

УДК 69.003: 334

Сорокіна Л.В.,
Гойко А.Ф.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

АНОТАЦІЯ

Обґрунтовано основні напрями використання положень теорії нечіткої оптимізації для удосконалення фінансового планування та контролю його виконання на будівельних підприємствах. Запропоновано методичний підхід до визначення оптимального рівня витрат на 1 грн будівельної продукції в умовах нечіткої інформації щодо цілей та обмежень.

Ключові слова: витратомісткість, нечітка оптимізація, нечіткі цілі, нечіткі обмеження, функція належності, оптимальне рішення.

АННОТАЦИЯ

Обоснованы основные направления использования теории нечеткой оптимизации для совершенствования финансового планирования и контроля его выполнения на строительных предприятиях. Предложен методический подход к определению оптимального уровня затрат на 1 грн строительной продукции в условиях нечеткой информации касательно целей и ограничений.

Ключевые слова: затратноёмкость, нечеткая оптимизация, нечеткие цели, нечеткие ограничения, функция принадлежности, оптимальное решение.

ANNOTATION

The basic directions of using the theory of fuzzy optimization to improve financial planning and monitoring of its implementation of construction enterprises. The methodical approach to determining the optimal level of costs UAH 1 construction products under fuzzy information about the objectives and constraints.

Keywords: resource-consuming, fuzzy optimization, fuzzy goals, fuzzy constraints, the membership function, the optimal solution.

Постановка проблеми. На всіх етапах управління будівельним підприємством досить часто виникає питання прийняття рішення в умовах неповноти інформації. Процес прийняття рішення додатково ускладнюється нечіткістю, розмитістю постановки цілей та формулювання обмежень. При цьому досить складно чітко відокремити цілі та обмеження, які до того ж можуть мати суперечливий характер. З метою прийняття оптимального рішення в умовах невизначеності варто скористатись науковим інструментарієм теорії нечітких множин. Проте прикладні алгоритми розв'язування задач нечіткої оптимізації для управління економічними системами на даний момент відсутні.

Аналіз публікацій. В 1980 р. Беллман та Заде опублікували статтю "Decision – Making in Fuzzy Environment", що слугувала відправною точкою для більшості робіт з нечіткої теорії прийняття рішень [15]. У ній розглядається процес прийняття рішень в умовах невизначеності, коли цілі та обмеження задані нечіткими множинами. У цьому випадку прийняття рішень – це вибір альтернативи, що одночасно задовольняє як нечіткі цілі, так і нечіткі обмеження. За цих умов цілі та обмеження виступають як симетричні відносно рішення, що розмиває розбіжності між ними та дозволяє визначити **цей процес як перетин нечітких цілей та нечітких умов**. Методичний інструментарій нечіткої оптимізації у формалізованому вигляді викладено в [2; 9; 13–15]. Останнім часом з'явилась низка публікацій [5–8; 12] з проблематики вдосконалення менеджменту у будівництві на основі теорії нечітких множин, в яких запропоновано алгоритми нечіткого висновку для обґрунтування управлінських рішень щодо підвищення ефективності використання ресурсів та управління інвестиційно-будівельними проектами. Проте проблема використання інструментарію нечіткої оптимізації з метою підвищення рентабельності будівельного бізнесу в динамічних економічних умовах і досі залишається досить актуальною і потребує свого вирішення.

Мета написання статті полягає у розробці методичного підходу до оптимізації витратомісткості і, відповідно, підвищення рентабельності будівельних підприємств на основі математичного програмування за нечітких вихідних умов.

