

<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/uk/pdf/2024/03/the-future-of-cloud.pdf>  
"The Logistics Trend Radar". *DHL Trend Research*. 2021. <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-logistics-trend-radar-5thedition.pdf>  
Tymoshchenko, D. "Cloud Computing in Logistics and Supply Chain: Use Cases Included". *Acropolium*. July 28, 2023. <https://acropolium.com/blog/cloud-computing-in-logistics-and-supply-chain/>  
Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., and Xu, X. "Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Ex-

tending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology". *MIS Quarterly*, vol. 3, no. 1 (2012): 157-178.  
DOI: <https://doi.org/10.2307/41410412>  
"What Really Works in Digital Supply Chain?" *Whitepaper SAP*. <https://www.sap.com/documents/2024/02/cef82b9a-ad7e-0010-bca6-c68f7e60039b.html>  
Wang, G. et al. "Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications". *International Journal of Production Economics*, vol. 176, issue C (2016): 98-100.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>

УДК 339.1:330.4:004.04

JEL: L86; L96

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-9-101-107>

# ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ КЛІЄНТСЬКОЮ БАЗОЮ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ КОМПАНІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

©2024 ЮРЧЕНКО В. В., ТЕЛЬНОВА Г. В.

УДК 339.1:330.4:004.04

JEL: L86; L96

## Юрченко В. В., Тельнова Г. В. Оптимізація управління клієнтською базою телекомунікаційної компанії за допомогою методів штучного інтелекту

Метою дослідження є обґрунтування застосування методів машинного навчання та статистичного аналізу, зокрема алгоритму CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection), для виявлення ключових факторів, що впливають на відтік клієнтів та дохід телекомунікаційної компанії. Дослідження спрямоване на розробку ефективних стратегій управління клієнтською базою й оптимізацію бізнес-процесів у телекомунікаційній галузі. У роботі проведено комплексний аналіз клієнтської бази телекомунікаційної компанії з використанням методу дерев рішень. Виявлено шість найважливіших факторів, що мають найбільший вплив на рішення клієнтів щодо продовження або припинення користування послугами: тип контракту, тип інтернет-послуги, тривалість користування послугами, використання послуги стрімінгу фільмів, спосіб оплати та статус пенсіонера. Дослідження показало, що ці фактори впливають не лише на відтік клієнтів, але й на дохід компанії від кожного клієнта. Це підкреслює важливість комплексного підходу до аналізу клієнтської бази, де враховуються як ризики відтоку, так і фінансові аспекти взаємодії з клієнтами. На основі отриманих результатів запропоновано впровадження індивідуального підходу до клієнтів з різними характеристиками. Така стратегія дозволить більш ефективно задовольняти потреби різних сегментів клієнтської бази, підвищувати їх лояльність і максимізувати дохід компанії. Дослідження відкриває перспективи для подальших розвідок у напрямку оптимізації управління клієнтською базою, зокрема в розвитку методів інтерпретації моделей машинного навчання, вдосконаленні методів сегментації клієнтської бази та розробці динамічних моделей, які враховують зміни в поведінці клієнтів з часом.

**Ключові слова:** штучний інтелект, управління клієнтською базою, телекомунікації, сегментація клієнтів, прогнозування відтоку, машинне навчання, аналіз даних, алгоритм CHAID, дерева рішень, оптимізація бізнес-процесів, лояльність клієнтів, персоналізація послуг, статистичний аналіз, інтерпретація моделей, динамічні моделі сегментації.

Табл.: 2. Бібл.: 9.

Юрченко Вікторія Валентинівна – магістрантка, Національний авіаційний університет (просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна)

E-mail: [yurchenko.viktoriiiiia@gmail.com](mailto:yurchenko.viktoriiiiia@gmail.com)

Тельнова Ганна Володимирівна – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри бізнес-аналітики і цифрової економіки, Національний авіаційний університет (просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна)

E-mail: [hanna.telnova@npp.nau.edu.ua](mailto:hanna.telnova@npp.nau.edu.ua)

UDC 339.1:330.4:004.04

JEL: L86; L96

## Yurchenko V. V., Telnova H. V. Optimization of the Management of the Customer Base of a Telecommunications Company Using Artificial Intelligence Methods

