленого доступу через мережу, гетерогенність (програмна мобільність), децентралізованість, гіпертекстовий доступ до існуючих баз даних, можливість приватного коментування і створення приватних посилань, необтяженість додатковою функціональністю («дзвіночками і свистками»: у 1989 році текст визначався основним способом подання даних, а графіка – додатковим), розвинені засоби аналізу даних (зокрема, побудови діаграм зв'язків), підтримка посилань на динамічно змінювані дані, вільний обмін даними [1]. Т. Бернерс-Лі зазначає, що таке ПЗ може виступати як засіб зв'язування складових дослідницького проекту у цілісну систему, що відображатиме компетентності і досвід дослідників, як на етапі реалізації проекту, так і після його завершення, створюючи дослідницьке портфоліо.

Проект створення World Wide Web з'явився в CERN у той час, коли там активно експериментували з Великим електрон-позитронним колайдером і планувався запуск проекту з побудови Великого адронного колайдеру. М. Сендал (Mike Sendall), який розглядав пропозицію Т. Бернерса-Лі щодо створення розподіленої гіпертекстової системи, розумів величезну обчислювальну потужність, що її потребуватиме Великий адронний колайдер, і величезні мережні потреби цього проекту. Майже всі перші web-сторінки представляли собою певний фізичний проект, хоча сам собою World Wide Web ніколи не був проектом CERN [2].

Нині ідеї М. Грінбергера, Д. Р. Хаманна та Т. Бернерса-Лі стосовно надання спеціалізованих комп'ютерних інформаційних послуг з підтримки фізичних досліджень через мережі зв'язку трансформувались у застосування хмарних технологій (cloud computing) у фізиці. П. Мелл (Peter Mell) і Т. Гранц (Timothy Grance) визначають хмарні технології як модель надання, за необхідності, повсюдного і зручного мережного доступу до спільно використовуваних налаштовуваних обчислювальних ресурсів, які

можуть бути швидко надані й вивільнені з мінімальними зусиллями з управління або із взаємодії з постачальником послуг (сервіс-провайдером) [12, с. 2].

О. М. Марковою, С. О. Семеріковим та А. М. Стрюком було доведено функціональну ідентичність концепції комп'ютерної і хмарної послуг. Витоки хмарних технологій навчання, на думку авторів, містяться у застосуванні концепції комп'ютерної послуги до навчального процесу, зокрема, надання місця для зберігання електронних освітніх ресурсів і мобільного доступу до них, а самі хмарні технології (хмарні інформаційно-комунікаційні технології) визначаються як сукупність методів, засобів і прийомів, використовуваних для збирання, систематизації, зберігання та опрацювання на віддалених серверах, передавання через мережу й подання через клієнтську програму всеможливих повідомлень і даних [25, с. 38]. Такий підхід надає можливість застосувати концепцію хмарної послуги до трансформації традиційних засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень у хмаро орієнтовані.

Отже, **метою статті** є визначення поняття хмаро орієнтованого електронного освітнього ресурсу і розгляд можливостей їх застосування для підтримки навчальних фізичних досліджень.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У 2014 році спеціалісти CERN склали перелік викликів, що постануть перед ІКТ в наукових дослідженнях. Зокрема, вони звертають увагу на перспективність використання хмарних обчислювальних платформ, звертаючи увагу на те, що у сучасних наукових дослідженнях можуть генеруватись петабайти даних на рік, що потребують опрацювання [9]. Ця задача вже не під силу ґрід-технологіям, що активно використовувались протягом останніх років, не говорячи вже про суперкомп'ютери [4, с. 21]. Окремої уваги заслуговують перспективи використання хмарних сховищ. Так, протягом першого запуску Великого адронного колайдера, метою якого був пошук бозона Хіггса, файлове сховище CERN, розраховане на 100 петабайт, було вичерпане. Бозон Хіггса став останньою відкритою частинкою Стандартної моделі, яка описує лише 4 % відомого Всесвіту. Також автори [4] зазначають, що використання хмарних сховищ може забезпечити також більшу надійність і ширші можливості для відновлення даних у випадку помилок чи виходу обладнання з ладу за рахунок реплікації даних.

Оскільки віртуалізація стає все більш життєздатним й ефективним рішенням для створення обчислювальних вузлів, концепція хмарних технологій уже стала найбільш ефективною й економічно вигідною для наукових обчислень. Серед переваг хмарних технологій над ґрід-технологіями спеціалісти CERN називають, зокрема, ефективнішу віртуалізацію й автоматизацію завдяки швидкому зростанню кількості стандартних засобів і сервісів, що підтримуються як на комерційних, так і на некомерційних засадах. Це, у свою чергу, дозволяє обчислювальним сайтам надавати все більшу кількість ресурсів швидше і надійніше. Хмарні технології зміщують акценти з «чистого» надання ресурсів (IaaS) на надання послуг, дозволяючи комбінувати різні елементи у високорівневі платформи (PaaS) чи програми (SaaS) з урахуванням специфічних потреб користувачів [4, с. 29]. Розподілена хмара здатна забезпечити баланс між конфіденційність даних і рентабельністю [4, с. 31].

М. О. Кутовський розглядає методи побудови систем хмарних обчислень для задач фізики високих енергій. Дослідник зазначає, що синтез хмарних і ґрід-технологій надає можливість скоротити час виконання програм і підвищити ефективність використання ресурсів [24]. Також М. О. Кутовський зазначає, що у разі застосування хмарних технологій виділяються такі основні завдання:

1) навчання різних категорій фахівців (користувачів, системних адміністраторів, розробників);

2) проведення різних дослідницьких робіт, включно з пошуком найбільш придатних технологій, їх комбінацій і (або) типу ресурсів для розв'язування конкретного завдання;

3) розвиток, що включає розроблення нового функціоналу і сервісів, а також адаптацію вже існуючого програмного забезпечення або створення нового для роботи в цьому або іншому середовищі;

4) використання, що передбачає створення й експлуатацію інфраструктури.

У [24] пропонується використання розробленого комплексу як для розв'язування задач наукових фізичних досліджень, так і для навчання студентів. М. О. Кутовський описує досвід розробки хмаро орієнтованої ґрід-системи лабораторії інформаційних технологій Об'єднаного інституту ядерних досліджень. Ця система складається з набору популярних фізичних пакетів (здебільшого – засобів моделювання), які були адаптовані для виконання із застосуванням ґрід-технологій і доступом із використанням хмарних технологій.