Виклад основного матеріалу. З метою зростання фінансового результату будівельним підприємствам слід, по можливості, одночасно збільшити обсяги реалізації продукції та скоротити операційні витрати. Однак у сучасних умовах господарювання зростання обсягів реалізації будівельної продукції вимагає збільшення низки витрат, оскільки поряд зі збільшенням виробничого споживання будівельних матеріалів доведеться більше витратити на оплату праці робітників-будівельників і тих, хто зайнятий обслуговуванням машин та механізмів, зростатимуть витрати, пов'язані з експлуатацією машин і механізмів, удосконаленням організації та технології будівельного процесу. Звичайно, оптимізуючи витрати, менеджери будівельних організацій мають враховувати найкращий досвід вітчизняних та зарубіжних підприємств галузі. Індикатором ефективного управління витратами будівельного підприємства, як відомо, є показник питомих операційних витрат [1], що припадають на 1 грн чистої виручки від реалізації будівельної продукції (далі "витрати на 1 грн виручки"). У зв'язку з цим, цільові орієнтири та обмеження в управлінні витратами будівельного підприємства можуть бути сформульовані таким чином: "Витрати на 1 грн виручки **повинні бути мінімальними**". Одночасно з **урахуванням усталеної збитковості вітчизняної будівельної галузі, що спостерігалась навіть у періоди збільшення попиту на будівельну продукцію та економічного зростання національної економіки в цілому**, цілі ефективного управління мають формулюватись таким чином: "Витрати на 1 грн виручки

повинні бути значно нижчими, ніж у середньому по галузі". Проаналізувавши дані Державної служби статистики [4] про фінансові результати будівельної галузі за 2011 – 2013 рр. (рис.1), нами встановлено, що найбільш вдалим за рівнем фінансових результатів виявився другий квартал 2012 р., коли в цілому по будівництву було отримано позитивний фінансовий результат від операційної діяльності в сумі 231 млн грн. При цьому витрати на 1 грн чистого доходу становили 99,27 коп./грн, що з економічної точки зору є досить високим. Таким чином, ціль мінімізації витрат проти середньогалузевого рівня перетворюється на **нечітке обмеження**, а саме:

$$\tilde{G}_1 = \text{"Витрати на 1 грн виручки повинні бути значно нижчими, ніж 99 коп."} \quad (1)$$

Урахування спроможності будівельного підприємства в частині пристосування до динамічного макроекономічного оточення передбачає аналіз досвіду провідних вітчизняних компаній. З цією метою було досліджено доступні [10] ретроспективні дані трьох вітчизняних будівельних підприємств, що споруджують житлові об'єкти в м. Києві (рис. 1), які в окремі квартали 2011 – 2013 рр. спромоглися забезпечити позитивний фінансовий результат від операційної діяльності, а тому можуть вважатись кращими підприємствами в галузі. За період з 2011 р. по 1 кв. 2013 р. найменший показник витрат на 1 грн спостерігався за підсумками роботи ПрАТ "Позняки-Житло-Буд" у першому кварталі 2012 р. і становив 24,17 коп.

