

*С. В. Козловський,*

*д. е. н., професор кафедри фінансів, Вінницький торгівельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету*

*Е. А. Кірієєва,*

*асистент кафедри адміністративного менеджменту та державного управління, Вінницький національний аграрний університет*

## УПРАВЛІННЯ РЕГІОНАЛЬНОЮ ПРОДОВОЛЬЧОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ОСНОВІ ІННОВАЦІЙНОГО МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ — НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

*S. Kozlovsky,*

*Doctor of Economics, Professor Vinnytsia Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics*

*E. Kirieieva,*

*Assistant, Vinnytsia National Agrarian University*

MANAGEMENT OF THE REGIONAL FOOD SECURITY THROUGH THE INNOVATIVE MODELING METHOD — THE FUZZY LOGIC

*Визначено сутність продовольчої безпеки. Розроблено математичну модель прогнозування регіональної продовольчої безпеки на основі використання теорії нечіткої логіки, що дозволяє визначити її стан з урахуванням внутрішніх, зовнішніх та світових чинників впливу середовища. Описано структуру процесу прийняття рішень на основі системи прийняття та підтримки рішень.*

*The essence of food security has determined. The mathematical model of predicting regional food security through the use of fuzzy logic to determine its status based on the internal, the external and the global factors affecting the environment has developed. The structure of the decision-making based on the system of decision solutions and support has described.*

*Ключові слова: регіональна продовольча безпека, моделювання, теорія нечіткої логіки, система прийняття та підтримки рішень.*

*Key words: regional food security, modeling, the theory of fuzzy logic, the system of decision solutions and support solutions.*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Метою продовольчої безпеки є створення умов соціального, фізичного і економічного доступу кожного громадянина до продовольства в даний час і в довгостроковій перспективі [1]. Процес управління регіональною продовольчою безпекою в сучасних умовах господарювання потребує детального дослідження даної проблеми та прогнозування її розвитку в умовах нестійкого функціонування середовища. Серед методологічної бази дослідження для прогнозування регіональної продовольчої безпеки актуально використовувати моделювання. Метод моделювання відіграє одну з ключових ролей у здійсненні системного аналізу будь-якої освітньої системи. Адже саме за допомогою нього стає можливим стислий виклад необхідної інформації та нівелювання другорядних факторів, притаманних оригіналу. Відповідно, ставиться акцент на характеристиках, що є визначальними у становленні та розвитку досліджуваної системи [2].

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивчення процесів моделювання економічних процесів відображене у працях таких вчених, як Іващук О.Т.,

Харбатович С.В., Сидоренко В.Н. Проблемам регіональної продовольчої безпеки присвячені праці Одінцева М.М., Міляра Л.Ф., Лушпаєва С.О. та інших.

### МЕТА СТАТТІ

Метою статті є побудова математичної моделі на основі використання теорії нечіткої логіки. Дана модель дозволяє прогнозувати стан регіональної продовольчої безпеки на перспективу з використанням нечіткої бази знань щодо факторів внутрішнього, зовнішнього та світового середовища.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Математичне моделювання — універсальний та ефективний інструмент пізнання внутрішніх закономірностей, властивих явищам і процесам. Воно дає можливість вивчити кількісні взаємозв'язки, взаємозалежності моделюючої системи та вдосконалити її подальший розвиток і функціонування з допомогою математичної моделі [3, с. 14].

Для прогнозування регіональної продовольчої безпеки використовуємо методіку розроблену Козловським С.В., Козловським В.О [4]. Дана методіка базується на теорії нечіткої логіки.

