УДК 37.018.43

Олександр Щербина
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0003-0224-1441
oscherbyna@i.ua

ЕВОЛЮЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ СТАНДАРТІВ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ ХАРІ ТА CMI5

Анотація. У статті проведено системно-структурний аналіз розвитку і використання відкритого стандарту збору, зберігання та обміну даними про навчальний досвід користувачів – xAPI як ключового інструменту побудови сучасних відкритих освітніх екосистем, здатних забезпечувати збір і накопичення даних про навчання людини впродовж життя для їх подальшого аналізу з використанням технологій великих даних і штучного інтелекту. Проведено аналітичний огляд технічної документації та сучасних публікацій щодо останніх оновлень стандарту xAPI, розробки його нових профілів, а також результати реалізації проєкту CATAPULT, спрямованого на прискорення впровадження стандарту cmi5. Розглянуті аспекти практичного використання стандарту, зокрема наведено огляд доступних програмних засобів для збору даних xAPI-відстеження відео, соціальних мереж і відеоконференцій та їх зберігання в Learning Record Store (LRS). Основну увагу приділено розв'язанню проблеми «семантичного розриву» між сирими даними в LRS та інтелектуальними модулями підтримки навчання завдяки інтеграції стандарту xAPI з новітнім протоколом Model Context Protocol (MCP), що дає змогу великим мовним моделям та ШІ-агентам інтерпретувати контекст діяльності учня в реальному часі. Описано приклад багаторівневої архітектури системи, яка містить Activity Providers (професійно орієнтоване ПЗ), семантичний міст на базі MCP-сервера та спеціалізованих ШІ-оркестраторів. У ній динамічний стан учня (DLS) розглядається як багатофакторна модель, що інтегрує показники поточної продуктивності, когнітивного навантаження та моделей поведінки. Такий підхід дає змогу трансформувати освітню аналітику з інструменту ретроспективної звітності на активний механізм педагогічного супроводу. Розкрито сутність стратегії «Just-in-Time Scaffolding», за якої автономне втручання системи (коригувальний, проактивний або метакогнітивний зворотній зв'язок) ініціюється на основі предиктивного аналізу траєкторії дій учня. У висновках систематизовано прикладні переваги впровадження xAPI для основних стейкхолдерів: від персоналізації досвіду здобувачів освіти до валідації професійної майстерності для роботодавців.

Ключові слова: xAPI; cmi5; Model Context Protocol (MCP); динамічний стан учня (DLS); процесно-орієнтований зворотний зв'язок.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Для забезпечення сумісності, ефективності, безпеки та масштабованості інформаційних технологій взагалі й зокрема електронних засобів навчання ключову роль відіграють стандарти. Так у 2013 р. ініціативна група ADL (Advanced Digital Learning – програма уряду США, що консультує Міністерство оборони та уряд США щодо нових технологій навчання, передового досвіду для підвищення ефективності та результативності навчання) на заміну своєму розробленому ще в 2001–2004 рр. стандарту SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [1], запровадила новий стандарт збору даних про навчання – Experience API (скорочено xAPI) [2]. На відміну від SCORM, що працює лише онлайн у браузері та повертає в систему управління навчанням (LMS) тільки результуючу оцінку роботи користувача з навчальним контентом, xAPI спроможний постачати значно більше різноманітних даних про взаємодію користувача з цим контентом і здатний працювати зі значно ширшою

© Олександр Щербина, 2026.

категорією апаратних та програмних засобів, зокрема різного роду симуляторами, тренажерами, засобами доповненої та віртуальної реальності, серйозними іграми, мобільними пристроями тощо. Причому всі ці дані можуть збиратися в режимі офлайн, а після того, як з'єднання з Інтернетом відновиться, синхронізуватися з їхнім сховищем – Learning Record Store (LRS).

Але стандарт xAPI – це не просто оновлення застарілого SCORM. Соціальна значущість його впровадження полягає в зміні самої парадигми того, як людство збирає, зберігає, аналізує та використовує дані про навчання. Стандарт закладає технологічну основу для збору і накопичення даних про формальне, неформальне та інформальне навчання кожної людини впродовж життя для їх подальшого аналізу з використанням технологій великих даних (Big Data) і штучного інтелекту, перетворюючи навчання на прозорий і постійно контрольований процес, що піддається прогнозуванню.

У 2016 р. вийшло певне уточнення цього стандарту у вигляді профілю (окремого випадку) специфікації xAPI, який одержав назву cmi5 (Computer Managed Instruction, 5th revision) [3]. Цей профіль забезпечує не тільки збір даних, а й запуск у LMS навчального контенту з підтримкою xAPI.

Відтоді xAPI почав активно використовуватись зокрема в корпоративних LMS (наприклад, Docebo, TalentLMS) та освітніх платформах (Moodle, Blackboard).

IT-компанії, такі як Rustici Software, випустили інструменти для роботи з xAPI-сумісним контентом, зокрема SCORM Cloud – проста хмарна LMS з власним LRS; Learning Locker – open source LRS для зберігання та аналізу даних xAPI, який став активно використовуватися в Європі, США, розвинутих азійських країнах.

Однак, як засвідчує огляд публікацій, в Україні стандарт xAPI і його профіль cmi5 досі не набули належного використання, можливо, і через те, що недостатньо висвітлені у вітчизняній науковій літературі, де можна знайти хіба що констатацію того, що такий стандарт існує і що сучасні електронні освітні ресурси мають його підтримувати [4], [5, с. 205, 206, 229].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Щоб сприяти популяризації xAPI в Україні, нами були опубліковані в цьому журналі дві статті, з яких перша [6] (2016 р.) присвячена власне стандарту xAPI, а друга [7] (2020 р.) – його профілю cmi5. У статтях наведені приклади їх практичного використання і окреслені потенційно можливі напрями впровадження.

Відтоді технології, засновані на стандартах xAPI і cmi5, продовжують інтенсивно розвиватися. Найбільш значимими подіями в їх розвитку за останні роки стали:

- розробка нових та оновлення існуючих профілів xAPI: SCORM Profile, Serious Games Profile, Video Profile, Audio Profile, Social Learning Profile та низки профілів для Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту (AI);
- реалізація в 2020 р. проєкту CATAPULT [8], що мав на меті спростити створення cmi5-контенту, зробивши стандарт доступнішим для практичного використання;
- вихід у 2023 р. нової версії стандарту xAPI 2.0, причому вже як стандарту IEEE 9274.1.1-2023 [9], виданого IEEE Standards Association – одним із світових лідерів зі стандартизації телекомунікацій, інформаційних технологій, зокрема e-learning;
- вихід у січні 2025 року Rustici Generator – API-орієнтованого програмного продукту з підтримкою ШІ для парсингу e-learning-контенту (SCORM, xAPI, cmi5, AICC, MP4, PDF), автоматичної генерації метаданих, тестів і семантичного пошуку. Rustici Generator інтегрується з Rustici Engine і Content Controller, підтримуючи xAPI і cmi5 для детальнішого відстеження навчальних даних.

Різні аспекти впровадження і практичного використання цих стандартів широко висвітлюються в численних закордонних наукових публікаціях. Так, у роботі [10] наводяться результати експерименту з корпоративного навчання, де за допомогою xAPI

відстежувалися і фіксувалися дії співробітників у межах курсу з професійного розвитку, що передбачав активності, які відбувались у різних середовищах. Відстежувалось завершення онлайн-курсів і тестів у LMS; перегляд навчальних відео на YouTube; участь у вебінарах, що проводились через Zoom; онлайн-перегляд коротких відео, виконання вправ у мобільних застосунках та використання мобільних пристроїв у режимі офлайн для сканування QR-кодів на підтвердження участі в тренінгах та для проведення опитувань. Всі ці дані були зібрані в єдиному LRS, що дало змогу системі навчальної аналітики сформувати цілісну картину набутого слухачами досвіду.

