

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра системного аналізу та обчислювальної математики

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему «Аналіз та моделювання діяльності додаткових курсів на кафедрі»

(назва теми)

Виконала: студентка 6 курсу, групи КНТз-812м

Спеціальності 124-Системний аналіз

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Інтелектуальні технології та прийняття рішень

в складних системах»

ХОМ'ЯК Т.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник БАКУРОВА А.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент АЛЕКСЄЄВ М.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій
Кафедра системного аналізу та обчислювальної математики
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 124 – Системний аналіз
Освітня програма (спеціалізація) «Інтелектуальні технології та прийняття рішень в складних системах»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри системного аналізу
та обчислювальної математики**
канд. фіз.-мат. наук,
доц. Терещенко Еліна Валентинівна
« _____ » _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ХОМ'ЯК Тетяни Валеріївни

1. Тема проєкту (роботи) «Аналіз та моделювання діяльності додаткових курсів на кафедрі»
керівник проєкту (роботи) Бакурова Анна Володимирівна, д-р екон. наук, проф.,
затверджені наказом закладу освіти від «06» грудня 2023 року № 492
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12.12.2023 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи): модель розрахунку вартості навчання, модель визначення суми пільг для коригування вартості, модель визначення рентабельності курсів та знаходження коефіцієнтів стимулювання викладачів, модель формування рахунків на оплату навчання, модель мотивації викладацького складу для формування електронних матеріалів курсів, модель СД для побудови OLAP-кубу, розгорнутуй OLAP-куб для формування звітності.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) модель багатовимірної БД для організації звітності у вигляді OLAP-кубу, модель розрахунку вартості навчання на курсах, модель сплати за навчання, модель визначення суми пільг для коригування вартості, модель мотивації викладацького складу для формування електронних матеріалів курсів, моделювання біматричної гри вибору оптимального виду реклами для відкриття курсів
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

контекстна діаграма, рисунки, алгоритм.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Теоретична частина	БАКУРОВА А.В., проф.	16.10.2022	20.01.2023
Практична частина	БАКУРОВА А.В., проф.	16.02.2023	20.11.2023
Нормоконтроль	ШИРОКОРАД Д.В., доц.	13.12.2023	15.12.2023

7.Дата видачі «10» жовтня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Затвердження теми роботи	06.12.23	
2	Вивчення та аналіз задачі	16.10.2022	
3	Аналіз літератури з предметної області	12.11.2022	
4	Розробка моделі розрахунку вартості навчання на додаткових курсах	24.03.2023	
5	Формування звітності з діяльності з використанням OLAP-кубу	11.05.2023	
6	Передзахист	14.12.2023	
7	Захист	22.12.2023	

Студентка

Тетяна ХОМ'ЯК

Керівник проєкту (роботи)

Анна БАКУРОВА

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 с., 20 рис., 3 табл., 1 додатку, 33 джерел.

Об'єктом дослідження в роботі є процес аналізу та моделювання діяльності додаткових курсів на кафедрі університету.

Предметом дослідження є математична модель розрахунку вартості додаткових курсів, технологія побудови динамічного OLAP-кубу для формування звітності роботи додаткових курсів, а також методи системного аналізу при моделюванні стратегій використання реклами для відкриття курсів.

Мета досліджень: проведення аналізу та розрахунку вартості навчання з метою відкриття додаткових курсів для отримання додаткового прибутку кафедри, а також проведення зручної аналітики їх діяльності.

В *теоретичній частині* проведено огляд останніх досліджень та публікацій з питання формування вартості освітніх послуг та формування звітності, а також наведено сутність математичного моделювання, описані різні підходи у побудові звітів, їх аналізі та ефективності, наведено переваги та суть OLAP-технологій.

У *практичній частині* розроблена модель навчання на додаткових курсах, а саме, запропоновано модель розрахунку вартості навчання на курсах, модель визначення суми пілг для коригування вартості, модель визначення рентабельності курсів та знаходження коефіцієнтів стимулювання викладачів, модель формування рахунків на оплату навчання, модель мотивації викладацького складу для формування електронних матеріалів курсів. В даному розділі отримана контекстна діаграма розрахунку собівартості та аналізу діяльності, розроблена модель СД для побудови OLAP-кубу, а також обрано оптимальний вид реклами для відкриття курсів за допомогою моделювання біматричної гри. Для аналізу діяльності курсів запропоновано використання метрик оцінки якості навчання та використання моделі Кіркпатріка-Філіпса.

Наукова новизна полягає в розробці моделі діяльності додаткових курсів

та застосуванні багатовимірного аналізу.

Практична цінність отриманих результатів дипломної роботи полягає у отриманні прибутку університету від діяльності додаткових курсів кафедри.

Ключові слова: СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, OLAP-КУБ, БАГАТОВИМІРНА БД, БІМАТРИЧНА ГРА, МОДЕЛЬ КІРКПАТРИКА-ФІЛІПСА.

ABSTRACT

Explanatory note: 87 pp., 20 figures, 3 tables, 1 appendice, 33 sources.

The object of research in the work is the process of analysis and modeling of the activity of additional courses at the department of the university.

The subject of the research is a mathematical model for calculating the cost of additional courses, the technology for building a dynamic OLAP cube for reporting on the work of additional courses, as well as methods of system analysis when modeling advertising strategies for opening courses.

The purpose of the research: conducting an analysis and calculation of the cost of education in order to open additional courses to obtain additional income of the department, as well as conducting a convenient analysis of their activity.

In *the theoretical part*, a review of the latest research and publications on the issue of the formation of the value of educational services and the formation of reporting is carried out, as well as the essence of mathematical modeling is given, various approaches in the construction of reports, their analysis and effectiveness are described, the advantages and essence of OLAP technologies are given.

In *the practical part*, a model of training in additional courses has been developed, namely, a model for calculating the cost of training in courses, a model for determining the amount of benefits for adjusting the cost, a model for determining the profitability of courses and finding teacher incentive coefficients, a model for creating invoices for tuition fees, a model for teaching staff motivation is proposed for the formation of electronic course materials. In this section, a contextual diagram of cost calculation and activity analysis was obtained, a SD model was developed for building an OLAP cube, and the optimal type of advertising was chosen for opening courses using bimatrix game simulation. To analyze the activities of the courses, it is proposed to use the metrics for evaluating the quality of education and the use of the Kirkpatrick-Phillips model.

The scientific novelty consists in the development of a model of the activity of additional courses and the application of multidimensional analysis.

The practical value of the obtained results of the diploma thesis consists in obtaining the profit of the university from the activity of additional courses of the department.

Keywords: SYSTEM ANALYSIS, MATHEMATICAL MODELING, OLAP-CUBE, MULTIDIMENSIONAL DB, BIMATRIX GAME, KIRKPATRICK-PHILIPS MODEL.

ЗМІСТ

Завдання.....	2
РЕФЕРАТ.....	4
ABSTRACT.....	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	14
1.1 Аналіз останніх досліджень і публікацій з питання формування вартості освітніх послуг	14
1.2 Використання відкритих онлайн курсів	16
1.3 Математичне моделювання	20
1.4 OLAP – технології	23
1.5 Теорія ігор та вирішення конкурентних ситуацій	27
1.6 Висновки до розділу 1.....	32
РОЗДІЛ 2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	33
2.1 Постановка задачі	33
2.2 Математична модель навчання на додаткових курсах	34
2.2.1 Розробка моделі розрахунку вартості навчання на додаткових курсах	34
2.2.2 Розробка моделі визначення суми пільги, що надається для коригування вартості навчання	37
2.2.3 Модель визначення рентабельності курсів та знаходження коефіцієнтів стимулювання викладачів	40
2.2.4 Модель формування рахунків на оплату за навчання на курсах ...	41
2.2.5 Модель мотивації професорсько-викладацького складу для	53

оформлення електронних навчально-методичних матеріалів	
2.3 Модель формування звітності з використанням побудови динамічного OLAP-куба	55
2.4 Моделювання біматричної гри вибору оптимального виду реклами для відкриття додаткових курсів	71
2.4.1 Змістова модель задачі	71
2.4.2 Концептуальна модель задачі	72
2.4.3 Математична модель біматричної гри	73
2.5 Використання метрик для оцінки якості навчальних курсів. Модель Кіркпатріка – Філліпса	74
2.6 Висновки до розділу 2	78
ВИСНОВКИ	79
Перелік посилань	81
Додаток А. Тези конференції	85

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

OLAP – (англ. online analytical processing, аналітична обробка у реальному часі) це інтерактивна система, яка дозволяє переглядати різні підсумки по багатовимірних даних,

ЮНЕСКО – (англ. UNESCO) United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization,

ВНЗ – вищий навчальний заклад,

MOOC – (англ. Massive Open Online Courses) масові відкриті онлайн курси,

SADT – (англ. Structured Analysis and Design Technique) методологія структурного аналізу та проектування - це сукупність методів, правил і процедур, призначених для побудови функціональної моделі об'єкта будь-якої предметної області,

СД – сховище даних,

OLTP – (англ. Online Transactional Processing) онлайнова обробка транзакцій.

ВСТУП

Під час економічної кризи, що була викликана пандемією COVID-19 та пов'язаною з нею обмеженнями, а також війною в Україні, економіка країни зазнала великих змін: збільшився рівень інфляції, що виражається у загальному зростанні рівня цін на товари та послуги, суттєво зросла кількість безробітних. За неофіційними даними рівень безробіття в Україні становить близько 30%, при цьому в пошуках роботи знаходяться 2 млн осіб всередині країни та 2,7 млн українців, які виїхали через війну.

У зв'язку з цим виникла необхідність перекваліфікації людей різних професій для пошуку роботи на іншій посаді або спеціальності. Існує можливість навчання в різних закладах освіти на очній, заочній та дуальній формі навчання. Альтернативою такого навчання можуть виступати короткострокові навчальні курси фахового вузького профілю, спрямовані на здобуття відповідних навичок. Тому актуальним стає питання пропозицій в створенні різноманітних курсів як від ІТ-компаній, так і від університетів.

Як відомо, під час пандемії попит на відкриті онлайн-курси зріс. Так, у період із лютого по березень 2020 року кількість учнів на освітніх інтернет-платформах збільшився більш ніж на 400%. З березня по грудень 2022 року на платформі Coursera на онлайн-курси записалося понад 69 млн осіб (у 4,3 рази більше, ніж за той же період 2021 року). Аналітики ЮНЕСКО підраховали, що за березень 2020 року кількість онлайн-учнів у всьому світі зросла з 300 млн до 1,5 млрд. За даними експертів, сфера дистанційного навчання буде продовжувати зростати ще до 2025 року.

Одним з аспектів реформацій у сфері освіти в Україні є надання ВНЗ автономії, яка передбачає незалежність та самостійність у прийнятті рішень, зокрема щодо фінансових питань діяльності. Фактично йдеться про розширення комерціалізації освітньої галузі. В Україні в структурі бюджетів державних ВНЗ спостерігається тенденція до певного зменшення частки бюджетних фінансових

ресурсів і зростання позабюджетних коштів [2].

Фактично вищі незалежно від форми власності стають повноцінними суб'єктами ринку освітніх послуг. Від раціональної цінової політики сучасного ВНЗ залежать важливі аспекти його існування і подальшого розвитку. Пропонуючи споживачам переважно інтелектуальний продукт та послуги, вони мають вирішити проблему визначення ціни на такий особливий товар. Це актуалізує питання економічного обґрунтування рівня ціни на платні послуги ВНЗ.

В даній дипломній роботі з метою отримання прибутку університету розглядається ідея створення додаткових курсів на кафедрі. Після успішного навчання на курсах слухач має можливість отримати сертифікат. Ці курси можуть бути корисними для співробітників компаній, які сприяють підвищенню кваліфікації своїх робітників, а також студентам, які навчаються в університеті і прагнуть набути досвіду з інших галузей навчання. Для ідеї створення курсів пропонується передбачити оффлайн і онлайн (дистанційний) формат навчання. Пропонуючи споживачам переважно інтелектуальний продукт та послуги, потрібно вирішити проблему визначення ціни на такий особливий товар. Це актуалізує питання економічного обґрунтування рівня ціни на платні послуги ВНЗ. Тож для реалізації даної ідеї повстали наступні задачі:

- 1) розробити модель для розрахунку вартості таких навчальних курсів, врахувавши можливість оплати навчання частинами або повної суми одразу, а також передбачити пільги для визначеної категорії слухачів;
- 2) формувати звітності з використанням побудови динамічного OLAP-куба;
- 3) моделювати біматричну гру для вибору оптимального виду реклами для відкриття додаткових курсів;
- 4) розробити метрики для оцінки якості курсів.

Економічний ефект від реалізації отриманих результатів дипломної роботи очікується в надходженні додаткових коштів на рахунок університету, а також отриманні можливості заробітку викладачів кафедри. Соціальний ефект

роботи полягає в розміщенні реклами додаткових курсів, а також університету.

Отримані результати дипломної роботи відображено в наступній публікації: Хом'як Т. В. Моделювання вартості навчання на додаткових курсах університету // XVII Міжнародна науково-практична конференція «Моделювання та прогнозування економічних процесів» (7 грудня 2023 року). – Київ. НТУ «КПІ ім. І. СІКОРСЬКОГО».

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз останніх досліджень і публікацій з питання формування вартості освітніх послуг

Дослідженням проблеми ціноутворення освітніх послуг займаються вітчизняні та зарубіжні науковці, а саме Т.М. Боголіб [2], І.С. Каленюк, С.Ю. Кучеренко, Т.Є. Оболенська, В.М. Огаренко, А.П. Панкрухін, Л.І. Цимбал, В.Д. Чухломін, Д.А. Шевченко, Д.А. Штефанич [26]. Проте, потребують подальшого дослідження питання особливостей ціноутворення на платні послуги, що надаються ВНЗ, та методики обґрунтування цін на такі послуги.

Так, в роботі Юрчишиної Л.В. запропоновано концептуальні підходи до визначення вартості освітніх послуг в закладах вищої освіти: перший – заснований на розподілі витрат університету на умовно-постійні і умовно-змінні; другий – ідентифікованої собівартості освітньої програми із врахуванням рівня освіти; третій – на підставі структури контингенту. Також зазначено фактори, що впливають на вартість освітніх послуг, а саме: приведений контингент, норматив чисельності здобувачів у групі, кількість ставок ННП, середня заробітна плата та нарахування на неї [28]. Для кожного підходу обґрунтовано модель розрахунку вартості освітніх послуг, зазначено фактори та методичний інструментарій розрахунку, основні переваги та недоліки застосування. Здійснено практичну апробацію всіх підходів для освітніх програм бакалаврського і магістерського рівнів Донецького національного університету імені Василя Стуса, аргументовано особливості визначення вартості для кожного рівня, виявлено чинники, які впливають на рішення університетського менеджменту щодо цінової політики.

Дослідники ціноутворення на ринку освітніх послуг розглядають методи формування цін у різному поєднанні: витратні і ринкові [8], витратні методи та методи, орієнтовані на споживача, конкурентів та корисність продукту [18],

затратний метод, агрегатний, на основі поточних цін, на основі попиту, конкурентний [26].

В статті Костриченко В.М. представлено специфіку ціноутворення на платні послуги вищих навчальних закладів (ВНЗ). Проведено аналіз наявних методик визначення цін на освітні послуги. Запропоновано алгоритм формування цін на платні послуги ВНЗ. Наведено методичні підходи до обґрунтування ціни на платні освітні послуги, серед яких виокремлюються послуги, що надаються на здобуття освіти (плата за навчання) та інші платні освітні послуги (додаткові освітні послуги), а також інші послуги ВНЗ, із використанням відповідної калькуляційної одиниці [9].

В роботі [23] зазначено, що процедура формування цін на освітні послуги має включати: маркетингові дослідження структури ринку, цінові тенденції та чинники впливу, визначення цілей ціноутворення та встановлення їх пріоритетності, визначення фінансових можливостей ВНЗ, чинників впливу, визначення цілей ціноутворення та встановлення їх пріоритетності, визначення фінансових можливостей ВНЗ, виявлення чинників, що впливають на сприйняття цінності освітньої послуги, визначення ціни з урахуванням характеристики цільового ринку та цілей ВНЗ. Проте наразі варто враховувати важливий чинник ціноутворення – «індикативна собівартість», яка розраховується, виходячи з фактичних бюджетних витрат на підготовку одного здобувача вищої освіти державної форми навчання. За даними Міністерства освіти і науки, мінімальна вартість навчання (індикативна собівартість) враховує доходи людей і не може бути вищою за три середні зарплати у області. Це поширилось на 38 найбільш популярних спеціальностей у державних університетах і приватних, які отримують державне фінансування [23].

В роботі [4] проведено аналіз заходів до визначення вартості послуги у вищих навчальних закладах, запропоновано математичну модель для обчислення підготовки одного студента за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр».

1.2 Використання відкритих онлайн курсів

Сьогодні більшість закладів вищої освіти України вже мають досвід впровадження змішаної форми навчання, а в останні роки були змушені частково переходити на повністю дистанційні технології навчання. Отже, можна говорити, що всесвітня пандемія 2020 року активізувала процес впровадження дистанційного навчання в класичному його розумінні в середні та вищі навчальні заклади освіти України та всього світу. Набули популярності й масові відкриті курси.

Про важливе місце в системі освіти масових відкритих онлайн курсів підтверджує статистика постійного збільшення їх кількості на світових MOOC-платформах. На рис. 1.1 наведено динаміку зміни кількості відкритих онлайн курсів з 2012 по 2021 роки за даними ресурсу Class Central [33].

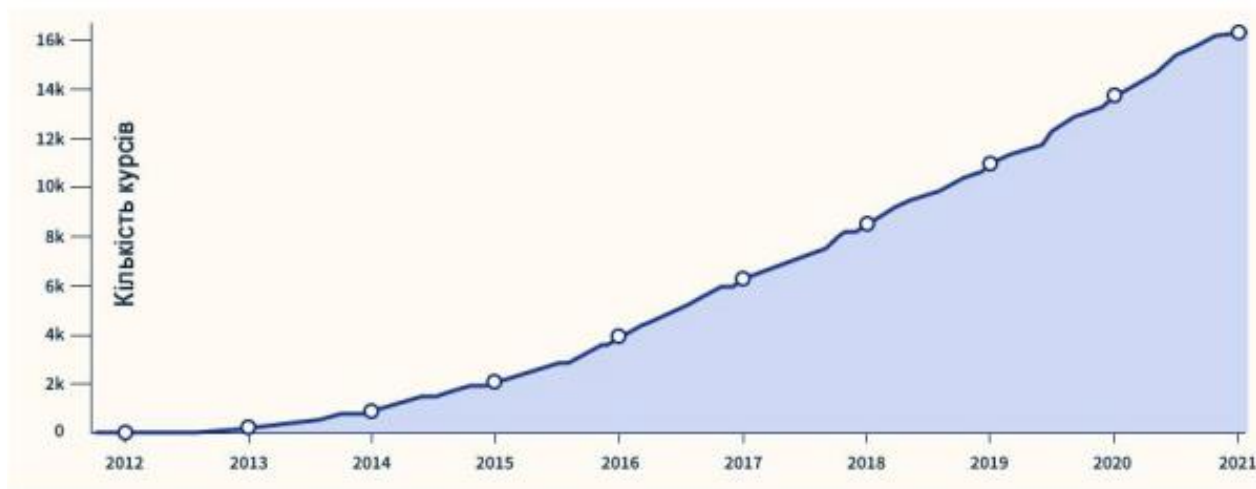


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни кількості MOOC в світі

Оскільки дистанційна освіта та масові відкриті онлайн (дистанційні) курси – два тісно пов’язані поняття, то проведемо короткий аналіз досліджень з даної проблематики [17]. Так, теоретичними та практичними питаннями впровадження технологій дистанційного навчання займалися українські (О.О. Андрєєв, В.Ю. Биков, К.Л. Бугайчук, О.П. Буйницька, В.В. Бондаренко,

Л.О. Варченко-Троценко, В.М. Кухаренко, Н.В. Морзе, Н.Г. Сиротенко) та закордонні (Terry Anderson, Cornelia M. Ashby, Michael G. Moore, Charles A. Wedemeyer) вчені.

Вагомий внесок у дослідження теоретичних та практичних аспектів впровадження МООС у навчальний процес вищої школи зробили І.В. Бацуровська, К.Л. Бугайчук, В.М. Кухаренко, В.П. Олексюк, І.О. Примаченко, О.А. Самойленко, О.В. Струтинська, М.А. Умрик та інші. Серед закордонних дослідників варто виокремити Н.В. Тихомирову, Lori Breslow, Dave Cormier, George Siemens, J. Selingo, Dhawal Shah.

