

*Все, что познается, имеет число,  
ибо невозможно ни понять ничего,  
ни познать без него.  
Пифагор*

# ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДОМ АНАЛІТИЧНОЇ ІЄРАРХІЇ В НЕЧІТКИХ УМОВАХ

УДК 33:550.311

*Дорохов О. В.  
Чернов В. Г.*

Розглянуто питання раціонального розміщення виробничих, складських, управлінських, торговельних об'єктів та підрозділів комерційних організацій, виробничих підприємств. Визначено, що успішне їх вирішення дозволить зменшити виробничі витрати, збільшити кількість покупців, підвищити якість обслуговування, поліпшити умови роботи, що забезпечить комерційний успіх в умовах конкурентного ринкового середовища. Обґрунтовано застосування для вирішення завдання методу аналітичної ієрархії, однак суттєвим його недоліком є складність урахування нечіткості, неповноти інформації, неточних значень у процесі оцінювання альтернатив. Запропоновано шляхи подолання цих невизначеностей та відповідну модифікацію класичного методу аналітичної ієрархії. Подано узагальнення методу за нечітких вхідних даних та оцінок. Визначено послідовність розрахунків, яка може бути реалізована у вигляді комп'ютерних алгоритмів. Наведено результати тестових обчислень, що підтвердили достовірність запропонованого підходу та можливість його практичного використання.

*Ключові слова:* раціональне розміщення об'єктів, метод аналітичної ієрархії, нечітке моделювання, прийняття рішень у нечітких умовах.

.....

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ

УДК 33:550.311

*Дорохов А. В.  
Чернов В. Г.*

Рассмотрены вопросы рационального размещения производственных, складских, управленческих, торговых объектов и подразделений коммерческих

организаций, производственных предприятий. Определено, что их успешное решение позволит уменьшить производственные затраты, увеличить количество покупателей, повысить качество обслуживания, улучшить условия работы, что обеспечит коммерческий успех в конкурентной рыночной среде. Обосновано применение для решения задачи метода аналитической иерархии, однако существенным его недостатком является сложность учета нечеткости, неполноты информации, неточных значений при оценке альтернатив. Предложены пути преодоления этих неопределенностей и соответствующая модификация классического метода аналитической иерархии. Представлены обобщения метода аналитической иерархии при нечетких входных данных и оценках. Определена последовательность расчетов, которая может быть реализована в виде компьютерных алгоритмов. Приведены результаты тестовых вычислений, которые подтвердили достоверность предложенного подхода и возможность его практического использования.

*Ключевые слова:* рациональное размещение объектов, метод аналитической иерархии, нечеткое моделирование, принятие решений в нечетких условиях.

.....

## MATHEMATICAL MODEL OF DECISION-MAKING ON THE PLACEMENT OF PRODUCTION FACILITIES BY THE ANALYTIC HIERARCHY METHOD IN FUZZY CONDITIONS

UDC 33:550.311

**O. Dorokhov**  
**V. Chernov**

The problems of rational placement of production, warehouse, management, retail facilities and units of commercial organizations and production plants are studied. Their solution is proved to reduce production costs, increase the number of customers, improve the quality of service, provide better working conditions, which ensures commercial success in a competitive market environment. The application of the analytical hierarchy method for solving this problem is substantiated. However, a major disadvantage of this method lies in the complexity of accounting vagueness, incompleteness of information, inaccurate estimates in evaluating the alternatives. Ways of surmounting these uncertainties are offered and a corresponding modification of the classical method of analytic hierarchy is described. Generalizations of the method, with fuzzy input data and estimates are presented. A sequence of calculations is determined that can be implemented in the form of computer algorithms. The results of test calculations are found to confirm the trustworthiness and feasibility of the proposed approach.

*Keywords:* rational placement of objects, analytic hierarchy method, fuzzy modelling, decision-making in fuzzy conditions.

.....