Здатність xAPI охоплювати велику кількість різноманітних джерел інформації як у формальній, так і неформальній освіті, надає можливість побудови контекстно залежних навчальних середовищ, здатних виявляти контекст учня та надавати адаптивні навчальні послуги на основі цього контексту [11]. Це використовується, зокрема, для потреб саморегульованого навчання (SRL), яке стало особливо актуальним у Європі, де Болонська декларація надає студентам можливість самостійно планувати власне навчання, отже, вимагає від них більшої автономності та відповідальності. Завдяки xAPI досягається найбільш повний, всеохоплюючий і об'єктивний моніторинг діяльностей студента в процесі SRL, що сприяє прийняттю обґрунтованих рішень і покращенню результатів навчання. У статті [12] запропоновано профіль для підтримки саморегульованого навчання – xAPI SRL і детально описується весь процес його створення.

Ряд публікацій присвячені створенню систем навчальної аналітики на основі обробки даних, які можуть надходити у LRS з різних джерел, зокрема апаратних [13] засобів перегляду відео [14], інших джерел модульної розширюваної та масштабованої інфраструктури [15], серйозних ігор [16], електронних середовищ для групового навчання [17] тощо. Йдеться не лише про просту статистичну обробку на кшталт обчислення середніх значень різних показників навчання, а про більш глибоке розуміння суті процесів, результатом яких є ці дані [18]. Це дає змогу прогнозувати майбутні результати, наприклад, розуміти звички студентів щоб передбачати їх навчальну поведінку.

Метою цього дослідження є висвітлення й аналіз змін, що відбулися в розвитку та використанні стандартів xAPI, cmi5 за останні роки та перспективи подальшого розвитку заснованих на них технологій електронного навчання, зокрема теоретичне обґрунтування та системний аналіз їх трансформації в умовах впровадження агентних технологій штучного інтелекту, а також визначення пріоритетних напрямів їх використання для побудови високоадаптивних освітніх екосистем.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення поставленої мети було використано комплекс взаємодоповнюючих наукових методів:

- **Системно-структурний аналіз** – для дослідження еволюції стандартів e-learning та виявлення закономірностей переходу від ретроспективного до предикативного аналізу навчальних даних.
- **Аналітичний огляд та критичний аналіз** відкритих репозиторіїв, технічної документації (ADL, IEEE) та сучасних наукових публікацій (зокрема за період 2021–2025 рр.) для верифікації технологічних стеків xAPI-LRS-MCP.
- **Концептуальне моделювання** – для аналізу структури динамічного стану учня (Dynamic Learner State) та формалізації багатошарової архітектури взаємодії між Activity Providers та ШІ-оркестраторами.

- **Класифікація та таксономічний аналіз** – для систематизації засобів xAPI-відстеження та типів автоматизованого зворотного зв'язку (Process-Oriented Feedback).
- **Метод дедуктивного синтезу та сценарний аналіз** – для адаптації загальних принципів протоколу Model Context Protocol (MCP) до специфічних потреб інженерної освіти та алгоритмів інтелектуальної підтримки користувачів.

Об'єктом аналізу є процеси збору, семантичної стандартизації та інтелектуальної інтерпретації даних про навчальний досвід у гетерогенних цифрових середовищах.

Предметом дослідження є механізми семантичної інтерпретації xAPI-заяв через протокол MCP для реалізації процесно орієнтованого зворотного зв'язку на основі агентних технологій штучного інтелекту.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Загальні відомості про xAPI та cmi5

Нагадаємо, що xAPI (Experience API) – це відкритий стандарт відстеження та обміну даними про будь-який пов'язаний з освітою досвід користувачів. Його основна ідея – фіксувати, накопичувати в LRS, а потім обробляти дані у вигляді простих стандартизованих заяв (statements) виду `[актор] [дієслово] [об'єкт]`, наприклад:

```
[Іван] [завершив] [курс "Основи програмування"]
[Марія] [переглянула] [відеоурок про фотосинтез]
[Петро] [відповів правильно] [на питання 5 у тесті 28]
```

Реальна xAPI-заява має формат JSON-об'єкту, синтаксис якого показаний на Рис. 1, a. Він може містити також додаткові необов'язкові поля, у складі яких можуть бути підполя. На Рис. 1, b наведено приклад поля `result` з його підполями, значення яких говорять про те, що дія була успішною (`"success": true`) і завершеною (`"completion": true`). Підполе оцінки (`"score"`) містить власні підполя, у яких вказана нормалізована оцінка (`"scaled"`) – 0,85, оскільки користувач набрав 0,85 балів від максимуму, одержавши 85 балів (`"raw": 85`) по шкалі від 0 до 100. Виконання дії тривало 1 годину 30 хвилин (у форматі ISO 8601 це записується як PT1H30M).

Стандарт cmi5 – це набір правил (профіль) для використання xAPI в традиційних онлайн-курсах, який стандартизує словник xAPI-заяв і те, як LMS запускає навчальний контент з підтримкою xAPI у вигляді призначеної одиниці (Assignable Units, AU) та як здійснюється обмін даними між AU, LMS і LRS.

3.2. Нові профілі xAPI

Нові профілі, що з'явились після cmi5, переважно вирішують задачу уніфікації змісту xAPI-заяв для конкретних застосувань.

```
json
{
 "id": "унікальний_ідентифікатор",
 "actor": { /* Хто виконав дію */ },
 "verb": { /* Що було зроблено */ },
 "object": { /* Над чим виконано дію */ },
 "result": { /* Результат дії (необов'язково) */ },
 "context": { /* Контекст дії (необов'язково) */ },
 "timestamp": "дата_і_час",
 "stored": "дата_збереження_в_LRS",
 "authority": { /* Хто створив заяву (необов'язково)
*/ },
 "version": "версія_xAPI",
 "attachments": [ /* Додатки, наприклад файли
(необов'язково) */ ]
}
```

a

```
"result": {
"success": true,
"completion": true,
"score": {
"scaled": 0.85,
"raw": 85,
"min": 0,
"max": 100
},
"duration": "PT1H30M"
}
```

b

Рис. 1. a – формат JSON-об'єкту xAPI-заяви, b – приклад поля `"result"` *з підполями*

Так **SCORM Profile**, розроблений ще у 2015 і оновлений у 2019 р., призначений для відстеження виконання SCORM-курсів за допомогою xAPI-заяв у процесі міграції SCORM-контенту до xAPI-сумісних систем. У ньому використовується 9 дієслів: `initialized`, `completed`, `passed`, `failed` тощо і 8 типів активностей, зокрема `course`, `module`, `interaction`.

Video Profile, розроблений у 2017 р., стандартизує відстеження взаємодії користувача з відео (MP4, YouTube тощо). У 2021 р. у нього додали підтримку VTT-субтитрів і розширень для стрімінгових платформ (Vimeo). Використовує дієслова: `played`, `paused`, `seeked`, `completed`. Тип активності: `video`. Контекст: `context.extensions` для часу відтворення (наприклад, `time: 00:02:15`).

Audio Profile опублікований у 2018 р., призначений для відстеження взаємодії користувача з аудіоконтентом: MP3, подкасти. У 2022 р. додана підтримка транскриптів аудіо. Використовує ті ж дієслова, що й Video Profile, але для активності `audio`.

Serious Games Profile розроблений ADL та IEEE у 2017 р. для стандартизації навчальних ігор і симуляцій, віртуальної та доповненої реальності. В оновленні 2023 р. додано розширення для складних ігрових подій: `level`, `achievement`. Використовує дієслова: `interacted`, `completed`, `achieved`, `failed` і типи активностей `game`, `simulation`, `virtual-reality`.

Social Learning Profile розроблений у 2017 р. для відстеження соціальних взаємодій: форуми, чати, масові онлайн-курси (MOOC). В оновленні 2020 р. додана підтримка групових проєктів. Використовує дієслова: `commented`, `shared`, `liked`, `collaborated` і типи активностей `discussion`, `forum`, `comment`.