На думку Д. Сігле (Del Siegle), використання хмарних технологій надає учням і вчителям основні переваги комп'ютерних (інформаційних) послуг, зокрема, – можливість використовувати програми без встановлення їх на свої комп'ютери, а також забезпечує доступ до збережених файлів з будь-якого комп'ютера, підключеного до мережі Інтернет. Хмарні технології забезпечують більш ефективні обчислення за рахунок централізованого зберігання, опрацювання та високої пропускної здатності, одночасну роботу над проектом великої кількості користувачів незалежно від їх місцезнаходження: «економічно доведено, що хмарні обчислення економлять час і гроші. Як недорогий та освітньо корисний ресурс, ці технології будуть корисні як для школярів, так і для студентів, оскільки надають можливість пізнання різних комп'ютерних досягнень і здобуття навичок роботи у спільному навчальному середовищі. Так роботу, розпочату над проектом у навчальному закладі, можна продовжити вдома, якщо здійснити передавання файлів, завантаживши спільне програмне забезпечення» [14, с. 42].

Г. А. Алексанян вказує, що застосування хмарних технологій дозволяє більш ефективно організувати самостійну діяльність за рахунок мобільності, доступності й зручності використання на будь-якому пристрої з доступом до Інтернет [19, с. 5]. Упровадження хмарних технологій у навчальний процес вищої і середньої школи, на думку автора, забезпечує:

– ефективне використання навчальних площ (відпадає необхідність виділення окремих і спеціально обладнаних приміщень під традиційні комп'ютерні аудиторії);

– можливість швидкого створення, адаптування і тиражування електронних освітніх ресурсів;

– кардинальне скорочення витрат, необхідних на створення і підтримку комп'ютерних аудиторій;

– можливість для студентів здійснювати зворотний зв'язок із викладачем шляхом оцінки й коментування пропонованих їм освітніх сервісів;

– мобільність студентів через можливість навчатися в будь-який час і в будь-якому місці, де є доступ до Інтернету;

– гарантію ліцензійності програмного забезпечення, використовуваного у процесі навчання, і скорочення витрат шляхом створення функціонально еквівалентних освітніх сервісів на базі програмного забезпечення з відкритим кодом;

– мінімізацію кількості необхідних ліцензій за рахунок їх централізованого використання;

– можливість централізованого адміністрування програмних та інформаційних ресурсів, що використовуються у навчальному процесі [19, с. 45–46].

К. В. Болгова, розглядаючи використання хмарних обчислень для розробки віртуальних лабораторій, що використовують методи чисельного моделювання для відтворення досліджуваних процесів і явищ за неможливості доступу до реального експериментального устаткування, пропонує такі моделі автоматизації освітніх процесів:

– IaaS: характеризується віртуалізацією обчислювальної інфраструктури ВНЗ з подальшим її наданням різним підрозділам для розв'язання власних завдань (у тому числі установки спеціалізованих програм для розгортання електронних освітніх ресурсів з доступом через Інтернет);

– PaaS: орієнтована на надання віртуальних ресурсів з уже встановленими обчислювальними пакетами, що забезпечують моделювання і доступ до даних;

– SaaS: традиційна модель надання доступу до програмного забезпечення як до веб-додатку, що забезпечує можливість використання електронних освітніх ресурсів;

– Data as a Service: допоміжна модель, орієнтована на використання хмарних сховищ для колективного доступу до масивів даних, що застосовуються в роботі з електронними освітніми ресурсами;

– HaaS (Hardware as a Service): специфічна модель для організації віртуальних лабораторій на основі не тільки комп'ютерного моделювання, а й віддаленого доступу до реальних інформаційно-вимірювальних систем або інших технічних засобів [23, с. 6–7].

К. В. Болгова зазначає, що у світлі розвитку мультидисциплінарних напрямів наукових досліджень і відповідних освітніх програм заслуговує на увагу модель організації хмарних обчислень, за якої існуючі програмні пакети зв'язуються у складний програмний комплекс, що виконується на розподілених ресурсах хмарного середовища. За такої моделі можливе використання засобів ІКТ, що не були розроблені як хмарні, у хмарному середовищі.

Технологічною основою надання хмарного доступу до розглянутих у [26**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень, частина з яких не має доступних хмарних реалізацій, є віртуалізація.

А. Фішман (Alex Fishman), М. Рапопорт (Mike Rapoport), Є. Буділовський (Evgeny Budilovsky) та І. Ейдус (Izik Eidus) зазначають, що існує два основних підходи до віртуалізації: паравіртуалізація, за якої ядро операційної системи безпосередньо взаємодіє з гіпервізором віртуальної машини, і повна віртуалізація, яка не вимагає внесення змін до ядра операційної системи. Гіпервізори повної віртуалізації надають користувачеві повністю віртуальну систему з можливістю використання у віртуалізованому середовищі як системного, так і прикладного ПЗ без жодних модифікацій [5, с. 1].

Можна виділити такі рівні віртуалізації [34]:

1 – віртуалізація пам'яті, за допомогою якої програмному забезпеченню надається доступ до єдиного адресного простору, що об'єднує швидкісні й повільні типи пам'яті (традиційно – оперативної і дискової);

2 – віртуалізація процесору, за допомогою якої програмному забезпеченню надається доступ до асоційованої з ним копії процесорних регістрів, лічильника команд тощо (традиційно використовується у системах розподілу комп'ютерного часу);

3 – віртуалізація пристроїв уведення/виведення, за допомогою якої програмному забезпеченню надається доступ до реального або емульованого обладнання;

4 – віртуалізація комп'ютера в цілому, що надає можливість у межах одної комп'ютерної системи реалізовувати різні програмно-апаратні конфігурації.

До переваг використання віртуальних машин у хмарному середовищі Е. Танебаум (Andrew S. Tanenbaum) та Х. Бос (Herbert Bos) відносять можливість прозорого для користувача хмарних послуг виконання програмного забезпечення під управлінням різних операційних систем. Це створює умови для уніфікованого використання різнорідних засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень за однією моделлю надання хмарних послуг.

Це визначає доцільність віртуалізації описаних у [26] засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень з метою надання до них уніфікованого доступу засобами хмарних технологій.

Згідно відповідного положення, *електронні освітні ресурси* – це «навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали і засоби, розроблені в електронній формі і представлені на носіях будь-якого типу або розміщені в комп'ютерних мережах, які відтворюються за допомогою електронних цифрових технічних засобів і необхідні для ефективної організації навчально-виховного процесу, у частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами» [33].

Відповідно під *хмаро орієнтованими електронними освітніми ресурсами* розумітимемо вид електронних освітніх ресурсів, що використовуються за хмарною моделлю доступу, а саме – навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали та засоби, які розроблені в електронній формі, використовуються за хмарною моделлю доступу, відтворюються за допомогою відповідних електронних цифрових технічних засобів і необхідні для ефективної організації навчально-виховного процесу, у частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами. Тоді до складу хмаро орієнтованого електронного освітнього ресурсу входять як відповідні засоби ІКТ (програмна складова), так й дані навчального призначення (інформаційна складова).

