УДК 378.018.43:004]-057.87:005.3-025.13

Модель функціональної системи адаптивного керування навчальним процесом студента у системах е-навчання

О. А. Рижов, Н. А. Іванькова, О. І. Андросов
Запорізький державний медичний університет, Запоріжжя, Україна

Резюме

Вступ. Впровадження дистанційного навчання на базі хмаро-орієнтованого навчального середовища в систему медичної освіти закладів вищої освіти (ЗВО) змінює структуру педагогічної системи. Простий перенос педагогічних технологій навчання у нове середовище не дозволяє досягти мети навчання. Впровадження сучасних технологій навчання у ЗВО потребує розробки функціональної моделі педагогічної системи.

Мета. Дослідження направлено на розробку моделі адаптивного керування навчальним процесом студента у системах електронного навчання (е-навчання), які розгорнуті на базі хмарних сервісів для організації дистанційного навчання у медичних університетах.

Матеріали та методи. Дослідження проводилось на базі Запорізького державного медичного університету протягом квітня–грудня 2020 року. Аналіз стану інфраструктури інформаційно-освітнього середовища ЗДМУ проводився з використанням методів системного аналізу та ієрархічної декомпозиції організаційних об'єктів університету.

Результати дослідження. Розроблено модель адаптивного керування навчальним процесом у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі з навчальної дисципліни, яку розгорнуто у хмарі MS Office 365. За основу структури моделі керування педагогічної системи покладено структуру функціональної системи П. К. Анохіна та принципи взаємодії її компонентів. Запропонована модель керування навчальним процесом дозволяє формувати персональне навчальне середовище у хмарі університету відповідно до мети навчання, робочої програми дисципліни та враховує особливості засвоєння навчальної інформації студентом та його рівень ІТ компетенцій для роботи з хмарними сервісами.

Висновок. Динамічна модель педагогічної системи може бути використана для програмної реалізації хмарного сервісу на базі програмного процесора (автомата), який генерує специфікацію подій (організаційних одиниць педагогічної системи) у системі електронного навчання, що дозволяє сформувати хмаро-орієнтоване середовище для реалізації індивідуальної траєкторії навчання.

Ключові слова: медична освіта; дистанційне навчання; функціональна система; адаптивне керування е-навчанням; хмаро-орієнтоване навчальне середовище.

ISSN 1812-7231 Клін. інформат. і Телемед. 2020, т. 15, вип. 16, сс. 133–141. https://doi.org/10.31071/kit2020.16.14

Вступ

Характерною рисою інновацій системи середньої та вищої освіти у 2020 році є широке впровадження технологій дистанційного навчання на фоні тривалого карантину COVID-19. Використання сучасних хмарних технологій дозволяє створити повноцінне е-середовище [1, 2], у якому заклад освіти має можливість реалізувати усі компоненти педагогічної системи (ПС) навчання [3, 4].

Формуючи хмаро-орієнтовне навчальне середовище (ХОНС) викладач має можливість розмістити різноманітні програмні засоби, які можуть реалізувати дидактичний компонент (авторські методики навчання), е-контент (змістовий компонент) системи навчання.

Різноманітність засобів електронного навчання створює базис для впровадження технологій персоніфікованого навчання, яке адаптує навчальне середовище саме до конкретного студента (академічної групи), враховуючи рівень його знань з навчальної дисципліни, психологічні особливості сприйняття інформації, тощо. Адаптація навчального середовища в системі дистанційного навчання для академічної групи може розглядатися на прикладі групи іноземних студентів.

Розглядаючи освітній процес, який проходить у складі педагогічної системи, Остапенко О. А. аналізує функції структурних компонентів у своїх дослідженнях [4] та обґрунтовує перехід від структурної моделі ПС Кузьміної Н. В. [5, 6] до розгляду освітнього процесу, який відбувається в рамках ПС, як функціональної системи.

Спираючись на просту модель навчального процесу В. В. Гузєєва [7], який розглядав освітню ціль як системоутворюючий фактор із запланованими кінцевими результатами навчання, а також виділяв у педагогічному процесі початкові умови, ймовірний результат, проміжні завдання та шляхи їх рішення, було проведено співставлення структур та процесів педагогічної системи. У складі цієї системи реалізується керівна діяльність викладача, який використовує засоби навчання для організації навчальної діяльності, яка має напрямок до кінцевої цілі навчання, як корисному результату діяльності.

Подальша формалізація та деталізація цієї моделі дозволила Остапенко О. А., спираючись на принцип аналогії, розглядати педагогічну систему, як окремий випадок функціональної системи П. К. Анохіна (ФС) [5].

Впровадження сучасних інформаційних технологій навчання у закладах вищої освіти потребує розробки функціональної моделі педагогічної системи, яка дозволить формувати у хмарному віртуальному просторі структуру та зміст навчального середовища.

Мета роботи. Розробити модель адаптивного керування навчальним процесом студента у педагогічних системах, розгорнутих на базі хмарних сервісів для організації дистанційного

навчання у медичному університеті та у системах електронного навчання (е-навчання).

Матеріали та методи

Дослідження проводилось на базі Запорізького державного медичного університету протягом квітня–грудня 2020 року. Аналіз стану інфраструктури інформаційно-освітнього середовища ЗДМУ проводився з використанням методів системного аналізу та ієрархічної декомпозиції організаційних об'єктів університету. Концепція та модель розгортання електронного дистанційного навчання в університеті розроблялись на базі методів інформаційного моделювання. Розгортання хмарного освітнього навчального середовища реалізовано групою викладачів кафедри медичної та фармацевтичної інформатики і співробітниками Центра дистанційного навчання та телемедицини ЗДМУ.

Основна частина

1. Порівняльна характеристика структури педагогічної системи і функціональної системи П. К. Анохіна

Найбільш поширеніша модель п'яти компонентної педагогічної системи була запропонована Кузьміною Н. В. [4] у 80–90-х роках минулого століття. ПС складалась із взаємопов'язаних функціональних компонентів, які відповідають на питання: хто навчає – викладач; кого навчають – учня (студента); з якою метою навчають – параметри кінцевої мети навчання; чому навчають – зміст навчання; як навчають – засоби педагогічної комунікації. Структурно-функціональний аналіз ПС сформував теоретичний базис для розвитку досліджень з технологій навчання.

