

УПРАВЛІННЯ В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS

DOI: 10.20998/2079-0023.2023.01.05

УДК 004:[004.415:004.77](477.87)

Н. Е. КУНАНЕЦЬ, доктор наук із соціальних комунікацій, кандидат історичних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем та мереж, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: nek.lviv@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

П. П. ФЕДОРКА, аспірант, асистент кафедри програмного забезпечення систем, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна, e-mail: pavlo.fedorka@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9242-5588>

В. І. КУТ, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інформатики та фізико-математичних дисциплін, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна, e-mail: vasilij.kut@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5267-331X>

ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ «РОЗУМНОГО РЕГІОНУ» З МЕТОЮ ОБРАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ РЕАЛІЗАЦІЙ ПРИ СТВОРЕННІ ЗАСТОСУНКІВ

Проведено аналіз можливості втілення найперспективніших методологій, що спрямовані на створення інфраструктури «розумного» регіону. Детальне опрацювання релевантних досліджень наукових розвідок дозволяє виділити кращі напрацювання. Багато дослідників зосереджуються тільки на теоретичному аспекті питання. Автори статті проаналізували засади створення інформаційно-технологічної платформи, що покликана полегшити процес взаємодії мешканця регіону з оточуючою інфраструктурою. Формування «розумного регіону» покликане забезпечити активну комунікацію представників різних сфер агломерації, тобто органів місцевого управління та різних галузей функціонування регіону. Саме кооперація цих важливих ланок життєзабезпечення конгломерації населених пунктів, дозволяє розвивати стратегію націлену на покращення умов проживання та ефективного використання ресурсів. На сьогодні, вже є ряд успішних прикладів, щодо формування певного базису і закладки успішних підвалин для розвитку «розумних регіонів». Саме аналіз кращих методик з метою стає основою аплікації на реалізацію концепції «Розумний регіон Закарпаття» та розроблення власної новаторської інформаційно-технологічної платформи для впровадження технологій «розумного» середовища. Саме через розроблення якісної інформаційно-технологічної платформи здійснюється управління розумним регіоном, щоб покращити якість послуг, що пропонуються громадянам, і зробити усі процеси управління більш ефективними. Для віднайдення найкращого шляху проектування та забезпечення вимог громади розробляється рекомендаційна система обрання інформаційних технологій та їх реалізацій, і як результат вихідними даними, що маємо отримати збалансовану, оптимальну модель застосунку для інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття».

Ключові слова: інфраструктура, рекомендаційна система, інформаційно-технологічна платформа, веб-застосунок, дані, розумне місто, розумний регіон, алгоритм.

Вступ. У сучасному суспільстві для формування розумного регіону генерується набір технологічних інструментів і рішень, спрямованих на забезпечення комфортного проживання його мешканців, якості їх життя, ефективної комунікації, розвитку інфраструктури, транспорту, економіки, науки, технології тощо. Розумні ініціативи спрямовані на покращення систем і структур регіону. Важливим напрямом формування розумного регіону є створення системно виваженої інформаційно-технологічної платформи, що сприятиме покращенню інтеграції всіх учасників та їх взаємодії в багатьох сферах. Розумний регіон розглядається як екосистема і фокусується на забезпеченні соціальних благ, економічного зростання та створенні нових можливостей, ґрунтуючись на використанні інформаційних технологій, оскільки саме вони можуть забезпечити надійними рішеннями, які приносять користь

громадянам. Інформаційно-технологічна платформа (ІТ-платформа) – це зручне середовище для створення, розгортання та управління різноманітними програмними застосунками, яке об'єднує у собі апаратне забезпечення, операційну систему та різні компоненти програмного забезпечення.

ІТ-платформи можуть включати в себе різноманітні технології, такі як віртуалізація, облікові записи користувачів, безпеку даних, аналітику даних, розподілений доступ до даних, управління процесами у різних галузях діяльності розумного регіону. Вони можуть бути розроблені для підтримки певних видів програмного забезпечення, наприклад, веб-застосунків, мобільних застосунків або інформаційних систем.

Саме з допомогою інформаційно-технологічної платформи здійснюватиметься управління «Розумним регіоном Закарпаття», щоб покращити якість послуг,

© Кунанець Н. Е., Федорка П. П., Кут В. І., 2023



Дослідницька стаття: Цю статтю опубліковано видавництвом *НТУ «ХПІ»* у збірнику «Вісник Національного технічного університету "ХПІ" Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології». Ця стаття поширюється за міжнародною ліцензією [Creative Commons Attribution \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). **Конфлікт інтересів:** Автор/и заявив/или про відсутність конфлікту.



що пропонуються громадянам, і зробити усі процеси управління більш ефективними.

Мета даної статті – проаналізувати особливості створення рекомендаційної системи вибору інформаційних технологій та їх реалізацій з метою розроблення застосунку для інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття».