D. Andone, V. Mihaescu [29] описують досвід впровадження МООС у систему класичних навчальних курсів закладів вищої освіти, аналізують можливість використання засобів онлайн навчання та їх вплив на формування професійних компетентностей. M.J. Israel в роботі [31] аналізує можливі шляхи використання МООС умовах організації змішаного навчання, наводить висновки щодо ефективності результатів навчання з використанням МООС та його вплив на студентів та викладачів.

Bralić, B. Divjak в [30] наводять результати експериментального дослідження з використання МООС при вивченні студентами навчальної дисципліни «Дискретна математика і теорія графів» при підготовці студентів спеціальності «Інформаційні технології та програмна інженерія» в Загребському університеті. У цій роботі досить детально розглядаються результати анкетування студентів і наводяться статистичні дані проведеного експерименту, проте методика організації навчання з використанням МООС та схема інтеграції в структуру початкової дисципліни не описана.

Варто зазначити, ще з початком пандемії різко змінилась статистика популярності відкритих онлайн курсів порівняно з минулим періодом. У [33] наведено список найпопулярніших категорій МООС, на які активно реєструвалися користувачі в період до пандемії і під час неї (рис. 1.2).

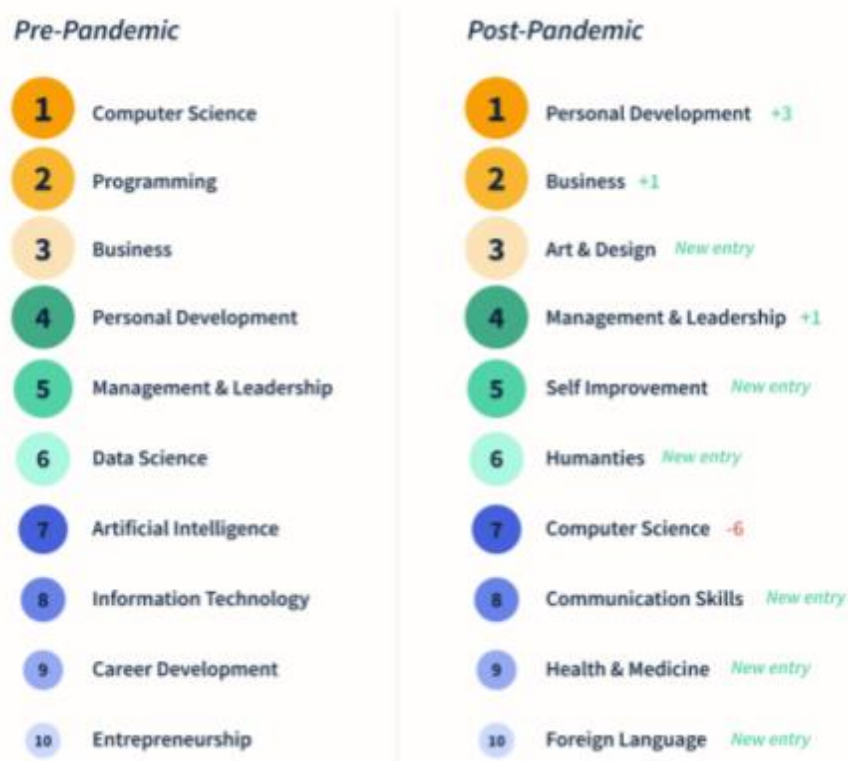


Рисунок 1.2 – Рейтинг популярності МООС до пандемії та під час неї

Легко пояснити збільшення популярності галузей знань, пов'язаних зі здоров'ям та медициною, гуманітарними дисциплінами, менеджментом, лідерством та бізнесом. В свою чергу, в умовах пандемії та під час війни ввійшла галузь, пов'язана з інформаційними технологіями – Computer Science, Programming, Data Science, Artificial Intelligence, Information Technology. Це пояснюється різкою зміною людських потреб та цінностей, змінами, що відбулись в освітній, соціальній та професійній сфері в цей період.

Найбільш популярними світовими МООС-платформами, що надають доступ до онлайн курсів є Coursera, edX, FutureLearn, Kadenze, Khan Academy, Udacity, Udemy, Codecademy. Серед українських платформ, на яких розміщені МООС, варто виокремити Prometheus, EdEra та Відкритий Університет Майдану. У таблиці 1.1 наведено результати проведеного нами порівняльного аналізу найбільш популярних курси англійською мовою (у багатьох наявні субтитри іншими мовами), можливість отримати безкоштовний сертифікат не

передбачена (за винятком деяких курсів на платформі Coursera), тривалість курсів від кількох тижнів до кількох місяців.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика світових MOOC

<i>Назва платформи</i>	<i>Coursera</i>	<i>edX</i>	<i>FutureLearn</i>	<i>Khan Academy</i>	<i>Udacity</i>	<i>Udemy</i>
Характеристика						
Реєстрації	Обов'язкова	Обов'язкова	Обов'язкова	Не обов'язкова	Обов'язкова	Обов'язкова
Підтримка мов на курсах	Англійська, +субтитри (multilang.)	Переважаю англійська та деякі інші	Переважаю англійська та деякі інші	Англійська, +субтитри (multilang.)	Англійська, +субтитри (multilang.)	Переважаю англійська та деякі інші
Спосіб доступу	Онлайн, iOS app, Android app	Онлайн, iOS app, Android app	Онлайн через браузер	Онлайн, iOS app, Android app	Онлайн через браузер	Онлайн, iOS app, Android app
Середня тривалість курсів	6 – 10 тижнів	4 – 12 тижнів	4 тижні	Онлайн курси та лекції у форматі YouTube відео	4 – 6 тижнів	2 – 6 годин лекцій
Можливість отримання сертифікату	Безкоштовні сертифікати	Від 49 \$ за сертифікат	49 \$ за сертифікат	Сертифікати відсутні	1116 \$ за всю програму (кілька курсів)	Лише на платних курсах
Загальна кількість курсів	> 5000	~ 3200	~ 1950	~ 70 000 навчальних відео, завдань та тестів	188 безкоштовних курсів	130 000
Кількість курсів з категорії «Web Development»	~ 80 курсів	14 курсів	7 курсів	8 курсів	17 безкоштовних курсів	8 143 курси (928 – безкоштовних)

Частковим обмеженням щодо активного використання в структурі класичних дисциплін MOOC може виступати лише проблема недостатнього рівня володіння студентами іноземними, зокрема англійською, мовами. Проте це питання може бути вирішене шляхом використання онлайн курсів, що містять українські MOOC-платформи, або пошуком та використанням онлайн курсів відомих світових провайдерів MOOC з субтитрами мовою, якою володіє студент.

Так, в роботі [17] проведений експеримент щодо впровадження MOOC в процес підготовки майбутніх фахівців доводить доцільність застосування MOOC в навчальному процесі закладів вищої освіти, оскільки за результатами анкетування досить велика кількість студентів зацікавилася в проходженні

МООС і з інших дисциплін, а в процесі навчання спостерігалась підвищена увага студентів саме до проходження МООС.

1.3 Математичне моделювання

В роботі для реалізації можливості відкриття додаткових курсів пропонується розробити математичну модель обчислення вартості навчання.

Математична модель – це окремий тип моделювання, що складається із сукупності математичних об'єктів і відношень між ними, які адекватно відображають властивості вихідного об'єкта [1, 24]. Процес формування математичної моделі і використання її для аналізу і синтезу називається математичним моделюванням. Як відомо, математичне моделювання передбачає побудову й дослідження моделей математичними та логічними засобами. Можна навести наступні приклади математичних моделей: рівняння коливань (як модель циклічного процесу); логістична крива (як модель кривої зростання); рівняння рівномірного та рівноприскореного руху тощо [20].

Згідно із класифікацією, можна виділити різні класи математичних моделей. Так, модель називають статичною, якщо вона не залежить від часу і дає лише «фотографію» системи, її зріз в певний момент часу. Модель буде динамічною, якщо серед інших вона має часовий параметр, тобто відображає функціонування системи (процеси в ній) в часі. Дискретна модель описує поведінку системи тільки в дискретні, відокремлені моменти часу. Неперервна показує поведінку системи для всіх моментів часу із певного проміжку. Модель є імітаційною, якщо вона призначена для випробування або вивчення можливих шляхів розвитку і поведінки об'єкта шляхом варіювання деяких або всіх її параметрів. Модель є ігровою, якщо вона описує, реалізує деяку ігрову (конфліктну) ситуацію між учасниками гри (особами, коаліціями). Детальніше ігрова модель буде описана далі і використана для розв'язання задачі вибору

оптимального виду реклами для відкриття додаткових курсів.

Побудова математичної моделі полягає в тому, що реальна система спрощується, схематизується і описується за допомогою того чи іншого математичного апарату. Виділяють наступні основні етапи побудови моделі.

1. Змістовий опис об'єкта, що моделюється. На цьому етапі словесно подається об'єкт моделювання, цілі його функціонування, середовище, в якому він функціонує, виявляються окремі елементи, можливі стани, характеристики об'єкта і його елементів, а також взаємозв'язки між елементами, станами, характеристиками. Таке попереднє, наближене уявлення про об'єкт дослідження називається концептуальною моделлю. Цей етап є основою для подальшого формального опису об'єкта.

2. Формалізація операцій. На основі змістового опису визначається та аналізується множина характеристик об'єкта, виділяються найбільш істотні з них. Далі виявляють керовані і некеровані параметри, вводять символічні позначення, описується система обмежень, будується цільова функція моделі. Таким чином, відбувається заміна змістового опису формальним (символьним, упорядкованим).

3. Перевірка адекватності моделі. На цьому етапі початковий варіант моделі необхідно перевірити за наступними аспектами: чи всі суттєві параметри включені в модель, чи немає в ній несуттєвих параметрів, чи правильно відображено зв'язки між параметрами, чи правильно визначено обмеження на величини параметрів.

Головним методом перевірки адекватності моделі досліджуваного об'єкта виступає практика. Після попередньої перевірки приступають до реалізації моделі та проведення досліджень. Отримані результати моделювання піддаються аналізу на відповідність відомим властивостям об'єкта. За результатами перевірки моделі на адекватність приймається рішення про можливість її практичного використання або про необхідне коригування [24].

4. Коригування моделі. Тут уточнюються наявні відомості про об'єкт, а також всі характеристики побудованої моделі. Вносяться зміни, і знову

виконується оцінка адекватності.

5. Оптимізація моделі. Сутність оптимізації (покращення) моделі полягає в її спрощенні при заданому рівні адекватності. Оптимізація базується на можливості перетворення моделі із однієї форми в іншу. Основними показниками, за якими вона можлива, є час і витрати коштів для проведення досліджень і прийняття рішень з її допомогою.

Наприклад, процес дистанційного навчання можна описати лінійним диференціальним рівнянням

$$\frac{dZ}{dt} = kZ(t) + \sum_{i=0}^5 k_i u_i(t),$$

де $Z(t)$ – об'єм академічних годин в момент часу t ; k – коефіцієнт вивчення; u_0 – керування програмою, заплановане робоче навантаження, що виконує викладач в режимі онлайн (в академічних годинах); u_2 – керування програмним забезпеченням в якості навантаження для самонавчання; u_4 – керування програмою у вигляді перегляду відео-лекцій, затверджена в процесі традиційного навчання; k_0 – коефіцієнт вивчення нових знань при навчанні за допомогою онлайн-викладача; k_2 – коефіцієнт вивчення для керування; k_4 – коефіцієнт вивчення для керування u_4 ; u_1 – керування процесом повторень через контрольні та самостійні роботи після онлайн-навчання викладача (u_1 – керування із зворотним зв'язком); k_1 – коефіцієнт вивчення для керування u_1 ; u_3 – управління із зворотним зв'язком при повторі матеріалу, вивченого самостійно; k_3 – коефіцієнт вивчення для управління u_3 ; u_5 – управління із зворотним зв'язком при повторенні матеріалу, вивченого у вигляді відео-лекцій; k_5 – коефіцієнт вивчення для управління u_5 .

1.4 OLAP-технології

В данному підрозділі наведено порівняння різних підходів у побудові звітів, їх аналіз, ефективність у порівнянні один з одним.

У період становлення ринкової економіки від керівників підприємств та установ усіх форм власності потрібно ухвалювати складні управлінські рішення, спрямовані на успішне функціонування цих підприємств. Науково-технічний прогрес та динаміка зовнішнього середовища перетворюють сучасні підприємства на складні системи, що ускладнює процес прийняття рішення та значно підвищує вимогу до якості подання інформації для кінцевого користувача.

Переважає більшість осіб, які приймають рішення з тих чи інших питань, не є фахівцями в галузі баз даних. Не знаючи мови маніпулювання даними, маючи слабе уявлення про їх структуру на внутрішньому рівні (у базах даних, сховищах даних), вони змушені аналізувати наявну в розпорядженні організації інформацію лише за готовими формами-запитами.

Вихідні форми звітів, які одержані за результатами виконання запитів (рис. 1.3), заздалегідь написаних програмістом, не дозволяють вести вільний аналіз даних, накладають обмеження у виборі точці зору, під яким проглядаються наявні дані.

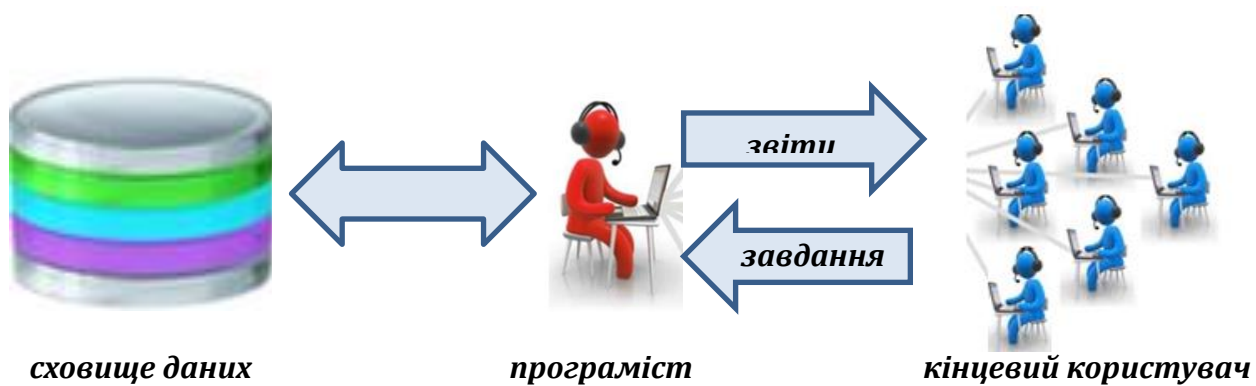


Рисунок 1.3 – Динаміка руху інформації у комп'ютерній системі

Кінцевому користувачеві необхідно надати доступ до інформації, прихованої всередині БД, до її сукупності, незалежно від рівня деталізації інформації. Найчастіше їм надають готові звіти, які відображають лише частину об'єктивної картини дійсного стану підприємства чи установи. І як наслідок, для отримання нового звіту йому доводиться звертатися до програміста. Процес аналізу затягується, оскільки виконання завдання у програміста залежно від складності запиту йде від кількох хвилин до кількох днів. Готовий звіт для кінцевого користувача є наступною відправною точкою для нових досліджень, що в свою чергу тягне за собою нові і нові питання. Причому ні кінцевий користувач, ні тим більше програміст не знають про те, який звіт буде потрібний наступним.

Вихідом із ситуації, що склалась, є надання користувачеві самостійно досліджувати дані та будувати звіти на їх основі. Для цього необхідно мати якусь структуру, помістивши в яку інформацію, користувач отримує можливість просто і зрозуміло використовувати її для побудови звітів. Найбільш зручними інструментами для вирішення зазначеної проблеми є просторові структури багатовимірних БД. Багатовимірні БД, на відміну від традиційних реляційних БД, не вимагають від користувача знання мов програмування. Іншими словами, багатовимірні БД дають користувачам можливість самим, без допомоги програмістів оперувати даними, використовуючи швидкий, одноманітний, оперативний доступ до різної інформації, на основі якої можуть бути отримані звіти (рис. 1.4).

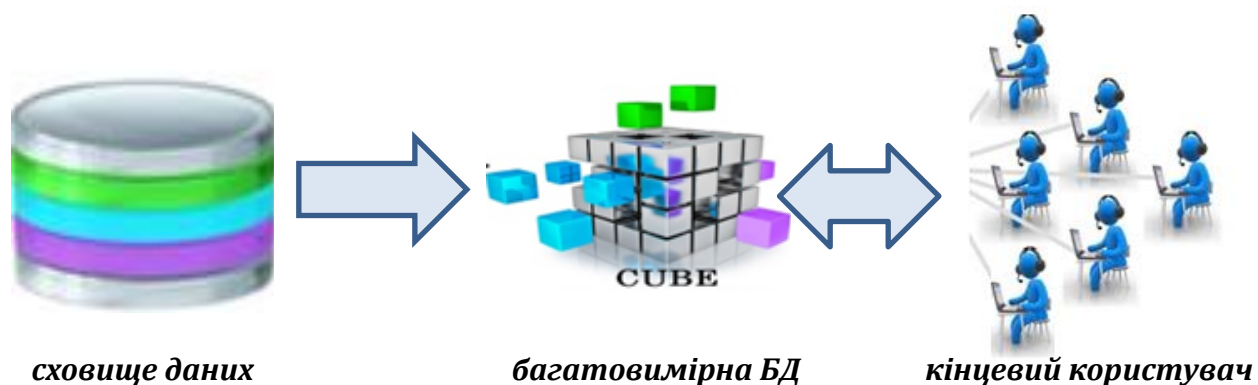


Рисунок 1.4 – Схема функціонування комп'ютерної системи з гіперкубом

В основу багатовимірних баз даних покладено принцип подання даних у вигляді куба з трьома, чотирма або більше (багатомірний куб - гіперкуб) вимірами. Користувач, аналізуючи наявну інформацію, робить уявний зріз уздовж будь-якої осі гіперкуба. Така модель легко сприймається користувачами, дозволяє легко переміщатися в багатовимірному просторі даних. Багатовимірна технологія дозволяє дані для аналітичних досліджень заздалегідь подати в оптимально структурованому вигляді. Користувач легко створює нові звіти, здатний деталізувати дані до потрібного рівня, наочно представляє динаміку різних показників, одночасно переглядаючи їх поєднання.

Дані багатовимірної БД згруповані у просторі, утвореному осями гіперкуба, які називаються вимірами. Вимірювання розбиваються на інтервали та під-інтервали, тобто організуються ієрархія. Інтервали утворюють координатну сітку гіперкубу; в ній для кожного рівня ієрархії можна виділити багатовимірну комірку, що зберігає числові значення однієї або кількох змінних.

Цю багатовимірну базу даних називають OLAP кубом або системою формування звітів. В основі цієї системи лежить ідея багатовимірної моделі даних. Коли користувач ставить запитання, він автоматично накладає обмеження, специфікуючи область пошуку. Облік обмежень веде до того що, що питання формулюється одночасно у кількох площинах. Звіт, отриманий на такий запит, зазвичай подають у вигляді куба - визначення OLAP як куба, звичайно, умовно, але відображає багатовимірність даних, що містяться у відповіді на запит.

Технологія багатовимірних звітів OLAP побудована на 12 принципах:

1. Концептуальне багатовимірне уявлення.
2. Прозорість.
3. Доступність.
4. Постійна продуктивність розробки звітів.
5. Клієнт-серверна архітектура.

За наведеним рисунком 1.5 розроблено інформаційну систему аналітики успішності студентів. Ця система дозволяє підвищити ефективність і результативність діяльності працівників деканату, а також дозволяє створити комп'ютеризовану інформаційну базу для надання необхідної статистичної інформації щодо успішності студентів, проводити аналіз стану і динаміки якості навчання [21].

В роботі [3] запропоновано основні принципи побудови програмного середовища для організації системи аналізу та формування агрегованих даних, за допомогою якої можна вирішити проблеми швидкої та надійної обробки даних, масштабування, якості та безпеки даних.

На основі БД та бази вимірів реалізовано OLAP-куб, який дає змогу аналізувати параметри готельно-туристичних комплексів Прикарпаття [19]. У реальному масштабі часу створені реляційні БД ціни та вартості послуг готельно-туристичних комплексів. Виконано розгортку OLAP-куба за більш затребуваними вимірами готельно-туристичних послуг: за типами і вартістю номерів; наявності додаткових послуг; наявності екскурсій.

Таким чином, використання багатовимірних технологій обробки даних спрощує роботу користувача в формах представлення інформації для проведення аналізу будь-якого процесу та його стану.

