

Міністерство освіти и науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

**МУРАДОВА ВЮСАЛЯ ХУДАШІРІН КИЗИ**

УДК 004: 37.018.43]:37.014.6

**МОДЕЛІ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ  
ДЛЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЗНАНЬ  
В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти и науки України.

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Омаров Мурад Анвер огли,**  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки, проректор з міжнародного  
співробітництва

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор,  
**Шостак Ігор Володимирович,**  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний  
інститут», Міністерство освіти і науки України,  
професор кафедри інженерії програмного  
забезпечення

доктор технічних наук, професор,  
**Рязанцев Олександр Іванович,**  
Східноукраїнський національний університет імені  
Володимира Даля, Міністерство освіти і науки  
України, в.о. завідувача кафедри комп'ютерних  
наук та інженерії, м. Сєверодонецьк

Захист відбудеться " 04" травня 2021р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Науки, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Науки, 14.

Автореферат розісланий «\_\_» квітня 2021 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

І.П. Плісс

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Інформаційні технології (ІТ) інтенсивно застосовують в усьому світі в різних галузях і вже практично неможливо обійтися без їх використання. У сучасних умовах актуальною є проблема впровадження інформаційних технологій у різні сфери людської діяльності. Складовою частиною цього процесу є створення нових і вдосконалення існуючих систем процесу формування знань. Сучасна економіка, наука та інші сфери людської діяльності вимагають висококваліфікованих фахівців у різних галузях знань. Тому актуальним є завдання експертного оцінювання знань здобувачів у системах дистанційного навчання.

Останнім часом у процесі формування знань значна увага приділяється новим підходам до оцінювання знань в системах дистанційного навчання. Дистанційне навчання відкриває реальні перспективи для підвищення якості знань і оперативності освітнього процесу, що дозволяє вирішувати різні соціальні проблеми, пов'язані з функціонуванням інституту освіти.

Крім того, є результати досліджень про зменшення вартості, часу формування знань і підвищення якості формування знань в системах дистанційного навчання. Необхідно відзначити, що активний розвиток як самого дистанційного навчання, так і впровадження інформаційних технологій в різних областях, пов'язаних певною мірою з передачею знань, даних або будь-якої інформації, є об'єктивною тенденцією впровадження інформаційних технологій у всі сфери людської діяльності. Проблеми створення інформаційних технологій і інформаційних систем були розглянуті багатьма відомими українськими та зарубіжними вченими такими, як М.Ф. Бондаренко, В.В. Семенець, О. І. Ларічев, Є.В. Бодяньський, В.М. Левикін, О.Г. Руденко, М.В. Ткачук, В.А. Філатов, L.A. Zadeh, J. F. Baldwin, L. O Seman, E. C. Полат, В. Holmberg, W. Wang та ін. Незважаючи на те, що існуючі системи оцінювання добре себе зарекомендували, залишається актуальною задача підвищення ефективності експертного оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання.

Таким чином, на сьогодні вирішення наукового завдання, сутність якого полягає в розробці моделей та інструментальних засобів для експертного оцінювання якості знань у системах дистанційного навчання є актуальним.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації і мехатроніки Харківського національного університету радіоелектроніки, у межах господарчого договору на виконання науково-дослідної роботи: «Розробка організаційних технічних моделей управління якістю у процесі автоматизації теплових пунктів із застосуванням системи управління ризиками» (№ ДР 0121U107909).

### **Мета і завдання дослідження**

Метою дисертаційної роботи є розробка моделей та інструментальних засобів для підвищення ефективності експертного оцінювання якості знань, які отримують здобувачі в системах дистанційного навчання, шляхом предметно-орієнтованої технології. Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

– провести аналіз сучасних інформаційних технологій оцінювання знань у системах дистанційного навчання, а також підходів побудови модульної структури інструментальних засобів, що використовуються в цих технологіях;

- розробити інформаційну технологію побудові освітнього простору в системах дистанційного навчання, засновану на використанні модульної структури інструментальних засобів;

- розробити метод визначення інтегральної оцінки якості знань на основі штучних нейронних мереж;

- удосконалити концептуальну модель освітнього простору для створення інформаційної технології оцінювання знань у системах дистанційного навчання;

- провести експериментальну перевірку і впровадження розробленої інформаційної технології в системах дистанційного навчання.

*Об'єктом дослідження* є процес експертного оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання.

*Предметом дослідження* є методи та інструментальні засоби для експертного оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання.

**Методи дослідження.** Математичний апарат теорії множин, теорії ймовірності та експертна оцінка для оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання та визначення важливості одного з п'яти наведених діагностичних ознак, методи теорії штучних нейронних мереж для розробки моделі інтегральної оцінки знань учасників у системах дистанційного навчання, методи кластерного аналізу для класифікації освітнього простору користувачів дистанційного навчання, об'єктно-орієнтованого аналізу і нотації універсальної мови UML для проектування ІТ в системах дистанційного навчання.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

1. Вперше запропоновано інформаційну технологію побудови освітнього простору в системах дистанційного навчання, засновану на використанні модульної структури інструментальних засобів, яка враховує індивідуальні вимоги та особливості учасників дистанційного навчання, що дозволяє підвищити ефективність процесів формування та експертного оцінювання якості знань.

2. Отримав подальший розвиток метод визначення інтегральної оцінки якості знань на основі штучних нейронних мереж, що на відміну від існуючих дозволяє прогнозувати параметри процесів формування знань та експертного оцінювання в системах дистанційного навчання.

3. Удосконалено концептуальну модель освітнього простору на основі формального опису специфікації інформаційних вимог до функціональних завдань користувачів в системах дистанційного навчання за рахунок індивідуального підходу до учасників освітнього процесу, що дозволяє підвищити ефективність використання інформаційних ресурсів розподіленої інформаційної системи підтримки освітнього середовища.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Практична значимість отриманих теоретичних результатів дисертаційної роботи підтверджена підвищенням ефективності оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання, за рахунок запропонованої інформаційної технології, що забезпечує автоматизацію експертного оцінювання якості знань, які отримують здобувачі в системах дистанційного навчання.

Результати дисертаційної роботи були впроваджені в освітній процес на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

Харківського національного університету радіоелектроніки при викладанні дисциплін «Вступ до фаху АКТ» та «Технологія баз даних» (акт впровадження від 29.01.2021р.); в освітній процес Сумського державного університету для студентів спеціальності Електротехнічні системи електроспоживання та Електронні системи та компоненти, при викладанні дисциплін «Мікропроцесорна техніка» та «Комп'ютерні системи» (акт впровадження від 10.02.2021р.); в Державному підприємстві «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості» (м. Харків, акт впровадження від 12.02.2021р.); в Державному підприємстві «Український державний інститут по проектуванню заводів важкого машинобудування» (м. Харків, акт впровадження від 15.02.2021р.).

