

Зорина В. Юринець, Віра В. Круглякова
**НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ПРОГНОЗУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ**

У статті розглянуто роль інновацій і прогнозування в підвищенні конкурентоспроможності економіки країни. Розроблено нейромережеву модель для прогнозування інноваційного розвитку України. Запропоновано процес формування та втілення напрямів інноваційного розвитку країни на основі нейромережевої моделі прогнозування.

Ключові слова: інновації; прогнозування; конкурентоспроможність; інноваційний розвиток; нейромережева модель.

Форм. 1. Рис. 5. Табл. 1. Літ. 13.

Зорина В. Юринець, Віра В. Круглякова
**НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ**

В статье рассмотрена роль инноваций и прогнозирования в повышении конкурентоспособности экономики. Разработана нейросетевая модель для прогнозирования инновационного развития Украины. Предложен процесс создания и реализации направленный инновационного развития страны на основе нейросетевой модели прогнозирования.

Ключевые слова: инновации; прогнозирование; конкурентоспособность; инновационное развитие; нейросетевая модель.

Zoryna V. Yurynets¹, Vira V. Kruglyakova²
**NEURAL NETWORK MODELLING AS A FORECASTING TOOL
FOR INNOVATIVE DEVELOPMENT OF UKRAINE'S ECONOMY**

The paper discusses the role of innovations and forecasting in enhancing the economy's competitiveness. Neural network model for forecasting the innovative development of Ukraine is developed. Its realization process is described, which allows forming the model of the country's innovative development using the forecasting neural network model.

Keywords: innovations; forecasting; competitiveness; innovative development; neural network model.

Постановка проблеми. Економічна діяльність країни може бути успішною лише за умови, якщо вона спроможна ефективно застосовувати інноваційний потенціал, поліпшуючи рівень господарювання, перевтілюючи чинники конкурентоспроможності на унікальні конкурентні переваги та розвиваючи їх у майбутньому. Важливим фундаментом здійснення державного регулювання національної економіки та інноваційної діяльності зокрема є прогнозування. Прогнозування інноваційної діяльності в країні є стратегічним інструментом і важливим елементом процесу формування інноваційної політики, управління та координування діяльності економічних суб'єктів, розвитку інноваційної сфери тощо.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання розвитку інноваційної конкурентоспроможності та конкурентних переваг постають у полі зору учених з най-

¹ Ivan Franko Lviv National University, Ukraine.

² Ivan Franko Lviv National University, Ukraine.

різноманітніших сторін. Проблемами оцінювання конкурентоспроможності займалися такі зарубіжні вчені, як Дж. Круз [11], Х. Мун [10], М. Портер [7], А. Ругман [11], Д.-С. Чо [9] та ін. Різні аспекти забезпечення конкурентоспроможності об'єктів, врахування змін у механізмі конкуренції на підставі інновацій, необхідності прогнозування розвитку країни є предметом дослідження, таких авторів як В. Александрова [1], А. Гальчинський [3], В. Геєць [3], А. Кінах [3], В. Семиноженко [3], М. Скрипниченко [1], Л. Федулова [1] та ін. Б. Панасюк [6] обґрунтовує думку, що одним із ключових чинників досягнення успіху у сфері інноваційного розвитку є вдосконалення підходів до прогнозування інноваційної діяльності та покращення процесу ухвалення рішень.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Сьогодні значну увагу вчених приділено доцільності вивчення суті, ознак, напрямів підвищення конкурентоспроможності економіки країни тощо. Конкурентоспроможність національної економіки розглядалась з позицій основного фактору продуктивності використання наявних ресурсів (М. Портер) [7]. Для підвищення конкурентоспроможності економіки, планування розвитку національної економіки, формування стратегії соціально-економічного розвитку та національної інноваційної стратегії використовується система різноманітних прогнозів, методів прогнозування [3; 5]. Від ефективності прогнозування інноваційної діяльності в країні залежить результативність та якість планування, регулювання та координування процесів, ухвалення рішень, стимулювання розвитку інновацій, виявлення необхідних ресурсів. Постає питання розробки моделі прогнозування із застосуванням сучасних методів, передбачення головних напрямів інноваційного розвитку національної економіки для підвищення її конкурентоспроможності.

