

УДК 004.021

О.М. КУПРІН\*

## АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ У РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

\*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

**Анотація.** У статті досліджені особливості алгоритмізації процесів у рекомендаційних системах для навчання персоналу та підтримки прийняття рішень. Подібні системи є підкласом систем фільтрації інформації, що дозволяють побудувати певний рейтинг за запитами чи уподобаннями. Розробка рекомендаційних систем для підтримки прийняття рішень націлена саме на те, щоб знайти оптимальне рішення за обмежений період часу. Поглиблений аналіз складних проблем необхідний для розробки декількох альтернатив, що дійсно суттєво розрізняються, включаючи можливість бездіяльності. Саме для того слід оцінити кожну альтернативу. У роботі виявлені особливості рекомендаційних систем різних сфер застосування. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про деякі суттєві відмінності, характерні для представлення рекомендацій кінцевому споживачу при користуванні системами дистанційного навчання чи підтримки прийняття рішень. Рекомендації в таких системах з уподобань користувача безпосередньо зміщуються на людину і на проблему. При структуризації процесів рекомендаційної системи для підтримки прийняття рішень відбувається орієнтація на науковий метод обґрунтування питань. Тому побудова алгоритмів таких систем є ускладнена з першого етапу – спостереження, де виявляються переешкоди або можливості. Подібну задачу можна вирішувати через системи рівнянь, що описують процеси в організації, з відповідними обмеженнями. Наведений у статті алгоритм з оцінювання та вибору альтернатив є одним із варіантів можливої побудови системи рекомендацій при необхідності обґрунтування управлінського рішення щодо розширення діяльності підприємства. Показано, що рішення щодо зняття проблеми і пошук оптимального рішення хоча і лежать в одній площині, але не є рівнозначними. Крім того, пошук оптимального рішення потребує більшої бази інформації для створення рекомендаційної системи.

**Ключові слова:** процес, схема, система рівнянь, обмеження, підтримка прийняття рішень, цикл.

**Abstract.** The article examines the features of algorithmization of processes in recommendation systems for personnel training and decision support. Such systems are a subclass of information filtering systems that allow building a certain rating based on requests or preferences. The development of recommendation systems is aimed precisely at finding the best solution within a limited period of time. In-depth analysis of complex problems is necessary to develop several alternatives that do differ significantly, including the possibility of inactivity. This is why each alternative should be evaluated. The paper reveals the features of recommendation systems in various fields of application. The conducted research allows us to conclude that there are some significant differences in the nature of providing recommendations to the end user when using distance learning or decision support systems. Recommendations in such systems are shifted from the user's preferences directly to the person and the problem. When structuring the processes of the recommendation system to support decision-making, there is made a focus on the scientific method of substantiating questions. Therefore, the construction of algorithms for such systems is complicated from the first stage – observation, where obstacles or opportunities are identified. Such a problem can be solved through systems of equations that describe processes in an organization with appropriate constraints. Presented in the article algorithm for evaluating and selecting alternatives is one of the options for building a system of recommendations if it is necessary to justify a management decision to expand activities of the company. It is shown that although they lie in the same plane, the solution to remove the problem and the search for an optimal solution are not equivalent. In addition, finding the best solution requires a larger database of information to create a recommendation system.

**Keywords:** process, scheme, system of equations, constraints, decision support, cycle.

## 1. Вступ

Хоча рекомендаційні системи почали активно досліджуватися і розроблятися лише в 90-х роках минулого століття [1], проте швидко стали невід'ємним атрибутом процесу інформатизації суспільства [2]. Якщо раніше рекомендаційні системи здебільшого використовувалися в електронній торгівлі [3], а також для надання рекомендацій щодо вибору фільмів, книг, ігор та розваг, то зараз вони активно використовуються у процесах дистанційного навчання [4–5] та системах підтримки прийняття рішень. Останнє є надзвичайно актуальним [2], враховуючи, що інформація в таких системах сприймається споживачем як дані, що просяняні для конкретних людей, проблем, цілей і ситуацій. Тобто, тут інформація виступає основним ресурсом, необхідним для раціонального вирішення проблем. І особа, що приймає рішення (ОПР), повинна вирішити, чи суттєва вигода від рекомендованої інформації, наскільки саме по собі важливе рішення, яке буде прийняте на основі такої інформації.