У процесі організації нового та розширення існуючого бізнесу, зміни економічного, соціального, комерційного становища на конкурентному ринку лікарських засобів і товарів медичного призначення багато фармацевтичних

підприємств стикаються з проблемою раціонального та ефективного розміщення своїх виробничих, складських, управлінських, торговельних об'єктів та структурних підрозділів. Ця проблема особливо актуальна для знов ство-

риваних, придбаних, споруджуваних об'єктів виробництва, зберігання, дистрибуції фармацевтичної продукції.

Прийняті при цьому управлінсько-комерційні рішення мають довготривалі наслідки, а після їх здійснення вони можуть бути змінені лише з великими фінансовими, часовими, організаційними витратами і втратами.

Тому питання оптимального вибору місця розташування різних інфраструктурних компонентів, об'єктів та підрозділів забезпечення виробництва, дистрибуції, оптової та роздрібною реалізації лікарських засобів в умовах України є дуже важливим і актуальним [1; 2].

Успішне вирішення цього завдання дозволяє в загальному випадку значно зменшити виробничі витрати, збільшити кількість покупців, підвищити якість обслуговування споживачів, замовників, клієнтів фармацевтичних фірм, поліпшити умови робіт власних співробітників, що в загальному підсумку веде до комерційного успіху підприємства.

Розглядаючи найбільш розповсюджені та продуктивні підходи та критерії вирішення завдання раціонального розміщення об'єктів фармацевтичних підприємств, слід підкреслити доцільність застосування для цього методу аналітичної ієрархії [3 – 6]. Оптимальне, а в спрощеній постановці, раціональне розміщення виробничо-комерційних об'єктів будь-якого призначення у загальному випадку становить досить складну економіко-математичну та обчислювальну задачу.

Аналіз літературних джерел показав, що на сучасному етапі для її вирішення найбільш часто використовують ряд відомих аналітичних методів. Серед них методи "центра ваги", математичного програмування з мінімізацією головного критерію – сумарних комерційних витрат, розподільчі завдання лінійного програмування та аналогічні. Однак загальним і принципово важким для усунення недоліком цих і подібних методів є надзвичайна складність, а інколи – принципова неможливість урахування всіх можливих, різнобічних за походженням і природою, реальних та потенційних факторів, що впливають на правильність остаточного рішення.

Враховуючи, що розв'язувана задача є багатокритеріальною, а значна частина критеріїв і параметрів прийняття рішення часто не піддається формалізації (конкурентне ринкове оточення, соціальна та політична ситуація, різні інші позакоекономічні фактори), загальне аналітичне рішення на практиці побудувати досить часто не є можливим. Тому переважним є використання методів експертного оцінювання з подальшим застосуванням аналітичних та евристичних методик прийняття оптимальних рішень.

Одними з найбільш прийнятних підходів у цьому випадку є методи аналізу ієрархій [7; 8] і мультиплікативного аналізу ієрархій [9]. При цьому додатковим позитивним фактором є наявність ряду досить доступних програмних продуктів, що реалізують у тому чи іншому вигляді (постановці) метод аналізу ієрархій.

Розглядаючи узагальнену постановку завдання і загальноприйнятну послідовність рішення, слід зазначити, що це завдання може бути подане в такому вигляді.

Визначається загальна мета функціонування відповідного об'єкта. Також відомими є можливі альтернативні варіанти розміщення об'єкта. Попередньо визначено основні критерії оцінки цих альтернатив. У результаті необхідно визначити кращий варіант місця розташування об'єкта.

Вирішення цього завдання реалізується в чотири етапи.

Спочатку слід побудувати ієрархічну модель, що відображає взаємозв'язок альтернатив і критеріїв, а також (за необхідності) здійснити більш детальну структурування останніх. Далі необхідно провести попарні порівняння для критеріїв і альтернатив відповідного рівня. Результати подаються у вигляді матриць попарних порівнянь із виконанням вимог узгодженості оцінок експертів або осіб, які приймають рішення. Також для кожної побудованої матриці визначаються й нормуються власні числа та власні вектори.