На основі використання Інтернету (зокрема, хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів) «здійснюється предметно-технологічна організація інформаційного освітнього простору, упорядковуються процеси накопичення і зберігання різних предметних колекцій ЕОР, забезпечується рівний доступ до них тих, хто навчається, суттєво покращується ІКТ-підтримка процесів навчання, проведення наукових досліджень» [20, с. 7]. Одним із способів організації предметних колекцій ЕОР є архіви метаданих навчальних об'єктів.

IEEE визначає навчальний об'єкт (learning object) як «будь-яку сутність, цифрову або не цифрову, що може бути використана для навчання, освіти або професійної підготовки» [8, с. 6]. IEEE пропонує опис навчального об'єкта за такими категоріями: 1) загальні відомості про навчальний об'єкт; 2) дані про авторів об'єкта, історію його модифікації і поточний стан; 3) дані про структуру метаданих об'єкта; 4) технічні вимоги до використання об'єкта; 5) дидактичні можливості використання об'єкта; 6) права інтелектуальної власності й умови використання об'єкта; 7) зв'язки даного об'єкта з іншими навчальними об'єктами; 8) зауваження щодо методики використання об'єкта; 9) місце об'єкта в певній класифікації.

Комітет стандартів навчальних технологій (LTSC) IEEE визначає такі цілі стандартизації метаданих навчальних об'єктів:

– надати можливість суб'єктам навчання шукати, оцінювати та використовувати навчальні об'єкти;

– надати можливість ділитися й обмінюватися навчальними об'єктами, використовуючи будь-які технології, підтримувані навчальними системами;

– надати можливість розробки навчальних об'єктів, що підлягають осмисленій комбінації і декомпозиції;

– надати програмам-агентам можливість автоматичного й динамічного складання

персоналізованих уроків;

– надати підтримку роботи за стандартами, що концентруються на включенні багатьох навчальних об'єктів до відкритого розподіленого навчального середовища для співпраці;

– надати, за вимогою, документацію і відомості про стан існуючих або нових навчальних і виконавчих цілей, пов'язаних з навчальними об'єктами;

– суттєва і зростаюча економія для навчальних об'єктів, що підтримуються і поширюються на комерційних і некомерційних засадах;

– надати можливість різним навчальним установам (державним, приватним, комунальним) подавати навчальні дані і стандарти їх використання в стандартизованій формі, незалежній від даних;

– забезпечити необхідну безпеку під час поширення і використання навчальних об'єктів [15].

Л. М. Кемпбелл (Lorna M. Campbell) зазначає, що стандарт SCORM найповніше реалізує прикладний профіль стандарту IEEE метаданих навчальних об'єктів [3, с. 18].

Наприкінці XX століття швидке зростання кількості наукових електронних архівів, деякі з яких стали основними середовищами обміну результатами досліджень у своїх галузях, призвело до необхідності їх уніфікації і часткової автоматизації для більш ефективної роботи з ними. Саме питанням співпраці між науковими електронними архівами й була присвячена конференція, організована П. Гінспаргом (Paul Ginsparg), Р. Люцом (Rick Luce) та Г. Ван де Сомпелем (Herbert Van de Sompel), у Санта-Фе в 1999 році. Центральною темою конференції було створення рекомендацій і механізмів спрощення обміну даними між архівами [18]. Результатом роботи конференції стало створення організації «Open Archives Initiative» і прийняття Конвенції Санта-Фе, у якій наведено прості технічні й організаційні основи підтримки базової мобільності електронних архівів [17]. У січні 2001 року на базі Конвенції Санта-Фе спеціалістами Open Archives Initiative було розроблено протокол збирання метаданих (Protocol for Metadata Harvesting – PMH) [16], перша версія якого вийшла в січні 2001-го року. Протокол збирання метаданих Open Archives Initiative (OAI-PMH) надає програмно незалежне середовище взаємодії на основі збирання метаданих, яке передбачає два типи учасників: постачальники даних, що підтримують OAI-PMH як засіб подання метаданих, і постачальники послуг, що використовують зібрані за допомогою OAI-PMH метадані для надання додаткових послуг [16].

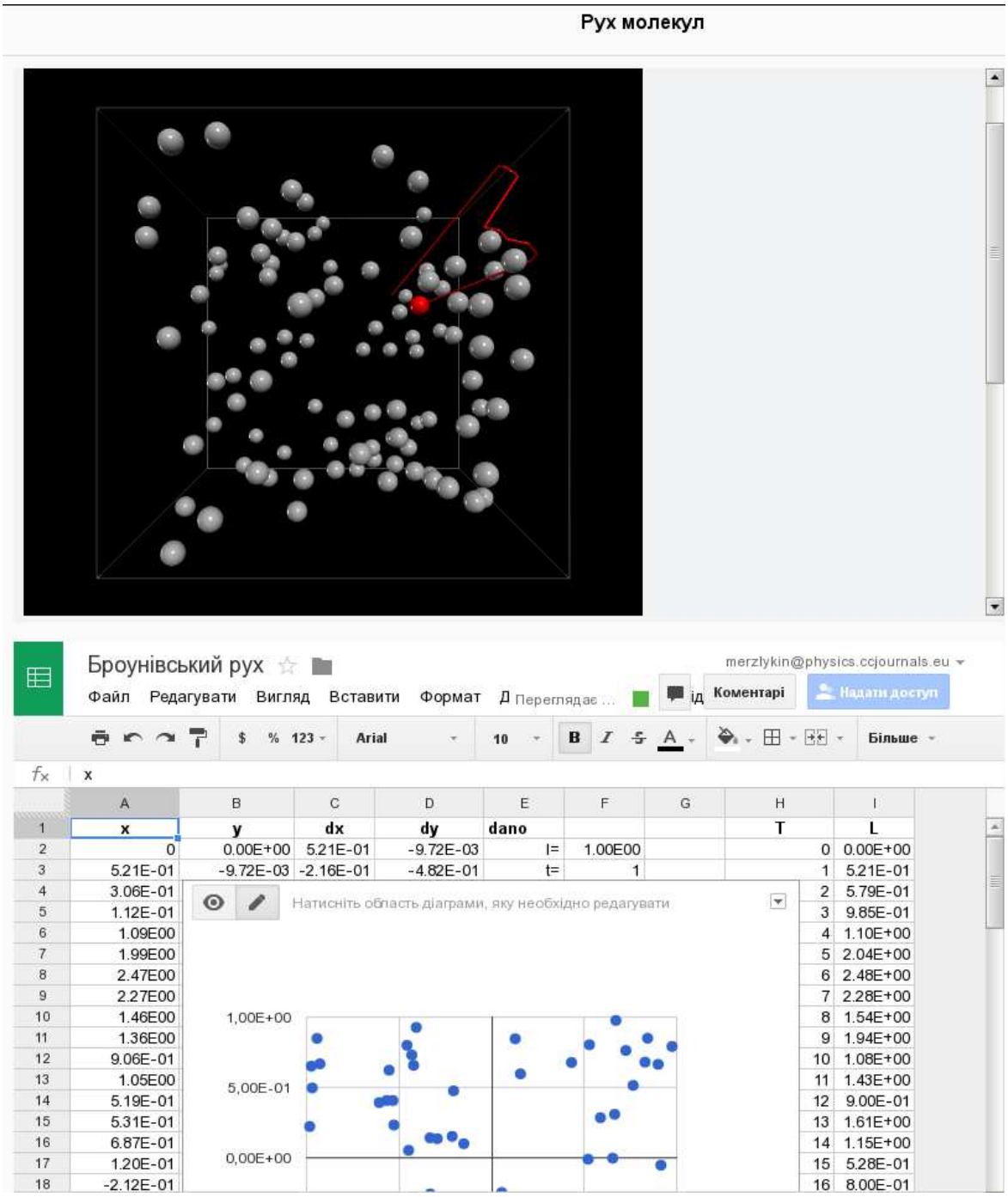
Нами було створено електронний ресурс Learning Objects Repository [10] – архів метаданих навчальних об'єктів, доступ до яких надається за протоколом OAI-PMH і які можуть знадобитися в реалізації навчальних фізичних досліджень за допомогою відповідних хмарних ІКТ. До навчальних об'єктів, метадані яких можуть бути агреговані у Learning Objects Repository, відносяться тексти, зображення, відео, аудіо та інші. Також до них можуть відноситись агреговані об'єкти (Web-сторінки, навчальні курси тощо).

