

# Обробка інформації в складних організаційних системах

УДК 681.3

DOI: 10.30748/soi.2020.161.03

В.В. Калачова<sup>1</sup>, С.С. Ткачук<sup>2</sup>, Є.О. Меренті<sup>3</sup>, Д.В. Третяк<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup> Вінницький національний технічний університет, Вінниця

<sup>3</sup> Інститут підготовки юридичних кадрів для СБУ  
національного юридичного університету ім. Я. Мудрого, Харків

## БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ СИНТЕЗ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ БІЛІНГОВОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ АНАЛІЗА ІЄРАРХІЙ

*Правильний вибір БС критичний для прибутковості підприємства сфери обслуговування. На певному етапі зростання компанії білінг перетворюється з надійного і швидкого помічника в зборі та обробці інформації в інструмент для розширення і вдосконалення сервісу на існуючій технічній базі, а значить, для залучення нових клієнтів. Від надійності та швидкості роботи БС залежить якість обслуговування клієнтів і можливості, які отримує фірма-постачальник, що, в кінцевому рахунку, впливає на прибутковість підприємства сфери обслуговування. В роботі наведено багатокритеріальний синтез організаційної структури білінгової інформаційної системи методом аналізу ієрархій (MAI). Метод призначений для прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах слабкої структурованості організаційно-технічних систем і невизначеності вихідної інформації, заданої набором кількісних і якісних залежностей. Обґрунтованість і достовірність прийнятих рішень багато в чому залежать від узгодженості експертних думок, які формалізовано виражаються через властивості зв'язності і транзитивності між експертними оцінками вихідного факторного простору. Закладений в основу MAI принцип декомпозиції складної проблеми сукупністю більш простих складових, дозволяє здійснити побудову найбільш оптимального варіанту організаційної структури білінгової інформаційної системи відповідного призначення.*

**Ключові слова:** білінгова інформаційна система, автоматизована система розрахунку, глобальний пріоритет, якісні та кількісні показники.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Білінгова система – це автоматизована система розрахунків (АСР) фірми-постачальника товарів або послуг з клієнтами. Вона призначена для обчислення вартості товарів або послуг, виходячи з визначених у ній даних про ціни, тарифи та інші вартісні характеристики, організації різних способів обліку і обробки даних про клієнтів, товари, послуги, платежі та інші визначні місця та події, а також для виставлення рахунків клієнтам і організації інших форм звітності [1–3].

Правильний вибір БС критичний для прибутковості підприємства сфери обслуговування. На певному етапі зростання компанії білінг перетворюється з надійного і швидкого помічника в зборі та обробці інформації в інструмент для розширення і вдосконалення сервісу на існуючій технічній базі [4], а значить, для залучення нових клієнтів. Від надійності та швидкості роботи БС залежить якість обслуговування клієнтів і можливості, які отримує фірма-постачальник, що, в кінцевому рахунку,

впливає на прибутковість підприємства сфери обслуговування. Наприклад, швидке і точне отримання статистичних даних про продажі, надані послуги та активності клієнтів допомагають вчасно визначити нові вектори розвитку, спланувати заходи щодо вдосконалення технічних потужностей, вчасно відреагувати на зміну вимог споживачів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Метод аналізу ієрархій (MAI) призначений для прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах слабкої структурованості організаційно-технічних систем і невизначеності вихідної інформації, заданої набором кількісних і якісних залежностей. Причинами невизначеності є неповнота знань експерта про властивості об'єктів; недостатня впевненість особи, що приймає рішення, в правильності своїх оцінок; суперечливість знань; нечіткість уявлення інформації. Наявність невизначеності призводить до виникнення помилок в експертних оцінках, неузгодженості даних і порушення основних властивостей суджень, таких як зв'язність і транзитивність [5].

Обґрунтованість і достовірність прийнятих рішень багато в чому залежать від узгодженості експертних думок, які формалізовано виражаються через властивості зв'язності і транзитивності між експертними оцінками вихідного факторного простору. Відсутність цих властивостей в системі переваг не дозволяє здійснити однозначний вибір на множинах критеріїв і альтернатив рішень, що приймаються. У практичних завданнях для підвищення якості та обґрунтованості рішень слід спочатку відновити зазначені властивості, а потім погоджувати думки експертів.

В основу МАІ закладений принцип декомпозиції складної проблеми сукупністю більш простих складових, названих автором методу Т. Сааті ієрархічними рівнями або ієрархіями. Складові проблеми в залежності від системного призначення поділяються на об'єкти-критерії та об'єкти-альтернативи прийнятих рішень. З об'єктів-критеріїв організовується ієрархічна структура, яка містить рівні цілей, підцілей, цільових функцій, а з об'єктів-альтернатив створюється ієрархічна структура, що відображає підпорядкованість ієрархій прийнятих рішень. Нумерація ієрархічних рівнів проводиться окремо для структури об'єктів-критеріїв і структури об'єктів-альтернатив. В результаті декомпозиції утворюється архітектура проблеми, що відображає відносну ступінь взаємозв'язку об'єктів ієрархії [6].

**Формулювання мети статті.** Мета статті – аналіз підходів до багатокритеріального синтезу організаційної структури білінгвової інформаційної системи.

### Виклад основного матеріалу

*Алгоритм методу аналізу ієрархій*, який використовується в задачах багатокритеріальної оптимізації, містить наступні етапи [7-12]:

1. Змістовна постановка задачі прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах невизначеності.

2. Математична постановка задачі прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах невизначеності включає в себе формування ієрархічної структури узагальненого критерію ефективності у вигляді супідрядних рівнів цілей, підцілей і цільових функцій; математичний опис функціональних залежностей і параметричних обмежень завдання прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах невизначеності; формування ієрархічної структури взаємозв'язку альтернатив рішень, що приймаються.

3. Ранжування кінцевої множини об'єктів-критеріїв і об'єктів-альтернатив рішень, що приймаються

$$p = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_m\}$$

за важливістю шляхом завдання вектора вагових коефіцієнтів

$$\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_m\},$$

значення яких задовольняють обмеженням

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0.$$

У багаторівневій ієрархічній системі прийняття рішень ранжування за важливістю кожного  $k$ -го рівня множини об'єктів-критеріїв і множини об'єктів-альтернатив

$$p^k = \{p^k_1, \dots, p^k_i, \dots, p^k_m\}$$

проводиться шляхом завдання  $k$  векторів вагових коефіцієнтів

$$\alpha^k = \{\alpha^k_1, \dots, \alpha^k_i, \dots, \alpha^k_m\}, k = \overline{1, K},$$

де  $K$  – кількість рівнів ієрархічної структури об'єктів-критеріїв і структури об'єктів-альтернатив;  $m_k$  – кількість об'єктів на  $k$ -му рівні критеріїв і  $k$ -му рівні альтернатив.

Завдання ранжирування об'єктів за важливістю в межах кожного  $k$ -го рівня ієрархії полягає в тому, щоб на підставі опитування експертів і математичних методів обробки експертних даних встановити множину співвідношень

$$p^k_i \rightarrow \alpha^k_i$$

для всіх рівнів ієрархічної структури критеріїв та ієрархічної структури альтернатив. Ці судження дозволяють перевести якісні характеристики в кількісні або числові залежності.

4. Формування матриці парних порівнянь  $[S^k_{p \ m \times m}]$  для кожного  $k$ -го рівня множини об'єктів (рис. 1).

$$\begin{array}{cccc}
 & p^k_1 & \dots & p^k_j & \dots & p^k_m \\
 p^k_1 & \left( \begin{array}{cccc}
 \alpha^k_{11} & \dots & \alpha^k_{1j} = \alpha^k_1 / \alpha^k_j & \dots & \alpha^k_{1m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \alpha^k_{i1} & \dots & \alpha^k_{ij} = \alpha^k_i / \alpha^k_j & \dots & \alpha^k_{im} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \alpha^k_{m1} & \dots & \alpha^k_{mj} = \alpha^k_m / \alpha^k_j & \dots & \alpha^k_{mm}
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

Рис. 1. Структура вихідної матриці парних порівнянь

Матриці парних порівнянь  $[S^k_{p \ m \times m}]$  є основним сховищем інформації, необхідної для прийняття багатокритеріальних рішень. Кожна матриця  $[S^k_{p \ m \times m}]$  складається за такими правилами:

– думка кожного експерта (користувача або ОПР) записується у вигляді рядка матриці парних  $[S^k_{p \ m \times m}]$ ;

– експерт повинен бути ерудованим в області прийнятих рішень і вміти швидко відповідати на поставлені запитання: у скільки разів ваговий коефіцієнт  $\alpha_i$  більше вагового коефіцієнта  $\alpha_j$  або у скільки разів менше.

льки разів ваговий коефіцієнт  $\alpha_j$  менше коефіцієнта  $\alpha_i$ ;

– кожен елемент  $\alpha_{ij}^k$  матриці парних порівнянь  $[S_{p\ m\ m}^k]$  визначається виразом  $\alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k$ , де  $\alpha_i^k$  і  $\alpha_j^k$  – вагові коефіцієнти пріоритетності об'єктів парної зв'язності  $k$ -го рівня ієрархії об'єктів-критеріїв або об'єктів-альтернатив:

$$p_i^k \rightarrow \alpha_i^k, p_j^k \rightarrow \alpha_j^k; \alpha_i^k, \alpha_j^k \rightarrow \alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k.$$

Розмірності коефіцієнтів, які розглядаються по парам  $\alpha_i^k$  і  $\alpha_j^k$  повинні бути однаковими, а значення цих коефіцієнтів не допускають ділення на нуль. Якщо  $\alpha_i^k / \alpha_j^k > 1$ , то об'єкт  $p_i$  вважається важливіше об'єкта  $p_j$ . Отримані таким чином значення вагових коефіцієнтів є оцінками у шкалі відношень і відповідають так званим жорстким оцінкам

5. Пошук рішення задачі багатокритеріальної оптимізації здійснюється шляхом поетапного встановлення пріоритетів. На першому етапі виявляються найбільш важливі об'єкти проблеми, що вирішуються; на другому – здійснюється пошук найкращого способу перевірки спостережень, випробування і оцінки об'єктів. На наступних етапах здійснюється вироблення раціонального рішення і оцінювання його якості. Процес прийняття рішень проводиться над послідовністю ієрархій: результати, отримані на одній з них, використовуються в якості вхідних даних при вивченні наступної ієрархії.

Перевірка узгодженості експертних думок є вихідною передумовою МАІ. Для визначення міри узгодженості експертних думок використовується вихідна матриця парних порівнянь, отримана шляхом опитування експертів методом парних порівнянь в шкалі Сааті. В якості міри узгодженості найчастіше використовується індекс узгодженості і відношення узгодженості. Узгодженість назад симетричною вихідної матриці парних порівнянь еквівалентна вимогу рівності її максимального власного значення  $\lambda_{max}$  числу порівнюваних об'єктів  $n$ , тобто  $\lambda_{max} = n$ .

Тому в якості запобігання неузгодженості прийнято розглядати нормоване відхилення  $\lambda_{max}$  від  $n$ , що має назву індекс узгодженості:

$$IV = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}.$$

Щоб оцінити ступінь узгодженість експертних думок, індекс узгодженості ( $IV$ ) порівнюють з випадковим індексом ( $BI$ ). Випадковим індексом називають індекс узгодженості, розрахований для квадратної  $n$ -мірної позитивної зворотньосиметричної матриці, елементи якої отримані датчиком випадкових чисел для інтервалу значень від 1 до 9. Для матриці з фіксованим значенням індекс розраховується як середнє значення для вибірки  $N = 100$ . У табл. 1 представлені середньоквадратичні значення узгодженості для випадкових матриць порядку від 1 до 10.

Таблиця 1

Величина випадкової узгодженості

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Отримавши індекс узгодженості і вибравши з табл. 1 випадковий індекс для заданого порядку матриці, розраховується відношення узгодженості ( $BV$ ):

$$BV = IV / BI.$$

Якщо величина  $BV \leq 0,1$ , то ступінь узгодженості експертних даних вважається прийнятною. В іншому випадку (якщо  $BV > 0,1$ ) експерту рекомендується переглянути свої судження. Для цього необхідно виявити ті позиції в матриці суджень, які вносять максимальний внесок в величину відносини узгодженості, і спробувати змінити запобіжний неузгодженості в меншу сторону на основі більш глибокого аналізу питання.

Модель проблеми прийняття рішень можна представити сукупністю цільових функцій  $f_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  і набором альтернатив рішень, що приймаються  $x = \{x_j\} \subset X$ ,  $j = \overline{1, n}$  у вигляді:

$$f_i(x_j) \rightarrow \max_{x \in X}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n},$$

де  $m$  – кількість цільових функцій,  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset X$  – кінцева множина альтернатив рішень, що приймаються, що містить  $n$  елементів  $x_j$ . Значення чисел  $m$  і  $n$  повинні бути відносно невеликі, оскільки саме вони в МАІ визначають трудомісткість діалогових процедур реального масштабу часу з вилучення додаткової інформації про завдання.

Після реалізації цієї логіко-семантичної процедури визначення приватних критеріїв можна скористатися методом лінійної згортки

$$J(x_j) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_i(x_j), \quad j = \overline{1, n}$$

для отримання досліджуваних на оптимальність альтернатив прийнятих рішень  $x_1 = A_1, x_2 = A_2, x_3 = A_3$ .

Якщо множина досяжності даної багатокритеріальної задачі не є опуклою, то замість лінійної згортки в якості узагальненого критерію доцільно використовувати згортку Джофріона, засновану на комбінації лінійної і максиміної згортки.

Структуризація проблеми прийняття рішень передбачає декомпозицію вихідної проблеми на більш прості складові і обробку експертних думок осіб, котрі приймають рішення. За результатами думок експертів визначається відносна значимість приватних критеріїв і альтернатив рішень, що приймаються щодо приватних критеріїв, які перебувають на різних рівнях ієрархії. Відносна значущість

виражається чисельно у вигляді векторів пріоритетів, які представляють собою так звані жорсткі оцінки в шкалі відносин.

Структуризація передбачає побудову багаторівневої графічного представлення проблеми прийняття рішень. Побудова ієрархічної структури вирішуваної проблеми починається з глобальної мети (фокуса ієрархії). Нижче розташовується ієрархічна структура локальних критеріїв, що містить рівні цілей, підцілей і цільових функцій. Під рівнями ієрархічної структури локальних критеріїв розташовується ієрархічна структура альтернатив рішень, що приймаються. Існують три основні способи графічного відображення ієрархії: декомпозиція заданої множини об'єктів; агрегування більш загальних об'єктів із заданих приватних; впорядкування попередньо заданої множини об'єктів на основі їх парного порівняння.

Для встановлення відносної важливості елементів ієрархії використовується шкала переваг, яка дозволяє експерту поставити у відповідність ступенями переваги одного порівнюваного об'єкта перед іншим деякі числа. Ці числа  $\alpha_{ij}$  повинні показувати, у скільки разів об'єкт  $p_i$  краще об'єкта  $p_j$ . Мінімальна кількість чисел  $\alpha_{ij}$  в шкалі відносин може бути два, наприклад, 1, якщо об'єкти рівнозначні, і 5, якщо об'єкт  $p_i$  краще об'єкта  $p_j$  в п'ять разів. Максимальна кількість чисел  $\alpha_{ij}$  в шкалі відносин обмежується складністю обчислювальних процедур.

Завдання синтезу білінгової інформаційної системи полягає в тому, щоб вибрати найкращий варіант цієї системи за сукупністю техніко-економічних характеристик, наведених в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз альтернативних варіантів білінгових інформаційних систем

Приватні критерії	Альтернативні варіанти білінгових систем				
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
f <sub>1</sub> (x)	Легка адаптація	Порівняно гнучка	Відносно гнучка	Порівняно легка	Порівняно гнучка
f <sub>2</sub> (x)	До 2 млн. абонентів	До 1 млн. абонентів	Без обмежень	500 - 500000 абонентів	Без обмежень
f <sub>3</sub> (x)	OC Windows, Linux	OC Windows, UNIX	OC Windows	Windows	Windows, UNIX
f <sub>4</sub> (x)	Дуже висока	Порівняно висока	Висока надійність	Висока надійність	Порівняно висока
f <sub>5</sub> (x)	Високий	Невисокий	Достатньо високий	Невисокий	Порівняно високий

У табл. 2 наведені характеристики альтернатив рішень, що приймаються: A<sub>1</sub> – система “Атлант”, A<sub>2</sub> – система “Ай-Ті”, A<sub>3</sub> – система “Мир-АСР”, A<sub>4</sub> – система “Орел-М”, A<sub>5</sub> – система “Енран”. Як приватні критерії виступають техніко-економічні показники: f<sub>1</sub>(x) – гнучкість, f<sub>2</sub>(x) – продуктивність, f<sub>3</sub>(x) – апаратна платформа, f<sub>4</sub>(x) – надійність, f<sub>5</sub>(x) – економічна ефективність.

Глобальний показник якості, що характеризує правильність вибору структури і компонентного

складу системи, зазвичай зв'язується з її функціональними, технічними та економічними характеристиками. Такий показник є досить розпливчастим і невизначеним, тому можна скористатися набором критеріїв-заступників, які дозволяють замінити вихідну слабоформалізовану задачу іншою добре структурованою багатокритеріальною задачею.

Припустимо, що вихідний глобальний критерій ефективності вирішуваної проблеми можна апроксимувати наступним набором приватних техніко-економічних показників якості, кожен з яких необхідно максимізувати:

– f<sub>1</sub>(x) – гнучкість системи, яка представляє собою здатність швидко пристосовуватися до обставин, що змінюються, потребам будь-якого оператора зв'язку, можливості використання системи як в самостійному режимі, так і в складі експлуатованої АСУ;

– f<sub>2</sub>(x) – продуктивність, масштабованість і відкритість системи, що складаються в тому, що при зростанні числа абонентів і додаткових послуг не повинна виникати необхідність зміни або доопрацювання програмного забезпечення, тобто повинна існувати можливість розширення конфігурації системи;

– f<sub>3</sub>(x) – апаратна платформа, що представляє собою набір узгоджених між собою технічних засобів, які забезпечують вирішення заданих функціональних завдань з необхідними якісними показниками;

– f<sub>4</sub>(x) – надійність, що характеризує інтегровану властивість інструментальних апаратно-програмних засобів системи зберігати працездатність в процесі їх експлуатації;

– f<sub>5</sub>(x) – економічна ефективність (економічність) від впровадження обраного варіанту апаратно-програмних засобів білінгової системи.

Формування ієрархічної структури приватних критеріїв проблема вибору білінгової інформаційної системи починається з встановлення фокуса ієрархії, в якому розташований глобальний критерій. Нижче розташовуються рівні приватних критеріїв і підкритеріїв, ще нижче розміщуються рівні альтернатив рішень, що приймаються (рис. 2).

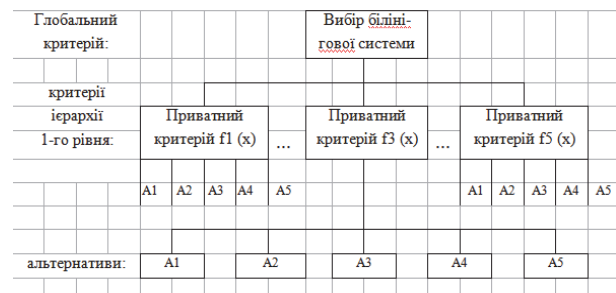


Рис. 2. Ієрархічна структура багатокритеріальної задачі вибору білінгової інформаційної системи

## Висновки

Визначення коефіцієнтів переваги приватних критеріїв починається з формування матриці парних порівнянь  $[S_f^{m \times m}]$ , яка відображає оцінку критеріїв по відношенню один до одного.

Розмірність матриці  $[S_f^{m \times m}]$  повинна бути  $5 \times 5$  (за кількістю критеріїв), рядки і стовпці матриці називаються назвою приватних критеріїв.

Все діагональні елементи матриці  $[S_f^{5 \times 5}]$  приймають значення одиниці. Відносна важливість елементів матриці  $[S_f^{5 \times 5}]$  призначається по шкалі переваг Сааті.

Результати виконаних розрахунків показують, що кращою альтернативою, рекомендованою до вибору, вважається білінгова система “Атлант” з максимальним значенням глобального пріоритету, незважаючи на її найвищу вартість. Якщо у замовника є нестача фінансових коштів для придбання системи “Атлант”, то вибір більш дешевого варіанту системи здійснюється шляхом перерахунку всіх таблиць з урахуванням залучення додаткової інформації про нові вимоги до проекту, що розробляється і узгодженості експертних думок.

## Список літератури

1. Калачева В.В. Моделирование логистических систем информационного обслуживания / В.В. Калачева, С.В. Осиевский, В.Ф. Третьяк // *Модельовання та інформаційні технології*. – Київ: Інститут модельовання в енергетиці НАН України – 2003. – Вип. 22. – С. 196-199.
2. Сумцов Д.В. Многокритериальный выбор проекта логистической информационной системы / Д.В. Сумцов, В.В. Калачева, В.Ф. Третьяк // *Системи обробки інформації*. – 2004. – Вип. 1. – С. 97-100.
3. Пономаренко В.С. Цілочисельне програмування в економіці / В.С. Пономаренко, Д.Ю. Голубничий, В.Ф. Третьяк – Харків: Вид. ХНУ, 2005. – 204 с.
4. Аналіз організаційно-економічного механізму формування і функціонування адаптивних структур в системі управління підприємством / Д.Ю. Голубничий, О.М. Місюра, Ю.М. Рябуха, В.Ф. Третьяк // *Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих науковців “Сучасне управління: проблеми та актуальні питання XXI століття”* (м. Харків: ХНУБА), 14 листопада 2018 р. – С. 108-110.
5. Авраменко В.П. Оптимизация оперативного управления бизнес-процессами методом анализа иерархий / В.П. Авраменко, Р.В. Петрова, В.В. Калачева // *Економіка: проблеми теорії та практики*. – 2005. – Днепропетровськ: ДНУ. – № 202. – Том 1. – С. 105-112.
6. Процедури оцінювання узгодженості експертних думок в задачах багатокритеріального структурного синтезу логістичних інформаційних систем / В.В. Калачова, Г.Б. Гишко, О.В. Колмогоров, О.М. Коплік, Д.В. Третьяк // *IV International Scientific and Practical Conference Science and practice: implementation to modern society*, 06–08 травня 2020 р. – Manchester, Great Britain. – 2020. – С. 451-459.
7. Калачева В.В. Оценивание согласованности экспертных мнений в задачах принятия проектных решений / В.В. Калачева, В.Ф. Третьяк, О.В. Третьяк // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – 2003. – № 6. – Харків: ХДАЗТ. – С. 11-13.
8. Авраменко В.П. Многокритериальный синтез организационной структуры биллинговой информационной системы методом анализа иерархий / В.П. Авраменко, О.А. Колесников, В.В. Калачева // *АСУ и приборы автоматизации*. – Харків: ХНУРЕ. 2003. – № 125. – С. 45-52.
9. Калачева В.В. Многокритериальный синтез логистических систем методом анализа иерархии / В.В. Калачева, Д.В. Сумцов, В.Ф. Третьяк // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – 2003. – Харків: ХДАЗТ. – № 2. – С. 37-41.
10. Технологія багатоальтернативного вибору інформаційних систем на основі методу аналізу ієрархій / В.П. Авраменко, О.А. Колесников, Н.Н. Юрьєва, В.В. Калачева // *Нові технології*. – 2002. – Кременчук: Інститут економіки та нових технологій ім. Ю.І. Кравченка. – № 1. – С. 32-38.
11. Бережний А.О. Методика розрахунку показника узгодженості планів при оцінці варіантів способу бойового застосування Повітряного командування / А.О. Бережний, І.А. Костюк, В.В. Калачова // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2019. – № 4(37). – С. 7-12. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.37.01>.
12. Моделирование иерархической структуры логистической информационной системы / В.В. Калачова, І.Г. Дзевєрін, Б.М. Крук, З.З. Закіров, Д.В. Третьяк // *IV International Scientific and Practical Conference Scientific horizon in the context of social crises*, 6–8 червня, 2020, Токіо, Японія. – 2020. – С. 382-390.

## References

1. Kalacheva, V.V., Osievskiy, S.V. and Tretyak, V.F. (2003), “Modelyrovanye lohystycheskykh system ynformatsyonnoho obsluzhyvaniya” [Modeling of logistics systems of information service], *Modeling and information technologies*, No. 22, Institute of Modeling in Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, pp. 196-199.
2. Sumtsov, D.V., Kalacheva, V.V. and Tretyak, V.F. (2004), “Mnohokryteryal’nyy vybor proekta lohystycheskoy ynformatsyonnoy systemy” [Multicriteria selection of the project of the logistic information system], *Information Processing Systems*, No. 1, pp. 97-100.
3. Ponomarenko, V.S., Golubnichiy, D.Yu. and Tretyak, V.F. (2005), “Tsilychysel’ne prohramuvannya v ekonomitsi” [*Integer programming in economics*], KhNU, Kharkiv, 204 p.
4. Golubnychiy, D.Yu., Misyura, O.M., Ryabukha, Yu.M. and Tretyak, V.F. (2018), “Analiz orhanizatsiyono-ekonomichnoho mekhanizmu formuvannya i funktsionuvannya adaptivnykh struktur v systemi upravlinnya pidpryyemstvom”

[Analysis of the organizational and economic mechanism of formation and functioning of adaptive structures in the enterprise management system], *Abstracts of the international scientific-practical conference of students and young scientists: "Modern governance: problems and current issues of the XXI century"*, KhNUBA, Kharkiv, pp. 108-110.

5. Avramenko, V.P., Petrova, R.V. and Kalachova, V.V. (2005), "Optimizatsiya operativnogo upravleniya biznes-protsessami metodom analiza iyerarkhiy" [Optimization of operational management of business processes by the method of hierarchy analysis], *Economics: problems and theory of practice*, No. 202, Vol. 1, pp. 105-112.

6. Kalachova, V.V., Gyshko, G.B., Kolmogorov, O.V., Koplik, O.M. and Tretyak, D.V. (2020), "Protsedury otsinyuvannya uz-hodzhenosti ekspertnykh dumok v zadachakh bahatokryterial'noho strukturnoho syntezu lohistychnykh informatsiynykh system" [Procedures for assessing the consistency of expert opinions in the problems of multicriteria structural synthesis of logistics information systems], *IV International Scientific and Practical Conference Science and practice: implementation to modern society, May 06–08*, Manchester, Great Britain, pp. 451-459.

7. Kalachova, V.V., Tretyak, V.F. and Tretyak, O.V. (2003), "Otsenivaniye soglasovannosti ekspertnykh mneniy v zadachakh prinyatiya proyektnykh resheniy" [Assessing the consistency of expert opinions in the tasks of making design decisions], *Information and Control Systems on Railway Transport*, No. 6, pp. 11-13.

8. Avramenko, V.P., Kolesnikov, O.A. and Kalachova, V.V. (2003), "Mnogokriterial'nyy sintez organizatsionnoy struktury billingovoy informatsionnoy sis-temy metodom analiza iyerarkhiy" [Multicriteria synthesis of the organizational structure of a billing information system by the hierarchy analysis method], *ACS and Automation Devices*, No. 125, pp. 45-52.

9. Kalachova, V.V., Sumtsov, D.V. and Tretyak, V.F. (2003), "Mnogokriterial'nyy sintez logisticheskikh sistem metodom analiza iyerarkhiy" [Multicriteria synthesis of logistic systems by hierarchy analysis], *Information and Control Systems on Railway Transport*, No. 2, pp. 37-41.

10. Avramenko, V.P., Kolesnikov, O.A., Yur'yeva, N.N. and Kalachova, V.V. (2002), "Tekhnologiya mnogoal'ternativnogo vybora informatsionnykh sistem na osnove metoda analiza iyerarkhiy" [The technology of multi-alternative choice of information systems based on the method of analysis of hierarchies], *New technologies*, No. 1, pp. 32-38.

11. Bereznyi, A.O., Kostiuk, I.A. and Kalachova, V.V. (2019), "Metodyka rozrakhunku pokaznyka uzhodzhenosti planiv pry otsintsi variantiv sposobu boiovoho zastosuvannya Povitrianoho komanduvannya" [Method of calculation of plan consistency indicator in evaluating options of the fighting method application of Air command], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 4(37), pp. 7-12. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.37.01>.

12. Kalachova, V.V., Dzeverin, I.G., Crook, B.M., Zakirov, Z.Z. and Tretyak, D.V. (2020), "Modelyuvannya iyerarkhichnoy struktury lohistychnoy informatsiynoyi systemy" [Modeling of hierarchical structure of logistic information system], *IV International Scientific and Practical Conference Scientific horizon in the context of social crises, June 6–8*, Tokyo, Japan, pp. 382-390.

*Надійшла до редколегії 21.03.2020*

*Схвалена до друку 12.05.2020*

#### **Відомості про авторів:**

##### **Калачова Віроніка Валеріївна**

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник доцент  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3477-0858>

##### **Ткачук Сергій Сергійович**

кандидат технічних наук доцент кафедри  
Вінницького національного технічного університету  
Вінниця, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2599-8834>

##### **Меленті Євген Олександрович**

кандидат технічних наук  
завідувач кафедри інституту підготовки  
юридичних кадрів для СБУ національного  
юридичного університету ім. Я. Мудрого,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2955-2469>

##### **Третяк Дар'я Вячеславівна**

курсант інституту підготовки юридичних кадрів для СБУ  
національного юридичного університету  
ім. Я. Мудрого  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3476-2666>

#### **Information about the authors:**

##### **Vironika Kalachova**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Research Associate Professor  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3477-0858>

##### **Sergei Tkachuk**

Candidate of Technical Sciences Senior Lecturer  
of Vinnitsa National Technical University,  
Vinnitsa, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2599-8834>

##### **Yevgen Melenty**

Candidate of Technical Sciences  
Head of the Chair  
of the Legal Training Institute for the SBU  
of Yaroslav Mudryi National Law University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2955-2469>

##### **Daria Tretyak**

Cadet of the Legal Training Institute for the SBU  
of Yaroslav Mudryi  
National Law University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3476-2666>

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ  
БИЛЛИНГОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

В.В. Калачова, С.С. Ткачук, Е.А. Меренти, Д.В. Третьяк

*Правильный выбор БС критический для прибыльности предприятия сферы обслуживания. На определенном этапе роста компании биллинг превращается из надежного и быстрого помощника в сборе и обработке информации в инструмент для расширения и совершенствования сервиса на существующей технической базе, а значит, для привлечения новых клиентов. От надежности и скорости работы БС зависит качество обслуживания клиентов и возможности, которые получает фирма-поставщик, что, в конечном счете, влияет на прибыльность предприятия сферы обслуживания. В работе приведены многокритериальный синтез организационной структуры биллинговой информационной системы методом анализа иерархий (МАИ). Метод предназначен для принятия многокритериальных проектных решений в условиях слабой структурированности организационно-технических систем и неопределенности исходной информации, заданной набором количественных и качественных зависимостей. Обоснованность и достоверность принятых решений во многом зависят от согласованности экспертных мнений, которые формализовано выражаются через свойства связности и транзитивности между экспертными оценками исходного факторного пространства. Заложенный в основу МАИ принцип декомпозиции сложной проблемы совокупности более простых составляющих позволяет осуществить построение наиболее оптимального варианта организационной структуры биллинговой информационной системы соответствующего назначения.*

**Ключевые слова:** биллинговая информационная система, автоматизированная система расчета, глобальный приоритет, качественные и количественные показатели.

**MULTI-CRITERION SYNTHESIS OF THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE  
OF THE BILLING INFORMATION SYSTEM BY THE METHOD OF ANALYSIS OF HIERARCHIES**

V. Kalachova, S. Tkachuk, Ye. Merenti, D. Tretyak

*The correct choice of BS is critical to the profitability of a service company. At a certain stage of the company's growth, billing is transformed from a reliable and quick assistant in collecting and processing information into a tool for expanding and improving the service on the existing technical base, and therefore, to attract new customers. The quality of customer service and the opportunities that the supplier company receives depend on the reliability and speed of the BS operation, which ultimately affects the profitability of the service industry enterprise. The paper presents a multi-criteria synthesis of the organizational structure of a billing information system by the method of hierarchy analysis/. The method is intended for making multi-criteria design decisions in conditions of weak structured organizational and technical systems and the uncertainty of the initial information given by a set of quantitative and qualitative dependencies. The validity and reliability of the decisions taken largely depend on the consistency of expert opinions, which are formalized through the properties of connectivity and transitivity between expert assessments of the initial factor space. The principle of decomposition of the complex problem of the aggregate of simpler components, which was laid at the foundation of the Moscow Aviation Institute, allows the construction of the most optimal variant of the organizational structure of the billing information system for the corresponding purpose.*

*A special place is occupied by the procedure of Structuring the problem of decision-making, which provides for the decomposition of the original problem into simpler components and processing of expert opinions of decision-makers. According to the results of the opinions of experts, the relative importance of private criteria and alternative decisions made in relation to private criteria, which are at different levels of the hierarchy, is determined. The relative significance is expressed numerically in the form of priority vectors, which are the so-called hard estimates in the scale of relations.*

**Keywords:** billing information system, automated calculation system, global priority, qualitative and quantitative indicators.