Аналіз останніх досліджень. Корінна Моранді, Андреа Роландо, Стефано Ді Віта презентують результати дослідження взаємозв'язку між інформаційними та комунікаційними технологіями і просторовим плануванням, розвиваючи концепцію «розумності міста» до регіонального виміру. Автори дослідили використання інформаційних та комунікаційних технологій для представлення, просування, управління та поширення інтегрованої системи послуг у розумному місті; просторовий вплив цифрових послуг на розвиток у різних масштабах (регіональний, міський, місцевий) [1].

Г. Влодова, Й. Кнілінг відзначають, що у Нижній Саксонії застосовують новий підхід до управління з метою підвищення ефективності розвитку та впровадження інновацій під назвою «розумний регіон». Автори аналізують фактори, що сприяють успішності таких проєктів, а також проблеми, що виникають в процесі їх реалізації, досліджують роль співпраці у визначенні інноваційних пріоритетів та налагодженні інноваційних процесів. У статті відзначаються мережі, кластери та платформи як важливі формати співпраці для передачі знань та просування інновацій. Автори відзначають, що процес стратегічного планування «знизу вгору» у «розумному регіоні» підтриманий при визначенні пріоритетних напрямків економічного розвитку та технологічної спеціалізації в регіоні Гамбург, що у Південній Ельбі.

Автори наголошують на доцільності формування регіональних проєктів. В регіоні Гамбург розроблений Генеральний план реалізації інноваційних проєктів, що враховує стратегічні пріоритети спеціалізації регіону. Формування «розумного регіону» покликане забезпечувати активну комунікацію представників органів місцевого управління, економічної галузі та наукових кіл.

Автори стверджують, що пов'язані з інформаційними та комунікаційними технологіями інновації сприяють формуванню розумного регіону, у якому активно розвиваються університети, великі компанії, організації і тематичні кластери. Результати проведеного дослідження підтверджують, що співпраця з інноваційними суб'єктами, розташованими поблизу столичних міст Гамбурга, Бремена та Ганновера сприяє стимулюванню інновацій у регіоні Гамбург.

Автори відзначають, що інноваційні підходи до управління «розумними регіонами» сприяють сталому регіональному розвитку та територіальній єдності, такий підхід забезпечує часткове вирішення місцевих економічних, соціальних чи екологічних проблем [2].

Фабріціо Арнеодо; Роберта Кастеллі; Данило Ботта аналізують досвід регіону П'ємонт, в якому проведено реорганізацію парадигми «розумного міста» на концепцію «розумного регіону». Різні проєкти та технології, задіяні в цій перспективній зміні, описані

через генезис єдиного регіонального центру обслуговування, втілення підходу мобільності як послуги. Розумний регіон є не лише початковою точкою, але й відправною точкою нових змін [3].

Концепт «інформаційно-технологічна платформа». Для створення комфортного комунікативного середовища «розумного регіону» доцільно розробляти інформаційно-технологічну платформу, що поєднуватиме різні програмні застосунки, інформаційні технології та відкриті інформаційні ресурси.

«Розумний регіон» за аналогією «розумного міста» можемо визначити як відкриту, складну та адаптовану систему, що ґрунтується на комп'ютерній мережі, інформаційно-технологічній платформі та інформаційних ресурсах, які сприяють створенню віртуального цифрового середовища регіону.

ІТ-платформи дозволяють створювати, тестувати, впроваджувати та керувати програмними застосунками в зручний спосіб, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат на розробку та експлуатацію програмного забезпечення. Також вони можуть допомогти забезпечити стандартизацію технологій, що дозволяє зменшити складність та збільшити ефективність розроблення програмного забезпечення.

Інформаційно-комунікаційна платформа формується із окремих програмних застосунків, інформаційних технологій та інформаційних ресурсів. Таким чином концепт «інформаційно-технологічна платформа», тісно пов'язаний з інформаційними технологіями, хоча охоплює множину компонентів. Такі платформи набувають все більшого інноваційного значення та використовуються в багатьох сферах функціонування регіону. Разом з тим цей концепт не отримав чіткого визначення, а ґрунтується на загальному розумінні, ним послуговуються у наукових публікаціях різних галузей знань.

Р. Фішман відзначає, що в процесі розвитку інформаційних технологій концепт «інформаційно-технологічна платформа» все частіше розглядається як технологічний тренд, який забезпечує основу для розгортання значної кількості застосунків та бізнес-процесів [4]. Низка дослідників імплементувала цей концепт у ряд академічних дисциплін. Дослідники Масачусетського університету Т. Eisenmann та ін. [5] вважають платформу засобом, що дозволяє об'єднати функціональні можливості розробленого застосунку із цільовою метою застосунків, представлених в множині застосунків, що розташовані на платформі, яка забезпечує спільне їх використання. Такий підхід сприяє економії часу та обсягу хмарних сховищ.

Дослідники розглядають підходи до розгортання платформ, серед яких сформулювали стратегію, яку назвали охопленням платформи. Її суть полягає в тому, що у випадку, коли у провайдерів платформ, які обслуговують різні сегменти, іноді збігаються бази користувачів, що потребують подібних компонентів, доцільно застосовувати технологію консолідації, об'єднавши функціональність своєї власної платформи з цільовою, щоб забезпечити спільні потреби користувачів у загальних компонентах [6].