1.5 Теорія ігор та вирішення конкурентних ситуацій

При розв'язуванні ряду економічних задач часто виникають так звані конфліктні ситуації, які спричинені суперечливими інтересами зацікавлених сторін. Математичним апаратом розв'язку такого типу задач є теорія ігор, яка передбачає собою побудову математичних моделей прийняття оптимальних рішень в умовах конфлікту [25].

Теорія гри — це розділ математики, що займається вивченням

математичних моделей так званих конфліктних ситуацій (тобто ситуацій, при яких інтереси учасників або протилежні, в такому випадку моделі називаються «антагоністичними іграми», або не збігаються, хоча і не протилежні, і тоді мова йде про «ігри з протилежними інтересами»). Основоположники теорії Дж. фон Нейман і О. Моргенштерн намагались математично описати характерні для капіталістичної економіки явища конкуренції як деяку «гру». В найбільш простому випадку мова йде про протиборство двох противників, наприклад, двох конкурентів, які ведуть боротьбу за ринок збуту [25].

У зв'язку з тим, що сторони, які беруть участь у вирішенні конфліктів, зацікавлені у прихованні своїх намірів від супротивника, прийняття рішень в умовах конфлікту виявляється переважно прийняттям рішень в умовах невизначеності. Фактор невизначеності в даній ситуації можна інтерпретувати як супротивника суб'єкта, що приймає рішення [25].

Логічною основою теорії ігор є формалізація трьох понять, які входять у її визначення й є базовими для всієї теорії: конфлікту, прийняття рішення в ньому та оптимальність цього рішення. Ситуація називається конфліктною, якщо в ній приймають участь сторони, інтереси котрих повністю чи частково протилежні. Гра – це дійсний або формальний конфлікт, в якому беруть участь хоч би два учасники (гравці), кожний із яких прагне досягти власної мети. Допустимі дії кожного з гравців, спрямовані на досягнення деякої мети, називаються правилами гри. Кожний гравець має деяку множину (скінченну чи нескінченну) можливих виборів, яка називається стратегіями.

Стратегією гравця називається сукупність правил, що визначає вибір його дій при кожному власному ході в залежності від ситуації, яка відбулася. Звичайно в процесі гри при кожному приватному ході гравець робить вибір в залежності від конкретної ситуації. Однак, в принципі можливо, що всі рішення, прийняті гравцем раніше (у відповідь на будь-яку створену ситуацію). Це означає, що гравець обрав визначену стратегію, яка може бути задана у вигляді списку правил [22].

Метою теорії гри є визначення оптимальної стратегії для кожного гравця.

Стратегія гравця називається оптимальною, якщо при багатократному повторенні гри вона забезпечує гравцеві максимально можливий середній виграш (або мінімально можливий програш). В посібнику Шияна А.А [25] визначено, що в основу класифікації ігор покладено такі ознаки: кількість гравців, кількість стратегій, характер взаємовідносин, характер виграшів, вигляд виграшів, кількість ходів, стан інформації (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Класифікація ігор

№ п/п	Класифікаційні ознаки	Групи ігор
1	Число гравців	1. Одного гравця 2. Двох гравців 3. k - гравців
2	Кількість стратегій	1. Скінченні 2. Нескінченні
3	Характер взаємовідносин	1. Безкоаліційні 2. Кооперативні 3. Коаліційні
4	Характер виграшів	1. Нульовою сумою 2. Ненульовою сумою
5	Вигляд функції виграшів	1. Матричні 2. Біматричні 3. Неперервні 4. Випуклі 5. Сепарабельні 6. Типу дуелі
6	Кількість ходів	1. Однокрокові 2. Багатокрокові (позиційні, стохастичні, диференціальні, типу дуелі).
7	Стан інформації	1. З повною інформацією 2. З неповною інформацією

Залежно від кількості гравців існують ігри: одного гравця, двох гравців, k гравців. Гра називається парною, якщо в ній приймають участь тільки дві сторони (дві особи). Щодо кількості стратегій ігри діляться на скінченні та нескінченні. Якщо в грі кожен із гравців має скінченне число стратегій, то вона називається скінченною. Якщо ж хоч би один із гравців має нескінченну кількість можливих стратегій, то така гра буде називатися нескінченною. За характером взаємовідносин гравців ігри поділяються на безкоаліційні, кооперативні та коаліційні. Безкоаліційними називають ігри, в яких гравці не мають права домовлятися між собою, тобто утворювати коаліції. У кооперативній грі коаліції наперед відомі [22, 25].

За характером виграшів ігри поділяються на ігри з нульовою сумою та ігри з ненульовою сумою. Гра називається грою з нульовою сумою, якщо сума виграшів усіх гравців у кожній її партії дорівнює нулю, тобто загальний капітал усіх гравців не змінюється, а тільки перерозподіляється між гравцями залежно від отриманих наслідків. Залежно від виду функції виграшів ігри діляться на матричні, біматричні, неперервні, випуклі, сепарабельні, типу дуелі тощо.

Відносно кількості ходів ігри поділяють на однокрокові й багатокрокові. Однокрокові ігри закінчуються після закінчення одного ходу кожного гравця. Багатокрокові ігри поділяються на позиційні, стохастичні, диференціальні, типу дуелі тощо [25].

Залежно від стану інформації розрізняють ігри з повною та неповною інформацією. Якщо на кожному кроці гри кожному гравцеві відомо, які дії були зроблені гравцями раніше, то така гра називається грою з повною інформацією, якщо ж не все відомо про попередні дії, то – грою з неповною інформацією [25].

В роботі Реви В.М. [22] наведено оптимальний розв'язок в іграх двох осіб з нульовою сумою. Розглянемо гру, в якій беруть участь два гравці, один з яких може дотримуватися стратегії i з n своїх можливих стратегій ($i=1, 2, \dots, n$), а другий, не знаючи вибору першого, вибирає стратегію j із m своїх можливих стратегій ($j=1, 2, \dots, m$). У результаті перший гравець (A) виграє a_{ij} , а другий (B) програє цю величину. Величини a_{ij} утворюють платіжну матрицю (матрицю гри):

$$[a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} B_1 & \dots & B_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Рядки матриці $[a_{ij}]$ відповідають стратегіям $(A_1, \dots, A_n)$ гравця A. А стовпці – стратегіям $(B_1, \dots, B_m)$ гравця B. Дані стратегії називаються чистими.

Будемо вважати, що при $a_{ij} > 0$ гравець А виграє, а гравець В програє величину a_{ij} . Якщо $a_{ij} < 0$, то навпаки, виграє гравець В і програє гравець А.

Спочатку знаходять найкращу із стратегій гравця А, тобто найкращу серед $A_1, \dots, A_n$ з урахуванням можливих варіантів відповідей на неї гравця В. При цьому необхідно враховувати те, що на довільну стратегію A_i гравець В відповідає стратегією B_j , для якої виграш гравця А буде мінімальним. Для знаходження стратегії B_j необхідно в i -му рядку платіжної матриці знайти $a_{ij} = \min_j a_{ij}$. При зміні стратегії гравця А одночасно будуть змінюватися відповідні їм числа a_i . Зрозуміло, що гравцеві А вигідно завжди зупинитися на такій стратегії A_i , для якої значення $\alpha = \max_i a_i$, або, враховуючи представлення a_i , отримують $\alpha = \max_i \min_j \{a_{ij}\}$. Число α називається нижньою ціною гри чи максиміном, а відповідна йому стратегія (рядок) – максимінною [22].

Якщо гравець А буде дотримуватися максимінної стратегії, то йому, при довільній поведінці гравця В, у будь-якому випадку гарантований виграш, не менший α . Аналогічно можна визначити найкращу стратегію для гравця В, мета якого – привести виграш гравця А до мінімуму. Для цього гравець В прагне для кожної своєї стратегії B_j отримати максимальне значення виграшу при довільній стратегії гравця A_i , тобто він шукає значення $\beta_j = \max_i a_{ij}$. Проте гравець В не може розраховувати на те, що гравець А дозволить йому отримати будь-який із виграшів β_j . Єдине, на що може розраховувати гравець В, то це на те, щоб отримати виграш, який буде не меншим величини отримують $\beta = \min_j \max_i \{a_{ij}\}$ [22].

Величина β називається верхньою ціною гри, чи мінімаксом, а відповідна йому стратегія гравця (стовпець) мінімаксною. Мінімаксна стратегія – найобережніша стратегія для гравця В. Вона забезпечує йому в будь-якому випадку програш, не більший β , і відповідно виграш гравцеві А, теж не більший від β . Якщо $\alpha = \beta = v$, то число v називається ціною гри [22].

Гра, для якої $\alpha = \beta$, тобто мінімаксне значення рівне максимінному,

називається грою із сідловою точкою. Для гри зі сідловою точкою розв’язок полягає у виборі максиміної й мінімаксної стратегії, що є оптимальними [22].

“Оптимальність” тут означає, що жоден гравець не прагне змінити свою стратегію, оскільки його суперник може відповісти на це вибором іншої стратегії, яка може дати гірший результат для першого. Взагалі значення гри повинно задовільняти нерівність:

$$[\text{Максимінне значення}] \leq [\text{Значення гри}] \leq [\text{Мінімаксне значення}].$$

1.6 Висновки до розділу 1

В даному розділі проведено аналіз літератури з дослідження питання утворення ціни освітніх послуг. Також зазначено, що таке математична модель і з чого складається процес моделювання.

Розглянуто основні підходи до формування звітів та їх зручного аналізу. Зазначено принципи та переваги використання багатовимірної моделі БД (OLAP-кубу) для формування звітів. Наведено приклади використання OLAP технологій в різних предметних областях для швидкого прийняття управлінських рішень. Таким чином, застосування багатовимірних технологій обробки даних задовольняє потребам користувача в формах представлення інформації під час проведення аналітики будь-якого процесу.

Також в даному розділі описано математичний апарат для вирішення конфліктної ситуації, що виникає при визначені типу реклами для відкриття додаткових курсів на кафедрі.

РОЗДІЛ 2

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Постановка задачі

Одним із важливих показників позитивного впливу на вирішення низки проблем, пов'язаних із фінансуванням і конкурентоспроможністю ВНЗ, є надання ними платних освітніх послуг за економічно обґрунтованими цінами. Процес ціноутворення на освітні послуги суттєво відрізняється не тільки від формування цін на товари, а й від розрахунку цін на інші послуги. Саме тому методичні підходи до визначення ціни освітньої послуги мають ураховувати її особливості [26].

Освітнім продуктом є знання, компетентності, навички, досвід, які у процесі навчання передаються тим, хто навчається. Освітня послуга, будучи специфічним товаром, має задовольняти особливим характеристикам, а саме: споживач, отримавши освітню послугу, збагачується новими знаннями; освітні послуги неможливо сприйняти за допомогою будь-якого каналу сприйняття до моменту придбання; покупець не має можливості заздалегідь оцінити якість освітньої послуги; якість освітніх послуг залежить від їх виробників, а також від часу і місця їх надання; її здійснення можливе лише в присутності виробників (викладачів), що її надають; освітня послуга може бути продана будь-яку кількість разів різним споживачам [28].

ВНЗ надають споживачам, окрім освітніх, цілий спектр різноманітних платних послуг. Тож раціональний підхід до формування цін на платні послуги ВНЗ має враховувати особливості та різноманітність освітніх та інших послуг, представлених на ринку. За обставин, коли споживачеві складно отримати повну освіту (рівня «бакалавр», «магістр») та достовірну інформацію про якість і надійність освітньої послуги, ключовим критерієм під час прийняття рішення щодо отримання освітньої послуги стає ціна [23].

В Україні сьогодні існує змішана форма фінансування освіти, за якої

фінансування здійснюється частково з державного і місцевих бюджетів, а частково – за рахунок фізичних та юридичних осіб. Освітня послуга стала товаром, який має свою ціну. Фактично ціна освітньої послуги – це ринкова ціна, яка формується під впливом попиту та пропозиції [18].

Таким чином, для відкриття додаткових курсів повстала задача визначення вартості навчання.

2.2 Математична модель навчання на додаткових курсах

В данному підрозділі описано розроблену модель визначення вартості навчання на зазначених додаткових курсах (собівартість), а також модель розрахунку пілг для навчання та модель визначення рентабельності курсів.

2.2.1 Розробка моделі розрахунку вартості навчання на додаткових курсах

Нехай система навчання включає N додаткових курсів; множина $X = (x_1, \dots, x_N)$ – множина студентів, які навчаються на додаткових курсах (онлайн або офлайн), відповідно x_i – кількість студентів на i -му курсі. Тоді $SX = \sum_{i=1}^N x_i$ – сумарна кількість учнів. Але це не означає, що стільки студентів буде навчатися, оскільки одна і та сама людина може навчатися на кількох курсах.

Якщо підійти до питання вартості навчання з простого погляду, тобто $P = (p_1, \dots, p_N)$, де p_i – вартість навчання на i -му курсі, тоді сумарний прибуток від усіх курсів складе $D = X \cdot P = \sum_{i=1}^N x_i \cdot p_i$. Але в даному випадку не враховано

низку фактів, які можуть вплинути на ціноутворення вартості навчання на i -му курсі.

Розглянемо, як відбувається процес ціноутворення на i -му курсі, тобто p_i . Нехай $M_i = (m_{i1}, \dots, m_{iK})$, де $m_{ij} \in \{0; 1\}$ – матриця наявності матеріалу для i -го курсу, K – максимальна кількість серед усіх матеріалів, для всіх курсів. А $PM_i = (pm_{i1}, \dots, pm_{iK})$, де pm_{ij} – вартість j -го матеріалу для i -го курсу. Таким чином, виходить вартість всіх матеріалів для навчання на j -му курсі:

$$PY_i = \sum_{j=1}^K m_{ij} \cdot pm_{ij}. \quad (2.1)$$

Вартість pm_{ij} – це не абстрактна вартість матеріалу, вона визначається наступним чином

$$pm_{ij} = pw_{ij} + pa_{ij} + ph_{ij}, \quad (2.2)$$

де pw_{ij} – витрати на розробку матеріалів курсу, методичної літератури іншої допоміжної літератури;

pa_{ij} – сума авторського гонорару, яку одержують автор або група авторів;

ph_{ij} – витрати на обслуговування комп'ютерного та мережевого обладнання, заробітна плата персоналу технічного забезпечення, оплата мережевого трафіку при роботі з даним матеріалом.

Таким чином, з урахуванням формул (2.1) та (2.2) вартість матеріалів для одного учня на i -му курсі складає

$$PY_i = \sum_{j=1}^K m_{ij} \cdot pm_{ij} = \sum_{j=1}^K m_{ij} \cdot (pw_{ij} + pa_{ij} + ph_{ij}). \quad (2.3)$$

На основі виразу (2.3) отримаємо відповідно вартість усіх матеріалів для всіх курсів:

$$SPM = \sum_{i=1}^N PY_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K m_{ij} \cdot pm_{ij} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K m_{ij} \cdot (pw_{ij} + pa_{ij} + ph_{ij}). \quad (2.4)$$

При навчанні студент (слухач курсів) використовує не тільки літературу, методичні розробки, матеріали курсів, але також отримує і консультації викладачів. З урахуванням цього факту вартість його навчання становитиме $SP_i = PY_i + pt_i$, де pt_i – оплата праці викладача з надання консультативних заходів для учня на i -му курсі. Значення pt_i – сума, що не залежить від кількості студентів, в даній ситуації виходить оплата праці погодинна, отже її можна розрахувати наступним чином $pt_i = PT_i \cdot CT_i$, де PT_i – сума оплати за 1 годину; CT_i – кількість годин у курсі.

У випадку, коли оплата праці викладача не погодинна, а договірна, то отримуємо вартість навчання студента на i -му курсі $SP_i = PY_i + pt_i E_i$, де E_i – коефіцієнт трудовитрат викладача. Легко помітити, що при $E_i = 1$ з моделі вартості навчання при договірній роботі викладача отримуємо модель оплати при погодинній оплаті праці. Тому в подальшому розгляді використовуватимемо модель розрахунку вартості при договірній оплаті.

Таким чином, отримуємо загальну вартість навчання на всіх курсах

$$D = \sum_{i=1}^N SP_i \cdot x_i = \sum_{i=1}^N (PY_i + pt_i E_i) x_i. \quad (2.5)$$

Під час підготовки курсів кафедра передбачає отримати планову суму надходжень PD . Природно, що для розрахунку необхідно знати плановий набір $X = (x_1, \dots, x_N)$. Але оскільки плановий набір величина постійна, тобто $X^t = (X_1^t, \dots, X_N^t)$, відповідно $PD^t = (PD_1^t, \dots, PD_N^t)$, де PD_i^t – планова сума

надходжень i -го курсу в t -ому періоді. Тоді сума навчання на i -му курсі в t -ому періоді дорівнюватиме

$$SP_i^t = PY_i^t + pt_i^t E_i^t = \sum_{j=1}^K m_{ij}^t (pw_{ij}^t + pa_{ij}^t + ph_{ij}^t) + PT_i^t \cdot CT_i^t \cdot E_t^t, \quad (2.6)$$

а відповідно планова сума надходжень

$$\begin{aligned} PD^t &= \sum_{i=1}^N SP_i^t \cdot x_i^t = \sum_{i=1}^N (PY_i^t + pt_i^t E_i^t) x_i^t = \\ &= \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^K m_{ij}^t (pw_{ij}^t + pa_{ij}^t + ph_{ij}^t) + PT_i^t \cdot CT_i^t \cdot E_t^t \right) x_i^t. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Таким чином, формула (2.6) виражає модель визначення базової вартості навчання на i -му курсі у t -ому періоді, тобто його собівартість, а формула (2.7) – модель визначення планових надходжень у t -ому періоді.

2.2.2 Розробка моделі визначення суми пільги, що надається для коригування вартості навчання

Для визначення максимальної можливої суми пільги необхідно знати планову суму надходжень PD та суму фактичних надходжень FD . Тоді отримуємо $SL \leq FD - PD$, тобто сума пільги не повинна знижувати базову вартість навчання, це твердження справедливо для всіх періодів $(SL^t \leq FD^t - PD^t, \forall t = \overline{1, T})$.

Для розрахунку суми пільги у наступному періоді $t = T + 1$, на основі базової вартості навчання SP_i^{T+1} та планового набору учнів $X^{T+1} = (X_1^{T+1}, \dots, X_N^{T+1})$, можна отримати планову суму надходжень PD^{T+1} ,

але оскільки ще не відомий фактичний набір $FX^{T+1} = (X_1^{T+1}, \dots, X_N^{T+1})$, то, відповідно, не можливо розрахувати за базовою вартістю передбачувану суму надходжень FD^{T+1} .

Для знаходження передбачуваної суми надходжень у наступному періоді $t = T + 1$ скористаємося чисельним методом екстраполяції та на основі фактичних сум надходжень за минулі періоди $(FD^1, \dots, FD^T)$ знайдемо FpD^{T+1} і FX^{T+1} відповідно. Тоді максимальна сума пільг у даному періоді становитиме $SL^{T+1} \leq FpD^{T+1} - PD^{T+1}$.

Після розрахунку передбачуваної максимальної суми пільг, необхідно визначити перелік осіб та відсоток наданих пільг для учнів.

Для визначення переліку осіб, яким можна надати пільги, розрахуємо коефіцієнт λ у такий спосіб

$$\lambda_l^{T+1} = \sum_{p=1}^{MP} e_p^T \lambda_p^T, \quad (2.8)$$

$$\lambda = e_1 \lambda_1 + e_2 \lambda_2 + e_3 \lambda_3, \quad (2.9)$$

де λ_1 – середній бал;

λ_2 – участь у програмі перевірки курсів;

λ_3 – кількість обраних курсів;

(e_1, e_2, e_3) - значимість коефіцієнтів λ_i .