**Особистий внесок здобувача.** Усі положення дисертаційної роботи, які виносяться на захист, основні результати теоретичних та експериментальних досліджень одержані автором особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачці належать: [1] – тривіальна модель освітньої системи; схема формування змісту навчання; [2] – модель бази знань, яка наповнена правилами для визначення важливості виду оцінювання; застосування методу експертного оцінювання з матричним представленням вихідних даних; [3] – аналіз методів побудови інтегральної оцінки та визначення факторів, що впливають на інтегральну оцінку; модель отримувача знань на основі апарату штучних нейронних мереж, яка дозволяє адекватно прогнозувати поведінку отримувача знань з конкретної дисципліни; [4] – мультиагентна модель дистанційної форми освіти, яка дозволяє більш повно відобразити взаємодію між агентами (суб'єктами) освітнього процесу і може бути використана як інфологічне забезпечення ІТ; [5] – приклади розв'язання завдань, що лежать в основі нейронних мереж, а також приклади різноманітності існуючих нейронних мереж і структур, які дозволяють знаходити різні критерії для їх класифікації; [6] – модель накопичення і втрати знань, модель життєвого циклу системи знань отримувача знань, модель залежності процесу втрати знань від способу отримання знань.

**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові результати і положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародних та національних науково-технічних конференціях і форумах: Міжнародній науково-практичній конференції «Соціально-економічний розвиток в умовах Євроінтеграції» (Чернівці, 2016); III Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Дистанційне навчання – старт із сьогодення в майбутнє» (Харків, 2017); Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка і молодь в XXI столітті» (Харків, 2016, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Педагогіка і психологія: напрямки та тенденції розвитку в Україні та світі» (Одеса, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Формування сучасного освітнього середовища: переваги, ризики, механізми реалізації» (Грузія, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні методи, інновації та досвід практичного застосування в галузі технічних наук» (Польща, 2017); International scientific and methodical conference «Engineering education: challenges and developments» (Minsk, 2018) International conference «on natural sciences and technologies». (Turkish,

Eskisehir, ICONAT-2019); International Conference on Problem of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T'2020, Kharkiv, 2020).

**Публікації.** За результатами дисертаційної роботи опубліковано 20 наукових робіт, серед яких 8 статей, 5 з них у фахових наукових періодичних виданнях України з технічних наук, 3 статті у закордонних виданнях, у тому числі 1 стаття у виданні, що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus, та 12 тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків на 8 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 174 сторінки; робота містить 30 рисунків та 14 таблиць, з них 3 таблиці займають площу на 8 сторінках, список використаних джерел, що включає 137 найменувань, та займає 16 сторінок; анотації на 18 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок дисертаційної роботи з науковими темами, представлено відомості про апробацію результатів і публікації матеріалів дисертації.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих підходів до управління оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання.

Дослідження існуючих інформаційних технологій, що використовуються для оцінювання знань показало, що вони не завжди дозволяють ефективно виконувати оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання. Тому, для вирішення питання підвищення ефективності оцінювання знань, доцільним є розробка інформаційної технології оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання. На основі аналізу загальноновизнаних проблем в сфері оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання і існуючих моделей накопичення знань обґрунтовано напрямок дослідження та сформульовано завдання дослідження, метою якого є підвищення ефективності оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання.

Проведено аналітичний огляд та аналіз науково-технічних та наукових робіт за темою дисертаційної роботи. Вирішення взаємопов'язаних завдань дозволяє дати відповіді на визначенні питання, які надані як завдання дослідження і їх вирішення наведено в наступних розділах дисертації.

У **другому розділі** розроблені формалізовані моделі освітнього простору та специфікацій інформаційних вимог користувачів. Під освітнім простором користувачів розуміється інформація про сукупність об'єктів автоматизації та їх характеристики, яка представляється у вигляді спеціальних структур даних, зберігається в базах даних (БД) і використовується користувачами для вирішення різних функціональних завдань побудованих у системах дистанційного навчання (ДН).

Модель освітнього простору може бути представлена у вигляді сімки:

$$M_{on} = \langle F, H, P, O, V^{ex}, V^{six}, R \rangle, \quad (1)$$

де  $F = \{f_i | i = \overline{1, I}\}$  – множина автоматизованих функцій;

$H = \{h_j | j = \overline{1, J}\}$  – множина завдань (процедур) обробки даних;

$P = \{p_k | k = \overline{1, K}\}$  – множина користувачів;

$O = \{o_m | m = \overline{1, M}\}$  – множина об'єктів і процесів автоматизації;

$V^{ex} = \{v_l | l \in L_{ex}\}$  – множина вхідних даних,

$V^{eux} = \{v_l | l \in L_{eux}\}$  – множина вихідних даних,

$V = V^{ex} \cup V^{eux}$  – повна множина інформаційних елементів освітнього простору,

$R = \{r_y | y = \overline{1, Y}\}$  – множина відносин (взаємозв'язків) між компонентами  $\{F, H, P, O, V^{ex}, V^{eux}\}$ .

Формалізована модель освітнього простору описується за допомогою множин  $\{F, H, P, O, V^{ex}, V^{eux}\}$  і булевих матриць суміжності:

$$\begin{aligned} FH &= \|fh_{ij}\|, FP = \|fp_{ik}\|, FO = \|fo_{im}\|, FV = \|fv_{il}\|, HP = \|hp_{jk}\|, HO = \|ho_{jm}\|, \\ HV &= \|hv_{jl}\|, OV = \|ov_{ml}\|, \end{aligned} \quad (2)$$

які описують відповідні відносини  $R$  між компонентами освітнього простору.

Елементи даних матриць дорівнюють 1, якщо між відповідними компонентами є відношення (взаємозв'язок), в одному випадку, і дорівнюють 0, в іншому випадку. Модель специфікації інформаційних вимог користувачів можна представити у вигляді:

$$M_{спец}^k = \langle \alpha R \beta \rangle, \quad (3)$$

де  $k$  – індекс користувача,  $\alpha$  і  $\beta$  – структурні елементи освітнього простору,  $R$  – відношення між елементами. Структурними елементами моделей є елементи множин  $O = \{o_m | m = \overline{1, M}\}$ ,  $V^{ex} = \{v_l | l \in L_{ex}\}$ ,  $V^{eux} = \{v_l | l \in L_{eux}\}$ . Позначимо повну множину структурних елементів через  $D = \{d_l | l = \overline{1, L}\}$ .

Побудова моделі специфікації здійснюється ітеративно для кожного користувача множини  $P$  шляхом послідовного аналізу матриць суміжності, що описують відносини (взаємозв'язки) між компонентами освітнього простору.

Для отримання кількісної характеристики ступеня спільності (потужності перетину) освітнього простору  $k$ -го користувача (заданою множиною  $D_k^y$ ) скористаємося поняттям міри подібності, яка застосовується в теорії автоматичної класифікації.

Нехай задані множини  $D_k$  і  $D_k^y$ . Тоді мірою подібності називається відображення перетину множин  $D_k^p = D_k \cap D_k^y$  на деяку множину дійсних чисел, виражене невід'ємною дійсною функцією  $S_k$ , що задовольняє умові  $0 \leq S_k \leq 1$ .

Більшість функцій подібності містить у своєму складі величину  $p_{00}$ , яка визначає кількість елементів, одночасно відсутніх в обох розглянутих множинах. Оскільки, за визначенням  $D^0 = \bigcup_k D_k$  і  $D_k^y = D^0 - D_k$ , то величина  $p_{00}$  завжди приймає нульове значення. Таким чином, використання ряду функцій подібності ( $S_1, S_2, S_3$ ) призводить до вироджених оцінок, які не забезпечують адекватність порівняння.

Аналіз функцій подібності  $S_4 \dots S_7$  показує, що вони забезпечують порівнянність результатів.

Модель оцінювання знань наведено рис. 1.

