

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТА ПІДБОРУ СТРАХОВИХ ПРОГРАМ

Данильченко Володимир Григорович

студент групи МППм-1-25-14д,

Київського столичного університету імені Бориса Грінченка,

науковий керівник – к.т.н., доц. Носенко Т. І.

ВСТУП

Актуальність і постановка проблеми. Вибір програми добровільного медичного страхування (ДМС) потребує одночасного врахування вартості, обсягу покриття, мережі клінік, франшизи та договірних обмежень. Найменша ціна не гарантує достатнього покриття, а найбільший страховий ліміт може супроводжуватися неприйнятною вартістю або територією дії. Тому інформаційна підтримка вибору має поєднувати перевірку допустимості альтернатив з оцінюванням компромісів між їх характеристиками. Методи багатокритеріального аналізу дають змогу формалізувати ці компроміси й явно задавати пріоритети критеріїв [1].

За відсутності історії взаємодій застосування поведінкових рекомендацій ускладнюється проблемою «холодного старту». Огляд G. Adomavicius та A. Tuzhilin систематизує основні рекомендаційні підходи та їх обмеження [2]. Для початкового каталогу доцільно спиратися на структуровані атрибути продуктів і вимоги користувача. A. Felfernig та R. Burke розглядають рекомендації на основі обмежень як засіб підтримки вибору складних продуктів [3]. Пояснюваність рекомендацій, узагальнена в огляді Y. Zhang та X. Chen, передбачає надання зрозумілих підстав результату [5, 6]. Водночас саме текстове пояснення не доводить предметної придатності страхової програми.

Мета дослідження – розробити математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення багатокритеріального підбору програм ДМС, реалізувати серверний прототип і перевірити відповідність його поведінки формальній моделі. Об'єктом є процес інформаційної підтримки індивідуального вибору страхових програм; предметом – алгоритми відбору, ранжування, послаблення обмежень та модульна архітектура рекомендаційної підсистеми. Дослідження не охоплює автоматичне укладання договорів, медичну діагностику чи навчання моделі на поведінкових даних.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використано аналіз наукових джерел, формалізацію вимог, системне моделювання, модульне тестування, сценарну перевірку та обчислювальні експерименти. Для ранжування обрано просту адитивну згортку (SAW), що дозволяє розкласти підсумкову оцінку на внески окремих критеріїв. АНР і TOPSIS розглядаються як альтернативи, але їх порівняльне тестування не проводилося. Вибір SAW є інженерним обґрунтуванням прозорості реалізації, а не доказом переваги методу.

Програмну реалізацію побудовано як модульний моноліт у TypeScript/Bun. Нono забезпечує HTTP-обгортку, oRPC – типізовані процедури API, Zod – перевірку структури запиту, Drizzle ORM та SQLite – доступ до

каталогу й журналу. Рекомендаційна функція відокремлена від маршрутизації та зберігання: вона отримує каталог і профіль запиту та повертає ранжовані результати, внески критеріїв і діагностику. Це дозволяє перевіряти обчислювальну логіку незалежно від мережі й бази даних.

Експериментальна база – 10 програм із синтетичними параметрами, не чинними тарифами. Результати узагальнено з експериментального розділу магістерського дослідження. Детермінований прогін охоплює 5000 синтетичних профілів (Mulberry32, seed = 20261005), які не відображають реальний попит.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Формалізована процедура підбору. Профіль запиту задає вік, регіон, тип програми, максимальний бюджет, опційний мінімальний ліміт покриття та спеціальні потреби. На першому проході перевіряються сім умов: C1 – вікові межі; C2 – регіон; C3 – тип програми; C4 – бюджет; C5 – відсутність збігу потреб із виключеннями; C6 – активність запису; C7 – мінімальний ліміт. Комплексний тип допускається для будь-якого запитаного типу. Потреби зіставляються з виключеннями як точні рядки, без розпізнавання синонімів або аналізу тексту договору.

За порожньої видачі обмеження послаблюються накопичувально: R1 збільшує бюджет на 15%; R2 скасовує мінімальний ліміт покриття; R3 вимикає перевірку регіону. Пошук припиняється на першій непорожній множині кандидатів. Якщо альтернатив немає після всіх кроків, повертається порожній результат. У поточному коді R3 не обмежує видачу лише загальнонаціональними програмами, попри назву діагностичного маркера. Отже, результат після послаблення не означає виконання початкових вимог і потребує явного повідомлення користувачу.

Для відібраних кандидатів застосовано min-max нормалізацію п'яти критеріїв. Ліміт покриття й індикатор мережі є критеріями вигоди; ціна, франшиза та очікування – критеріями витрат. Початкові ваги наведено в таблиці 1. Вони є евристичними, а не отриманими з експертного опитування або навчання.

Таблиця 1.

Критерії зваженого ранжування

Критерій	Напрямок переваги	Вага
Ліміт покриття, грн	Більше – краще	0,35
Річна ціна, грн	Менше – краще	0,30
Індикатор мережі клінік	Більше – краще	0,15
Франшиза, грн	Менше – краще	0,10
Період очікування, днів	Менше – краще	0,10

Д

ля критерію k визначаються мінімум m_k та максимум M_k серед кандидатів поточного запиту. За $M_k > m_k$ нормалізоване значення $z_k(p)$ дорівнює $(x_k(p) - m_k) / (M_k - m_k)$; за рівності меж реалізація приймає $z_k(p) = 1$. Корисність $q_k(p)$ дорівнює $z_k(p)$ для вигоди та $1 - z_k(p)$ для витрат. Підсумкова оцінка обчислюється за формулою:

$$S(p) = \sum_{k=1}^5 w_k q_k(p), \quad w_k = v_k / \sum_{j=1}^5 v_j.$$

Тут v_k – задана або початкова вага. Для коректної інтерпретації потрібні невід’ємні ваги та додатна їх сума; поточна схема API цього не гарантує. Програми впорядковуються за спаданням $S(p)$, а шаблонне пояснення називає два найбільші внески $w_k q_k(p)$. Оцінка відносна до поточного набору кандидатів і не є ймовірністю придатності. За єдиного кандидата початкові ваги дають $S = 0,5$ через прийняту конвенцію нормалізації.

Контрольний приклад. Для профілю «30 років, Київ, амбулаторний тип, бюджет 10 000 грн» відібрано три програми. Оцінки становлять 0,6000; 0,4427 та 0,3971. Лідер має річну ціну 8500 грн і ліміт 60 000 грн, хоча інша допустима програма коштує 4200 грн. Внески лідера: покриття – 0,35; мережа – 0,15; франшиза – 0,10; ціна та очікування – 0. Сума дорівнює 0,60. Приклад демонструє компроміс між характеристиками та можливістю перевірити оцінку, але не підтверджує вигідність реального страхового договору.

Реалізована підсистема містить чотири процедури: `getRecommendations`, `listCatalog`, `getProduct` і `getRequestLog`. Модель даних охоплює три таблиці: `insurance_products`, `coverage_components` та `recommendation_requests`. Журнал зберігає профіль, стислий ранжований результат і час алгоритму, але не повний знімок каталогу. Тому після зміни даних він не забезпечує повного відтворення рекомендації. Клієнтський інтерфейс, NLP-компонент та автентифікація не входять до реалізованого обсягу.

Перевірка формальної поведінки. У рекомендаційному модулі пройдено 15 тестів із 27 перевірок: сім тестів обмежень, п’ять ранжування та три послаблення. Додатково 10 наперед визначених сценаріїв узгоджено з очікуваними множинами ідентифікаторів, лідерами та рівнями послаблення; оцінки перевірено контрольним розрахунком із похибкою не більше 10^{-12} . Вибрані сценарії наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Сценарії перевірки підбору

Параметри запиту	Результат	Інтерпретація
22 роки; Київ; амбулаторний; 6000 грн	2 кандидати, без послаблень	Виконано початкові умови моделі
30 років; Київ; амбулаторний; 3700 грн	1 кандидат після R1	Ціна 4200 грн перевищує початковий бюджет
30 років; Львів; стоматологічний; 4000 грн	1 кандидат після R1–R3	Регіональну вимогу скасовано
100 років; Київ; амбулаторний; 10 000 грн	0 кандидатів після R1–R3	Послаблення не гарантує результату

Окремий сценарій материнства виявив межу предметної моделі: комплексна програма проходить перевірку типу, а відсутність виключення не доводить наявності потрібного покриття. Отже, правильність за кодом

необхідно відрізняти від відповідності потребі. Для практичного застосування слід перевіряти наявність послуг у компонентах покриття, а не лише відсутність заборони.

Детермінований аналіз 5000 запитів. Один запит – один виклик алгоритму із синтетичним профілем, не користувач чи страхова програма. Варіювалися вік 1–80 років, п'ять типів, бюджет 2000–31 999 грн, ліміт і хронічна потреба; регіони не включали nationwide. Таблиця 3 показує кількість запитів і частку від 5000; категорії не перетинаються.

Таблиця 3.

Розподіл кількості запитів за результатом пошуку

Результат пошуку	Кількість запитів	Частка, %
Кандидати без послаблення	2547	50,94
Кандидати після послаблення	886	17,72
Порожня відповідь після всіх кроків	1567	31,34
Разом	5000	100,00

Загалом послаблень потребували 2453 запити (49,06%), із них 886 отримали кандидатів. На строгому проході перевірено 50 000 пар «запит–продукт». Найчастіше порушувався тип програми – 56,11% пар, далі бюджет – 39,10% і вік – 34,05%. Частки порушень перетинаються, тому їх не можна додавати або трактувати як частки порожніх відповідей.

Для кожної з 1567 порожніх відповідей після R1–R3 виконано контрфактичну перевірку зі скасуванням рівно однієї додаткової умови. Зняття бюджетного обмеження відновило кандидата у всіх цих випадках. Це виявляє спільний усувний бар'єр саме синтетичної вибірки, а не доводить, що бюджет є єдиною причиною відмови на ринку. Повернення дорожчої програми без згоди користувача не є допустимим розв'язанням проблеми.

Обчислювальна продуктивність. У попередньому послідовному бенчмарку на каталозі з 10 програм медіана часу рекомендаційної функції становила 0,0088 мс, p95 – 0,0217 мс, p99 – 0,0461 мс. На штучно розширеному каталозі з 5000 позицій окремий прогін масштабування дав p50 = 1,4542 мс і p95 = 2,3375 мс. Вимірювався лише алгоритм у пам'яті, без читання БД, журналювання, серіалізації та мережі. Розширення каталогу дублювало базові записи, тому не відтворює різноманітність ринку. Аналіз алгоритму дає $O(n \log n)$ через сортування; наведені виміри не є доказом цієї оцінки або промислового SLA.

ВИСНОВКИ

Розроблено серверний прототип інформаційної системи багатокритеріального аналізу та підбору програм ДМС. Прикладний внесок полягає в поєднанні відбору за обмеженнями, керованого послаблення, нормалізації п'яти критеріїв, зваженого ранжування та пояснення внесків у єдиній процедурі без історії взаємодій. Це адаптація відомих підходів, а не новий універсальний метод рекомендацій.

Модульні та сценарні перевірки підтверджують відповідність реалізації формальній моделі в досліджених умовах. Детермінований прогін виявив

31,34% порожніх відповідей і 17,72% запитів із кандидатами лише після послаблення. Такі показники характеризують синтетичний каталог і спосіб генерації профілів, а не якість реальних страхових рішень.

Подальша робота має охоплювати перевірку фактичного покриття потреб, уточнення регіонального послаблення, валідацію ваг, аналіз чутливості й порівняння з альтернативними методами. Практичне впровадження потребує перевірених каталогів, експертного оцінювання, контролю доступу та захисту журналу, а також наскрізного тестування API. Користувацький і діалоговий інтерфейси залишаються окремими наступними етапами.

ДЖЕРЕЛА

1. Belton V., Stewart T. J. Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Boston : Kluwer Academic Publishers, 2002. DOI: 10.1007/978-1-4615-1495-4.

2. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2005. Vol. 17, no. 6. P. 734–749. DOI: 10.1109/TKDE.2005.99.

3. Felfernig A., Burke R. Constraint-based recommender systems: technologies and research issues. Proceedings of the 10th International Conference on Electronic Commerce (ICEC 2008). New York : ACM, 2008. Article 3. P. 1–10. DOI: 10.1145/1409540.1409544.

4. Bondarchuk, Andrii, et al. "Security difficulties and barriers in building decentralized blockchain bridges, solution methods." Workshop on Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems. No. 4145. Germany, 2025.

5. Zhang Y., Chen X. Explainable Recommendation: A Survey and New Perspectives. Foundations and Trends in Information Retrieval. 2020. Vol. 14, no. 1. P. 1–101. DOI: 10.1561/15000000066.

6. Abramov, V., Astafieva, M., Boiko, M., Bodnenko, D., Bushma, A., Vember, V., Hlushak, O., Zhyltsov, O., Ilich, L., Kobets, N., Kovaliuk, T., Kuchakovska, H., Lytvyn, O., Lytvyn, P., Mashkina, I., Morze, N., Nosenko, T., Proshkin, V., Radchenko, S., & Yaskevych, V. (2021). Theoretical and practical aspects of the use of mathematical methods and information technology in education and science.

URL: <https://doi.org/10.28925/9720213284km>