Щоправда, наведене твердження є вірним тільки за умов, коли час не критичний фактор. У реальному житті це малоімовірно, бо важко отримати умови, коли втрати від затримки будуть перекриті більшою вигодою від вірного рішення. ОПР своїм рішенням вибирає розвиток організації, тож рекомендована інформація для прийняття рішень стає визначальним фактором, який впливає на швидкість і якість прийнятого рішення.

Саме тому зазначена тема щодо алгоритмізації процесів у рекомендаційних системах є актуальною.

*Метою роботи* є аналіз можливих підходів до алгоритмізації процесів, які застосовуються в рекомендаційних системах, зокрема, для навчання персоналу організацій та підтримки прийняття управлінських рішень.

*Задачі роботи:*

- дослідити структуру процесів рекомендаційної системи для навчання та підтримки прийняття рішень;
- запропонувати підхід до алгоритмізації надання рекомендацій при визначенні проблемного питання з різними інтересами учасників;
- розробити підхід до реалізації алгоритму з оцінювання та вибору альтернатив.

## 2. Постановка задачі

Рекомендаційні системи для навчання персоналу організацій та підтримки прийняття управлінських рішень не можуть базуватися на інформації, що здебільшого використовується для систем, які дозволяють користувачу інформації вибрати книгу чи фільм, тому важко погодитися із твердженням [6] про подібність таких систем із рекомендаціями щодо книг, фільмів, товарів. В останніх перевага, як правило, віддається уподобанням користувача [3]. Коли відбувається навчання персоналу або прийняття рішення, акцент зміщується на людину і на проблему, що виникла [7].

Вирішення проблеми в управлінні є процесом, бо мова йде про нескінченну послідовність взаємопов'язаних кроків. ОПР дбає не стільки про формулювання кінцевого рішення, скільки про те, що пов'язане з цим процесом і у підсумку з нього впливає. Для вирішення проблеми потрібно мати вибір варіантів рішення. Тому, хоча процес вирішення проблеми алгоритмічно можна представити в п'ять етапів [8], фактичне число етапів визначається самою проблемою.

І на кожному етапі повинна бути своя система рекомендацій для обґрунтування вибору наступного кроку у вирішенні поставленої задачі.

### 3. Структуризація процесів рекомендаційної системи для навчання та підтримки прийняття рішень

Якщо виходити з визначення рекомендаційної системи [9], то подібні системи є підкласом систем фільтрації інформації, що дозволяють побудувати певний рейтинг за запитами чи уподобаннями. Аналізуючи процеси дистанційного навчання (підготовки персоналу в режимі онлайн) або підтримки прийняття рішень, можна зрозуміти, що в основу покладено наукові методи оцінки результатів праці, поведінки, успішності та ранжування за рядом показників. І саме це є основою для побудови алгоритмів системи рекомендацій у зазначеній сфері діяльності.

При структуруванні процесів рекомендаційної системи відбувається орієнтація саме на науковий метод обґрунтування управлінських рішень. Тому основні процеси вирішення задачі управління можна розписати таким чином:

1. Спостереження. Для вирішення проблеми, що виникла і за якою слід прийняти рішення, необхідно зібрати повну інформацію про подію, провести її аналіз. ОПР часто не збирає цю інформацію. Для цього значна частина рекомендованої інформації буде надаватися власними підрозділами організацій. Аналіз інформації також проводиться, як правило, сторонніми особами, спеціальними службами організації або сторонніми організаціями, що надають такі послуги на ринку [10].

2. Формулювання гіпотези. На цьому етапі ОПР виявляє та розглядає альтернативні варіанти дій, досліджує наслідки, прогнозує перспективний розвиток події при прийнятті того чи іншого рішення.