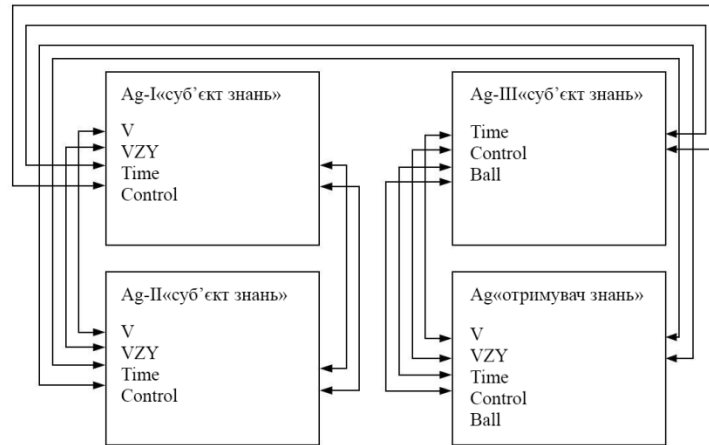


Рисунок 1 – Основні складові елементи моделі оцінювання знань

Згідно рис. 1 маємо множину вхідних (V) та вихідних потоків (VZY) інформації, які у підсумку визначають рівень сформованих (або накопичених) знань. Часові характеристики різних фаз формування знань (Time), умови оцінки рівня знань «отримувачем знань» (Control) за певною шкалою (Ball).

Знання – це результат пізнання, який можна логічно або фактично обґрунтувати і практично перевірити, «отримувач знань» – це особа в якій формуються знання, «суб'єкт знань» – це суб'єкт, який управляє процесом формування знань у «отримувача знань».

Формалізація оцінювання якості знань з погляду «суб'єкта знань» може бути визначена у вигляді такого кортежу параметрів :

$$\langle FZ, OZ, KZ \rangle \quad (4)$$

Кортеж формалізації з формування знань з погляду «отримувача знань» можна подати так:

$$\langle RZ, Z, Y \rangle. \quad (5)$$

Тоді структури окремих агентів моделі оцінювання знань відповідно до даних рис. 1 можна подати як сукупність окремих кортежів:

$$\text{Ag-I«суб'єкт знань»} = \langle V, VZY, Time, Control \rangle, \quad (6)$$

$$\text{Ag-II«суб'єкт знань»} = \langle V, VZY, Time, Control \rangle, \quad (7)$$

$$\text{Ag-III«суб'єкт знань»} = \langle Time, Control, Ball \rangle, \quad (8)$$

$$\text{Ag«отримувач знань»} = \langle V, VZY, Time, Control, Ball \rangle \quad (9)$$



Водночас з цим кортежі відповідно до (6)–(9) підпорядковані кортежам, які надані відповідно до (4) та (5).

Важливим аспектом є впровадження контролю за процесом формування та надбання знань, де ключовим елементом є рівень оцінки знань, які набув «отримувач знань».

Для реалізації моделі формування знань на основі сигмоїдальної функції можна використовувати різні її різновиди: раціональна сигмоїда, функція Фермі–Дірака, коренева сигмоїда, логістична сигмоїда, функція Гудерман й багато інших. Кожна з таких функцій підкреслює та враховує певні ознаки процесу, який досліджується.

Таким чином, потрібна така сигмоїдальна функція, яка має деякі додаткові параметри. При цьому такі додаткові параметри дозволяють певним чином (відповідно до досліджуваного процесу) модифікувати форму відображення сигмоїдальної функції. В якості такої сигмоїдальної функції можна використовувати функцію такого вигляду:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-a \cdot x}}, \quad (10)$$

де  $y$  – сигмоїдальна функція, яка може розглядатися як модельна функція надання знань у процесі опанування знань «отримувачем знань». Значення такої функції можна інтерпретувати як певний рівень отриманих знань: 0 – рівень знань найменший; 1 – рівень знань найвищий;  $x$  – період надання знань «суб'єктом знань». Зокрема такий період може складатися з декількох фаз надання знань. Відзначимо, що такий період завжди можна нормалізувати у залежності від шкали для його загальної інтерпретації;  $a$  – параметр моделі, який відображає інтенсивність надання знань (рис. 2).

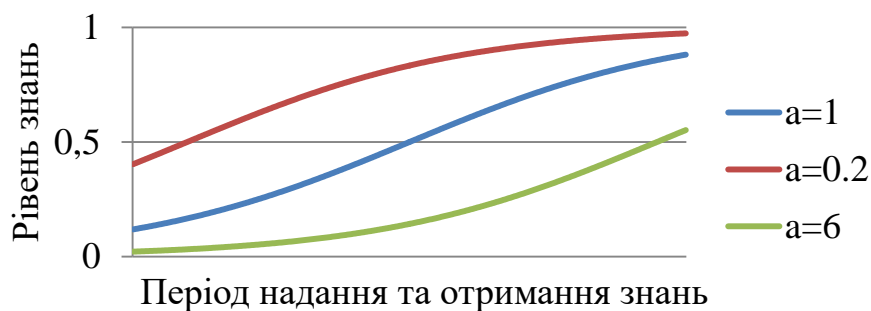


Рисунок 2 – Сигмоїдальна функція за формулою (10) для різних значень параметра  $a$

У той же час на рис. 2 відображена зростаюча функція. Отже, вираз за формулою (10) можна використовувати як модель надання та накопичення знань на деякому часовому інтервалі залежності від можливостей і здібностей «отримувача знань» та кваліфікації «суб'єкта знань»:

$$F(x, a) = \frac{1}{1 + e^{-a \cdot x}}, \quad (11)$$

де  $F(x, a)$  – функція моделі надання і накопичення знань;  $x$  – період надання і накопичення знань; де  $x \in [t_1, t_2]$ ;  $a$  – параметр моделі, який узагальнює та

відображає характеристики «отримувача знань» (здатності і можливості до отримання знань протягом певного періоду  $[t_1, t_2]$ ), так і характеристики «суб'єкта знань» (здатність донести ці знання до «отримувача знань», протягом певного періоду  $[t_1, t_2]$ ).

Але процес формування знань складається як з процесу їх накопичення, так і з процесу їх втрати. Втрату знань також можна описати у виді сигмоїдної функції, яка буде мати такий вигляд:

$$N(x, aa) = \frac{1}{1 + e^{aa \cdot x}}, \quad (12)$$

де  $N(x, aa)$  – функція моделі втрати знань «отримувачем знань»;  $x$  – період втрати знань «отримувачем знань»; де  $x \in [t_3, t_4]$ ;  $aa$  – параметр моделі, який узагальнює і відображає виключно характеристики «отримувача знань» (можливість зберегти набуті знання і особливості їх втрати протягом періоду  $[t_3, t_4]$ ). У той же час варто підкреслити, що значення  $t_2$  практично переходить у значення  $t_3$ . Це дозволяє казати про те, що  $[t_3, t_4] = [t_2, t_4]$ .

Тоді узагальнена модель формування знань (надання, отримання, втрати) має вигляд:

$$FN(x, a) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-a^* \cdot x}}, & x \in [t_1, t_2] \\ \frac{1}{1 + e^{a^{**} \cdot x}}, & x \in [t_2, t_4] \end{cases}, \quad (13)$$

де  $FN(x, a)$  – узагальнена функція моделі формування (накопичення (надання й отримання), втрати) знань;  $x$  – період формування знань «отримувача знань», який принаймні визначається двома часовими періодами:  $[t_1, t_2]$  і  $[t_2, t_4]$ ;  $a^*$ ,  $a^{**}$  – параметри моделі, які узагальнюють та відображають умови формування знань з урахуванням характеристик «суб'єкта знань» та «отримувача знань» (рис. 3).