Якщо $\lambda \in [0.9, \dots, 1]$, то даному учню можна надати пільгу, тобто отримуємо множину коефіцієнтів

$$\lambda^{T+1} = (\lambda_1^{T+1}, \dots, \lambda_{SX}^{T+1}), \text{ де } \lambda_l^{T+1} = \begin{cases} \lambda_l^{T+1}, & \lambda_l^{T+1} \in [0.9, \dots, 1] \\ 0, & \lambda_l^{T+1} \notin [0.9, \dots, 1] \end{cases}.$$

Для обчислення персональної суми пільги у періоді $t = T + 1$ скористаємося формулою

$$SLp_l^{T+1} = \frac{\lambda_l^{T+1}}{\sum_{l=1}^{SX^{T+1}} \lambda_l^{T+1}} SL^{T+1}.$$

Оскільки сума пільги може бути більше, ніж базова вартість навчання, то введемо деякий поріг вище якого сума пільги підніматися не повинна, тобто

$$SLp_l^{T+1} = \begin{cases} \frac{\lambda_l^{T+1}}{\sum_{l=1}^{SX^{T+1}} \lambda_l^{T+1}} SL^{T+1}, & \frac{\lambda_l^{T+1}}{\sum_{l=1}^{SX^{T+1}} \lambda_l^{T+1}} SL^{T+1} \leq \frac{SP_i^{T+1}}{pl_l^{T+1}} \\ \frac{SP_i^{T+1}}{pl_l^{T+1}}, & \frac{\lambda_l^{T+1}}{\sum_{l=1}^{SX^{T+1}} \lambda_l^{T+1}} SL^{T+1} < \frac{SP_i^{T+1}}{pl_l^{T+1}} \end{cases}, \quad (2.10)$$

де $\frac{SP_i^{T+1}}{pl_l^{T+1}} \cdot 100\%$ – поріг пільгової суми, де pl_l^{T+1} – максимальний

відсоток пільги. Причому якщо учню не надається пільга, то $SLp_l^{T+1} = 0$.

Таким чином, вартість навчання на i -му курсі в $(T + 1)$ -ому періоді для l -го учня буде дорівнювати

$$\begin{aligned} SP_i^{T+1} &= PY_i^{T+1} + pt_i^{T+1} E_i^{T+1} - SLp_l^{T+1} = \\ &= \sum_{j=1}^K m_{ij}^{T+1} (pw_{ij}^{T+1} + pa_{ij}^{T+1} + ph_{ij}^{T+1}) + PT_i^{T+1} \cdot CT_i^{T+1} \cdot E_i^{T+1} - SLp_l^{T+1}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

де l -ий учень визначається наступним чином $l \in \{1, x_i^{T+1}\}$.

2.2.3 Модель визначення рентабельності курсів та знаходження коефіцієнтів стимулювання викладачів

Собівартість i -ого курсу визначається за моделлю базової вартості навчання на курсах в T -ому періоді, тобто

$$SP_i^T = PY_i^T + pt_i^T E_i^T = \sum_{j=1}^K m_{ij}^T (pw_{ij}^T + pa_{ij}^T + ph_{ij}^T) + PT_i^T \cdot CT_i^T \cdot E_t^T,$$

де сума фактичних надходжень визначається шляхом аналізу банківських та касових документів, тобто простим підсумовуванням отримуємо надходження – FSP_i^T . Розглянемо різницю між собівартістю та фактичними надходженнями, тобто

$$R_i^T = FSP_i^T - SP_i^T. \quad (2.12)$$

Розглянемо можливі три випадки:

1. $R_i^T \rightarrow 0$ – собівартість дорівнює сумі надходжень, тобто кафедра немає ніяких доходів від проведення навчання. У цій ситуації може бути прийнято одне з двох управлінських рішень:
 - зниження вартості навчання, що призведе до збільшення бажаних навчатися, і відповідно підвищить суму фактичних надходжень;
 - зменшити вартість навчання і одночасно підвищити коефіцієнт E_t^{T+1} , в результаті базова вартість навчання залишиться на колишньому рівні, але додаткова грошова стимуляція викладача змусити його доповнювати та розробляти більш цікаві курси, що підвищить популярність курсу та заохотить більше бажаних.

2. $R_i^T \gg 0$, тобто фактичні надходження набагато більші за собівартість курсу, таким чином, кафедра має кошти, щоб преміювати всіх співробітників за успішне виконання планів робіт, і до того ж має можливість більшою мірою надавати пільги для учнів.
3. $R_i^T \ll 0$, тобто курси взагалі не є рентабельними, в такій ситуації необхідно координально переглянути підхід до ціноутворення.

2.2.4 Модель формування рахунків на оплату за навчання на курсах

Сума оплати навчання визначається тривалістю періоду, спеціальністю, громадянством, формою і категорією навчання, курсом, а також наявністю (відсутністю) пільг у учня. Сума оплати за навчання відображається на статті доходів відповідної кафедри. Контроль доходів по кожному бюджету, співвідношення доходів та видатків у розрізі бюджетів, визначення втрат, пов'язаних із заборгованістю з оплати навчання може здійснюватися бухгалтерією. Оперативність отримання облікової інформації є критичним для ліквідації відхилень, пов'язаних з функціонуванням додаткових курсів на кафедрі.

Модель розрахунку суми оплати за навчання на курсах наведена на рис. 2.1. У цій моделі представлені основні функціональні блоки, множина вхідних та вихідних змінних, інформаційні дані.

Множину вхідних змінних C^I представимо у вигляді:

$$C^I = \{c_1^I, c_2^I\}, \quad (2.13)$$

де c_1^I – номер контракту, яким потрібно визначити суму до оплати,

c_2^I – дата, на яку необхідно визначити суму до оплати.

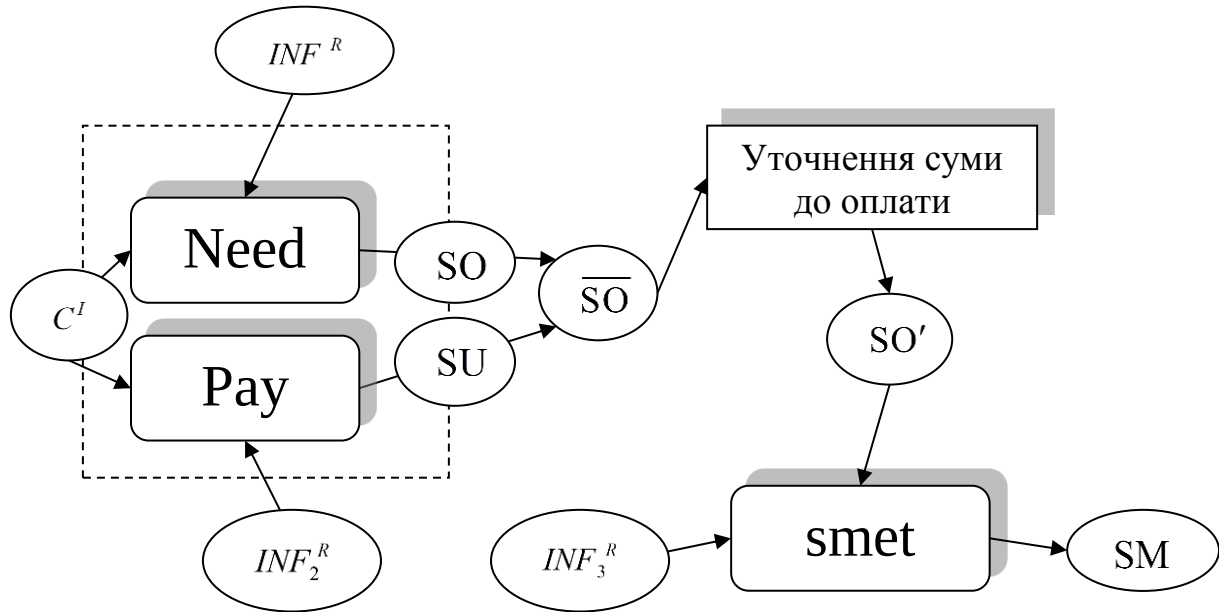


Рисунок 2.1 – Модель розрахунку оплати навчання

Множина інформаційних даних INF^R необхідна для розрахунків оплати за навчання і складається з трьох підмножин:

$$INF^R = INF_1^R + INF_2^R + INF_3^R,$$

де INF_1^R – дані контракту,

INF_2^R – дані про бухгалтерські документи оплати (прибуткових ордерах, платіжних дорученнях і т.д.), віднесених в рахунок оплати за навчання. Ця множина містить відомості про документи, що підтверджують виконання контрактів особами, які зобов'язалися оплачувати навчання,

INF_3^R – дані про джерела фінансування, в рахунок яких підуть грошові надходження за контрактом.

Множина даних контракту навчання INF_1^R визначається наступним чином:

$$INF_1^R = \{d_b^t, d_e^t, n^t, c_1, c_2, ts^C, tp^t, ts^P, l^t, s^I, b^{s^I}, py_i\},$$

де d_b^t – дата початку дії контракту,

d_e^t – дата закінчення дії контракту,

n^t – реєстраційний номер контракту,

c_1 – множина даних про контрагента, з яким укладено контракт,

c_2 – множина даних про учня, на навчання якого укладено контракт,

ts^C – множина періодів навчання. Ця множина формується на підставі наказів про зарахування та переведення учня на наступний курс,

tp^t – періодичність оплат за контрактом (академічний рік, семестр, місяць),

ts^P – множина періодів оплати навчання контракту,

l^t – множина пільг на оплату навчання, наданих учню,

s^I – сума вхідного залишку за контрактом на момент початку функціонування,

b^{s^I} – множина бюджетів та статей витрат вхідного залишку,

py_i – загальна вартість контракту.

Контракти на навчання є доходними статтями бюджету, тому на підставі контрактів на навчання проводиться розрахунок планованих надходжень за доходними статтями бюджетів кафедри.

Розглянемо структури кожної множини та обмеження, що накладаються на них.

Структура множини даних про платника за контрактом c_1 має вигляд:

$$c_1 = \{c_1^1, c_1^2, c_1^3, c_1^4, c_1^5, c_1^6\},$$

де c_1^1 – найменування контрагента, у разі якщо платник є юридичною особою,

c_1^2 – код згідно з єдиним державним реєстром підприємств та організацій України,

c_1^3 – банківські реквізити юридичної особи,

c_1^4 – прізвище, ім'я, по батькові платника, у разі якщо платник є фізичною особою,

c_1^5 – ідентифікаційний код фізичної особи,

c_1^6 – адреса.

Структура множини даних учня за контрактом c_2 має вигляд:

$$c_2 = \{c_2^1, c_2^2, c_2^3, c_2^4\},$$

де c_2^1 – прізвище, ім'я, по-батькові учня,

c_2^2 – ідентифікаційний код учня,

c_2^3 – адреса,

c_2^4 – дані про параметри навчання, тобто

$$c_2^4 = \{fc, sp, gr\},$$

де fc – кафедра, на якій навчається учень,

sp – курс,

gr – громадянство учня,

Структура множини періодів навчання наступна:

$$ts^C = \{ts_j^C\} \text{ для } \forall ts^C \in TS^C, ts_j^C = \{ts_{jb}^C, ts_{je}^C, ks_j^C\}, j = \overline{1, N^C},$$

де ts_j^C – j -ий період навчання,

ts_{jb}^C – дата початку навчання у j -му періоді,

ts_{je}^C – дата закінчення навчання у j -му періоді,

ks_j^C – курс навчання у j -му періоді навчання,

N^C – кількість періодів навчання.

Для всіх періодів навчання виконується таке обмеження:

$$[ts_{jb}^C, ts_{je}^C] \in [d_b^t, d_e^t], \forall j.$$

Залежно від зазначеної у контракті періодичності оплати tp^t та вартості навчання на курсі з параметрами навчання $\{fc, sp, gr\}$, зазначеними у контракті, період дії контракту розбивається на періоди оплати ts^t .

Структура множини періодів оплати навчання ts^t має вигляд:

$$ts^t = \{ts_j^t\}, \quad ts_j^t = \{ts_{jb}^t, ts_{je}^t, ts_{jc}^t, ts_{jg}^t\},$$

де ts_j^t – j -ий період оплати навчання,

ts_{jb}^t – дата початку j -го періоду оплати навчання,

ts_{je}^t – дата закінчення j -го періоду оплати навчання,

ts_{jc}^t – вартість j -го періоду оплати навчання,

ts_{jg}^t – дата, до якої мають бути внесені кошти у рахунок оплати j -го періоду.

Для всіх періодів оплати навчання виконується таке обмеження:

$$[ts_{jb}^t, ts_{je}^t] \in [d_b^t, d_e^t], \forall j.$$

Розглянемо структуру множини пільг з оплати l^t , що надаються учню:

$$l^t = \{l_j^t\}, l_j^t = \{l_{jb}^t, l_{je}^t, l_{jp}^t, l_{jo}^t, l_{jn}^t\},$$

де l_j^t – j -а пільга на оплату навчання,

l_{jb}^t – дата початку періоду, на який надано j -ий пільга,

l_{je}^t – дата закінчення періоду, на який надано j -ий пільга,

l_{jp}^t – значення відсотка j -ої пільги,

l_{jo}^t – підстава надання j -ої пільги,

l_{jn}^t – номер наказу, яким було учню призначена j -а пільга.

Пільги з оплати навчання можуть призначатися рішенням ректорату, ради факультету у ряді випадків: передоплата за всі курси навчання (10%), учень є сиротою (10%), реєстрація на більше ніж 3 курсах (20%), в інших випадках.

Вимога коректності ведення обліку контрактної діяльності визначає необхідність обліку вхідного залишку S^I .

Розглянемо структуру множини бюджетів та статей витрат вхідного залишку:

$$b^{S^I} = \{b_{j1}^{S^I}, b_{j2}^{S^I}\}, j=1, N^{S^I},$$

де b^{S^I} – сума вхідного залишку j -го джерела фінансування,

$b_{j1}^{S^I}$ – бюджет j -го джерела фінансування вхідного залишку,

$b_{j2}^{S^I}$ – бюджет j -го джерела фінансування вхідного залишку.

Вхідний залишок дорівнює сумі значень сум вхідного залишку за джерелами фінансування:

$$S^I = \sum_{j=1}^{N^{S^I}} b_j^{S^I}.$$

Загальна вартість контракту py_i виражається такою формулою:

$$py_i = \sum_{j=1}^{N^t} ts_{jc}^t. \quad (2.14)$$

Розглянемо структуру множини даних про бухгалтерські документи оплати INF_2^R :

$$INF_2^R = \{INF_{2i}^R\}, \quad i = 1, N^{D_2^R},$$

де INF_{2i}^R – документ оплати,

$N^{D_2^R}$ – кількість документів оплати,

$$INF_{2i}^R = \{INF_{2i}^{Rn}, INF_{2i}^{Rd}, INF_{2i}^{Ru}, INF_{2i}^{Ro}\},$$

INF_{2i}^{Rn} – номер і-го документа оплати,

INF_{2i}^{Rd} – дата і-го документа оплати,

INF_{2i}^{Ru} – сума і-го документа оплати,

INF_{2i}^{Ro} – основа і-го документа оплати.

Кожному і-му документу однозначним чином ставиться у відповідність множина джерел фінансування $INFb_{2i}^R$, db_{2i}^R , у рахунок виконання яких було віднесено суму документа:

$$INFb_{2i}^R = \{INFb_{2ij}^{Rb}, INFb_{2ij}^{Rs}, INFb_{2ij}^{Rsu}, INFb_{2ij}^{Rt}\}, \quad j = 1, N^{INFOB},$$

$$INFb_{2i}^{Rsu} = \sum_{j=1}^{N^{INFOB}} INFb_{2ij}^{Rsu},$$

де $INFb_{2ij}^{Rb}$ – бюджет j-го джерела фінансування і-го документа,

$INFb_{2ij}^{Rs}$ – стаття витрат j -го джерела фінансування i -го документа,
 $INFb_{2ij}^{Rsu}$ – сума, віднесена в рахунок виконання j -го джерела фінансування,
 $INFb_{2ij}^{Rt}$ – номер контракту, у рахунок виконання якого було віднесено суму $INFb_{2ij}^{Rsu}$,
 N^{INFOB} – кількість джерел фінансування i -го документа оплати.
 Розглянемо структуру множини даних про джерела фінансування контракту INF_3^R :

$$INF_3^R = \{b_i^t\}, i=1, N^{INF_3^R}, b_i^t = \{b_{i1}^t, b_{i2}^t, b_{i3}^t\},$$

де b_i^t – i -е джерело фінансування договору,
 $N^{INF_3^R}$ – кількість джерел фінансування контракту,
 b_{i1}^t – бюджет i -го джерела фінансування,
 b_{i2}^t – стаття витрат i -го джерела фінансування,
 b_{i3}^t – відсоток відрахувань від загальної суми в рахунок i -го джерела фінансування ($\sum_{i=1}^{N^{INF_3^R}} b_{i3}^t = 100$).

Вихідна змінна $\overline{SO}$ є сумою, яку слід сплатити за навчання на дату C_2^I з урахуванням раніше сплачених сум.

Відповідно до бажання (можливостей) платника за контрактом у рахунок оплати навчання може вноситися сума SO' більша або менша за суму $\overline{SO}$, яку необхідно внести на звітну дату: $0 < SO' \leq PY_i$.

Множина вихідних даних SO' є розбивкою суми, що вноситься SO' за джерелами фінансування.

Наведемо структуру множини SO' :

$$SM = \{sm_i^1, sm_i^2, sm_i^3\}, i=1, N^{SM},$$

де sm_i^1 – бюджет i -го джерела фінансування суми, що вноситься,

sm_i^2 – стаття витрат i -го джерела фінансування суми, що вноситься,

sm_i^3 – сума, віднесена на i -е джерело фінансування,

N^{SM} – кількість джерел фінансування, в рахунок яких належить сума, що вноситься, оплати за навчання,

$$SO' = \sum_{i=1}^{N^{SM}} sm_i^3.$$

Позначимо через Need модель визначення на зазначену дату суми до сплати, через Pay – модель визначення вже сплаченої суми та через Smet – модель розбивки суми, що вноситься на джерела фінансування.

Наведемо модель визначення сплаченої суми за контрактом Pay. Нехай C_1^I – номер договору, яким потрібно визначити суму до оплати. Сума, внесена в рахунок оплати контракту, складається з сум за зареєстрованими документами оплати та суми вхідного залишку, в тому випадку, якщо сума вхідного залишку більше нуля. Це означає, що за контрактом на дату початку функціонування була надмірно сплачена сума.

Позначимо вже сплачену суму за контрактом як SU , а суму за зареєстрованими документами оплати як SU^D . Тоді вже сплачена сума SU виражатиметься формулою:

$$SU = \begin{cases} S^I + SU^D, & S^I > 0 \\ SU^D, & S^I \leq 0 \end{cases} \quad (2.15)$$

Враховуючи те, що вже сплачена сума за документами SU^D виражається такою формулою:

$$SU^D = \sum_i \sum_j INFb_{2ij}^{Rsu}. \quad (2.16)$$

Отримаємо наступний вираз визначення SU:

$$SU = \begin{cases} S^I + \sum_i \sum_j INFb_{2ij}^{Rsu}, & S^I > 0 \\ \sum_i \sum_j INFb_{2ij}^{Rsu}, & S^I \leq 0 \end{cases} \quad (2.17)$$

Наведемо модель розрахунку суми до оплати на конкретну дату Need. Нехай C_2^I – дата, яку необхідно визначити суму до сплати. Сума до сплати на зазначену дату складається з суми за контрактом та суми вхідного залишку, у разі якщо сума вхідного залишку менша за нуль. Це означає, що за контрактом на дату початку був борг.

Позначимо суму для оплати на зазначену дату як SO, а суму для оплати на зазначену дату як SO^T . Тоді

$$SO = \begin{cases} SO^t - S^I, & S^I \leq 0 \\ SO^t, & S^I > 0 \end{cases} \quad (2.18)$$

При розрахунку за контрактом суми для оплати на конкретну дату необхідно враховувати пільги, надані учні на оплату навчання. Не звужуючи спільності міркувань, зробимо припущення, що у той самий період може бути призначена лише одне пільга, тобто $[l_{jb}^t, l_{je}^t] \cap [l_{kb}^t, l_{ke}^t] = 0 \quad \forall j, k$.

Сума призначених пільг у цьому періоді становитиме

$$SLp_i^t = \begin{cases} SLp_i^t, & SLp_i^t \leq \frac{SP_i^t}{pl_i^t \%} \cdot 100\% \\ \frac{Si_i^t}{pl_i^t \%} \cdot 100\%, & SLp_i^t > \frac{SP_i^t}{pl_i^t \%} \cdot 100\% \\ 0, & \text{якщо пільга не надана} \end{cases} \quad (2.19)$$

де $t \in [l_{jb}^t, l_{je}^t]$,

pl_i^t – відсоток пільги в даному періоді.

Тоді сума до оплати на дату C_2^I з урахуванням призначених пільг визначатиметься такою формулою:

$$SO^T = PY^t - SLp_i^t,$$

де PY^t – повна сума до оплати з урахуванням періодичності оплати та множини за контрактом $c_2^4 = \{fc, sp, gr\}$.