В роботах Бикова В. Ю. [3] проводиться стратифікація педагогічної системи на дві компоненти:

1 рівень – інтелектуальна складова інтелектуальна складова (I):
$I = \{B, C, MC\}$,
$ПС = \{B, C, MC, ЗН\}$,

де, B – викладацька компонента; C – студентська компонента (к); $ЗН$ – засоби навчання; MC – мікро соціум – студентсько-групова компонента.

2 рівень – декомпозиція підсистеми засобів навчання, які значною мірою формують навчальне середовище:

$ЗН = \{Ц, М, З, Т\}$,

де, $Ц$ – цільова к.; $М$ – методична к.; $З$ – змістова к.; $Т$ – технологічна компонента.

Така формалізація ПС дозволяє розглядати таку дворівневу структуру як інваріантну для різних форм організації навчального процесу (ФОН). Розглядаючи ПС у дії, а саме як у ПС організується процес навчання (або етап навчання) у просторі і часі, ми повинні перейти до розгляду організаційної одиниці (підмножини ФОН) як функціональної системи процесу навчання.

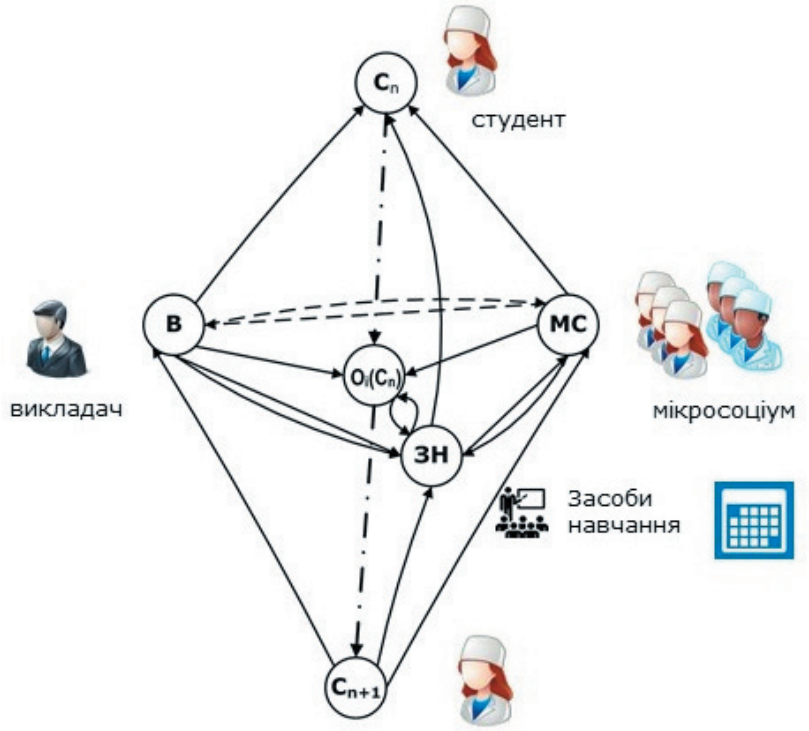

Рис. 1. Структура педагогічної системи 1-го рівня, де B — викладацька компонента; C — студентська компонента; $ЗН$ — засоби навчання; MC — мікро соціум — студентсько-групова компонента. $O_i(C_n)$ — організаційна одиниця, яка сформована для навчання учасника педагогічного процесу.

Перехід до тривимірної моделі педагогічної системи [2] дозволяє описати стан основного діючого компонента – учасника педагогічного процесу C_n (студента), який під впливом навчального середовища змінює свій стан (рівень знань) та переходить до наступного рівня C_{n+1} засвоєння знань.

По запиту учасника педагогічного процесу, що належить до множини $T=\{$*викладач, студент, група*$\}$, для отримання структурованих засобів навчання (ЗН) формується подія у місці (аудиторії): $A=\{$*лекційна аудиторія, аудиторія для практичних або лабораторних занять, клініка, операційна, палата хворого, тощо*$\}$, – за організаційною формою проведення занять:

$O_i(C_n) = \{$*лекція, семінарське, практичне або лабораторне заняття, практика, консультація, самостійна робота, тощо*$\}$

Проектування навчального процесу, із використанням методу ієрархічної декомпозиції до організаційної одиниці ($O_i(C_n)$) на базі запропонованої моделі ПС, дозволяє сформувати навчальний план для спеціальності, навчального курсу з навчальної дисципліни, модуль, тему, форму організації навчання $O_i(C_n)$, етап, педагогічну дію або подію.

При організації навчального процесу у хмаро-орієнтованому середовищі, на рівні етапу організаційної одиниці навчання, з'являється поняття «сеанс роботи студента з електронними засобами навчання» (е-ЗН).

Студент з базовим рівнем знань – (C_n) приймає участь у сеансі роботи з електронними засобами навчання в середовищі з множини $O_i(C_n)$, отримуючи знання, переходить у стан C_{n+1}. Далі через «сценарій» (календарний план, план заняття, тощо) повертається до вузла C_n, в той же час до вузла $O_i(C)$ завантажується нове середовище та програма навчання $O_{n+1}(C_n)$ з вузла ЗН-засобів навчання.

Аналіз педагогічної системи, побудованої на тривимірної моделі ПС організації навчального процесу, дозволяє визначити в її структурі і методах основні елементи функціональної системи П. К. Анохіна, застосування якої дозволяє здійснити формалізацію процеса навчання і розробити адаптивну систему «викладач–ХОНС–студент», яка здійснює об'єднання цільових, дидактичних, змістових, процесуальних, виконавчих, особистісних компонентів модуля програми навчальної дисципліни.