Інший спосіб організації предметних колекцій ЕОР передбачає агрегацію засобів ІКТ навчального призначення, що надаються як послуга. Одним із стандартів, що описують таку можливість, є стандарт мобільності навчальних засобів LTI (Learning Tools Interoperability) [11], застосування якого надає можливість вбудовування таких засобів у навчальні портали, зокрема, системи дистанційного навчання (Moodle, Canvas, Sakai, тощо). Прикладами колекцій відкритих засобів ІКТ навчального призначення, що надаються як послуга за стандартом LTI, є www.edu-apps.org, www.eduappcenter.com, developers.imsglobal.org/catalog.html.

Також велику колекцію хмарних засобів, що можуть бути використані в навчальних дослідженнях з фізики, надає Google Apps for Education. Google App Engine

значно розширює можливості цієї колекції, надаючи можливість реалізовувати програми мовами Python, PHP, Java або Go і надавати доступ до них із серверів Google за моделлю SaaS [6].

Отже, реалізація стандарту LTI у створених в Google App Engine програм надає можливість побудови спеціалізованих хмарних засобів ІКТ, які можуть бути інтегровані до навчальних порталів. На рис. 1 наведено приклад інтеграції у систему Moodle «традиційних» таблиць Google, що входять до Google Apps for Education, і «нетрадиційної» демонстрації, написаної з використанням GlowScript і перенесеної на платформу Google App Engine.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	x	y	dx	dy	dano			T	L
2	0	0.00E+00	5.21E-01	-9.72E-03	I=	1.00E00		0	0.00E+00
3	5.21E-01	-9.72E-03	-2.16E-01	-4.82E-01	t=	1		1	5.21E-01
4	3.06E-01							2	5.79E-01
5	1.12E-01							3	9.85E-01
6	1.09E00							4	1.10E+00
7	1.99E00							5	2.04E+00
8	2.47E00							6	2.48E+00
9	2.27E00							7	2.28E+00
10	1.46E00							8	1.54E+00
11	1.36E00							9	1.94E+00
12	9.06E-01							10	1.08E+00
13	1.05E00							11	1.43E+00
14	5.19E-01							12	9.00E-01
15	5.31E-01							13	1.61E+00
16	6.87E-01							14	1.15E+00
17	1.20E-01							15	5.28E-01
18	-2.12E-01							16	8.00E-01

Рис. 1. Використання засобів Google Apps for Education і створеної у Google App Engine програми у системі Moodle

Для створення навчальних програм з доступом за моделлю SaaS, що підтримують стандарт LTI, може бути застосований Google Course Builder [13]. Основне призначення даного засобу – автоматизація створення і розміщення на платформі Google App Engine навчальних програм у вигляді навчальних курсів з можливостями використання навчальних матеріалів різного типу, оцінювання навчальних досягнень, зворотного зв'язку, комунікації між суб'єктами навчання, адміністрування курсу тощо.

Приклад використання хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів у системі підтримки навчання Moodle наведено на рис. 2.

