УДК 004.78:373.1

Носенко Ю. Г.
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, Україна

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД KNEWTON ЯК ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО КОНТЕНТУ

DOI: 10.14308/ite000727

У статті проаналізовано теоретичне підґрунтя платформи адаптивного навчання Knewton, визначено переваги й перспективи її використання у освітньому процесі.

Платформа Knewton, розроблена однойменною компанією (США), стала однією з перших адаптивних освітніх платформ у світі та наразі є безперечним лідером світу в зазначеному контексті. Вона забезпечує неперервну адаптивність, постійно накопичуючи дані про кожного учня/студента та належним чином вибудовуючи індивідуальну траєкторію навчання, формуючи відповідні рекомендації в режимі реального часу. Сама компанія Knewton не розробляє готові курси, натомість забезпечує діяльність платформи, яка пропонує розробникам певні алгоритми адаптування освітнього контенту.

Теоретичне підґрунтя платформи Knewton складає низка моделей і підходів, серед яких: теорія тестових завдань (item response theory), імовірнісні графові моделі (probabilistic graphical models), ієрархічна агломераційна кластеризація даних (hierarchical agglomerative clustering).

Серед засобів Knewton, що забезпечують персоналізацію навчання, розглядаємо такі, як граф знань (knowledge graph), постійне підкріплення, криві навчання (learning curves), навчальний профіль учня/студента (student learning profile), мережний ефект (network effects).

До основних переваг Knewton для учнів/студентів зараховуємо : миттєвий «фідбек», колаборацію, гейміфікацію. До переваг для педагогів – задоволення різноманітних потреб учнів/студентів, моніторинг прогресу цілого класу, моніторинг прогресу окремого учня/студента, удосконалення змісту освітніх програм.

Надано загальні рекомендації щодо розробки адаптивного курсу на базі Knewton (на прикладі програми Alta). Схарактеризовано моделі потенційного застосування платформи Knewton: «віч-на-віч», «ротація», «гнучкість», «онлайн-лабораторія», «self-blend», «онлайн-користувач».

Зважаючи на те, що практичний досвід застосування адаптивних систем навчання як в Україні, так і у світі загалом, є досить незначним, вважаємо, що важливим є розгляд теоретичних основ цих технологій, критична оцінка їхніх переваг і недоліків, а також перспектив упровадження та використання. У подальшому плануємо розробити рекомендації для вітчизняних педагогів щодо створення освітніх курсів на базі платформи Knewton.

Ключові слова: *Knewton, адаптивне навчання, платформа адаптивного навчання, персоналізація, індивідуальна освітня траєкторія.*

Носенко Ю. Г.

Постановка проблеми. В умовах сучасних трансформацій соціально-економічних, політичних, технологічних систем, повсюдної цифровізації, швидкого оновлення змісту та контекстів навчання, появи нових наукових фактів, змін у професійних стандартах, вимогах та очікувань працедавців формується соціальний попит на фахівців, які можуть постійно вдосконалювати свою компетентність. Підготовка фахівців, здатних працювати в динамічному середовищі, адаптуватися до постійних змін, формувати міжпредметні зв'язки, включаючи використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), є важливим завданням сучасної галузі освіти.

Нині підготовка професіонала виходить за межі традиційного аудиторного навчання. Натомість з'являються нові комбіновані форми (змішане навчання, перевернутий клас та ін.), які потребують широкого застосування новітніх ІКТ. Окрім поліпшення доступу до освітніх послуг, урізноманітнення методик освітньої взаємодії, забезпечення мультимедійності контенту і т.ін., розробники сучасних ІКТ прагнуть до створення засобів, які «адаптувалися» б до потреб кожного користувача, забезпечували максимальну персоналізацію, індивідуалізацію освітньої траєкторії.

Із розвитком технологій, вебпростору і хмарних обчислень можливості персоналізації та забезпечення адаптивності значно зростають. Хоча сучасні адаптивні системи навчання ще перебувають у процесі вивчення, вони поступово розвиваються і впроваджуються в педагогічну практику різних країн світу. Ці системи спрямовані на забезпечення персоналізації навчання шляхом динамічного пристосування (адаптування) до рівня та тематики освітнього курсу, що обумовлюється здібностями, знаннями й навичками окремого учня/студента. «Відслідковуючи», що саме учень/студент знає та вміє, система з високою вірогідністю вибудовує індивідуальну освітню траєкторію, планомірно «переміщуючи» його/її від одного контент-блоку до наступного, доки не будуть досягнуті планові результати.

У зазначеному контексті знаковою і значущою є досвід компанії Knewton (США), яка розробила однойменну платформу адаптивного навчання, що наразі є безперечним лідером світу серед аналогічних платформ. Зважаючи на те, що практичний досвід застосування адаптивних систем навчання як в Україні, так і у світі загалом, є досить незначним, важливим є розгляд теоретичних основ цих технологій, критична оцінка їхніх переваг і недоліків, а також перспектив упровадження та використання.

Аналіз останніх наукових досліджень. Використання адаптивних можливостей сучасних ІКТ в освіті досліджено у працях В. Бондаря, П. Брусиловського, Ю. Бунтурі, Т. Давиденко, В. Дем'яненка [1; 2], М. Зуєвої, Н. Капустіна, С. Литвинової, В. Пішванової [3], М. Попель [4], С. Прийми, П. Федорука, М. Шишкіної та ін.