Тоді сума до оплати SO виражається такою формулою:

$$SO = \begin{cases} PY^t - SLp_i^t - S^I, & S^I \leq 0 \\ PY^t - SLp_i^t, & S^I > 0 \end{cases} \quad (2.20)$$

З урахуванням вже сплачених коштів сума до оплати на вказану дату $\overline{SO}$ виражатиметься формулою:

$$\overline{SO} = SO - SU. \quad (2.21)$$

Значення показників, що розраховуються за моделями (2.18)-(2.21), використовуються для аналізу виконання контрактних зобов'язань щодо оплати навчання на курсах.

Наведемо модель розбивки суми, що вноситься на джерела фінансування *smet*.

Нехай DB^{RT} багато джерел фінансування документів оплати договору. Структура множини DB^{RT} аналогічна структурі множини INF_{2i}^R .

Якщо SO' сума, що вноситься в рахунок оплати навчання, то модель *smet* має наступну структуру:

$$SM = SM' - DB^{RT}, \quad (2.22)$$

де

$$SM' = \begin{cases} FindSM(SO' + SU), & S^I \geq 0 \\ FindSM(SO' + SU^D), & S^I < 0 \end{cases}$$

де *FindSM* – допоміжна модель, яка здійснює розбивку суми на джерела фінансування, зазначені у контракті,

SM' – результат роботи цього механізму. Структура множини SM' аналогічна структурі множини DB^{RT} .

Під різницею множин будемо розуміти віднімання сум таких елементів, у яких збігаються бюджети та статті витрат джерел фінансування.

Наведемо опис функціонування моделі *FindSM*.

Нехай сума SB – вхідний параметр для моделі *FindSM*, SM'' – множина джерел фінансування, куди розбивається сума SB . Структура множини SM'' аналогічна структурі множини DB^{RT} .

$$SB = \sum_{i=1}^{N_{INF_3}^R} sm_i^3, \quad (2.23)$$

$$sm_i^{*3} = SB \cdot b_{i3}^t, \quad \forall i = 1, N^{INF_3^R}. \quad (2.24)$$

Отримаємо вихідну множину SM' моделі FindSM, доповнюючи множину SM'' елементами множини B^{S^I} в тому випадку, якщо $S^I < 0$, таким чином, щоб умова (2.23) продовжувала виконуватися.

Значення показників, що розраховуються за моделями (2.22)-(2.24), використовуються для рознесення внесеної суми за джерелами фінансування та планування сум надходжень за джерелами фінансування.

Застосування даних моделей дозволяє оперативно аналізувати стан виконання контрактних зобов'язань за навчання, приймати управлінські рішення щодо активізації роботи з боржниками, планувати обсяг грошових надходжень.

2.2.5 Модель мотивації професорсько-викладацького складу для оформлення електронних навчально-методичних матеріалів

Суму, яку можна виділити для мотивації професорсько-викладацького складу до оформлення електронних навчально-методичних матеріалів для навчальних курсів отримуємо:

$$SPr^T \leq (FD^T - PD^T) - SL^T,$$

тобто сума преміювання менше або дорівнює різниці суми фактичних надходжень та суми собівартості, суми знижок на навчання.

Для того, щоб визначити розмір персональної премії, введемо коефіцієнти популярності електронних навчально-методичних курсів. Обчислимо їх на основі статистичних даних звернень до кожного матеріалу. Нехай

$$K_q = K_i + K_o,$$

кількість всіх звернень до матеріалів q -го автора, причому K_i – звернення внутрішніх учнів, K_o – звернення до матеріалу зовнішніх користувачів. Тоді V_i, V_o – коефіцієнти значимості внутрішніх та зовнішніх звернень користувачів. На основі цих даних обчислимо коефіцієнт популярності матеріалів:

$$VK_q = K_i \cdot V_i + K_o \cdot V_o.$$

У цьому контексті розуміється лише звернення до електронних навчально-методичних матеріалів, а не його використання. Тому на основі даних за кількістю закачаних матеріалів будемо розширений коефіцієнт популярності матеріалів, тобто

$$VK_q = K_i \cdot V_i + K_o \cdot V_o + KD_i \cdot VD_i + KD_o \cdot VD_o,$$

де KD_i, KD_o – кількість закачаних матеріалів, внутрішніми та зовнішніми користувачами;

VD_i, VD_o – коефіцієнти значимості.

Відповідно $VK^T = \sum_{q=1}^{SQ^T} VK_q^T$ – сумарна популярність матеріалів системи

навчання на додаткових курсах.

На основі персональної та сумарної значущості матеріалів розрахуємо суми персональних грошових винагород для кожного автора матеріалів.

Нехай SQ^T – кількість авторів, які запропонували свої навчально-методичні матеріали для системи навчання на курсах, тоді введемо якийсь поріг, вище за який не може бути сума персональної премії:

$$S \Pr P^T = \frac{S \Pr^T}{SQ^T}.$$

Тоді сума персональної премії становитиме:

$$S \Pr_q^T = \begin{cases} \frac{VK_q^T}{\sum_{q=1}^{SQ^T} VK_q^T} S \Pr^T, & \text{якщо } \frac{VK_q^T}{\sum_{q=1}^{SQ^T} VK_q^T} S \Pr^T < S \Pr P^T \\ S \Pr P^T, & \text{якщо } \frac{VK_q^T}{\sum_{q=1}^{SQ^T} VK_q^T} S \Pr^T > S \Pr P^T. \end{cases}$$

2.3 Модель формування звітності з використанням побудови динамічного OLAP-куба

У данному підрозділі розглянуто використання моделі динамічного OLAP-куба для побудови аналітичної звітності діяльності додаткових курсів.

Для забезпечення прибутковості від діяльності додаткових курсів університету потрібно постійно проводити моніторинг та контроль рівню сплати за навчання слухачами та інших показників, пов'язаних з оцінкою якості курсів та загальними витратами. Особливої уваги потребує моніторинг успішності слухачів та аналіз змін собівартості освітніх послуг.

Для побудови моделі, яка описує процес моніторингу та контроль рівню сплати за навчання на додаткових курсах університету використано методологію структурного аналізу і моделювання SADT (формалізовану за американським стандартом IDEF0). Функціональна модель розроблена в середовищі CASE-засобу (Computer-Aided Software/System Engineering) проектування верхнього рівня ERwin Process Modeler (програмний додаток

BPwin).

Модель являє собою ієрархію взаємопов'язаних діаграм, кожна з яких представляє підсистему або її окрему компоненту. Вершина цієї структури містить загальний опис системи, який деталізується на наступних рівнях декомпозиції моделі.

На рис. 2.2 наведена функціональна модель, що представлена контекстною діаграмою «Розрахунок собівартості навчання та аналіз діяльності додаткових курсів університету», яка характеризує процес діяльності додаткових курсів.

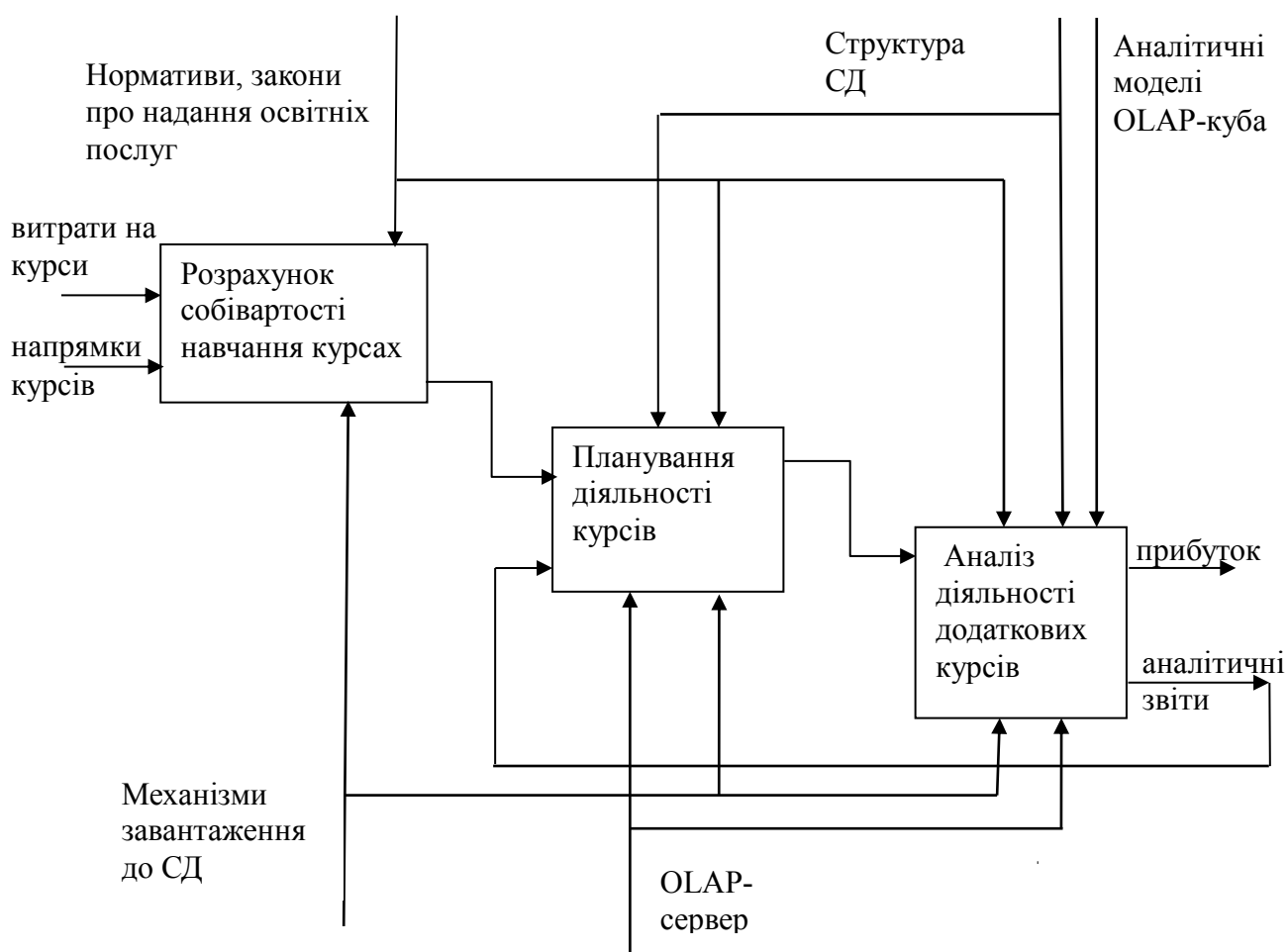


Рисунок 2.2 – Функціональна модель діяльності додаткових курсів першого рівня

Перший рівень представленої моделі складається з трьох видів

діяльностей:

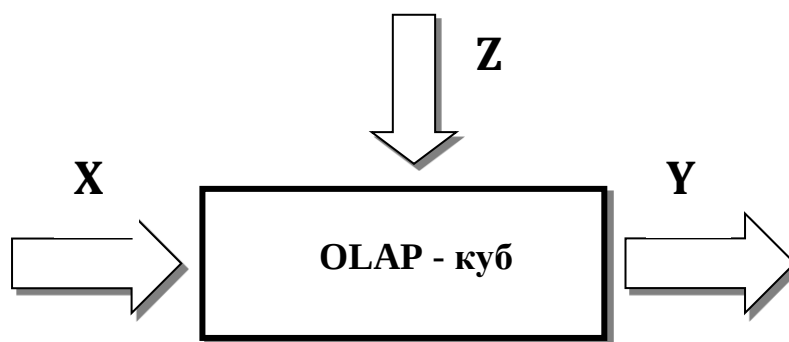
A1 – «Розрахунок собівартості навчання на курсах», який можна декомпонувати з метою детального опису процесу розрахунку собівартості навчання, а саме: «визначення суми пільг для коригування вартості навчання», «визначення рентабельності курсів», «знаходження коефіцієнтів стимулювання викладачів», «формування рахунків на оплату навчання», «забезпечення мотивації викладацького складу для формування електронних матеріалів курсів».

A2 – "Планування діяльності курсів" описує процес визначення напрямків додаткових курсів, який в свою чергу можна також декомпонувати на підпроцеси: «Формування методичних матеріалів курсів», «Вибір викладачів курсів», «Запровадження реклами курсів», «Набір слухачів курсів», «Формування розкладу занять», «Контроль діяльності курсів», «Корегування діяльності курсів за отриманими аналітичними звітами діяльності».

A3 – "Аналіз діяльності додаткових курсів" – опис процесу побудови аналітичних звітів з діяльності курсів на основі використання OLAP- технологій. Діяльність "Аналіз діяльності додаткових курсів", в свою чергу, може бути декомпозована на підфункції «Формування СД», «Формування вимірів», «Формування OLAP-кубів», які описують процеси провення аналізу та побудови звітності з діяльності додаткових курсів, а також розрахунок прогнозів.

Розглянемо процес побудови аналітичної звітності діяльності додаткових курсів університету (кількість слухачів, суми оплати та заборгованості, пільги тощо).

З математичної точки зору модель OLAP-куба можна подати моделлю, продемонстрованною на рис. 2.3.



де X – вхідні змінні
 Y – вихідні змінні
 Z – вплив

Рисунок 2.3 – Модель OLAP-кубу

Розглянемо призначення змінних даної моделі:

X – вся первинна документація, яка ведеться в інформаційній системі:

ведення даних щодо слухачів;
 ведення документів оплати;
 ведення документів щодо пільг тощо.

Z – обмеження:

місце навчання (курс, група);
 форма навчання;
 сукупність критеріїв оплати (помісячна, повністю за курс тощо);
 контрольні періоди та дати і т.інше.

Y – звітні форми отримані на основі багатовимірних даних та обмежень.

Розглянемо схему побудови багатовимірного куба. По-перше, необхідно надати можливість користувачу отримувати звіти про заборгованість, оплату та переплату слухачами навчальних курсів університету, у розрізі періодів, факультетів та типів заборгованостей. Таким чином, на основі сказаного вище буде доцільно побудувати наступну модель куба, яка надасть можливість аналізу первинної інформації та отримання різноманіття звітних форм.

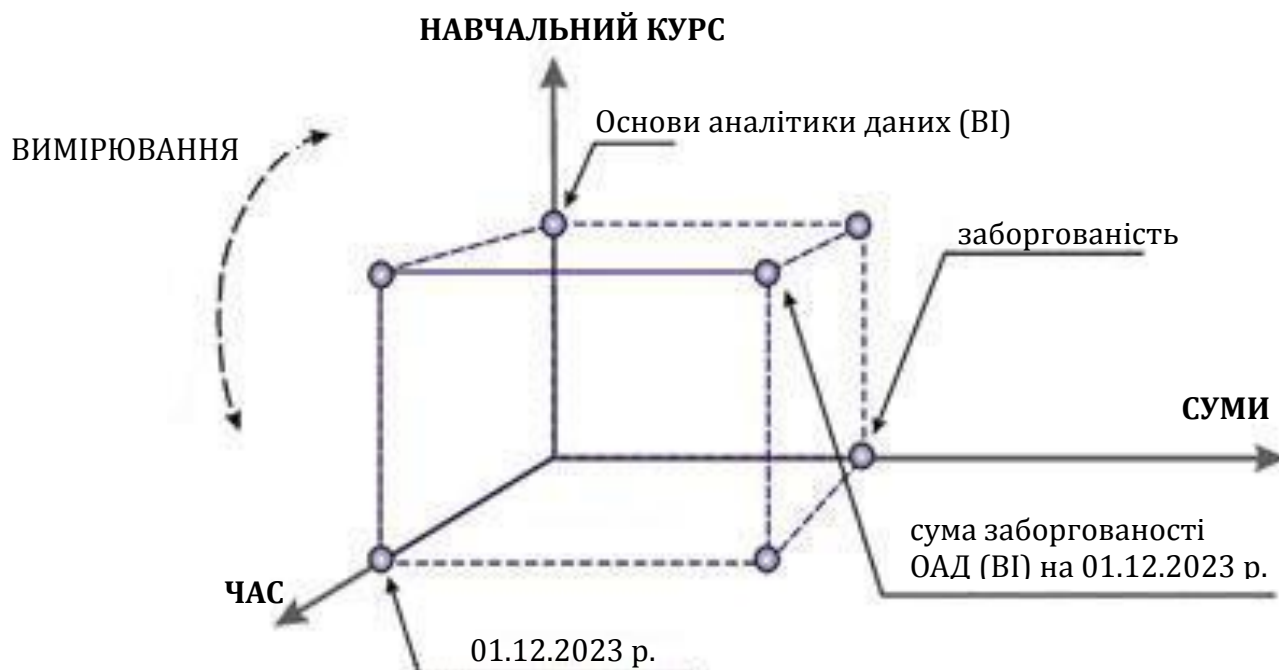


Рисунок 2.4 – Приклад побудови OLAP куба для отримання звітності за сплатою за навчання

Отже, на рис. 2.4 розглянуто побудову найпростішого багатовимірного куба на основі наявних даних. Зробивши певний переріз куба можна отримати досить швидко будь-яку інформацію, що необхідна для проведення аналізу діяльності (загальну заборгованість на певну дату, заборгованість за певним навчальним курсом тощо).

У загальному випадку OLAP-куб буде мати набагато більше граней, для отримання всіх можливих видів звітів, що цікавлять, для підтримки прийняття рішення.

Для видачі сертифікатів курсів треба вести звітність за успішністю слухачів, тому треба розробити куб, наведений на рис. 2.5.

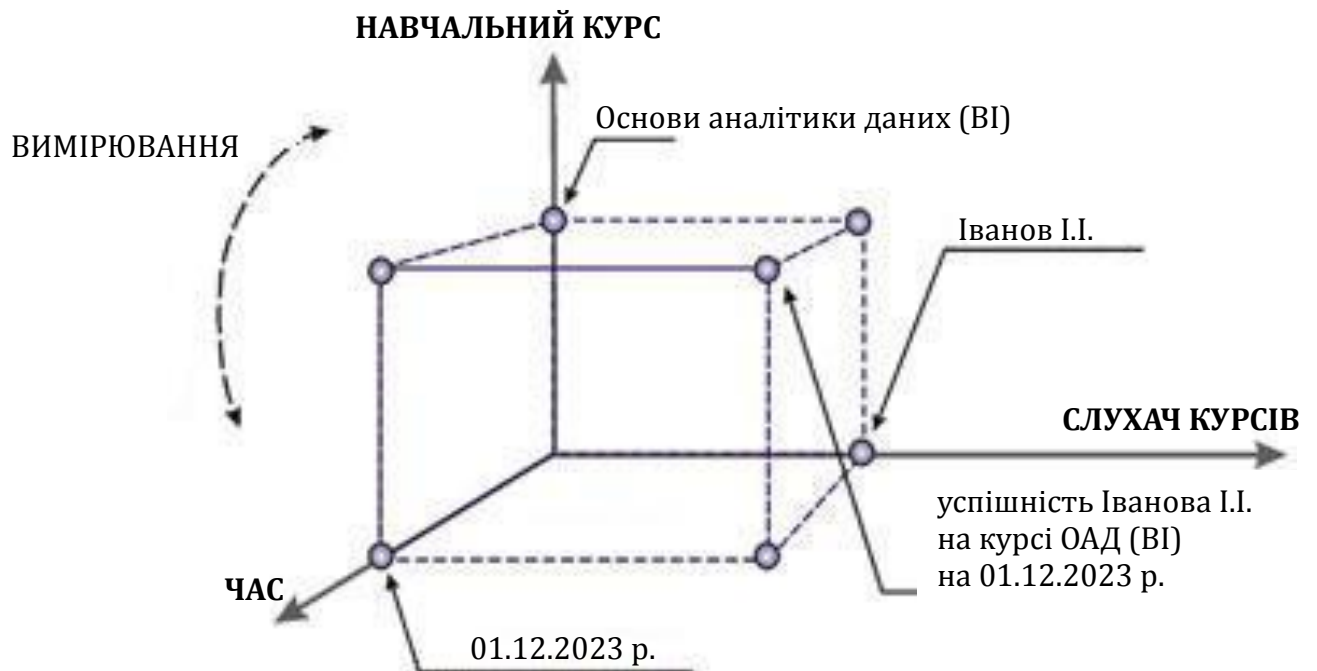


Рисунок 2.5 – Приклад побудови OLAP куба для отримання звітності з успішності навчання на курсах

Оцінку ефективності використання такого методу побудови звітів порівняно із звичайними методами ведення звітності (зображеними на рис. 1.1 розділу 1), представлено в Таблиці 2.1.