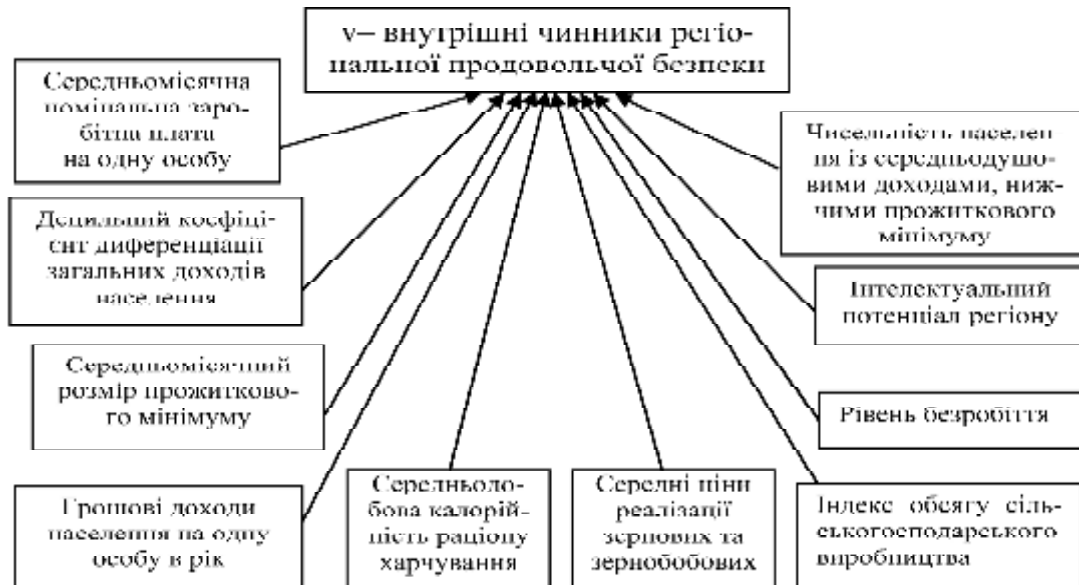


Рис. 1. Класифікація внутрішніх чинників регіональної продовольчої безпеки

У ході дослідження було визначено основні фактори, що впливають на формування достатнього рівня регіональної продовольчої безпеки. Проведемо аналіз даних факторів. Запропоновано розглядати три групи факторів такі, як:

1. Внутрішні чинники регіональної продовольчої безпеки.
2. Зовнішні чинники регіональної продовольчої безпеки;
3. Світові чинники регіональної продовольчої безпеки.

Детальний опис кожної групи факторів представимо надалі. Перша група чинників — внутрішні чинники. Першим фактором даної групи є середньомісячна номінальна заробітна плата. Середньомісячна номінальна заробітна плата відображає суму доходів на одну особу.

Друга група факторів — зовнішні чинники регіональної продовольчої безпеки можливо представити через природно-кліматичні умови регіону, форс-мажорні фактори, імпорт та експорт сільськогосподарської продукції регіону та рівень політичної стабільності в регіоні.

Третя група факторів впливу на регіональну продовольчу безпеку представлена через такі чинники як чисельність населення світу, інноваційні технології, серед яких основне місце посідає розвиток генної інженерії, обсяг споживання та обсяг виробництва зернової продукції у світі та екологічні фактори.

Використання нечіткої логіки ефективно там, де немає можливості чітко формалізувати вхідні змінні (параметри), де переважають висновки (висловлювання) ек-

спертів, зроблені в лінгвістичній (вербальній) формі. Для можливості подання такої інформації у вигляді вхідних змінних (параметрів) моделі визначається частка впевненості в істинності того чи іншого висловлювання [4, с. 55]. Нечіткий висновок може бути поданий лінгвістично (наприклад "більше", "значно більше", "менше" тощо) або графічно у вигляді певної функції у двовимірній системі. Як результат, отриманий висновок не має єдиного значення (чого вимагає традиційна математика), а може відображатися набором значень, кожне з яких має свою частку впевненості. Трактування нечітких висновків здійснюється в кожному конкретному випадку окремо і залежить від сутності цих висновків, а також чинників, які впливають на суть цих висновків [4, с. 55].

Для побудови моделі важливим етапом є побудова "дерева логічного виведення". Дерево відображає взаємозв'язки між вихідним параметром та вхідними змінними. Відобразимо залежність прогнозного показника  $Y$  від факторів  $\{x_1 \dots x_{20}\}$ , що відображені формулами (1) — (3).

Згідно з рисунками лінгвістичні змінні факторів  $v, z, s$  визначимо за допомогою таких співвідношень (див. формули):

$$v = f_v(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}) \quad (1),$$

$$z = f_z(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}) \quad (2),$$

$$s = f_s(x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}) \quad (3),$$

де  $x_1 \dots x_{10}$  — внутрішні чинники регіональної продовольчої безпеки;

$x_{11} \dots x_{15}$  — зовнішні чинники регіональної продовольчої безпеки;



Рис. 2. Класифікація зовнішніх чинників регіональної продовольчої безпеки



Рис. 3. Класифікація світових чинників регіональної продовольчої безпеки

$x_{16} + x_{20}$  — світові чинники регіональної продовольчої безпеки.