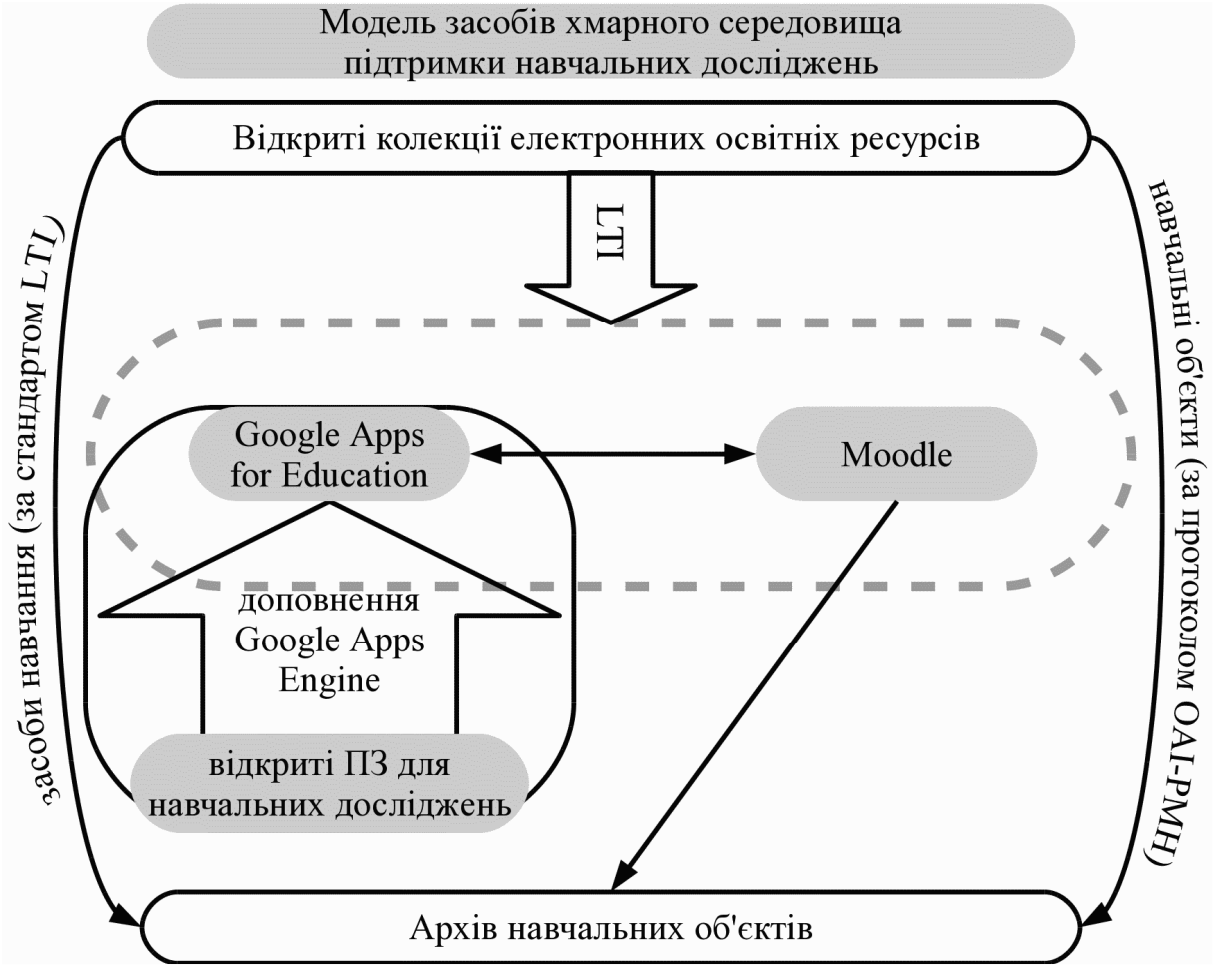


Рис. 2. Використання хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів у системі підтримки навчання Moodle

Інтеграція хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів і системи підтримки навчання Moodle реалізована за допомогою спільної для Google і Moodle аутентифікації і плагіну boaidp для Moodle, що надає можливість експорту метаданих створених у Moodle курсів як навчальних об'єктів за протоколом OAI-PMH. У такий спосіб метадані створених у Moodle навчальних об'єктів можуть бути розмішені в архіві навчальних об'єктів lor.ccjournals.eu. Заміна на рис. 2 системи підтримки навчання Moodle на іншу систему (WebCT, Blackboard, Canvas тощо) можлива за умови підтримки нею стандартів LTI і протоколу OAI-PMH.

3. ВИСНОВКИ

1. Хмаро орієнтовані електронні освітні ресурси – це навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали і засоби, які розроблені в електронній формі, використовуються за хмарною моделлю доступу, відтворюються за допомогою відповідних електронних цифрових технічних засобів і необхідні для ефективної організації навчально-виховного процесу, у частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами.

2. Технологічною основою перетворення класичних електронних освітніх ресурсів на хмаро орієнтовані є віртуалізація запам'ятовуючих пристроїв (з наданням доступу за моделлю Data as Service), віртуалізація обладнання (з наданням доступу за моделлю Hardware as Service), віртуалізація комп'ютера в цілому (з наданням доступу за моделлю Infrastructure as Service), віртуалізація системи програмних засобів (з наданням доступу за моделлю Platform as Service), віртуалізація «робочого столу» користувача (з наданням доступу за моделлю Desktop as Service), віртуалізація інтерфейсу користувача конкретного програмного забезпечення (з наданням доступу за моделлю Software as Service).

3. До складу хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів входять програмна (віртуалізовані засоби ІКТ) й інформаційна складова (дані навчального призначення). Конструювання системи хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів доцільно виконувати з урахування стандартів зберігання метаданих навчальних об'єктів (з доступом за протоколом OAI-PMH) і мобільності навчальних засобів (LTI).

4. Конструювати систему хмаро орієнтованих електронних освітніх ресурсів підтримки навчальних фізичних досліджень доцільно з використанням відповідних хмарних платформ (зокрема, Google App Engine) на базі LTI-сумісних систем підтримки навчання або платформо-сумісної інфраструктури (зокрема, Google Apps for Education).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Berners-Lee T. Information Management: A Proposal [Electronic resource] / Tim Berners-Lee. – March 1989. – Access mode : http://www.w3.org/History/1989/proposal.html.
2. Cailliau R. WWW and More [Electronic resource] / Robert Cailliau // From Physics to Daily Life: Applications in Informatics, Energy, and Environment / Editor : B. Bressan. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2014. – Access mode : https://books.google.com.ua/books?id=1PVjBAAAQBAJ.
3. Campbell L. M. Learning Object Metadata (LOM) [Electronic resource] / Lorna Campbell // DCC | Digital Curation Manual / Editors : Seamus Ross, Michael Day. — August 2007. – 38 p. – Access mode : http://www.dcc.ac.uk/sites/default/files/documents/resource/curation-manual/chapters/learning-object-metadata/learning-object-metadata.pdf.
4. CERN openlab Whitepaper on Future IT Challenges in Scientific Research [Electronic resource] / CERN openlab. – May 2014. – p. – Access mode : http://openlab.web.cern.ch/sites/openlab.web.cern.ch/files/technical_documents/CERNopenlabWhitepaperonFutureICTChallengesinScientificResearchV1.3.pdf.
5. Fishman A. HVX: Virtualizing the Cloud [Electronic resource] / Alex Fishman, Mike Rapoport, Evgeny Budilovsky, Izik Eidus // HotCloud '13 : the 5th USENIX Workshop on Hot Topics in Cloud Computing. – San Jose, June 25–26, 2013. – 6 p. – Access mode : http://0b4af6cdc2f0c5998459-c0245c5c937c5dedcca3f1764ecc9b2f.r43.cf2.rackcdn.com/11552-hotcloud13-fishman.pdf.
6. Google App Engine: Platform as a Service [Electronic resource] / Google // Google Cloud Platform. – May 12, 2015. — Access mode : https://cloud.google.com/appengine/docs.
7. Greenberger M. The Computers of Tomorrow [Electronic resource] / Martin Greenberger // The Atlantic Monthly. – 1964. – Vol. 213. – No 5, May. – P. 63–67. – Access mode : http://www.theatlantic.com/past/docs/unbound/flashbks/computer/greenbf.htm.