На наступному етапі з обчислених компонент власних векторів для кожної матриці попарних порівнянь можна отримати коефіцієнти важливості (ваги) для порівнюваних елементів відповідної матриці. При цьому повторно перевіряється узгодженість використаних експертних оцінок.

Насамкінець розраховуються показники рівня якості для кожної з альтернатив – так звані показники пріоритету, порівняння яких і дозволяє вибрати найбільш раціональне з інтегральної точки зору рішення (у даному випадку – місце розташування об'єкта).

Таким чином, попередньо слід провести ґрунтовний огляд і аналіз загальних критеріїв вибору місць розташування об'єктів з урахуванням предметної області (галузі виробництва, сфери послуг, що розглядається).

Взагалі раціональне розміщення господарських об'єктів є спільною проблемою як для нових, так і для вже існуючих фармацевтичних підприємств. При цьому слід враховувати широке коло критеріїв, які визначаються як конкурентним ринковим оточенням, так і цілями, економічним станом, особливостями самого підприємства. Необхідно розглянути основні та найбільш загальні з них.

*Близькість до споживачів.* Вона дозволяє швидко, з найменшими дистрибуторськими витратами надавати товари та послуги клієнту. При цьому інтереси та вимоги покупців можуть бути найбільш оперативно враховані та задоволені. Необхідним тут є врахування соціальної, демографічної, споживчої структури населення.

*Діловий клімат.* Оцінка ділового клімату включає наявність на ринку компаній-конкурентів, законодавство у сфері бізнесу, ставлення до підприємницької діяльності, оподаткування тощо.

*Загальні витрати.* До них належать регіональні витрати, внутрішні та зовнішні розподільні витрати. Вони складаються з вартості землі, споруд, оплати робочої сили, податків і зборів, енергетичних витрат, інших існуючих прихованих витрат, які важко піддаються обліку.

*Інфраструктура.* Вона включає наявність транспортної системи, можливість забезпечення життєдіяльності підприємства, доступ до електричної енергії, засобів комерційного зв'язку та телекомунікацій. Готовність регіональної влади до інвестицій в інфраструктуру також є стимулювальним чинником вибору місця розташування об'єкта.

*Якість професійної підготовки робочої сили.* Освітній і професійний рівень наявних (доступних до залучення) фахівців повинен відповідати необхідним кваліфікаційним вимогам, причому важливими є готовність і здатність до перенавчання.

*Постачальники.* Наявність їх розвинутої мережі, близькість розташування підприємств або складів основних постачальників, їх дилерів, представників, дистрибуторів, хороший транспортний доступ до них є дуже важливими критеріями вибору.

Місце розташування інших підрозділів фірми, які вже функціонують. Урахування розташування інших об'єктів підприємства, взаємна транспортна доступність істотно впливають на вибір місця розміщення, будівництва, придбання нових об'єктів.

*Зони вільної торгівлі, податкових пільг тощо.* Даний фактор є важливим у разі наміру використовувати значну частину імпортованих комплектуючих, компонентів готової продукції, необхідності відстрочок у митних платежах і зборах, експортоорієнтованих виробництв та наявності інших подібних специфічних умов виробничої діяльності.

*Різні некомерційні ризики й особливі умови ведення бізнесу.* До них належать геополітична та соціально-економічна обстановка в цілому, в окремих регіонах, територіях, населених пунктах, економічних районах тощо. Зокрема, необхідне врахування законодавчих особливостей розміщення й функціонування виробничо-комерційних об'єктів, а також неюридичних, наприклад, соціальних, культурних, етичних особливостей територій та їх населення.

Облік перерахованих факторів дозволив виділити для фармацевтичних фірм чотири основні типи об'єктів із відповідним набором критеріїв розміщення, а також загальні критерії. Так, загальними критеріями є типи використовуваного транспорту, інфраструктура території, архітектурні та будівельні обмеження, розташування відносно постачальників і споживачів, наявність трудових і матеріальних ресурсів.