М. Кусумано [7] вважає, що технологічна платформа для екосистеми – це набір спільних основних технологій і технологічних стандартів, що лежать в основі організаційної сфери і підтримують спільне створення цінностей через спеціалізацію та додаткові пропозиції. На думку дослідника – це найширокомасштабніший і неоднорідний потік, який спирається на різноманітні теоретичні точки зору, включаючи промислове співтовариство, економічні ефекти та ресурси [8].

Л. Томас, Е. Давід, М. Ганн [9] вважають, що технологічні платформи – це не стільки продукти, скільки процеси чи послуги, які сприяють зростанню продуктивності економіки. Дослідники трактують концепт платформа як сукупність продуктів, процесів і послуг.

Р. Мангемантин трактують концепт «технологічна платформа» як продукт кумулятивних інвестицій у науково-дослідні розробки, які створюють сімейства технологічних варіантів [10]. Такий підхід перегукується з трактуванням Т. Куна [11], а також Б. Кіма, який вважає, що набір основних технологій дозволяє впроваджувати та стимулювати інновації [12]. Б. Кім вважає, що при формуванні технологічної платформи використовується декілька поколінь технологій. На думку дослідника, велика кількість продуктів і послуг може бути отримано з кожного покоління технологій, які проходять життєвий цикл і з часом будуть замінені наступним поколінням. Як старі, так і нові технології, на думку авторів, доцільно розташовувати на одній технологічній платформі [12]. Дослідники аналізують, як керувати переходом поколінь технологій з точки зору макrorівня, розробляючи аналітичні моделі та тестуючи їх за допомогою інформаційного моделювання. Результати показують, як ключові визначальні фактори взаємодіють один з одним, зокрема, який оптимальний час переходу між поколіннями технологій, як його можна визначити, оцінюють вартість переходу від одного покоління до іншого та користь, яку економіка отримує від використання технологічної платформи.

С. Велврайгт, К. Кларк та ін. [13] вважали проєкти платформи орієнтованими на потреби основної групи клієнтів, призначеними для легкої модифікації шляхом додавання, заміни та видалення функцій. Таке визначення концепту не пояснює, як відбувається модифікація продуктів, а концепцію платформи було застосовано до різних типів модифікацій.

Т. Сімпсон, Ю. Маєр, Ф. Містре [14] розподілили концепт «технологічна платформа» на декілька типів:

До першого типу віднесено визначення Т. Сімпсон, Ю. Маєр, Ф. Містре, яке переконує, що одним із типів є масштабована продуктова платформа, яка має компоненти, які мають однакову функцію, але з різними можливостями [15].

Другий тип – це визначення технологічної платформи як платформи продуктів, і розглядає життєвий цикл продукту як основу для швидкого розвитку наступного покоління продуктів, що базується на відмінності між життєвим циклом платформи продукту,

життєвим циклом дизайну продукту та життєвим циклом варіанту продукту Г. Вольфмана та А. Албласа [16].

Третім, типом трактування платформ М. Маєром та Ю. Унтербаком є розгляд їх як модульних платформ, де варіанти продуктів в середині сімейства продуктів створюються шляхом заміни модулів [17].

Розроблення рекомендаційної системи. Одним із елементів інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон Закарпаття» є програмний застосунок – рекомендаційна система, яка допомагає обирати ефективні інформаційні технології, їх реалізації для створення інформаційних систем та застосунків з врахуванням функціональних завдань, які з їх допомогою вирішуватимуться. Дані щодо вимог до майбутнього програмного застосунку вносяться як вхідні дані для рекомендаційної системи. Далі проводиться їх аналіз і на його основі генеруються рекомендації щодо обрання інформаційних технологій, а в межах кожного класу інформаційних технологій кращі реалізації, для розроблення програмного продукту. Для визначення доцільного використання тієї чи іншої інформаційно-технологічної реалізації при розробленні застосунку у рекомендаційній системі використовується метод аналізу ієрархій. Результати видаються у формі таблиць (табл. 2 та табл. 3) із подальшою візуалізацією у вигляді діаграм (рис. 3 та рис. 4).

Метод аналізу ієрархій розроблений Томасом Л. Сааті [18] і від тоді вдосконалювався. Метод аналізу ієрархій передбачає виділення трьох складових: кінцевої мети або проблеми, яку необхідно вирішити, можливі рішення, які називаються альтернативами, і критерії, за якими відбуватиметься оцінювання альтернатив. Метод забезпечує раціональну структуру для прийняття рішення шляхом кількісного визначення критеріїв та альтернативних варіантів.

Експерти порівнюють важливість критеріїв шляхом попарного порівняння. Оцінювання може бути вербальним, яке згодом перетворюється в вагові коефіцієнти, які можна порівнювати. Ця кількісна оцінювання відрізняє метод аналізу ієрархій від інших методів, які дозволяють генерувати рекомендації для прийняття рішень.

На останньому етапі процесу обчислюються числові пріоритети для кожного з альтернативних варіантів.

Користувачами рекомендаційної системи переважно будуть 5 акторів:

- власник продукту;
- проєктний менеджер;
- інженер із забезпечення якості;
- DevOps-інженер;
- розробник.