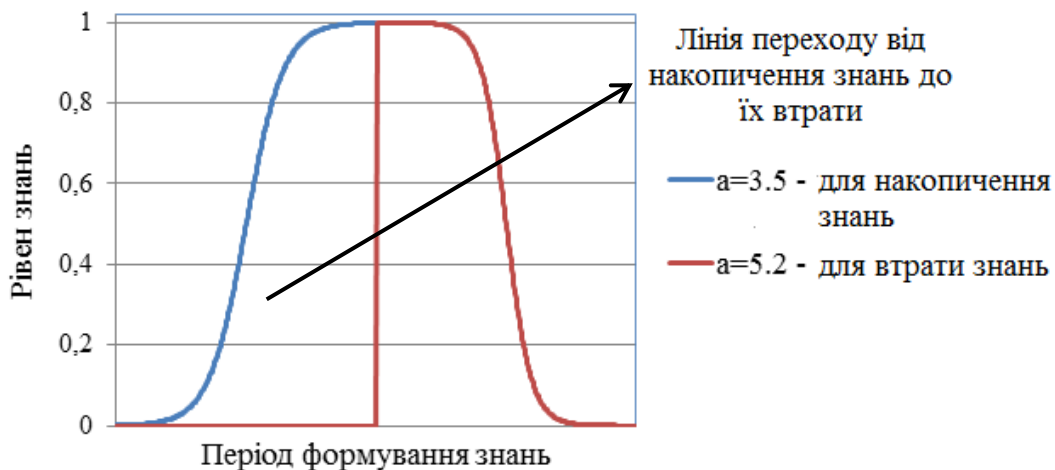


Рисунок 3 – Комбінована сигмоїдальна функція для узагальненої моделі формування знань

У процесі реалізації такої моделі отримуємо два набори даних (для процесу накопичення та процесу втрати знань), які дозволяють формалізувати оцінку взаємозв'язку між такими даними. Тобто є змога оцінити здатність «отримувача знань» до їх збереження з часом, а також визначити певний метод порівняльної оцінки знань для різних «отримувачів знань». Утім не менш важливим є питання побудови моделі опису дій «отримувачів знань» у процесі формування знань. Важливість цього питання визначається тим, що така модель є основою для розробки та упровадження методу оцінювання знань «отримувача знань».

Розроблено моделі інтегральної оцінки знань «отримувачем знань» з урахуванням його прагнення до отримання знань та поведінки «суб'єкта знань» з приводу окремих оцінок рівня знань «отримувача знань».

Формування знань зокрема та оцінювання знань загалом визначаються як складний та багатозначний процес. Цей процес оперує значною множиною даних, які можуть мати як кількісні, так і якісні ознаки.

Нейронні мережі (НМ) узагальнюють собою простий та зрозумілий інструментарій, здатний налаштовуватися під вирішення різних завдань. Водночас з цим складне завдання може бути відображено у виді багатосарової НМ, що дозволяє оперувати в цілому простими поняттями.

В якості вхідних даних оцінки рівня знань можна визначити таким чином:

$x_1 \dots x_k$  – рівень оцінок за окремими напрямками формування знань,

$x_{k+1}$  – оцінка регулярності використання інформаційного ресурсу,

$x_{k+2}$  – узагальнена оцінка з опанування й засвоєння знань, які отримані індивідуально,

$x_{k+3}$  – узагальнена оцінка з опанування й засвоєння обов'язкових тестових знань,

$x_{k+4}$  – узагальнена оцінка результату співбесіди з «отримувача знань» з «суб'єктом знань».

Завданням є визначення інтегральних оцінок різних «отримувачів знань», але з урахуванням їх прагнень до отримання знань, що позначається через вхідні дані  $x_{k+1} \dots x_{k+4}$ . Тоді таку модель можна подати відповідно до рис. 4.

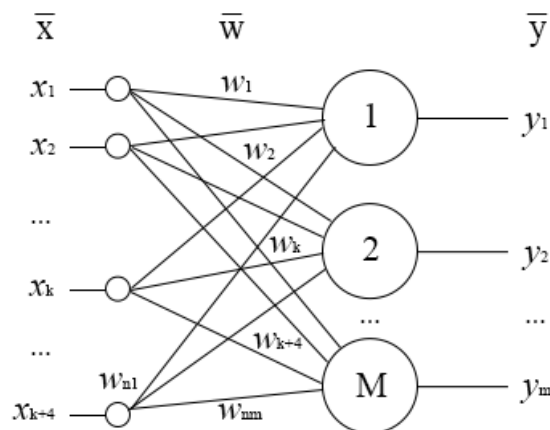


Рисунок 4 – Модель визначення інтегральної оцінки рівня знань «отримувачів знань» з урахуванням їх прагнень до отримання знань на основі НМ

Для моделі поданої відповідно до рис. 4 вагові коефіцієнти узагальнюють не лише значимість рівня знань за окремим напрямом таких знань, а й прагнення до отримання знань. Знов таки формалізація визначення такого прагнення може бути рівно зваженою або встановленою за певним пріоритетом відповідно значимості, яке надається «суб'єктом знань» таким оцінкам, як: оцінка регулярності використання інформаційного ресурсу, узагальнена оцінка з опанування й засвоєння знань, що отримані індивідуально, узагальнена оцінка з опанування й засвоєння обов'язкових тестових знань, узагальнена оцінка результату співбесіди з «отримувача знань» з «суб'єктом знань».

Таким чином, можна констатувати, що інструментарій НМ дозволяє визначити різні моделі для застосування в управлінні оцінювання знань.

У **третьому розділі** запропоновано підхід, який заснований на формалізації, що використовується в теорії образів. Основні поняття в запропонованому підході:

- технологія дистанційного навчання для освітнього простору (ТДН);
- програмний модуль (ПМ) інформаційної підтримки ТДН;
- функціональна база ПМ;
- клас ПМ;
- структура сімейства ПМ.

Завдання, які вирішуються ТДН, визначають його структуру і мінімально необхідну кількість модулів – складових частин, що забезпечують його функціонування. Уніфіковані складові частини ПМ утворюють функціональну базу створюваного сімейства ТДН. Функціональна база ділиться на непересічні класи ПМ, що виконують різні функції інформаційної підтримки ТДН.

ПМ функціональної бази  $e$  утворює в ТДН зв'язки з іншими ПМ. Для здійснення цих зв'язків може бути забезпечений програмними елементами сполучення. Структура ПМ може бути представлена графом, що містить набір ізольованих вершин, кожна з яких відповідає елементу сполучення.

Будь-якому ПМ  $e$  відповідає певна арність, яка показує число модулів сполучення (число ізольованих вершин графа компонента). Модулі сполучення можуть бути описані набором ознак або параметрів.

Таким чином, одним з факторів, що визначає функціональні можливості ТДН, є наявність ПМ і типи вбудованих модулів сполучення. Іншим фактором є різна програмна реалізація ПМ і тип споживаного в режимі функціонування ресурсу. Конкретній програмній реалізації ПМ  $e$  функціональної елементної бази відповідає його представлення вектором параметрів  $V(e)$ .

Будь-який ПМ  $e$  функціональної бази ТДН можна представити так:

$$e = [I(e), G(e), V(e)], \quad (14)$$

де  $I(e)$  – номер типу ПМ;  $G(e)$  – тип структури модулів сполучення;  $V(e)$  – вектор конструктивних параметрів ПМ.

ТДН формується залежно від типу поставленої адміністратором системи завдання шляхом підбору й установки ПМ функціональної бази  $E$ .

Фрагмент побудови ТДН представлений на рис. 5.

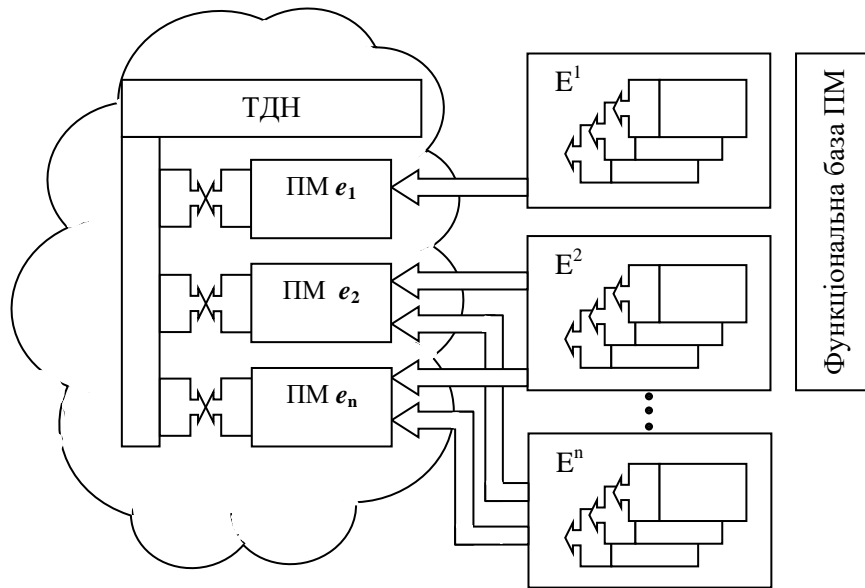


Рисунок 5 – Структура ПМ для ТДН

Множина структур ТДН  $Q$ , отриманих з ПМ функціональної бази, будемо називати  $Q$ -класом. Клас ТДН є безліччю графів, що описують модулі сполучення ПМ, пов'язаних один з одним.

Представлена модель процесу опрацюванням знань в системах дистанційного навчання. На рис. 6 наведена узагальнена use-case діаграма формування знань в системах дистанційного навчання.

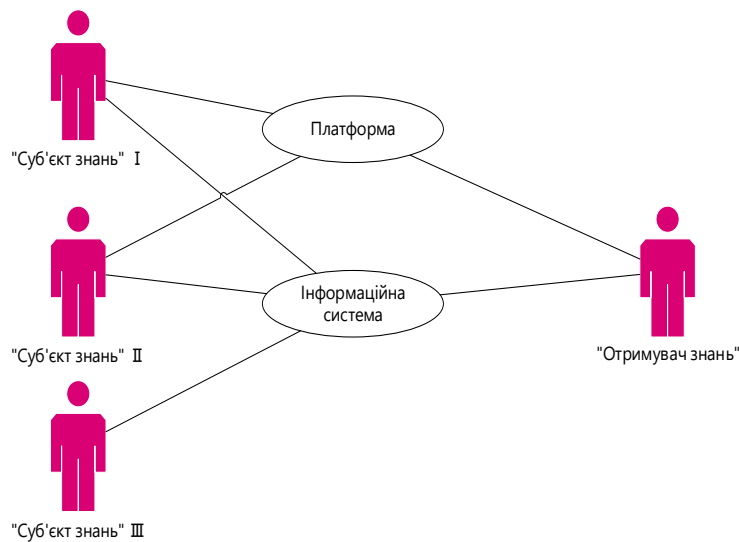


Рисунок – 6 Узагальнена use-case діаграма формування знань в системах дистанційного навчання

На узагальненій use-case діаграмі представлені такі учасники «Суб'єкт знань – I», «суб'єкт знань – II», «суб'єкт знань – III» та «отримувач знань». На основі

запропонованої моделі (рис. 6) було виконано проектування інформаційної системи оцінювання знань в системах дистанційного навчання.

На рис. 7 наведено структурну схему оцінювання знань в системах дистанційного навчання на основі сервіс-орієнтованої архітектури.

«Отримувач знань» є особою у якій формуються знання. «суб'єкт знань II» – це суб'єкт, який управляє процесом формування знань конкретного отримувача знань. «Суб'єкт знань I» – це суб'єкт, який формує методичні матеріали для процесу формування знань з визначеної предметної галузі. «Суб'єкт знань III» – це суб'єкт, до завдання якого входить організація процесом формування знань для множини отримувачів знань та суб'єктів знань.

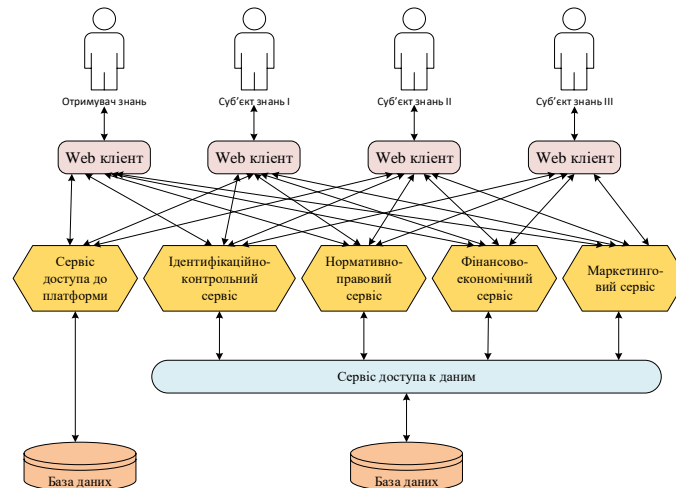


Рисунок 7 – Структурна схема оцінювання знань в системах дистанційного навчання на основі сервіс-орієнтованої архітектури

Сервіс доступу до платформи призначений для доступу до методичних матеріалів курсів (до теоретичних матеріалів, завдань до практичних занять, лабораторних робіт, тестів і т.д.)

Ідентифікаційно-контрольний сервіс призначений для усунення фальсифікації під час контролю знань з боку «отримувача знань» розширюється функціями:

- ведення звітності виконаної роботи «суб'єкта знань I» і «суб'єкта знань II»;
- аналіз «суб'єкта знань III» виконання роботи «суб'єкта знань I» і «суб'єкта знань II», контроль успішності «отримувача знань»;
- реєстрація і вибір «отримувача знань» плану навчання, отримання документів про результати формування знань.

Нормативно-правовий сервіс призначений для юридичної підтримки як «отримувача знань», так і освітньої організації – надходження «отримувача знань» у систему; отримання підсумкових кваліфікаційних документів; вибір термінів формування знань, перерв і врегулювання інших юридичних аспектів.