Профілі для IoT та AI. У 2021 р. ADL запустила бета-версію xAPI Profile Server [19] для створення, управління та публікації профілів для нових технологій, таких як Інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (AI), випуск яких планувався на 2026 р. Однак замість створення окремих профілів для IoT та AI, ADL Initiative та IEEE вирішили інтегрувати їх основні функції в Master Object Model (MOM) – стандарт IEEE P9274.3.1 у межах Total Learning Architecture (TLA) [20] – комплексної стратегії та набору стандартів, що розробляється ADL для створення інтегрованої, персоналізованої та даних-орієнтованої екосистеми, яка має забезпечити навчання «будь-коли, будь-де, на будь-якому пристрої». TLA спрямована на інтеграцію різних навчальних технологій (LMS, симулятори, IoT-пристрої, AI-системи) через стандартизовані специфікації, зокрема xAPI, для забезпечення інтероперабельності та управління даними навчання в масштабах

корпорації, зокрема Міністерства оборони США. По суті TLA – це спроба створити екосистему, де будь-яка програма, симулятор або мобільний застосунок матимуть змогу обмінюватися даними про успіхи студента в єдиному стандарті.

Крім базового профілю MOM, були розроблені вузькоспеціалізовані профілі для Інтернету речей, які відповідають за «переклад» фізичних сигналів на мову навчальної аналітики:

- **Japan xAPI Profile (Physical Activity).** Розроблений університетом Кіото (LET). Опрацьовує дані із сенсорів (акселерометри, GPS, датчики температури). При вивченні інженерних дисциплін це забезпечує відстеження роботи студентів з фізичними макетами.
- **Online Labs Profile.** Орієнтований на дистанційне керування обладнанням. Він описує взаємодії типу «підключив живлення», «змінив напругу на стенді», «отримав дані з осцилографа».
- **Metadata for IoT (IEEE P2997).** Це стандарт для метаданих пристроїв. Він не тільки фіксує спрацювання датчика, а й надає контекст: точність датчика, його калібрування, версію прошивки тощо.

Вузькоспеціалізовані профілі, розроблені також для відстеження взаємодії і взаємовпливу людини і ШІ:

- **AI-Assisted Learning Profile** – здійснює моніторинг взаємодії людини з великими мовними моделями (LLM) та інтелектуальними агентами. Профіль впроваджує стандартизований набір дієслів для опису етапів інженерії промптів (`prompted`), ітераційної корекції запитів (`refined`) та верифікації якості генерації контенту користувачем. Це дозволяє аналізувати не лише результат, а й критичне мислення студента під час роботи зі ШІ.
- **AIS Profile (IEEE 2247.1)** – фокусується на тому, як система змінює контент під студента, тобто на реєстрації метаданих адаптації: фіксації причинно-наслідкових зв'язків між рівнем продемонстрованих компетентностей (наприклад, аналіз помилок у схемотехнічних розрахунках) та автоматичною модифікацією складності навчальної траєкторії. Профіль документує рішення системи щодо управління когнітивним навантаженням користувача.
- **Agentic AI Profile** – забезпечує трекінг процесів передачі функціональних повноважень від людини до ШІ-агента для виконання спеціалізованих інженерних операцій. Профіль дозволяє чітко розмежувати внесок людини та алгоритму у фінальний інженерний продукт.

3.3. Проєкт CATAPULT

Проєкт CATAPULT (акронім від «cmi5 Advanced Testing Application and Player Underpinning Learning Technologies») був виконаний за контрактом з ADL компанією Rustici Software – лідером розробки програмного забезпечення для xAPI.

Основна мета проєкту – прискорити впровадження стандарту cmi5, полегшивши користувачам перехід від застарілого SCORM до сучасного xAPI.

У межах цього проєкту були розроблені і викладені в репозиторії проєкту CATAPULT на GitHub [21]:

- плеєр cmi5 з відкритим кодом (open-source);
- шаблони курсів cmi5 – приклади, які допомагають зрозуміти принцип перенесення контенту SCORM на cmi5;
- набір тестів для перевірки контенту і LMS на відповідність специфікаціям cmi5: Conformance Test Suite (CTS) і LMS Test Suite (LTS);

- документація на розроблені засоби з порадами щодо найкращих практик їх використання.

Плеєр cmi5 – це написана на Node.js серверна програма, що зазвичай розгортається через Docker. Він:

- обробляє завантажені в нього cmi5-пакети (zip-файли з cmi5.xml), що містять навчальний контент, наприклад, тести, відео, симуляції;
- запускає цей контент як призначену одиницю AU;
- керує сесіями та авторизацією користувачів, використовуючи JWT (JSON Web Tokens) і Basic Authentication для безпечного доступу до контенту;
- відслідковує його виконання, відправляючи xAPI-заяви до зовнішнього LRS.

Плеєр інтегрується з LMS і працює як її компонент. Зокрема з Moodle це робиться через плагін mod_cmi5launch [22].

Шаблони курсів cmi5 є прикладами технічної реалізації, що демонструють кращі практики створення нового і міграції наявного (зокрема в SCORM) контенту до cmi5.

Надається кілька типів шаблонів, доступних у форматах *Framed* – традиційний стиль із фіксованою подібною до SCORM розміткою і *Responsive* – сучасний адаптивний дизайн, оптимізований для мобільних пристроїв. Кожний шаблон демонструє різні аспекти cmi5, зокрема:

- Simple Single AU (простий одиночний AU), у якому AU вважається Satisfied (виконаним), якщо надіслано xAPI-оператори Completed або Passed. Він має закладки: зберігає місце в курсі за кожної навігаційної події через xAPI Activity State. Містить відео, що відтворюється один раз і відстежується через xAPI Video Profile, а також містить простий тест, де результат ≥80% (`scaled score 0.8`) означає успішне завершення курсу.
- Mastery Score – це шаблон курсу з акцентом на оцінку успішності, що містить тест із кількома типами взаємодій (заповнення полів, множинний вибір), які відстежуються операторами xAPI. Параметр `masteryScore` визначає поріг для `CompletedAndPassed`.
- Multiple Top-Level AU – шаблон із кількома AU на верхньому рівні структури курсу. Розширює шаблон Mastery Score, розподіляючи вміст між кількома AU, кожен з яких має власні критерії `moveOn` (наприклад, `Completed` або `Passed`).
- Blocks with Pre/Post-Test – шаблон із блоками, кожен з яких містить AU для попереднього тесту, контенту та підсумкового тесту. Використовує cmi5 Extension <`require`> для визначення умов доступу, коли AU доступний лише після виконання іншого AU. Є прикладом побудови великих курсів із послідовним навчанням.

Набір тестів для перевірки контенту (CTS) являє собою вебзастосунок з графічним інтерфейсом, у який можна завантажувати cmi5-пакети, щоб перевірити їх на відповідність специфікаціям cmi5. Тобто перевірки того, що всі етапи і сценарії використання cmi5-пакету (завантаження, розпакування, запуск, відстеження) виконуються належним чином, отже, цей пакет коректно працюватиме в будь-якому середовищі (cmi5-плеєр, LMS, LRS), якщо воно відповідає специфікаціям cmi5.

Набір тестів для перевірки LMS (LTS) являє собою набір процедур і спеціального контенту, за допомогою якого можна в ручному чи автоматичному режимі перевірити коректність роботи піддослідної LMS з будь-якими пакетами, що відповідають специфікаціям cmi5.

3.4. Новий стандарт xAPI 2.0 (IEEE 9274.1.1-2023)

Порівнюючи версію 2.0 з попередньою версією 1.0.3 цього стандарту, можна зробити висновок, що вона не принесла принципово нових можливостей, істотних покращень чи якихось змін у функціональність xAPI. Усі попередні інтеграції, створені для версій 1.0.0–1.0.3, залишаються сумісними з xAPI 2.0. Це означає, що системи, які вже використовують xAPI 1.0.x, не потребують оновлення коду для відповідності новій версії стандарту.

