

**МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
GOOGLE WAVE**

Б.О. Кузіков, аспірант,
Сумський державний університет, м. Суми

Стаття розглядає модель структури та процесів функціонування адаптивної комп'ютерної навчальної системи на базі неадаптивної КНС із застосуванням технології Google Wave. Названий підхід дозволяє вирішити питання побудови індивідуальної навчальної траєкторії та забезпечує можливості для спілкування між учасниками навчального процесу у контексті навчального матеріалу.

Ключові слова: дистанційне навчання, адаптивні навчальні системи, інтелектуальні агенти.

Статья рассматривает модель структуры и процессов функционирования адаптивной компьютерной учебной системы на базе неадаптивной КОС с применением технологии Google Wave. Указанный подход позволяет решить вопросы построения индивидуальной учебной траектории и обеспечивает возможности для общения между участниками учебного процесса в контексте учебного материала.

Ключевые слова: дистанционное обучение, адаптивные обучающие системы, интеллектуальные агенты.

ВСТУП

У сучасних умовах збереження професійної компетентності стає все більш складним завданням. За оцінками експертів, спеціалісти більшості галузей щорічно мають оновлювати 5 відсотків теоретичних та 20 відсотків практичних знань. Доцільно буде сказати, що існує величина – термін напіврозпаду компетентності – час, за який обсяг знань спеціаліста застаріває на 50 відсотків. Вважається, що ця величина становить приблизно 5 років і має тенденцію до зменшення. Таким чином, збільшення терміну навчання як засіб підготовки кваліфікованих кадрів в умовах експоненціального росту обсягів знань вичерпав себе. Саме тому слід покладатися на внутрішні резерви навчального процесу, передусім на інтенсифікацію та оптимізацію [1]. Одним із засобів інтенсифікації є використання комп'ютерних навчальних систем (КНС).

Основу навчального процесу із застосуванням КНС становить цілеспрямована та контрольована інтенсивна самостійна робота учня, який може навчатися у зручний для нього час, користуючись набором спеціальних навчальних засобів та спираючись на контакт з викладачем [2].

Ключовою перевагою застосування КНС порівняно з іншими засобами є можливість організувати економічно-доцільне індивідуальне навчання завдяки запровадженню адаптивних підходів у навчальний процес. Підкреслимо, що наявність зворотного зв'язку є обов'язковою умовою ефективного навчального процесу. Для організації цього зв'язку у навчання залучено цілий ряд технологій оперативного обміну інформацією, таких як електронна пошта, чати, форуми, миттєві повідомлення (ICQ, Jabber). На нашу думку, головним недоліком цих систем є відірваність спілкування від контексту, у якому в учня виникли труднощі. Одним із шляхів вирішення цього питання є JavaScript-бібліотека, розроблена лабораторією педагогічних інновацій Сумського державного університету [3], яка дозволяє коментувати текст теоретичного матеріалу з прив'язкою коментаря до конкретного абзацу.

Такий підхід дозволяє вирішувати питання студентів та вести їх обговорення у контексті лекційного матеріалу. Слід відмітити частковість даного підходу. Спроби знати засоби інтенсифікації взаємодії між студентами у групі та студентами і викладачем, а також персоналізувати навчальний контент привернули увагу до нової технології, яку було представлено на конференції Google I/O в Сан-Франциско 28 травня 2009 року під лозунгом: «Який би мала вигляд електронна пошта, якщо би її винайшли сьогодні?».

У статті наводиться модель структури та процесів функціонування розподіленого адаптивного навчального середовища, що ґрунтується на неадаптивній навчальній системі із застосуванням інтелектуальних агентів та технології Google Wave. Вказаний підхід дозволяє вирішити питання побудови індивідуальної навчальної траєкторії та забезпечує можливості для спілкування між учасниками навчального процесу у контексті навчального матеріалу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розподілені адаптивні навчальні середовища

У ході історичного розвитку навчальні системи перейшли від одно-користувацьких локальних версій до багатокористувацьких мережевих. Більшість систем, розроблених після 1995 року, вже використовували можливості мережі для доставки знань. Перевагами такого підходу є незалежність від платформи й аудиторії. Мережеве програмне забезпечення, встановлене в одному місці, може бути використане тисячами студентів, незалежно від їх фізичного розташування.