8. IEEE 1484.12.1-2002 – Draft Standard for Learning Object Metadata [Electronic resource] / Institute of Electrical and Electronics Engineers. – New York, 15 July 2002. – 44 p. – Access mode : http://129.115.100.158/txlor/docs/IEEE_LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf.
9. Jones B. Grid and Cloud [Electronic resource] / Bob Jones // Report on Colloquium «From Physics to Daily Life» / Chaired by Beatrice Bressan. – CERN, Zurich, 26 September 2014. – 25 p. – Access mode : http://openlab.web.cern.ch/sites/openlab.web.cern.ch/files/presentations/Grid_and_Cloud.pdf.
10. Learning Objects Repository [Електронний ресурс]. – [16 березня 2014]. – Режим доступу : http://lor.ccjournals.eu.
11. Learning Tools Interoperability [Електронний ресурс]. – [16 березня 2014]. – Режим доступу : http://www.imsglobal.org/toolsinteroperability2.cfm..
12. Mell P. The NIST Definition of Cloud Computing : Recommendation of the National Institute of Standards and Technology [Electronic resource] / Peter Mell, Timothy Grance. – Gaitherburg : National Institute of Standards and Technology, September 2011. – III, 3 p. – (Special Publication 800-415). – Access mode : http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf.
13. Open Source Technologies [Electronic resource] / Google | Open Online Education. – Access mode : https://www.google.com/edu/openonline/tech/index.html.
14. Siegle D. Cloud Computing: A Free Technology option to Promote Collaborative learning / Del Siegle // Gifted Child Today. – 2010– Fall. – Vol. 33, No 4. – P. 41-45.
15. The Learning Object Metadata standard [Electronic resource] / Learning Object Metadata, WG12 // IEEE Learning Technology Standards Committee. – 2005-05-01. – Access mode :https://web.archive.org/web/20060702121013/http://ieeeltsc.org/wg12LOM/lomDescription.
16. The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting [Electronic resource] / Edited by : Carl Lagoze, Herbert Van de Sompel, Michael Nelson, Simeon Warner. – 2015-01-08. – Access mode : http://www.openarchives.org/OAI/2.0/openarchivesprotocol.htm.
17. The Santa Fe Convention for the Open Archives Initiative [Electronic resource] / [Open Archives Initiative]. – February 15th 2000. – Access mode : http://www.openarchives.org/sfc/sfc_entry.htm
18. Van de Sompel H. The Santa Fe Convention of the Open Archives Initiative [Electronic resource] / Herbert Van de Sompel, Carl Lagoze // D-Lib Magazine. – February 2000. – Volume 6, Number 2. – Access mode : http://www.dlib.org/dlib/february00/vandesompel-oai/02vandesompel-oai.html.
19. Алексанян Г. А. Формирование самостоятельной деятельности студентов СПО в обучении математике с использованием облачных технологий : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (математика)» / Алексанян Георгий Ашотович ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Армавирская государственная педагогическая академия». – Армавир, 2014. – 150 с.
20. Биков В. Ю. ІКТ-аутсорсінг і нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ [Електронний ресурс] / Биков Валерій Юхимович // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – № 4 (30). – 29 с. – Режим доступу : http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/717/529.
21. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія / В. Ю. Биков. – К. : Атіка, 2009. – 684 с.
22. Биков В. Ю. Інноваційні інструменти та перспективні напрями інформатизації освіти / В. Ю. Биков // Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи : збірник матеріалів ІІІ міжнародної науково-практичної конференції (12-14 листопада 2012 р.). Вип. 3. Ч. 1 / Редкол. : М. М. Козяр, І. А. Зязюн, Н. Г. Ничкало. – Київ ; Львів : Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2012. – С. 14–26.
23. Болгова Е. В. Автоматизация процесса разработки виртуальных лабораторий на основе облачных вычислений : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (образование) / Болгова Екатерина Владимировна ; [Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики]. – Санкт-Петербург, 2012. – 18 с.
24. Кутовский Н. А. Развитие методов построения грид-сред и систем облачных вычислений для задач физики высоких энергий : дисс. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» / Кутовский Николай Александрович ; Объединенный институт ядерных исследований. – Дубна, 2014. – 125 с.
25. Маркова О. М. Хмарні технології навчання: витоки [Електронний ресурс] / Маркова Оксана Миколаївна, Семеріков Сергій Олексійович, Стрюк Андрій Миколайович // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – Том 46. – № 2. – С. 29–44. – Режим доступу : http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1234/916.
26. Мерзликін О. В. Засоби інформаційно-комунікаційних технологій підтримки навчальних досліджень у профільному навчанні фізики [Електронний ресурс] / Мерзликін Олександр

Володимирович, Мерзликін Павло Володимирович // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – Том 48. – № 4. – С. 58–87. – Режим доступу : http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1268/944.
27. Мерзликін О. В. Засоби хмарного середовища підтримки навчальних досліджень у курсі фізики / Мерзликін О. В. // Звітна наукова конференція. Присвячена 15-річчю Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. 21 березня 2014 р. : матеріали наукової конференції / Національна академія педагогічних наук України, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання. – К. : ІІТЗН НАПН України, 2014. – С. 184–187.
28. Мерзликін О. В. Можливості використання Google Classroom для реалізації хмарного середовища підтримки навчальних досліджень з фізики [Електронний ресурс] / Мерзликін Олександр Володимирович // Збірник матеріалів ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2014» (11 грудня 2014 року, Київ) / За заг. ред. проф. Бикова В. Ю. та Спіріна О. М. – К. : ІІТЗН НАПН України, 2014. – С. 110–112. – Режим доступу : http://conf.iitlt.gov.ua/Images/Files/zb2014_compressed_1_1431603366_file.zip.
29. Мерзликін О. В. Перспективи використання хмарних технологій у шкільному навчальному фізичному експерименті / О. В. Мерзликін // Хмарні технології в освіті : матеріали Всеукраїнського науково-методичного Інтернет-семінару (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2012. – С. 134.
30. Мерзликін О. В. Перспективи застосування Інтернет-орієнтованих технологій у навчальних дослідженнях у курсі фізики профільної школи / О. В. Мерзлікін // Новітні комп'ютерні технології : матеріали Х Міжнародної науково-технічної конференції : Севастополь, 11–14 вересня 2012 р. – К. : Мінрегіон України, 2012. – С. 117–118.
31. Мерзликін О. В. Перспективи побудови хмаро орієнтованого середовища підтримки фізичного навчального експерименту у профільній школі / Мерзликін О. В. // Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України : матеріали наукової конференції. – Київ : ІІТЗН НАПН України, 2013. – С. 18–20.
32. Нечипуренко П. П. Засоби Moodle для підтримки навчально-дослідницької діяльності у профільному навчанні фізики та хімії / Нечипуренко П. П., Мерзликін О. В. // Третя міжнародна науково-практична конференція «MoodleMoot Ukraine 2015. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle» (Київ, КНУБА, 21–22 травня 2015 р.) : тези доповідей / Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури, Національна академія педагогічних наук України, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання. – К., 2015. – С. 56.
33. Про затвердження Положення про електронні освітні ресурси [Електронний ресурс] : Наказ № 1060, Положення / МОНмолодьспорт України. – [К.], 01.10.2012. – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12
34. Таненбаум Э. Современные операционные системы / Э. Таненбаум, Х. Бос. – 4-е издание. – СПб. : Питер, 2015. – 1120 с. – (Классика Computer Science).
35. Хаманн Д. Р. Компьютеры в физике: общий обзор [Электронный ресурс] / Д. Р. Хаманн // Успехи физических наук. – М. : Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, июнь 1984. – Т. 143, вып. 2. – С. 239–256. – Режим доступа : http://ufn.ru/ru/articles/1984/6/c.