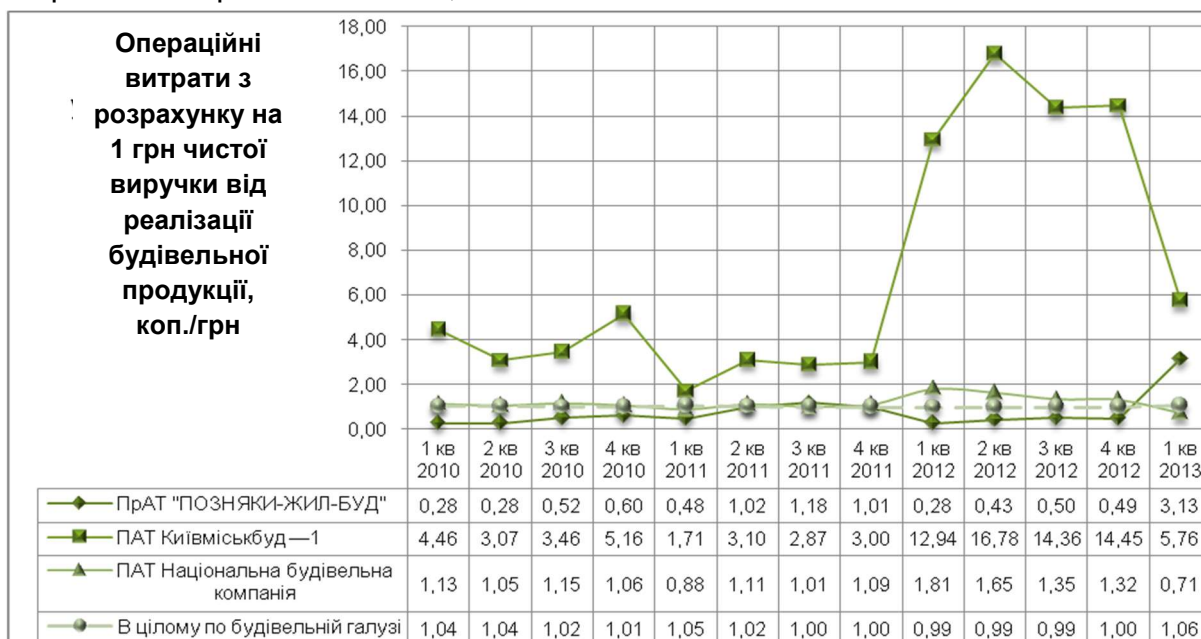


Рис. 1. Динаміка витратомісткості будівельної продукції на провідних підприємствах і в цілому по галузі (розраховано авторами за даними [4; 10])

Втім, враховуючи сезонність будівельного виробництва, що виявляється у динамічній, періодичній зміні витратомісткості будівельної продукції протягом року, вважаємо за доцільне уточнити оптимальний рівень витратомісткості будівельної продукції. Так, за даними рис. 1, витрати на 1 грн ПрАТ "Позняки-Житло-Буд" в середньому за 2012 р. становили 42,44 коп./грн, а в цілому за

період з 2010 р. по 1 кв. 2013 р. витратомісткість продукції цього підприємства становила 81,93 коп./грн. Отже, мета будь-якого будівельного підприємства – досягти кращих показників витратомісткості будівельної продукції по галузі можна сформулювати так:

$$\tilde{C}_1 = \text{"Витрати на 1 грн виручки повинні становити близько 42 коп."} \quad (2)$$

Умова збереження фінансової безпеки, дає підстави для формулювання такого обмеження:

$$\tilde{G}_2 = \text{"Витрати на 1 грн виручки мають бути меншими 82 коп."} \quad (3)$$

Щоб визначити цільовий показник витратомісткості будівельної продукції за нечітко сформульованих критеріїв оптимізації та обмежень, необхідно врахувати наступні положення теорії нечіткої оптимізації.

Нехай $X=\{x\}$ – множина альтернатив, в аспекті дослідження – рівнів витратомісткості будівельної продукції. Нечітка ціль \tilde{G} – це нечітка множина \tilde{G} на універсумі X , що відображає якою мірою та чи інша альтернатива (x_i) задовольняє цілі. Для кількісного виміру, з метою визначення на скільки певна альтернатива дає змогу задовольнити цілі, у теорії нечіткого висновку використовують функції належності відносно різниці $(x-a)$ між значенням певної альтернативи (x_i) та цільового показника (c). Для цілей типу **"x повинно бути близьким до c"** використовують дзвоноподібні функції типу:

$$\mu_G(x) = \frac{1}{1+(x-c)^2}, x \in X.$$

Зокрема, для нечіткої цілі \tilde{C}_1 (2) функція належності матиме вигляд:

$$\mu_{\tilde{C}_1}(x) = \frac{1}{1+(x-42)^2}, x \in X, \quad (4)$$

де x – рівень витрат на 1 грн будівельної продукції, виражений у копійках, який може спостерігатись на тому чи іншому будівельному підприємстві за будь-який період часу.