Для виробничих об'єктів основними є транспортні витрати, ціна оренди або купівлі земельної ділянки, транспортна й енергетична інфраструктура, екологічні та природоохоронні, санітарно-гігієнічні вимоги й обмеження.

У свою чергу, складські приміщення необхідно розміщувати з урахуванням витрат на доставку товарів на склад та зі складу, розміру, конфігурації, можливості перспективного розширення земельної ділянки, величини й форми передбачуваної зони обслуговування даним складом існуючих і потенційних оптових клієнтів, купівельної спроможності, можливостей збуту та обсягу ринку в розглянутому районі.

Натомість, аптечні заклади слід розташовувати з урахуванням, у першу чергу, переміщення населення – потенційних покупців – і його споживчих переваг. При цьому необхідно враховувати зручність транспортного сполучення, візуальну доступність, престижність району, окремих вулиць і будинків, наявність інших сервісних інфраструктурних об'єктів, наявність і можливості автомобільного паркування, оформлення навколишньої території тощо.

У процесі розміщення офісних підрозділів важливіми стають також забезпечення зв'язку та телекомунікацій, паркування для співробітників, престижність району, зовнішнє і внутрішнє оформлення, інфраструктурне забезпечення будівлі в цілому й офісу, забезпечення контролю доступу та безпеки.

Одним із найбільш загальновідомих та широко розповсюджених методів розв'язання поставленої багатокритеріальної задачі альтернативного вибору на множині альтернатив є метод аналітичної ієрархії в класичній формі. Відповідні постановки та розв'язання задачі розміщення різноманітних об'єктів досить широко наведені в науковій літературі.

Однак загальним недоліком у цьому випадку є неврахування недовизначеності, нечіткості, неповноти інформації щодо точних значень параметрів вибору в процесі оцінювання альтернатив [10; 11]. Не розглядаючи витрати, причини, складові, джерела таких невизначеностей (що може бути предметом окремих наукових досліджень), слід розглянути можливі шляхи їх подолання (врахування) шляхом модифікації класичного підходу до методу аналітичної ієрархії [12 – 14]. Необхідно зауважити, що в процесі побудови матриць парного порівняння в цьому методі можливі три основні варіанти, слід послідовно розглянути кожний із них.

У найпростішому (класичному) випадку всі оцінки матриць парних порівнянь є чіткими числами. Але й у цьому разі традиційний метод аналізу ієрархій є досить громіздким, тому що вимагає точного обчислення власних чисел і власних векторів матриць парних порівнянь.

Відома можливість обчислення приблизних значень (координат) власних векторів, як середніх геометричних:

$$w_i = \sqrt[i]{\prod_{r=1}^i m_{i,r}}, \quad i = \overline{1, I}.$$

Однак це теж досить незручна процедура, яка дає лише приблизні результати, що не завжди задовольняють умови точності розв'язання та (за певних обставин) можуть викликати суттєві помилки в процесі подальших розрахунків.

Авторами пропонується більш простий підхід. Матриця парних порівнянь розглядається як сукупність матеріальних точок із масою, що дорівнює 1, та координатами  $m_{i,j} \in M_j$ , де  $M_j$  – матриця парних порівнянь, побудована для  $j$  критерію,  $m_{i,j}$  – оцінка  $i$ -ї альтернативи за  $j$ -м критерієм.

Відомо, що координата центра ваги є узагальненою характеристикою безлічі матеріальних точок. Для побудови векторів пріоритетів обчислюється координата центра ваги цієї сукупності  $CG(M_j)$ , потім знаходяться координати центрів ваги кожного рядка матриці  $M_j$  парних порівнянь  $CG_i(m_{i,k})$  для всіх  $k$ .

$$\text{Далі обчислюється відстань } \Delta_i = \left| CG(M_j) - CG_i(m_{i,k}) \right|,$$

