

УДК 004.414.2

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.11>

Володимир ТОКАР

доктор економічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки, Державний торговельно економічний університет, вул. Кіото, 19, Київ, Україна, індекс 02000 (V.Tokar@knute.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-1879-5855

Станіслав ДУБИКІВСЬКИЙ

кандидат економічних наук, провідний спеціаліст відділу міжнародних зв'язків, Державний торговельно економічний університет, вул. Кіото, 19, Київ, Україна, індекс 02000 (S.Dubukivskiy@knute.edu.ua)

ORCID: 0000-0003-4901-6372

Катерина ПАЛАГУТА

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки, Державний торговельно економічний університет, вул. Кіото, 19, Київ, Україна, індекс 02000 (palaguta@knute.edu.ua)

ORCID: 0000-0003-1167-9509

Юлія САМОЙЛЕНКО

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, Київ, Україна, індекс 01033 (y.samoilenko@knute.edu.ua)

ORCID: 0000-0003-3787-1435

Валерій ПАШОРІН

кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем, програмування та кібербезпеки, Європейський університет, бульвар Академіка Вернадського, 16В, Київ, Україна, 03115 (vpashorin@knute.edu.ua)

Volodymyr TOKAR

Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor at the Department of Software Engineering and Cybersecurity, State University of Trade and Economics, 19 Kyoto str., Kyiv, Ukraine, postal code 02000 (V.Tokar@knute.edu.ua)

Stanislav DUBYKIVSKYI

Candidate of Economic Sciences, Leading Specialist at the International Relations Department, State University of Trade and Economics, 19 Kyoto str., Kyiv, Ukraine, postal code 02000 (S.Dubukivskiy@knute.edu.ua)

Kateryna PALAGUTA

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Software Engineering and Cybersecurity, State University of Trade and Economics, 19 Kyoto str., Kyiv, Ukraine, postal code 02000 (palaguta@knute.edu.ua)

Yuliia SAMOILENKO

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automation and Computer Technologies of Control Systems, National University of Food Technologies, 68 Volodymyrska str., Kyiv, Ukraine, postal code 01033 (y.samoilenko@knute.edu.ua)

Valery PASHORIN

Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Systems, Programming and Cybersecurity, European University, 16B Akademika Vernadskyi Boulevard, Kyiv, Ukraine, postal code 03115 (vpashorin@knute.edu.ua)

Бібліографічний опис статті: Токар В., Дубиківський С., Палагута К., Самойленко Ю., Пашорін В. (2023). Архітектура інтелектуальних систем прийняття рішень інформаційної інфраструктури ЗВО з урахуванням вимог ЄС. *Інформаційні технології та суспільство*. Вип. 1 (7), 80–87, DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.11>

Bibliographic description of the article: Tokar V., Dubykyivskiy S., Palaguta K., Samoilenko Y., Pashorin V. (2023). Arkhitektura intelektualnykh system pryiniattia rishen informatsiinoi infrastruktury ZVO z urakhuvanniam vymoh YeS [The architecture of intelligent decision-making systems of the information infrastructure of higher education institutions considering EU requirements]. *Informatsiini tekhnologii ta suspilstvo – Information technology and society*, 1 (7), 80–87. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.11>

АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗВО З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ЄС

Анотація. Цифрове суспільство, як новий етап розвитку цивілізації, характеризується зростаючим значенням інформаційних технологій в усіх сферах життєдіяльності, в тому числі й в освітній. Стаття присвячена проблематиці вирішення питань розвитку сучасних інформаційних технологій в системі навчання. Інтелектуальний аналіз успішності студентів на всіх етапах навчання відіграє одну з основних ролей при пошуку рішень у цілком різних напрямках – від підтримки вирішення питань відносно окремого студента до коригування освітніх траєкторій і, відповідно, до кардинальної зміни навчального плану, а також при формуванні ресурсного потенціалу освітніх закладів різного рівня. Метою дослідження є створення прообразу простої та доступної інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень, що базується на обліку успішності студентів для закладів освіти всіх рівнів. Завдяки використанню загальнонаукових методів пізнання – аналізу, синтезу, порівняння, у дослідженні було вирішено ряд поставлених завдань. У статті проаналізовано досвід використання різних блоків інтелектуальних систем прийняття рішень на основі інформаційних технологій, розглянуто технології обробки даних OLAP і Data Mining, а також окреслено на теоретичному та апаратному рівнях концептуальні засади моделі функціонування інформаційно-аналітичної системи в ЗВО, що базується на обліку успішності студентів. Отримані результати дослідження в подальшому можуть бути удосконалені і реалізовані ІТ-спеціалістами на практиці в межах не лише ЗВО, але й у рамках освітніх закладів інших рівнів, які наразі не в змозі використовувати існуючі недешеві системи, наближаючи вітчизняну систему освіти до діючих стандартів освітнього простору ЄС.

Ключові слова: інтелектуальні системи прийняття рішень, інформаційна інфраструктура, заклади освіти, технології, управління, OLAP, Data Mining.

THE ARCHITECTURE OF INTELLIGENT DECISION-MAKING SYSTEMS OF THE INFORMATION INFRASTRUCTURE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS CONSIDERING EU REQUIREMENTS

Abstract. The digital society, as a new stage of civilization development, is characterized by the growing importance of information technology in all spheres of life, including education. The article sheds light on solving the issues of development of modern information technology in the learning system. Intellectual analysis of student performance at all stages of education plays a major role in finding solutions in completely different directions – from supporting the resolution of issues related to an individual student to adjusting educational trajectories and, accordingly, to a radical change in the curriculum, as well as in shaping the resource potential of educational institutions of different levels. The purpose of the study is to create a prototype of a simple and accessible information and analytical decision support system based on student performance for educational institutions of all levels. Through the use of general scientific methods of cognition – analysis, synthesis, comparison, the study solved a number of tasks. The article analyzes the experience of using various blocks of intelligent decision-making systems based on information technology, considers OLAP and Data Mining data processing technologies, and outlines the conceptual foundations of the model of functioning of an information and analytical system in a higher education institution based on student performance at the theoretical and hardware levels. The obtained results of the study can be further improved and implemented by IT specialists in practice not only within higher education institutions, but also within educational institutions of other levels, which are currently unable to use existing expensive systems, bringing the national education system closer to the current standards of the EU educational space.

Key words: intelligent decision-making systems, information infrastructure, educational institutions, technologies, management, OLAP, Data Mining.

Вступ

Відповідно до національного законодавства та стандартів ЄС, в Україні діє дворівнева система вищої освіти, згідно з якою кваліфікації «бакалавр» і «магістр» розглядаються як самостійні освітні рівні з окремими державними освітніми стандартами, вступними іспитами і самостійною підсумковою атестацією [7]. Однією з передумов приєднання України до розбудови європейського освітнього простору в рамках європейського стратегічного співробітництва у сфері освіти і навчання. стало забезпечення високої якості навчального процесу, внаслідок чого було сформульовано низку показників, що регламентують його ефективність. На сьогоднішній день стає дедалі актуальнішим розробка нових механізмів планування та організації навчального процесу в ЗВО з метою підтримки встановлених освітніх стандартів. Ці механізми побудовані на основі методів ефективного планування та управління ресурсним потенціалом вишу, збільшення якого веде до підвищення якості функціонування всього закладу в цілому, а отже, і забезпечення необхідних стандартів якості.

Одним із важливих етапів організації навчального процесу є контроль за успішністю студентів на кожному освітньому рівні. Інтелектуальний аналіз даних успішності студентів на всіх рівнях освіти

ЗВО окреслює загальний контингент і зацікавленість студентів ЗВО, від якого залежить кількість спеціальностей і освітніх напрямків, груп і потоків, загальне навантаження викладачів, кількість аудиторій, обсяг бюджетного фінансування та коштів, що надходять від студентів, які навчаються на комерційній основі тощо. Таким чином, інтелектуальний аналіз успішності студентів на всіх курсах навчання відіграє одну з основних ролей при пошуку рішень у цілком різних напрямках – від підтримки вирішення питань відносно окремого студента до кардинальної зміни навчального плану, а також при формуванні ресурсного потенціалу ЗВО. Виходячи з цього, в якості критерію ефективності коригування внесення зміни до навчального процесу і планування ресурсного потенціалу ЗВО, було обрано облік успішності студентів усіх рівнів навчання.

Проблематикою питань становлення і розвитку сучасних інформаційних технологій в системі навчання займаються такі вчені і дослідники, як В. Гогунський, Б. Голуб, Р. Кветний, В. Костяк, Т. Мазурок, Є. Паламарчук, Й. Петрович, Ю. Римар, С. Титенко та інші. Проте залишається актуальним питання щодо створення для закладів освіти всіх рівнів простої та доступної інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень, що базується на обліку успішності студентів.

Загалом розвиток інформаційних технологій з урахуванням освітніх тенденцій вимагає використання в навчально-освітніх системах інтелектуалізації контролю знань [11, с. 54]. Комп'ютеризовані інформаційні системи дають можливість впорядкувати та автоматизувати освітню сферу діяльності, що допоможе відповідати освітнім стандартам ЄС [4; 5; 6] та дозволить позбавитися від зайвого паперового документообігу, що позитивно позначиться на продуктивності праці співробітників.

Метою цієї статті є окреслення концептуальних засад моделі функціонування інформаційно-аналітичної системи ЗВО, що базується на обліку успішності студентів.

Для вирішення поставленої мети будуть вирішені наступні завдання:

- розгляд архітектури інтелектуальних систем прийняття рішень (ІСПР);
- проведення аналізу технологій обробки даних;
- окреслення концептуальних засад моделі функціонування інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в ЗВО, що базується на обліку успішності студентів.

Архітектура інтелектуальних систем прийняття рішень (ІСПР)

У роботі [2] запропоновано загальну архітектуру інтелектуальної системи прийняття рішень, яка складається з таких трьох основних компонент, як блок вводу даних, блок зберігання інформації та блок аналізу (рис. 1). Ці складові блоки ІСПР виконують досить чіткі завдання, а саме – зручного і ефективного завантаження даних, зберігання (СУБД) і накопичення даних, та аналізу даних (сервіс звітності, OLAP- сервіс, Data Mining, та ін.).

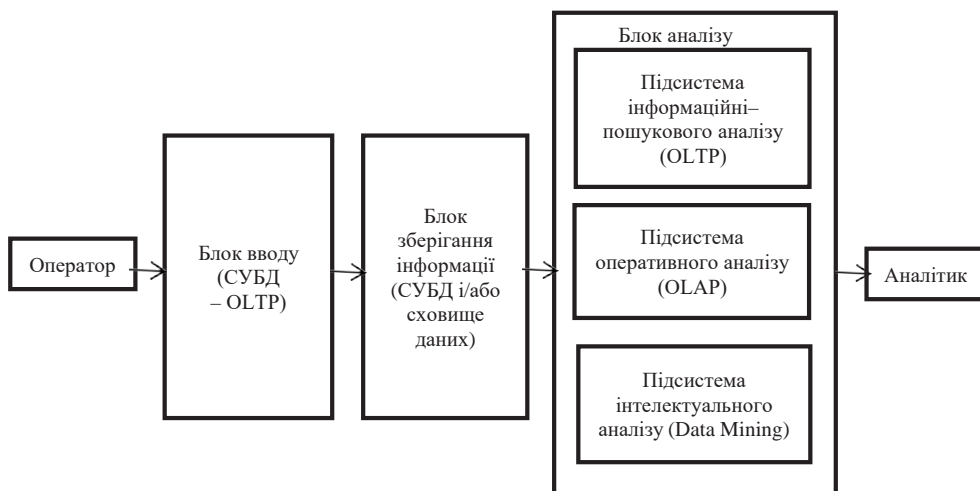


Рис. 1. Загальна архітектура інтелектуальної системи прийняття рішень (ІСПР) [2, с. 32]

Функції, що виконує ІСПР полягають в наступному:

- допомагають провести оцінку обстановки (ситуацій), здійснити вибір критеріїв та оцінити їхню відносну важливість;
- генерують можливі рішення (сценарії дій);
- здійснюють оцінку сценаріїв (дій, рішень) та обирають найкращий з них;

- забезпечують постійний обмін інформацією про обстановку рішень що приймаються та допомагають узгодити відповідні групові рішення;
- моделюють прийняті рішення (у випадках, коли це можливо);
- здійснюють динамічний комп'ютерний аналіз можливих наслідків прийнятих рішень;
- здійснюють збір даних про результати реалізації прийнятих рішень та здійснюють оцінку результатів.

Оперативний, ефективний, стратегічний та якісний аналіз забезпечується за допомогою системи підтримки прийняття рішень на основі накопиченої інформації з різних джерел. У блоці введення (OLTP) реалізується операційна обробка та реєстрація даних. Джерела отримання інформації можуть бути представлені документами в рукописному варіанті, електронними таблицями, локальними базами даних, автоматизованою системою управління ЗВО, єдиною державною електронною базою з питань освіти (ЄДЕБО). Таку інформацію необхідно інтегрувати в єдине сховище даних для прийняття рішення за показниками ефективності [2, с. 31].

Для реалізації зберігання інформації використовують бази даних (СУБД), а також концепцію сховища даних. Сховище даних – це предметно-орієнтований, інтегрований набір даних, який підтримує хронологію та організований з метою підтримки прийняття рішень.

Блок аналізу може бути представлений у вигляді:

- блоку інформаційно-пошукового аналізу на базі реляційних СУБД та статичних запитів SQL (Structured Query Language));
- блоку оперативного аналізу на основі використання технології оперативної аналітичної обробки даних у режимі реального часу OLAP;
- блоку інтелектуального аналізу даних, який використовує методи та алгоритми видобування даних або знань (Data/Knowledge Mining).

Технології обробки даних OLAP і Data Mining

Функцію підтримки інтелектуального прийняття рішень в ІСПР виконують блоки OLAP і Data Mining.

OLAP (Online Analytical Processing) є процесом оперативного аналізу і, водночас, є класом програмного забезпечення, що надає користувачеві можливість миттєво, в режимі реального часу отримувати відповіді на будь-які аналітичні запити. До класу OLAP відносять лише ті програми, які в якості зовнішнього інтерфейсу надають користувачеві багатовимірну керовану таблицю, а також обов'язково формують графічне відображення даних. OLAP системи покликані використовувати багатовимірні дані для допомагати аналітикам у перевірці гіпотез, які виникли у них під час аналітичної роботи. Це можуть буди перевірки гіпотез щодо перспективності освітніх програм, напрямків та спеціальностей, або, відповідно, їх безперспективність [3, с. 339].

Використання методів Data/Knowledge Mining для інформаційно-інтелектуальної підтримки прийняття рішень передбачає більш спрощену архітектуру, виключаючи з блоку аналізу тривіальну інформаційно-пошукову та оперативну обробку, оскільки підходи до її функціонування не можуть бути використані при реалізації алгоритмів видобутку даних і знань, тому що не відповідають їх принципам. Інакше кажучи, блок оперативного аналізу використовує відносно невелику кількість інформації з бази даних, як наприклад місячний чи квартальний звіти, в той час як системи з блоком інтелектуального аналізу обробляють накопичену інформацію мінімум за п'ять-десять років і використовують зовсім інший підхід, що допомагає значно прискорювати аналітичну обробку не зважаючи на об'єм фізичної пам'яті.

Data Mining – пошук неочевидних закономірностей. Інструменти Data Mining можуть знаходити такі закономірності і будувати гіпотези про взаємозв'язки самостійно. Оскільки формулювання гіпотези щодо залежностей є найскладнішим завданням, перевага Data Mining в порівнянні з іншими методами аналізу є очевидним [9, с. 4]. Для прикладу це можуть гіпотези про взаємозв'язки між тим з яких регіонів приїжджають студенти як з найгіршою, так і з найкращою успішністю.

Метод Data Mining виконує такі три основні функції: Data Base Mining (видобування даних), Knowledge Discovery (виявлення знань) та Intelligent Analysis Data (інтелектуальний аналіз даних).

Блок інтелектуального аналізу розв'язує наступні класи завдань:

- аналітичні – обчислення заданих показників та статистичних характеристик діяльності на основі ретроспективної (історичної) інформації з баз даних;
- візуалізація даних – наочне графічне та табличне подання наявної інформації;
- видобування знань – визначення взаємозв'язків та взаємозалежностей процесів на основі існуючої інформації;
- імітаційні – проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем протягом заданого або формованого інтервалу часу;
- синтез управління – використовується для визначення допустимих впливів управління, які забезпечують досягнення поставленої цілі;

– оптимізаційні – засновані на інтеграції імітаційних, управлінських, оптимізаційних та статичних методів моделювання та прогнозування [9, с. 16].

Data Mining – це процес підтримки прийняття рішень, що базується на пошуку в величезному масиві даних прихованих глибинних закономірностей. При цьому накопичені відомості автоматично узагальнюються до інформації, яка може бути охарактеризована як знання.

Процес інтелектуальної обробки даних складається з трьох стадій:

- виявлення закономірностей (вільний пошук);
- прогнозування – використання виявлених закономірностей для передбачення невідомих значень;
- аналіз винятків – виявлення та тлумачення аномалій у знайдених закономірностях.

Існують п'ять типів закономірностей, а саме – асоціація, послідовність, класифікація, кластеризація і прогнозування. Розглянемо їх більш детально [3, с. 337].

Асоціація (Associations) має місце тоді, якщо кілька подій пов'язані одна з одною.

Якщо існує ланцюжок пов'язаних у часі подій, то говорять про послідовність (Sequence).

За допомогою класифікації (Classification) виділяються ознаки, що характеризують групу, до якої належить той чи інший об'єкт. Це робиться у вигляді аналізу вже класифікованих об'єктів і формулювання деякого набору правил.

Кластеризація (Clustering) відрізняється від класифікації тим, що групи заздалегідь не задані. За допомогою кластеризації засобу Data Mining самостійно виділяють різні однорідні групи даних.

Основою для всіляких систем прогнозування (Forecasting) служить історична інформація, що зберігається у БД як тимчасових рядів. Якщо вдається побудувати шаблони, адекватно відбивають динаміку поведінки цільових показників, є можливість, що з допомогою можна передбачити і поведінка системи у майбутньому.



Рис. 2. Класи систем міждисциплінарної області Data Mining [3, с. 335]

Технологія Data Mining вивчає процес знаходження нових, дійсних і потенційно корисних знань в базах даних. Data Mining лежить на перетині кількох наук, головні з яких – це системи баз даних, статистика, штучний інтелект та ін. (рис. 2).

Хоча перевага Data Mining в порівнянні з іншими методами аналізу є безумовною, проте інтегрована технологія на основі поєднання OLAP і Data Mining зможе одночасно організувати як багатовимірний доступ, так і пошук закономірностей.

Концептуальні засади функціонування моделі інформаційно-аналітичної системи в ЗВО

На сьогоднішній день на ринку існує чимало готових платформ призначених для адаптивної аналітичної обробки різноманітних даних, таких як Microsoft Dynamic CRM, Analytic Workspace та багато інших, які вирізняються своєю багатофункціональністю але й високою вартістю (~ від 500 до 10 000 дол. США / міс.), а умовно безкоштовні аналоги не задовольняють необхідним потребам і критеріям. В декількох українських ЗВО впроваджується система електронного управління освітніми процесами JetIq, проте це не носить масового характеру, до того ж вона також вимагає суттєвого доопрацювання [8; 12]. Саме ці чинники стали поштовхом для пошуку шляхів розробки подібної надійної і відносно дешевої системи підтримки прийняття рішень для потреб ЗВО та закладів освіти інших рівнів.

Як зазначалося вище, облік успішності студентів усіх рівнів навчання є основним в ланцюгу «оцінка-студент-викладач-дисципліна-спеціальність-кафедра-факультет» і саме тому його було обрано в якості базового критерію ефективності коригування внесення змін до навчального процесу і планування ресурсного потенціалу ЗВО. В цьому випадку введення даних і наповнення відповідного сховища може відбуватися як вручну, так і автоматизовано у випадку проведення контролю успішності в комп'ютерному класі чи дистанційно.

Дані у сховищі можна структурувати у спосіб, який називається «зірка». Схема «зірка» має централизоване сховище даних, яке зберігається в таблиці фактів. Схема розбиває таблицю фактів на ряд денормалізованих таблиць вимірів. Таблиця фактів містить агреговані дані, які будуть використовуватися для складання звітів, а таблиці вимірів описують збережені дані (рис. 3). Денормалізовані проекти доволі не складні, тому що дані згруповані. Таблиця фактів використовує тільки одне посилання для приєднання до кожної таблиці вимірювань. Доволі проста конструкція зіркоподібної схеми значно спрощує написання складних запитів, і повинна виглядати наступним чином. [3, с. 338].

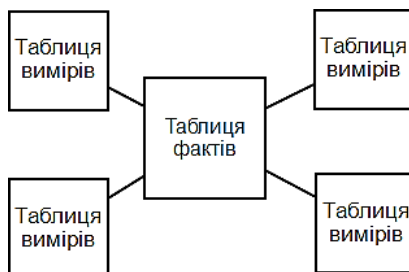


Рис. 3. Схема структурування сховища даних по типу «Зірка» [3, с. 338]

У нашому випадку таблиця Score є таблицею фактів, яка включатиме в себе такі виміри: «Студент» (Stud), «Вид контролю» (тестування, контрольна робота чи екзамен) (Type), «Дисципліна» (Disc), «Дата» (Date), «Викладач» (той хто проводив оцінювання) (Teach). В свою чергу, одержані студентами оцінки (Score) є факторами таблиці Score. Деякі з вимірів матимуть свою ієрархічну структуру. Так, п'ятирівневий вимір Stud виглядатиме як «Студент-Група-Потік-Спеціальність-Факультет». Дворівневий вимір Disc – як «Тип дисципліни (природничий, філологічний, ІТ, економічний, тощо)-Дисципліна». Дворівневий вимір Teach – як «Викладач-Кафедра» (рис. 4):

Традиційні методи аналізу даних в основному орієнтовані на перевірку наперед сформульованих гіпотез (статистичні методи) і на «грубий розвідувальний аналіз», що становить основу оперативної аналітичної обробки даних (Online Analytical Processing, OLAP) [3, с. 338].

Як було вище зазначено, OLAP (Online Analytical Processing) – це система аналітичної обробки даних, яка призначена для підготовки звітів, побудови прогностичних сценаріїв і виконання статистичних розрахунків на базі великих інформаційних масивів, що мають складну структуру [1]. Головна ідея даної системи полягає в побудові багатовимірних таблиць (так званих гіперкубів), які можуть бути доступними для запитів користувачів. Ці гіперкуби будуються на основі початкових і агрегованих даних, які можуть зберігатися як в реляційних, так і в багатовимірних базах даних [3, с. 339].

Існує три види архітектури OLAP-серверів:

- MOLAP (Multidimensional OLAP) – початкові і багатовимірні дані зберігаються в багатовимірній БД або в багатовимірному локальному кубі;
- ROLAP (Relational OLAP) – початкові дані зберігаються в реляційних БД або в плоских локальних таблицях на файл-сервері. Агрегатні дані можуть поміщатися в службові таблиці в тій же БД;
- HOLAP (Hybrid OLAP) – початкові дані залишаються в реляційній базі, а агрегати розміщуються в багатовимірній [10].

У нашому випадку для реалізації сховища даних доцільно застосовувати методології ROLAP використовуючи систему управління реляційними базами даних Microsoft SQL Server (2009-2019). Виходячи з необхідності вирішення поставлених завдань, дана система прийняття рішень може бути апаратно втілена з використанням середовища Microsoft .NET 4.8 в якості програмної платформи.

Створена за такими принципами система матиме досить широкі аналітичні можливості. Безпосередньо вона зможе візуалізувати одержані аналітичні дані у найрізноманітніших порівняльних графіках і статистичних діаграмах. Наприклад, система демонструватиме процентний вклад циклу дисциплін на загальний рейтинг студентів, класифікуватиме профорієнтацію студентів відповідно до областей тих наук, в яких вони успішні, вибудовуватиме необхідні освітні траєкторії, робитиме певні висновки про роботу викладачів, прогнозуватиме проблемні та бажані предмети для студентів, допомагатиме батькам краще орієнтуватися в освітніх тенденціях дітей тощо.

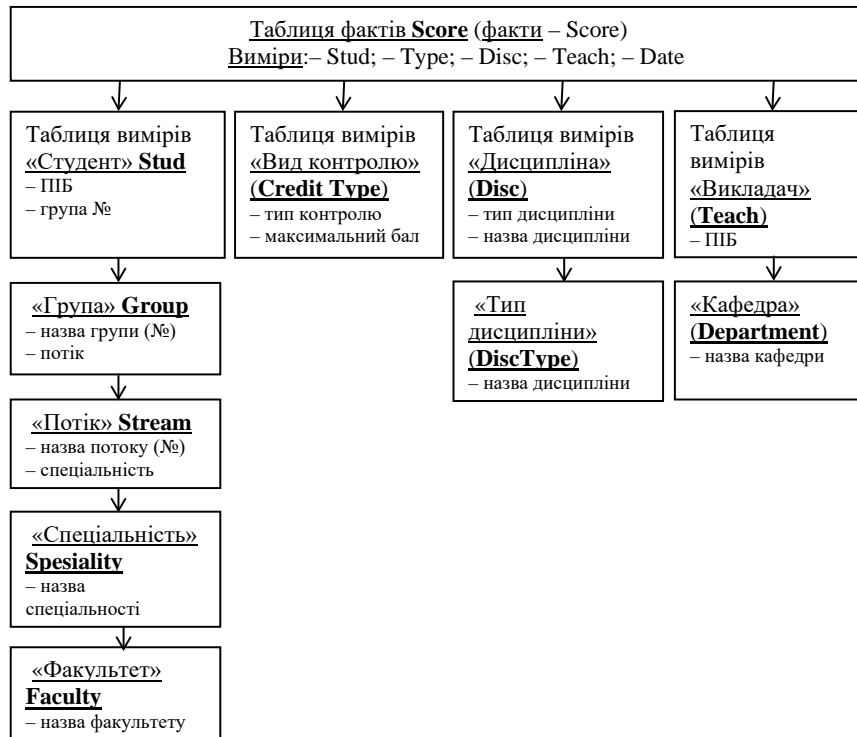


Рис. 4. Ієрархічна структура сховища даних. Джерело: складено авторами

Висновки

Окреслені на теоретичному та апаратному рівнях концептуальні засади моделі функціонування інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в ЗВО, що базується на обліку успішності студентів, дозволить кількісно оцінювати якість функціонування системи освіти. Облік успішності студентів усіх рівнів навчання є базовим в ланцюгу «оцінка-студент-викладач-дисципліна-спеціальність-кафедра-факультет», тому його було обрано в якості базового критерію ефективності коригування внесення змін до навчального процесу і планування ресурсного потенціалу ЗВО. Отримані результати дослідження в подальшому можуть бути удосконалені і реалізовані ІТ-спеціалістами на практиці в межах не лише ЗВО, але й у рамках освітніх закладів інших рівнів, які наразі не в змозі використовувати існуючі недешеві системи, наближаючи вітчизняну систему освіти до діючих стандартів освітнього простору ЄС.

Список використаних джерел:

1. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. 2004. 336 с.
2. Голуб Б.Л., Яшук Д.Ю. Загальні засади побудови системи підтримки прийняття рішень для ВНЗ. *Інформаційні управляючі системи у природничих університетах*. 2017. № 3. С. 29–35. URL: https://www.researchgate.net/publication/317229259_Zagalni_zasadi_pobudovi_sistemi_pidtrimki_prijnatta_risen_dla_VNZ#fullTextFileContent
3. Дубенко М.В., Кулаківський В.М Основні принципи Data Mining. *Інструментальне матеріалознавство*. 2021. № 1. Т. 24. С. 335–342. URL: <http://altis-ism.org.ua/index.php/ALTIS/issue/view/4>
4. Євроінтеграційний портал. Електронний ресурс. URL: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/yevrointehratsiia/osvita>
5. Європейський простір вищої освіти: параметри якості та експертизи: *навчальний посібник*. Укладачі: Батченко Н. Г., Бульвінська О.І., Локшина О.І., та ін. За ред. Сисоєвої С.О. Київ. 2020. 152 с.
6. Європейський простір вищої освіти та Болонський процес: *Навчально-методичний посібник*. Димань Т.М., Боньковський О.А, Вовкогон А.Г. БНАУ. Одеса.: НУ «ОМА», 2017. 106 с.
7. Закон України “Про вищу освіту”. *Відомості Верховної Ради*. 2014. № 37–38. Стаття 2004 (зі змінами і доповненнями). Електронний ресурс. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
8. Концепція сучасного університету на основі інструментів електронної екосистеми управління освітніми процесами JETIQ ВНТУ. Р.Н. Кветний, Є.А. Паламарчук, О.В. Бісікало. О.О. Коваленко. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2022. 4 (2). URL: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4.220>
9. Марченко О.О., Россада Т.В. Актуальні проблеми Data Mining: *Навчальний посібник для студентів факультету комп’ютерних наук та кібернетики*. Київ. 2017. 150 с. URL: http://csc.knu.ua/media/filer_public/38/03/3803002b-e068-4a08-8a6c-a4edc183892a/datamining20170917.pdf
10. Миронов А.А., Мордвінов В.А., Скуратов А.К. Семантико-энтропийное управление OLAP и модели интеграции xOLAP в SemanticNET (ONTONET). *Информатизация образования и науки*. 2009. № 2. С. 21–29.

11. Титенко С.В. Комплекс моделей для побудови Web-системи безперервного навчання. *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. 2008. № 5. С. 54–66.

12. Y.A. Palamarchuk. Methods of building microservice architecture of E-learning systems. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2022. 1. С. 42–54.

References:

1. Barsehian, A.A., Kupryianov, M.S., Stepanenko, V.V., Kholod, Y.Y. (2004) *Metody y modely analiza dannykh: OLAP y Data Mining [Methods and models of data analysis: OLAP and Data Mining]*. BKhV-Petersburg, 2004, 336 p.

2. Holub B.L., Yashchuk D.Iu. (2017) *Zahalni zasady pobudovy systemy pidtrymky pryiniattia rishen dla VNZ [General principles of building a decision support system for universities]*. *Informatsiini upravliaiuchi systemy u pryrodnychkh universytetakh – Information management systems in universities of natural sciences*. 2017, 3. P. 29–35. URL: https://www.researchgate.net/publication/317229259_Zagalni_zasadi_pobudovi_sistemi_pidtrimki_prijnatta_risen_dla_VNZ#fullTextFileContent

3. Dubenko M.V., Kulakivskiy V.M. (2021) *Osnovni pryntsyipy Data Mining [Basic principles of Data Mining]*. *Instrumentalne materialoznavstvo – Instrumental material science*, 2021, 1, T. 24. P. 335–342. URL: <http://altis-ism.org.ua/index.php/ALTIS/issue/view/4>

4. *Yevrointehratsiinyi portal [European integration portal]*. *Elektronnyi resurs – Electronic resource*. URL: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/yevrointehratsiia/osvita>

5. (2020) *Yevropeiskiyi prostir vyshchoi osvity: parametry yakosti ta ekspertyzy: navchalnyi posibnyk [The European Higher Education Area: parameters of quality and expertise: a study guide]*. Compilers: N. G. Batchenko, O. I. Bulvinska, O. I. Lokshina, and others. Under the editorship Sysoeva S.O. Kyiv. 2020. 152 p.

6. (2017) *Yevropeiskiyi prostir vyshchoi osvity ta Bolonskiy protses: Navchalno-metodychniy posibnyk [The European area of higher education and the Bologna process: Educational and methodological guide]*. Dyman T.M., Bonkovskiy O.A., Vovkogan A.H. BNAU. Odesa.: NU "OMA", 2017. 106 p.

7. (2014) *Zakon Ukrainy "Pro vyshchu osvitu". Vidomosti Verkhovnoi Rady [Law of Ukraine "On Higher Education". Verkhovna Rada information]*. 2014. N. 37–38. Article 2004 (as amended). Electronic resource. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.

8. (2022) *Kontseptsiia suchasnoho universytetu na osnovi instrumentiv elektronnoi ekosystemy upravlinnia osvitnimy protsesamy JETIQ VNTU [The concept of a modern university based on the JETIQ VNTU electronic ecosystem tools for managing educational processes]*. R.N. Kvyetny, E.A. Palamarchuk, O.V. Bisicalo O.O. Kovalenko. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*. 2022, 4 (2). URL: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4220>

9. (2017) *Aktualni problemy Data Mining: Navchalnyi posibnyk dla studentiv fakultetu kompiuternykh nauk ta kibernetiky [Current problems of Data Mining: Study guide for students of the Faculty of Computer Science and Cybernetics]* Marchenko O.O., Rossada T.V. Kyiv, 2017. 150 p. URL: http://csc.knu.ua/media/filer_public/38/03/3803002b-e068-4a08-8a6c-a4edc183892a/datamining20170917.pdf

10. Myronov A.A., Mordvynov V.A., Skuratov A.K. (2009) *Semantyko-entropiynoe upravlenye OLAP y modely yntehratsyy xOLAP v SemanticNET (ONTONET)*. [Semantic-entropy management of OLAP and xOLAP integration models in SemanticNET (ONTONET)]. *Ynformatyzatsiia obrazovanyia y nauky –Informatization of education and science*. 2009, N 2. P. 21–29.

11. Tytenko S.V. (2008) *Kompleks modelei dla pobudovy Web-systemy bezperernoho navchannia [A complex of models for building a Web-system of continuous learning]*. *Naukovi visti NTUU "KPI" – Scientific news of NTUU "KPI"*. 2008, N 5. P. 54–66.

12. Y.A. Palamarchuk (2022) *Methods of building microservice architecture of E-learning systems*. *Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia – Information technology and computer engineering*. 2022, 1. P. 42–54.