Метою дослідження є визначення ролі інновацій і прогнозування для підвищення конкурентоспроможності національної економіки, окреслення етапів процесу розробки та втілення напрямів інноваційного розвитку країни на основі нейромережевої моделі прогнозування.

Основні результати дослідження. До головних ознак та особливостей підвищення конкурентоспроможності відносимо: продуктивність праці [8, 162], діяльність багатонаціональних компаній, середовище міжнародного бізнесу [11, 17–39], людський фактор [9; 10, 97–114], технологічну (інноваційну) готовність [12; 13]. Описані чинники дали змогу державам із різним економічним розвитком виходити на світові ринки і займати конкурентні ніші, брати участь у міжнародному поділі праці та підвищувати продуктивність.

Як свідчать статистичні дослідження, інноваційна діяльність та активність українських підприємств була і залишається вкрай низькою [4]. Це засвідчує неймовірно низька частка витрат на НДДКР у відсотках до ВВП, інноваційних розробок та їх впровадження підприємницьким сектором, а також незначна частка інвестиційних витрат на інновації.

Метою дослідження є розроблення нейромережевої моделі та одержання результатів прогнозування інноваційного розвитку економіки нашої держави, проведення оцінки впливу факторів на валовий внутрішній продукт України та надання рекомендацій з метою вдосконалення ухвалення рішень державними органами влади. Прогнозування, здійснене засобами нейромережевого

моделювання – це важливий інструмент аналізу економічних процесів, зокрема, при формуванні напрямів науково-технічної, інноваційної, соціальної й економічної політики країни.

Методику роботи запропонованої нейромережевої моделі можна описати так: нейрон отримує вхідні сигнали (вихідні дані або вихідні сигнали інших нейронів нейромережі) через кілька вхідних каналів; кожен вхідний сигнал проходить через з'єднання, що має певну інтенсивність (або вагу), а ця вага відповідає синаптичній активності біологічного нейрона (з кожним нейроном пов'язане відповідне граничне значення).

Величина активації нейрона отримується як різниця зваженої суми входів та граничного значення. Сигнал активації перетворюється за допомогою функції активації. У результаті отримується вихідний сигнал нейрона:

$$u_i = \sum_j^n w(i,j)x(i,j) + b(i), \quad i = \overline{1,n}, \quad (1)$$

де u_i – вихідний сигнал нейрону i ; $w(i,j)$ – синаптичний ваговий коефіцієнт між нейроном i та j ; $x(i,j)$ – i та j вхідний сигнал нейрона; b – параметр зміщення суматора i -го нейрона.

Вхідними величинами розробленої нейронної моделі є ознаки інноваційної політики держави, вихідна величина – це релевантність інноваційної політики держави положенням інноваційної економіки. Процес формування моделі відбувається послідовно: спочатку здійснюється відбір виду мережі для розв'язання поставленої мети, потім відбувається навчання мережі та її перевірка (тестування), лише згодом мережу можна успішно впроваджувати. Під час розробки моделі прогнозування було побудовано навчаючу вибірку як основа роботи для пакету прикладної програми нейромереж "StatSoft Statistica 6.0".

Після того, як здійснено вибір різновиду формування мережі, обирають групи незалежних і залежних змінних. Вхідними змінними для розробленої моделі є фінансування інноваційної діяльності, витрати державного бюджету на освіту та державні інвестиції. Вихідною змінною є валовий внутрішній продукт України.