яку можна розглядати як координату векторів пріоритетів. Тоді для деякої матриці парних порівнянь  $M_j$  може бути побудований вектор  $D_j = [A_1, A_2, \dots, A_n]^T$ , де  $T$  – символ транспортування. Наступним кроком є обчислення  $\bar{D}_j = \frac{1}{j} \sum_j D_j$  і побудова вектора  $\bar{D} = [\bar{D}_1, \bar{D}_2, \dots, \bar{D}_n]^T$ . У такому разі найкращою альтернативою буде така, котра має  $\min\{\bar{D}_j\}$ . Також можна використовувати мажоритарний принцип, коли найкращою альтернативою буде та, у якій для більшої кількості векторів  $D_j$  буде мати місце умова  $\min\{\Delta_j\}$ .

Тепер слід розглянути другий випадок, коли елементи матриці парних порівнянь є точковими оцінками, але одночасно оцінюється ступінь впевненості в їх реаліза-

ції (достовірності)  $m_{ik} = \{m_{i,k}, \mu_{i,k}\}$ , де  $m_{i,k}$  – елемент матриці парних порівнянь,  $\mu_{i,k}$  – ступінь впевненості в цьому значенні.

По суті, це той же підхід, що і в першому варіанті, але маса відповідної точки приймається такою, що дорівнює  $\mu_{i,k}$ .

Тоді  $CG(M_j) = \frac{\sum m_{i,k} \mu_{i,k}}{\sum \mu_{i,k}}$  для всіх  $i$  та  $k$ .

Водночас  $CG_k = \frac{\sum \mu_{i,k} m_{i,k}}{\sum_k \mu_{i,k}}$  для всіх  $k$ . Так само, як і

в попередньому випадку, обчислюється відстань  $\Delta_i = |CG(M_j) - CG_i|$ . У такому разі оцінка істинності (впевненості) альтернативи  $i$  за  $j$ -м критерієм складає  $\mu_{i,j} = \min_k \{ \mu_{i,k} \}$ .

Таким чином, отримано два вектори:  $D_j = |A_1, A_2, \dots, A_n|^T$  та  $S = |\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n|$ . Далі для всієї сукупності критеріїв обчислюються вектори  $\bar{D} = |\bar{D}_1, \bar{D}_2, \dots, \bar{D}_n|^T$  та  $S_j = |\bar{\mu}_1, \bar{\mu}_2, \dots, \bar{\mu}_n|^T$ , де оцінки  $S_j$  визначаються за співвідношенням  $\bar{\mu}_i = \min \{ \mu_i \}$ , а оцінки  $\bar{D}_i$  визначаються за співвідношенням  $\bar{D}_j = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J D_j$ .

Остаточо в цьому випадку найкраща альтернатива матиме найменше  $\bar{D}_i$  та найбільше  $\bar{\mu}_i$ .

Нарешті, слід розглянути третій, найбільш складний, але загальний та часто наявний у реальних виробничих умовах прийняття рішень випадок, коли елементи матриці парних порівнянь є нечіткими числами.

Тут  $\tilde{m}_{i,j} = \{ \mu_{i,j}(x) / x \}$ ,  $x \in [1,9]$ , як це визначено в класичній методиці побудови матриць парних порівнянь. Сама матриця парних порівнянь формується за правилами методу аналітичної ієрархії.

Викладений у першому випадку алгоритм реалізується без змін із тією лише різницею, що всі обчислення виконуються над нечіткими числами відповідно до правил нечіткої арифметики. У результаті для кожної альтернативи буде отримане нечітке число, яке можна представити парою буде отримане  $CG'(\tilde{A}_i), \mu_{\tilde{A}_i}(CG')$ , де  $CG'$  – центр ваги нечіткого числа, що характеризує відхилення від центра ваги, а  $\mu_{\tilde{A}_i}(CG')$  становить значення функції належності в точці, яка відповідає  $CG'$ .