Фінансово-економічний сервіс призначений для врегулювання фінансових відносин між «отримувачем знань» та освітньою організацією розширюється новими функціями, які дозволяють «отримувачу знань» отримати доступ до історії фінансових відносин, «суб'єкту знань III» отримати доступ до всіх аспектів фінансових відносин як з «отримувачем знань», так і з «суб'єктом знань». «Суб'єкт

знань I» і «суб'єкт знань II» також мають доступ до відповідної інформації в цій підсистемі. Рівні доступу всіх учасників освітнього процесу встановлюються «суб'єктом знань III» інформаційної системи відповідно до політики певного деканату.

Маркетинговий сервіс призначений для постійного моніторингу на ринку освітніх послуг, залучення нових клієнтів («отримувачів знань»), спроби впливу на ринок освітніх послуг в інтересах освітньої організації.

На основі сервіс-орієнтованої архітектури може бути реалізовано ІТ процесом оцінювання знань в системах дистанційного навчання.

У четвертому розділі розроблено інструментальний засіб для експертного оцінювання якості знань, який є складовою технології дистанційного навчання. Проведено експериментальну перевірку та впровадження розробленої інформаційної системи My Distant University, яка побудована з урахуванням теоретичних висновків дослідження (рис. 8).



Рисунок 8 – Система дистанційного навчання My Distant University

Практична реалізація запропонованих моделей та методів експертного оцінювання якості знань здійснена за рахунок розробки відповідних програмних модулів та використання запропонованої технології експертування в інформаційній системі My Distant University. Для розробки інформаційної системи використовувалась технологія клієнт-сервер. Організаційна модель розробленої системи (рис. 9) включає набір експертних модулів, базу даних для експертування процесу навчання, модулі для управління діяльністю учасників та інформаційний блок, наповнення якого залежить від конкретного користувача запропонованої інформаційної системи.

База даних для виконання експертного оцінювання процесу навчання налаштована на диференційований доступ, який строго регламентований структурою ПМ.

Розробка інформаційної системи експертного оцінювання знань містить формулювання та вирішення декількох завдань моделюванням підсистем, які забезпечують впровадження розроблених моделей і методів.

Архітектура запропонованої інформаційної системи складається з таких модулів (підсистем): 1) модуль отримувача знань; 2) модуль адміністрації; 3) модуль суб'єктів дистанційного навчання (для суб'єкта 1 та суб'єкта 2); 4) модуль обробки та зберігання інформації (інформаційне сховище); 5) підсистема управління

експертними модулями; 6) база даних експертних модулів; 7) база даних для експертування якості навчання; 8) веб-інтерфейс.

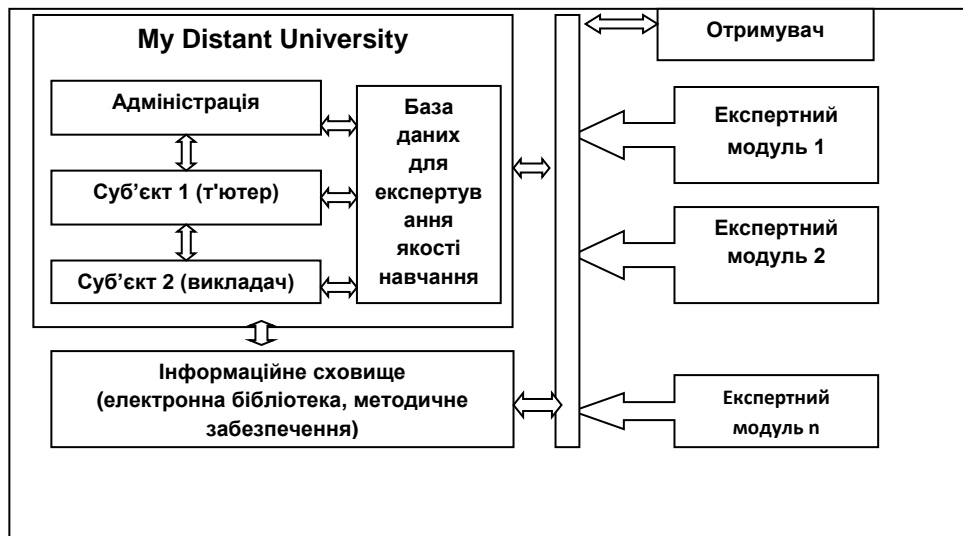


Рисунок 9 – Організаційна модель системи дистанційного навчання My Distant University з використанням модулів експертного оцінювання якості знань

Кожен модуль виконує особливі функції і має структуру, яка дозволяє реалізувати алгоритми для вирішення поставлених завдань (рис. 10).

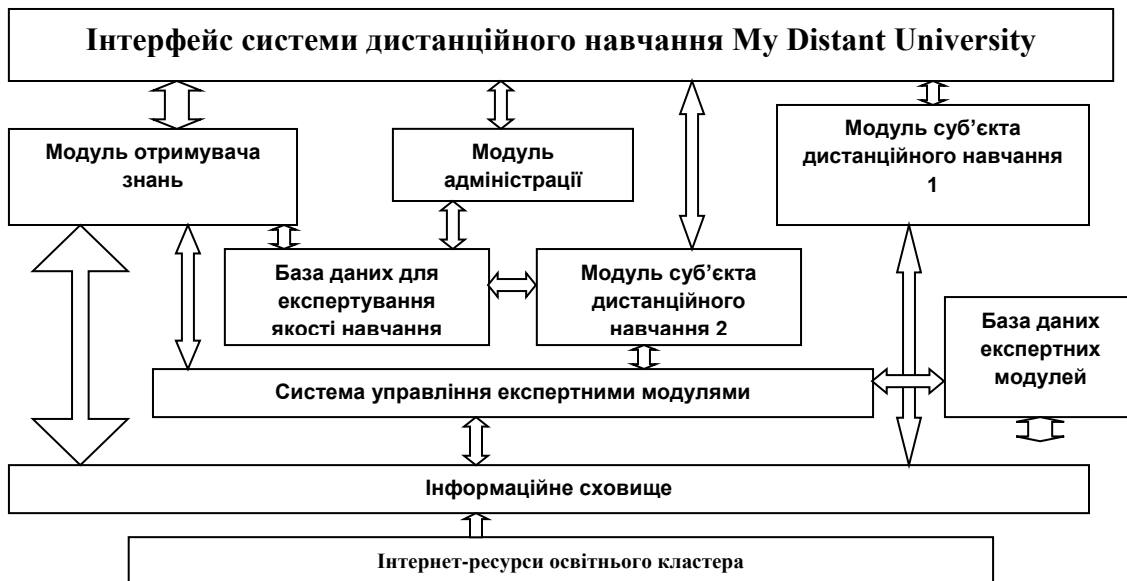


Рисунок 10 – Архітектура системи дистанційного навчання My Distant University

Інформаційні зв'язки з базою даних для експертного оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання налаштовані відповідно до розробленої системи доступу, яка визначає статус кожного учасника дистанційного навчання. Статус отримувача знань має найнижчий пріоритет, без можливості зміни даних.



Наприклад, модуль отримувача знань дозволяє за допомогою розробленого інтерфейсу формулювати із перерахованих пропозицій експертних модулів індивідуальний план навчання, контролювати виконання індивідуального плану та якість отриманих знань, отримувати за запитом зворотній зв'язок із суб'єктами дистанційного навчання та адміністрацією. Також модуль отримувача знань має підсистему відновлення втрачених знань та доступ до інформаційного сховища (рис. 11). Правило доступу до поточного стану якості знань підтримується відповідним регламентом: право зміни інформації в базі даних має тільки обмежена кількість суб'єктів дистанційного навчання (або один суб'єкт).