Робота рекомендаційної системи відбувається за наступним алгоритмом:

Крок 1. Реєстрація користувачів, яка дозволяє користувачам створювати облікові записи з унікальними ідентифікаторами та паролями для авторизації.

Крок 2. Авторизація та автентифікація користувачів, які дозволяють користувачам авторизуватися на

сайті та проводити автентифікацію з використанням засобів, таких як токени, сесійні ключі тощо.

Крок 3. Внесення даних про сформовані замовником вимоги до застосунку.

Крок 4. Підбір інформаційної технології для розроблення застосунку.

Крок 5. Підбір реалізацій обраної інформаційної технології.

Крок 5. Проведення експертного оцінювання на основі аналізу коментарів на офіційних сайтах розробників застосунків.

Крок 6. Генерування рекомендацій з використанням методу аналізу ієрархій.

Крок 7. Візуалізація результатів.

Розглянемо генерування рекомендацій системою на прикладі реалізацій класу хмарних технологій. Переваги кожної реалізації оцінюються за різними критеріями.

Досягнення мети полягає у виборі однієї з альтернатив на основі множини сформульованих критеріїв. Вибір альтернативи виконується обчисленням елементів вектора пріоритетів, які поставлено у відповідність кожній альтернативі. Альтернатива з найбільшим значенням такого елемента вважається прийнятим рішенням.

При проведенні попарних порівнянь реалізацій хмарних технологій визначається, який із двох порівнюваних об'єктів важливіший. Міра переваги об'єкта A_i над об'єктом A_j виражається елементом матриці a_{ij} . Матриця парних порівнянь A має властивість зворотної симетрії і виконується умова:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Використанню методу аналізу ієрархій передують експертне оцінювання реалізацій за низкою критеріїв. Для порівняння обраної реалізації хмарних технологій AWS, Azure, Google.

Реалізація Amazon Web Services (AWS) є провідним провайдером хмарних технологій. AWS пропонує широкий спектр послуг, включаючи обчислювальні, мережеві, зберігання даних, бази даних, інструменти аналітики, штучний інтелект, машинне навчання та інші.

AWS має безліч переваг, включаючи високу доступність, масштабованість та безпеку. Клієнти можуть використовувати різні послуги AWS, щоб забезпечити виконання своїх бізнес-потреб, знизити витрати та покращити ефективність.

AWS також пропонує безліч інструментів управління та моніторингу, таких як Amazon CloudWatch, AWS Management Console та AWS Command Line Interface (CLI), які дозволяють користувачам з легкістю контролювати та відлагоджувати свої хмарні сервіси.

Загалом, AWS є досить потужним та розширеним інструментом, який може допомогти підприємствам будь-якого розміру збільшувати свою продуктивність та знижувати витрати.

Реалізація Azure – це набір послуг, що надаються Microsoft Azure для забезпечення хмарних обчислень. Azure є однією з провідних платформ хмарних обчислень, яка пропонує різноманітні сервіси:

Віртуальні машини: Це можливість запускати віртуальні машини в хмарі, де можна налаштувати різноманітні операційні системи та програмні засоби, які потрібні для запуску застосунків.

Azure App Service: Це можливість розгортання та керування веб-застосунками на Azure, що дозволяє зосередитися на розробці програми, а не на керуванні інфраструктурою.

Azure SQL Database: Це послуга, яка дозволяє створювати та керувати базами даних в Azure.

Azure Cosmos DB: Це глобально розподілена база даних, яка дозволяє швидкий доступ до даних в будь-якому місці світу.

Azure Storage: Це набір послуг для зберігання даних в хмарі, включаючи блок-зберігання, файлове зберігання та інші.

Azure Virtual Network: Це послуга, яка дозволяє налаштовувати приватні мережі в хмарі та забезпечувати безпеку між різними компонентами застосунку.

Azure Active Directory: Це ідентифікаційна та управлінська послуга, яка дозволяє керувати доступом користувачів до різних сервісів та додатків в хмарі.

Ця реалізація дозволяє розробникам та підприємствам швидко та ефективно створювати, розгортати та керувати застосунками.

Реалізація Google – це набір послуг, які надаються Google Cloud Platform (GCP) для забезпечення хмарних обчислень. GCP є однією з провідних платформ хмарних обчислень, яка надає різноманітні сервіси, такі як обчислення, зберігання даних, штучний інтелект та інші. Деякі з хмарних послуг Google, які надаються Google Cloud Platform, включають:

Google Compute Engine: Це послуга віртуальних машин, яка дозволяє запускати віртуальні машини з різними операційними системами та налаштуваннями.

Google Kubernetes Engine: Це послуга контейнеризації, яка дозволяє керувати та оркеструвати контейнери з застосунками.

Google Cloud Storage: Це набір послуг для зберігання даних в хмарі, включаючи об'єктне зберігання, файлове зберігання та інші.

Google BigQuery: Це послуга опрацювання та аналізу великих обсягів даних з використанням SQL-запитів.

Google Cloud AI Platform: Це набір інструментів для створення та навчання моделей штучного інтелекту.