Накопичення інформаційних ресурсів у мережі та інтеграційні процеси, викликані необхідністю оперативної підготовки якісних дистанційних курсів, призвели до створення ряду проектів, таких як Ariadne та Prometheus, орієнтованих на повторне використання навчальних об'єктів або навчальних сервісів розподілених у мережі. Прикладом архітектури, базованої на розподілених сервісах, є запропонована П.Л. Брусіловським – «Дерево знань» (KnowledgeTree) [3]. Ключовою її особливістю є розділення точок входу студентів до навчального простору (навчальних порталів), провайдерів навчальних послуг (сервісів дій) та сервісів збереження моделі користувача. Схематично основні елементи архітектури «Дерево знань» зображені на рисунку 1.

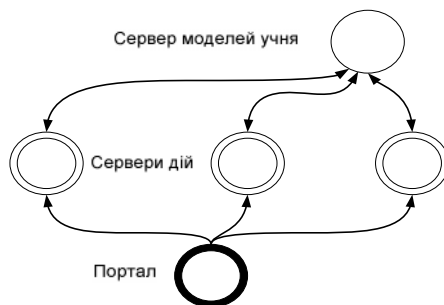


Рисунок 1 - Головні компоненти розподіленої архітектури «Дерево знань»

Зауважмо, що існування подібних проектів можливе лише за наявності цілої низки стандартів на способи взаємодії окремих сервісів та високих вимог до доступності та технічних параметрів з'єднання сервісів, таких як час відгуку, стабільність, пропускна спроможність тощо. Запропонована нижче схема адаптивного ресурсу наслідує архітектуру «Дерево знань», використовуючи як сервери дій комбінацію із

інтелектуального агента та неадаптивної КНС, сервер моделей учня інтегровано в агента. У ролі портала може бути будь-який провайдер хвилі.

Який би мала вигляд електронна пошта, якщо би її винайшли сьогодні?

Google Wave - комп'ютерна платформа, яка має на меті поєднати у собі електронну пошту, миттєву передачу повідомлень, механізми колективного редагування та відслідковування змін (wiki) та соціальну організацію мережі з сильним спільним центром [5]. Розглянемо основні концепції, якими оперують у стандарті Google Wave Federation Protocol [6].

Хвиля (wave) - це ієрархічний обмін інформацією (розмова) одного або декількох учасників. Учасниками взаємодій можуть бути як люди, так і програмні агенти – роботи. Хвиля - це динамічний об'єкт, який утримує актуальний стан інформації та історію її зміни. Хвиля є «живим» об'єктом – учасники можуть взаємодіяти і змінювати хвилю у реальному масштабі часу. Кожна хвиля може складатися з однієї або декількох субхвиль (wavelets).

Субхвиля є ієрархічною розмовою, яка була створена із хвилі (включаючи початкову точку взаємодії). Субхвилі утримують одне чи більше повідомлень, які називаються сплесками (blips). Субхвиля є базовою одиницею контролю доступу у хвилі. Кожен із учасників субхвилі має повний доступ до читання та зміну інформації, яку утримує субхвиля. Бібліотека Google Wave API оперує інформацією на рівні субхвиль та нижче.

Нові субхвилі, що були породжені від хвилі, не успадковують права доступу будь-якого із своїх батьків. Це означає, що у рамках однієї хвилі може існувати багато приватних розмов, які, у свою чергу, стають субхвилями, хоча при цьому залишаються у рамках загальної хвилі.

Базовою одиницею розмови є сплеск. Сплеск є одиничним повідомленням, яке розміщується у хвилі. Сплеск може мати підлеглі сплески, утворюючи ієрархії. Кожна з субхвиль має щонайменше один сплеск. Схематично хвилю подано на рисунку 2.