Вихідна змінна, що визначає рівень регіональної продовольчої безпеки  $Y$ , визначена у вигляді наступної рівності:

$$Y = f_y(v, z, s) \quad (4)$$

де  $v, z, s$  змінні, що описують внутрішні, зовнішні та світові фактори та період прогнозування (1М, 3М, 6М, де М визначає кількість місяців).

Досліджувана модель містить у своєму складі три взаємопов'язані моделі. Перша характеризує залежність внутрішніх чинників регіональної продовольчої безпеки від факторів, що визначають рівень життя населення регіону, рівень доходів населення та достатність калорійності раціону харчування.

Друга модель характеризує залежність зовнішніх чинників від загальної політичної стабільності в країні, природно-кліматичних умов регіону, обсягів експорту та імпорту сільськогосподарської продукції.

Третя модель відображає залежність світових чинників від розвитку високих технологій таких, як генна інженерія, чисельності населення світу, обсягів виробництва та споживання зернових у світі.

Використання у якісних та кількісних вхідних параметрів дозволило побудувати об'єктивну модель. При описі кількісних параметрів використані статистичні дані. Якісні параметри описуються за допомогою експертних оцінок, які відображені у вигляді 100 — бальної шкали.

Відповідно до стану регіональної продовольчої безпеки та основних принципів моделювання можливі зміни регіональної продовольчої безпеки визначимо такими рівнями (за шкалою від 0 до 100):

- $Y_1$  (85—100) — високий рівень продовольчої безпеки (клас А або 1);
- $Y_2$  (66—84) — середній рівень продовольчої безпеки (клас В або 2);
- $Y_3$  (51—65) — достатній рівень продовольчої безпеки (клас С або 3);
- $Y_4$  (31—50) — нижче достатнього (клас Д або 4);
- $Y_5$  (0—30) — критичний рівень продовольчої безпеки (клас Е або 5).

Для лінгвістичної оцінки вхідних параметрів  $\{x_1 \dots x_{20}\}$  використовуються нечіткі терми, а для оцінки значень лінгвістичних змінних  $v, z, s$  будемо використовувати єдину шкалу термів із діапазоном від 0 до 100; де, К — критичний (0—30); Д — достатній (31—50); С — середній