Внесені зміни переважно є уточненнями існуючих правил і рекомендацій чи підсилюють деякі рекомендації до рівня правил, замінюючи формулювання SHOULD (варто, бажано) на SHALL (повинен, мусить). Наприклад, раніше часові мітки (`timestamps`) у заявах xAPI *рекомендувалось* подавати у форматі всесвітнього координованого часу (UTC). Це була краща, але не обов'язкова практика для забезпечення узгодженості даних. LRS міг приймати та обробляти часові мітки в інших часових поясах, хоча це могло ускладнювати аналіз. Тепер у xAPI 2.0 (IEEE 9274.1.1-2023), прописано, що ці мітки *повинні обов'язково* бути представлені у форматі UTC. Більш того, LRS має конвертувати часові мітки в UTC, якщо вони були надіслані в іншому форматі, замість того, щоб відхиляти такі заяви.

Отже, розробники, які й раніше дотримувалися цих рекомендацій, працюватимуть як і раніше. Основна мета змін у xAPI 2.0 – це забезпечення більшої стандартизації, строгості та ясності у формулюванні заяв, щоб точніше описати досвід користувача. Наприклад, у поле `context` додані деякі нові підполя, якими можна точніше описати контекст подій, виконаних у команді: імена тих, хто був до цього причетний, а також їхні ролі: атестував, консультував, спостерігав за виконанням дії іншим учасником тощо. Це дає змогу точніше моделювати реальні сценарії навчання, де рідко буває лише один актор, що ізольовано виконує певно дію.

Хоча концепція групування активностей з'явилась ще в xAPI 1.0.1, саме в xAPI 2.0 вона набула більш доконаного вигляду. Це дає змогу пов'язувати кілька активностей в єдину логічну групу, що відображає складніші навчальні процеси і реалізується через використання контекстних активностей, які дозволяють створювати ієрархічні або асоціативні зв'язки між їхніми елементами. Для цього поле `context` у xAPI-заяві може містити підполе `ContextActivities`, а те – такі підполя, як:

`Parent` – активність, яка є «батьківською» для поточної (наприклад, курс, до якого належить завдання);

`Grouping` – активність, яка об'єднує кілька інших активностей у групу (наприклад, модуль курсу, що містить кілька уроків);

`Category` – активність, що класифікує або позначає тип контенту (наприклад, тегування як «обов'язковий» чи «практичний»);

`Other` – додаткові активності, які не підпадають під вищезазначені категорії, але додають контекст.

Нова версія стандарту має покращену безпеку (OAuth 2.0, токени), підтримку багатомовних заяв для глобального використання та може використовувати штучний інтелект для аналізу даних, наприклад, прогнозування відсіву студентів.

Те, що зміни в новому стандарті виявились загалом незначними, не спонукає до їх термінового впровадження. Тому прогнозується, що розробники не поспішатимуть переходити на xAPI 2.0, підтримуючи обидві версії (1.x і 2.x) ще протягом тривалого періоду.

Серед доступних зараз на ринку LRS стандарту xAPI 2.0 повністю відповідає тільки Larmer LRS [23], а остання версія стандарту cmi5 – Quartz, 1st Edition поки що базується на xAPI 1.0.3. Перехід на xAPI 2 тільки планується.

Варто відзначити важливість самого факту стандартизації xAPI такою поважною організацією як IEEE Standards Association, відомою розробкою стандартів Wi-Fi та

багатьох інших інформаційних і телекомунікаційних технологій. Це надає xAPI більшої легітимності й сприяє ширшому прийняттю в галузі. Також це відображає визнання ступені завершеності робіт зі стандартизації, розпочатої ADL Initiative.

3.5. Rustici Generator

Rustici Generator [24] поки що доступний лише як хмарний сервіс, хоча планується його on-premise версія. Він призначений для спрощення управління великими бібліотеками навчального контенту, надаючи інструменти для його парсингу, генерації метаданих, семантичного пошуку, автоматичного створення тестів і підтримки стандартів, таких як xAPI та cmi5. Rustici Generator інтегрується з іншими продуктами Rustici Software, зокрема Rustici Engine і Content Controller, підтримує формати SCORM, xAPI, cmi5, AICC, а також медіафайли (MP4, MP3, PDF) та використовує ШІ для автоматизації таких завдань, як створення метаданих, VTT-субтитрів для відео, тестових питань тощо.

Rustici Generator аналізує e-learning-контент (SCORM, xAPI, cmi5, AICC, MP4, MP3, PDF, вебсторінки) щоб видобути з нього текстові дані. Підтримує контент, створений популярними інструментами (Articulate, Adobe Captivate, Gomo Learning), а також непакетований контент (відео, аудіо, PDF), використовуючи спеціалізовані парсери для конкретних форматів. Це дає змогу автоматично створювати метадані, такі як назви курсів, ключові слова, теги тощо, що спрощує організацію великих бібліотек контенту та допомагає заповнити прогалини в метаданих, особливо для контенту з різних джерел із не приведеними до єдиного виду (неконсистентними) форматами.

Rustici Generator здійснює як лексичний, так і семантичний пошук, даючи змогу шукати контент за ключовими словами чи концепціями, аналізуючи не лише метадані, а й текст усередині курсів. Наприклад, можна знайти курси, що містять згадки певного документу чи теми, навіть якщо вони не позначені відповідними тегами.

Ще однією функцією Rustici Generator є автоматичне створення тестових питань з правильними та відволікаючими варіантами відповідей на основі парсингованого контенту. За цієї умови в тест додаються метадані, які потім використовуються в xAPI-заявах, наприклад: `"Студент X Відповів Правильно на Питання_про_фотосинтез"`. Це економить час викладача на створення тестів і надає xAPI-заявам більшої інформативності, відслідковуючи не тільки завершення, а й контекст навчання.

Програма інтегрується з Rustici Engine – API-орієнтованим програмним забезпеченням, що імпортує змінений за допомогою Rustici Generator контент, запускає його, відстежує виконання та формує аналітику.

3.6. Програмні засоби, що підтримують xAPI та cmi5

Розглянемо приклади програмних засобів, що забезпечують роботу xAPI та cmi5. Серед них можна виділити Activity Providers – програмні засоби, які формують і надсилають у LRS xAPI-заяви, власне LRS (Learning Record Store), а також Learning Record Consumer (LRC) – програмні засоби, що обробляють накоплені в LRS дані та формують на їх основі різноманітні звіти. Прикладами LRC можуть бути: дашборди аналітики для викладачів та адміністраторів; системи бізнес-аналітики (BI), які аналізують ефективність навчання; інструменти персоналізації, що використовують дані про навчання для надання індивідуальних рекомендацій, управління персоналом тощо.

До Activity Providers насамперед належать LMS. Наприклад, LMS Moodle має плагін Logstore xAPI [25], який формує і направляє в LRS xAPI-заяви про всі дії всіх своїх користувачів. Роботу цього плагіна ми вже детально, на прикладах, розглядали в публікаціях [6] і [7], а тут відзначимо те, що через нього LMS Moodle об’єднується з

іншими системами, які теж надсилають свої xAPI-заяви до того ж LRS, у більшу xAPI-систему. Натомість cmi5, навпаки, дає змогу інтегрувати в Moodle зовнішній контент, запускати його з Moodle та записувати в його журнал оцінок результати роботи з цим контентом, використовуючи дані, подібні до показаних на Рис. 1, b. Тобто тут LMS Moodle виступає також як LRC.

Прикладами Activity Providers можуть служити інтерактивні електронні освітні ресурси, створені за допомогою відкритого безкоштовного H5P чи платних Articulate Storyline 360, Adobe Captivate, iSpring Suite. До них належить розглянутий вище плеєр cmi5. Цю функцію виконує також описаний нами в роботі [7] сервіс SCORM Cloud.