Рисунок 2 - Схематична структура хвилі

Бібліотеки роботи із хвилею Google Wave APIs поділено на дві частини: розширення (Extensions) та встроювання хвиль (Embedded Waves). Бібліотека розширень дозволяє створювати роботів (robots) – програмних агентів, що працюють на одному рівні з іншими учасниками розмови, та гаджети (gadget) – елементи, які підтримують свій функціональний стан єдиним для всіх учасників взаємодії. Прикладом роботів є спеціалізовані програми, які перевіряють орфографію чи перекладають інформацію у реальному масштабі часу. Прикладом гаджета є гра в шахи, в якій можуть брати участь одночасно два учасники хвилі.

Бібліотека Embedded Waves відповідає за реалізацію інтеграції хвиль у інші сервіси, такі як сайти, дошки обговорень тощо.

Використання Wave технології описується стандартом Google Wave Federation Protocol. Цей документ розповсюджується з ліцензією, що дозволяє вільно реалізовувати та використовувати цю технологію. На сьогодні існує щонайменше дві відкриті реалізації провайдерів технології Wave. Це PyGoWave та Google FedOne. На жаль, ці розробки знаходяться на стадії тестування. Теж саме можна сказати про сервіс самої корпорації Google. На нашу думку, у сфері дистанційної освіти, навіть базові можливості, такі як колективне обговорення листів буде корисним для систем, що організують навчання на базі e-mail або які мають курси з великими обсягами текстових матеріалів. Застосування Google Wave дозволить зробити обговорення матеріалу більш оперативним, а головне – контекстним. При цьому постає питання взаємодії між існуючими КНС та провайдерами хвилі. Робота з доставок контенту між цими системами може бути покладена та роботів.

Поняття інтелектуального агента

Один із піонерів застосування програмних агентів Алан Кей [7] визначав агента як програму, яка після отримання завдання може поставити себе на місце користувача. Ключовим фактором у створенні агентів є надання ним інтелектуальної поведінки. Інтелектуальний агент є програмою, яка виконується на боці сервера. Метою агента є організація, управління, аналіз та ведення профайлів користувачів, а також надання відповідної інформації із зручною оболонкою для навігації та подання знань [8].

Властивостями програмних агентів є автономність, адаптивність, здатність до комунікації, здатність до співробітництва, персоніфікованість та мобільність. Звісно, що агент може мати не всі перелічені властивості, а лише частину [9,10]. Головними для нас є автономність, адаптивність та здатність до комунікації. Під автономністю розуміють здатність діяти без прямої вказівки людини. Поняття автономності включає також існування у агента мети, яку він має досягнути. Мета нашого агента – забезпечити найбільш ефективне вивчення дисципліни шляхом оптимізації навчальної траєкторії. Адаптивним агент вважається, якщо він здатен змінити свою поведінку, спираючись на досвід. Поведінка нашого агента враховує модель користувача, знання про курс, наявні навчальні об'єкти та оцінку їх ефективності для навчання. Найбільш важливою характеристикою агентів є здатність до комунікації з користувачем та оточенням. Агент повинен вміти використовувати протоколи обміну даними з різними сервісами або іншими агентами для отримання інформації і взаємодіяти з користувачем для ідентифікації цілей діяльності.

У контексті проблеми агент повинен відповідати на запитання: яку наступну дію запропонував би викладач, якщо відомі всі попередні дії користувача? З математичної точки зору інтелектуальний агент повністю описується функцією агента

$$F: P^* \rightarrow A,$$

де $P^* = \langle P_1, \dots, P_t \rangle$ – деяка конкретна послідовність актів сприйняття; A – дія агента, або перелік дій, які агент може запропонувати користувачу залежно від стилю управління навчальною діяльністю. У випадку КНС акти сприйняття P^* утримують всі попередні дії користувача за весь період його роботи із курсом. При такій постановці проблеми функція є занадто складною. Для її спрощення введемо функцію моделі користувача

$$F: (S_{t-1}, P) \rightarrow St,$$

де $S_t, S_{t-1} \in S$ – множини функціональних станів користувача. Тоді функцію агента можна записати як

$$F: S_t \rightarrow A.$$

Модель функціонування агента наведена на рисунку 3.

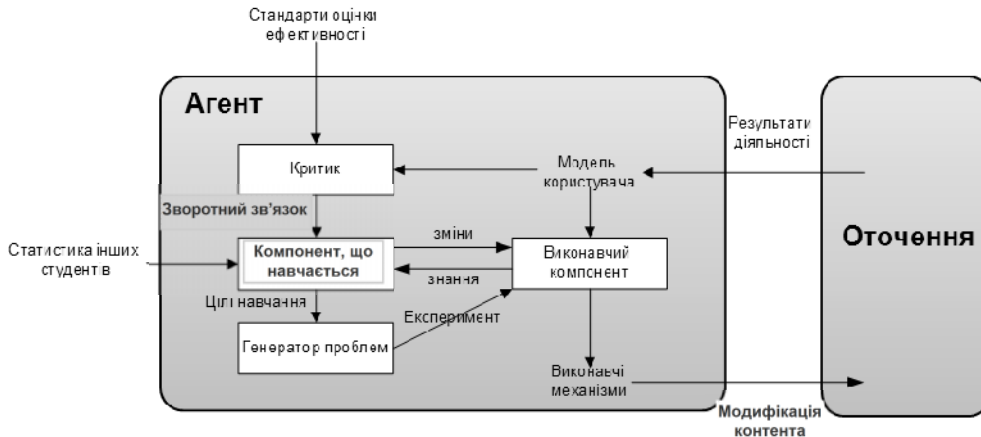


Рисунок 3 - Модель агента, що навчається

Метою нашого дослідження є побудова навчальної системи, яка використовує навчальні об'єкти та засоби контролю звичайної КНС та імітує на її базі дії викладача, реалізуючи адаптивне управління навчальним процесом.

Схема побудови адаптивної КНС на базі Wave

Переважаюча кількість сучасних СДН являють собою електронний конспект лекцій [11]. Здебільшого структура матеріалів – лінійна або ієрархічна з проміжними етапами контролю знань.

На рис. 4 у рамці «Існуюча схема СДН» подано типові елементи архітектури неадаптивної СДН: матеріали готуються за допомогою системи управління навчальними матеріалами (LCMS), учень отримує навчальні матеріали через веб-сервер. З іншого боку, подані типові елементи для роботи із хвилею: провайдер хвилі та користувачі, які взаємодіють між собою через цього провайдера. Вважаємо, що взаємодія відбувається через веб-інтерфейс. Підкреслимо, що користувачі можуть взаємодіяти із однією хвилею, навидь, якщо вони користуються послугами різних хвильових провайдерів – останні будуть синхронізувати стан волни між собою. Третій елемент нашої семи – інтелектуальний агент, який взаємодіє із хвилею на одному рівні із іншими користувачами.

Діяльність інтелектуального агента (за термінологію Google Wave – робота) полягає у перетворенні статичного контенту (лекційних матеріалів, медіа-фрагментів тощо) у хвилі, створення хвиль для кожної пари користувач-курс, поєднанні хвиль фрагментів-курсу у хвилю користувача та організації взаємодії із сервером дистанційного навчання від імені користувача. Таким чином, кожен з користувачів оперує персоналізованою хвилею курсу. При чому на місце теоретичного матеріалу інтегруються хвилі-фрагменти курсів, у яких студент може взаємодіяти із колегами. Динамічні об'єкти (такі, як тести) теж інтегруються у хвилю користувача, але є персональними для нього. Порядок слідування та наявність тих чи інших субхвиль може бути різною для користувачів.

Кожен із статичних об'єктів постає у хвилі гаджетом, який може адаптувати загальне відображення об'єкта до конкретного користувача, виконуючи тим самим адаптацію на рівні змісту.

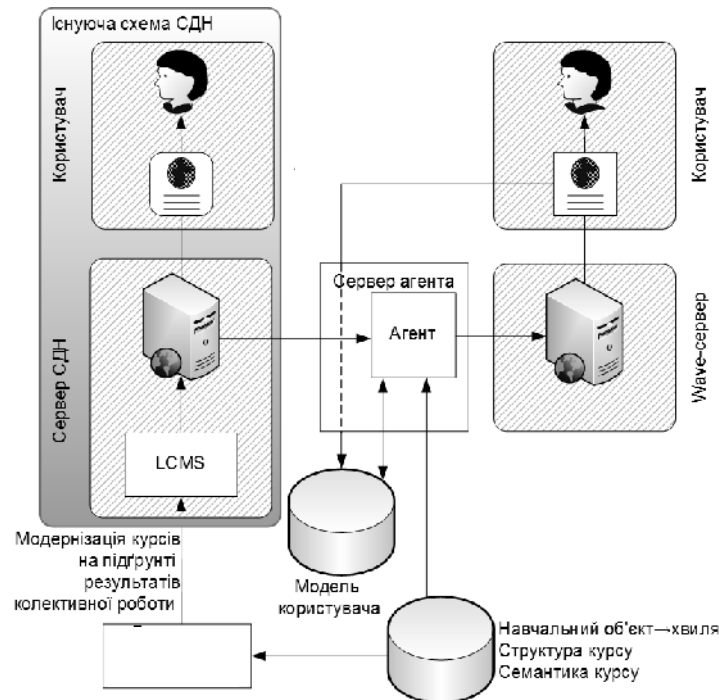


Рисунок 4 - Структурна модель адаптивної КНС на базі Wave

Для забезпечення діяльності робот розміщує частину специфічної інформації у власній базі даних. Повний перелік типів цієї інформації та алгоритм функціонування агента розглянуто нижче. Зауважимо, що фізичне розташування всіх перелічених елементів не є суттєвим.

Алгоритм функціонування інтелектуального агента

Виходячи із схеми, поданої на рисунку 4, робот використовує ті самі її джерела, що і користувач. Перелічимо ресурси, до яких має доступ звичайний користувач у рамках вивчення навчального курсу, на прикладі СДН Сумського державного університету [12]. До них відносять: статичний текст лекцій та мультимедійні матеріали, активні завдання (тексти, тренажери, письмові завдання), коментарі, система повідомлень (листування з викладачем), статистика завдань. Відмітимо, згідно з вимогами до лекційних матеріалів на початку лекції зазначено її план та перелік базових термінів. Останнє доречно як базис для побудови семантичної структури курсу.

У наведеній на рис. 5 схемі фігурують чотири зовнішні сутності: адміністратор, студент, веб-сервер КНС та провайдер хвилі. Процес «Упорядник навчальної траєкторії» являє собою інтелектуальний агент. Інші процеси презентують допоміжне програмне забезпечення.

На першому етапі адміністратор робить запит на розміщенні нового курсу в хвилі. Аналізатор завантажує структуру курсу та статичні елементи навчального контенту з сервера КНС. Великі за обсягом елементи розбиваються на дрібніші за формальною (розділи, підрозділи тощо) структурою. Для кожного з елементів виділяють базові та підсумкові поняття [13,14,15]. Від імені робота на хвильовому провайдері кожен елемент розміщується в окремій хвилі. На пізніших етапах це

дозволить роботу контролювати доступ до елемента матеріалу та організувати спільну роботу студентів з ним. Після того як розміщені базові елементи навчального курсу, адміністратор реєструє нових студентів. Для кожного із нових студентів ініціалізується модель студента та створюється нова хвиля, користувачами якої є студент, який вивчає дисципліну, та робот, що організує упорядкування матеріалу.

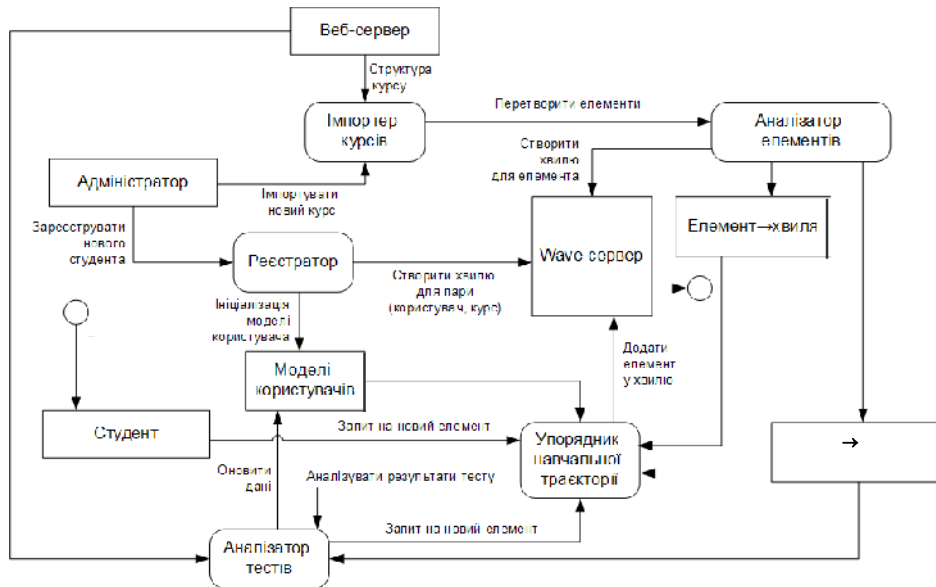


Рисунок 5 - Схема алгоритму функціонування інтелектуального агента

Під час вивчення кожної нової порції матеріалу у хвилю курсу студенту робот-упорядник додає хвилі елементів контенту, одночасно реєструючи студента як учасника цих хвиль. Таким чином, послідовність та зміст навчального матеріалу студента будуються на базі моделі студента, але кожен із складових елементів навчальної програми студенти опрацювують колективно. Винятком із правил є лише тести – агент транслює їх із сервера у субхвилю персонально для кожного з студентів. Відмітимо, що якщо цього вимагає навчальний процес, то до субхвилі сеансу тестування можуть бути додані й інші користувачі, наприклад тьютор.

Окремо слід відмітити процес модифікації моделі користувача. Базою для її побудови є поняття, які були відокремлені на етапі імпорту курсу, та результати тестування. Сеанси тестування відбуваються у контексті хвилі, причому робот-упорядник лише транслює тестові запитання з сервера користувачу. Аналіз результатів відбувається згідно з відкритою статистикою результату тестування, що завантажується зі сервера КНС. Зв'язок між тестовими запитаннями та елементами лекційного матеріалу будується на базі матриці зв'язності навчального контенту [16].

Стосовно даного підходу до побудови навчальної траєкторії наведемо таку думку дослідників [17]: «Незважаючи на величезний потенціал Інтернет, отримання інформації шляхом пошуку її в мережі часто в чистому вигляді марне для цілей навчання, тому що перш ніж сформулювати досить точний запит, учень повинен побудувати ментальну модель області, в якій він працює». При зазначеному підході область пошуку матеріалів звужується лише до імпортованих (тобто завчасно підготованих вчителем матеріалів), модель навчальної області будується на базі понять, що використовуються у курсі, тобто агент має такий самий обсяг інформації для аналізу, що і студент, а відбір матеріалів

виконується автоматично. Кількість вузлів, що будуть подані користувачу (один, декілька одночасно, список найбільш відповідних) характеризує стиль навчання, що реалізується.

Можливості до адаптації наведеного забезпечення

Дослідники виділяють два класи технологій адаптації гіпермедіа у навчальних середовищах: адаптивне подання (adaptive presentation) та адаптивна підтримка навігації (adaptive navigation support).

Адаптивна підтримка навігації передбачає зміну корегування навчальної траєкторії на підставі даних моделі користувача. Сутність технології полягає у зміні відображення посилань між документами (наприклад, використання метафори світлофора) або маніпуляцію ними (приховування посилань, побудова списку найбільш бажаних, примусовий перехід від одного матеріалу до іншого тощо). Під адаптивним поданням розуміють інтелектуальну побудову контенту, наприклад, вибір форми представлення матеріалу, детальності його викладення, приховування чи виділення фрагментів матеріалу.

Окремо слід відзначити підходи, що були запозичені із домережових адаптивних навчальних систем. До них можна віднести адаптивну підтримку розв'язків або їх інтелектуальний аналіз, різні методи, що базуються на віднесенні користувача до однієї чи декількох стереотипних моделей. Детальний опис наведених технологій розглянуто у [11].

Більшість з перелічених технологій можуть бути реалізовані із застосуванням розглянутого у статті підходу. Причому реалізація таких технологій, як побудова послідовності навчання, інтелектуальний аналіз розв'язків учня, підбір моделей користувача може бути покладена на роботів. Адаптація на рівні змісту (умовний текст, еластичний текст тощо) та на рівні посилань може бути реалізована завдяки гаджетам. Технології типу підтримки користувачів при розв'язанні задач можуть бути реалізовані обома шляхами.

Місце зазначеної схеми у моделі адаптивного ресурсу

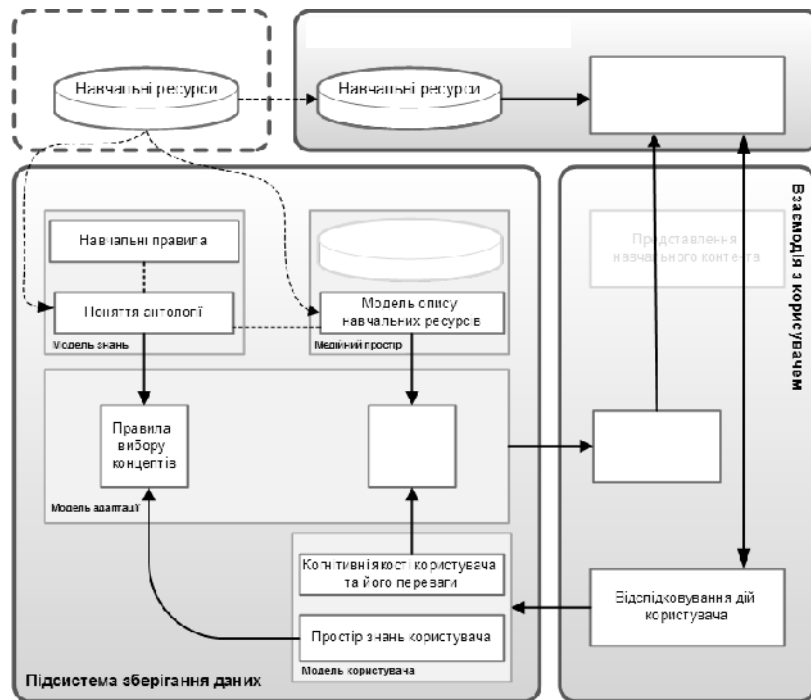


Рисунок 6 - Модифікована схема адаптивного навчального ресурсу

Розглянемо співвідношення поданої у статті моделі та узагальненої моделі адаптивного навчального ресурсу. Для цього звернемося до однієї з класичних моделей побудови адаптивних мережевих навчальних середовищ Adaptive Educational Hypermedia Resource (AEHR) [18], що базується на моделі гіпермедійних середовищ DEXTER [19]. Модифікована схема цієї моделі наведена на рисунку 6.

Як зазначено на схемі, презентація та зберігання даних винесені в окремий модуль – підсистему презентації даних. На фізичному рівні реалізація цієї підсистеми покладена на провайдера хвиль. Формування навчальних ресурсів, побудова предметної області курсу є зовнішньою відносно системи операцією.

ВИСНОВКИ

У статті розглянуто підхід до побудови адаптивної КНС на базі неадаптивної з використанням інтелектуальних агентів та технології Google Wave, подані відповідні моделі та методи побудови системи. Наведені результати спрямовані на вирішення проблеми інтеграції засобів комунікації у контекст навчального процесу. Реалізацію зазначеного підходу планується впровадити у системі дистанційного навчання Сумського державного університету як засіб інтенсифікації роботи студентів.

SUMMARY

THE MODEL OF ADAPTIVE LEARNING SYSTEM BASED ON INTELLECTUAL AGENTS AND GOOGLE WAVE TECHNOLOGY

*B.O. Kuzikov,
Sumy State University, Sumy*

The article examines the structural and process model of adaptive computer-based training system which is based on non- adaptive learning system with the technology of Google Wave. The specified approach allows construction of individual learning paths and provides opportunities for communication between members of the educational process in the context of educational material.

Key words: e-learning, adaptive learning system, intellectual agents.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барінова Ч.Н. Автоматизированные учебные курсы и их влияние на качество процесса обучения / Ч.Н. Барінова // Материали конференції «Інформаційні технології в освіті», 1999. – <http://ito.bitptu.ru>
2. Андреев А. Определимся в понятиях / А. Андреев // Высшее образование. – 1998. – №4. – С.7-9.
3. Сайт дистанційного навчання Сумського державного університету. – <http://dl.sumdu.edu.ua>
4. Brusilovsky P., Nijhavan H. A Framework for Adaptive E-Learning Based on Distributed Re-usable Learning Activities / by ad. Richards G. Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, 2002. - P. 154-161.
5. Google Wave API Overview. - <http://code.google.com/intl/ru/apis/wave/guide.html>
6. Google Wave Federation Protocol. - <http://www.waveprotocol.org/>
7. Key A. Computer Software / A. Key // Scientific American. – 1995. - №251(3). – P. 53-59.
8. Stoyanov, S., Aroyo, L.M. & Kommers, P.A.M. (1999). Intelligent Agent Instructional Design Tool for a hypermedia Design Course. In AI-ED '99 (pp. 101-108). LeMans, France.
9. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.
10. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. - 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
11. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education / P. Brusilovsky // Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching. - Künstliche Intelligenz, 1999. – P. 19-25.
12. Lyubchak V.O. E-Learning In Sumy State University: Peculiarities and Implementation Experience / V.O. Lyubchak, B.O. Kuzikov // Information Technologies Management and

- Society: The 7rd International Conference Information Technologies and Management. - Riga, 2009.
13. Brusilovsky P. Concept-Based Courseware Engineering for Large Scale Web-based Education / Davies G., Owen C. Proceedings of WebNet'2000, World Conference of the WWW and Internet, San Antonio, TX, Oct. 30-Nov. 4, 2000. - P.69-74.
 14. Brusilovsky P., Yudelso M., Sosnovsky S. An Adaptive E-Learning Service for Accessing Interactive Examples / Richards G. Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, 2004. - P. 2556-2561.
 15. Кузіков Б.О. Узагальнена модель адаптивної навчальної системи / Б.О. Кузіков // Тези доповідей IV Міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів та студентів "Інформатика, Математика, Механіка". - Суми: Видавництво СумДУ, 2009. - С.34.
 16. Kuzikov B.O. Creation connectivity matrix of E-content elements for distance learning / B.O. Kuzikov // Nauka i studia. - 2009. - №6(18). - P. 62-66.
 17. Касьянов В.Н. Дистанционное обучение: методы и средства адаптивной гипермедиа / В.Н. Касьянов, Е.В. Касьянова // Вычислительные технологии. — 2004.— Т.9, Часть 2. — С. 333-341.
 18. Karampiperis P. Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems / P. Karampiperis, D. Sampson // Educational Technology & Society Journal. - 2005. - №8(4). - P. 128-147.
 19. Halasz F., Schwartz M., The Dexter Hypertext Reference Model // NIST Hypertext Standardization Workshop, February 1990.

Надійшла до редакції 9 квітня 2010 р.