The aim of the study is to substantiate the use of machine learning and statistical analysis methods, in particular the CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection) algorithm, to identify key factors influencing customer churn and telecommunications company revenue. The research is directed towards developing effective strategies for managing the customer base and optimizing business processes in the telecommunications industry. The article conducts a comprehensive analysis of the client base of a telecommunications company using the method of decision trees. The six most important factors that have the greatest

*influence on customers' decisions to continue or terminate the use of services have been identified: type of contract, type of Internet service, duration of use of services, use of movie streaming services, method of payment and retiree status. The study found that these factors affect not only customer churn but also the company's revenue from each customer. This highlights the importance of a comprehensive approach to analyzing the customer base, which takes into account both churn risks and the financial aspects of customer interactions. Based on the results obtained, the introduction of an individual approach to clients with different characteristics has been proposed. Such a strategy will allow you to more effectively meet the needs of different segments of the customer base, increase their loyalty and maximize the company's revenue. The study opens up prospects for further research in the direction of optimizing customer base management, in particular in the development of methods for interpreting machine learning models, improving methods for segmenting the customer base, and developing dynamic models that take into account changes in customer behavior over time.*

**Keywords:** artificial intelligence, customer base management, telecommunications, customer segmentation, churn forecasting, machine learning, data analysis, CHAID algorithm, decision trees, business process optimization, customer loyalty, service personalization, statistical analysis, model interpretation, dynamic segmentation models.

**Tabl.:** 2. **Bibl.:** 9.

**Yurchenko Viktoriia V.** – Master's Student, National Aviation University (1 Liubomyra Husara Ave., Kyiv, 03058, Ukraine)

**E-mail:** yurchenko.viktoriiia@gmail.com

**Telnova Hanna V.** – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Business Analytics and Digital Economy, National Aviation University (1 Liubomyra Husara Ave., Kyiv, 03058, Ukraine)

**E-mail:** hanna.telnova@npp.nau.edu.ua

У сучасну епоху цифрової трансформації телекомунікаційна галузь переживає період інтенсивних змін та викликів. Стрімкий розвиток технологій, зростання конкуренції та підвищення вимог споживачів змушують операторів зв'язку постійно шукати нові шляхи підвищення ефективності своєї діяльності та якості послуг. У цьому контексті ефективне управління клієнтською базою стає ключовим фактором успіху телекомунікаційних підприємств.

Актуальність дослідження зумовлена низкою факторів. По-перше, в умовах насичення ринку та зростання конкуренції, утримання наявних клієнтів та залучення нових стає все більш складним завданням для операторів зв'язку. По-друге, клієнти стають більш вимогливими до якості та персоналізації послуг, що вимагає від компаній більш глибокого розуміння потреб і поведінки своїх абонентів. По-третє, величезні обсяги даних, які генеруються в телекомунікаційній галузі, створюють як виклики, так і можливості для більш ефективного управління клієнтською базою.

У цьому контексті застосування методів штучного інтелекту (ШІ) для аналізу й управління клієнтською базою набуває особливого значення. ШІ дозволяє обробляти й аналізувати великі обсяги даних, виявляти приховані закономірності та тренди, прогнозувати поведінку клієнтів та персоналізувати взаємодію з ними. Це відкриває нові можливості для підвищення ефективності бізнес-процесів, оптимізації витрат та поліпшення клієнтського досвіду.

Протягом останніх п'яти років спостерігається значний прогрес у застосуванні методів штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації управління клієнтською базою в телекомунікаційній галузі. Розглянемо внесок провідних дослідників у цій сфері.

Закордонні дослідники [1] пропонують використовувати глибоке навчання для аналізу клієнтських даних. У своїй роботі вчені розглядають застосування глибоких нейронних мереж для виявлення аномалій у поведінці користувачів, що є критичним для телекомунікаційних компаній у контексті виявлення шахрайства та прогнозування відтоку клієнтів.

Інші фахівці [2] пропонують нові підходи до персоналізації послуг на основі глибокого аналізу поведінки користувачів. Проведене авторами дослідження демонструє, як машинне навчання може бути використане для поліпшення клієнтського досвіду та підвищення лояльності абонентів.

Автори [3] розглядають методи, які дозволяють не лише прогнозувати відтік клієнтів, але й пояснювати причини цього відтоку. Таке дослідження є особливо важливим для телекомунікаційних компаній, оскільки воно дозволяє не тільки передбачати поведінку клієнтів, але й розуміти фактори, що впливають на їхні рішення.