Google Cloud Functions: Це послуга, яка дозволяє запускати код без необхідності керування віртуальними машинами.

Google Cloud Identity and Access Management: Це ідентифікаційна та управлінська послуга, яка дозволяє керувати доступом користувачів до різних сервісів та застосунків в хмарі.

Ця реалізація дозволяє розробникам та підприємствам швидко та ефективно створювати, розгортати

та керувати застосунками та послугами в хмарі, забезпечуючи високу продуктивність та масштабованість.

Шкала експертних оцінок або ступенів важливості – для парних порівнянь при оцінюванні переваги одного об’єкта над іншим використовуватимемо в межах від 1 до 9.

У табл. 1 наведено результати експертного оцінювання за 10-бальною шкалою.

Табля 1 – Результати експертного оцінювання

	Функціональні і можливості	Безпека	Надійність
AWS	9	8	8
Azure	7	8	7
Google	6	7	6

Базуючись на результати експертного оцінювання визначимо найкращу реалізацію хмарних сервісів із застосуванням методу Сааті. Перший крок МАІ полягає в декомпозиції та представленні задачі в ієрархічній формі. На рис. 1 наведено побудовану ієрархію цілей для вибору кращої реалізації хмарних технологій з метою розроблення застосунку для інформаційно-технологічної платформи «Розумний регіон».

Ми розглядаємо домінантні ієрархії, які будуються з вершини через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до найнижчого рівня, який складає перелік альтернатив. Ієрархія вважається повною, якщо кожен елемент заданого рівня функціонує як критерій для всіх елементів рівня, що стоїть нижче. Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно зрівняні відносно елементів наступного рівня і т. д. до вершини ієрархії.

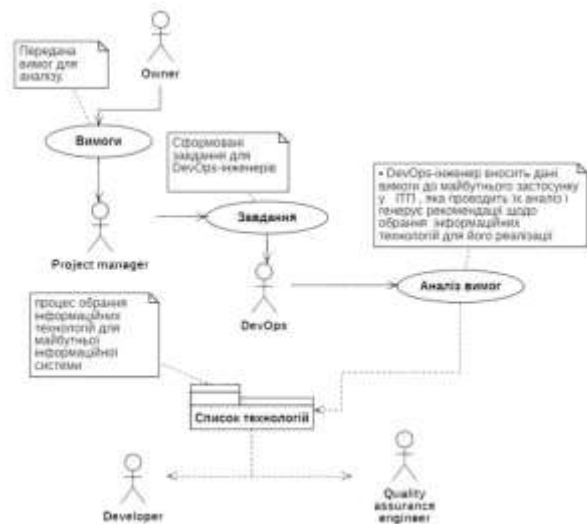


Рис. 1. Діаграма варіантів використання рекомендаційної системи

Застосовуючи метод аналізу ієрархій сформуваємо тривірневу структуру. Верхній рівень займає ціль, яка складатиме основу рекомендації, що генеруватиме

рекомендаційна система, другий рівень формує множина критеріїв, за якими здійснюється вибір альтернативних реалізацій хмарних технологій для розроблення застосунку. Самі ж альтернативи реалізацій утворюють нижній рівень ієрархічної структури. Дерево цілей подано на рис. 2. Генерування рекомендації полягає у виборі однієї з можливих альтернатив на основі побудови вектора пріоритетів. Пріоритет оцінюється як дійсне число, яке ставиться у відповідність кожній альтернативі. Альтернатива з найвищим пріоритетом і буде основою рекомендації, яку генеруватиме система.

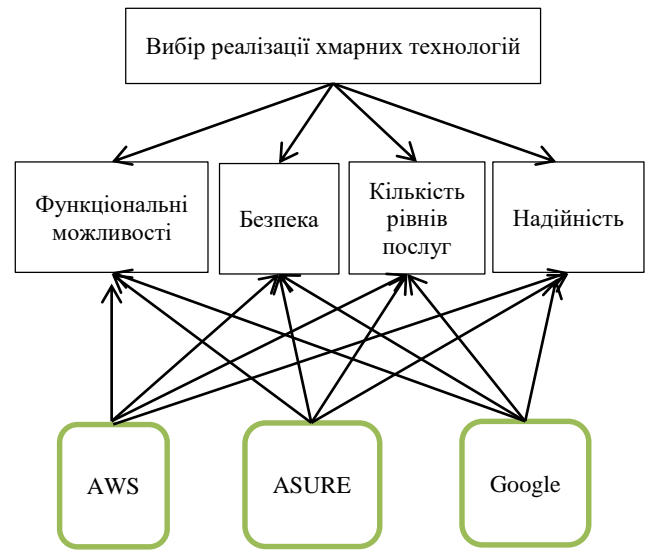


Рис. 2. Ієрархія для вирішення проблеми вибору кращої реалізації хмарних сервісів

Під альтернативами розуміємо реалізації хмарних технологій, аналіз яких здійснюється за обраними критеріями, за якими відбуватиметься оцінювання. Важливим фактором у формулюванні критеріїв, за якими буде обрано реалізації є їх можливості щодо створення інформаційної системи з функціоналом, визначеним у вимогах замовника.

Для матриць попарних порівнянь, побудованої за критерієм «Функціональні можливості», обчислено такі параметри:

- оцінка найбільшого власного значення, яка обчислена за формулою:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n W_i S_i,$$

де W_i – вага альтернативи з номером i , S_i – сума елементів стовпця з номером i матриці попарних порівнянь, n – кількість альтернатив;

- індекс узгодженості:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1};$$

- індекс послідовності співвідношень:

$$CR = \frac{CI}{RI}.$$

Тут і далі $RI = 1.24$ – це випадковий індекс для $n = 6$, значення якого є однаковим для всіх подальших обчислень ваг альтернатив.

Аналогічні розрахунки проводяться за кожним з критеріїв.

У табл. 2 наведено нормовану матрицю попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Функціональні можливості». Також на рис. 3 додано це графічне відображення у діаграмі.

Таблиця 2 – Нормована матриця попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Функціональні можливості»

Функціональні можливості	Azure	Google	AWS	Вектор локальних пріоритетів	Нормований вектор
Azure	1	7	9	3,979	0,765
Google	1/7	1	1/8	0,261	0,050
AWS	1/9	8	1	0,961	0,185
$\Sigma =$	1,25	16,00	10,13	5,202	1

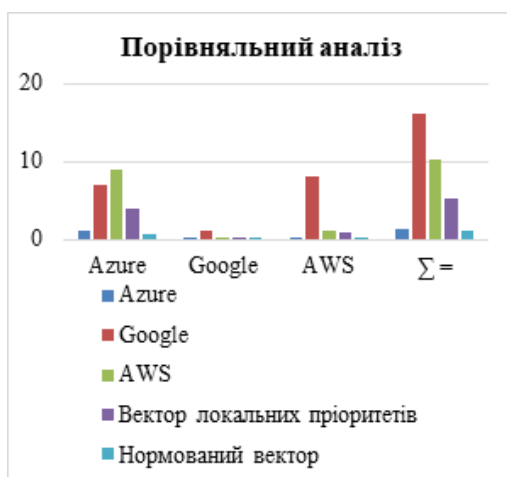


Рис. 3. Порівняльний аналіз реалізацій хмарних технологій за критерієм «Функціональні можливості»

У табл. 3 наведено нормовану матрицю попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Безпека». Також на рис. 4 додано це графічне відображення у діаграмі.

Після обчислення даних для матриці попарних порівнянь, побудованої за критерієм «Функціональні можливості», параметри набувають таких значень:

$$a_{\max} = 3.635,$$

- індекс узгодженості $IY = \frac{a_{\max} - n}{n - 1} = -0.12$;

- індекс послідовності співвідношень $BY = \frac{IY}{RI} = -0.14$.

Оскільки $BY = -0.14 < 1$, то матрицю попарних порівнянь за критерієм «Функціональні можливості» вважаємо узгодженою.

Таблиця 3 – Нормована матриця попарних порівнянь альтернатив відносно критерію «Безпека»

Безпека	Azure	Google	AWS	Вектор локальних пріоритетів	Нормований вектор
Azure	1	9	8	4,160	0,775
Google	1/9	1	1/7	0,251	0,047
AWS	1/8	7	1	0,956	0,178
$\Sigma =$	1,24	17,00	9,14	5,368	1

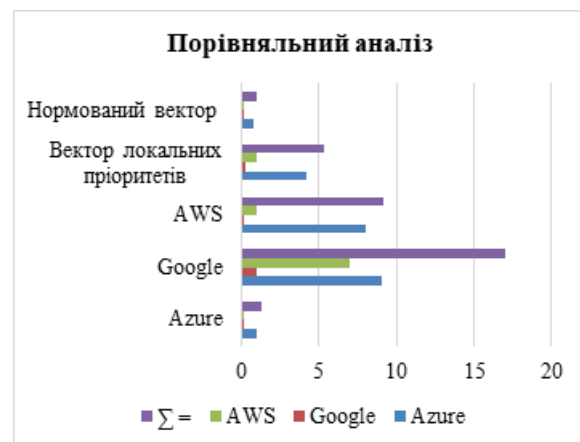


Рис. 4. Порівняльний аналіз реалізацій хмарних сервісів за критерієм «Безпека»

Після обчислення для матриці попарних порівнянь, побудованої за критерієм «Безпека», вказані параметри набувають таких значень:

$$a_{\max} = 3.383,$$

- індекс узгодженості $IY = \frac{a_{\max} - n}{n - 1} = 0.19$;

- індекс послідовності співвідношень $BY = \frac{IY}{RI} = 0.58$.

Оскільки $BY = 0.58 < 1$, то матрицю попарних порівнянь за критерієм «Функціональні можливості» вважаємо узгодженою.

В результаті дослідження можемо констатувати, що реалізація Azure – переможець, помітно слабшою є AWS та найменшу оцінку отримала реалізація Google.