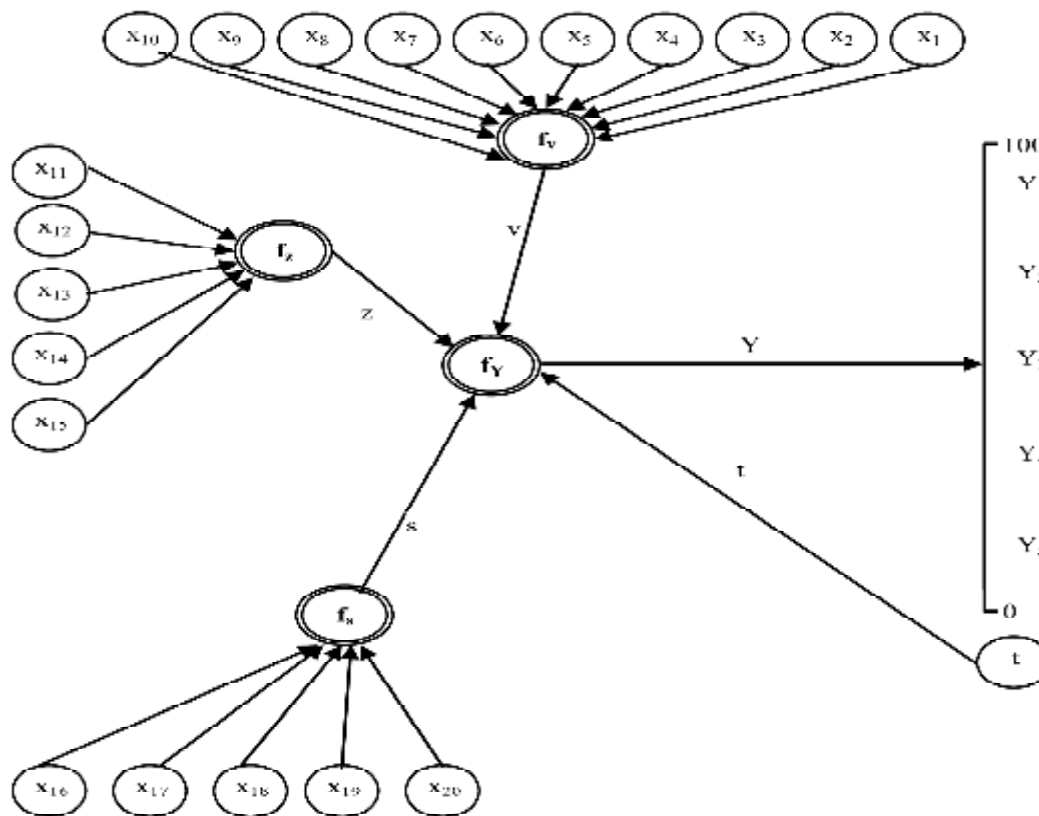


Рис. 4. Дерево логічного виведення прогнозу регіональної продовольчої безпеки Вінницької області

Джерело: розроблено автором за джерелом [4].



Таблиця 2. Приклад значення коефіцієнтів  $b$  і  $c$  для термів змінних  $x_1, \dots, x_n$

Параметри	Терми	$b$	$c$	Параметри	Терми	$b$	$c$
$x_1$	К	850	900	$x_2$	К	8	12
	Д	1900	2000		Д	18	23
	С	3500	2500		С	32	25
	ВС	6250	1500		ВС	60	20
$x_3$	В	8500	1100	$x_4$	В	80	10
	К	400	240		К	900	80
	Д	250	900		Д	700	200
	С	1450	1100		С	350	200
$x_5$	ВС	3000	700	$x_6$	ВС	105	150
	В	4000	500		В	10	50

Розроблено автором за результатами досліджень.

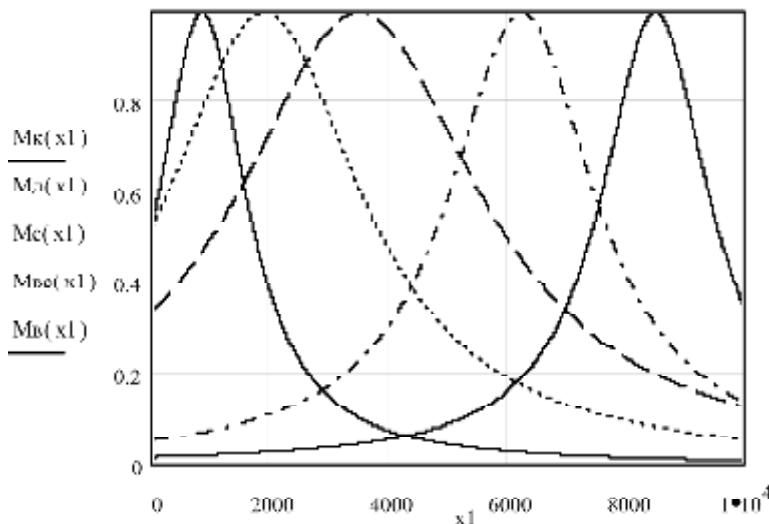


Рис. 5. Функція належності для  $x_1$  (середньомісячна номінальна заробітна плата, грн.)

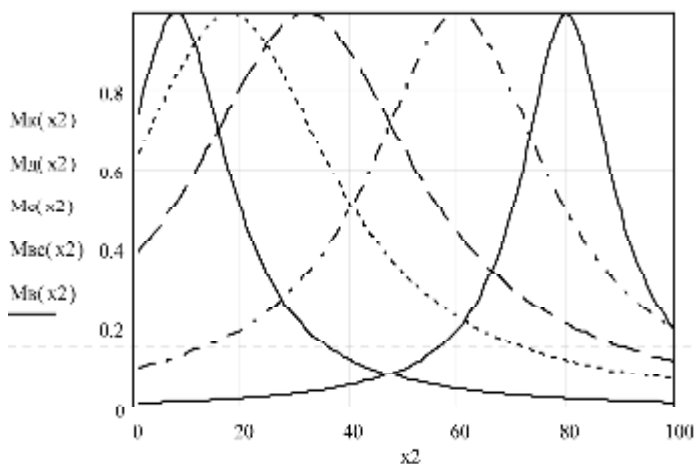
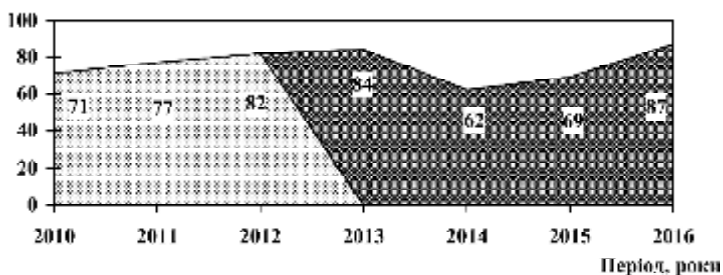