Оскільки YouTube, соціальні мережі та засоби проведення відеоконференцій самі не генерують xAPI-заяв, для відслідковування роботи з ними використовують спеціальні плеєри, плагіни та інші наведені в Таблиці 1 інструменти, що вбудовуються в системи чи вебсторінки, через які користувач з ними взаємодіє.

Таблиця 1.

Програмні засоби xAPI-відстеження відео, соціальних мереж та відеоконференцій

Джерело, xAPI-профіль	**Типи діяльності для відстеження**	**Плагіни, інструменти**	**Як реалізується**
YouTube, Video Profile	Відтворення (played), пауза (paused), пропуск (seeked), завершення (completed), зміна гучності/розміру екрана тощо.	Veracity Video Player, Xapify Video Player, RISC Video Player, ADL xAPIYouTube (GitHub), Knowledge Mark (bookmarklet)	Вбудовування відео через iframe з YouTube IFrame API, JavaScript-код або плагін для захоплення подій, Bookmarklet для ручного відстеження на youtube.com
Соціальні мережі: Facebook, LinkedIn, X тощо, Social Profile	Перегляд постів/статей, Коментування, Лайки, Поширення, Участь у групових дискусіях	Knowledge Mark (bookmarklet), isEazy LMS, Brightwave (Tessello),Watershed Data Conversion Engine, Zoho Social (через API)	Інтеграція через API соціальних мереж (Facebook Graph API, LinkedIn API), Bookmarklet для ручного додавання контенту, LMS з підтримкою соціального навчання, Кастомний JavaScript для API-інтеграції
Zoom, Video Profile	Приєднання до зустрічі, Тривалість участі, Вихід із зустрічі, Використання чату, Відповіді на опитування, Взаємодія з дошкою, Реєстрація/відвідування вебінарів	Watershed LRS, Bardeen (автоматизація), Gomo LMS, Adobe Learning Manager, Moodle (через Zoom API)	Інтеграція через Zoom Meeting/Webinar API, LMS з підтримкою Zoom (Moodle, Gomo), Webhooks для захоплення подій. Bardeen для автоматизації між Zoom і LRS

Джерело, xAPI-профіль	**Типи діяльності для відстеження**	**Плагіни, інструменти**	**Як реалізується**
Microsoft Teams, Video Profile	Приєднання до зустрічі, Тривалість участі, Вихід із зустрічі, Використання чату, Відповіді на опитування, Взаємодія з дошкою, Спільна робота з файлами, Використання Copilot	Watershed LRS, Bardeen (автоматизація), Adobe Learning Manager, Moodle (через Microsoft Graph API), Microsoft 365 Connector	Інтеграція через Microsoft Graph API (події, чат, файли), LMS із підтримкою Teams (Moodle, Adobe Learning Manager), Webhooks для захоплення подій Bardeen для автоматизації
Google Meet, Video Profile	Приєднання до зустрічі, Тривалість участі, Вихід із зустрічі, Використання чату, Спільна робота з Google Docs/Drive, Використання субтитрів	Watershed LRS, Bardeen (автоматизація), Gomo LMS, Moodle (через Google Workspace API)	Інтеграція через Google Workspace API (події, чат), LMS з підтримкою Google Meet (Moodle, Gomo), Webhooks для захоплення подій, Bardeen для автоматизації

Перелік і характеристики доступних зараз LRS наведено в Таблиці 2.

Таблиця 2.

Доступні LRS

LRS	**Основні функції** (крім зберігання xAPI-заяв)	**Додаткова функціональність**	**Обмеження**
SCORM Cloud Безкоштовний тестовий план	Підтримка всіх профілів, базова аналітика, інтеграція з YouTube, Zoom тощо, REST API	Пробний план: до 100 користувачів, 10 МБ даних, підтримка LRS Dispatch для імпорту/експорту даних	Пробний без розширеної аналітики; платні плани для масштабування
Veracity Learning LRS Безкоштовно до 3 LRS, обмежений обсяг)	Підтримка Video Profile, інтеграція з Veracity Video Player, базова аналітика, REST API	До 3 безкоштовних LRS, інтеграція з xAPI-сумісними LMS (Moodle, Adobe Learning Manager), експорт даних	Безкоштовна версія обмежена обсягом даних і кількістю користувачів; платні плани для розширеної аналітики.
Learning Locker (Community Edition) Безкоштовний (open source).	Підтримка всіх профілів, базова аналітика, REST API, встановлення на власному сервері.	Кастомізація через відкритий код, підтримка MongoDB, інтеграція з YouTube, Zoom, Teams, експорт/імпорт даних.	Вимагає власного сервера. Обмежена підтримка в безкоштовній версії.

LRS	**Основні функції** (крім зберігання xAPI-заяв)	**Додаткова функціональність**	**Обмеження**
Watershed LRS Платний (пробна версія).	Підтримка всіх профілів, розширена аналітика, інтеграція з API (Zoom, Teams, Webex, соціальні мережі).	Data Conversion Engine для API-інтеграцій, підтримка кастомних профілів, аналітика в реальному часі, інтеграція з Power BI.	Безкоштовна версія обмежена за часом (30 днів) і функціоналом; висока ціна платних планів.
Saltbox (Yeti) Платний (пробна версія).	Підтримка Video Profile, інтеграція з LMS і вебінарними платформами, базова аналітика.	Інтеграція з Adobe Learning Manager, підтримка кастомних звітів, хмарне розгортання, API для автоматизації.	Пробна версія обмежена за часом і обсягом даних; дорогі платні плани.
Grass Blade LRS Платний (обмежена безкоштовна інтеграція з GrassBlade xAPI Companion).	Підтримка Video Profile, інтеграція з WordPress і GrassBlade xAPI Companion, базова аналітика.	Інтеграція з Word-Press LMS LearnDash, LifterLMS, підтримка YouTube і соціальних мереж, кастомні звіти.	Безкоштовна інтеграція обмежена плагіном GrassBlade; повноцінний LRS платний; потребує WordPress.
Rustici LRS Платний (пробна версія).	Підтримка всіх профілів, інтеграція з Activity Providers (YouTube, Zoom, Teams), REST API.	Розширена аналітика, підтримка SCORM і xAPI одночасно, інтеграція з LMS (Moodle, Gomo), хмарне/локальне розгортання.	Пробна версія обмежена за часом; платні плани дорогі; складність налаштування для початківців.

Як видно з Таблиці 2, деякі LRS вже мають у собі базові засоби аналітики, яких для простих застосувань може бути цілком достатньо. У більш складних випадках варто використовувати досконаліші зовнішні засоби: Power BI, Tableau, Metabase тощо.

3.7. Нова парадигма адаптивного навчання: xAPI та Model Context Protocol

Останні дослідження у сфері освітньої аналітики дедалі частіше вказують на обмеженість традиційних підходів, що базуються на ретроспективному аналізі xAPI заяв. Так у роботі [26] описано динамічну інтелектуальну систему, яка забезпечує зворотний зв’язок у реальному часі завдяки інтеграції xAPI з новітнім протоколом Model Context Protocol (MCP). До появи цього рішення великі мовні моделі, що лежать в основі ШІ-агентів, мали обмежений доступ до історії дій учня через складність та неструктурованість сирих даних у LRS. Особливістю цієї системи є вирішення проблеми «семантичного розриву». Якщо класичний аналіз xAPI-заяв фокусувався на кількісних показниках (частота подій, час виконання), то інтеграція через MCP дає змогу ШІ-агенту інтерпретувати розширення контексту (Context Extensions) як частину поточної інженерної або когнітивної задачі. Це перетворює LRS із пасивного сховища на динамічну базу знань, де кожна заява стає логічним кроком у «міркуваннях» ШІ-агента.