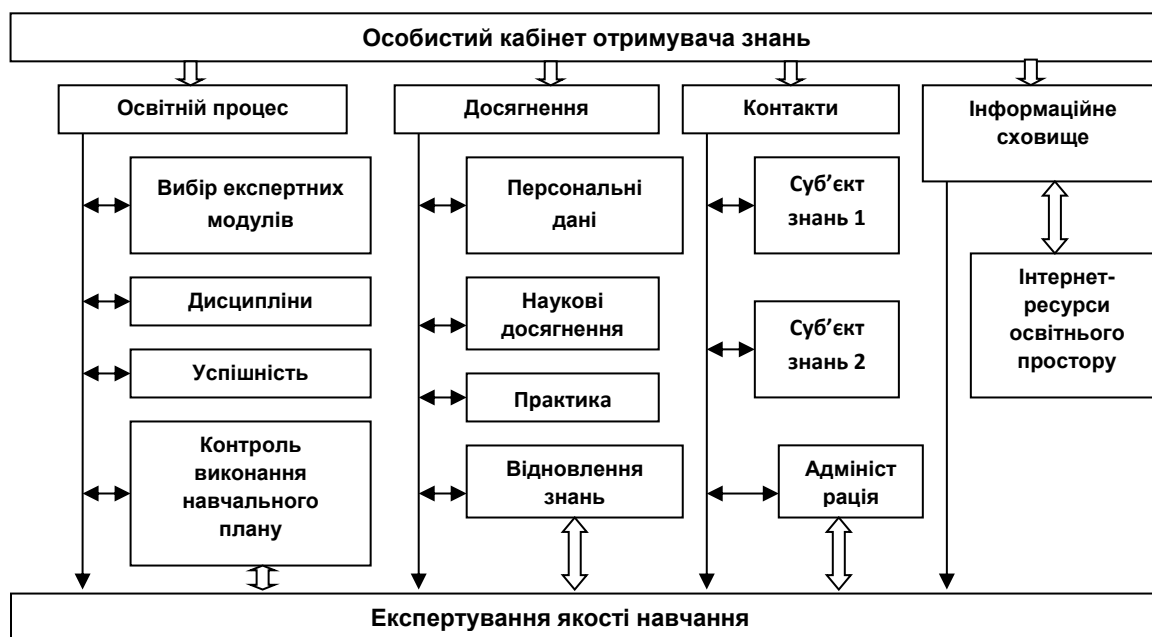


Рисунок 11– Архітектура модуля отримувача знань

На прикладі підсистеми «Особистий кабінет суб'єкта знань 2» розглянуто відправку первинної інструкції, призначення пунктів та підпунктів меню.



Рисунок 12 – Особистий кабінет суб'єкта знань 2

Аналіз тенденцій ринку дозволяє дійти висновку, що розглянуті інструментальні засоби експертування знань з використанням інформаційних систем

надають суттєві переваги перед іншими комп'ютеризованими системами навчання, а також перед заочним навчанням. Апробація інформаційної системи My Distant University дала можливість вилучити недоліки інших систем, проаналізувати ефективність та доцільність використання запропонованих моделей і методів для удосконалення систем дистанційного навчання.

У додатках до дисертаційної роботи наведені акти про впровадження результатів дисертаційної роботи і список публікацій здобувача.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих підходів до оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання. Визначено основні особливості стандартів, моделей і систем, а також їх головні недоліки. Виходячи з результатів аналізу, сформульовано науково-прикладне завдання, яке визначає мету і задачі дослідження.

2. Вперше запропоновано інформаційну технологію побудови освітнього простору в системах дистанційного навчання, засновану на використанні модульної структури інструментальних засобів, яка враховує індивідуальні вимоги та особливості учасників дистанційного навчання, що дозволяє підвищити ефективність процесів формування та експертного оцінювання якості знань

3. Розроблено модель формування знань на основі сигмоїдальної функції, яка поєднує та визначає такі процеси, як надання й отримання, втрати знань. На відміну від існуючих моделей, запропонована модель дозволяє оцінити рівень накопичених та залишкових знань у разі поступової їх втрати. Також модель забезпечує проведення порівняльного аналізу за рівнем знань для різних «отримувачів знань».

4. Отримав подальший розвиток метод визначення інтегральної оцінки якості знань на основі штучних нейронних мереж, що на відміну від існуючих, дозволяє прогнозувати параметри процесів формування знань та експертного оцінювання в системах дистанційного навчання.

5. Удосконалено концептуальну модель освітнього простору на основі формального опису специфікації інформаційних вимог до функціональних завдань користувачів у системах дистанційного навчання за рахунок індивідуального підходу до учасників освітнього процесу, що дозволяє підвищити ефективність використання інформаційних ресурсів розподіленої інформаційної системи підтримки освітнього середовища.

6. Проведено апробацію та впровадження результатів дисертаційної роботи. Впровадження апробована в Державному підприємстві «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості» (акт від 12.02.21); в Державному підприємстві «Український державний інститут по проектуванню заводів важкого машинобудування» (акт від 15.02.21). Застосування ІТ дозволило, не відволікаючи працівників на тривалий час від безпосереднього виконання фахових обов'язків, опанувати необхідними знаннями на території підприємства. Використовуються в освітньому процесі ХНУРЕ та Сумського державного університету, що підтверджено відповідними актами впровадження.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА**

1. Омаров М. А., Мурадова В. Х. О функционировании системы дистанционного образования в современном образовательном пространстве. *Научно-технический журнал. Ученые записки*. Азербайджан, Баку. 2016. Том 1. № 3. С. 204–214.
2. Омаров М. А., Цехмистро Р. И., Мурадова В. Х. Использование теории нечетких множеств для задачи создания информационной системы оценивания знаний студентов дистанционной формы обучения для технических специальностей. *Научно-технический журнал. Бионика Интеллекта*. ХНУРЭ. 2017. № 2 (89). С.169–176.
3. Омаров М. А., Мурадова В. Х. Модель прогнозирования поведения студента на основе нейронных сетей. *Scientific light*. Poland, Wroclaw. 2017. Vol 1. № 12. С. 51–58.
4. Омаров М. А., Мурадова В. Х., Инфологическое обеспечение информационной технологии управления дистанционным образованием. *Научно-технический журнал. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2018. № 4 (6). С.146–153.
5. Мурадова В. Х., Жарикова И. В. Обзор развития теории искусственных нейронных сетей. *Научно-технический журнал. Технология приборостроения*. 2007. № 2. С. 39–43.
6. Omarov M. A., Muradova V. Kh., Lyashenko V.V. Model of Accumulation and Loss of Knowledge in Computerization Systems of Education with Remote Access. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. 2020. 8(3). P. 847 – 852. (Индексується в Scopus) doi.org/10.30534/ijeter/2020/39832020.
7. Мурадова В. Х. Анализ развития дистанционного обучения. *Зб. наукових праць. Системи обробки інформації*. 2015. №8. С. 177–181. (Индексується в Copernicus)
8. Мурадова В. Х. Модель устойчивой детерминированной системы дистанционного образования. *Збірник наукових праць. Вісник НТУ «ХПИ». Системний аналіз, управління та інформаційні технології*. 2016. С. 73-78. (Индексується в WorldCat i Google Scholar)
9. Мурадова В. Х. Моделирование автоматизации управления дистанционным образованием в ВУЗЕ. *Збірник наукових робіт учасників міжнародної науково-практичної конференції. Педагогіка і психологія: напрямки та тенденції розвитку в Україні та світі*. Одеса. 2017. С.176–177.
10. Омаров М. А., Мурадова В. Х. О факторах влияния информационной технологии процессы образования. *Материалы 3-й международной научно-технической конференции. Информационные системы и технологии*. ХНУРЭ. 2015. – С. 92–93.
11. Мурадова В. Х. Модель процесса дистанционного образования. *Материалы XLVIII Междунар. научно-практической конф. Социально-Экономическое развитие в условиях Евроинтеграции*. Черновцы. 2016. Том 1. С. 29–30.
12. Мурадова В. Х. Нейронные сети как теоретическая основа для прогностических систем. *Матеріали 20-го Ювілейного Міжнародного Молодіжного Форуму «Радіоелектроніка і молодь в ХХ столітті»* Харків. 2016. Том 6. С. 33–34.
13. Мурадова В. Х. Дистанционное обучение как новое социальное явление. *Матеріали між нар. науково-практичної конф. «Інноваційні наукові дослідження в галузі соціології, психології та політичних наук»*. Словачія. 2017. С. 68–70