У дослідженні також використано чинники, які характеризують основні напрями державної інноваційної, соціально-економічної політики (у % до ВВП): грошова маса (М1), сплачені податки та податкові платежі (П1), надходження від податку з доходів фізичних осіб (П2), надходження від податку на прибуток підприємств (П3), надходження від ПДВ та акцизного збору (П4), державні інвестиції (І2), інвестиції в основний капітал (І1), неподаткові надходження зведеного бюджету (Б1), податкові надходження місцевих бюджетів (Б2), видатки зведеного бюджету (Б3), видатки зведеного бюджету на загальнодержавні функції (Б4), видатки державного бюджету на освіту (Б5), фінансування НДДКР (Ф1) та інноваційної діяльності з держбюджету (Ф2) (табл. 1).

Поставлена мета в дослідженні була вирішена завдяки нейронній мережі виду багат шаровий перцептрон і радіальна базисна функція (рис. 1). Як наслідок, одержано багат шарову нейронну мережу (MLP 5-8-1), основною ознакою якої є найменша помилка навчання та найвищий рівень продуктивності.

Таблиця 1. Чинники, які характеризують основні напрями державної інноваційної, соціальної та економічної політик в Україні, % до ВВП*

Роки	М1	П1	П2	П3	П4	П1	П2	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5	Ф1	Ф2
2000	12,2	29,0	3,7	4,5	6,9	13,9	1,3	7,4	6,91	28,3	3,91	2,31	0,35	0,005
2001	14,6	27,9	4,3	4,1	6,4	15,9	1,5	8,1	7,2	27,3	3,8	2,3	0,37	0,027
2002	17,7	30,6	4,8	4,2	7,8	16,5	1,4	6,5	7,3	26,7	3,8	2,11	0,33	0,02
2003	19,3	30,8	5,1	4,9	6,7	19,1	2,1	6,8	7,0	28,4	3,71	2,2	0,4	0,035
2004	19,4	29,9	3,8	4,7	6,8	21,9	3,2	6,9	5,4	29,3	3,6	2,1	0,41	0,018
2005	22,3	35,7	3,9	5,3	9,5	21,1	2,0	7,2	5,3	32,1	3,5	2,2	0,39	0,006
2006	22,7	36,4	4,2	4,8	10,8	23,0	2,3	7,5	5,7	32,2	3,68	2,23	0,37	0,021
2007	25,2	36,1	4,8	4,8	9,7	26,2	2,4	6,7	6,2	31,5	3,4	2,1	0,38	0,02
2008	23,6	35,8	4,8	5,0	11,1	24,5	2,3	6,4	6,3	32,6	3,21	2,3	0,4	0,036
2009	25,6	36,4	4,9	3,6	11,6	16,6	1,2	6,4	6,4	33,7	3,6	2,6	0,37	0,014
2010	26,5	33,1	4,7	3,7	10,5	13,8	1,3	6,7	6,2	34,5	4,1	2,71	0,65	0,008
2011	24	30,6	4,6	4,2	13,2	15,5	1,4	4,6	5,6	32	3,81	2,11	0,3	0,011
2012	26,1	31,6	4,8	4,1	13,1	15,4	1,3	5,7	6,1	34,9	3,9	2,1	0,32	0,015
2013	29,8	29,4	4,8	4,8	12,1	14,3	1,3	5,6	6,1	33,6	4,11	2,1	0,29	0,002

* складено на основі [2; 4; 6].