Рис. 6. Функція належності для  $x_2$  (доходи населення на одну особу в рік)



■ Прогнозований рівень регіональної продовольчої безпеки (на основі створеної моделі)  
 □ Фактичний рівень регіональної продовольчої безпеки

Рис. 7. Фактичний та прогнозований рівень регіональної продовольчої безпеки Вінницької області

ної продовольчої безпеки. Система прийняття та підтримки рішень включає три головні підсистеми: підсистему інтерфейсу користувача; підсистему керування базою даних і підсистему керування моделлю [4].

Оскільки сучасні умови характеризуються періодичною зміною вхідних параметрів моделі, тому важливою перевагою запропонованої системи прийняття та підтримки рішень є її гнучкість (гнучкість системи прийняття та підтримки рішень — це спроможність системи адаптуватися до змін вхідних параметрів). Гнучкість або адаптивність системи прийняття та підтримки рішень повинна плануватися ще на етапі проектування, а сама побудова системи повинна бути адаптивною, що забезпечує можливість дотримання таких умов [4, с. 74]:

- існуюче програмне забезпечення легко модифікується у випадку зміни умов, оскільки система прийняття та підтримки рішень реалізована в середовищі Mathcad;

- у моделі передбачено можливість додавання нових задач (при повному відновленні параметрів моделі);

- інтерфейс системи прийняття та підтримки рішень легко налагоджується;

- бази даних системи прийняття та підтримки рішень легко поповнюються і модифікуються.

Поряд з цим, ще однією з переваг запропонованої системи прийняття та підтримки рішень є те, що вона передбачає можливість не тільки збирання, збереження, обробки, доступу до інформації, а й візуалізацію як вхідних просторово розташованих даних, так і результатів управління за допомогою використання сучасних геоінформаційних систем [4, с. 74].

Створена модель регіональної продовольчої безпеки дозволяє примати управлінські рішення на основі системи підтримки та прийняття рішень, в основу якої покладена теорія нечіткої логіки. Основними етапами моделювання та створення системи управління та прийняття рішень будуть [4, с. 74]:

- дослідження основних чинників, що впливають на регіональну продовольчу безпеку;
- опис лінгвістичних змінних, що впливають на процес;
- розробка алгоритму оцінки та прогнозування рівня регіональної продовольчої безпеки;
- побудова дерева виведення для узагальнених вихідних показників;
- оцінка якісних (лінгвістичних) вхідних параметрів;
- визначення діапазонів зміни лінгвістичних вхідних параметрів;
- узагальнення моделі;
- накопичення бази знань та її перетворення відповідно до характеристик об'єкта оцінювання (прогнозування);
- формалізація бази знань у вигляді нечітких логічних висловлювань;
- отримання системи нечітких логічних рівнянь;
- вибір методу побудови функцій належності за допомогою багатокритеріального аналізу;
- побудова функцій належності;
- вибір методу дефазифікації вихідної прогнозованої інформації;
- вибір методу налагодження моделі оцінки та прогнозування інвестиційного клімату (пропонується використовувати генетичний алгоритм);
- моделювання прогнозного параметра.

### ВИСНОВКИ

Здійснене прогнозування регіональної продовольчої безпеки на основі моделі з використанням теорії нечіткої логіки дозволяє визначити її стан у майбутньому, що в свою чергу є основою для створення стратегії управління регіональною продовольчою безпекою. У процесі управління регіональною продовольчою безпекою використана система прийняття та підтримки управлінських рішень, яка дозволяє адекватно оцінити вихідний стан проблеми та визначити оптимальні напрямки її вирішення. Запропонована модель може бути використана в процесі державного регіонального управління та в діяльності окремих господарських суб'єктів як основа для вироблення стратегії щодо підтримки достатнього рівня продовольчої безпеки.

Практична цінність представленої моделі полягає у тому, що за допомогою прогнозування регіональної продовольчої безпеки з урахуванням чинників внутрішнього, зовнішнього та світового середовища можливо створити необхідні умови в регіоні та державі щодо запобігання продовольчим кризам та забезпечення усіх верств населення достатньою кількістю продуктів харчування необхідної якості.