Аналогічним чином нечітке обмеження \tilde{G} визначається як деяка нечітка множина на тій же універсальній множині X . Наприклад, нечітке обмеження **"x повинно бути менше за b"** за $X = \mathbf{R}$ можна представити нечіткою множиною із Z-подібною сплайн-функцією належності.

Сплайн-функція Z-подібної кривої задається такою системою:

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a; \\ 1 - 2 \cdot \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2}; \\ 2 \cdot \left(\frac{b-x}{b-a} \right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x < b; \\ 0, & b \leq x \end{cases}$$

де a, b – параметри функції, впорядковані співвідношенням $a < b$. Якщо значення змінної перебуває в інтервалі $[a; b]$, то належність її певному терму не є однозначною, а значення функції належності розкриває величину невпевненості у справедливості тієї чи іншої ознаки.

Так для нечіткого обмеження (3) для \tilde{G}_2 функція належності матиме вигляд:

$$\tilde{G}_2 = \begin{cases} 1, & x \leq 42; \\ 1 - 2 \cdot \left(\frac{x - 42}{40} \right)^2, & 42 < x < 62; \\ 2 \cdot \left(\frac{82 - x}{40} \right)^2, & 62 \leq x < 82; \\ 0, & 82 \leq x. \end{cases} \quad (5)$$

Параметр $b_2 = 82$ коп./грн визначено на основі досяжного показника витратомісткості по кращому підприємству галузі, параметр $a_2 = 42$ коп./грн обчислено на основі усереднення спостережень роботи ПрАТ "Позняки-Житло-Буд" у 2012 році, коли було досягнуто найвищого рівня рентабельності операційної діяльності. При цьому різниця між b_2 та a_2 становить 40 коп./грн, тобто зменшення витратомісткості в межах 40 коп. понад 82 коп./грн посилює рівень впевненості у тому, що витрати на 1 грн задовольняють обмеження задачі нечіткої оптимізації.

Аналогічним чином формулюється і обмеження на рівень витратомісткості конкретного будівельного підприємства порівняно із середньогалузевим. Однак наявність в обмеженні слів **"значно нижче"** передбачає виконання операції **концентрації** нечіткої множини. Операція концентрації передбачає піднесення функції належності, до якої застосовано слова "значно нижче/вище" до квадрата:

$$\text{con}(\mu_G(x)) = (\mu_G(x))^2.$$

Тоді для нечіткого обмеження (1) для \tilde{G}_1 функція належності матиме вигляд:

$$\tilde{G}_1 = \begin{cases} 1, & x \leq 24; \\ \left(1 - 2 \cdot \left(\frac{x - 24}{75} \right)^2 \right)^2, & 24 < x < 62; \\ 4 \cdot \left(\frac{99 - x}{75} \right)^4, & 62 \leq x < 99; \\ 0, & 99 \leq x, \end{cases} \quad (6)$$

де параметр $b_1 = 99$ коп./грн визначено на основі максимально припустимого показника витратомісткості, за якого зберігається можливість прибуткової роботи, параметр $a_1 = 24$ коп./грн обрано з урахуванням найкращих фінансових результатів кращого у галузі підприємства. При цьому різниця між b_1 та a_1

становить 75 коп./грн, тобто зменшення витратомісткості в межах 75 коп., порівняно з сумою в 99 коп./грн посилює рівень впевненості в тому, що витрати на 1 грн задовольняють обмеження задачі нечіткої оптимізації.

Нечітка множина рішень \tilde{D} також визначається як нечітка множина на універсальній множині альтернатив X . Функція належності цієї нечіткої множини показує, **наскільки добре оптимальне рішення одночасно задовольняє нечіткі цілі ТА нечіткі обмеження**. Логічній операції ТА, що пов'язує цілі з обмеженнями, відповідає **перетин нечітких множин**, тобто **рішення – це перетин нечіткої цілі та нечіткого обмеження**: $\tilde{D} = \tilde{C} \cap \tilde{G}$.