3. Верифікація. На фазі підтвердження достовірності гіпотези ОПР перевіряє гіпотезу, спостерігаючи результати рішень, які були прийняті при вирішенні подібних питань. Наприклад, ОПР може збільшити запаси на величину, рекомендовану штабними фахівцями. Якщо при цьому запаси не падають і не зростають понад міру, гіпотезу слід визнати правильною. Якщо все ж виникає нестача продукції із зростанням попиту або запаси зростуть настільки, що витрати за їх утримання стають надмірними, гіпотезу слід визнати недостовірною. Тобто, у цьому випадку потрібна додаткова інформація, яка і може бути надана рекомендаційною системою підтримки прийняття управлінських рішень (рис. 1).

Якщо аналізувати наведену схему, то можна зазначити, що організація складається із взаємопов'язаних частин. Тому при розробці рекомендаційної системи та алгоритмізації процесів у ній слід дотримуватися системної орієнтації. Це додає додаткові взаємопов'язані кроки при побудові алгоритму рекомендаційної системи. Для вирішення будь-якого питання ОПР повинна прийняти не одиначне рішення, а здійснити сукупність виборів. Тому фактично число етапів визначається самою проблемою, яку вирішує ОПР. Тоді схема алгоритмізації процесів рекомендаційної системи для підтримки прийняття рішень, наведена на рис. 1, є лише узагальненим фрагментом деталізації окремого одного кроку роботи рекомендаційної системи такого класу.

Якщо абстрагуватися саме на одному кроці алгоритму рекомендаційної системи для автоматизації роботи ОПР, а саме – на діагностиці проблемного питання, яке відбувається на кроці 1 рис. 1, то можна побачити складність розробки алгоритмів рекомендаційних систем, орієнтованих на широке коло організацій, а не на одну якусь велику корпорацію.

Складність полягає в тому, що повністю визначити проблему часто важко: окремі структурні підрозділи організації взаємопов'язані, різні організації мають свої напрями діяльності, отже вирішують різні, не пов'язані між собою, питання. У великій організації можуть бути сотні взаємозалежностей. Різні організації між собою пов'язані не будуть, за виключенням зв'язків зовнішнього середовища [10]. Саме тому тільки етап спостереження є окремий алгоритм процесу з усвідомлення і встановлення перешкод або наявних можли-

ностей. Тобто, відбувається вирішення системи рівнянь, що описують процеси в організації, часто з різними інтересами учасників цих процесів, з декількома обмеженнями.

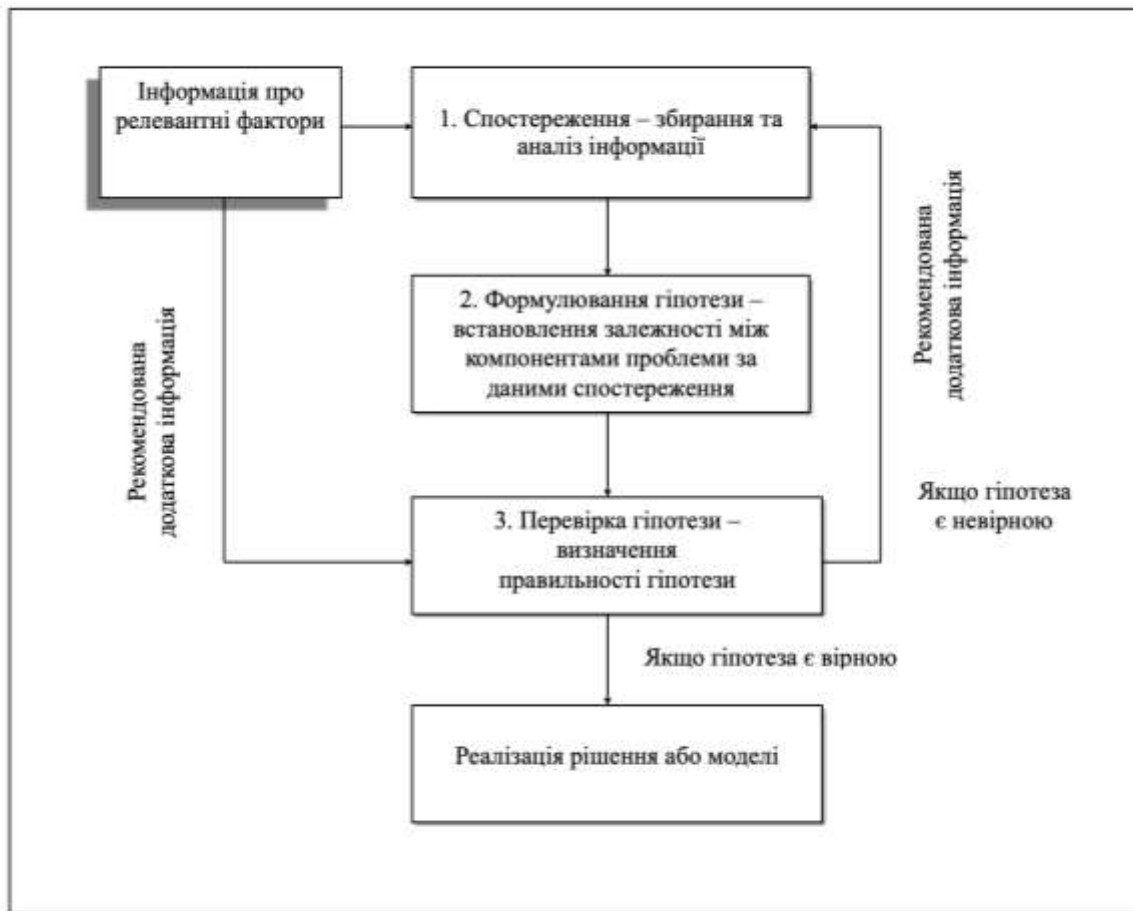


Рисунок 1 – Схема алгоритмізації процесів рекомендаційної системи для підтримки прийняття рішень

#### 4. Підхід до алгоритмізації надання рекомендацій при визначенні проблемного питання з різними інтересами учасників

Виявлення подібностей різних інтересів учасників процесу допомагає ОПР системно розглянути проблему, яка виникла. Звичайно, для отримання інформації використовуються первинна документація організації, різноманітні звіти, плани, прогнози тощо. Інформацію можна збирати і неформально, ведучи бесіди про ситуацію, яка склалася, і роблячи особисті спостереження. Тобто, і цей вид рекомендаційної системи теж базується на опитуванні, але опитування має свою специфіку. Наприклад, збільшення кількості інформації не обов'язково підвищує якість рішення [11]. Саме тому у процесі спостережень важливо виділяти релевантну інформацію, що стосується саме того питання, яке розглядається ОПР, враховуючи максимальну точність і відповідність проблемі. Організації може бути непросто отримати вичерпну точну інформацію із проблеми, особливо тієї, що стосується різних інтересів учасників.

Подібну задачу можна розглянути на прикладі матричної гри із двома гравцями  $A$  і  $B$ . Це парна гра, яка може бути описана заданою функцією  $P$ ,  $\phi(A_i, B_j) = a_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, m$ ,  $j = 1, \dots, n$ .

$A = \{a_{ij}\}$  – матриця гри (платіжна матриця). Припустимо, що гравець  $A$  вибрав стратегію  $A_i$ , тоді в найгіршому варіанті гри його виграш складе мінімум  $a_{ij}$ .

Передбачаючи таку можливість, гравець  $A$  намагається одержати максимально можливий виграш:  $\alpha = \max_i \min_j a_{ij}$ .

Стратегія  $A_{i_0}$ , що забезпечує величину виграшу  $\alpha$ , є максимінною. Число  $\alpha$  виступатиме нижньою ціною гри. Якщо гравець  $B$  зробив вибір  $B_j$ , у найгіршому варіанті він програє величину  $\max_i a_{ij}$ . Передбачаючи це, гравець  $B$  намагається зменшити свій можливий програш:  $\beta = \min_j \max_i a_{ij}$ .

Стратегія  $B_{j_0}$ , за якою буде досягнута ця величина, виступатиме мінімаксною стратегією з числом  $\beta$  як верхня ціна гри.

Фактично виграш гравця  $A$  (програш гравця  $B$ ) обмежений нижньою і верхньою ціною гри при розумних діях партнера (інтервал  $[\alpha; \beta]$ ).

У разі  $\alpha = \beta$  спільне дорівнює значенню гри  $V$ , тобто,  $\alpha = \beta = V$ . У цьому випадку гра є цілком визначеною. Для матриці це число називається сідловою точкою  $V = a_{i_0 j_0}$ .

Але, якщо гра кінцева, то вона має, принаймні, одне рішення [12], яке може знаходитися в області змішаних стратегій:

$$\sum_{i=1}^m x_i^* a_{ij} \geq V, \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot y_j^* \leq V,$$

де  $X^*$ ,  $Y^*$  – оптимальні ймовірності стратегій;

$V$  – значення гри чи ціна гри.

У рамках поставлених у роботі задач можна розглянути найпростіший окремий випадок.

$$n = 2, \quad m = 2, \quad A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}.$$

Якщо сідлової точки немає, необхідно застосовувати змішані стратегії. Вводимо в розгляд 2 вектори ймовірностей:

$$X = \{x_1; x_2\}, \quad Y = \{y_1; y_2\},$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 = V, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = V, \\ x_1 + x_2 = 1, \end{cases}$$

де спробуємо знайти  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $V$ .

Система лінійна і може бути вирішена будь-якими способами.

$$\begin{cases} x_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}, \\ x_2 = \frac{a_{11} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}, \\ V = \frac{a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}. \end{cases}$$

Друга система для ймовірностей  $Y$  :

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 = V, \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 = V, \\ y_1 + y_2 = 1. \end{cases}$$

Розв'язок цієї задачі може бути отриманий геометрично (рис. 2):

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}.$$

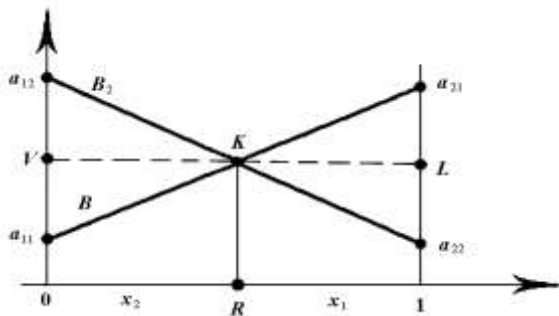


Рисунок 2 – Розв'язок гри у змішаних стратегіях визначення переваги при прийнятті рішення з вибору із двома обмеженнями

Розглядаючи подібну задачу при побудові рекомендаційного алгоритму, можна зробити висновок, що обмеження варіюються і залежать від ситуації та конкретних ОПР. Істотним обмежувачем всіх управлінських рішень, хоча іноді цілком усунутим, є встановлення вищою керівною ланкою звуження повноважень усіх членів організації. Коротко кажучи, ОПР може приймати або здійснювати рішення тільки в тому випадку, якщо вище керівництво наділило його цим правом. У цьому випадку рекомендаційна система може бути зорієнтована на стандарти, що

прийняті в організації та за якими належить оцінювати альтернативні варіанти вибору.

## 5. Підхід до реалізації алгоритму з оцінювання та вибору альтернатив

В умовах, коли ОПР працює без засобів автоматизації, створюється система з обмеженнями за знаннями і часом. Якщо при цьому приходиться вирішувати велику кількість завдань, то формулюється велика кількість альтернатив, що може призвести до невірного вибору і виникнення критичної ситуації. Тобто, замість пошуку найкращого можливого рішення ОПР повинні перебирати альтернативи тільки до тих пір, поки не виявиться така, яка задовольнить певному прийнятому мінімальному стандарту. Тому на практиці, найчастіше, замість пошуку оптимального рішення ОПР вибирають рішення, яке дозволить зняти проблему.

Розробка рекомендаційних систем для підтримки прийняття рішень націлена саме на те, щоб знайти оптимальне рішення за обмежений період часу. Поглиблений аналіз складних проблем необхідний для розробки декількох альтернатив, що дійсно суттєво

розрізняються, включаючи можливість бездіяльності. Саме для того слід оцінити кожен альтернативу.

Якщо для ілюстрації вирішення попередньої задачі роботи були використані змішані стратегії двох учасників за двома обмеженнями, то підхід до вирішення зазначеної задачі значно ширший. Він може бути проілюстрований на прикладі системи масового обслуговування – рекомендації вибору альтернативи щодо ефективного виконання завдання за обмежений час з максимальним результатом.

Припустимо, що перед ОНР стоїть задача збільшення потоку обслуговування клієнтів у черзі та підвищення прибутку, але ОНР повинен вибрати найкращу альтернативу із врахуванням обмежень пропускної системи.

Є приміщення, де працюють  $N_1$  працівників, та кімната, де очікують  $N_2$  клієнтів у черзі. Середній час обслуговування клієнта складає  $t_1$  хвилин. Середній інтервал часу між приходом клієнтів складає  $t_2$  хв. Середній прибуток від одного клієнта складає  $2n$  грн. Коли приходять клієнт і бачить, що вільних місць немає, він не чекає, а йде шукати місце, де його обслуговують із мінімальним часом очікування у черзі. Припускаємо також, що тривалість робочого дня складає 10 годин (600 хв.). Порядок обслуговування клієнтів наприкінці робочого дня такий: після 600 хв. доступ нових клієнтів припиняється, а ті клієнти, що очікують у черзі, обслуговуються усі.

Звичайно, що для збільшення обслуговування виникає питання щодо вибору альтернативи про розширення кількості місць. Але одне додаткове місце для обслуговування зменшить кількість місць для очікування на три. Чи зможе вибір такої альтернативи збільшити отримання прибутку?

Побудову алгоритму оцінювання та вибору альтернатив можна представити в рамках одного робочого дня, а систему у задачі слід розглядати, як дво- та триканальну, з обмеженою чергою за часовим інтервалом. А власне вирішення задачі можна представити, змодельовавши систему показового розподілу часу тільки для двох робочих місць і п'яти місць у черзі. В такому випадку середній час обслуговування клієнта приймається у 30 хв, а середній проміжок часу між приходом клієнтів 10 хв.

Для підвищення точності можна розбити весь час на 10 тактів. Тобто, тривалість робочого дня складає 6000, середній час обслуговування 200, а проміжок часу між клієнтами – 100 тактів. Основна ідея рішення – знайти середню кількість клієнтів, що обслуговуються в обох випадках (вибір альтернативи з двома та трьома місцями обслуговування) протягом робочого дня. Якщо ці величини помножити на прибуток від обслуговування клієнта, можна одержати добовий прибуток, за зміною величини якого вже робити висновки про вигідність або не вигідність впровадження нової системи обслуговування.

Найзмістовніше реалізувати цю задачу засобами Excel з використанням інтерпретованої мови Visual Basic for Applications для демонстрації роботи алгоритму. У цьому випадку алгоритм з оцінювання та вибору альтернативи на основі наявних рекомендацій може бути побудований таким чином:

- 1) Задаємо значення перемінної NW – кількість випробувань.
- 2) Визначаємо масив PER (1 to 7). У цьому масиві у PER(1), PER(2) буде міститись час обслуговування клієнтів (0, якщо їх немає). У PER(3) ÷ PER(7) вказується поточний стан місць у черзі на обслуговування: 0 – місце вільне, 1 – місце зайнято.
- 3) Визначаємо перемінні:  
NW – кількість спостережень (циклів випадкових подій для вибору альтернативи);  
N\_C – кількість часу до приходу наступного клієнта;  
N\_Yes – кількість клієнтів, яких обслуговано;  
N\_No – кількість клієнтів, яких не обслуговано;

$N\_Per$  – загальна кількість місць у системі очікування і обслуговування (7);

$N\_Varb$  – кількість робочих місць;

$tcl$  – середній проміжок часу між приходом клієнтів;

$tser$  – середній проміжок часу обслуговування одного клієнта.

4) Для кожного «робочого дня» від  $i=1$  до  $i=NW$  на «нульовому» кроці перед початком розрахунків:

а) обнулюються перемінні  $N\_Yes$ ,  $N\_No$ ;

б) генерується час до приходу другого клієнта і розміщується у  $N\_C$  (тобто, для вибору альтернативи в даному випадку імітується поява першого клієнта, від якого починається відлік, а потім від цього клієнта вже розраховуються альтернативні варіанти роботи системи, з яких і відбудуватиметься вибір);

в) генерується час обслуговування першого клієнта і розміщується у  $PER(1)$ .

5) у циклі щодобових випробувань для кожного такту з 1 до 6000 виконуються такі дії:

а) перевіряється чи дорівнює  $N\_C$  нулю?

б) імітується поведінка системи у наступний такт часу (перебір альтернативних варіантів поведінки системи).

б) Якщо перемінна  $N\_C$  дорівнює нулю:

а) генерується нове значення  $N\_C$ ;

б) визначається, чи є вільні місця. Для цього визначається змінна  $NS=0$  та проводиться перебір змісту масиву  $PER(i)$ . Якщо поточний елемент більше 0, зміст  $NS$  збільшується на 1;

в) якщо  $NS=N\_PER$ , вільних місць немає, поточний клієнт не обслуговується. Зміст  $N\_No$  збільшується на 1;

г) якщо  $NS < N\_PER$ , збільшується на 1 зміст  $N\_Yes$ , знаходяться, які елементи є вільними.

При цьому береться до уваги:

– якщо вільним є хоча б один з елементів від 1 до  $N\_Varb$ , це означає, що черги немає і хоча б одне робоче місце є вільним. Тоді в елементі масиву  $PER$ , що відповідає вільному робочому місцю, генерується час обслуговування;

– якщо елементи, які відповідають робочим місцям, відмінні від 0 (зайняті), знаходиться першій вільний елемент, що відповідає черзі, йому присвоюється значення 1.

7) Для імітацій поведінки системи у наступний момент часу:

а) зменшується на 1 зміст  $N\_C$ ;

б) у комірках  $PER(1) \div PER(N\_BARB)$ , що відмінні від нуля, відбувається зменшення на 1.

Якщо внаслідок цього зміст поточної комірки дорівнює 0 і наявні комірки черги, зміст яких дорівнює 1, то обираємо першу з таких комірок і обнулюємо. Водночас у вільній комірці робочого місця генерується час обслуговування клієнта. Тим самим моделюється обслуговування поточного клієнта з черги.

8) По закінченні добового циклу тактів (6000) на робочий аркуш виводять поточне значення змінної доби,  $N\_Yes$ ,  $N\_No$ .

Нижче наведено фрагмент лістингу коду в частині вибору альтернативи за представленим алгоритмом:

```
For i = 1 To NW
```

```
  N_No = 0
```

```
  N_Yes = 1
```

```
  N_c = Time_Cli()
```

```
  PER(1) = Time_Ser()
```



```

For j = 2 To N_Per
    PER(j) = 0
Next j
'MsgBox n_c & " " & PER(1)
For j = 1 To 6000
    '**Випадок n_c=0
    If N_c = 0 Then
        N_c = Time_Cli
        N_s = 0
        For k = 1 To N_Per
            If PER(k) > 0 Then N_s = N_s + 1
        Next k
        If N_s = N_Per Then
            N_No = N_No + 1
        End If
        If N_s < N_Per Then
            N_Yes = N_Yes + 1

```

Після того, як відпрацьовано основний вибір, перевіряється наявність порожніх місць обслуговування для формування рекомендацій із заповнення клієнтської бази. Фрагмент лістингу коду виконання цього етапу алгоритму наведено нижче:

```

    If N_s < N_Varb Then

        For k = 1 To N_Varb
            If PER(k) = 0 Then
                PER(k) = Time_Ser()
                Exit For
            End If
        Next k

    End If ' Кінець N_s < N_Varb
    If N_s >= N_Varb Then

        For k = N_Varb + 1 To N_Per
            If PER(k) = 0 Then
                PER(k) = 1
                Exit For
            End If
        Next k
    End If '**кінець N_s > N_Varb
End If ' ***Кінець N_s < N_Per
End If ' ***Кінець n_c=0

```

З наведеного алгоритму можна зробити висновок, що при виявленні нової альтернативи потрібна її оцінка. Тобто, цикл слід повторити, а для зіставлення рішень за кожною альтернативою ще й розширити рекомендаційний алгоритм. Крім того, наведений алгоритм демонструє на прикладі наявних порожніх місць для обслуговування необхідність рекомендації альтернатив поведінки в залежності від варіантів зміни умов поведінки системи.

## 6. Висновки

1. Виявлені особливості рекомендаційних систем різних сфер застосування дозволяють зробити висновок про деякі суттєві відмінності, характерні для представлення рекомендацій кінцевому споживачу при користуванні системами дистанційного навчання чи підтримки прийняття рішень. Рекомендації в таких системах з уподобань користувача безпосередньо зміщуються на людину і на проблему.
2. При структуризації процесів рекомендаційної системи для підтримки прийняття рішень відбувається орієнтація на науковий метод обґрунтування питань. Тому побудова алгоритмів таких систем є ускладнена з першого етапу – спостереження, де виявляються перешкоди або можливості. Подібну задачу можна вирішувати через системи рівнянь, що описують процеси в організації, з відповідними обмеженнями.
3. Наведений алгоритм з оцінювання та вибору альтернатив є одним із варіантів можливої побудови системи рекомендацій при необхідності обґрунтування управлінського рішення щодо розширення діяльності підприємства. Показано, що рішення щодо зняття проблеми і пошук оптимального рішення хоча і лежать в одній площині, але не є рівнозначними. Крім того, пошук оптимального рішення потребує більшої бази інформації для створення рекомендаційної системи.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Resnick P., Iacovou N., Suchak M., Bergstrom P., Riedl J. GroupLens: An open architecture for collaborative filtering of netnews. *Proc. of the 1994 Computer Supported Cooperative Work Conference*. New York: ACM, 1994. 420 p.
2. Francesco R., Lior R., Bracha S., Paul K.B. *Recommender Systems Handbook*. Dordrecht: Springer, 2015. 1009 p.
3. Ricci F. Travel Recommender Systems. *Intelligent Systems*. 2002. N 6. P. 55–57.
4. Паулін О.М., Комлева Г.О., Улізько Г.В. Рекомендаційна система для допомоги у вивченні музичних творів. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Технічні науки*. 2020. Т. 31 (70), № 5. С. 94–99. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/16>.
5. Drachsler H., Hummel H.G.K., Koper R. Identifying the Goal, User model and Conditions of Recommender Systems for Formal and Informal Learning. *Journal of Digital Information*. 2009. Vol. 10, N 2: Social Information Retrieval for Technology Enhanced Learning. 17 p. URL: <https://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi/article/download/442/279>.
6. Єрошенко О.С. Рекомендаційні системи в дистанційному навчанні. *Science Online*. URL: <http://nauka-online.com/>.
7. Pu P., Chen L., Hu R. A user-centric evaluation framework for recommender systems. *Proc. of the fifth ACM conference on Recommender Systems (RecSys'11)*, ACM. New York, NY, USA, 2011. P. 57–164.
8. Федонін О.С., Швиданенко Г.О., Лаврененко В.В. та ін. Новітні тенденції розвитку управління підприємствами: монографія. К.: КНЕУ, 2011. 257 с.
9. Aggarwal C.C. *Recommender Systems: The Textbook*. New York: Springer, 2017. 498 p.
10. Mescon M.H., Albert M., Khedouri F. *Management: Individual and Organizational Effectiveness*. New-York: Harper & Row, 1985. 756 p.
11. Ackoff R.L. Management Misinformation Systems. *Management Science*. 1967. N 14 (4). P. 147–156.
12. Баргіш М.Я., Дудзяний І.М. Дослідження операцій. Ч. 3: Ухвалення рішень і теорія ігор. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету ім. І. Франка, 2009. 277 с. ISBN 966-613-496-9.

Стаття надійшла до редакції 19.01.2022