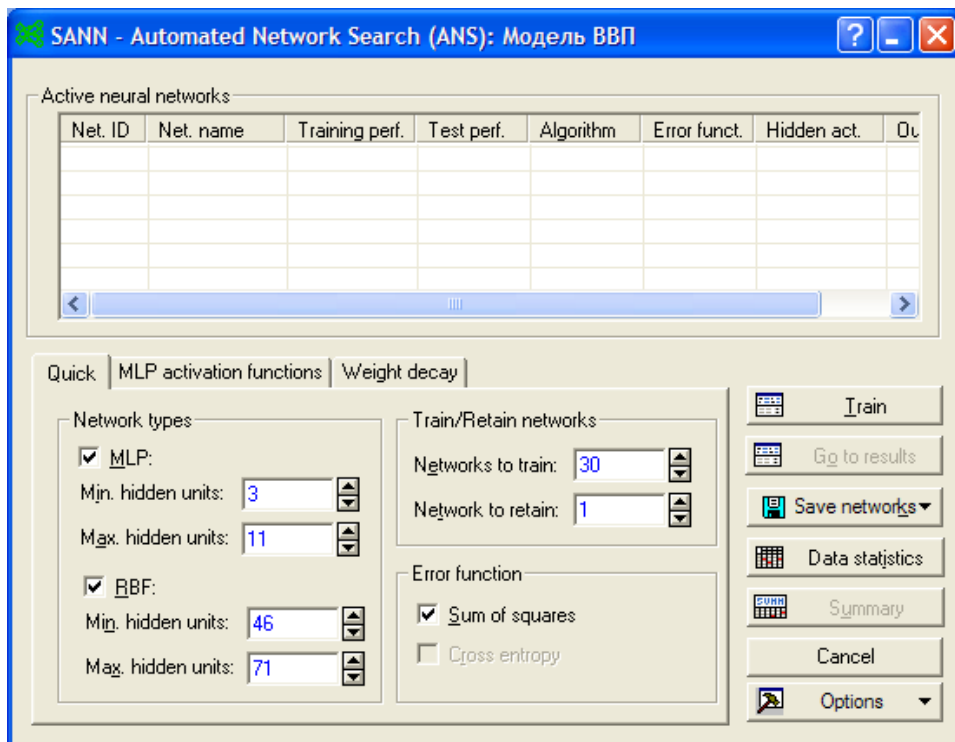


Рис. 1. Визначення параметрів мережі, авторська розробка

Через розробку нейромережевої моделі перевірено та проведено прогнозування чинників, які мають вплив на підвищення конкурентоспроможності України: фінансування освіти, інноваційної діяльності з бюджету, державні інвестиції (закупівля основного капіталу).

У процесі проведення дослідження використано статистичні дані щодо соціально-економічної, зокрема інноваційної, діяльності 9 провідних країн світу: Велика Британія, Австрія, Нідерланди, Німеччина, Фінляндія, Франція, США, Швеція, Швейцарія. Показники соціально-економічної та інноваційної діяльності одержані з матеріалів проведених масштабних досліджень, опублікованих різними міжнародними організаціями: ОЕСР, МВФ, Державного комітету статистики України тощо.

Аналізуючи результати інноваційної діяльності в Україні за 2000–2013 рр., варо зауважити, що помітною є тенденція до зниження питомої ваги показників у ВВП [4]. Провівши прогнозування завдяки розробленій моделі, встановлено, що зростання ВВП України можливе за умови:

1) підвищення фінансування інноваційної діяльності бодай на 0,001% (ВВП зростатиме на 0,0033%) (рис. 2). Дані свідчать, що потрібна державна підтримка інноваційної діяльності, а також поширення альтернативних джерел фінансування, впровадження інноваційних ваучерів тощо.

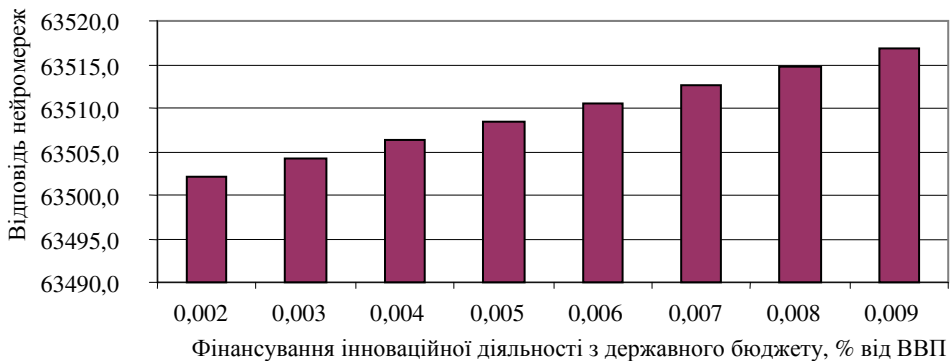


Рис. 2. Відповідь нейромережі на зміни державних видатків на інноваційну діяльність відносно ВВП країни, авторська розробка

2) зростання витрат державного бюджету на освіту на 0,4% (рис. 3).