Якщо оцінка ведеться за деякою множиною критеріїв, то для кожної альтернативи будуть отримані два вектори  $D(CG') = |CG'(\tilde{A}_1), \dots, CG'(\tilde{A}_i) \dots CG'(\tilde{A}_n)|_Q$  та  $\hat{\mu} = |\mu_{\tilde{A}_1}(CG'), \dots, \mu_{\tilde{A}_n}(CG')|_Q$ . Можна вважати, що ці вектори представляють систему матеріальних точок, координати яких визначаються вектором  $D(CG')$ , а маси визначаються вектором  $\hat{\mu}$ . Слід визначити для  $i$ -ї альтернативи центр ваги цієї системи  $CG_i(D)$ . Найкращою альтернативою буде та, котра має мінімальне значення  $\min \{ CG_i(D) \}$  для всіх  $i$ .

Усі методики, які пропонувалися, піддавалися порівняльному тестуванню. Тестова задача розв'язувалася традиційним методом аналітичної ієрархії через обчислення координат власних векторів матриць парних порівнянь для трьох – п'яти критеріїв, потім завдання вирішувалося за запропонованими методиками. У всіх випадках отримано повний збіг результатів.

Таким чином, досліджено та наведено узагальнення методу аналітичної ієрархії у випадках нечітких, невизначених вхідних даних та оцінок. Визначено послідовність розрахунків, яка може бути легко реалізована у вигляді відповідних комп'ютерних продуктів (алгоритмів і програм). Результати обчислення тестових прикладів підтвердили правильність запропонованого підходу та можливість і доцільність його практичного використання.

**Література:** 1. Корженко К. А. Аналіз основних характеристик місць локалізації підприємств роздрібної торгівлі / К. А. Корженко // Економіка розвитку. – 2010. – № 1 (53). – С. 62–65. 2. Крекотун С. А. Обґрунтування господарських рішень у малому бізнесі / С. А. Крекотун // Економіка розвитку. – 2012. – № 3 (63). – С. 28–31. 3. Saaty T. How to make a decision: the analytic hierarchy process / T. Saaty // Interfaces. – 1994. – Vol. 24, No. 6. – P. 19–43. 4. Saaty T. Theory and Applications of the Analytic Network Process / T. Saaty. – Pittsburgh : RWS Publications, 2005. – 352 p. 5. Saaty T. Decision making with the analytic hierarchy process / T. Saaty // Int. J. Services Sciences. – 2008. – Vol. 1, No. 1. – P. 83–98. 6. Saaty T. Highlights and critical points in the theory and application of analytic hierarchy process / T. Saaty // European Journal of Operational Research. – 1997. – Vol. 74. – P. 426–447. 7. Saaty T. Decision-Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks / T. Saaty, L. Vargas. – N. Y. : Springer, 2006. – 278 p. 8. Bhushan N. Strategic Decision-Making: Applying the Analytic Hierarchy Process / N. Bhushan, K. Ria. – London : Springer-Verlag London Limited, 2004. – 172 p. 9. Figuera J. Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Surveys / J. Figuera, S. Greco, M. Ehrgott. – N. Y. : Springer, 2005. – 107 p. 10. Carlsson C. Fuzzy multiple criteria decision-making: recent developments / C. Carlsson, R. Fuller // Fuzzy sets and Systems. – 1996. – Vol. 78. – P. 139–153. 11. Zhang J. Fuzzy analytic hierarchy process / J. Zhang // A Chinese Journal of Fuzzy Systems and Mathematics. – 1999. – No. 14. – P. 81–89. 12. Csutoraa R. Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method / R. Csutoraa, J. Buckley // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – Vol. 120. – P. 181–195. 13. Buckley J. Fuzzy hierarchical analysis revisited / J. Buckley, T. Feuring, Y. Hayashi // European Journal of Operational Research. – 2001. – Vol. 129. – P. 48–64. 14. Fong-Gong Wu. Using the fuzzy analytic hierarchy process on optimum spatial allocation / Fong-Gong Wu, Ying-Jye Lee, Ming-Chyuan Lin // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2004. – Vol. 33. – P. 553–569.