Висновки. Дане дослідження, вищеописаних теорій та практик, дозволяє скласти комплексний алгоритм дій для розуміння правильної дорожньої карти на шляху до впровадження широкого спектру «Smart Technology», для міста чи регіону. Разом з цим, показані аналітичні дані та базові напрацювання у використанні перших проявів «розумних» програмних рішень, тобто «хмарні» дані, та робота з допомогою хмарних сервісів та відповідних корпорацій, що розвивають цей напрямок. На сьогодні не існує єдино правильного варіанту побудови «розумного» регіону. Кожне місто чи регіон, агломерація має свої власні спеціальні потреби, запити громади, рівень соціального та управлінського контролю, тому при проектуванні певних систем чи інформаційно-технологічних платформ, варто брати широкий аспект потреб, саме конкретного округу і старатися виділити кілька основних напрямків впровадження, оскільки метод ієрархій допомагає побудувати стійку структуру від меншого до більшого та побудувати певні закономірності, щодо задоволення якомога більше потреб «розумного регіону». Грунтовний аналіз показує наскільки важливе використання кращих напрацювань при впровадженні «розумних» технологій. Сучасне життя громадян насичене величезними масивами інформації, яку генерує сам мешканець і яку потребує він чи вона для свого повсякденного задоволення потреб. Тому слід наголосити, що розвиток самодостатніх, соціально орієнтованих регіонів неможливий без поступу новітніх інформаційних технологій та розроблення комплексних заходів щодо впровадження інформаційно-технологічних платформ. Тільки комплексний підхід до вирішення цих питань та розробки відповідного програмного, може забезпечити розвиток та добробут регіонів і загалом держави. Це особливо актуально в сучасних реаліях економічної нестабільності, потреби у соціальному захисті населення та необхідності допомоги у взаємодії людини і регіональної інфраструктури. Саме соціально орієнтована стратегія розвитку регіонів має бути центральною та об'єднуючою ланкою між всіма дотичними сферами життєдіяльності міста. Цей опрацьований матеріал мав на меті показати доцільність та пряму залежність економічного і соціального добробуту мешканців «розумних регіонів» від використання інноваційних інформаційних технологій.

Список використаної літератури

1. Morandi C., Rolando A., Di Vita S. From Smart City to Smart Region. Digital Services for an Internet of Places. Milano, 2016. 103 p.
2. Vladova G., Knieling J. "Smart Region" governance for innovation. *Rural-Urban Linkages for Sustainable Development*. Hamburg, 2020. P. 176-190. DOI: 10.4324/9780429288111-11.
3. Arneodo F., Castelli R., Botta D. Towards a "Smart Region" paradigm: Beyond Smart Cities borders: Piedmont Region experience. *Proc. International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive. (15-16 June 2017, Torino)*. Torino, 2017. P. 1-8, DOI: 10.23919/eeta.2017.7993225.
4. Fichman R. G. Real Options and IT Platform Adoption: Implications for Theory and Practice. *Information Systems Research*. 2004. Vol. 15, no.2. P. 132-154. DOI: 10.1287/isre.1040.0021.

5. Eisenmann T., Parker G., Van Alstyne M. Platform Envelopment. *Strategic Management Journal*. 2011. Vol. 32, no. 12. P. 1270-1285. DOI: 10.1002/imj.935.
6. Cusumano M. A. The evolution of platform thinking. *Communications of the ACM*. 2010. Vol. 53, no. 1. P. 32-34.
7. Cusumano M.A., Gawer A. The elements of platform leadership. *MIT Sloan Management Review*. 2002. P. 51-58 DOI: 10.1109/emr.2003.1201437.
8. Llewellyn D. W. T., Autio E., Gann D. M. Architectural Leverage: Putting Platforms in Context. *Academy of Management Perspectives*. 2014. Vol. 28, no. 2. P. 198-219. DOI: 10.5465/amp.2011.0105.
9. Robinson D., Rip A., Mangematin V. Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Research Policy*. 2007. Vol. 36(6). P. 871-879.
10. Kuhn T. S. *The Structure Of Scientific Revolutions*. Chicago, University of Chicago Press, 1970. 210 p.
11. Kim B. Managing the transition of technology life cycle. *Technovation*. 2003. Vol. 23, issue 5. P. 371-381
12. Wheelwright S.C., Clark K.B. Creating project plans to focus product development. *Harvard Business Review*. 1992. Vol. 70, no. 2. P. 70-82.
13. Simpson T. W., Maier J. R., Mistree F. Product platform design: Method and application. *Research in Engineering Design*. 2001. Vol. 13. P. 2-22. DOI:10.1007/s001630100002.
14. Wortmann H., Alblas A. Product platform life cycles: a multiple case study. *International Journal of Technology Management*. 2009. Vol.48, no. 2. P. 188-201. DOI:10.1504/ijtm.2009.024915.
15. Meyer M. H., Utterback J. M. *The product family and the dynamics of core capability*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 1993. 32 p.
16. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, McGraw-Hill, 1980. 287 p.