Ціль та обмеження конфліктують між собою, а тому множина рішень не має жодного елемента із мірою належності, рівною одиниці. Отже, не існує альтернативи, яка б повністю задовольняла як цілі, так і обмеження. На рис. 2 наведено графічне розв'язання задачі оптимізації управління витратомісткістю будівельної продукції з урахуванням функцій належності (4) – (6).

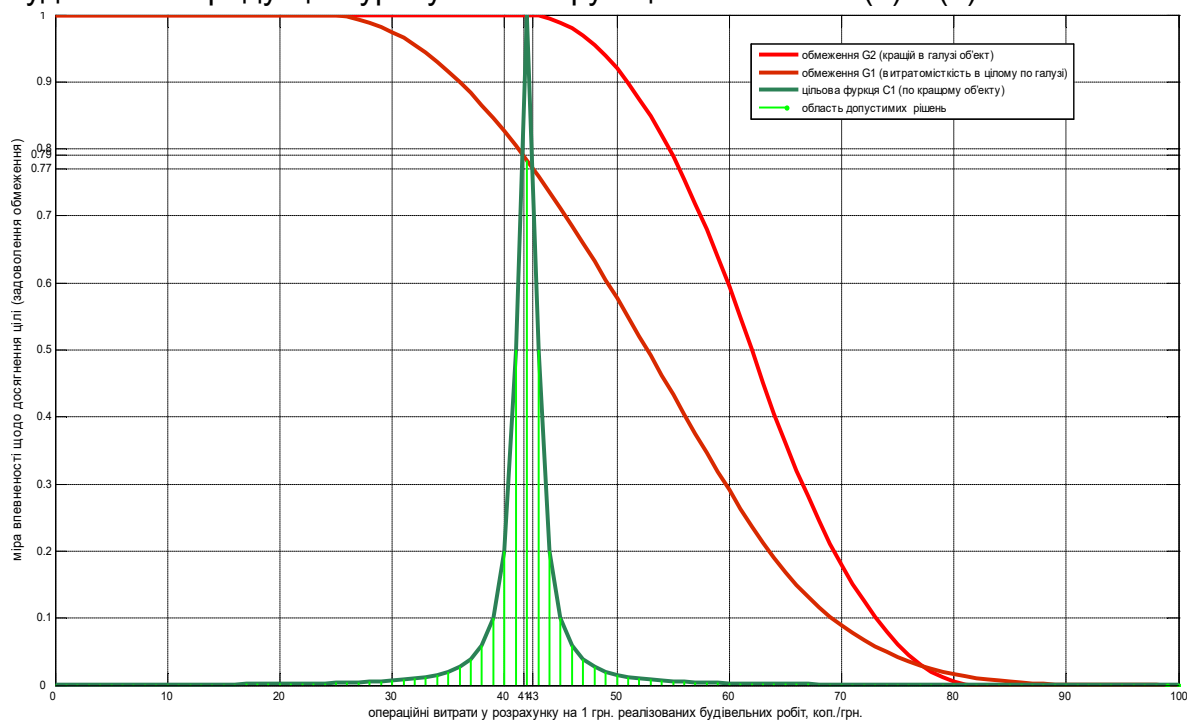


Рис. 2. Графічне розв'язання задачі нечіткої оптимізації управління витратами будівельних підприємств

Під час прийняття рішень за схемою Беллмана-Заде не робиться жодної відмінності між цілями та обмеженнями, поділ на цілі та обмеження є умовним, ціль та обмеження можна міняти місцями, при цьому рішення не зміниться. В традиційній теорії прийняття рішень подібні заміни функцій переваги недопустимі, хоча й там простежується деяка прихована подібність між цілями та обмеженнями, що стає явним у процесі використання **невизначених множників Лагранжа та штрафних функцій**, коли ціль та обмеження об'єднуються в одну функцію.