**References:** 1. Korzhenko K. A. Analiz osnovnykh kharakterystyk mistov lokalizatsii pidpryemstv rozdribnoi torhivli [The analysis of the main features of the retailer enterprises places of localization] / K. A. Korzhenko // Ekonomika Rozvytku. – 2010. – No. 1 (53). – P. 62–65. 2. Krekotun S. A. Obgruntuvannia hospodarskykh rishen u malomu biznesi [Substantiation of economic decisions in the small-scale business] / S. A. Krekotun // Ekonomika. – 2012. –

No. 3 (63). – P. 28–31. 3. Saaty T. How to make a decision: the analytic hierarchy process / T. Saaty // Interfaces. – 1994. – Vol. 24, No. 6. – P.19–43. 4. Saaty T. Theory and Applications of the Analytic Network Process / T. Saaty. – Pittsburgh : RWS Publications, 2005. – 352 p. 5. Saaty T. Decision making with the analytic hierarchy process / T. Saaty // Int. J. Services Sciences. – 2008. – Vol. 1, No. 1. – P. 83–98. 6. Saaty T. Highlights and critical points in the theory and application of analytic hierarchy process / T. Saaty // European Journal of Operational Research. – 1997. – Vol. 74. – P. 426–447. 7. Saaty T. Decision-Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks / T. Saaty, L. Vargas. – N. Y. : Springer, 2006. – 278 p. 8. Bhushan N. Strategic Decision-Making: Applying the Analytic Hierarchy Process / N. Bhushan, K. Ria. – London : Springer-Verlag London Limited, 2004. – 172 p. 9. Figuera J. Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Surveys / J. Figuera, S. Greco, M. Ehrgott. – N. Y. : Springer, 2005. – 107 p. 10. Carlsson C. Fuzzy multiple criteria decision-making: recent developments / C. Carlsson, R. Fuller // Fuzzy sets and Systems. – 1996. – Vol. 78. – P. 139–153. 11. Zhang J. Fuzzy analytic hierarchy process / J. Zhang // A Chinese Journal of Fuzzy Systems and Mathematics. – 1999. – No. 14. – P. 81–89. 12. Csutoraa R. Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method / R. Csutoraa, J. Buckley // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – Vol. 120. – P. 181–195. 13. Buckley J. Fuzzy hierarchical analysis revisited / J. Buckley, T. Feuring, Y. Hayashi // European Journal of Operational Research. – 2001. – Vol. 129. – P. 48–64. 14. Fong-Gong Wu. Using the fuzzy analytic hierarchy process on optimum spatial allocation / Fong-Gong Wu, Ying-Jye Lee, Ming-Chyuan Lin // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2004. – Vol. 33. – P. 553–569.

#### Інформація про авторів

**Дорохов Олександр Васильович** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (61166, Україна, м. Харків, пр. Леніна, 9а, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

**Чернов Володимир Георгійович** – докт. екон. наук, професор кафедри інформатики та управління в технічних та економічних системах Володимирського державного університету (600000, Росія, м. Володимир, вул. Горького, 87, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

#### Інформація об авторах

**Дорохов Олександр Васильович** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (61166, Україна, г. Харків, пр. Леніна, 9а, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

**Чернов Володимир Георгійович** – докт. екон. наук, професор кафедри інформатики та управління в технічних та економічних системах Володимирського державного університету (600000, Росія, г. Володимир, ул. Горького, 87, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

#### Information about the authors

**O. Dorokhov** – PhD in Engineering, Associate Professor of Information Systems Department of Kharkiv National University of Economics (9a Lenin Ave., 61166, Kharkiv, Ukraine, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

**V. Chernov** – Doctor of Science in Economics, Professor of the Department of Informatics and Management of Technical and Economic Systems of Vladimir State University (87 Gorky St, 600000, Vladimir, Russia, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

*Рецензент*  
докт. екон. наук,  
професор Клебанова Т. С.

*Стаття надійшла до ред.*  
20.11.2013 р.