Матеріал надійшов до редакції 01.09.2015 р.

ОБЛАЧНО ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ПОДДЕРЖКИ УЧЕБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мерзликин Александр Владимирович
аспирант
Институт информационных технологий и средств обучения НАПН Украины, г. Киев, Украина
avm@ccjournals.eu

Аннотация. В статье введено и определено понятие облачно ориентированного электронного образовательного ресурса, охарактеризованы его программная и информационная составляющие. Рассмотрена технологическая основа трансформации традиционных электронных образовательных ресурсов в облачно ориентированные – виртуализация: запоминающих устройств (Data as Service), оборудования (Hardware as Service), компьютера в целом (Infrastructure as Service), системы программных средств

(Platform as Service), «рабочего стола» (Desktop as Service) и интерфейса пользователя конкретного программного обеспечения (Software as Service). Показаны возможности конструирования системы облачно ориентированных электронных образовательных ресурсов для поддержки учебных физических исследований с учетом стандартов хранения метаданных учебных объектов (с доступом по протоколу OAI-PMH) и мобильности учебных средств (LTI). Приведен пример интеграции облачно ориентированных электронных образовательных ресурсов в систему поддержки обучения Moodle с использованием OAI-PMH и LTI.

Ключевые слова: виртуализация; электронные образовательные ресурсы; средства ИКТ поддержки учебных физических исследований; метаданные учебных объектов; мобильность учебных средств; облачные технологии; облачно ориентированные электронные образовательные ресурсы.

CLOUD-ORIENTED DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES FOR PHYSICS LEARNING RESEARCHES SUPPORT

Oleksandr V. Merzlykin
postgraduate student
Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine
avm@ccjournals.eu

Abstract. The definition of cloud-oriented digital educational resource is given in the paper. Its program and information components are characterized. The virtualization as the technological ground of transforming from traditional digital educational resources to cloud cloud-oriented ones is reviewed. Such levels of virtualization are described: data storage device virtualization (Data as Service), hardware virtualization (Hardware as Service), computer virtualization (Infrastructure as Service), software system virtualization (Platform as Service), «desktop» virtualization (Desktop as Service), software user interface virtualization (Software as Service). Possibilities of designing the cloud-oriented digital educational resources system for physics learning researches support taking into account standards of learning objects metadata (accessing via OAI-PMH protocol) and standards of learning tools interoperability (LTI) are shown. The example of integration cloud-oriented digital educational resources into Moodle learning management system with use of OAI-PMH and LTI is given.

Keywords: virtualization; digital educational resources; ICT tools for physics learning researches support; learning objects metadata; learning tools interoperability; cloud technologies; cloud-oriented digital educational resources.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Berners-Lee T. Information Management: A Proposal [online] / Tim Berners-Lee. – March 1989. – Available from: http://www.w3.org/History/1989/proposal.html. (in English).
2. Cailliau R. WWW and More [online] / Robert Cailliau // From Physics to Daily Life: Applications in Informatics, Energy, and Environment / Editor : B. Bressan. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2014. – Available from: https://books.google.com.ua/books?id=1PVjBAAAQBAJ. (in English).
3. Campbell L. M. Learning Object Metadata (LOM) [online] / Lorna Campbell // DCC | Digital Curation Manual / Editors : Seamus Ross, Michael Day. – August 2007. – 38 p. – Available from : http://www.dcc.ac.uk/sites/default/files/documents/resource/curation-manual/chapters/learning-object-metadata/learning-object-metadata.pdf (in English).
4. CERN openlab Whitepaper on Future IT Challenges in Scientific Research [online] / CERN openlab. – May 2014. – p. – Available from : http://openlab.web.cern.ch/sites/openlab.web.cern.ch/files/technical_documents/CERNopenlabWhitepaperonFutureICTChallengesinScientificResearchV1.3.pdf (in English).
5. Fishman A. HVX: Virtualizing the Cloud [online] / Alex Fishman, Mike Rapoport, Evgeny Budilovsky, Izik Eidus // HotCloud '13 : the 5th USENIX Workshop on Hot Topics in Cloud Computing. – San Jose,

June 25–26, 2013. – 6 p. – Available from : http://0b4af6cdc2f0c5998459-c0245c5c937c5dedcca3f1764ecc9b2f.r43.cf2.rackcdn.com/11552-hotcloud13-fishman.pdf. (in English).
6. Google App Engine: Platform as a Service [online] / Google // Google Cloud Platform. – May 12, 2015. – Available from : https://cloud.google.com/appengine/docs (in English).
7. Greenberger M. The Computers of Tomorrow [online] / Martin Greenberger // The Atlantic Monthly. – 1964. – Vol. 213. – No 5, May. – P. 63-67. – Available from: http://www.theatlantic.com/past/docs/unbound/flashbks/computer/greenbf.htm (in English).
8. IEEE 1484.12.1-2002 – Draft Standard for Learning Object Metadata [online] / Institute of Electrical and Electronics Engineers. – New York, 15 July 2002. – 44 p. – Available from: http://129.115.100.158/txlor/docs/IEEE_LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf (in English).
9. Jones B. Grid and Cloud [online] / Bob Jones // Report on Colloquium «From Physics to Daily Life» / Chaired by Beatrice Bressan. – CERN, Zurich, 26 September 2014. – 25 p. – Available from: http://openlab.web.cern.ch/sites/openlab.web.cern.ch/files/presentations/Grid_and_Cloud.pdf.(in English).
10. Learning Objects Repository [online]. – [March 16, 2014]. – Available from: http://lor.ccjournals.eu. (in English).
11. Learning Tools Interoperability [online]. – [March 16, 2014]. – Available from : http://www.imsglobal.org/toolsinteroperability2.cfm (in English).
12. Mell P. The NIST Definition of Cloud Computing : Recommendation of the National Institute of Standards and Technology [online] / Peter Mell, Timothy Grance. – Gaitherburg : National Institute of Standards and Technology, September 2011. – III, 3 p. – (Special Publication 800-415). – Available from: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf (in English).
13. Open Source Technologies [online] / Google | Open Online Education. – Available from : https://www.google.com/edu/openonline/tech/index.html (in English).
14. Siegle D. Cloud Computing: A Free Technology option to Promote Collaborative learning / Del Siegle // Gifted Child Today. – 2010. – Fall. – Vol. 33, No 4. – P. 41–45 (in English).
15. The Learning Object Metadata standard [online] / Learning Object Metadata, WG12 // IEEE Learning Technology Standards Committee. – 2005-05-01. – Available from : https://web.archive.org/web/20060702121013/http://ieeeltsc.org/wg12LOM/lomDescription. (in English).
16. The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting [online] / Edited by : Carl Lagoze, Herbert Van de Sompel, Michael Nelson, Simeon Warner. – 2015-01-08. – Available from : http://www.openarchives.org/OAI/2.0/openarchivesprotocol.htm (in English).
17. The Santa Fe Convention for the Open Archives Initiative [online] / [Open Archives Initiative]. – February 15th 2000. – Access mode : http://www.openarchives.org/sfc/sfc_entry.htm (in English).
18. Van de Sompel H. The Santa Fe Convention of the Open Archives Initiative [online] / Herbert Van de Sompel, Carl Lagoze // D-Lib Magazine. – February 2000. – Volume 6, Number 2. – Available from: http://www.dlib.org/dlib/february00/vandesompel-oai/02vandesompel-oai.html (in English).
19. Aleksanian G. A. Forming of individual activity of secondary vocational education level students in learning mathematics using cloud technologies : the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 – theory and methods of training and education (mathematics) / Aleksanian Georgiy Ashotovich ; Federalnoye gosudarstvennoye budzhetnoye obrazovatelnoye uchrezhdeniye vyshego professionalnogo obrazovaniya «Armavirskaya gosudarstvennaya pedagogicheskaya akademiya». – Armavir, 2014. – 150 p. (in Russian)
20. Bykov V. Yu. ICT-outsourcing and new functions of educational and research institutions ICT-subdivisions [online] / Bykov Valerii Yukhymovych // Information technologies and learning tools. – 2012. – № 4 (30). – 29 p. – Available from : http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/717/529 (in Ukrainian)
21. Bykov V. Yu. Models of the open education organizational systems : [monograph] / V. Yu. Bykov. – K. : Atika, 2009. – 684 p. : ill. (in Ukrainian)
22. Bykov V. Yu. Innovational instruments and perspective ways for education informatization / V. Yu. Bykov // Information and communication technologies in modern education: experience, problems, perspectives : collection of materials of the Third international scientific and practical conference (November 12–14, 2012). Issue 3. Part 1 / Editors : M. M. Koziar, I. A. Ziazun, N. G. Nychkalo. – Kyiv ; Lviv : Lviv State University of Life Safety, 2012. – P. 14–26 (in Ukrainian)
23. Bolgova Ye. V. Automation of the virtual laboratories development process basing on cloud computing : the abstract of the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in technical sciences : 05.13.06 – automation and management of technic processes and productions (education) / Bolgova Yekaterina Vladimirovna ; [Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics]. – Saint Petersburg, 2012. – 18 p. (in Russian)

24. Kutovskiy N. A. Development of grid-environments and cloud computing systems designing methods for high energy physics problems : the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in physical and mathematical sciences : 05.13.11 – mathematic and software tools for computers, computation complexes and networks / Kutovskiy Nikolay Alexandrovich ; Joint Institute for Nuclear Research. – Dubna, 2014. – 125 p. (in Russian)
25. Markova O. M. The cloud technologies of learning: origin [online] / Oksana M. Markova, Sergey A. Semerikov, Andrii M. Striuk // Information technologies and learning tools. – 2015. – Volume 46. – No. 2. – P. 29–44. – Available from : http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1234/916 (in Ukrainian)
26. Merzlykin A. V. The tools of information and communication technologies for learning researches support in profile physics learning [online] / Alexandr V. Merzlykin, Pavlo V. Merzlykin // Information technologies and learning tools. – 2015. – Volume 48. – No 4. – P. 58-87. – Available from : http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1268/944 (in Ukrainian)
27. Merzlykin O. V. Cloud environment tools for learning researches in physics course support / Merzlykin O. V. // Accounting scientific conference of Institute of Information Technology and Learning Tools of NAPS of Ukraine. March 21, 2014 : materials of scientific conference / The National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, Institute of Information Technology and Learning Tools. – K. : IITZN NAPN Ukrayiny, 2014. – P. 184–187 (in Ukrainian)
28. Merzlykin O. V. Possibilities of Google Classroom using to realize cloud environment for physics learning researches support [online] / Merzlykin Olexandr Volodymyrovich // Collection of materials of the Second Ukrainian scientific and practical conference of the young scientists «Scientific youth – 2014» (December 11, 2014, Kyiv) / Edited by Prof. Bykov V. Yu. and Prof. Spirin O. M. – K. : IITZN NAPN Ukrayiny, 2014. – P. 110–112. (in Ukrainian)
29. Merzlykin O. V. Perspectives of using cloud technologies in school learning physical experiment / O. V. Merzlykin // Cloud Technologies in Education : materials of Ukrainian scientific and methodical Internet-seminar (Kryvyi Rih – Kyiv – Cherkacy – Kharkiv, December 21, 2012). – Kryvyi Rih : Vydavnychiy viddil KMI, 2012. – P. 134 (in Ukrainian)
30. Merzlykin O. V. Perspectives of using Internet-oriented technologies in learning researches in school profile physics / O. V. Merzlykin // New computer technology : materials of X International scientific and technical conference : Sebastopol, September 11-14, 2012. – K. : Minregion Ukrayiny, 2012. – P. 117–118 (in Ukrainian)
31. Merzlykin O. V. Perspectives of designing cloud-oriented environment for physical learning experiment in profile school / Merzlykin O. V. // Accounting scientific conference of Institute of Information Technology and Learning Tools of NAPS of Ukraine : materials of scientific conference. – K. : IITZN NAPN Ukrayiny, 2013. – P. 18–20 (in Ukrainian)
32. Nechypurenko P. P. Moodle tools for learning and research activity in physical and chemical profiles learning support / Nechypurenko P. P., Merzlykin O. V. // The Third International Science and Practice Conference «MoodleMoot Ukraine 2015. Theory and Practice of using Moodle Learning Management System» (Kyiv, KNUBA, May 21–22, 2015) : report abstracts / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv National University of Construction and Architecture, The National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, Institute of Information Technology and Learning Tools. – K., 2015. – P. 56 (in Ukrainian)
33. On approval of Regulation on digital educational resources [online] : Order No 1060, Regulation / Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine. – [K.], 01.10.2012. – Available from : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12 (in Ukrainian).
34. Tanenbaum A. Modern Operating Systems / A. Tanenbaum, H. Bos. – 4th edition. – Saint Petersburg : Piter, 2015. – 1120 p. – (Computer Science Classics) (in Russian).
35. Hamann D. R. Computers in Physics: an Overview [online] / D. R. Hamann // Physics-Uspekhi. – M. : Lebedev Physical Institute RAS, june 1984. – Vol. 143, Issue 2. – P. 239–256. – Available from : http://ufn.ru/ru/articles/1984/6/c (in Russian).

(cc) BY-NC-SA

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