Вітчизняні дослідники [4–8] також приділяють увагу управлінню клієнтською базою на основі таких сучасних методів, як економіко-математичне моделювання та інтелектуальний аналіз даних, застосування яких уможлиблює зростання лояльності клієнтів, збільшення доходів компаній та зменшення відтоку клієнтської бази.

Наявні дослідження демонструють широкий спектр застосування методів штучного інтелекту та аналізу даних в управлінні клієнтською базою телекомунікаційних компаній. Вони охоплюють такі ключові аспекти, як: прогнозування відтоку клієнтів; сегментація клієнтської бази; персоналізація послуг; оптимізація мережевої інфраструктури та виявлення аномалій у поведінці користувачів. Однак, незважаючи на значний

прогрес, залишаються відкритими низка питань та викликів у сфері управління клієнтською базою. Зокрема, потребують подальшого дослідження проблеми інтерпретації складних моделей машинного навчання, забезпечення конфіденційності клієнтських даних при їх аналізі, а також розробка методів, здатних адаптуватися до швидких змін у поведінці користувачів та технологічному ландшафті телекомунікаційної галузі.

Метою дослідження є обґрунтування методів машинного навчання та статистичного аналізу для розробки ефективних стратегій управління клієнтською базою й оптимізації бізнес-процесів.

У рамках дослідження впливу різноманітних факторів на відтік абонентів (Churn) доцільним бачиться комплексний аналіз з використанням методу дерева рішень, реалізований у програмному забезпеченні IBM SPSS Statistics. Цей потужний інструмент статистичного аналізу дозволяє виявити та оцінити ключові предиктори клієнтського відтоку, а також визначити їхню відносну важливість у процесі прийняття рішень клієнтами щодо продовження чи припинення користування послугами.

Методологія дослідження базується на алгоритмі CHAID (*Chi-squared Automatic Interaction Detection*), який є одним із найефективніших методів побудови дерев рішень для категоріальних залежних змінних. Цей метод дозволяє не лише класифікувати клієнтів за ймовірністю відтоку, але й виявити складні взаємодії між різними факторами, що впливають на це рішення.

Для проведення всебічного аналізу обрано комплекс факторів, що охоплюють різні аспекти взаємодії клієнтів з телекомунікаційною компанією:

1. *Демографічні характеристики*, що включають такі фактори: стать (*Gender*), яка визначає чоловічу або жіночу приналежність клієнта; статус пенсіонера (*SeniorCitizen*), що вказує на те, чи є клієнт пенсіонером; наявність партнера (*Partner*), яка показує, чи має клієнт партнера; а також наявність утриманців (*Dependents*), що вказує на те, чи є у клієнта особи на утриманні. Ці фактори дозволяють оцінити вплив соціально-демографічних характеристик на поведінку клієнтів та їх схильність до відтоку та загальних витрат. Дослідження цих факторів може виявити специфічні сегменти клієнтів, які потребують особливої уваги в контексті утримання та збільшення лояльності.
2. *Характеристики обслуговування*, що включають такі фактори: тривалість користування послугами (*Tenure*), яка вказує на те, як

довго клієнт користується послугами компанії; наявність телефонного зв'язку (*PhoneService*), що показує, чи має клієнт телефонний зв'язок; наявність кількох телефонних ліній (*MultipleLines*), яка визначає, чи використовує клієнт декілька телефонних ліній; тип інтернет-послуг (*InternetService*), що вказує на вид інтернет-послуг, якими користується клієнт. Ці фактори відображають досвід взаємодії клієнта з компанією та обсяг послуг, якими він користується. Аналіз цих характеристик може допомогти виявити критичні точки в життєвому циклі клієнта та оцінити вплив різноманітності послуг на лояльність та загальні витрати.

3. *Додаткові послуги* включають такі фактори: наявність онлайн-безпеки (*OnlineSecurity*), яка забезпечує захист в інтернеті; наявність онлайн-резервного копіювання (*OnlineBackup*), що дозволяє зберігати дані в інтернеті; захист пристроїв (*DeviceProtection*), який забезпечує безпеку фізичних пристроїв клієнта; технічна підтримка (*TechSupport*), яка надає допомогу з технічних питань; потокове телебачення (*StreamingTV*), що дозволяє переглядати телепередачі через інтернет; потокові фільми (*StreamingMovies*), які надають доступ до перегляду фільмів онлайн. Ці фактори дозволяють оцінити вплив додаткових послуг на задоволеність клієнтів, їх лояльність та загальні витрати. Аналіз цих факторів може допомогти в розробці оптимальних пакетів послуг і стратегій крос-продажів.