За визначенням авторів теорії функціональних систем П. К. Анохіна [8, 9], функціональні системи організму представлять динамічні, саморегульовані організації, всі складові компоненти яких взаємодіють і забезпечують досягнення корисних для організму результатів. Судаков К. В. в роботі [10] показав, що функціональні системи на різних рівнях організації матерії можна розглядати як системи, які ізоморфні за структурою. Вони мають однакову архітектоніку (структурно-функціональну модель) та залучають однакові для всіх систем периферійні та центральні вузлові механізми, а саме:

- корисний пристосувальний результат, який виступає у якості базової мети і виконує системоформуючі функції;
- акцептор результату поведінки визначає досягнення функціональною системою мети своєї діяльності;
- зворотна аферентація, яка надходить від акцептора результату поведінки до центральних управляючих структур функціональної системи;
- центральну архітектоніку, прототип (модель) функціональної системи для формування якої залучаються інші системи або підсистеми, які мають необхідні функції;
- виконавчі компоненти забезпечують досягнення мети функціонування системи в результаті цілеспрямованої поведінки у зовнішньому просторі і часі з використанням внутрішніх і зовнішніх ресурсів.

Діяльність функціональної системи розгортається у просторово-часовому континууме та має корпускулярно-волнову природу. Її взаємодія с навколишнім середовищем квантована і відбувається у вигляді реалізації системокванту життєдіяльності, який розглядається як дискретний системний процес від формування будь-якої потреби до її задоволення. Системокванти є своєрідними операторами динамічної діяльності різно-

Рис. 2. Динамічна модель педагогічної системи хмаро-орієнтованого навчального середовища, яка побудована за структурою функціональної системи П. К. Анохіна.

манітних ФС [10]. Системокванти мають ізоморфну організацію як інформаційних процесів, так і системну архітектоніку. Системна (структурна, логічна, динамічна) організація кожного системокванту залежить від кінцевого результату, для якого відбувається процес самоорганізації функціональної системи.

2. Концептуальна структура хмарної адаптивної системи «викладач–ХОНС–студент»

Реалізація адаптивної системи «викладач–ХОНС–студент» дозволяє організувати процес навчання, який динамічно налаштовується, в залежності від особистих можливостей особи, що навчається і максимально ефективно використовує наявні інформаційні, програмні, технічні ресурси. У функціональній системі, що реалізує мету навчання, можна виділити базові (структурні) і динамічні компоненти. На рис. 2 показано схему адаптивного керування процесом навчання у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі, яке побудовано на принципах функціональної системи.

Розглянемо компоненти хмаро-орієнтованого навчального середовища в термінах теорії функціональних систем П. К. Анохіна. До складу базових компонентів входять:

- *виконавчі підсистеми* функціональної системи хмаро-орієнтованого навчального середовища – технологічний компонент педагогічної системи (набір хмарних сервісів з відповідним доступом до «Змісту навчання», представленого е-контентом та репозиторієм навчальних елементів);
- *пам'ять* функціональної системи хмаро-орієнтованого навчального середовища, яка представляє собою мету навчання і сценарії її реалізації для конкретної людини, профілі студента та викладача, протоколи роботи студента у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі;
- *моделі поведінки* педагогічної системи – «Методики навчання» – сценарії навчання, що реалізують мету навчання програмними хмарними сервісами із використанням множини елементів електронного «Змісту навчання», які входять до складу хмаро-орієнтованого навчального середовища і впорядковані за пріоритетом застосування;
- *ресурси* функціональної системи хмаро-орієнтованого навчального середовища – програмні хмарні сервіси, е-контент, час роботи у хмарному середовищі, апаратні – ПК та мобільні пристрої (планшети та смартфони);
- *програма дії* – сценарій з бази стандартних сценаріїв або адаптований сценарій – результат роботи модуля аферентного синтезу і ухвалення рішення.

Динамічні компоненти функціональної системи хмаро орієнтованого освітнього середовища складаються з:

- блоку аферентного синтезу – його завдання – аналіз мети конкретного сеансу навчання, протоколів попередніх сеансів роботи студента, формалізованих психологічних характеристик студента, сценаріїв досягнення мети, початкового рівня, що розглядається як область онтології навчальної дисципліни, наявних ресурсів для реалізації мети;
- параметру результату – еталонна модель знань студента в якості області онтології, яка представляє цілі навчання.

Організаційна одиниця ($O_i(C_n)$) має п'ять основних станів: планування; формування навчального середовища; виконання; аналізу; розформування.

Характеристика станів:

1. Стан планування [Аферентний синтез & Прийняття рішень]: викладач з групою супроводу хмаро-орієнтованого навчального середовища формує прототип організаційної одиниці, яка буде розгортатися на програмних та інформаційних ресурсах хмари відповідно до навчальний цілей, які відображені у робочій програмі дисципліни.

2. Стан формування хмаро-орієнтованого навчального середовища [Еферентний синтез]: може проводитись ручному або автоматичному режимі відповідно до календарного плану або сценарію організаційної одиниці навчального процесу. При цьому відбувається формування хмаро орієнтованого навчального середовища за розробленим або адаптованим прототипом. Результатом цієї операції є актуалізація структурованого навчального середовища у хмарі на базі інформаційних, методичних, програмних, технологічних та інших ресурсів для початку навчального процесу студентом.

3. Стан виконання організаційної одиниці навчального процесу [Програма поведінки & Цілеспрямована поведінка] – є реалізація навчального процесу у хмаро орієнтованому навчальному середовищі конкретним студентом або академічною групою студентів, як результат інтерактивної взаємодії з інформаційними, методичними, програмними, технологічними та іншими ресурсами для досягнення цілі навчання.

4. Стан аналізу результатів навчання [Параметри результату & Акцептор результату поведінки]: після закінчення сеансу роботи студента в організаційній одиниці навчального процесу запускається процес обробки протоколів контролю знань студента, протоколів взаємодії з е-ресурсами хмаро орієнтованого навчального середовища, передача даних до е-профілю студента (академічної групи), формування критеріїв для переходу до наступного кроку (етапу) навчання відповідно до програми (сценарію) навчання.

5. Стан розформування хмаро-орієнтованого навчального середовища, як організаційної одиниці: процес вивільнення електронних ресурсів, таких як віртуальні машини, сервіси, мережеві інтерфейси, пам'ять системи, процесори та інше, а також архівування поточних даних хмаро-орієнтованого навчального середовища організаційної одиниці навчального процесу.