### Література:

1. Одінец М. М. Моделювання факторів формування продовольчої безпеки // Ефективна економіка. — 2010. — № 1 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=113>
2. Харбатович С.В. Теоретичні аспекти моделювання як методу наукового дослідження // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Серія: Педагогічні науки. — 2012. — №

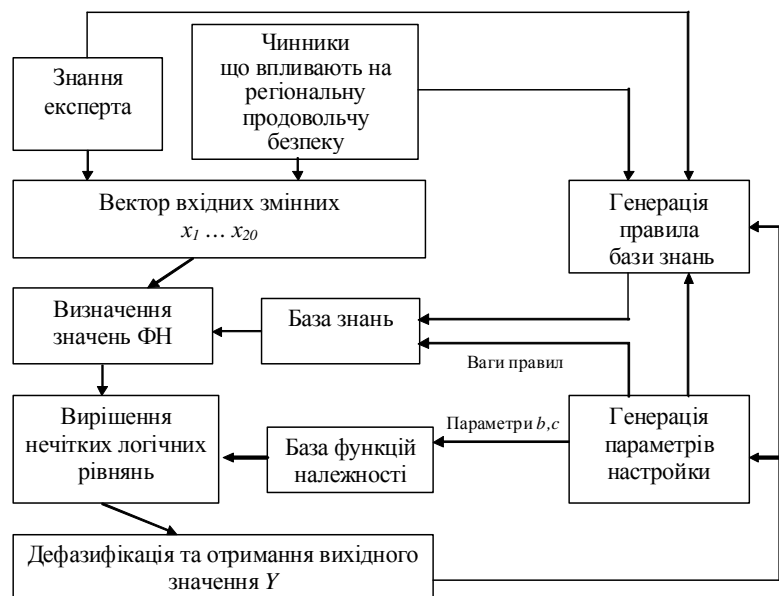


Рис. 8. Процес прийняття рішень щодо управління регіональною продовольчою безпекою допомогою СППР

Джерело: адаптовано автором за джерелом [4].

96 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc\\_gum/vchdpu/ped/2012\\_96/Harbat.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/vchdpu/ped/2012_96/Harbat.pdf)

3. Економіко-математичне моделювання: навчальний посібник / За ред. О.Т. Івашука. — Тернопіль: ТНЕУ "Економічна думка", 2008. — 704 с.

4. Козловський С.В. Макроекономічне моделювання та прогнозування валютного курсу в Україні: монографія / С.В. Козловський, В.О. Козловський. — Вінниця: "Книга-Вега" ВАТ "Вінницька обласна друкарня", 2005. — 240 с.

5. Калетнік Г.М. Управління економічними відносинами підприємств молоко продуктового під комплексу аграрної галузі України: монографія / Г.М. Калетнік, С.В. Козловський, Н.М. Тарасюк, В.В. Семененко. — Вінниця: 2013. — 248 с.

### References:

1. Odintsov, M. M. (2010), "Modelling factors of food security", *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 1, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=113> (Accessed 20 Nov 2013).
2. Kharbatovych, S.V. (2012), "The theoretical aspects of modeling as a method of research" *Visnyk Chernihiv's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni T.H.Shevchenka. Seria: Pedahohichni nauky*, [Online], vol.96, available at: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc\\_gum/vchdpu/ped/2012\\_96/Harbat.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/vchdpu/ped/2012_96/Harbat.pdf) (Accessed 21 Nov 2013).
3. Ivaschuk, O.T. (2008), *Ekonomiko-matematyчне modeliuвання: Navchal'nyj posibnyk* [Economic modeling: Tutorial], Ternopil, Ukraine.
4. Kozlovsky, S.V. and Kozlovsky, V. O. (2005), *Макроекономічне modeliuвання та prohnozuvannya valiutnoho kursu v Ukraini: monohrafiia* [Macroeconomic modeling and forecasting exchange rate in Ukraine: monograph] "Knyha-Veha" VAT "Vinnyts'ka oblasna drukarnia", Vinnytsia, Ukraine.
5. Kaletnik, H.M., Kozlovsky, S.V., Tarasiuk N.M. and Semenenko, V.V. (2013), *Upravlinnia ekonomichnymy vidnosynamy pidpriemstv moloko produktovoho pid kompleksu ahrarnoi haluzi Ukrainy: Monohrafiia*. [Managing the economic relations of the dairy subcomplex of agrarian sector of Ukraine: Monograph], Vinnytsia, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2013 р.