References (transliterated)

1. Morandi C., Rolando A., Di Vita S. From Smart City to Smart Region. Digital Services for an Internet of Places. Milano, 2016. 103 p.
2. Vladova G., Knieling J. "Smart Region" governance for innovation. *Rural-Urban Linkages for Sustainable Development*. Hamburg, 2020, pp. 176-190. DOI: 10.4324/9780429288111-11.
3. Arneodo F., Castelli R., Botta D. Towards a "Smart Region" paradigm: Beyond Smart Cities borders: Piedmont Region experience. *Proc. International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive. (15-16 June 2017, Torino)*. Torino, 2017, pp. 1-8. DOI: 10.23919/eeta.2017.7993225.
4. Fichman R. G. Real Options and IT Platform Adoption: Implications for Theory and Practice. *Information Systems Research*. 2004, vol. 15, no. 2, pp. 132-154. DOI: 10.1287/isre.1040.0021.
5. Eisenmann T., Parker G., Van Alstyne M. Platform Envelopment. *Strategic Management Journal*. 2011, vol. 32, no. 12, pp. 1270-1285. DOI: 10.1002/imj.935.
6. Cusumano M.A. The evolution of platform thinking. *Communications of the ACM*. 2010, vol. 53, no. 1, pp. 32-34.
7. Cusumano M. A., Gawer A. The elements of platform leadership. *MIT Sloan Management Review*. 2002, pp. 51-58. DOI: 10.1109/emr.2003.1201437.
8. Llewellyn D. W. T., Autio E., Gann D. M. Architectural Leverage: Putting Platforms in Context. *Academy of Management Perspectives*. 2014, vol. 28, no.2, pp.198-219. DOI:10.5465/amp.2011.0105.
9. Robinson D., Rip A., Mangematin V. Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Research Policy*. 2007, vol. 36(6), pp. 871-879.
10. Kuhn T. S. *The Structure Of Scientific Revolutions*. Chicago, University of Chicago Press, 1970. 210 p.
11. Kim B. Managing the transition of technology life cycle. *Technovation*. 2003, vol. 23, issue 5, pp.371-381.
12. Wheelwright S. C., Clark K. B. Creating project plans to focus product development. *Harvard Business Review*. 1992, vol. 70, no. 2, pp. 70-82.
13. Simpson T. W., Maier J. R., Mistree F. Product platform design: Method and application. *Research in Engineering Design*. 2001, vol. 13, pp. 2-22. DOI:10.1007/s001630100002.
14. Wortmann H., Alblas A. Product platform life cycles: a multiple case study. *International Journal of Technology Management*. 2009, vol. 48, no. 2, pp. 188-201. DOI:10.1504/ijtm.2009.024915.

15. Meyer M.H., Utterback J.M. *The product family and the dynamics of core capability*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 1993. 32 p.
16. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, McGraw-Hill, 1980. 287 p.

Надійшла (received) 05.05.2023

UDC 004:[004.415:004.77](477.87)

N. E. KUNANETS, Doctor of Social Communications, Candidate of Historical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems and Networks, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: nek.lviv@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3007-2462>

P. P. FEDORKA, graduate student, assistant at the Department of Systems Software, Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine, e-mail: pavlo.fedorka@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9242-5588>

V. I. KUT, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Informatics and Physical and Mathematical Sciences, Uzhgorod National University, Uzhhorod, Ukraine, e-mail: vasilij.kut@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5267-331X>

FORMATION OF A RECOMMENDATION SYSTEM FOR THE "SMART REGION" FOR THE PURPOSE OF CHOOSING INFORMATION TECHNOLOGIES AND THEIR IMPLEMENTATION WHEN CREATING APPLICATIONS

An analysis of the possibility of implementing the most promising methodologies aimed at creating the infrastructure of a "smart" region was carried out. A detailed study of research-relevant scientific intelligence allows us to highlight the best developments. Many researchers focus only on the theoretical aspect of the issue. The authors of the article analyzed the principles of creating an information technology platform designed to facilitate the process of interaction of a resident of the region with the surrounding infrastructure. The formation of a "smart region" is designed to ensure active communication between representatives of various spheres of the agglomeration, i.e. local government bodies and various branches of the region's functioning. It is the cooperation of these important life support links of the conglomeration of settlements that allows the development of a strategy aimed at improving living conditions and efficient use of resources. Today, there are already a number of successful examples of the formation of a certain basis and the laying of successful foundations for the development of "smart regions". It is the analysis of the best methods with the goal that becomes the basis of the application for the implementation of the "Smart Region of Zakarpattia" concept and the development of its own innovative information technology platform for the implementation of "smart" environment technologies. It is through the development of a high-quality information technology platform that the smart region is managed in order to improve the quality of services offered to citizens and make all management processes more efficient. In order to find the most optimal way of designing and meeting the community's requirements, a recommendation system for selecting information technologies and their implementations is being developed, and as a result, we should get a balanced, optimal application model for the "Smart Region of Transcarpathia" information technology platform.

Keywords: infrastructure, recommendation system, information technology platform, web application, data, smart city, smart region, algorithm.

Повні імена авторів / Author's full names

Автор 1 / Author 1: Кунанець Наталія Едуардівна, Kunanets Nataliia Eduardivna

Автор 2 / Author 2: Федорка Павло Павлович, Fedorka Pavlo Pavlovich

Автор 3 / Author 3: Кут Василь Іванович, Kut Vasyl Ivanovich