4. *Контрактні та фінансові аспекти*, що включають такі фактори: тип контракту (*Contract*), який визначає умови угоди між клієнтом і компанією; наявність електронного білінгу (*PaperlessBilling*), що передбачає отримання рахунків у цифровому форматі; метод оплати (*PaymentMethod*), який вказує на спосіб, яким клієнт здійснює оплату послуг; щомісячні платежі (*MonthlyCharges*), що відображають суму, яку клієнт сплачує щомісяця за користування послугами компанії. Ці фактори відображають фінансові аспекти взаємодії клієнта з компанією та умови надання послуг. Аналіз цих факторів може виявити зв'язок між контрактними зобов'язаннями, методами оплати та схильністю клієнтів до відтоку, а також їх впливом на загальні витрати.

У табл. 1 наведено підсумкові характеристики моделі, використаної для аналізу факторів впливу на відтік клієнтів у телекомунікаційній компанії.

## Характеристики моделі для аналізу факторів відтоку клієнтів у телекомунікаційній компанії

Model Summary		
Specifications	Growing Method	CHAID
	Dependent Variable	Churn
	Independent Variables	Gender, SeniorCitizen, Partner, Dependents, Tenure, PhoneService, MultipleLines, InternetService, OnlineSecurity, OnlineBackup, DeviceProtection, TechSupport, StreamingTV, StreamingMovies, Contract, PaperlessBilling, PaymentMethod, MonthlyCharges
	Validation	None
	Maximum Tree Depth	3
	Minimum Cases in Parent Node	100
	Minimum Cases in Child Node	50
	Results	Independent Variables Included
	Number of Nodes	32
	Number of Terminal Nodes	22
	Depth	3

Джерело: авторська розробка.

Дослідження базується на наборі даних "Telcom Customer Churn", який містить інформацію про 7043 клієнтів телекомунікаційної компанії [9].

На основі побудованого дерева рішень для відтоку клієнтів (Churn) компанії зроблено висновки про вагомість різних факторів.

Найбільш вагомі фактори включають:

- ✦ тип контракту (Contract), який значно впливає на ймовірність відтоку клієнтів;
- ✦ тип інтернет-сервісу (InternetService), який є другим за важливістю фактором і суттєво впливає на рішення клієнта залишитися чи піти;
- ✦ тривалість користування послугами (Tenure), де клієнти з довшим терміном користування менш схильні до відтоку;
- ✦ стрімінг фільмів (StreamingMovies), коли наявність чи відсутність цієї послуги впливає на рішення клієнта про відтік;
- ✦ спосіб оплати (PaymentMethod), який також є важливим фактором, що впливає на відтік клієнтів;
- ✦ статус пенсіонера (SeniorCitizen), цей демографічний фактор також виявився важливим для прогнозування відтоку.

Менш вагомі або зовсім незначущі фактори, які не були включені в кінцеву модель, включають такі:

- ✦ стать (Gender);

- ✦ наявність партнера (Partner);
- ✦ наявність утриманців (Dependents);
- ✦ телефонний сервіс (PhoneService);
- ✦ кілька ліній (MultipleLines);
- ✦ онлайн-безпека (OnlineSecurity);
- ✦ онлайн-резервне копіювання (OnlineBackup);
- ✦ захист пристроїв (DeviceProtection);
- ✦ технічна підтримка (TechSupport);
- ✦ стрімінг ТВ (StreamingTV);
- ✦ безпаперовий рахунок (PaperlessBilling);
- ✦ щомісячні платежі (MonthlyCharges).

Ці фактори були включені в початковий набір незалежних змінних, але не увійшли до фінальної моделі, що свідчить про їх нижчу прогностичну здатність щодо відтоку клієнтів порівняно з включеними факторами.

Побудовано дерево рішень для визначення впливовості факторів на загальні витрати компанії, результати наведено в табл. 2. Це дослідження мало на меті ідентифікувати ключові змінні, що впливають на загальні витрати клієнтів, з використанням методу CHAID (*Chi-squared Automatic Interaction Detector*). Дерево рішень дозволило виявити найбільш вагомі фактори, що сприяють збільшенню витрат, і менш значущі фактори, які мають менший вплив.