Система функціонує за принципом багатошарової семантичної обробки:

- **Рівень сенсорів (Activity Providers).** Професійне програмне забезпечення або навчальне середовище безперервно генерує заяви xAPI. Кожна заява містить не лише тріаду «Actor-Verb-Object», а й розширений контекст (Context Extensions), що описує стан інструментарію в момент дії.
- **Рівень контекстуального мосту (MCP Server).** Це ключовий елемент, що забезпечує «розуміння» ШІ-агентами змісту xAPI-заяв. MCP дає змогу ШІ виконувати запити до даних у LRS не як до простого тексту, а як до структурованої моделі досвіду. Це забезпечує семантичну цілісність: агент бачить не просто набір заяв, а логічну послідовність спроб, помилок та коригувань.
- **Рівень агентної логіки.** Система використовує декілька автономних агентів, кожен з яких має свою спеціалізацію (наприклад, агент з перевірки синтаксису, стратегічний консультант, психоемоційний модератор).

Центральним педагогічним рішенням у цій роботі є впровадження поняття динамічного стану учня (DLS) – цифрової моделі, яка описує когнітивний та професійний статус студента в кожний момент взаємодії і є функцією від трьох ключових векторів:

1) **поточної продуктивності**, яка вимірюється через успішність виконання мікрозавдань, зафіксованих через xAPI;
2) **когнітивного навантаження** – система аналізує швидкість прийняття рішень та частоту звернень до довідкової інформації. Наприклад, висока щільність заяв interacted у поєднанні з відсутністю заяв completed сигналізує, що студент перебуває в стані фрустрації чи когнітивного глухого кута;
3) **моделей поведінки** – аналіз послідовності дієслів xAPI дозволяє відрізнити «усвідомлене проєктування» від «хаотичного підбору параметрів».

Завдяки цьому система реалізує педагогічну стратегію навчальної підтримки студента на новому рівні – Process-Oriented Feedback, який фокусується не на правильності фінального результату, а на раціональності шляху його досягнення.

Автори виділяють три типи автономного втручання системи:

1. **Коригувальний зворотний зв'язок (Correctional)** ініціюється відразу після заяви xAPI з негативним результатом (наприклад, помилка при запуску симуляції). Система пропонує технічне рішення.
2. **Проактивний зворотний зв'язок (Proactive)** активується, коли аналіз траєкторії в LRS вказує на ймовірну помилку в майбутньому. Наприклад, якщо учень обирає застарілу методику розрахунку, агент може запропонувати розглянути більш сучасні підходи.
3. **Метакогнітивний зворотний зв'язок (Metacognitive)** – найскладніший рівень, спрямований на розвиток критичного мислення. Агент ставить питання, що стимулюють рефлексію: «Ви змінили структуру проєкту після невдалої спроби. Якою логікою Ви керувались при виборі нового підходу?».

Таке рішення має значні переваги зокрема в системах інженерної освіти, де, на відміну від традиційних систем аналітики, забезпечується:

- **Інтероперабельність.** Використання xAPI та MCP дозволяє системі працювати в гетерогенних середовищах. Дані з різних Activity Providers зливаються в єдиний контекст, що дозволяє ШІ-агенту продовжувати супроводжувати студента при переході між різними професійними середовищами.
- **Зниження суб'єктивності.** Формувальне оцінювання базується на верифікованих даних про дії, а не на інтуїції викладача. Кожна порада ШІ-агента спирається на «доказову базу» у вигляді конкретних xAPI-заяв.

- **Масштабованість.** Модель дозволяє навчати великі групи студентів у складних дисциплінах (Data Science, інженерія), забезпечуючи кожному рівень підтримки, еквівалентний роботі з персональним тьютором.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Із проведеного дослідження можна зробити висновок, що xAPI остаточно утвердився в якості основного і безальтернативного стандарту збору даних про досвід користувачів, сумісного з широким колом освітніх платформ і найсучасніших пристроїв, включно з різного роду симуляторами, серйозними іграми, тренажерами, засобами віртуальної та доповненою реальності, мобільними пристроями, що можуть працювати як онлайн, так і офлайн. Своєю універсальністю він завдячує стандартизованій структурі заяв (statements): `[актор] [дієслово] [об'єкт]`. Така структура є ідентичною структурі речення в більшості природних мов: `[підмет] [присудок] [додаток]`. Це дає змогу описувати довільні події навчальної діяльності в спосіб, зрозумілий як людині, так і алгоритмам обробки природної мови. Стандартизація не лише структури (синтаксису), а й семантичного наповнення заяв через використання узгоджених словників, вирішує проблему неоднозначності термінів («синонімів» і «омонімів»). Саме ця «лінгвістична» природа xAPI робить його ідеальним вхідним контекстом для ШІ-оркестраторів, які через протокол MCP інтерпретують потік заяв не як набір технічних логів, а як цілісний наратив про розвиток компетенцій студента.

Стандартизується не тільки семантика і синтаксис заяв, а й спосіб обміну цими заявами між тими, хто є їх джерелом (Activity Provider) і споживачами (LRS, LRC). Наприклад у комп'ютерних іграх джерелом цих даних є програмний модуль, який сприймає дії гравця, а споживачами – ті, які їх інтерпретують, візуалізують і оцінюють. У системі управління навчанням (LMS) джерелом цих даних є зокрема модуль тестування, а їх споживачами – журнал оцінок та інші модулі, де ці дані накопичуються, обробляються, подаються у формі різного роду статистичних звітів.

У кожній комп'ютерній грі, у кожній LMS тощо використовуються власні формати представлення і власні способи обміну цими даними. Завдяки xAPI стало можливим все це уніфікувати: формувати, накопичувати і обмінюватися даними в єдиному зрозумілому всім форматі. Звісно, не обов'язково використовувати цей формат скрізь у самій комп'ютерній грі чи LMS. Достатньо мати змогу імпортувати та експортувати дані в цьому форматі.

Стандартизація формату і способів обміну даними приводить до спрощення і уніфікації програмних засобів, які забезпечують роботу з цими даними, робить їх конфігурування простішим і гнучкішим. Наприклад, якщо з'являється новий мобільний застосунок, здатний формувати потік xAPI-заяв, то щоб зберегти і обробити сформовані ним дані, достатньо його підключити до будь-якої LRS та LRC. Якщо згодом виявиться, що можливості цієї LRC недостатні для повноцінного аналізу і відображення даних про роботу студентів, то можна замінити її на досконалішу. Тобто системи, що використовують стандарт xAPI, можуть розвиватися, гнучко реагуючи на нові потреби користувачів. Такий підхід до побудови системи може бути ефективнішим за використання готової LMS, яка часто є закритою системою з фіксованим і важко змінюваним набором функцій, частина з яких може взагалі ніколи не використовуватися.

Педагогічний потенціал xAPI розкривається в переході від констатуючого до предиктивного та коригувального моніторингу. Завдяки здатності стандарту постачати гранулярні (тобто максимально деталізовані на рівні окремих мікрооперацій та атомарних дій) дані про процес діяльності, викладач (або ШІ-агент) отримує доступ до «когнітивного сліду» студента. Це дає змогу реалізувати стратегію Just-in-Time

Scaffolding, щоб підтримка студенту надавалась саме в момент виникнення утруднення, що ідентифікується через аналіз траєкторії дій у реальному часі. Отже, xAPI трансформується з інструменту звітності у фундамент для Process-Oriented Feedback, забезпечуючи рівень персоналізації, який раніше був доступний лише при індивідуальному тьюторстві. Це економить час і зусилля студента, підвищує його мотивацію, сприяє глибшому засвоєнню матеріалу або навичок, допомагає усвідомлювати власні стратегії, формує самостійність та відповідальність при прийнятті рішень.

Впровадження специфікації xAPI дає можливість трансформувати освітній простір у відкриту екосистему, де кожен стейкхолдер отримує специфічні інструменти для прийняття рішень на основі верифікованих даних про діяльність. Завдяки своїй універсальності, xAPI дає змогу відслідковувати не тільки результати навчання користувачів, а й інші події, зокрема й результати їх трудової діяльності, що спрощує виявлення кореляції між ними і робить засновані на xAPI технології особливо зручними і корисним, зокрема, в умовах дуального і корпоративного навчання.

Основні переваги стандарту xAPI для різних категорій користувачів наведені в Таблиці 3.

Таблиця 3.

Стейкхолдери екосистеми xAPI та переваги її впровадження

Категорія користувача	**Пріоритетний напрям / Перевага**	**Приклад практичного застосування**
Здобувач освіти (Student)	Персоналізація та мобільність досвіду. Можливість формування єдиного цифрового портфоліо досягнень, що не залежить від конкретної платформи.	Перенесення записів про проходження складних інженерних симуляторів або мобільних тренажерів до загального навчального профілю.
Викладач / Тьютор (Instructor)	Об’єктивізація процесу навчання. Перехід від констатації оцінки до аналізу стратегій розв’язання задач.	Ідентифікація етапів завдання, що викликають найбільші когнітивні бар’єри в критичної маси студентів (struggle moments).
Освітній дизайнер (Instructional Designer)	Дата-центричне вдосконалення контенту. Оптимізація навчальних матеріалів на основі реальних моделей взаємодії користувачів.	Виявлення недосконалих або занадто складних розділів курсу через аналіз «точок виходу» учнів із навчальної траєкторії.
Освітній менеджер / Адміністратор (LMS/LRS Admin)	Екосистемна гнучкість. Побудова модульних освітніх середовищ без прив’язки до одного постачальника (vendor lock-in).	Безшовна інтеграція зовнішніх Activity Providers (VR-тренажери, професійно орієнтовані цифрові середовища, мобільні додатки) у загальну систему моніторингу.
Роботодавець (Employer / HR-менеджер)	Валідація професійної майстерності. Верифікація реального досвіду роботи в професійному середовищі (Workplace Performance).	Аналіз кореляції між результатами корпоративного навчання та фактичними показниками продуктивності працівника на робочому місці.

Напрямки подальших досліджень вбачаються в глибшій інтеграції xAPI з агентними архітектурами на базі Model Context Protocol (MCP), що дасть змогу створити повністю автономні екосистеми адаптивного навчання. Окремої уваги заслуговує синергія між xAPI та стандартом IEEE P9274.3.1 (Learning Data Analytics), розробка якого наближається до завершення, а також використання об'єктних моделей (Master Object Model) для опису складних інженерних контекстів. Еволюція проєкту Total Learning Architecture [20] у напрямку «агентної аналітики», на нашу думку, може визначити розвиток освітніх технологій на найближче десятиліття.

ДЕКЛАРАЦІЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ НАПИСАННЯ СТАТТІ

Під час дослідження та підготовки рукопису автор використовував Gemini Flash для пошуку і аналізу публікацій по темі статті. Автор переглянув та відредагував результати і несе повну відповідальність за зміст цієї публікації.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автор заявляє про відсутність будь-яких конфліктів інтересів щодо підготовки, подання та публікації цієї статті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] *SCORM® Overview*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://adlnet.gov/scorm

[2] *xAPI (Experience API) Overview*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://xapi.com/overview/?utm_source=google&utm_medium=natural_search

[3] *cmi5 Specification Profile for xAPI*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://github.com/AICC/CMI-5_Spec_Current/blob/quartz/cmi5_spec.md#au_requirements

[4] А. Птущенко, С. Горобець, "Функціональні можливості систем управління навчанням", *Актуальні питання сучасної інформатики: Матеріали доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці»,* Вид-во ЖДУ, с. 240-243. 2023.

[5] Моделювання в освіті: Стан. Проблеми. Перспективи: Монографія. За заг. ред. Соловйова В.М. Черкаси: Брама, видавець Вовчок О. Ю., 266 с., 2017.

[6] О.А. Щербина, "Experience API – новий стандарт програмних засобів для е-навчання та приклади його практичного використання", *Інформаційні технології і засоби навчання, том 53, No 3,* с. 150–163. 2016.

[7] О. А. Щербина, "Cmi5 – новий стандарт інтеграції засобів для е-навчання", *Інформаційні технології і засоби навчання, том 77, No 3,* с. 355–368. 2020.

[8] *Project CATAPULT*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://xapi.com/blog/category/project-catapult/?utm_source=google&utm_medium=natural_search

[9] *IEEE 9274.1.1-2023. IEEE Standard for Learning Technology-JavaScript Object Notation (JSON) Data Model Format and Representational State Transfer (RESTful) Web Service for Learner Experience Data Tracking and Access*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://standards.ieee.org/ieee/9274.1.1/7321/

[10] J. M. Kevan, P. R. Ryan. "Experience API: Flexible, decentralized and activity-centric data collection" *Technoligy know*, *21 (1)*, pp. 143–149. 2018.

[11] A. Hasanov, T.H. Laine, J. Kim, T. S. Chung, "Lightlore: An Adaptation Framework for Design and Development of xAPI-Based Adaptive Context-Aware Learning Environments", *Electronics, Vol 13 (13)*. 2024. doi:10.3390/electronics13132498.

[12] M. Manso-Vázquez, M. Caeiro-Rodríguez, M. Llamas-Nistal, "An xAPI Application Profile to Monitor Self-Regulated Learning Strategies", *IEEE ACCESS, 6 ,* pp. 42467-42481. 2018.
[13] M. Garefalakis, Z. Kamarianakis, S. Panagiotakis, "Towards a Supervised Remote Laboratory Platform for Teaching Microcontroller Programming", *Information 15 (4)*. Apr. 2024.
[14] S. Judel, J. vom Felde, U. Schroeder, "Video Analytics in Moodle Using xAPI", *Technology Knowledge and Learning 29 (4)*, pp. 1939-1963, Dec 2024.
[15] S. Judel, U. Schroeder, "EXCALIBUR LA - An Extendable and Scalable Infrastructure Build for Learning Analytics", *22nd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. pp.155-157, 2022.
[16] A. Serrano-Laguna, I. Martínez-Ortiz and others, "Applying standards to systematize learning analytics in serious games", *Computer Standards & Interfaces, vol. 50,* pp. 116-123. 2017. doi; 10.1016/j.csi.2016.09.014.
[17] Y. Wang, H. Li, "Leveraging xAPI for group-based learning analytics in collaborative e-learning environments", *Computers & Education, 165, 104152*. 2021.
[18] H. AlQaheri, M. Panda. "An Education Process Mining Framework: Unveiling Meaningful Information for Understanding Students' Learning Behavior and Improving Teaching Quality", *Information* 2022, *13*, 29. https://doi.org/10.3390/info13010029.
[19] *xAPI Profile Server to Launch in 2021*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.adlnet.gov/news/2020/12/02/xAPI-Profile-Server-to-Launch-in-2021/
[20] A.B. Barr, J. D. Fletcher, J. E. Morrison, "*The Advanced Distributed Learning's Total Learning Architecture: IDA Report 2020*". [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.ida.org/-/media/feature/publications/t/th/the-advanced-distributed-learnings-total-learning-architecture-ida-report-2020/d-13198.ashx
[21] *adlnet/CATAPULT*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://github.com/adlnet/CATAPULT
[22] *adlnet/Moodle-mod_cmi5launch,* [Електронний ресурс]. Доступно: https://github.com/adlnet/Moodle-mod_cmi5launch
[23] *Enhance your LMS with exceptional analytics using xAPI*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.larmerbrown.com/articles/enhance-your-lms-with-exceptional-analytics-using-xapi/
[24] T. Rutherford, *Introducing (officially) our latest product, Rustici Generator*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://rusticisoftware.com/blog/introducing-officially-our-latest-product-rustici-generator/
[25] Logstore xAPI. [Електронний ресурс]. Доступно: https://moodle.org/plugins/logstore_xapi
[26] Fadjimata I.Anaroua, Qing Li, Yan Tang, Hong P.Liu. *AI-driven formative assessment and adaptive learning in data-science education: Evaluating an LLM-powered virtual teaching assistant*. 17 Sep 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.20369

Матеріал надійшов до редакції 16.08.2026 р.

THE EVOLUTION OF THE USE OF THE XAPI AND CMI5 E-LEARNING STANDARDS

Oleksandr Shcherbyna
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-0224-1441
oscherbyna@i.ua

Abstract. The article provides a systemic and structural analysis of the development and application of xAPI – an open standard for collecting, storing, and exchanging data on user learning experiences. It is considered a key instrument for building modern open educational ecosystems capable of aggregating lifelong learning data for subsequent analysis using Big Data and Artificial Intelligence technologies. The paper offers an analytical review of technical documentation and contemporary publications regarding the latest xAPI updates, the development of its new profiles, and the implementation results of the CATAPULT project, aimed at accelerating the adoption of the cmi5 standard. Furthermore, practical aspects of the standard's application are examined, including an overview of available software tools for collecting xAPI tracking data from video content, social networks, and video conferencing, as well as its storage in a Learning Record Store (LRS). The

main emphasis is placed on addressing the issue of the “semantic gap” between raw data stored in LRS and intelligent learning support modules through the integration of the xAPI standard with the emerging Model Context Protocol (MCP), which enables large language models and AI agents to interpret learners’ activity contexts in real time. An example of a multi-layer system architecture is described, incorporating Activity Providers (professionally oriented software), a semantic bridge based on an MCP server, and specialized AI orchestrators. Within this architecture, the learner’s Dynamic Learner State (DLS) is conceptualized as a multifactor model integrating indicators of current performance, cognitive load, and behavioral patterns. This approach enables the transformation of learning analytics from a tool of retrospective reporting into an active mechanism of pedagogical support. The paper elaborates on the concept of the “Just-in-Time Scaffolding” strategy, in which autonomous system interventions (corrective, proactive, or metacognitive feedback) are triggered based on predictive analysis of the learner’s action trajectory. In the conclusions, the applied benefits of implementing xAPI are systematized for the main stakeholders, ranging from personalization of learners’ educational experiences to validation of professional competence for employers.

Keywords: xAPI; cmi5; Model Context Protocol (MCP); Dynamic Learner State (DLS); Process-Oriented Feedback.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] *SCORM® Overview*. [Online]. Available: https://adlnet.gov/scorm (in English)
[2] *xAPI (Experience API) Overview*. [Online]. Available: https://xapi.com/overview/?utm_source=google&utm_medium=natural_search (in English)
[3] *cmi5 Specification Profile for xAPI*. [Online]. Available: https://github.com/AICC/CMI-5_Spec_Current/blob/quartz/cmi5_spec.md#au_requirements (in English)
[4] A. Ptushchenko, S. Gorobets, "Functional capabilities of learning management systems", *Current issues of modern informatics: Materials of reports of the VII All-Ukrainian scientific and practical conference with international participation "Modern information technologies in education and science"*, Publishing house of ZhDU, pp. 240-243. 2023. (in Ukrainian).
[5] Modeling in Education: State. Problems. Prospects: Monograph . Edited by Solovyov V.M. Cherkasy: Brama, publisher Vovchok O. Yu., 266 p., 2017. (in Ukrainian).
[6] O. A. Shcherbyna, "Experience API – new standard of e-learning software and examples of its practical use", *Information Technologies and Learning Tools, vol. 53, No 3.,* p. 150–163. 2016. (in Ukrainian).
[7] O. A. Shcherbyna, "Cmi5 – a new standard for integrating e-learning tools*", Information Technologies and Learning Tools, Vol. 77, No. 3*, pp. 355–368. 2020. (in Ukrainian).
[8] *Project CATAPULT*. [Online]. Available: https://xapi.com/blog/category/project-catapult/?utm_source=google&utm_medium=natural_search (in English)
[9] *IEEE 9274.1.1-2023. IEEE Standard for Learning Technology-JavaScript Object Notation (JSON) Data Model Format and Representational State Transfer (RESTful) Web Service for Learner Experience Data Tracking and Access*. [Online]. Available: https://standards.ieee.org/ieee/9274.1.1/7321/ (in English)
[10] J. M. Kevan, P. R. Ryan. "Experience API: Flexible, decentralized and activity-centric data collection" *Technoligy know*, *21 (1)*, pp. 143–149. 2018. (in English)
[11] A. Hasanov, T.H. Laine, J. Kim, T. S. Chung, "Lightlore: An Adaptation Framework for Design and Development of xAPI-Based Adaptive Context-Aware Learning Environments", *Electronics, Vol 13 (13)*. 2024. doi:10.3390/electronics13132498. (in English)
[12] M. Manso-Vázquez, M. Caeiro-Rodríguez, M. Llamas-Nistal, "An xAPI Application Profile to Monitor Self-Regulated Learning Strategies", *IEEE ACCESS, 6 ,* pp. 42467-42481. 2018. (in English)
[13] M. Garefalakis, Z. Kamarianakis, S. Panagiotakis, "Towards a Supervised Remote Laboratory Platform for Teaching Microcontroller Programming", *Information 15 (4)*. Apr. 2024. (in English)
[14] S. Judel, J. vom Felde, U. Schroeder, "Video Analytics in Moodle Using xAPI", *Technology Knowledge and Learning 29 (4)*, pp. 1939-1963, Dec 2024. (in English)
[15] S. Judel, U. Schroeder, "EXCALIBUR LA - An Extendable and Scalable Infrastructure Build for Learning Analytics", *22nd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. pp.155-157, 2022. (in English)

[16] A. Serrano-Laguna, I. Martínez-Ortiz and others, "Applying standards to systematize learning analytics in serious games", *Computer Standards & Interfaces, vol. 50,* pp. 116-123. 2017. doi:10.1016/j.csi.2016.09.014. (in English)
[17] Y. Wang, H. Li, "Leveraging xAPI for group-based learning analytics in collaborative e-learning environments", *Computers & Education, 165, 104152*. 2021. (in English)
[18] H. AlQaheri, M. Panda. "An Education Process Mining Framework: Unveiling Meaningful Information for Understanding Students' Learning Behavior and Improving Teaching Quality", *Information* 2022, *13*, 29. https://doi.org/10.3390/info13010029(in English)
[19] *xAPI Profile Server to Launch in 2021*. [Online]. Available: https://www.adlnet.gov/news/2020/12/02/xAPI-Profile-Server-to-Launch-in-2021/ (in English)
[20] A. B. Barr, J. D. Fletcher, J. E. Morrison, "*The Advanced Distributed Learning's Total Learning Architecture: IDA Report 2020*". [Online]. Available: https://www.ida.org/-/media/feature/publications/t/th/the-advanced-distributed-learnings-total-learning-architecture-ida-report-2020/d-13198.ashx (in English)
[21] *adlnet/CATAPULT*. [Online]. Available: https://github.com/adlnet/CATAPULT (in English)
[22] *adlnet/Moodle-mod_cmi5launch,* [Online]. Available: https://github.com/adlnet/Moodle-mod_cmi5launch (in English)
[23] *Enhance your LMS with exceptional analytics using xAPI*. [Online]. Available: https://www.larmerbrown.com/articles/enhance-your-lms-with-exceptional-analytics-using-xapi/ (in English)
[24] T. Rutherford, *Introducing (officially) our latest product, Rustici Generator*. [Online]. Available: https://rusticisoftware.com/blog/introducing-officially-our-latest-product-rustici-generator/ (in English)
[25] Logstore xAPI. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/logstore_xapi (in English)
[26] Fadjimata I.Anaroua, Qing Li, Yan Tang, Hong P.Liu. *AI-driven formative assessment and adaptive learning in data-science education: Evaluating an LLM-powered virtual teaching assistant*. 17 Sep 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.20369 (in English)

(cc) BY-NC-SA

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