Розглянемо випадок створення n – звітів

1. Побудова простих звітів:

$$TSC = TRN + \sum_{i=1}^n TSRW_i + \sum_{i=1}^n TSRC_i - \text{час створення звітів,}$$

$$TSW = \sum_{i=1}^n TSRWv_i - \text{час формування звітів,}$$

$$TS = TSC + TSW - \text{загальний час, витрачений створення звітів.}$$

2. Технологія OLAP – куба

$$TCC = TRN + TCRW + TCRC - \text{час створення звітів,}$$

$$TCW = TSRWv - \text{час формування звітів,}$$

$$TC = TCC + TCW - \text{загальний час, витрачений на створення звітів.}$$

Таблиця 2.1 – Порівняння ефективності ведення звітності

№ етапу	Опис етапу	Час формування простих звітів	Час формування звітів із використанням OLAP – куба
1.	Усвідомлення необхідності безлічі звітів	TRN	
2.	Постановка завдання створення i -го звіту	$TSRW_i$	$TCRW$ $(TCRW \geq TSRW_i,$ причому якщо i більше ніж кілька звітів, то $TCRW << \sum_{i=1}^n TSRW_i$, де n -кількість простих звітів)
3.	Створення програмістом i -го звіту	$TSRC_i$	$TCRC$ $(TCRC \geq TSRC_i,$ причому якщо i більше ніж кілька звітів, то $TCRC << \sum_{i=1}^n TSRC_i$, де n -кількість простих звітів)
4.	Час формування i -го звіту кінцевим користувачем з урахуванням виведення на екран, або у друкованому вигляді	$TSRW_{vi}$	$TCRW_v$ $(TCRW_v \geq TSRW_{vi},$ причому якщо i більше ніж кілька звітів, то $TCRW_v << \sum_{i=1}^n TSRW_{vi}$, де n -кількість простих звітів)

Як видно, час, витрачений на формування звітів з допомогою OLAP – куба, набагато менше, ніж використовуючи метод побудови простих звітів. Тим більше, що час на формування самих звітів з використанням OLAP – куба взагалі не залежить від кількості необхідних звітів, тобто на самому початку формується багатовимірна структура, а потім виводиться необхідний переріз.

Для організації процесу формування звітів з діяльності додаткових курсів

необхідно виконання наступних вимог:

- забезпечення можливості ефективного процесу збору інформації, завантаження, моніторингу, трансформації, агрегування даних;
- забезпечення можливості організації звітності на основі агрегованих даних;
- забезпечення системи захисту інформації.

З метою виконання наведених вимог треба передбачити основні компоненти, а саме: джерело даних, БД, сховище даних, аналітичну структуру даних, засоби агрегування даних, засоби створення звітів на основі агрегованих даних.

Для побудови OLAP-кубу та перевірки коректності роботи обрано середовище Visual Studio. З цією метою в Visual Studio створено проєкт багатовимірних даних та інтелектуального аналізу даних служб Analysis Services, де необхідно створити джерело даних, представлення даних, куб та виміри. Сховище даних (СД) створено на основі раніше розробленої реляційної БД, яка міститься на сервері Microsoft SQL Server.

Представлення СД отримано на основі БД із наступних таблиць: fact_sales, dim_time, dim_teacher, dim_student, dim_course, які утворили модель структури представлення даних у вигляді «зірка» (рис. 2.6). Схема такого типу дає можливість прискорити доступ до даних, оскільки таблиця є максимально денормалізованою з великим обсягом даних і на її основі вигідніше будувати системи аналізу даних.

Наступним кроком для створення куба потрібно обрати метод створення на основі існуючих таблиць, після чого створити порожній куб та сформувані таблиці в джерелі даних. Для цього використано таблиці, які представлені на рисунку 2.6.

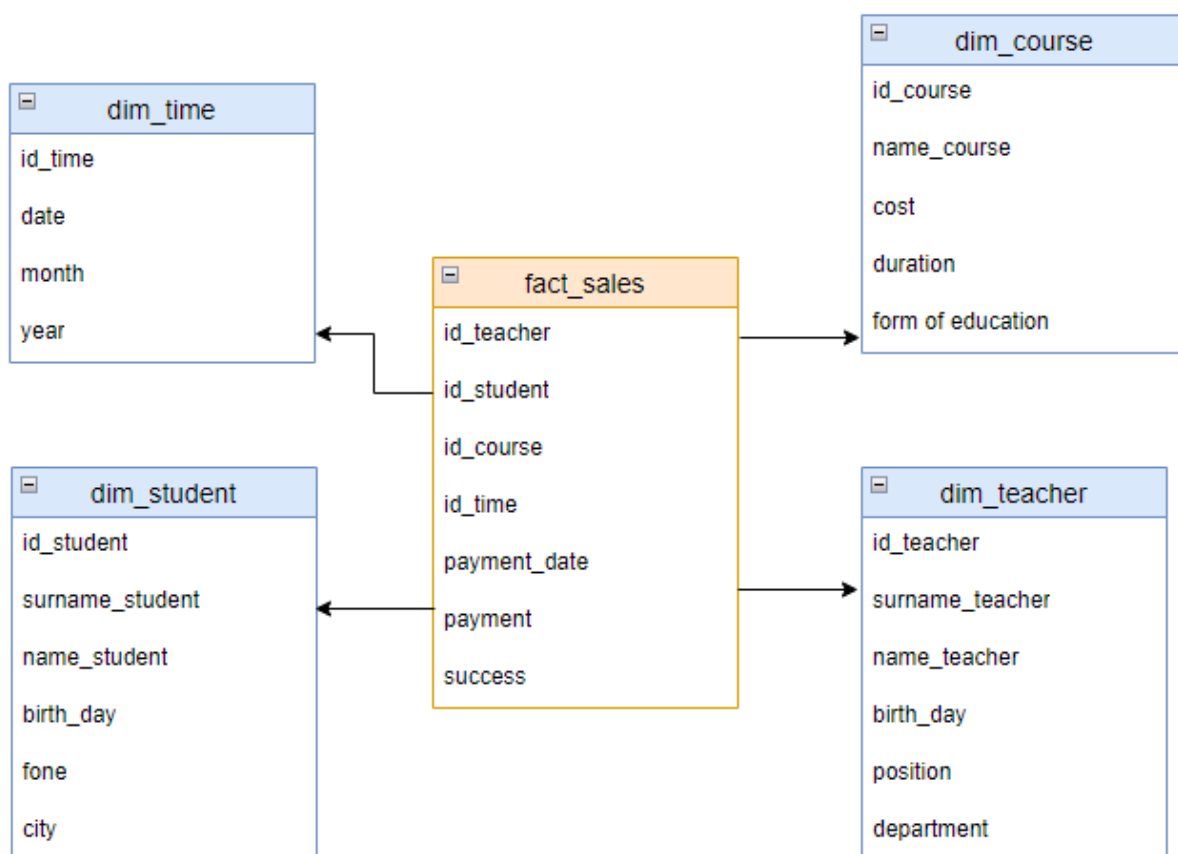


Рисунок 2.6 – Схема «зірка» представлення СД для OLAP-куба

В якості групи мір при створенні OLAP-кубу обрано таблицю fact_sales, яка містить інформацію про курс, студента, який обрав курс, викладача, який читає даний курс, сплату за навчання, дату сплати, та успішність студента на цьому курсі. Визначено наступні міри куба (агрегаційні функції):

- кількість студентів (amount of students) ;
- кількість курсів (number of courses);
- сума сплати за навчання (amount of payment for education);
- середній бал студентів (average score of students).

Для створення кубу також визначено виміри (вісі кубу). Для цього використано таблиці довідників схеми «зірка»:

- довідник слухачів курсу (dim_student);
- довідник курсів (dim_course);
- календар дат (dim_time).

Для реалізації моделі кубу, наведеного на рис. 2.5 треба передбачити такі виміри OLAP-кубу:

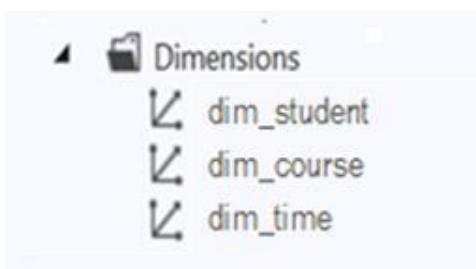


Рисунок 2.7 – Виміри OLAP-куба

Після задання СД, вказання вимірів та мір проведено перевірку коректності створення OLAP-кубу, тобто здійснено успішне розгортання кубу (рис. 2.8).

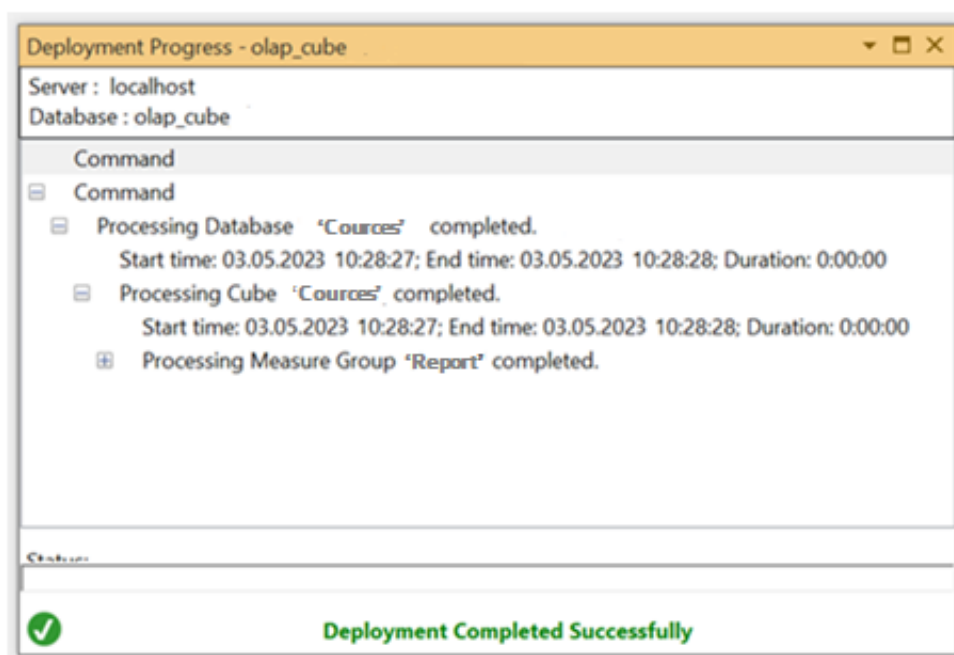


Рисунок 2.8 – Розгортання OLAP-куба в Visual Studio

Розгорнутий OLAP-куб в Visual Studio має правильну структуру, оскільки розгортання кубу здійснено без помилок. На рисунку 2.9 продемонстровано один із створених кубів в Visual Studio.

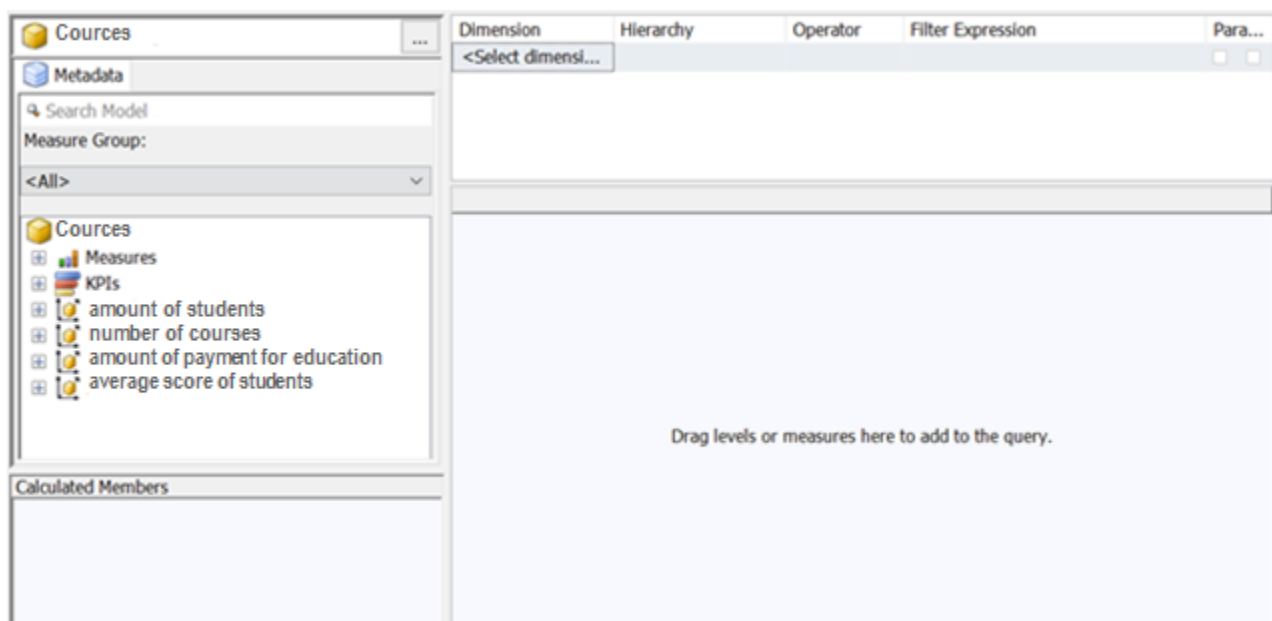


Рисунок 2.9 – Створений OLAP-куб в Microsoft Visual Studio

В створеному кубі основною таблицею є таблиця фактів “fact_sales”, поля якої пов’язані з первинними ключами таблиць-довідників, що є вимірами кубу. Таким чином, для проведення аналізу діяльності додаткових курсів можна аналогічно створити інші куби на основі представленої моделі.

Для подальшої побудови звітності з діяльності курсів здійснено підключення даних OLAP-кубу до середовища Microsoft Power BI, що призначено для створення інтерактивних звітів, дашбордів, різного типу візуалізацій та проведення розрахунків з використанням мови DAX. Для імпорту отриманого кубу потрібно в Power BI обрати конектор «База даних служб аналізу SQL Server Analysis Services» (рис. 2.10). Після цього можна в Power BI будувати потрібні візуалізації, пов’язувати їх між собою, створювати дашборди і надавати відповідні права доступу. На основі побудованої візуалізації можна створювати звіти і робити відповідні висновки щодо діяльності курсів: сплаті за навчання, заборгованості, успішності навчання слухачів з метою видачі сертифікатів.

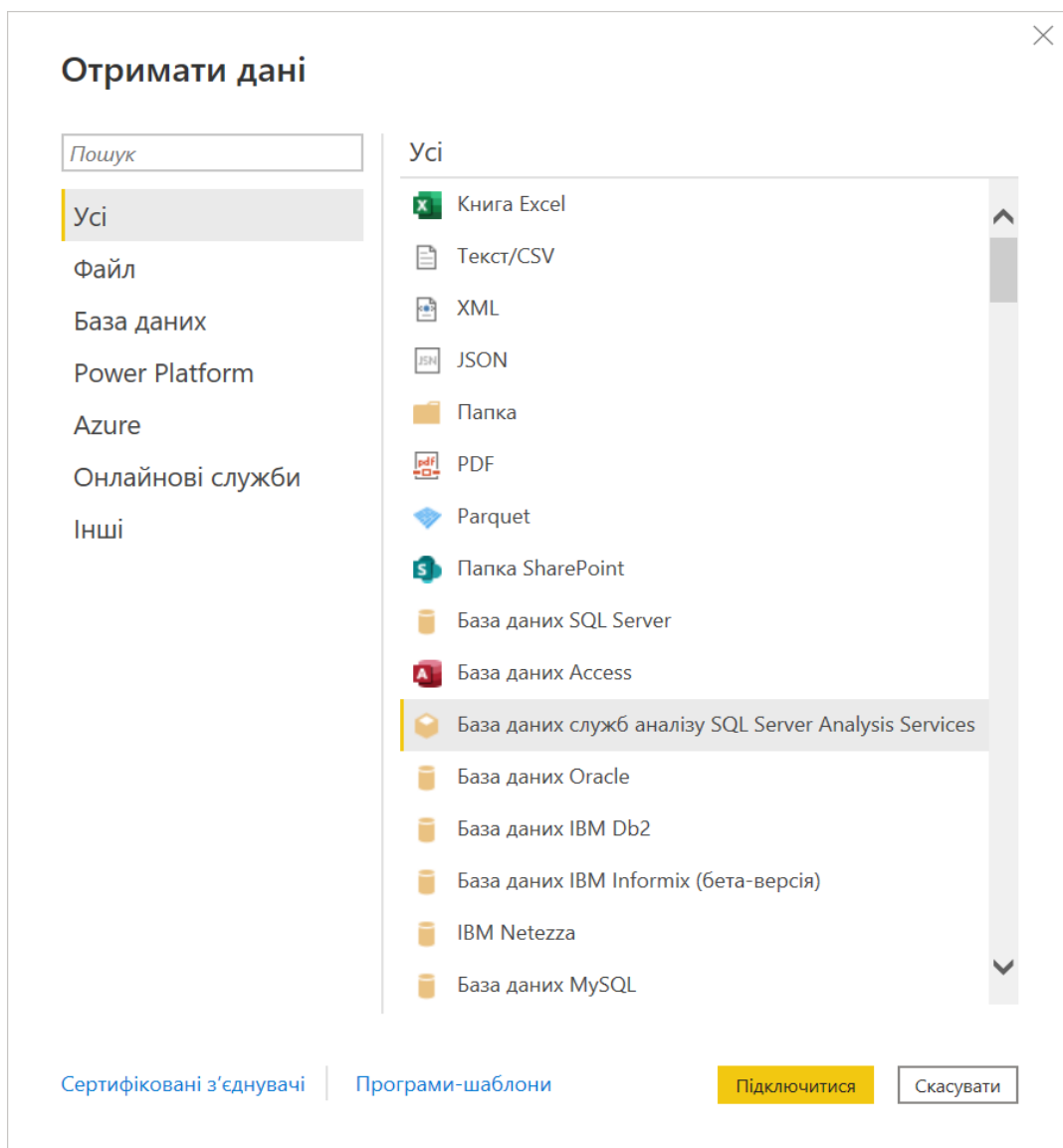


Рисунок 2.10 – Підключення в Power BI до OLAP-кубу

На рис. 2.11 наведено узагальнену схему алгоритму формування звітності у вигляді агрегованих даних.

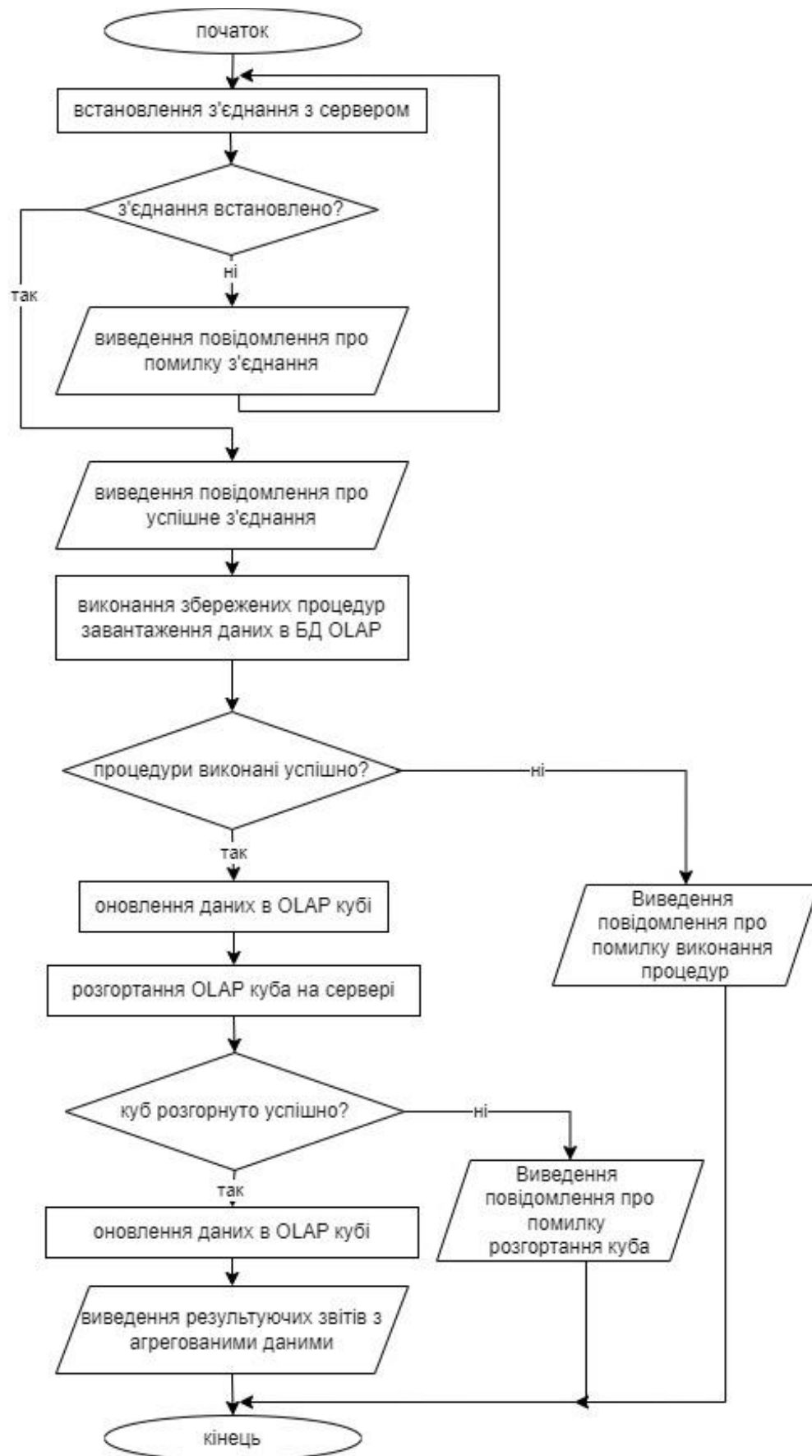


Рисунок 2.11 – Блок-схема алгоритму процесу формування звітності

Для реалізації процесу формування звітності необхідне існування системи введення даних для надійної та швидкої передачі даних від різноманітних джерел даних, тобто місцезнаходження даних, які використовуються для подальшого функціонування систем. Первинним джерелом даних для реалізації поставленої задачі можуть виступати файли різних типів (docx, xlsx, pdf, xml, json, csv тощо), електронні таблиці, веб-сервіси тощо. Інформація може надходити з джерел даних цілодобово, тому треба розробити інформаційну систему (додаток), яка могла би успішно вирішувати такі завдання. Як відомо, для реалізації таких систем використовуються оперативні системи обробки транзакцій, побудовані на основі моделей БД (реляційна, ієрархічна, NoSql та інші).

Для автоматизованої реалізації алгоритму (рис. 2.11), рекомендується (не було визначено задачею дипломної роботи) створення програмної системи. Приклад функціонування такої системи наведено в структурній схемі на рис. 2.12.

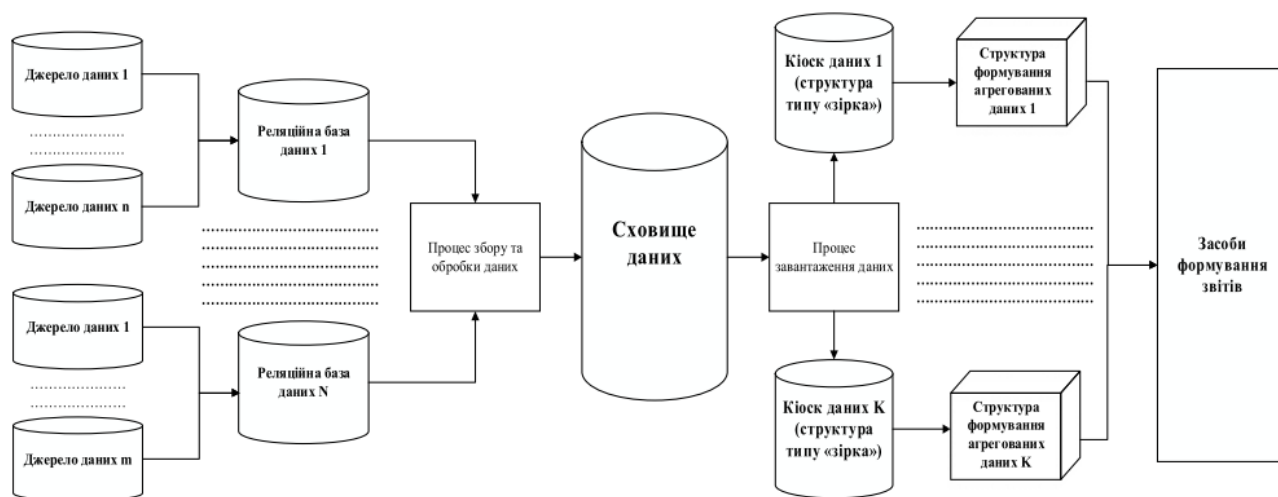


Рисунок 2.12 – Структурна схема автоматизованої системи формування звітності

У такій програмній системі доцільним є використання реляційної моделі даних, оскільки вона є одним із найбільш простих та ефективних засобів

організації збереження даних. Робота з такими даними проводиться цілодобово з використанням коротких транзакцій. Такі системи відносять до класу OLTP систем. OLTP-системи забезпечують ефективне розв'язання задач інформаційно-пошукового запиту. Характерний приклад виконання операції OLTP-системою – це процес зняття грошей з банківського рахунку через банкомат. Важливі особливості OLTP-систем:

- опрацювання коротких транзакцій, що надходять великими потоками;
- велика кількість користувачів;
- постійне виконання операцій читання і запису даних.

За умови коротких транзакцій продуктивність систем БД збільшується. Цей факт пояснюється тим, що для усунення можливих негативних наслідків одночасного доступу до даних транзакції використовують блокування. Якщо виконання транзакцій займає багато часу, кількість блокувань та їх кількість збільшується, тим самим знижується рівень доступності даних для інших транзакцій, таким чином знижується продуктивність системи.

Дані OLTP-систем можуть бути динамічними, тобто постійно змінюватися, що є характерним в прикладних застосуваннях. Усі операції в БД як правило виконуються з невеликим обсягом даних, проте не виключено, що система БД повинна мати доступ до багатьох записів однієї чи декількох таблиць, що зберігаються в БД. OLTP-системи реалізуються за допомогою СУБД, найбільш популярною і гнучкою системою для реалізації OLTP є СУБД Microsoft SQL Server, рекомендована для багатьох прикладних задач. Використання Microsoft SQL Server зумовлено також тим, що ця система надає надійні засоби захисту інформації.

Збирання та завантаження даних із OLTP-систем до сховища даних доцільно здійснювати ETL (extract, transformation, load) засобами. В запропонованій програмній системі передбачається використання ETL-засобу фірми Microsoft за назвою SQL Server Integration Services. ETL-засоби очищують дані та узгоджують їх. Такий автоматизований процес доцільно проводити раз на добу.

У запропонованій програмній системі сховище даних доцільно будувати на основі моделі “сутність – зв’язок”. Тоді сховище буде строго структурованим і це спростить реалізацію ETL-процесу. На основі структури сховища даних треба сформувати так звані кіоски даних типу “зірка”. Це означає, що структурна схема має складатися з однієї таблиці фактів та таблиць вимірів. Таблиця фактів повинна мати числові дані, які можна агрегувати (наприклад: кількість сплачених курсів, сума пільг тощо) та даних, що містять посилання на таблиці вимірів. Таблиці вимірів повинні містити описову інформацію виміру, наприклад, час, інформацію про курс, облікові дані слухачів курсів та інше.

Пропонується виконувати завантаження даних із сховища в кіоск даних за допомогою збережених процедур, написаних мовою SQL. В залежності від того, як часто змінюються дані в таблиці, треба виконувати повне або «інкрементальне» завантаження даних. При повному завантаженні даних – дані повністю видаляються з таблиці кіоску даних за допомогою SQL-інструкції із завантаженням усіх записів, що знаходяться в таблиці сховища даних. Такий процес повного завантаження даних потребує більше часу, коли робота проводиться з великими обсягами інформації, але це простий у реалізації процес. При «інкрементальному» завантаженні даних – дані не видаляються повністю з таблиці кіоску даних, а оновлюються існуючі дані або вставляються нові записи. Такий процес «інкрементального» завантаження даних займає менше часу порівняно з повним завантаженням під час роботи з великими обсягами, але складніший в реалізації.

Таким чином, запропоновано принципи побудови програмної системи формування звітності із діяльності курсів. Програмна система коректно має виконувати збирання, перетворення та завантаження даних у сховище даних, виключає проблеми масштабування та продуктивності, дозволяє забезпечити достатній рівень безпеки даних.

З економічної точки зору застосування багатовимірних баз даних для побудови аналітичної звітності, дозволяє ефективно керувати фінресурсами

підприємства, дозволяють керівнику підприємства, на основі звітів у розрізі різних обмежень, вчасно приймати управлінські рішення, вчасно реагувати на відхилення у фінансових показниках, здійснювати повний контроль за рухом фінансових потоків усередині підприємства та за його межами. Цю методологію побудови звітів можна застосовувати досить широко у всіх напрямках фінансової діяльності, головне правильно підійти до побудови гіперкубу.

Використання багатовимірних баз даних - ключ до поліпшення якості управлінських рішень, їх оперативності та результативності. Технологія багатовимірного аналізу - суттєвий крок підвищення ефективності діяльності організації.

2.4 Моделювання біматричної гри вибору оптимального виду реклами для відкриття додаткових курсів

2.4.1 Змістова модель задачі

На основі проаналізованої інформації про об'єкт дослідження формують змістовну постановку задачі, яка як правило може бути не остаточною, а може конкретизуватись та доповнюватись в процесі розробки моделі [25]. Проте, всі подальші уточнення і зміни змістовної постановки повинні носити частинний, а не принциповий характер, для поточної предметної галузі змістова модель буде мати наступний вигляд.

Треба розробити математичну модель, яка дозволяє описати вибір оптимального виду рекламного просування додаткових курсів на основі багатьох критеріїв.

Модель повинна:

1. Враховувати обмежену кількість типів реклами;
2. Враховувати дві форми навчання на курсах (офлайн та онлайн);

4. Враховувати, що для кожної форми навчання один і той же самий тип реклами може мати різну ефективність;

5. Враховувати задані типи реклами;

Вихідні дані: отримати рекомендований тип реклами для відкриття додаткових курсів на кафедрі.

2.4.2 Концептуальна модель задачі

Наведемо концептуальну модель задачі, тобто абстрактну модель, що виявляє причинно-наслідкові зв'язки, властиві досліджуваному об'єкту [22]. Основне призначення концептуальної моделі - виявлення набору причинно-наслідкових зв'язків, облік яких необхідний для отримання необхідних результатів. Вона представляє загальний погляд на дані. Для вирішення задачі вибору реклами для відкриття додаткових курсів концептуальна модель буде мати наступний вигляд.

Виділимо два типи форми навчання на додаткових курсах (офлайн та онлайн), які охоплюють приблизно по 50% слухачів. Для підвищення кількості слухачів курсів треба запланувати рекламні заходи. Якщо для двох форм навчання цього не зробити, то стан не зміниться. Аналіз ринку показує, що 50% потенційних слухачів курсів здобувають інформацію через таргетовану рекламу, 20% - через контекстну рекламу, останні 30% - через банерну рекламу.

Мета кожного гравця, а саме – форм навчання – обрати оптимальні засоби реклами. Дану задачу можна охарактеризувати як гру двох осіб з нульовою сумою. Для заданих гравців треба знайти оптимальні стратегії.

2.4.3 Математична модель біматричної гри

Математична модель може бути представлена різними способами – це і набір таблиць, і набір графіків, і або система рівнянь і нерівностей. Важливо, щоб при використанні моделі була можливість за відомими значеннями одних змінних отримати значення інших, невідомих змінних. У загальному випадку будь-який з названих уявлень моделі дозволяє це зробити, для поточної предметної галузі розрахунки математичної моделі будуть мати наступний вигляд.

Тож, учасниками гри є дві форми навчання на курсах: офлайн – «А» та онлайн – «В». Для кожного з гравців можна використати три стратегії – таргетована реклами (1), контексна реклами (2) та банерна реклами (3). Якщо два гравці оберуть для реклами однакові засоби інформації, то їх вплив не зміниться. Припустимо, що якщо гравець А обрав як засіб реклами таргетовану (A1), то гравець В може вибрати таргетовану рекламу (B1), контексну рекламу (B2), чи банерну (B3). У результаті такого вибору вплив на ринок для А в першому випадку не зміниться, в другому й третьому відповідно збільшиться на 20% і 30% (за умовою задачі). Якщо гравець А обере за стратегію контексну рекламу (A2), то В може вибрати таргетовану рекламу (B1), контексну рекламу (B2), чи банерну (B3). Тоді в першому випадку гравець А втратить 20% слухачів, у третьому – попит збільшиться на 10%. Аналогічно аналізуємо третю стратегію. Таким чином, отримуємо платіжну матрицю, представлену на рис. 2.13.

		<i>B</i> <i>min</i> в рядках			
<i>A</i> <i>max</i> → у стовпцях		<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>B</i> ₃	
	<i>A</i> ₁	0	20	30	0 ← максмін
	<i>A</i> ₂	-20	0	10	-20
	<i>A</i> ₃	-30	-10	0	-30
		0	20	30	
		↑ мінімакс			

Рисунок 2.13 – Платіжна матриця a_{ij}

Знайдемо нижню та верхню ціни даної гри:

$$\alpha = \max_i \min_j \{a_{ij}\} = \max\{0; -20; -30\} = 0;$$

$$\beta = \min_j \max_i \{a_{ij}\} = \min\{0; 20; 30\} = 0.$$

Оскільки $\alpha = \beta = 0$, то гра має сідлову точку [22]. Тому оптимальними будуть стратегії A_1 для гравця A і B_1 для B .

За результатами моделювання, рекомендованою парою стратегій буде обрати таргетовану рекламу для офлайн та онлайн курсів.

2.5 Використання метрик для оцінки якості навчальних курсів. Модель Кіркпатріка – Філліпса

Впродовж навчання на курсах, так само, як і наприкінці, необхідно проводити опитування. На цих етапах легше виявити причини, з яких частина учнів сходять із дистанції ще до фіналу.

Інтенсивність навчання та швидкість виконання завдань також впливають на загальне враження. Якщо контрольне тестування займає значну частину часу слухачів, це привід змінити рівень складності, або кількість завдань. І в той же час навчання має бути досить динамічним.

Досягнення цілей навчання на курсах – не менш важливий критерій. На цьому рівні оцінюється відсоток слухачів, які досягли поставленої перед ними мети.

Зупинемося на найважливіших метриках. Можна зробити анонімне тестування, щоб учень не відчував сором'язливості, висловлюючи свою думку — і тоді аудиторія слухачів сама підкаже, які моменти вимагають доопрацювання.

Метрики допомагають оцінити ефективність не лише онлайн-курсів, а й корпоративного навчання. І одним із найкращих інструментів для цих цілей вважається модель Кіркпатріка — Філіпса, яка вже стала класикою. Професор Дональд Кіркпатрік вигадав її в далеких 1950-х, запропонувавши чотири рівні аналізу ефективності навчання. Через 40 років Джек Філіпс доповнив її ще одним пунктом. За своєю суттю це п'ять рівнів аналізу та п'ять ключових питань, які допомагають поглянути на якість навчання з різних точок зору:

1. Реакція (Reaction): як ставляться до курсу його слухачі? На цьому рівні оцінюються показники CSI та NPS.

Customer Satisfaction Index (CSI) – це показник задоволеності покупців товарами чи послугами, роботою служб підтримки, рекламними акціями та іншими аспектами взаємодії із продавцем. Пропонується CSI проводити по наступних параметрах:

- ✓ *якість навчальних курсів;*
- ✓ *зручність використання;*
- ✓ *цінова політика;*
- ✓ *якість обслуговування;*
- ✓ *кваліфікація викладачів;*

Рівень задоволеності за кожним параметром CSI опитування визначається за формулою: $CSI \text{ (параметр)} = \text{Важливість} * \text{Оцінка} * 100\%$. Шляхом усереднених значень за кожним параметром знаходимо значення показника CSI.

Net Promoter Score (NPS) – це показник якості обслуговування клієнтів. NPS, система оцінки за допомогою якої вимірюється лояльність клієнта до

компанії, наскільки він може порекомендувати компанію іншим особам. Шкала вимірювання цього показника від -100 до +100 (чим вище, тим краще). Фред Райхельд створив концепцію у роботі «The Ultimate Question», де дослідив, як можна виміряти рівень задоволеності клієнтів та утримання клієнтів, а також, як побачити, з чим це пов'язано. Таким чином, цей показник вказує на рівень зростання компанії.

Для визначення індекса лояльності клієнтів (учнів курсів) можна створити опитувальник і поставити своїм слухачам головне питання: «Наскільки можливо, що ви порекомендуєте курси своїм друзям? Дайте відповідь цифрою за шкалою від 0 до 10». Залежно від відповідей респондентів розділити їх на категорії (рис. 2.14):

0-6 балів – NPS-критики – незадоволені клієнти, вони можуть не тільки піти самі, а й розповісти про свій негативний досвід іншим людям, завдавши шкоди бізнесу. З іншого боку, критики важливі, оскільки допомагають виявити проблеми та слабкі місця.

7-8 балів – пасивні NPS чи нейтралі. Вони можуть стати як прихильниками вашого бізнесу, так і перейти до конкурентів, якщо ті запропонують більш вигідні умови. Стимулюють бажання зробити ще одну чи не одну покупку програми лояльності, наприклад, «третій навчальний курс з 50% знижкою».

9-10 балів – NPS-прихильники чи промоутери – це лояльні клієнти. Вони будуть розповідати про наші курси іншим людям та приведуть нових учнів.

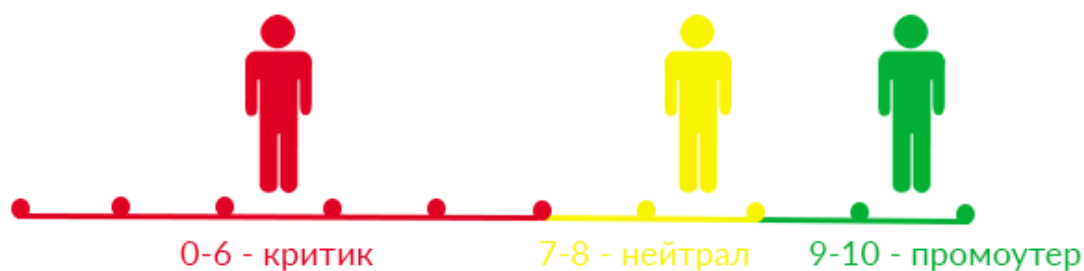


Рисунок 2.14 – NPS –індекс лояльності клієнтів

З метою визначити Net Promoter Score, не враховуючи нейтралів, треба відняти від процентного змісту прихильників відсоток критиків.

$$\text{NPS} = \% \text{ промоутерів} - \% \text{ критиків}$$

Рисунок 2.15 – Формула визначення Net Promoter Score

Для розвитку бізнесу показник NPS має бути вищим за нуль. Це свідчить, що кількість позитивно налаштованих клієнтів перевищує кількість критиків. Наприклад, опитали 100 учнів. Якщо 30% з них виявилися критиками, а 50 % – прихильниками, то наш NPS дорівнюватиме 20 (50 % – 30 % = 20).

Регулярно опитуючи клієнтів та виявляючи їхнє ставлення до курсів, ми визначаємо ризики та шукаємо способи покращення клієнтського досвіду. Тому рекомендується надати клієнтам можливість коментувати та залишати відгуки. Аналізуючи коментарі можна побачити болючі точки клієнтів вчасно прибрати їх, покращуючи клієнтський досвід.

2. Знання та навички (Learning): чи добре учні засвоїли необхідну інформацію? Тут аналізуються COR та результати контрольних завдань.

3. Поведінка (Behavior): чи знадобилися учням набуті навички та знання на практиці? Порівнюються та аналізуються KPI персоналу та рейтинги співробітників.

4. KPI (Key Performance Indicator) – це показник ефективності роботи, спрямованої на вирішення корпоративних завдань. Інакше висловлюючись, ККД співробітника, відділу, організації, курсу тощо.

5. Результат (Results): чи вплинуло навчання співробітників на загальну якість та ефективність роботи, обсяг продажів тощо? Тут аналізується вже KPI відділу чи компанії.

6. ROI (Return on Investment), чи окупність інвестицій у навчання: наскільки виправданим було вкладення в курс? Відсоток окупності обчислюється за такою формулою:

$$ROI = \frac{\text{прибуток} - \text{інвестиції}}{\text{інвестиції}} 100.$$

Звичайно, чим вищий результат, тим краще. Хоча негативний показник ROI — це стандартна історія для молодих компаній. Як правило, їх підводить відсутність попереднього аналізу та бачення загальної картини.

Як сказав Джек Філіпс в одному зі своїх інтерв'ю — інвестуючи в людей, треба заздалегідь розуміти, якою буде віддача. І якщо дорожча програма навчання, то важливіше аналізувати ефективність цих інвестицій. Тому необхідно регулярно проводити переоцінку результатів, відстежуючи динаміку змін та коригуючи напрямки у бік більшої ефективності.

2.6 Висновки до розділу 2

В другому розділі дипломної роботи розроблено модель для розрахунку вартості навчання на додаткових курсах кафедри, враховано можливість оплати навчання частинами або повної суми одразу, а також передбачено пільги для визначеної категорії слухачів.

Для формування звітності з успішності навчання слухачів та контролю заборгованостей запропоновано модель із використанням побудови динамічного OLAP-куба, тобто багатовимірної моделі БД. Продемонстровано алгоритм послідовності дій для отримання агрегованих даних на основі OLAP-куба.

Отримано модель біматричної гри з метою вибору оптимального виду реклами для відкриття додаткових курсів (онлайн чи оффлайн формату).

Для відстеження динаміки змін та коригування напрямків курсів в даному розділі запропоновано використання шести метрик оцінки якості курсів.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розроблено модель для розрахунку вартості навчання на додаткових курсах кафедри, отримано модель визначення пільг для відповідної категорії слухачів при коригуванні вартості навчання, враховано можливість оплати навчання частинами або повної суми одразу, а також досліджено модель для визначення рентабельності курсів та знаходження коефіцієнтів стимулювання викладачів. В залежності від різних факторів, а саме, періода навчання, форми навчання, наявності чи відсутності пільг, відповідним курсом розроблено модель формування рахунків на оплату, на підставі якої може проводитися розрахунок планових надходжень за доходними статтями бюджету кафедри. З метою заохочення оформлення електронних навчально-методичних матеріалів курсів передбачена модель мотивації професорсько-викладацького складу.

Для забезпечення прибутковості від діяльності додаткових курсів треба постійно проводити моніторинг та контроль сплати за навчання. У зв'язку з цим використано модель для формування звітності із застосуванням побудови динамічного OLAP-куба. Надано оцінку ефективності використання такого методу побудови звітів порівняно із звичайними методами.

Для підвищення кількості слухачів курсів змодельовано біматричну гру, за результатами якої рекомендованою парою стратегій отримана таргетована реклама для онлайн та офлайн навчальних курсів на кафедрі.

В роботі запропоновано та наведено шість метрик для оцінювання якості навчальних курсів, за аналізом яких можна відстежувати динаміку змін та коригувати напрямок навчальних додаткових курсів.

Таким чином, згідно з метою дипломної роботи виконано всі поставлені задачі, в результаті вирішення яких досягнуто відповідно соціальний та економічний ефект при відкритті додаткових курсів на кафедрі. Застосування всіх розроблених моделей дозволяє оперативно аналізувати стан виконання контрактних зобов'язань за навчання, приймати управлінські рішення щодо

активізації роботи з боржниками, планувати обсяг грошових надходжень кафедри.

Перелік посилань

1. **Бахрушин, В.Є.** Математичні основи моделювання систем: навч. посібник / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя, 2009. – 224 с.
2. **Боголіб, Т.М.** Роль освіти і науки у постіндустріальному розвитку України: монографія / Т.М. Боголіб. – К.: Корпорація, 2010. – 408 с.
3. **Бородій, І.І.** Принципи побудови програмної системи формування агрегованих даних / І. І. Бородій, Я. С. Парамуд, В. В. Сав'як // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2018. – № 905. – С. 25-32 (<https://doi.org/10.23939/csn2018.905.025>)
4. **Волосова, Н.** До питання визначення вартості освітніх послуг та формування ефективної цінової політики у державних вищих навчальних закладах / Н. Волосова, Н. Стеблюк // Економічний аналіз. – 2011. – вип.8, част. 1. – С. 257-261.
5. Деякі питання запровадження індикативної собівартості: постанова Кабінету Міністрів України від 03 бер. 2020 р. № 191 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npras/deyaki-pitannya-zaprovm030320adzhennyaindikativnoyi-sobivartosti> (дата звернення 12.09.2023).
6. Економіко-математичне моделювання: Навч. посібник / За заг. ред. В. В. Вітлінського. – К.: КНЕУ, 2008. – 536 с.
7. Закон України «Про вищу освіту» № 2145-VIII від 05.09.2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
8. **Іванова, Н.Ю.** Ціноутворення на ринку освітніх послуг [Електронний ресурс] / Н.Ю. Іванова, А.В. Волкотруб. – Режим доступу : http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/3622/Ivanova_Tsinoutvorennia_na_rynku_osvitnikh_posluh.pdf?sequence=3.
9. **Костриченко, В.М.** Методичні особливості формування цін на платні послуги вищих навчальних закладів / В.М. Костриченко,

Ю.В. Красовська // ЕКОНОМІКА І СУСПІЛЬСТВО. – Випуск 13, 2017. – С. 525-530.

10. **Левицька С.** Фінансування діяльності вітчизняних державних вищих навчальних закладів в умовах сталого національного розвитку / С. Левицька, Ю. Харчук // Нова педагогічна думка. – 2013. – № 1. – С. 7-11.

11. **Матвіїв, М.Я.** Методологія та організація маркетингового менеджменту в сфері вищої освіти: [монографія] / М.Я. Матвіїв; – Тернопіль : Економічна думка, 2005. – 560 с.

12. Методичні вказівки до виконання дипломних робіт для студентів усіх форм навчання спеціальності 124 – Системний аналіз / Укл. Денисенко О.І., Терещенко Е.В., Широкоград Д.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». 2020. – 46 с.

13. Міністерство освіти і науки України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://mon.gov.ua/ua> (дата звернення 03.10.2023).

14. **Павленко, П.М.** Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, О. М. Чередніков, В. В. Трейтяк. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.

15. Про затвердження переліку платних послуг, які можуть надаватися навчальними закладами, іншими установами та закладами системи освіти, що належать до державної і комунальної форми власності : Постанова КМУ від 27 серпня 2010 р. № 796 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://static.klasnaocinka.com.ua/uploads/editor/249/61047/sitepage_45/file/postanovi_kabminukmu_796.pdf

16. Про затвердження порядків надання платних послуг державними та комунальними навчальними закладами : Наказ Міністерства освіти і науки України від 23.07.2010 № 736/902/758 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1196-10>.

17. **Рамський, Ю. С.** Використання відкритих онлайн курсів в умовах змішаного навчання майбутніх фахівців з інформаційних технологій / Ю. С.

Рамський, І.А. Твердохліб, О.Б. Ящик, А.Ю. Рамський // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2021. – Том 84, №4. – С. 138-157.

18. **Ромашенко, К.М.** Ціноутворення на освітні послуги в державних вищих навчальних закладах / К.М. Ромашенко, Т.І. Ромашенко // Інвестиції: практика та досвід. – 2014. – № 7. – С. 83-85.

19. **Свелеба, С.** Створення багатовимірного olap-куба послуг готельно-туристичного комплексу прикарпаття / С. Свелеба, І. Катеринчук, І. Куньо, Н. Свелеба, З. Любунь, Я. Шмигельський, В. Сокульський, В. Лозовал, І. Карпа // Електроніка та інформаційні технології. – 2017. – Випуск 7. – С. 72-79.

20. **Семенова, І.Ю.** Математичні моделі МСС: навчальний посібник / І. Ю. Семенова. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2014. – 82 с.

21. **Сугоняк, І. І.** OLAP-технології для моніторингу успішності студентів за умов рейтингової системи оцінювання знань / **І. І. Сугоняк** // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2013. – Том 38, № 6. – С. 245-256.

22. **Рева, В.М.** Теорія ігор в дослідженні конфліктних ситуацій. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст та магістр / В.М. Рева, О.П. Купенко. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 56 с.

23. **Труніна, І. М.** Ціноутворення на ринку вищої освіти України / І.М. Труніна, К.А. Пряхіна, М.С. Андрієнко // Електронне наукове видання «Ефективна економіка». – №10, 2021. – С. 46-57. (DOI: 10.32702/2307-2105-2021.10.11)

24. **Ус, С.А.** Моделювання та реінжиніринг бізнес-процесів: навчальний посібник / С.А. Ус, В.В. Слесарев, Т.В. Хом'як, С.В. Козир; – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. – 180 с.

25. **Шиян, А.А.** Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті. Навчальний посібник // А.А. Шиян. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 164 с.

26. **Штефанич, Д.А.** Особливості ціноутворення на ринку освітніх послуг / Д.А. Штефанич, С.Б. Семенюк // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. – 2008. – Вип. 7. – С. 29–33.
27. **Щедріна, О. І.** Системний аналіз пошуку оптимальних рішень в економічних конфліктах / О. І. Щедріна, І. В. Череди. – К.: Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, 2019. – 243 с.
28. **Юрчишена, Л. В.** Методологічні та практичні аспекти розробки моделі розрахунку повної вартості освітніх послуг / Л. В. Юрчишена // Економіка і організація управління. – № 2 (50) 2023. – С. 130-141. (DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2023.2.12>)
29. Andone, D. Blending MOOCs into Higher Education Courses-A Case Study / D. Andone, V. Mihaescu // Learning With MOOCS (LWMOOCS), 2018. – P. 134 – 136. doi: 10.1109/LWMOOCS.2018.8534606. (in English).
30. **Bralić, A.** Integrating MOOCs in Traditionally Taught Courses: Achieving Learning Outcomes With Blended Learning / A. Bralić, B. Divjak // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2018. – Vol. 15, № 2,. (doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0085-7>) (in English)
31. **Israel, M. J.** Effectiveness of Integrating MOOCs in Traditional Classrooms for Undergraduate Students / M. J. Israel // The International Review of Research in Open and Distributed Learning. – 2015. – Vol. 16, № 5. –. (doi: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v16i5.2222>. (in English).
32. **Owen, G.** Game Theory / G. Owen. – Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2013. – 500 p.
33. **Shah, D.** By The Numbers: MOOCs in 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2020/>. Accessed: 10.12.2023 (in English).

Додаток А. Тези конференції

Моделювання вартості навчання на додаткових курсах університету

Хом'як Тетяна Валеріївна, к.ф.-м.н., доц.

ORCID ID 0000-0002-6177-2827

НТУ «Дніпровська політехніка»

e-mail: khomiak.t.v@ntnu.one

Під час економічної кризи, що була викликана пандемією COVID-19 та пов'язаною з нею обмеженнями, а також війною в Україні, економіка країни зазнала великих змін: збільшився рівень інфляції, суттєво зросла кількість безробітних. У зв'язку з цим виникає необхідність перекваліфікації людей різних професій для пошуку роботи на іншій посаді або спеціальності. Є можливість навчання в ЗВО на очній, заочній та дуальній формі навчання. Альтернативою такого навчання можуть виступати короткострокові навчальні курси фахового вузького профілю, спрямовані на здобуття відповідних навичок. Тому актуальним стає питання пропозицій в створенні різноманітних курсів як від ІТ-компаній, так і від ЗВО.

Ключовим аспектом у сфері освіти в Україні є надання ЗВО автономії, що передбачає самостійність, незалежність та відповідальність у прийнятті рішень, зокрема щодо фінансових питань діяльності. В Україні в структурі бюджетів державних ЗВО спостерігається тенденція до певного зменшення частки бюджетних фінансових ресурсів і зростання позабюджетних коштів. Фактично ЗВО незалежно від форми власності стають помісними суб'єктами ринку освітніх послуг. Тож від раціональної цінової політики сучасного ЗВО залежать важливі питання його існування і подальшого розвитку. Пропонуючи споживачам переважно інтелектуальний продукт та послуги, ЗВО мають вирішити проблему визначення ціни на свій особливий товар. Тому питання економічного обґрунтування ціни на платні послуги ЗВО є актуальним. Процес ціноутворення на освітні послуги відрізняється не тільки від формування цін на товари, а й від розрахунку цін на інші послуги. Саме тому методичні підходи до визначення ціни освітньої послуги мають враховувати її особливості.

В даній роботі з метою отримання прибутку університету розглядається ідея створення додаткових курсів на кафедрі. Після успішного навчання на курсах слухач має можливість отримати сертифікат. Ці курси можуть бути корисними для співробітників компаній, які сприяють підвищенню кваліфікації своїх робітників, а також студентам, які навчаються в університеті і прагнуть набути досвіду з інших галузей. Для ідеї створення курсів пропонується передбачити офлайн і онлайн (дистанційний) формат навчання. Пропонуючи споживачам переважно інтелектуальний продукт та послуги, потрібно вирішити проблему визначення ціни на цей товар.

Як відомо, освітнім продуктом являються і знання, і компетентності, і навички, і досвід, що у процесі навчання передаються учням. Освітня послуга, що є специфічним товаром, має також задовольняти особливим характеристикам. Отримавши освітню послугу, споживач збагачується новими знаннями. Освітні послуги неможливо зрозуміти за допомогою будь-якого каналу сприйняття до моменту придбання. Споживач (покупець освітніх послуг) не має можливості заздалегідь оцінити якість послуги. Якість освітніх послуг залежить тільки від її виробників, а також від часу і місця їх надання. Здійснення такої послуги можливе лише в присутності виробників (викладачів), що її надають. Освітня послуга може бути продана будь-яку кількість разів різним споживачам.

ЗВО надають споживачам, окрім освітніх, цілий спектр різноманітних платних послуг. Тож оптимальний підхід до формування цін на платні послуги ЗВО має враховувати особливості освітніх послуг. За обставин, коли споживачеві складно або немає часу на отримання повної освіти рівня «бакалавр» та «магістр», а також достовірну інформацію про якість освітньої послуги, то ключовим критерієм для прийняття рішення щодо отримання освітньої послуги стає ціна.

В даний момент в Україні існує змішана форма фінансування освіти, при якій

фінансування здійснюється частково з державного та місцевих бюджетів, а частково – за рахунок фізичних та юридичних осіб. Освітня послуга стала товаром, який має свою ціну. Тому, ціна освітньої послуги – це ринкова ціна, яка залежить від попиту та пропозиції.

Проблемою ціноутворення освітніх послуг займаються наступні науковці: Т.М. Боголіб, І.С. Каленюк, С.Ю. Кучеренко, В.М. Костриченко [1], Ю.В.Красовська, Т.Є. Оболенська, В.М. Огаренко, А.П. Панкрухін, І. М. Труніна, К.А. Пряхіна, М.С. Андрієнко [2], Л.І. Цимбал, В.Д. Чухломін, Д.А. Шевченко, Д.А. Штефаніч, Л. В. Юрчишена [4] та інші. Проте, ще подальшого дослідження потребують деякі моменти ціноутворення на платні послуги ЗВО та методики обґрунтування на ці послуги.

Використовуючи методи математичного моделювання [3] наведемо модель розрахунку вартості навчання на додаткових курсах університету. Нехай система навчання включає N додаткових курсів; множина $X = (x_1, \dots, x_N)$ – множина студентів, які навчаються на додаткових курсах (онлайн або офлайн), відповідно x_i – кількість студентів на i -му курсі.

Тоді $\sum_{i=1}^N x_i$ – сумарна кількість учнів. Але це не означає, що стільки учнів буде навчатися,

оскільки одна і та сама людина може навчатися на кількох курсах.

Якщо підійти до питання вартості навчання з простого погляду, тобто $P = (p_1, \dots, p_N)$, де p_i – вартість навчання на i -му курсі, тоді сумарний прибуток від усіх курсів складе

$D = X \cdot P = \sum_{i=1}^N x_i p_i$. Але в даному випадку не враховано низку фактів, які можуть вплинути

на ціноутворення вартості навчання на i -му курсі.

Розглянемо, як відбувається процес ціноутворення на i -му курсі, тобто p_i . Нехай $M_i = (m_{i1}, \dots, m_{iK})$, де $m_{ij} \in \{0;1\}$ – матриця наявності матеріалу для i -го курсу, K – максимальна кількість серед усіх матеріалів, для всіх курсів. А $PM_i = (pm_{i1}, \dots, pm_{iK})$, де pm_{ij} – вартість j -го матеріалу для i -го курсу. Таким чином, вартість всіх матеріалів для навчання на j -му курсі складає

$$PY_j = \sum_{j=1}^K m_{ij} \cdot pm_{ij}. \quad (1)$$

Вартість pm_{ij} – це не абстрактна вартість матеріалу, вона визначається наступним чином

$$pm_{ij} = pw_{ij} + pa_{ij} + ph_{ij}, \quad (2)$$

де pw_{ij} – витрати на розробку матеріалів курсу, методичної літератури іншої допоміжної літератури; pa_{ij} – сума авторського гонорару, яку одержують автор або група авторів; ph_{ij} – витрати на обслуговування комп'ютерного та мережевого обладнання, заробітна плата персоналу технічного забезпечення, оплата мережевого трафіку при роботі з даним матеріалом.

Таким чином, з урахуванням формул (1) та (2) вартість матеріалів на i -му курсі складає

$$PY_i = \sum_{j=1}^K m_{ij} pm_{ij} = \sum_{j=1}^K m_{ij} (pw_{ij} + pa_{ij} + ph_{ij}). \quad (3)$$

На основі виразу (3) отримаємо відповідно вартість усіх матеріалів для всіх курсів:

$$SPM = \sum_{i=1}^N PY_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K m_{ij} pm_{ij} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K m_{ij} (pw_{ij} + pa_{ij} + ph_{ij}). \quad (4)$$

При навчанні студент (слухач курсів) використовує не тільки літературу, методичні розробки, матеріали курсів, але також отримує і консультації викладачів. З урахуванням цього факту вартість його навчання становитиме $SP_i = PY_i + pt_i$, де pt_i – оплата праці викладача з надання консультативних заходів для учня на i -му курсі. Значення pt_i – сума, що не залежить від кількості студентів, в даній ситуації виходить оплата праці погодинна, отже її можна розрахувати наступним чином $pt_i = PT_i \cdot CT_i$, де PT_i – сума оплати за 1 годину; CT_i – кількість годин у курсі.

У випадку, коли оплата праці викладача не погодинна, а договірна, то отримуємо вартість навчання студента на i -му курсі $SP_i = PY_i + pt_i E_i$, де E_i – коефіцієнт трудовитрат викладача. Легко помітити, що при $E_i = 1$ з моделі вартості навчання при договірній роботі викладача отримуємо модель оплати при погодинній оплаті праці. Тому в подальшому розгляді використовуватимемо модель розрахунку вартості при договірній оплаті.

Таким чином, отримуємо загальну вартість навчання на всіх курсах

$$D = \sum_{i=1}^N SP_i \cdot x_i = \sum_{i=1}^N (PY_i + pt_i E_i) x_i. \quad (5)$$

Під час підготовки курсів кафедра передбачає отримати планову суму надходжень PD . Для розрахунку необхідно знати плановий набір $X = (x_1, \dots, x_N)$. Але оскільки плановий набір величина постійна, тобто $X^t = (X_1^t, \dots, X_N^t)$, відповідно $PD^t = (PD_1^t, \dots, PD_N^t)$, де pd_i^t – планова сума надходжень i -го курсу в t -ому періоді. Тоді сума навчання на i -му курсі в t -ому періоді дорівнюватиме

$$SP_i^t = PY_i^t + pt_i^t E_i^t = \sum_{j=1}^K m_{ij}^t (pw_{ij}^t + pa_{ij}^t + ph_{ij}^t) + PT_i^t \cdot CT_i^t \cdot E_i^t, \quad (6)$$

а відповідно планова сума надходжень

$$PD^t = \sum_{i=1}^N SP_i^t \cdot x_i^t = \sum_{i=1}^N (PY_i^t + pt_i^t E_i^t) x_i^t = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^K m_{ij}^t (pw_{ij}^t + pa_{ij}^t + ph_{ij}^t) + PT_i^t \cdot CT_i^t \cdot E_i^t \right) x_i^t. \quad (7)$$

Таким чином, формула (6) виражає модель визначення базової вартості навчання на i -му курсі у t -ому періоді, тобто його собівартість, а формула (7) – модель визначення планових надходжень у t -ому періоді.

Література:

1. Костриченко В.М., Красовська Ю.В. (2017). Методичні особливості формування цін на платні послуги вищих навчальних закладів. Економіка і суспільство, 13, 525-530.
2. Труніна І. М., Пряхіна К.А., Андрієнко М.С. (2021). Ціноутворення на ринку вищої освіти України. Електронне наукове видання «Ефективна економіка», №10, 46-57. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.10.11>
3. Ус С.А., Слесарев В.В., Хом'як Т.В., Козир С.В. (2020). Моделювання та реінжиніринг бізнес-процесів: Навчальний посібник. НТУ «Дніпровська політехніка». <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/160245>
4. Юрчишена Л. В. (2023). Методологічні та практичні аспекти розробки моделі розрахунку повної вартості освітніх послуг. Економіка і організація управління, № 2 (50), 130-141. <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2023.2.12>