Навчальна одиниця [3] $L_j(O_i(C))$ забезпечує організаційну одиницю навчального процесу змістом та засобами навчання. Формування її структури спирається на ціль ($Ц_i$) підсистеми $ЗН_i$ – засобів навчання відповідної $O_i(C)$ яка також має чотири аналогічних стана, а саме: стан планування, стан формування, навчального середовища, стан виконання. В формуванні навчальної одиниці задіяні інші е-ресурси, які відображені у цільовій, методичний, змістовій та технологічній компоненті. Треба зазначити, що саме на рівні підсистеми формування засобів навчання реалізується значна частина алгоритму адаптації хмаро-орієнтованого навчального середовища до персональних особливостей студента або академічної групи.

Характеристика станів:

1. Стан планування: відбувається корегування цілі навчальної одиниці на основі результатів аналізу профіля студента. Сформована ціль запускає процес реструктуризації зв'язків компонентів прототипу навчальної одиниці.

2. Стан формування засобів навчання хмаро-орієнтованого навчального середовища: у персональному (груповому) хмарному просторі за адаптованим прототипом структури засобів навчання відбувається актуалізація програмного забезпечення, яке забезпечує реалізацію методики навчання, яка налаштована за параметрами студента, формату змісту навчання (текстовому, аудіо-, візуальному, відео-форматі та ін.), адаптованого до особливостей сприйняття інформації студентом, налаштування зв'язків з сервісами подання навчальної інформації та інтерактивної взаємодії та ін.

3. Стан виконання програми дій на сформованих засобах навчання, як компонента процесу навчання, що реалізовано у відповідній організаційній одиниці: у сформованому хмаро-орієнтованому навчальному середовищі запускається процес навчання студента, який побудовано на засобах інтерактивної

взаємодії з е-ресурсами ХОНС, а також іншими учасниками навчального процесу.

4. Стан архівування: після завершення студентом сесії відповідної організаційної одиниці навчального процесу у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі відбувається архівування адаптованої ФС навчальної одиниці.

Розглянемо складові частини функціональної системи навчального процесу, що інтерпретуються на елементах хмаро-орієнтованого навчального середовища.

Під метою функціональної системи хмаро-орієнтованого навчального середовища розуміється мета навчання. Для роботи сформованої системи мету навчання необхідно формалізувати. У нашому проекті мета навчання представлена онтологією, яка відображає модель знань з курсу навчальної дисципліни [11].

Ієрархічна структура знань предметної області відображена в структурі розміщення понять і концептів у вузлах онтології. Кожен вузол має посилання на множину навчальних елементів (тести, тексти, приклади, графічні елементи, анімаційні фрагменти і ін.), які є елементами навчально-методичних матеріалів – е-контенту.

Навчальна програма є структурованою – поділена на теми, розділи, заняття. Кожен блок навчальної програми (навчальної одиниці), наприклад теми заняття, має формальне відображення свого змісту в області онтології навчальної дисципліни. В процесі навчання за сценарієм сеансу взаємодії з ІТ засобами навчання, поняття з вузлів онтології інтерпретуються на навчальних елементах.

Кожен фрагмент змісту сценарію навчання має дескриптор (описувач), який відображає перелік понять. Модель знань студента являє собою онтологію, яка формується на множині понять при проходженні кожного фрагменту сценарію навчання. Мета навчання вважається досягнутою, якщо модель знань студента збігається з еталонною моделлю знань організаційної одиниці навчального процесу. Якщо цього не відбувається, система знову перебудовує блок аферентного синтезу та приймає нове рішення, формується нова ціль за принципами роботи «акцептора результату дії» та будується «нова програма дії» у вигляді сценарію навчання. Процес відбувається циклічно поки результати не будуть збігатися з властивостями блоку акцептора результату поведінки. Цикл навчання завершується за умови, задовілення потреб (в термінах теорії функціональних систем, поведінковий акт завершується тільки в тому разі, якщо потреби повністю задоволені.

3. Результати дослідження. Формальна модель функціональної системи адаптивного керування навчальним процесом студента у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі

База знань предметної області представлена у вигляді онтології Ont_{Sci} за структурою, яка описана у [11]. Ця база знань є відображенням навчально-методичної діяльності усіх викладачів кафедри, тому можна сказати, що ця онтологія представляє декларативні знання віртуального викладача.

Кафедра може викладати кілька дисциплін з однієї предметної області. Для кожної навчальної дисципліни будується окрема онтологія, обмеженна Ont_{LD}. За основу береться онтологія предметної області Ont_{Sci}, на яку накладаються обмеження відповідно до змісту робочої програми навчальної дисципліни. Для хмаро-орієнтованого навчального середовища зміст програми представлений множиною термінів LD_{wpd}. Для побудови $\mathrm{Ont}_{\mathrm{LD}}$ застосовується операція проекції Pr:

$$Ont_{Sci} \xrightarrow{\Pr(LD_{wpd})} Ont_{LD} \quad (1)$$

База знань навчальної дисципліни Ont_{LD} є основою для побудови еталонної моделі декларативних знань студента M_E. Кожен вузол цього когнітивного графу розширюється двома додатковими властивостями:

$K_p.P_{Lrn}$ – список посилань на навчальний матеріал, який розташовано у онлайн курсі, репозиторії навчальних елементів або електронній бібліотеці;

$K_p.P_{Tst}$ – список посилань на тести або контролюючі завдання, які перевіряють знання даного поняття або концепту.

Формування цих властивостей здійснюється викладачем при розробці системи автоматизованого навчання у полуавтоматичному режимі.

Поточна модель знань студента M_{Stu} має відображати досягнення студента в процесі навчання, тому кожен навчальний або контролюючий елемент має набір індексів, які відображають діяльність з цим елементом та оцінку цієї діяльності:

$K_p.P_{Lrn,Act}$ – слот навчального елементу вузла моделі знань M_{Stu}, який індексується при виконанні навчальної діяльності студентом;

$K_p.P_{Tst,Res}$ – слот контролюючого елементу вузла моделі знань M_{Stu}, куди заносяться результати тестування;

$K_p.P_{Est}$ – слот поняття, який характеризує оцінку досягнення мети навчання з конкретного поняття K_p.

Побудова поточної моделі знань студента M_{Stu} здійснюється на основі операції проекції бази навчальної дисципліни Ont_{LD}:

$$Ont_{LD} \xrightarrow{\Pr(Stu_{Id})} M_{Stu} \quad (2)$$

Процес навчання у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі здійснюється за адаптивним алгоритмом, побудованим на моделі функціональної системи. Інваріантна структура цієї моделі дозволяє нам розглядати ієрархію організаційних форм навчання. Так, на рівні навчального курсу розглядаємо функціональну систему навчальної дисципліни – FS_{LD}, функціональну систему організаційної одиниці – $FS_{O(C(n))}$, сеансу навчання – FS_{LrnS}, процесу вивчення концепту K_p – FS_{Conc}.

Ізоморфізм структури моделей організаційних одиниць навчального процесу, побудованих на принципах функціональних систем П. К. Анохіна, дозволяє розглядати їх як інформаційно-часові системокванти [9] (рис. 2). Безперервність навчання забезпечується континуумом інформаційно-часових системоквантів.

Адаптивний алгоритм навчання (рис. 3) студента складається з етапів:

1. *Ініціалізація профілю студента,* що здійснюється процедурою *IniProf* (*Id*). Профіль студента складається з наступних інформаційних блоків: блоку паспортних даних $Prov_{Id}$ – де Id є унікальним ідентифікатором профілю; бази протоколів навчальної активності (навчання і контролю знань); блоку особистих характеристик студента Psy_{Id}; поточної моделі знань студента M_{Stu}:

$$IniProf\,(Id) = Prof_{Id} \quad (3)$$

$$Prof_{Id} = \{Prov_{Id}, Psy_{Id}, M_{Stu}, Prot_{Id}\} \quad (4)$$

Еталонна модель знань студента M_E представляє собою мету навчання протягом усього часу проходження курсу з навчальної дисципліни. Для кожної організаційної одиниці процесу навчання або сеансу взаємодії з сервісами

хмаро-орієнтованого навчального середовища генерується свій когнітивний граф G_{Aim}, який виступає у якості еталона знань та мети навчання на цикл інформаційно-часового системокванту. Аргументом операції проекції є множина понять Th_n, закріплених за навчальною одиницею, де n – є індекс відповідно до програми навчальної дисципліни:

$$Ont_{LD} \overset{\Pr(Th_n)}{\rightarrow} G_{Aim} \quad (5)$$

2. *Формування хмаро-орієнтованого навчального середовища* ($XOHC\text{-}CoLS$) – здійснюється за функцією $SyntLS$, аргументами якої є граф відображення мети навчання G_{Aim}, програмні сервіси хмари, які реалізують технології навчання та зміст навчання Cnt_L:

$$SyntLS(G_{Aim}, T_{CS}, Cnt_L) \rightarrow CoLS \quad (6)$$

3. *Запуск сценарію навчання студента у* хмаро-орієнтованому навчальному середовищі. Запуск сценарію навчання вже відбувається у сформованому $CoLS$. Результатом роботи сценарію є побудова дерева підсценаріїв інваріантних по структурі але різних по рівню. Відповідно, на етапі інтерактивної взаємодії студента формуються протоколи навчання $Prot_{Stu}$ конкретного студента або організаційної одиниці.

$$ScLrn(G_{Aim}, CoLS) \overset{Start}{\rightarrow} ScLrn(CoLS, Prot_{Stu}) \quad (7)$$

4. *Контроль початкового рівня знань* виконується на етапі аферентного синтезу функціональної системи навчання. Для цього етапу формується пакет контрольних (тестових) завдань для теми Th_n та запускається сценарій контролю знань (тестування) $ScTst_k(Tst(inf(Th_n))$. Склад пакету контрольних завдань визначається на основі аналізу множини понять, необхідних для розуміння та сприйняття знань, які будуть викладені під час сеансу (організаційної одиниці процесу навчання). На основі отриманого протоколу проводиться індексація вузлів M_{stu} оцінкою $Res_{Tst(C(p))}$ в у 100 бальній системі:

$$GenTst(inf(Th_n)) \rightarrow ScTst_k(Tst(inf(Th_n)) \quad (8)$$

$$Monitor(ScTst_k(Tst(inf(Th_n))) \rightarrow Prot(ScTst_k) \quad (9)$$

$$Grad(M_{Stu,Id}, Prot_{Tst(k)}): \{\text{for } p = 1 \text{ to } v \{Grad(K_p.P_{Est}) = Res_{Tst(C(p))}\}\} \quad (10)$$

$$Res_{Tst(C(p))} = \{1 \ldots 100\} \quad (11)$$

5. *Модифікація поточної моделі студента.* Відповідає блоку акцептору результату поведінки функціональної системи навчання. Модифікація M_{Stu} здійснюється на основі процедури оцінки рівня засвоєння знань $Grad(C_p.P_{Est})$ по всій множині понять Th_n з потужністю v:

$$ModifMK(M_{Stu,Id}, Prot(ScTst_i))) \rightarrow M'_{Stu,Id} \quad (12)$$

$$Grad(M_{Stu,Id}, Prot_{Tst(i)}): \text{for } p = 1 \text{ to } v \{Grad(K_p.P_{Est}) = Res_{Tst(C(p))}\} \quad (13)$$

$$Res_{Tst(C(p))} = \{1 \ldots 100\} \quad (14)$$

6. *Аналіз досягнення мети навчання.* Відповідає блоку аферентного синтезу функціональної системи організаційної одиниці процесу навчання. На цьому етапі проводиться аналіз розузгодження між когнітивним графом G_{Aim}, який є змістовою характеристикою мети організаційної одиниці навчання та рівнем одержаних знань, що відображено в $M'_{Stu,Id}$. До множині G_{Res} залучаються тільки ті поняття, оцінка яких $C_p.P_{Est}$ дорівнює або перевищує поріг засвоєння поняття $Lev_{Grad,C(p)}$ студентом:

$$G_{Aim} \bigcap_{p=1}^{v} M'_{Stu,Id} \rightarrow G_{Res} \quad (15)$$

$$G_{Res} = \{c_p : \exists c_p \left(c_p \in G_{Aim}\right) \& \left(c_p \in M_{Stu,Id}\right) \& \\ \& \ (c_p.p_{Est} \geq Lev_{Grad,c_{(p)}})\} \quad (16)$$

де Lev_{Grad} – поріг для оцінки засвоєння поняття.

Значення розузгодження мети навчання та результату буде дорівнювати:

$$G_{Aim} / G_{Res} \rightarrow \Delta G_{Id} \quad (17)$$

7. *Закінчення навчання.* З позиції теорії функціональних систем критерієм закінчення реалізації системокванта поведінки є відповідність параметрів результати до акцептору результату поведінки. Межа розузгодження ΔG прагне до порогу засвоєння навчального матеріалу $Lev_{Grad,}\ G_{Aim}$. В ідеальному випадку $\Delta G = 0$ та $G_{Aim} = G_{Res}$. Але на практиці цього не відбувається, тому викладач повинен встановити поріг засвоєння навчального матеріалу:

$$\lim G_{Res} \rightarrow Lev_{Grad,G_{Aim}} \quad (18)$$

Процес навчання вважається закінченим коли:

$$G_{Res} \geq Lev_{Grad,G_{Aim}} \quad (19)$$

8. *Додатковий цикл навчання.* Коли

$$G_{Res} < Lev_{Grad,G_{Aim}} \quad (20)$$

відбувається перехід на організацію додаткового циклу навчання.

9. *Адаптація сценарію навчання.* Сценарій навчання адаптується відповідно до досягнутих результатів навчання. Визначається найвища грань засвоєних понять $supM_{Stu,Id}$ на поточний момент часу τ:

$$supM_{Stu,Id}(\tau) = GetSup(M_{Stu,Id}, \tau) \quad (21)$$

На основі даних про психологічні характеристики особи, що навчають, інформацію про зовнішнє середовище та результат аналізу протоколів навчання здійснюють вибір прототипу сценарію навчання та його генерацію:

$$ChoiceTypeScLrn(Psy_{Id}, \cup ProtLrn_j, Env(p)) \rightarrow TypeSc \quad (22)$$

$$GenScLrn(G_{Aim}, supM_{Stu,Id}, TypeSc, Env(p)) \quad (23)$$

10. Підготовка та проведення консультації у віртуальному класі. Зміст консультації для конкретного студента визначається на основі множини понять ΔG_{Id} що не були засвоєні студентом, результатів аналізу протоколів навчання $Prot_{Lrn(j)}$ і тестування $Prot_{Tst(i)}$, а також множини питань, які надійшли до викладача консультанта $Ques(Th_n, \tau, Id)$:

$$GetContent(Id, \Delta G_{Id}, Res_{Prot}, Ques(Th_n, \tau, Id)) \rightarrow \\ \rightarrow ConsultContent \quad (24)$$

Консультація проводиться за допомогою сервісу MS Teams, який дозволяє організувати віртуальний клас, до якого дистанційно можуть підключитися всі студенти, незалежно від місця розташування (навчальні комп'ютерні класи університету, студентський кампус, робочі місця, на яких є комп'ютер, підключений до Інтернет, мобільні гаджети (планшети, смартфони)).

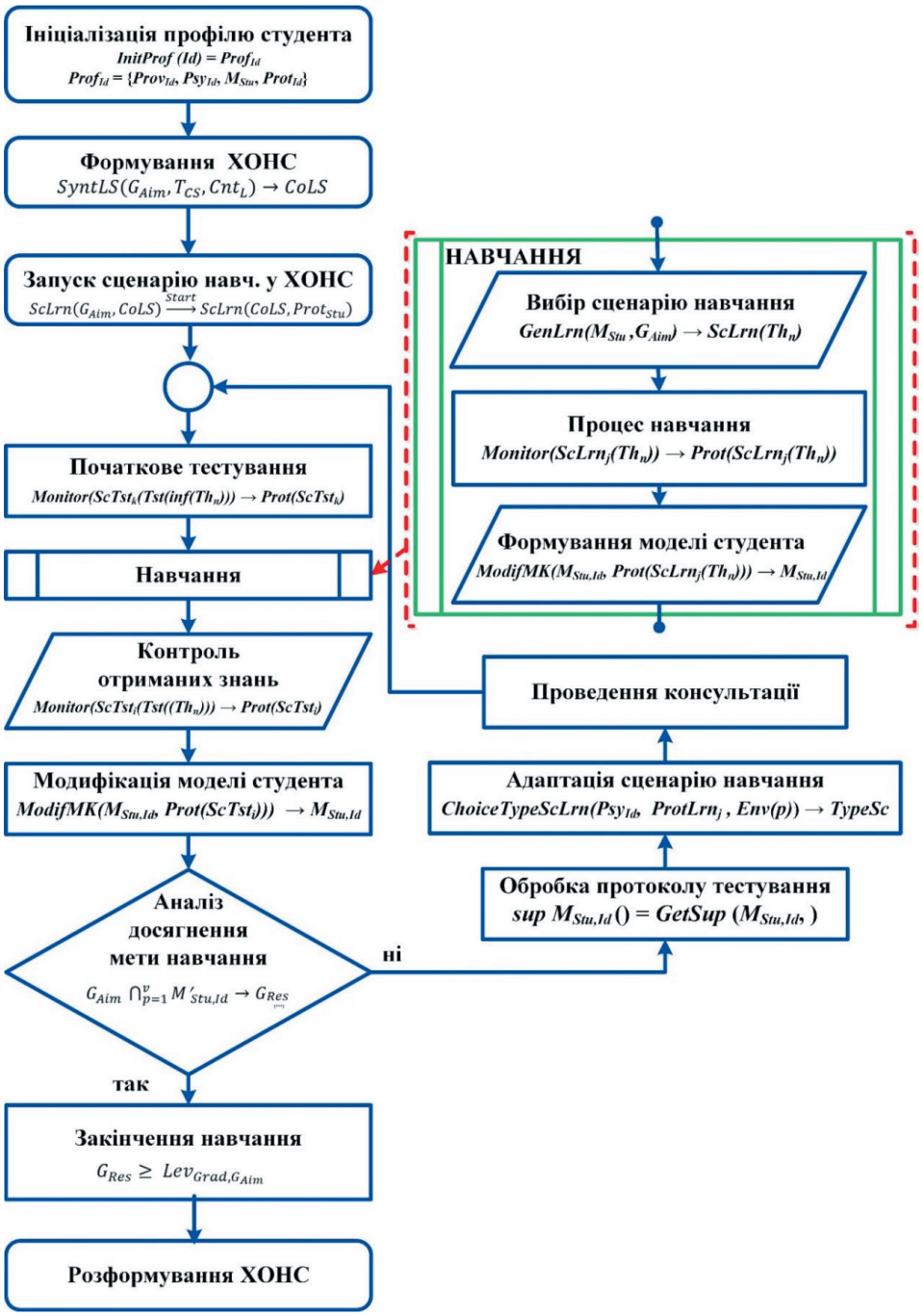

Рис. 3. Блок-схема системокванту процесу навчання студента у хмаро-орієнтованому навчальному середовищі.

11. *Процесс навчання.* Перейти до пункту 4.

Цей цикл може повторюватися до того моменту, доки розузгодження поточної моделі знань студента та еталонної моделі знань навчального курсу не будуть мінімальними.

12. *Розформування* хмаро-орієнтованого навчального середовища з навчальної дисципліни. Після закінчення всього циклу (програми) навчання – навчальне середовище може бути розформовано, або архівовано. Граф дерева структури $CoLS$, стає рівним 0. Апаратні та програмні ресурси вивільняються для нових завдань.

$$Destroy(CoLS) \rightarrow \{CoLS_{Tree} = 0\} \quad (25)$$

Висновок

Динамічна модель педагогічної системи може бути використана для програмної реалізації хмарного сервісу на базі програмного процесора (автомата), який генерує специфікацію подій (організаційних одиниць педагогічної системи) у системі електронного навчання, що дозволяє сформувати хмаро-орієнтоване середовище для реалізації індивідуальної траєкторії навчання.

Розробка та реалізація моделі педагогічної системи для е-дистанційної форми організації навчального процесу викладачами ЗДМУ дозволила оптимізувати процес переходу від

класичної форми організації навчання до дистанційної, скоротити час трансформації та запобігти великої кількості помилок.

Перевагами розглянутої моделі педагогічної системи є інваріантність, щодо організаційних форм навчання. Інваріантність структури педагогічної системи дає можливість проводити ієрархічну декомпозицію поточної організації системи в процесі навчання студента з метою формування, як навчальної одиниці, так і організаційної одиниці. Зміст навчання представлений навчальною одиницею може динамічно формуватися відповідно до рівня підготовки студента та його психологічних особливостей сприйняття інформації, тощо. Аналіз стану студента та сценарію навчання є критеріями, за якими студент має можливість перейти до наступної організаційної одиниці ієрархії сценарію навчання педагогічної системи.

Дослідження проводилося з дотриманням національних норм біоетики та положень Гельсінської декларації (у редакції 2013 р.). Автори статті — О. А. Рижов, Н. А. Іванькова, О. І. Андросов — підтверджують, що у них відсутній конфлікт інтересів.

Література

1. Glazunova O., Shyshkina M. The Concept, Principles of Design and Implementation of the University Cloud-based Learning and Research Environment. CEUR *Workshop Proc.*, 2018, vol. 2104, pp. 332–347.
2. Іванькова Н. А., Рижов О. А. Модель педагогічної системи електронного дистанційного навчання на базі хмарних сервісів. *Медична освіта,* 2020, № 3, сс. 34–42.
3. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: Монографія. К.:Атіка, 2008, 684 с.
4. Остапенко А. А. Теория педагогической системы Н. В. Кузьминой: генезис и следствия. *Человек, сообщество, управление,* 2013, № 4, сс. 37–52.
5. Кузнецов Ю. Н., Остапенко А. А. Педагогическая система как частный случай функциональных систем. Попытка переноса теории П. К. Анохина в педагогическую реальность. *Народное образование,* 2020, № 2, (1479), сс. 71–80.
6. Остапенко А. А. Образование как функциональная система: соотношение процессов и структур. Краснодар: Издание автора, 2016, 32 с.
7. Гузеев В. В. Преподавание: от теории к мастерству. М., НИИ школьных технологий, 2009, 27 с.
8. Анохин П. К. Очерки физиологии функциональных систем. М., Медицина, 1975, 475 с.
9. Судаков К. В. Системокванты жизнедеятельности. V общенациональный экологический форум России. Дубна 11–12 июля 2003 г. М., 2003, сс. 127–140.
10. Судаков К. В. Эволюционный изоморфизм в построении устойчивых сообществ. Устойчивое развитие. Наука и Практика. 2003, № 2, сс. 59–87.
11. Рижов О. А., Попов А. М. Інваріантна модель подання знань у системах дистанційного навчання на основі об`єктно орієнтованого підходу. *Медична інформатика та інженерія,* 2010, № 1, сс. 9–14.

Модель функциональной системы адаптивного управления учебным процессом студента в системах электронного обучения

А. А. Рыжов, Н. А. Иванькова, А. И. Андросов
Запорожский государственный медицинский университет, Украина

Резюме

Ведение. Внедрение дистанционного обучения на базе облачно-ориентированной учебной среды в систему медицинского образования ВУЗов меняет структуру педагогической системы. Простой перенос педагогических технологий обучения в новую среду электронного обучения не позволяет достигать образовательных целей. Внедрение современных информационных технологий обучения в ВУЗах требует разработки функциональной модели педагогической системы.

Цель работы. Исследование направлено на разработку модели адаптивного управления учебным процессом студента в системах электронного обучения в педагогических системах, развернутых на базе облачных сервисов для организации дистанционного обучения в медицинских университетах.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Запорожского государственного медицинского университета в течение апреля–декабря 2020 года. Анализ состояния инфраструктуры информационно-образовательной среды ЗГМУ проводился с использованием методов системного анализа и иерархической декомпозиции организационных объектов университета.