У загальному випадку, за наявності m обмежень та n цілей, результуюче рішення за схемою Беллмана-Заде визначається перетином усіх цілей та обмежень [8; 10; 14]:

$$\tilde{D} = \tilde{C}_1 \cap \tilde{C}_2 \cap \dots \cap \tilde{C}_m \cap \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n.$$

Відповідно, функція належності рішення матиме такий вигляд:

$$\mu_D = \mu_{C_1} \cap \mu_{C_2} \cap \dots \cap \mu_{C_m} \cap \mu_{G_1} \cap \mu_{G_2} \cap \dots \cap \mu_{G_n}.$$

Відповідно до отриманої нечіткої множини \tilde{D} найкращим варіантом потрібно вважати той, в якого міра належності максимальна:

$$D(x^*) = \arg \max (\mu_D) = \arg \max (\min(\mu_C(x), \min(\mu_{G_1}(x), \min(\mu_{G_2}(x), \dots))).$$

Для задачі оптимізації витратомісткості будівельної продукції обмеження (5), визначене на основі поглибленого аналізу варіації витрат на 1 грн кращого в галузі підприємства, виявилось несуттєвим: перетин його графіка із графіком цільової функції відповідає 100%-му досягненню цілей, однак при цьому не задовольняється обмеження (6). Таким чином, оптимальний рівень витрат на 1 грн виручки від реалізації визначається як абсциса перетину функцій належності цілі та обмеження (6), сформульованого для якнайширшої варіації витратомісткості по всій галузі, причому було враховано і найкращий результат.

З урахуванням функцій належності (4) – (6), оптимальний рівень витратомісткості становитиме 41 коп./грн (рис. 2). При цьому рівень задоволення цілей і обмежень перевищить 50% та становитиме 79%. З графіка (рис. 2) видно, що зростання витратомісткості будівельних робіт стрімко знижує рівень задоволення цілей та обмежень: за витратомісткості на рівні 43 коп./грн рівень задоволення цілей 77%. Якщо ж витрати на 1 грн перевищать 60 коп./грн, то рівень задоволення цілей не перевищить 0,3%:

$$\mu_{\tilde{C}_1}(60) = \frac{1}{1 + (60 - 42)^2} = 0,003.$$

Таким чином, графічна інтерпретація нечіткої оптимізаційної задачі може бути використана з метою контролю рівня виконання поточних та середньострокових цілей.

Зазначимо, що формулювання функцій належності за допомогою сплайн-функцій 2-го порядку та дзвоноподібної функції дають змогу визначити оптимальне рішення шляхом побудови й аналізу графіків функцій належності та розв'язання елементарних рівнянь на визначення координат точок перетину цих графіків. Таким чином, алгоритм прийняття оптимальних рішень в умовах нечіткої вхідної інформації та нечітко сформульованих цілей передбачає таку послідовність дій:

1. Аналіз економічної інформації про рівень витрат (чи інший економічний показник) в середньому по галузі та по кращих підприємствах.
2. Визначення приблизних значень цілей та можливих обмежень на шляху їх досягнення.

3. Формулювання функцій належності цілей та обмежень, що визначають міру наближення певного економічного показника до бажаного рівня (або віддалення від небажаного).

4. Графічне відображення функцій належності цілей та умов, на основі яких визначається функція належності нечіткої множини рішень.

5. Визначення оптимального рішення як чіткого значення витратомісткості, за якого значення функції належності нечіткого рішення досягає максимуму.

Прикладна реалізація всіх вищенаведених етапів не вимагає складного програмного забезпечення – для графічних побудов та обчислення координат точок допустимих та оптимального рішення достатньо мати засоби MS Excel. Зокрема, розрахунок абсциси точки перетину графіків функцій належності може здійснюватись за допомогою функції "Подбор параметра".