На основі показників табл. 2 з результатами дерева рішень для загальних витрат клієнтів (TotalCharges) можна зробити кілька висновків

**Характеристики моделі для аналізу факторів, що впливають на загальні витрати клієнтів у телекомунікаційній компанії**

Model Summary		
Specifications	Growing Method	CHAID
	Dependent Variable	TotalCharges
	Independent Variables	Gender, SeniorCitizen, Partner, Dependents, Tenure, PhoneService, MultipleLines, InternetService, OnlineSecurity, OnlineBackup, DeviceProtection, TechSupport, StreamingTV, StreamingMovies, Contract, PaperlessBilling, PaymentMethod, MonthlyCharges
	Validation	None
	Maximum Tree Depth	3
	Minimum Cases in Parent Node	100
	Minimum Cases in Child Node	50
Results	Independent Variables Included	Tenure, MonthlyCharges, Gender, DeviceProtection, OnlineSecurity, Dependents, TechSupport, MultipleLines
	Number of Nodes	106
	Number of Terminal Nodes	88
	Depth	3

**Джерело:** авторська розробка.

щодо важливості різних факторів та їх впливу на результати. Модель було побудовано за допомогою методу CHAID з глибиною дерева 3 і мінімальною кількістю випадків у батьківських і дочірніх вузлах, відповідно, 100 і 50.

*Основними факторами, що впливають на загальні витрати клієнтів, є:*

- ✦ тривалість користування послугами (Tenure), яка є одним із найважливіших факторів у моделі, оскільки клієнти з довшим терміном користування мають вищі загальні витрати;
- ✦ додаткові послуги, такі як захист пристроїв (DeviceProtection) та онлайн-безпека (OnlineSecurity), які суттєво підвищують загальні витрати клієнтів;
- ✦ технічна підтримка (TechSupport), яка позитивно корелює із загальними витратами клієнтів;
- ✦ використання кількох ліній зв'язку (MultipleLines), що також є важливим фактором, який впливає на загальні витрати.

*Менш вагомі фактори* включають:

- ✦ стать (Gender);
- ✦ утриманців (Dependents).

Хоча стать включена у модель, її вплив, імовірно, менший порівняно з іншими факторами. Вплив утриманців також є менш значущим, але цей фактор все ж таки присутній у моделі.

Фактори, які не увійшли до кінцевої моделі, включають:

- ✦ літнього клієнта (SeniorCitizen);
- ✦ наявність партнера (Partner);
- ✦ телефонний сервіс (PhoneService);
- ✦ інтернет-сервіс (InternetService);
- ✦ онлайн-резервне копіювання (OnlineBackup);
- ✦ стрімінг ТВ (StreamingTV);
- ✦ стрімінг фільмів (StreamingMovies);
- ✦ тип контракту (Contract);
- ✦ безпаперовий рахунок (PaperlessBilling);
- ✦ метод оплати (PaymentMethod).

Ці фактори були включені в початковий набір незалежних змінних, але не увійшли до фінальної моделі, що свідчить про їх низьку прогностичну здатність щодо загальних витрат клієнтів.

**А**наліз даних показує значну варіацію у витратах клієнтів. Найвищий середній показник витрат становить 7966,54, тоді як найнижчий – лише 19,60. Це свідчить про суттєву різницю у споживчій поведінці різних груп клієнтів. Висока оцінка ризику (61989,076) і значна стандартна помилка (1733,649) додатково підкреслюють велику розбіжність у витратах між різними категоріями споживачів. Такі результати вказують на необхідність диференційованого підходу до різних сегментів клієнтської бази, оскільки їхні витрати та, ймовірно, потреби суттєво відрізняються.

Порівнюючи результати дерев рішень для загальних витрат (TotalCharges) та відтоку клієнтів (Churn), можна виділити такі спостереження.

Базуючись на обох деревах рішень, найменш вагомі фактори включають: наявність партнера (Partner); телефонний сервіс (PhoneService); онлайн-резервне копіювання (OnlineBackup); стрімінг ТБ (StreamingTV) та безпаперовий рахунок (PaperlessBilling). Ці фактори не були включені в жодну з фінальних моделей, що свідчить про їх низьку прогностичну здатність як щодо загальних витрат, так і щодо відтоку клієнтів.