Результаты исследования. Разработана модель адаптивного управления учебным процессом в облачно-ориентированной учебной среде по учебной дисциплине, которая развернута в облаке MS Office 365. За основу структуры модели управления педагогической системы была положена структура функциональной системы П. К. Анохина и принципы взаимодействия ее компонентов. Модель адаптивного управления учебным процессом позволяет формировать персональную учебную среду в облаке университета в соответствии с образовательными целями рабочей программы дисциплины, учитывая особенности усвоения учебной информации студентом и его навыки работы с облачными сервисами.

Вывод. Динамическая модель педагогической системы может быть использована для программной реализации облачного сервиса на базе программного процессора (автомата), который генерирует спецификацию событий (организационных единиц педагогической системы) в системе электронного обучения и позволяет сформировать облачно-ориентированную среду для реализации индивидуальной траектории обучения студента.

Ключевые слова: медицинское образование; дистанционное обучение; функциональная система; адаптивное управление электронной обучением; облачно-ориентированная учебная среда.

Model of functional system of adaptive control of student learning process in e-learning systems

O. A. Ryzhov, N. A. Ivankova, O. I. Androsov
Zaporizhzhia State Medical University, Zaporizhzhia, Ukraine
e-mail: ryzhov.alexey@gmail.com

Abstract

Introduction. The introduction of distance learning based on a cloud-oriented learning environment (CLE) in the system of medical education of higher medical educational institutions changes the structure of the pedagogical system. The simple transfer of pedagogical teaching technologies to the new environment fails to achieve the goal of learning. The introduction of modern learning technologies in higher medical educational institutions requires the development of a functional model of the pedagogical system.

The study aims. To develop a model of adaptive management of the student learning process in e-learning systems (e-learning) in cloud-based pedagogical systems to organize distance learning in medical universities.

Materials and methods. The study was conducted on the basis of Zaporizhzhia State Medical University during April–December 2020. The analysis of the state of infrastructure of information and educational environment of ZSMU was carried out using methods of system analysis and hierarchical decomposition of organizational objects of the university.

Results. The authors developed a model of adaptive learning management (ALM) in a cloud-based learning environment for an academic discipline, which is deployed in MS Office 365 cloud. The structure of pedagogical system management model was based on the structure of P. K. Anokhin's functional system and the principles of interaction between its components. The proposed model allows to form a personal learning environment in the university cloud in accordance with the educational goals of the discipline, taking into account the specifics of students' learning acquisition and their work with cloud services.

Conclusion. The dynamic model of pedagogical system can be used for software implementation of cloud service on the basis of software processor (automaton), which generates the specification of events (organizational units of pedagogical system) in e-learning system, allows to form a cloud-oriented environment to implement individual learning pathway.

Key words: Medical education; Distance learning; Functional system; Adaptive e-learning management; Cloud-based learning environment.

©2020 Institute Medical Informatics and Telemedicine Ltd, ©2020 Ukrainian Association for Computer Medicine, ©2020 Kharkiv medical Academy of Postgraduate Education. Published by Institute of Medical Informatics and Telemedicine Ltd. All rights reserved.

ISSN 1812-7231 Klin. inform. telemed., 2020, vol. 15, iss. 16, pp. 133–141. https://doi.org/10.31071/kit2020.16.14
http://kit-journal.com.ua/en/index_en.html

References (11)

References

1. Glazunova O., Shyshkina M. The Concept, Principles of Design and Implementation of the University Cloud-based Learning and Research Environment. CEUR Workshop Proc., 2018, vol. 2104, pp. 332–347.
2. Ivan'kova N. A., Ryzhov O. A. Model of pedagogical system of electronic distance learning on the basis of cloud services. *Medychna osvita* [Medical education], 2020, №3, pp. 34–42. (In Ukr.).
3. Bykov V. YU. *Modeli orhanizatsiynykh system vidkrytoyi osvity: Monohrafiya* [Models of organizational systems of open education: Monograph]. K., Atika Publ., 2008, 684 p. (In Ukr.).
4. Ostapenko A. A. The theory of the pedagogical system of N. V. Kuzmina: genesis and consequences. *Chelovek, soobshchestvo, upravleniye* [Individual, community, management], 2013, no. 4, pp. 37–52. (In Russ.).
5. Kuznetsov Yu. N., Ostapenko A. A. The pedagogical system as a special case of functional systems. An attempt to transfer the theory of P. K. Anokhin into pedagogical reality. *Narodnoye obrazovaniye* [Public education], 2020, no. 2, (1479), pp. 71–80. (In Russ.).
6. Ostapenko A. A. *Obrazovaniye kak funktsional'naya sistema: sootnosheniye protsessov i struktur.* [Education as a functional system: correlation of processes and structures]. Krasnodar, Author's edition, 2016, 32 p. (In Russ.).
7. Guzeev V. V. *Prepodavaniye: ot teorii k masterstvu* [Teaching: from theory to mastery]. M., Research Institute of School Technologies, 2009, 27 p. (In Russ.).
8. Anokhin P. K. *Ocherki fiziologii funktsional'nykh sistem* [Essays on the physiology of functional systems]. M., Medicine Publ., 1975, 475 p. (In Russ.).
9. Sudakov K. V. System quanta of vital activity. *5th Nat. Ecol. Forum of Russia. Dubna July 11-12, 2003*, M., 2003, pp. 127–140. (In Russ.).
10. Sudakov K. V. Evolutionary isomorphism in building sustainable communities. Sustainable development. *Nauka i Praktika* [Science and Practice], 2003, no. 2, pp. 59–87. (In Russ.).
11. Ryzhov O. A., Popov A. M. Invariant model of knowledge representation in distance learning systems based on object-oriented approach. *Medychna informatyka ta inzheneriya* [Medical Informatics and Engineering], 2010, no. 1, pp. 9–14. (In Ukr.).

Листування
д.фарм.н, професор **О. А. Рижов**
пр. Маяковського, 26, 69035, Запоріжжя, Україна
e-mail: ryzhov.alexey@gmail.com