Висновки і перспективи подальших досліджень. В умовах нечіткої вихідної інформації науково-методичний інструментарій нечіткої оптимізації здатний стати дієвим засобом удосконалення системи менеджменту у будівництві. Використання алгоритму прийняття оптимальних рішень в умовах нечіткої вхідної інформації та нечітко сформульованих цілей, запропонованого за результатами дослідження, дозволить керівникам, менеджерам, представникам економічних служб будівельних підприємств визначити цільові показники витратомісткості та прибутковості будівельної продукції, досягнення яких забезпечить виживання галузі в складних умовах динамічного оточення. Станом на 01.01.2014 р., вважаємо за доцільне визначити цільовий рівень операційних витрат у розрахунку на 1 грн вартості реалізованої будівельної продукції в сумі 41 коп. Запропонований у дослідженні методологічний підхід забезпечує, по-перше, прозорість усіх розрахункових процедур під час планування цільових показників та контролю рівня їх досяжності. По-друге, систематичний перегляд параметрів функцій належності у зв'язку зі змінами фінансових результатів по інших підприємствах, галузі, економіці в цілому дозволяє гнучко налаштовувати систему цілей та обмежень кожного конкретного підприємства відповідно до змін макросередовища. Перспективами подальших досліджень обраного напрямку є удосконалення запропонованого підходу з урахуванням нерівноважності критеріїв, сформульованих нечіткими цілями та обмеженнями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ізмайлова К. В.* Фінансовий аналіз у будівництві: навч. посіб. – К.: МАУП, 2007. – 236 с.
2. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
3. *Оценка управленческих решений реализации инвестиционного проекта с учетом неопределенности* / М. А. Прилепова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПГАСА, 2012. – № 10. – С. 60 – 64.
4. *Рентабельність операційної діяльності великих та середніх підприємств за видами економічної діяльності* [Електронний ресурс] / Держкомстат України. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>
5. *Саммаха Бассам.* Моделирование организации строительства с помощью теории нечетких данных (в условиях смешанной экономики Ливана) / Бассам Саммаха // Містобудування і територіальне планування. – 2005. – Вип. 20. – С. 299–304.
6. *Сорокіна Л.В.* Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств [монографія] / Л.В. Сорокіна – К.: ТОВ «Лазурит-Поліграф», 2011. – 541 с.
7. *Скакун В. А.* Стратегічне управління логістичними бізнес-процесами будівельних підприємств: пріоритетні задачі та шляхи їх вирішення / В. А. Скакун, А. Ф. Гойко // Коммунальное хозяйство городов – Вып. 87. – Серия: Экономические науки. – К.: Техніка, 2009. – С. 172–178.
8. *Формалізація цінностей зацікавлених сторін проектів засобами теорії нечітких множин* / О. М. Медведєва // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2012. – № 9. – С. 25 – 33.
9. *Штовба С.Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2007. – 288 с.
10. *Фінансова звітність емітентів:* [Електронний ресурс] // Режим доступу: www.smida.gov.ua
11. *Черняк О.І.* Інтелектуальний аналіз даних: підручник. – К.: Знання, 2014. – 599 с.
12. *Sorokina L.V.* Application of fuzzy inference algorithm of the Sugeno type for managing financial flows of building companies/ Л.В. Сорокіна // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – № 11 (113) – С. 247 – 255.
13. *Elmer P.* Dadios Fuzzy Logic – Algorithms, Techniques and Implementations/ Edited by Elmer P. Dadios. – Croatia, 2012: [електронний ресурс] : // Режим доступу : www.intechopen.com
14. *Terano T, Asai K., Sugeno M.,* Fuzzy Systems Theory and its applications, Academic Press, London 1992.
15. *Zadeh L. A., Bellman R. E.* Decision-making in a fuzzy environment. – Managem. Sci., 1970, 17, p. 141 – 164.

Отримано: