

Олеся ТОЦЬКА

## ПРОГНОЗУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙ В ОСВІТУ РОСІЇ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

*Розроблені прогнози інвестицій в освіту Росії, в основі яких покладено теорії нечітких множин. Для показників інвестування визначено нечіткі інтервали у вигляді трапецій. Оптимістичні і песимістичні оцінки інтервалів розраховані на основі розробленої автором методики.*

Ключові слова: *інвестиції, освіта, прогнозування, нечіткі множини, оптимістична оцінка, песимістична оцінка.*

Інвестиції в освіту і науку будь-якої країни є запорукою та джерелом її економічного розвитку, потужним фактором та стимулом зростання. Адже кошти, вкладені у цю сферу, неодмінно зумовлять інновації, які в подальшому будуть відображені у виробничій сфері та інших видах економічної діяльності. Саме тому дослідження інвестування у всіх його проявах є *актуальним* і необхідним, особливо із застосуванням різноманітних математичних методів, наприклад, теорії нечітких множин.

Проаналізувавши низку наукових робіт, у яких вітчизняні автори досліджували інвестування та фінансування сфер освіти і науки в Росії, бачимо, що ці *наукові розвідки* описують зазначені процеси переважно в контексті порівняння з аналогічними в Україні та інших країнах. Зокрема, Т. М. Боголіб співставила витрати на науку з розрахунку на одного дослідника в Україні та Росії [1, 9]; Н. П. Борецька порівняла витрати з бюджету на розвиток освіти в Україні та провідних країнах з ринковою економікою, в тому числі Росії [2]; О. О. Другов проаналізував інвестування сфер вищої освіти і науки в Україні, Росії та Польщі [3]; К. Євменкова провела порівняння частки студентів, які навчаються на засадах платності (тобто інвестують у свою освіту) у пострадянських країнах, і в тому числі Росії [4]; Л. В. Козарезенко порівняв Україну за показниками фінансового забезпечення освіти з іншими країнами світу (США, Канадою, Італією, Польщею, Росією та іншими) [5]; О. В. Комарчин розглянув витрати на освіту серед країн-лідерів за індексом людського розвитку, в тому числі Росії [6] тощо.

Використання апарату нечіткої логіки для вирішення слабо структурованих завдань присвятили *наукові публікації* С. Арапов, І. Арапова, Л. Б. Артеменко, В. М. Вовк, Л. Заде, С. І. Зайцев, Н. М. Зайцева, Ю. П. Зайченко, О. І. Захаревич, О. А. Ковальчик, А. В. Матвійчук, Н. В. Мица, В. І. Приймак, О. М. Рибицька, М. Є. Рогоза, А. А. Скляр, М. Соляніченко, М. С. Сявакко, В. М. Цицак й ін. [7–22]. Так, зокрема, вони застосовували його для оцінювання якості суспільного обслуговування [7], витрат на ремонт автошляхів [8], рівня фінансової стійкості підприємства [12]; прийняття наближених рішень [11; 13]; попереднього аналізу емітента цінних паперів [14, 177–186]; прогнозування прибутку підприємств гравального бізнесу [16]; моніторингу регіонального ринку праці [17]; побудови системи інформаційного забезпечення стратегічного управління [18]; прогнозування обсягу реалізації продукції

хлібобулочними заводами [19]; моделювання виробничої програми підприємства [21], гнучких обмежень попиту на продукцію [22] тощо. А засадничою працею в теорії нечітких множин вважається опублікована в 1965 році книга американського математика Л. Заде "Fuzzy sets" – "Нечіткі множини".

Однак, у зазначених наукових працях не достатньо глибоко досліджуються питання застосування математичних методів в аналізі інвестиційної діяльності в зарубіжних країнах, зокрема в Росії. Тому наша стаття має заповнити такі прогалини.

Метою статті є отримання прогнозних даних інвестування в російську освіту за допомогою теорії нечітких множин. Для її реалізації потрібно вирішити такі завдання:

- 1) сформулювати таблиці з абсолютними і відносними показниками інвестицій в основний капітал за видами економічної діяльності в Росії;
- 2) проаналізувати на їхній основі рівень інвестування російської освіти;
- 3) побудувати два трапецієподібні нечіткі інтервали з прогнозами інвестицій в освітню сферу Росії.

Для початку сформуємо на основі статистичних даних табл. 1, в якій відобразимо інвестиції в основний капітал за таким видом економічної діяльності, як освіта, поряд з найбільш та найменш інвестиційно-привабливими видами економічної діяльності в Росії.

Таблиця 1

**Інвестиції в основний капітал за видами економічної діяльності в Росії  
(у фактичних цінах; млрд. руб.)**

Вид економічної діяльності	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.
Усього	1165,2	1504,8	1762,5	2186,3	2865,1	3611,2	4730,1	6716,2	8781,6	7976,0	9151,3
В т.ч.:											
Транспорт і зв'язок	246,6	333,5	326,0	487,8	649,7	884,8	1116,7	1488,5	2023,6	2118,4	2440,8
Освіта	15,6	21,9	26,0	31,2	51,1	68,8	100,6	144,6	170,6	140,6	173,4
Рибальство, рибництво	2,2	2,4	3,0	2,3	3,1	3,1	4,5	4,8	5,0	4,6	4,7
Ланцюгові темпи зростання інвестицій в освіту		1,40	1,19	1,20	1,64	1,35	1,46	1,44	1,18	0,82	1,23

Примітка. Сформовано автором на основі [23].

Провівши її аналіз, бачимо, що в Росії протягом останніх одинадцяти років відбувалося щорічне збільшення загальної суми інвестицій, окрім 2009 р., що пов'язано з наслідками фінансової кризи 2008 р. Найвищий рівень інвестування мав такий вид економічної діяльності, як транспорт і зв'язок, найнижчий – рибальство і рибництво. Для порівняння – в Україні за останні роки найбільше вкладалося коштів у промисловість, найменше – також у рибальство та рибництво [24]. Інвестиції в російську освіту мають аналогічну тенденцію із загальними інвестиціями – зростання у 2001–2008 рр. та 2010 р., падіння – у 2009 р., порівняно з попереднім роком. Ланцюгові темпи зростання абсолютних показників інвестування освіти не мають чіткої тенденції: спади часто чергуються зі зростаннями. Обчислений на їхній основі середній темп зростання дорівнює 1,27, що загалом вказує на позитивну динаміку показників.

Для більш поглибленого аналізу інвестиційної діяльності в Росії складемо табл. 2, в якій відобразимо відносні величини інвестицій в основний капітал за таким видом економічної діяльності, як освіта, поряд з найбільш та найменш інвестиційно-привабливими видами економічної діяльності в Російській Федерації.

Таблиця 2

**Інвестиції в основний капітал за видами економічної діяльності  
в Росії (у % до загального обсягу)**

Вид економічної діяльності	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Транспорт і зв'язок	21,16	22,17	18,50	22,31	22,68	24,50	23,61	22,16	23,04	26,56	26,67
Освіта	1,34	1,46	1,48	1,43	1,78	1,91	2,13	2,15	1,94	1,76	1,89
Рибальство, рибництво	0,19	0,16	0,17	0,10	0,11	0,09	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05
Ланцюгові темпи зростання інвестицій в освіту		1,09	1,01	0,97	1,25	1,07	1,12	1,01	0,90	0,91	1,07

*Примітка.* Сформовано автором на основі [23].

Проаналізувавши цю таблицю, бачимо, що в 2000–2010 рр. частка інвестиційних надходжень в російську освіту у загальній сумі інвестицій становила в межах від 1,34% у 2000 р. до 2,15% у 2007 р. Вона у 10–16 разів (!) менша за частку інвестування у транспорт і зв'язок. Якщо порівнювати ці дані з показниками по Україні, то в нашій країні ситуація дещо гірша: частка інвестиційних надходжень в освіту у 33–38 разів (!) менша за частку інвестування в промисловість. Щодо ланцюгових темпів зростання відносних показників інвестицій в освітню сферу Росії потрібно зазначити, що вони у 2003, 2008 та 2009 рр. були меншими одиниці. Це вказує на те, що в ці роки частка інвестування освіти була меншою, ніж у попередній період. Середній темп зростання дорівнює 1,04, що загалом також вказує на позитивну, щоправда незначну, динаміку показників.

Прогнозування абсолютного та відносного показників інвестицій в освіту Росії проведемо на основі нечітких множин. Нечіткою (під)множиною  $A$  на множині  $X$  вважається сукупність пар вигляду  $(x, \mu_A(x))$ , де  $x \in X$ , а  $\mu_A(x) \in [0;1]$  – функція належності нечіткої (під)множини  $A$ .

Найчастіше для формування функції належності вибирають трапецієподібний та трикутний способи. Оскільки доцільність зображення нечітких величин у формі трапецій полягає у зручності математичних розрахунків та значних можливостях із представлення функцій [16, 181], то абсолютний та відносний прогнозні показники інвестицій в освіту Росії подамо саме у формі трапецієподібних нечітких інтервалів такими четвірками:

$$\text{показник}_i = (m_i; \bar{m}_i; a_i; b_i),$$

де  $m_i$  – нижнє значення оптимістичної (з найбільшою мірою належності  $\mu_A(x) = 1$  або, інакше кажучи, з найбільшою ймовірністю справдження) оцінки показника  $i$ ;

$\bar{m}_i$  – верхнє значення оптимістичної оцінки показника  $i$ ;

$a_i$  – різниця між нижніми межами оптимістичної та песимістичної (з найменшою мірою належності  $\mu_A(x) = 0$ ) оцінок показника  $i$ ;

$b_i$  – різниця між верхніми межами песимістичної та оптимістичної оцінок показника  $i$ .

Для визначення оптимістичного інтервалу скористаємося розробленим нами алгоритмом, основна ідея якого полягає в тому, що, на нашу думку, найбільш імовірним є інтервал, який відповідає “золотій середині” впорядкованого за зростанням динамічного ряду:

– якщо кількість членів такого ряду – парна (наприклад, 12) і її половина – також парна (6), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких дорівнює половині кількості членів ряду (6);

– якщо кількість членів ряду – парна (наприклад, 10), а її половина – непарна (5), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких на 1 перевищує половину кількості членів ряду (6);

– якщо кількість членів ряду – непарна (наприклад, 11), а число, яке на 0,5 більше її половини, – парне (6), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких буде на 0,5 менша від половини кількості членів ряду (5);

– якщо кількість членів ряду – непарна (наприклад, 13) і число, яке на 0,5 перевищує її половину, – також непарне (7), то в оптимістичний інтервал входять центральні елементи, кількість яких буде на 0,5 більша від половини кількості членів ряду (7) [25, 138].

Тобто оптимістична оцінка залежить не тільки від значення показників, а й від їхньої кількості.

Алгоритм обчислення меж оптимістичного інтервалу полягатиме у проходженні таких етапів:

1) розміщення елементів часового ряду в порядку зростання;

2) обчислення кількості елементів часового ряду;

3) визначення меж оптимістичного інтервалу, тобто з найбільшою мірою належності (формули див. на рис. 1).

У нашому випадку впорядковані за зростанням ряди динаміки мають вигляд:

а) для абсолютних показників інвестування в російську освіту – 15,6; 21,9; 26,0; 31,2; 51,1; 68,8; 100,6; 140,6; 144,6; 170,6; 173,4;

б) для відносних показників – 1,34; 1,43; 1,46; 1,48; 1,76; 1,78; 1,89; 1,91; 1,94; 2,13; 2,15.

Оскільки кількість елементів часового ряду в обох випадках дорівнює 11, то в оптимістичний інтервал входять 5 центральних елементів:

а) для абсолютних показників інвестування в російську освіту – 31,2; 51,1; 68,8; 100,6; 140,6;

б) для відносних показників – 1,48; 1,76; 1,78; 1,89; 1,91.

Песимістичні оцінки обчислюватимемо за розробленою нами методикою таким чином:

1) нижнє значення песимістичної оцінки обчислюватиметься як добуток найменшого значення інвестицій в освіту Росії за аналізований період та різниці  $(1 - \text{середній темп приросту} = 1 - (\text{середній темп зростання} - 1))$ ;

2) верхнє значення песимістичної оцінки обчислюватиметься як добуток найбільшого значення інвестицій в освіту Росії за аналізований період та середнього темпу зростання.

У нашому випадку нижні та верхні межі песимістичних оцінок матимуть вигляд:

а) для абсолютних показників інвестування в російську освіту –  $(15,6 \times (1 - (1,27 - 1))) = 11,4$  і  $(173,4 \times 1,27) = 220,2$ ;

б) для відносних показників –  $(1,34 \times (1 - (1,04 - 1))) = 1,29$  і  $(2,15 \times 1,04) = 2,24$ .

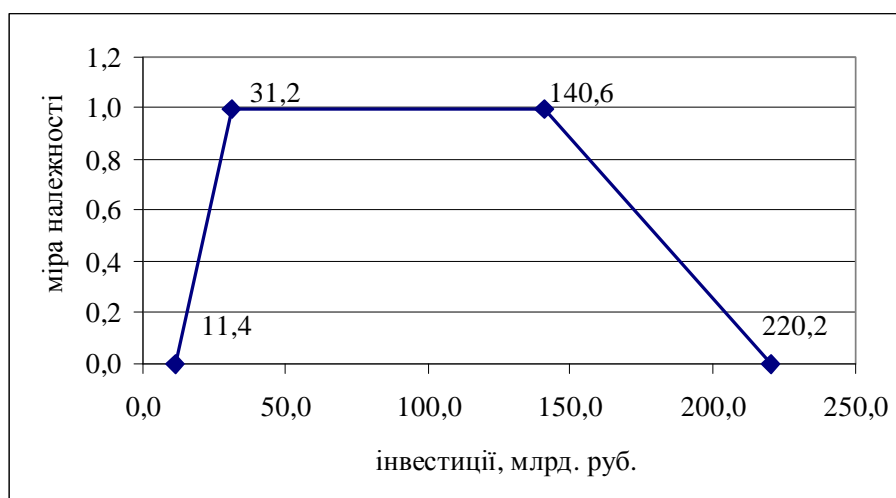
Визначення меж оптимістичного інтервалу для динамічного впорядкованого ряду з $N$ елементів			
Якщо $N$ – парне число й величина $\frac{N}{2}$ – парне	Якщо $N$ – парне число, а величина $\frac{N}{2}$ – непарне	Якщо $N$ – непарне число, а величина $\frac{N}{2} + \frac{1}{2}$ – парне	Якщо $N$ – непарне число й величина $\frac{N}{2} + \frac{1}{2}$ – непарне
В оптимістичний інтервал входять центральні $\frac{N}{2}$ елементи	В оптимістичний інтервал входять центральні $\frac{N}{2} + 1$ елементи	В оптимістичний інтервал входять центральні $\frac{N}{2} - \frac{1}{2}$ елементи	В оптимістичний інтервал входять центральні $\frac{N}{2} + \frac{1}{2}$ елементи
Ряд динаміки складається з таких трьох частин: $\frac{N}{4} + \frac{N}{2} + \frac{N}{4} = N$	Ряд динаміки складається з таких трьох частин: $(\frac{N-1}{4} - \frac{1}{2}) + (\frac{N}{2} + 1) + (\frac{N-1}{4} - \frac{1}{2}) = N$	Ряд динаміки складається з таких трьох частин: $(\frac{N}{4} + \frac{1}{4}) + (\frac{N-1}{2} - \frac{1}{2}) + (\frac{N}{4} + \frac{1}{4}) = N$	Ряд динаміки складається з таких трьох частин: $(\frac{N-1}{4} - \frac{1}{4}) + (\frac{N}{2} + \frac{1}{2}) + (\frac{N-1}{4} - \frac{1}{4}) = N$
Номер нижнього елемента оптимістичного інтервалу $(\frac{N}{4} + 1)$	Номер нижнього елемента оптимістичного інтервалу $((\frac{N-1}{4} - \frac{1}{2}) + 1) = \frac{N}{4} + \frac{1}{2}$	Номер нижнього елемента оптимістичного інтервалу $((\frac{N}{4} + \frac{1}{4}) + 1) = \frac{N}{4} + \frac{5}{4}$	Номер нижнього елемента оптимістичного інтервалу $((\frac{N-1}{4} - \frac{1}{4}) + 1) = \frac{N}{4} + \frac{3}{4}$
Номер верхнього елемента оптимістичного інтервалу $(\frac{N}{4} + \frac{N}{2} = \frac{3}{4}N)$	Номер верхнього елемента оптимістичного інтервалу $((\frac{N-1}{4} - \frac{1}{2}) + (\frac{N}{2} + 1)) = \frac{3}{4}N + \frac{1}{2}$	Номер верхнього елемента оптимістичного інтервалу $((\frac{N}{4} + \frac{1}{4}) + (\frac{N-1}{2} - \frac{1}{2})) = \frac{3}{4}N - \frac{1}{4}$	Номер верхнього елемента оптимістичного інтервалу $((\frac{N-1}{4} - \frac{1}{4}) + (\frac{N}{2} + \frac{1}{2})) = \frac{3}{4}N + \frac{1}{4}$

Рис. 1. Формули визначення меж оптимістичного інтервалу

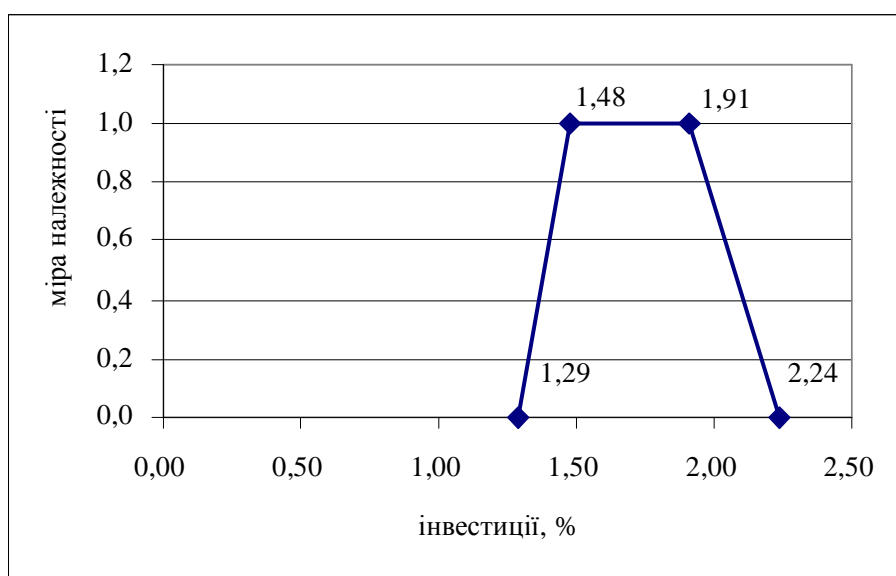
На їхній основі побудуємо два трапецієподібні нечіткі інтервали:

- 1) показник<sub>1</sub> = (31,2; 140,6; 31,2 – 11,4; 220,2 – 140,6) = (31,2; 140,6; 19,8; 79,6);
- 2) показник<sub>2</sub> = (1,48; 1,91; 1,48 – 1,29; 2,24 – 1,91) = (1,48; 1,91; 0,19; 0,33).

Наочно ці інтервали подано на рис. 2 і рис. 3.



**Рис. 2. Нечіткий інтервал абсолютного показника інвестування освітньої сфери Росії**



**Рис. 3. Нечіткий інтервал відносного показника інвестування освітньої сфери Росії**

Підсумовуючи, можемо зробити такі висновки. Отже, у наступні роки найбільшу імовірність справдження має твердження про те, що сума інвестицій в освіту Росії становитиме в межах 31,2–140,6 млрд. руб. Найменш імовірними є її спад до 11,4 млрд. руб. чи зростання до 220,2 млрд. руб. Частка інвестиційних надходжень в російську освіту у загальному обсязі інвестування становитиме за оптимістичними оцінками 1,48–1,91% або буде в межах 1,29–1,48% чи 1,91–2,24% за песимістичними

оцінками. А перевірити висловлені припущення можна буде після закінчення прогнозованого періоду та оприлюднення статистичних показників. Що ж до подальших розвідок з цієї тематики, вважаємо, що надзвичайно цікавим буде дослідження проаналізованих нами показників за допомогою інших методів прогнозування та порівняння отриманих прогнозів між собою та з фактичними даними.

### Література

1. Боголіб Т. М. Фінансове забезпечення розвитку вищої освіти і науки в Україні : автореф. дис. ... докт. екон. наук : 08.04.01 / Т. М. Боголіб. – К., 2006. – 30 с.
2. Борецька Н. П. Розвиток джерел формування людського і соціального капіталу в Україні / Н. П. Борецька // Держава та регіони. – 2010. – № 1. – С. 45–49. – (Сер.: Економіка та підприємництво).
3. Другов О. О. Сучасний стан і динаміка інвестування інтелектуалізації економіки України / О. О. Другов // Вісн. Ун-ту банківської справи Національного банку України. – 2010. – № 3 (9). – С. 142–148.
4. Євменькова К. Фінансування послуг вищої освіти в країнах Заходу / К. Євменькова // Наука молода. – 2008. – № 9. – С. 88–90.
5. Козарезенко Л. В. Чинники ефективності функціонування сфери освітніх послуг [Електронний ресурс] / Л. В. Козарезенко // Економічний вісн. ун-ту. – 2011. – № 17/1. – Режим доступу : <http://nbuv.gov.ua>.
6. Комарчин О. В. Витрати державного бюджету на освіту / О. В. Комарчин, І. С. Скоропад // Науковий вісн. НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.07. – С. 364–369.
7. Arapova I. Public service quality evaluation by methods of fuzzy logic. Conception / I. Arapova, S. Ararov, M. Solyanichenko // Сучасний стан та проблеми інноваційного розвитку держави : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. : тези доп., (6–7 жовт. 2006 р.). – Луцьк : РВВ “Вежа”, 2006. – С. 316–318.
8. Артеменко Л. Б. Використання теорії нечітких множин при оцінці витрат на ремонт автошляхів / Л. Б. Артеменко, О. І. Захаревич, О. А. Ковальчик // Проблеми економічної кібернетики : тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф. (3–5 жовт. 2007 р.). – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 19–20.
9. Вовк В. М. Алгоритмізація пошуку рішень і формалізація нечітких умов / В. М. Вовк // Проблеми економічної кібернетики : тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф. (3–5 жовт. 2007 р.). – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 33–34.
10. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах : монографія / В. М. Вовк. – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 584 с.
11. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде ; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1976. – 168 с.
12. Зайцев С. І. Нечітко-множинна модель оцінки рівня фінансової стійкості підприємства / С. І. Зайцев, Н. М. Зайцева // Проблеми економічної кібернетики : тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф. (3–5 жовт. 2007 р.). – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 47–49.
13. Зайченко Ю. П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – К. : Вища шк., 1988. – 552 с.

14. Матвійчук А. В. Аналіз і управління економічним ризиком : навч. посіб. / А. В. Матвійчук. – К. : ЦНЛ, 2005. – 224 с.
15. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки : моногр. / А. В. Матвійчук. – К. : ЦНЛ, 2005. – 206 с.
16. Мица Н. В. Прогнозування прибутку підприємств грального бізнесу на основі нечіткої логіки / Н. В. Мица // Наук. зап. Остроз. акад. – Острог : Вид-во “Остроз. акад.”. – 2003. – Вип. 5. – С. 179–184. – (Сер.: Економіка).
17. Приймак В. І. Моніторинг регіонального ринку праці за умов неповноти первинної інформації / В. І. Приймак // Регіон. економіка. – 2006. – № 2. – С. 98–107.
18. Скляр А. А. Система інформаційного забезпечення стратегічного управління, побудована на апараті нечіткої логіки / А. А. Скляр, М. Є. Рогоза // Проблеми економічної кібернетики : тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф. (3–5 жовт. 2007 р.). – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 242–243.
19. Сявавко М. Застосування нечітких мір та інтегралів для розв’язання слабо структурованих задач економіки / М. Сявавко // Вісн. Львів. ун-ту. – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка. – 2007. – Вип. 37 (2). – С. 46–58. – (Сер. екон.).
20. Сявавко М. С. Моделювання за умов невизначеності / М. С. Сявавко, О. М. Рибицька. – Л. : НВФ “Укр. технології”, 2000. – 320 с.
21. Цицак В. Моделювання виробничої програми підприємства за умов нечіткого попиту на продукцію / В. Цицак // Вісн. Львів. ун-ту. – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка. – 2007. – Вип. 37 (2). – С. 390–397. – (Сер. екон.).
22. Цицак В. Нечіткий підхід до моделювання гнучких обмежень попиту на продукцію у задачі пошуку оптимального плану виробництва / В. Цицак // Нові обрії економічної науки : матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф. (11–12 трав. 2007 р.). – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 262–263.
23. Веб-сторінка Федеральної служби державної статистики Російської Федерації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gks.ru>.
24. Веб-сторінка Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
25. Тоцька О. Л. Економіко-математичне моделювання випуску продукції в харчовій промисловості України : моногр. / О. Л. Тоцька. – Луцьк : РВВ “Вежа” ВНУ ім. Лесі Українки, 2009. – 252 с.

Редакція отримала матеріал 28 листопада 2011 р.