Так, суть реформування сучасної освіти та основні принципи ефективного функціонування адаптивної освіти, заснованої на застосуванні новітніх ІКТ, розкрита в роботі В. Пішванової [3]. У дослідженнях В. Дем'яненка висвітлено актуальні питання реалізації адаптивного навчання шляхом створення освітніх сервісів на сучасних хмарних платформах, розглянуто концептуальні підходи до реалізації індивідуальних освітніх потреб учня за принципом «будь-де, будь-коли» [2], обґрунтовано й розроблено концептуальну модель адаптивної освітньої системи інформаційного простору відкритої освіти на основі досягнень цифрової індустрії та принципах побудови «Суспільства 5.0.» [1]. М. Попель досліджувала сучасний стан розвитку наукових досліджень проєктування адаптивних хмаро орієнтованих систем [4]. П. Федоруком досліджено розвиток системи дистанційного навчання у світі, сучасні проблеми теорії та методики контролю знань із використанням інтелектуальних вебтехнологій [5].

Теорія і практика розроблення та використання адаптивних систем навчання досліджується закордонними експертами, серед яких: P. Brusilovsky [6], J. Ferreira, J. Jarrett [7], J. Lee [8], M. Murray [9], K. Wauters [10], Oneto L. [11], F. Abel, Pugliese L. [12; 13], T. Zimmer [14] та ін.

Досвід розроблення адаптивного масового відкритого онлайн-курсу на базі хмарної архітектури Amazon Web Services представлено в праці N. Sonwalkar [15]. У дослідженні [16] розглянуто зміст поняття адаптивних технологій, проаналізовано потенціал їхнього застосування в освіті, схарактеризовано інфраструктуру, необхідну для успішного впровадження цих технологій тощо. У [17] розглянуто основні поняття, розкрито можливості використання адаптивних технологій під час вивчення англійської мови, представлено можливості підготовки й розвитку вчителів для ефективної роботи з технологіями. У роботі [18] проаналізовано ефективність застосування адаптивної освітньої платформи Wiley Plus ORION у процесі вивчення фізики, зіставлено результати тестування студентів засобами адаптивного тесту та звичайного бланкового (паперового) тесту. У [19] проаналізовано результати експерименту з упровадження адаптивного функціоналу в масовий відкритий онлайн-курс (MOOC) на базі edX. Указано на переваги, а також на недоліки зазначеної технології, що потребують доопрацювання.

У дослідженні [11] здійснено спробу надати адаптивності системі управління навчання (LMS), уключаючи адаптивність до цілей, стартового рівня знань, індивідуального стилю навчання, а також до аналогічних характеристик групи задля ефективної колаборативної роботи. У дослідженні [20] представлено результати опитування вчителів щодо їхнього досвіду використання адаптивних технологій у роботі з учнями з особливими потребами, їхнє бачення переваг цих технологій та перепон щодо впровадження тощо.

У попередніх працях автора було визначено сутність адаптивних систем навчання на основі ІКТ, стан їхнього використання у вітчизняних закладах педагогічної освіти [21], схарактеризовано сучасні технології, використання яких сприяє персоналізації освітнього середовища [22], досліджено сучасний стан і перспективи використання хмаро орієнтованих систем навчання в підготовці вітчизняних педагогів [23].

Поряд із цим поза увагою вітчизняної наукової спільноти залишився аналіз характеристик, теоретичних засад розроблення, переваг, недоліків та преспектив використання платформи адаптивного навчання Knewton (США), що нині є безперечним лідером світу серед аналогічних платформ.

Мета: проаналізувати теоретичне підґрунтя платформи адаптивного навчання Knewton, визначити переваги й перспективи її використання у освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу. Платформа Knewton, розроблена однойменною компанією, стала однією з перших адаптивних освітніх платформ у світі. У результаті кропіткої теоретичної й емпіричної роботи були створені універсальні алгоритми збору та аналізу відомостей про індивідуальний прогрес кожного учня/студента:

- система збору даних (накопичення відомостей про знання конкретного учня/студента);
- система висновків (на основі накопичених даних про особливості та прогрес учня/студента – унесення відповідних налаштувань контенту);
- система персоналізації (на основі всіх отриманих та проаналізованих даних про учня/студента – формування оптимальної стратегії навчання, аналітичне прогнозування подальших успіхів).

При цьому в системі Knewton зберігаються всі відомості про кожного учня/студента (які теми пройдено, на які тестові питання дано правильну/неправильну відповідь, скільки часу думав над відповіддю тощо). Персоналізований гнучкий курс миттєво реагує на кожну дію, обчислюючи, які теми опановані недостатньо. Так, відбувається майже миттєве адаптування до рівня знань і цілей (учня/студента), виявлення прогалин та пропонуються найбільш оптимальні кроки щодо усунення їх.

Компанія Knewton не є розробником готових курсів, натомість забезпечує діяльність платформи, яка пропонує розробникам певні алгоритми адаптування освітнього контенту та дозволяє створювати гнучкі персоналізовані курси. Інші програми можна підключати до платформи Knewton за допомогою API.

Теоретичне підґрунтя платформи адаптивного навчання Knewton. Безумовно, не існує однакових учнів/студентів – кожна особистість навчається, сприймає й засвоює дидактичний матеріал у своєму темпі, виходячи з власного попереднього досвіду, психічних особливостей (довільної уваги, пам'яті, інтелектуальних можливостей, специфіки мислення, темпераменту тощо) та ін. У зв'язку з цим створення універсального програмного засобу, що здатний швидко і якісно, у режимі реального часу «відслідковувати» всі ці особливості та належним чином «реагувати», є надзвичайно складною задачею. Значною мірою розробка компанії Knewton наблизилася до її розв'язання шляхом залучення низки моделей і підходів [24]. Розглянемо їх детальніше.

Теорія тестових завдань (Item Response Theory (IRT)). Основна ідея IRT полягає в тому, щоби виміряти рівень знань не лише за кількістю правильних відповідей учня/студента, а й ступенем складності їх. Наприклад, у тесті маємо 1 складне запитання і 1 просте. За традиційним підходом, якщо обидва учні/студенти правильно відповіли на 1 із запропонованих запитань (неважливо, яке саме), то вони отримують однакову кількість балів. Натомість за тестом, розробленим за принципами IRT, більше балів отримає той учень/студент, який дав правильну відповідь саме на складне запитання. IRT моделює результати учня/студента, ураховуючи рівень складності кожного запитання, а не сукупну продуктивність усього тесту. Фактично IRT – це комплекс методів, що дозволяють оцінити вірогідність правильних відповідей на запитання різної складності. Отже, «неінформативні» запитання (що не приводять до адекватного розуміння реальних знань учня/студента) завідомо вилучаються з тесту.

Імовірнісні графові моделі (Probabilistic Graphical Models (PGM). Цей фреймворк охоплює статистичні методи (зокрема, Баєсові мережі та Марковські випадкові поля), дозволяє фахівцям Data Science кодувати та маніпулювати розподілами ймовірностей у багатовимірних просторах, що містять сотні й тисячі змінних. Іншими словами, підхід PGM дає можливість аналітикам Knewton будувати складні моделі за одним ефектом, пов'язуючи багато видів освітньої діяльності, що здійснюється користувачами платформи, з оцінками, корисними для подальшого формування рекомендацій. Застосування цього підходу дозволяє платформі на основі матеріалу, що вже опанований учнем/студентом, визначити, які наступні теми чи розділи він/вона готовий опановувати. Наприклад, якщо вже опановано тему звичайних дробів, Knewton може «запропонувати» до вивчення тему з десяткових дробів та ін. Виявлення такого роду співвідношень дозволяє платформі постійно вдосконалювати рекомендації для користувачів.

Ієрархічна агломераційна кластеризація даних (Hierarchical agglomerative clustering) – це методика аналізу, спрямована на побудову ієрархії чи структури кластерів. У Knewton вона застосовується для виявлення прихованих структур у великих групах та побудови алгоритмів, що визначають, яким чином потрібно групувати користувачів (учнів/студентів), за якими ознаками. Наприклад, за рівнем складності матеріалу, над яким зараз вони працюють, чи ін. [24]

Засоби Knewton для персоналізації навчання. Рекомендації, що формуються адаптивною платформою в процесі проходження курсу користувачем (які тематики вже засвоєні, над якими потрібно додатково попрацювати та ін.), є персоналізованими, ураховують надширокий спектр особливостей та досвіду кожного окремого учня/студента. Для забезпечення максимальної персоналізації розробники застосовують низку методик, серед яких: граф знань, постійне підкріплення, криві навчання, навчальний профіль учня/студента, мережний ефект.

Граф знань (Knowledge graph). Усі освітні курси, розміщені на платформі Knewton, пов'язані між собою через граф знань – міждисциплінарну базу знань. Рекомендації, що формуються Knewton, спрямовують кожного учня/студента до певних «пунктів» графу персоналізованим та часто міждисциплінарним шляхом, ураховуючи, що користувач уже засвоїв, поступово з кожним кроком наближаючи до досягнення попередньо визначених цілей навчання. Чим багатше змістове наповнення певного курсу, розміщеного в Knewton,

тим більшої адаптивності від набуває. До прикладу, на рис. 1 візуалізовно індивідуальні траєкторії проходження одного й того ж курсу двома різними студентами. Граф знань уможливлює попередньо «відслідковувати» взаємозв'язки між засвоєними і незасвоєними поняттями для кожного користувача. Отже, Knewton дає можливість «провести» кожного користувача найбільш оптимальним персоналізованим шляхом, минаючи вже засвоєні змістові розділи та звертаючись до ще не вивчених і т. ін.

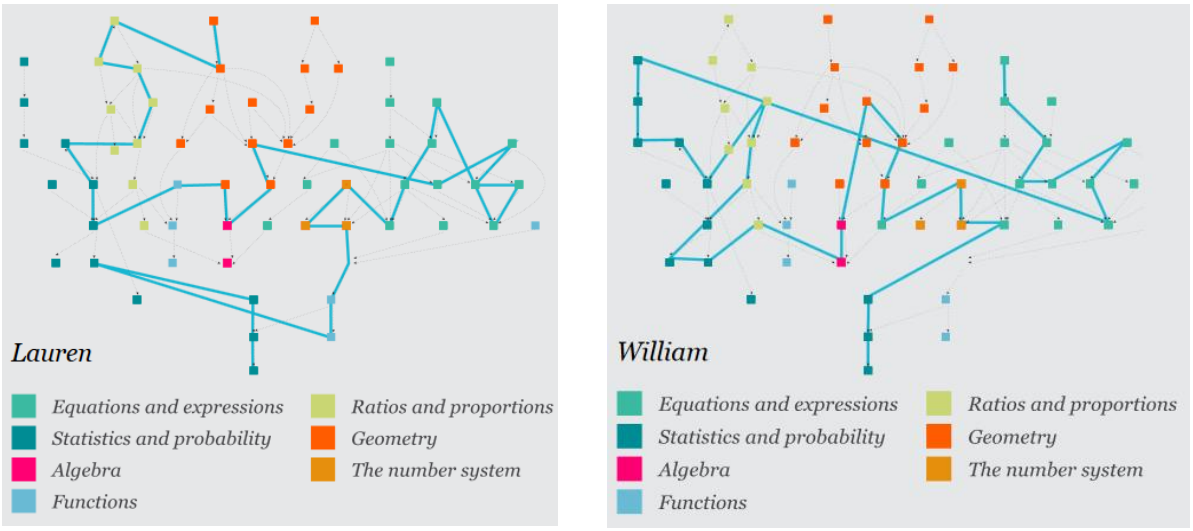

Рис. 1. Індивідуальні траєкторії проходження одного курсу двома студентами на платформі адаптивного навчання Knewton

Постійне підкріплення. Традиційний метод заучування, або «зубріння», вимагає від учнів/студентів постійного опановування нових знань у короткі проміжки часу. Натомість метод постійного підкріплення зумовлює поступове «нарощування» нових відомостей на вже відомі поняття. Іншими словами, одночасно з уведенням нових концепцій відбувається підкріплення (повторення) попередньо вивчених, новий матеріал вводиться поступово, «уплітаючись» у раніше опанований. Цей процес триває довше, ніж звичайне заучування, але призводить до кращого й тривалішого ефекту – нові знання засвоюються більш усвідомлено та глибоко.

Криві навчання (Learning curves). Двигун Knewton, що відповідає за формування рекомендацій, виявляє та враховує ситуації, коли рівень здобутих знань учня/студента починає знижуватися (наприклад, через забування). Надихнувшись роботою Германна Ебангауса (Hermann Ebbinghaus) щодо збереження пам'яті та кривих навчання, фахівці Knewton використовували криві експоненціального зростання та спадання для моделювання змін у знаннях учнів/студентів та забуванні їх. Ці криві регулюються такою передумовою: кожного разу, коли учні/студенти вивчають певну тему, платформа паралельно постійно випробовує їх з цієї теми, пропонуючи відповідні завдання. В іншому ж випадку здобуті знання будуть поступово забуватися. Інтегруючи зазначену криву в двигун Knewton, платформа може фіксувати, яким чином рівень знань учня/студента зростає і зменшується залежно від того, як і коли він/вона «просувається» до змісту. Зрештою, цей процес, що є постійним, неперервним, створює умови, за яких платформа може оперативно реагувати та належним чином вибудовувати траєкторію учня/студента у міру вивчення курсу.

Навчальний профіль учня/студента (Student learning profile). Існує можливість підтримки постійно оновлюваного освітнього профілю, що містить інформацію про освітню траєкторію учня/студента, його/її здобуті знання, сильні і слабкі сторони відносно засвоєння матеріалу тощо. Профіль прогресує у міру того, наскільки довго користувач працює з Knewton. Чим довше й частіше учень/студент використовує платформу, тим більше даних вона накопичує і тим точніше таргетує навчальний матеріал.

Мережний ефект (Network effects). Чим більше учнів/студентів використовують платформу Knewton, тим вона стає потужнішою, з'являються більш філігранні зв'язки між змістом і поняттями, а рекомендації стають більш точними. Для кожного учня/студента, який вивчає окреме поняття, платформа «знаходить» велику сукупність схожих учнів/студентів (від сотень і тисяч до мільйонів), які це поняття вже вивчили. Далі платформа «аналізує», хто з інших користувачів виконав завдання найкраще, і на основі цього вибудовує найбільш оптимальний і ефективний персоналізований шлях. Мережеві ефекти є природним наслідком графа та ін. моделей і підходів, які Knewton використовує для формування рекомендацій. Відповідь учня/студента на кожне запитання є лише крихітним записом у широкому масиві даних, але, коли він поширюється по всій системі та сприймається в контексті, значення цієї інформації надзвичайно посилюється [24].

Отже, платформа адаптивного навчання Knewton забезпечує неперервну адаптивність (continuous adaptivity), постійно накопичуючи дані про кожного учня/студента та належним чином вибудовуючи індивідуальну траєкторію навчання, формуючи відповідні рекомендації в режимі реального часу.

Knewton у освітньому класі. Адаптивне онлайн-навчання дає можливість реалізувати освітній процес у масштабований спосіб. До прикладу, програма «Math Readiness» від Knewton створює кероване середовище, у якому педагогічний вплив (інструктування) оптимізується під час занять під кожного студента, забезпечуючи особисті шляхи навчання шляхом постійного оцінювання індивідуального прогресу та, залежно від результатів, відповідних адаптивних заходів. Уроки складаються з відеороликів, добору підручників у мережі Інтернет, уроків-вікторин. У міру проходження курсу студенти «заробляють» відповідні відзнаки («значки»). За результатами роботи з програмою «Math Readiness» від Knewton, у формі змішаного навчання, до якого було залучено понад 2 тис. студентів-математиків (Арізонський державний університет, США), установлено, що збільшилася частка студентів, які успішно завершили курс (з 64 % до 75 %), при цьому 45 % з них завершили раніше запланованого терміну. Частка тих, хто не завершив навчання, зменшилася з 16% до 7% [25].

Свої погляди на організацію навчання з використанням платформи Knewton висловлює викладач того ж університету Ірен Блум (Irene Bloom). На її переконання, динаміка в аудиторії змінилася на краще, студенти значну частину заняття проводять в роботі з групою, обговорюючи і пояснюючи один одному навчальний матеріал. Більшість часу різні групи працюють над різними питаннями, що спочатку може викликати певне збентеження у викладача, який звик, що всі студенти мають перебувати приблизно на одному щаблі компетентності. Але оскільки кожний студент працює у власному темпі і за індивідуальною траєкторію, доводиться забезпечувати їх супровід з тієї точки, де саме вони перебувають [24].

Переваги Knewton для студентів. Адаптивне навчання з Knewton сприяє кращому залученню студентів за рахунок зменшення дискомфорту та фрустрації, заохочення продуктивних звичок до навчання, підвищення впевненості в собі.

Миттєвий «фідбек». Завдяки миттєвому зворотному зв'язку студенти можуть швидко самокоригуватися, не втрачаючи фокуса з освітньої лінії і не допускаючи прогалин, швидше й ефективніше опановувати змістові блоки.

Колаборація. Адаптивна система здатна покращити залученість студентів у групову взаємодію, колаборацію, співпрацю, додаючи соціальний компонент в освітній процес. Наприклад, програма «Math Readiness» пропонує інформаційну панель, що дозволяє педагогам групувати студентів, які працюють над подібним матеріалом.

Гейміфікація. Необмежена кількість спроб демонстрації своїх навичок, обмірковування своїх кроків та можливість отримання швидкого фідбеку (зворотного зв'язку) робить адаптивну систему подібною до комп'ютерних ігор. Адаптивні курси здатні «утримувати» учнів/студентів у «потоковому» ігровому стані, поступово нарощуючи рівні складності,

аналогічно рівням складності в комп'ютерних іграх. Ці та інші ігрові елементи можна вдосконалювати, щоб поглибити гейміфікований досвід учасників.

Переваги Knewton для педагогів. Адаптивне навчання з Knewton формує у вчителів уявлення про процес навчання з погляду ефективності, залученості в процес, міцності знань. Платформа забезпечує гнучкість застосування, можливість прослідковувати закономірності діяльності та прогресування/відставання як класу загалом, так і кожного учня/студента зокрема.

Задоволення різноманітних потреб учнів/студентів. Сучасні вчителі та адміністратори шкіл стикаються з дедалі більшою різноманітністю учнів/студентів (полілінгвізм, проблеми з концентрацією уваги тощо). Більша різноманітність означає більшу кількість потреб, які слід ураховувати. Адаптивне навчання з Knewton дає можливість педагогам задовольняти потреби різних учнів/студентів. Платформа може виявити, що учень, який має, наприклад, проблеми з математикою, має їх через проблеми з читанням. У такому разі платформа буде направляти учня/студента на відповідний матеріал та пропонувати рекомендації педагогу.

Моніторинг прогресу цілого класу. Інформаційна панель (наприклад, у програмі «Math Readiness» від Knewton) забезпечує можливість оцінити прогрес усього класу. Використовуючи цю інформаційну панель, педагоги також можуть бачити, як навчаються учні/студенти в окремих предметних сферах, які сегменти матеріалу є найбільш і найменш складними тощо. Після кількох років викладання того самого курсу викладачі зможуть порівнювати дані з року в рік.

Моніторинг прогресу окремого учня/студента. Інформаційна панель програми «Math Readiness» від Knewton також дозволяє детально вивчати роботу кожного учня (його інтерфейс) у системі: результати складання іспитів, розділи, що важко засвоюються тощо. Використовуючи аналітику платформи, можна моніторити «проблемні» відрізки в засвоєнні освітньої інформації та вчасно корегувати їх. Це дозволяє вчителям запобігати прогалинам, краще розуміти їхній зміст, удосконалювати педагогічний процес із року в рік.

Удосконалення змісту освітніх програм. Інформаційна панель в Knewton дозволяє педагогу вимірювати ефективність освітнього контенту, визначати сильні та слабкі аспекти освітніх програм. Це забезпечує неперервне вдосконалення змісту освітніх програм, запобігання тому, що учні/студенти стикаються із застарілими або неефективними матеріалами.

Рекомендації щодо розробки адаптивного курсу на базі Knewton (на прикладі програми Alta). Доцільно згадати, що Knewton не є розробником готових курсів, натомість забезпечує діяльність платформи, яка пропонує розробникам певні алгоритми адаптування освітнього контенту та дозволяє створювати гнучкі персоналізовані курси. Пропонуємо деякі рекомендації з розробки адаптивного курсу в програмі Alta на базі платформи Knewton [26]:

- у системі скасувати обрання цілей навчання, що не відповідають цілям курсу;
- налаштувати освітні цілі до кожного завдання в Alta, щоб уключати лише ті, які відповідають запланованим результатам навчання або цілям курсу;
- розраховувати час – скільки часу відводиться на кожне завдання, і планувати курс, виходячи з цього. У середньому завдання в Alta займає близько 25-40 хв.;
- розміщувати завдання із зазначенням термінів виконання їх протягом семестру. Це допоможе учням/студентам керувати своїм часом та завершити виконання в більш зручний та ефективний спосіб;
- доцільно поєднувати адаптивні завдання з різними видами оцінювання – неадаптивним (напр., вікторинами) та адаптивним (напр., тестування), що призводить до кращих результатів;
- перед початком занять важливо пояснити учням/студентам, які звикли до лінійного оцінювання, сутність адаптивності.

Моделі потенційного застосування платформи Knewton. Застосування платформи Knewton можливе як підтримка стаціонарного, дистанційного та/або змішаного навчання.

Розуміння базових моделей допоможе учням/студентам, батькам підготуватися відповідним чином:

- модель «віч-на-віч» (face-to-face) – педагог викладає більшу частину освітньої програми. Онлайн навчання проходить епізодично як доповнення до основної аудиторної роботи;
- модель «ротація» (rotation) – у рамках певного освітнього курсу учні/студенти чередують аудиторне на онлайн-навчання за встановленим графіком. При цьому під час самостійної віддаленої роботи надається консультативна підтримка викладача;
- модель «гнучкіть» (flex) – платформа забезпечує більшу частину освітньої програми онлайн. Викладачі надають на місці необхідну підтримку за допомогою індивідуального навчання або невеликих групових занять;
- модель «онлайн-лабораторія» (online Lab) – дисципліна вивчається в умовах онлайн навчання, але не віддалено, а на базі закладу освіти (наприклад, у комп'ютерному класі), чергуючись з аудиторною роботою;
- модель «self-blend» – учні/студенти проходять дистанційні онлайн-курси, щоб доповнити традиційну освітню програму закладу загальної середньої освіти (самостійно добирають курси, додаткові до основних, наприклад, МООС).
- модель «онлайн-користувач» («online driver») – навчання переважно проходить в режимі онлайн, з використанням електронних освітніх ресурсів. Взаємодія з викладачами проходить періодично в режимі онлайн-консультацій.

Висновки. Отже, Knewton – це зручна платформа з інтуїтивним інтерфейсом, прекрасною юзабіліті й потужним двигуном, що забезпечують надійну підтримку адаптивного навчання.

До *загальних переваг* її використання зараховуємо:

- простий, інтуїтивний інтерфейс, зрозумілий і дітям, і дорослим;
- легкість використання (у середньому створення одного юніта із завданнями займає близько 5 хв.);
- ефективне формування й закріплення навичок з дисципліни;
- надійний інструмент у підтримці стаціонарного, дистанційного й змішаного навчання;
- адаптивний інструмент, що «підлаштовується» під кожного користувача залежно від його індивідуальних особливостей і освітнього прогресу.

Поряд із низкою переваг варто зважати і на певні *недоліки*:

- обмежений набір наявних тем для вивчення й тестування, оскільки їхнє наповнення потребує значних ресурсів, у т.ч. часових;
- наповнення контенту, технічна підтримка та ін. здійснюється виключно англійською мовою і найближчим часом переклад на інші мови не передбачено;
- потенційна можливість появи певних багів, збоїв, оскільки платформа Knewton постійно розвивається, доопрацьовується й тестується;
- вартість, зависока для окремих верств населення. До прикладу, станом на серпень 2020 р. існують такі плани оплати з розрахунку на одного учня/студента: 9.95 $ (1 місяць), 39.95 $ (1 семестр), 79.95 $ (до 2 років).

Адаптивні системи й платформи наразі розвиваються, поступово здобуваючи прихильність користувачів. Такі системи краще й швидше налаштовуються, відкриті до модифікацій. Алгоритми, що в них закладені, обробляють результати кожного учня/студента в режимі реального часу й залежно від цього коригують зміст, темп та ін., що зрештою сприяє персоналізації навчання, побудові ефективних індивідуальних освітніх траєкторій.

У подальшому плануємо розробити рекомендації для вітчизняних педагогів щодо створення освітніх курсів на базі платформи Knewton.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дем'яненко, В. М. (2020). Модель адаптивної освітньої системи інформаційного простору відкритої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 3 (77), 27–38. Доступно за посиланням: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3603/1664
2. Дем'яненко, В. М. (2017). Освітні сервіси персоналізованого навчання. *Комп'ютер у закладах загальної середньої освіти та сім'ї,* 5 (141), 24–27.
3. Пішванова, В. О. (2015). Принципи адаптивного навчання. *Вісник Запорізького національного університету. Пед. науки*, 1, 178–183.
4. Попель, М. В. (2018). Сучасний стан розвитку наукових досліджень проєктування адаптивних хмаро орієнтованих систем, *Адаптивні технології управління навчанням,* матеріали четвертої міжн. конф. Одеса.
5. Федорук, П. І. (2008). *Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Інтернет-технологій*. Івано-Франківськ: Прикарпат. нац. ун-т ім. В.Стефаника.
6. Brusilovsky, P., & Peylo, C. (2003). Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13 (2-4), 159–172.
7. Jarrett, J. (2013). Bigfoot, Goldilocks and moonshots: A report from the frontiers of personalized learning. EDUCAUSE Review. Retrieved from: http://www.educause.edu/ero/article/bigfoot-goldilocks-and-moonshots-report-frontiers-personalized-learning
8. Lee, J., & Park, O. (2008). Adaptive instructional systems. In J. M Spector, M. D. Merrill, J. van Mer-rienboer, & M. P. Driscoll (Eds.), Handbook of research on educational communications and technol-ogy (3rd ed., pp. 469-484). New York: Lawrence Erlbaum.
9. Murray, M. C., & Pérez, J. (2015). Informing and performing: A study comparing adaptive learning to traditional learning. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 18, 111–125. Retrieved from http://www.inform.nu/Articles/Vol18/ISJv18p111-125Murray1572.pdf
10. Wauters, K., Desmet, P., & Van den Noorgate, W. (2010). Adaptive item-based learning environments based on the item response theory: Possibilities and challenges. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26, 549–562.
11. Oneto, L., Abel, F., Herder, T., Smits D. (2009). Making today's Learning Management Systems adaptivey. Retrieved from: http://wwwis.win.tue.nl/lms-ale-09/Oneto_paper.pdf
12. Pugliese, L. (2016). Adaptive Learning Systems: Surviving the Storm. EDUCAUSE Review. Retrieved from: https://er.educause.edu/articles/2016/10/adaptive-learning-systems-surviving-the-storm.
13. Pugliese, L. (2016). The Visualization for an Ideal Adaptable Learning Ecosystem. IMS Global Learning Consortium. Retrieved from: https://www.imsglobal.org/adaptive-adaptable-next-generation-personalized-learning#visualizationforidealadaptablelearningecosystem.
14. Zimmer, T. (2014). Rethinking higher ed: A case for adaptive learning. Retrieved from: http://www.forbes.com/sites/ccap/2014/10/22/rethinking-higher-ed-a-case-for-adaptive-learning/
15. Sonwalkar, N. (2013). The First Adaptive MOOC: A Case Study on Pedagogy Framework and Scalable Cloud Architecture. Retrieved from: https://www.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/mooc.2013.0007 (in English).
16. Adaptive Educational Technologies: Tools for Learning and for Learning About Learning. Retrieved from: http://www7.national-academies.org/naed/cs/groups/naedsite/documents/webpage/naed_085633.pdf
17. Personalization of language learning through adaptive technology. Retrieved from: https://languageresearch.cambridge.org/images/Language_Research/CambridgePapers/CambridgePapersinELT_AdaptiveLearning_2017_ONLINE.pdf

18. Basitere, M., & Ivala, E. (2017). Evaluation of an adaptive learning technology in a first-year extended curriculumprogramme physics course. *South African Computer Journal*, 29 (3), 1–15. Retrieved from: https://doi.org/10.18489/sacj.v29i3.476
19. Rosen, Y., Rushkin, I., Rubin, R., Munson, L., Ang, A., Weber, G., Lopez, G. & Tingley, D. (2018). The effects of adaptive learning in a massive open online course on learners' skill development. 1-8. Retrieved from: https://vpal.harvard.edu/files/vpl/files/effects_of_adaptive_learning.pdf
20. Balme, L., Adaptive Technology in Special Education: How does it Help our Students? (2015). Education Masters. Paper 311. Retrieved from: https://fisherpub.sjfc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1312&context=education_ETD_masters
21. Носенко, Ю. Г. (2018). Адаптивні системи навчання: сутність, характеристика, стан використання у вітчизняних закладах педагогічної освіти. *Фізико-математична освіта*. 3 (17), 73–78.
22. Носенко, Ю. Г., & Шишкіна, М. П. (2018). Технології підтримки персоніфікованого освітнього середовища. *Нова педагогічна думка*. 3 (95), 45–50.
23. Nosenko, Yu., Popel, M., & Shyshkina, M. (2019). The state of the art and perspectives of using adaptive cloud-based learning systems in higher education pedagogical institutions (the scope of Ukraine). *Cloud Technologies in Education:* Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education. CEUR, 2433, 173–183. Retrieved from: http://ceur-ws.org/Vol-2433/paper10.pdf
24. Knewton adaptive learning Building the world's most powerful recommendation engine for education. Retrieved from: https://cdn.tc-library.org/Edlab/Knewton-adaptive-learning-white-paper-1.pdf
25. Research Evidence on the Use of Learning Analytics. Implications for Education Policy (2016). Retrieved from: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104031/lfna28294enn.pdf
26. Knewton Alta: Quick Start Guide. Retrieved from: https://docs.google.com/document/d/1V90Men69jcbjtBfI-raUl-cnDyugz8V6sxhyYApx8xI/edit#heading=h.hztaz3tfrc27

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Dem'yanenko, V. M. (2020). Model of adaptive educational system of information space of open education. *Informacijni texnologiyi i zasoby` navchannya*, 3 (77), 27–38. Retrieved from: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3603/1664 (in Ukrainian).
2. Dem'yanenko, V. M. (2017). Educational services for personalized learning. *Komp'yuter u shkoli ta sim'yi*, 5 (141), 24–27 (in Ukrainian).
3. Pishvanova, V. O. (2015). Principles of adaptive learning. *Visny`k Zaporiz`kogo nacional`nogo universy`tetu. Ped. nauky*, 1, 178–183 (in Ukrainian).
4. Popel, M. B. (2018). The current state of development of research in the design of adaptive cloud-based systems, *Adapty`vni texnologiyi upravlinnya navchannyam* (in Ukrainian).
5. Fedoruk, P. I. (2008). *Adaptive system of distance learning and knowledge control based on intellectual Internet technologie.* Ivano-Frankivsk: Prykarpat. nats. un-t im. V.Stefanyka (in Ukrainian).
6. Brusilovsky, P., & Peylo, C. (2003). Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13 (2-4), 159–172 (in English).
7. Jarrett, J. (2013). Bigfoot, Goldilocks and moonshots: A report from the frontiers of personalized learning. EDUCAUSE Review. Retrieved from: http://www.educause.edu/ero/article/bigfoot-goldilocks-and-moonshots-report-frontiers-personalized-learning (in English).

8. Lee, J., & Park, O. (2008). Adaptive instructional systems. In J. M Spector, M. D. Merrill, J. van Mer-rienboer, & M. P. Driscoll (Eds.), Handbook of research on educational communications and technol-ogy (3rd ed., pp. 469-484). New York: Lawrence Erlbaum (in English).
9. Murray, M. C., & Pérez, J. (2015). Informing and performing: A study comparing adaptive learning to traditional learning. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 18, 111–125. Retrieved from http://www.inform.nu/Articles/Vol18/ISJv18p111-125Murray1572.pdf (in English).
10. Wauters, K., Desmet, P., & Van den Noorgate, W. (2010). Adaptive item-based learning environments based on the item response theory: Possibilities and challenges. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26, 549–562 (in English).
11. Oneto, L., Abel, F., Herder, T., Smits D. (2009). Making today's Learning Management Systems adaptivey. Retrieved from: http://wwwis.win.tue.nl/lms-ale-09/Oneto_paper.pdf (in English).
12. Pugliese, L. (2016). Adaptive Learning Systems: Surviving the Storm. EDUCAUSE Review. Retrieved from: https://er.educause.edu/articles/2016/10/adaptive-learning-systems-surviving-the-storm (in English).
13. Pugliese, L. (2016). The Visualization for an Ideal Adaptable Learning Ecosystem. IMS Global Learning Consortium. Retrieved from: https://www.imsglobal.org/adaptive-adaptable-next-generation-personalized-learning#visualizationforidealadaptablelearningecosystem (in English).
14. Zimmer, T. (2014). Rethinking higher ed: A case for adaptive learning. Retrieved from: http://www.forbes.com/sites/ccap/2014/10/22/rethinking-higher-ed-a-case-for-adaptive-learning/ (in English).
15. Sonwalkar, N. (2013). The First Adaptive MOOC: A Case Study on Pedagogy Framework and Scalable Cloud Architecture. Retrieved from: https://www.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/mooc.2013.0007 (in English).
16. Adaptive Educational Technologies: Tools for Learning and for Learning About Learning. Retrieved from: http://www7.national-academies.org/naed/cs/groups/naedsite/documents/webpage/naed_085633.pdf (in English).
17. Personalization of language learning through adaptive technology. Retrieved from: https://languageresearch.cambridge.org/images/Language_Research/CambridgePapers/CambridgePapersinELT_AdaptiveLearning_2017_ONLINE.pdf (in English).
18. Basitere, M., & Ivala, E. (2017). Evaluation of an adaptive learning technology in a first-year extended curriculumprogramme physics course. *South African Computer Journal*, 29 (3), 1–15. Retrieved from: https://doi.org/10.18489/sacj.v29i3.476 (in English).
19. Rosen, Y., Rushkin, I., Rubin, R., Munson, L., Ang, A., Weber, G., Lopez, G. & Tingley, D. (2018). The effects of adaptive learning in a massive open online course on learners' skill development. 1–8. Retrieved from: https://vpal.harvard.edu/files/vpl/files/effects_of_adaptive_learning.pdf (in English).
20. Balme, L., Adaptive Technology in Special Education: How does it Help our Students? (2015). Education Masters. Paper 311. Retrieved from: https://fisherpub.sjfc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1312&context=education_ETD_masters (in English).
21. Nosenko, Yu. H. (2018). Adaptive learning systems: essence, characteristics, state of use in Ukrainian institutions of pedagogical education. *Fizy`ko-matematy`chna osvita*. 3 (17), 73–78 (in Ukrainian).
22. Nosenko, Yu. H., & Shyshkina, M. P. (2018). Technologies to support a personalized learning environment. *Nova pedagogichna dumka*, 3 (95), 45–50 (in Ukrainian).
23. Nosenko, Yu., Popel, M., & Shyshkina, M. (2019). The state of the art and perspectives of using adaptive cloud-based learning systems in higher education pedagogical institutions (the scope of Ukraine). *Cloud Technologies in Education:* Proceedings of the 6th Workshop

on Cloud Technologies in Education. CEUR, 2433, 173–183. Retrieved from: http://ceur-ws.org/Vol-2433/paper10.pdf (in English).
24. Knewton adaptive learning Building the world's most powerful recommendation engine for education. Retrieved from: https://cdn.tc-library.org/Edlab/Knewton-adaptive-learning-white-paper-1.pdf (in English).
25. Research Evidence on the Use of Learning Analytics. Implications for Education Policy (2016). Retrieved from: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104031/lfna28294enn.pdf (in English).
26. Knewton Alta: Quick Start Guide. Retrieved from: https://docs.google.com/document/d/1V90Men69jcbjtBfI-raUl-cnDyugz8V6sxhyYApx8xI/edit#heading=h.hztaz3tfrc27 (in English).

Стаття надійшла до редакції 10.08.2020.
The article was received 10 August 2020.

Yulia Nosenko
Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine

ANALYTICAL REVIEW OF KNEWTON AS A PLATFORM FOR PERSONALIZATION OF LEARNING CONTENT

The article analyzes the theoretical basis of Knewton adaptive learning platform, identifies the benefits and prospects for its use in the educational process.

The Knewton platform, developed by the company of the same name (USA), became one of the first adaptive learning platforms in the world and is now the undisputed world leader in this context. It provides continuous adaptability, constantly accumulating data about each student and properly building an individual learning trajectory, forming appropriate recommendations in real time. Knewton itself does not develop ready-made courses, but instead provides a platform that offers developers certain algorithms for adapting educational content.

The theoretical basis of the Knewton platform is a number of models and approaches, including: item response theory, probabilistic graphical models, hierarchical agglomerative clustering.

Among the Knewton tools that provide personalization of learning, we consider such as knowledge graph, constant reinforcement, learning curves, student learning profile, network effects.

The main advantages of Knewton for students include: instant "feedback", collaboration, gamification. The advantages for teachers are meeting the various needs of students, monitoring the progress of the whole class, monitoring the progress of an individual student, improving the content of educational programs.

General recommendations for the development of an adaptive course based on Knewton (on the example of the Alta) are given. The models of potential application of the Knewton platform are characterized: "face to face", "rotation", "flex", "online laboratory", "self-blend", "online user".

Given that the practical experience of adaptive learning systems, both in Ukraine and in the world as a whole, is quite small, we believe that it is important to consider the theoretical foundations of these technologies, critically assess their advantages and disadvantages, and prospects for implementation and use. In the future, we plan to develop recommendations for teachers to create training courses based on the Knewton platform.

Keywords: Knewton, adaptive learning, adaptive learning platform, personalization, individual educational trajectory.