Також варто відзначити, що стать (Gender) є важливим фактором для загальних витрат, але не впливає на відтік клієнтів; статус пенсіонера (SeniorCitizen) суттєво впливає на відтік, але не є значущим для загальних витрат; а щомісячні платежі (MonthlyCharges) є критично важливими для загальних витрат, проте не впливають на відтік клієнтів.

На підставі проведеного аналізу очевидно, що фактори, впливаючи на загальні витрати клієнтів, не завжди збігаються з тими, що визначають їх рішення залишитися чи піти від компанії. Це підкреслює важливість аналізу різних аспектів клієнтської поведінки при формуванні стратегій утримання та ціноутворення. Враховуючи результати обох дерев рішень моделі, вирішено виключити з процесу подальшої кластеризації клієнтської бази такі фактори, як стать (Gender), телефонний сервіс (PhoneService), онлайн-резервне копіювання (OnlineBackup), стрімінг ТБ (StreamingTV) та безпаперовий рахунок (PaperlessBilling). Адаже вони не продемонстрували достатньої прогностичної здатності для включення до фінальної моделі.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволило обґрунтувати застосування алгоритму CHAID (*Chi-squared Automatic Interaction Detection*) для виявлення факторів, що впливають на відтік клієнтів та дохід компанії в телекомунікаційній галузі, формуючи підстави для аргументованих рекомендацій щодо оптимізації управління клієнтською базою.

Аналіз даних, зокрема за допомогою методу дерев рішень, виявив шість найважливіших факторів, що мають найбільший вплив на рішення клієнтів щодо продовження або припинення користування послугами компанії. Це: тип контракту, тип інтернет-послуги, тривалість користування послугами, використання послуги стрімінгу фільмів, спосіб оплати та статус пенсіонера. Ці фактори демонструють найбільшу значущість у прогнозуванні поведінки клієнтів та повинні стати основою для розробки стратегій утримання абонентів.

Дослідження також показало, що вищезазначені фактори мають суттєвий вплив не лише на відтік клієнтів, але й на дохід компанії від кожного клієнта. Це підкреслює важливість комплексного підходу до аналізу клієнтської бази, де враховуються як ризики відтоку, так і фінансові аспекти взаємодії з клієнтами.

Результати дослідження чітко вказують на необхідність упровадження індивідуального підходу до клієнтів з різними характеристиками. Така стратегія дозволить більш ефективно задовольняти потреби різних сегментів клієнтської бази, підвищувати їх лояльність та максимізувати дохід компанії.

Проведене дослідження відкриває широкі перспективи для подальших розвідок у напрямку оптимізації управління клієнтською базою телекомунікаційної компанії за допомогою методів штучного інтелекту. Одним із ключових напрямків майбутніх досліджень є розвиток методів інтерпретації моделей машинного навчання. Зокрема, існує потреба в розробці нових підходів до пояснення результатів складних моделей, особливо в контексті прогнозування відтоку клієнтів та аналізу факторів, що впливають на дохід компанії. Важливим аспектом цього напрямку є створення ефективних методів візуалізації результатів аналізу, що дозволить полегшити їх інтерпретацію менеджерами та особами, які приймають рішення.

Інший перспективний напрямок досліджень пов'язаний з удосконаленням методів сегментації клієнтської бази. Зокрема, варто дослідити можливості застосування більш складних алгоритмів кластеризації, таких як нейронні мережі із самоорганізацією або глибокі автоенкодері. Ці методи можуть допомогти виявити більш тонкі патерни в поведінці клієнтів. Крім того, розробка динамічних моделей сегментації, які враховують зміни в поведінці клієнтів з часом, може значно підвищити точність та актуальність аналізу клієнтської бази. Усі ці напрямки досліджень мають потенціал значно розширити можливості телекомунікаційних компаній у сфері управління клієнтською базою. Вони можуть допомогти підвищити ефективність операційної діяльності, поліпшити якість обслуговування клієнтів та зміцнити конкурентні позиції компаній на ринку. ■

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Pang G., Shen C., Cao L., Hengel A. V. D. Deep Learning for Anomaly Detection: A Review. *ACM Computing Surveys*. 2021. Vol. 54. Iss. 2. Art. 38. DOI: <https://doi.org/10.1145/343995>