14. Мурадова В. Х. Проектування інформаційної системи управління дистанційним навчанням у ВНЗ. *Матеріали III Всеукраїнською науково-практичної конференції з міжнародною участю, «Дистанційне навчання – старт із сьогодення в майбутнє»*. Харків. 2017. С. 58.
15. Мурадова В. Х. Влияние технологических новаций на структуры и методы дистанционного обучения и информационные системы управления дистанционным образованием. *Матеріали 21-го Міжнар. Молодіжн. Форуму «Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті»*. Харків. ХНУЭ. 2017. Том 6. С. 80–81.
16. Мурадова В. Х. Дистанционное обучение – технология развития ресурсов личности. *International scientific-practical conference Forming of modern educational environment: benefits, risks, implementation mechanisms*. Tbilisi. 2017. С. 11–12.
17. Muradova V. Kh. About approaches to learning control for distance learning. *International research and practice conference. «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences»*. Radom. 2017. С. 214–215.
18. Мурадова В. Х. Разработка предметных моделей в области дистанционного обучения. *Материалы IX Международной научно-методической конференции. Высшее техническое образование: проблемы и пути развития*. Минск. БДУР. 2018. С. 318-320.
19. Omarov M. A., Muradova V. Kh. Construction of information systems of knowledge formation on the basis of service-oriented architecture using neural networks. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A – Applied Sciences and Engineering. International conference «On natural sciences and technologies»*. Turkish, KNURE. ICONAT-2019. pp.145-148.
20. Omarov M. A., Muradova V. X., Lyashenko V. V. Key aspects of modeling the process of knowledge formation in infocommunication decision-making systems. *IEEE International Conference on Problem of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T'2020) Kharkov*. 2020. P.1–5.

## АНОТАЦІЯ

**Мурадова В. Х. Моделі та інструментальні засоби для експертного оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі розробки моделей та інструментальних засобів, що дозволяє підвищити ефективність експертного оцінювання якості знань в системах дистанційного навчання.

У дисертаційній роботі вперше запропоновано інформаційну технологію побудови освітнього простору в системах дистанційного навчання, засновану на використанні модульної структури інструментальних засобів, яка враховує індивідуальні вимоги та особливості учасників дистанційного навчання, що дозволяє підвищити ефективність процесів формування та експертного оцінювання якості знань.

Отримав подальший розвиток метод визначення інтегральної оцінки якості знань на основі штучних нейронних мереж, що дозволяє прогнозувати параметри процесів формування знань та експертного оцінювання в системах дистанційного навчання.

Удосконалено концептуальну модель освітнього простору на основі формального опису специфікації інформаційних вимог до функціональних завдань користувачів у системах дистанційного навчання.

Розроблено інформаційну технологію, що дозволяє створювати програмне забезпечення оцінювання знань в системах дистанційного навчання. Використання теоретичних досліджень і практичних розробок дозволяють на основі створених інформаційних технологій будувати нові, більш ефективні, або модернізувати існуючі інформаційні системи для дистанційного навчання.

*Ключові слова:* інформаційна технологія, інформаційна система, дистанційна навчання, штучні нейронні мережі, нечітка множина, експертне оцінювання.

## АННОТАЦИЯ

**Мурадова В.Х. Модели и инструментальные средства для экспертного оценивания знаний в системах дистанционного обучения. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2021.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи разработки моделей и инструментальных средств, которая позволяет повысить эффективность экспертного оценивания качества знаний в системах дистанционного обучения.

В диссертационной работе впервые предложена информационная технология построения образовательного пространства в системах дистанционного обучения, основанную на использовании модульной структуры инструментальных средств, которая учитывает индивидуальные требования и особенности участников дистанционного обучения, позволяет повысить эффективность процессов формирования и экспертного оценивания знаний.

Получило дальнейшее развитие метод определения интегральной оценки качества знаний на основе искусственных нейронных сетей, которая позволяет прогнозировать параметры процессов формирования знаний и экспертного оценивания в системах дистанционного обучения.

Усовершенствована концептуальная модель образовательного пространства на основе формального описания спецификации информационных требований к функциональным задачам пользователей в системах дистанционного обучения.

Разработана информационная технология, позволяющая создавать программное обеспечение для оценки знаний в системах дистанционного обучения. Использование теоретических исследований и практических разработок позволяет на основе существующих информационных технологий строить новые, более

эффективные или модернизировать существующие информационные системы для дистанционного обучения.

*Ключевые слова:* информационная технология, информационная система, дистанционное обучение, искусственные нейронные сети, нечеткое множество, экспертное оценивание.

## ANNOTATION

**Muradova V.Kh. Models and tools for expert assessment of knowledge in distance learning systems. – Manuscript.**

Thesis for the Degree of Candidate of Technical Sciences in Specialty 05.13.06 – Information Technologies. – Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and applied problem of the development of models and tools, which improves the efficiency of expert assessment of the quality of knowledge in distance learning systems.

The dissertation work for the first time proposed information technology for building educational space in distance learning systems, based on the use of a modular structure of tools, which takes into account the individual requirements and characteristics of participants in distance learning and allows to increase the efficiency of processes for the formation and expert assessment of knowledge.

The method for determining the integral assessment of the quality of knowledge based on artificial neural networks has been further developed. The conceptual model of the educational space is improved on the basis of a formal description of the specification of information requirements for the functional tasks of users in distance learning systems.

Information technology has been developed that allows to create software for knowledge assessment in distance learning systems. The use of theoretical research and practical developments allow based on the existing information technology to build new, more efficient, or upgrade existing information systems for distance learning.

*Key words:* information technology, information system, distance learning, artificial neural networks, fuzzy set, expert assessment.

Підп. до друку 30.03.21. Формат 60x84 1/16. Умов. друк. арк. 0,9.  
Зам. № 30/1. Тираж 100 прим. Ціна договірна.

Віддруковано в типографії ФОП Андреев К.В.  
61166, Харків, вул. Богомольця, 9, кв. 50.  
Свідоцтво про державну реєстрацію  
№24800170000045020 від 30.05.2003 р.  
er.zakaz@gmail.com  
тел. 063-993-62-73