2. Koller D., Friedman N. Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques. MIT Press. 2009. 1321 p.
3. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 4765–4774.  
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.07874>
4. Василенко А. М., Глибовець А. М. Система управління клієнтською базою моделі SaaS на прикладі компанії страхового брокера. *Наукові записки НаУКМА. Серія «Комп'ютерні науки»*. 2020. Т. 3. С. 31–35.  
DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-3808.2020.3.31-35>
5. Гаркавенко В. О., Стець О. В. Економіко-математична модель управління клієнтською базою підприємства. *Стратегія економічного розвитку України*. 2022. Вип. 50. С. 177–196.  
DOI: <https://doi.org/10.33111/sedu.2022.50.177.196>
6. Катаєв А. В. Цінність клієнтської бази як базис прийняття маркетингових рішень: еволюція моделей оцінки. *Ефективна економіка*. 2023. № 5.  
DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.48>
7. Рац О. М. Забезпечення лояльності клієнтів як складник механізму управління клієнтською базою банку. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2018. Вип. 29. Ч. 2. С. 113–116. URL: <https://ejournal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/216/211>
8. Роскладка Н. О., Роскладка А. А., Дзигман О. О. Кластерний аналіз клієнтської бази даних підприємств сфери послуг. *Центральноукраїнський науковий вісник. Серія «Економічні науки»*. 2019. Вип. 2. С. 151–159.  
DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2\(35\).151-159](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2(35).151-159)
9. IBM Sample Data Sets. Telco Customer Churn. *Kaggle*. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/blastchar/telco-customer-churn>
- ekonomichnoho rozvytku Ukrainy, no. 50 (2022): 177-196.  
DOI: <https://doi.org/10.33111/sedu.2022.50.177.196>
- “IBM Sample Data Sets. Telco Customer Churn”. *Kaggle*. <https://www.kaggle.com/datasets/blastchar/telco-customer-churn>
- Kataiev, A. V. “Tsinnist kliientskoi bazy yak bazys pryiniattia marketynhovykh rishen: evoliutsiia modelei otsinky” [The Value of the Customer Base as a Basis for Making Marketing Decisions: Evolution of Valuation Models]. *Efektivna ekonomika*, no. 5 (2023).  
DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.48>
- Koller, D., and Friedman, N. *Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques*. MIT Press, 2009.
- Lundberg, S. M., and Lee, S.-I. “A Unified Approach to Interpreting Model Predictions”. *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 30 (2017): 4765-4774.  
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.07874>
- Pang, G. et al. “Deep Learning for Anomaly Detection: A Review”. *ACM Computing Surveys*, art. 38, vol. 54, no. 2 (2021).  
DOI: <https://doi.org/10.1145/343995>
- Rats, O. M. “Zabezpechennia loialnosti kliientiv yak skladnyk mekhanizmu upravlinnia kliientskoiu bazoiu banku” [Providing the Loyalty of Clients as the Composition of the Mechanism of Management of the Client Base of the Bank]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnogo universytetu. Seriiia «Ekonomichni nauky»*, iss. 29, part 2 (2018): 113-116. <https://ejournal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/216/211>
- Roskladka, N. O., Roskladka, A. A., and Dzyhman, O. O. “Klasternyi analiz kliientskoi bazy danykh pidpriemstv sfery posluh” [Cluster Analysis of Customer Database of the Service Enterprises]. *Tsentrálnoukrainskyi naukovyi visnyk. Seriiia «Ekonomichni nauky»*, no. 2 (2019): 151-159.  
DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2\(35\).151-159](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2(35).151-159)
- Vasylenko, A. M., and Hlybovets, A. M. “Systema upravlinnia kliientskoiu bazoiu modeli SaaS na prykladi kompanii strakhovoho brokera” [Customer Relationship Management System as a SaaS on Example of Insurance Broker Company]. *Naukovi zapysky NaUKMA. Seriiia «Kompiuterni nauky»*, vol. 3 (2020): 31-35.  
DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-3808.2020.3.31-35>

## REFERENCES

Harkavenko, V. O., and Stets, O. V. “Ekonomico-matematichna model upravlinnia kliientskoiu bazoiu pidpriemstva” [Economic and Mathematical Model of Enterprise Client Base Management]. *Stratehiia*