Рис. 3. Відповідь нейромережі на зміни видатків державного бюджету на освіту відносно ВВП країни, авторська розробка

Необхідними є вдосконалення системи освіти країни, підтримки освітнього процесу та розвиток наукової діяльності, оскільки такі видатки мають важливе значення як засіб формування інтелектуального потенціалу країни.

3) збільшення державних інвестицій на 0,01% (ВВП зростатиме в середньому на 0,12%) (рис. 4).

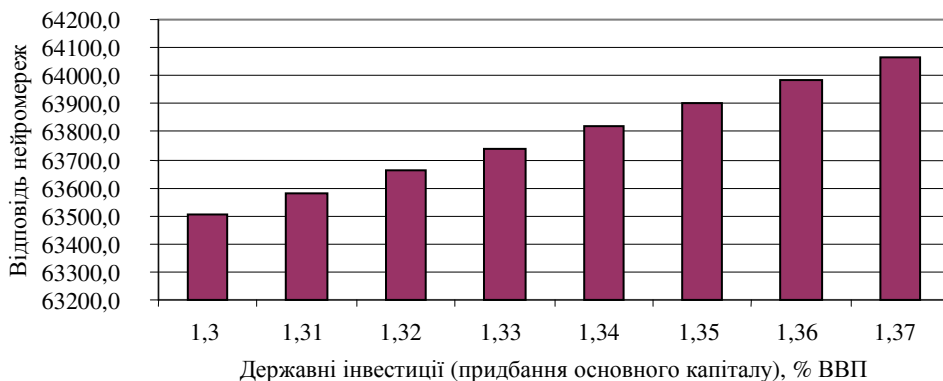


Рис. 4. Відповідь нейромережі на зміни обсягу державних інвестицій відносно ВВП країни, авторська розробка

Нині важливим є підсилення ролі держави як інституційного чинника на ринку капіталу, поглиблення державних інвестиційних програм пріоритетних напрямів розвитку, реформування застарілої структури економіки.

Процес побудови системи прогнозів потребує вирішення низки методичних та організаційних завдань. Формування цієї системи вимагає інтегрованого підходу до вирішення питань (рис. 5): взаємоузгодження цілей і завдань соціально-економічного й інноваційного розвитку країни, спрямування заходів з підсилення інноваційної діяльності; організація інформаційного забезпечення для вибору нейромережевої моделі прогнозування; проведення оцінювання результатів прогнозування та їх співставлення із сформованими цілями інноваційного розвитку. Це забезпечить, насамперед, бажану цілеспрямованість стратегічних дій і точність аналізу результатів. На основі прогнозу відбувається коригування програм інноваційного розвитку державного та регіонального рівнів.

Зарубіжні країни активно впроваджують нейромережеве моделювання для визначення орієнтирів соціального, економічного та інноваційного розвитку економіки. Наприклад, Швеція ще декілька років тому вийшла на якісно новий рівень поступу завдяки підсиленню інноваційної складової, а нині акцентує увагу на підвищенні соціальних стандартів, нейромережеве моделювання застосовується для прогнозування соціального розвитку країни та діяльності різних галузей економіки.

Сьогодні прогнозування, яке проводиться в Україні на державному рівні, здебільшого ґрунтується на сценарних методах. Нейронні мережі дають змогу створювати складні залежності, тому що вони нелінійні за своєю природою, як і усі явища, які відбуваються в економіці та суспільному житті. Запровадженням новітніх методів прогнозування і розробкою прогнозів

повинна займатись Національна академія наук України, яка, формуючи прогнозно-аналітичні матеріали, дає змогу міністерствам та відомствам розробляти програми інноваційного, соціально-економічного розвитку державного рівня і таким чином скеровувати діяльність суб'єктів господарювання на розробку і впровадження новітніх технологій, товарів і послуг.

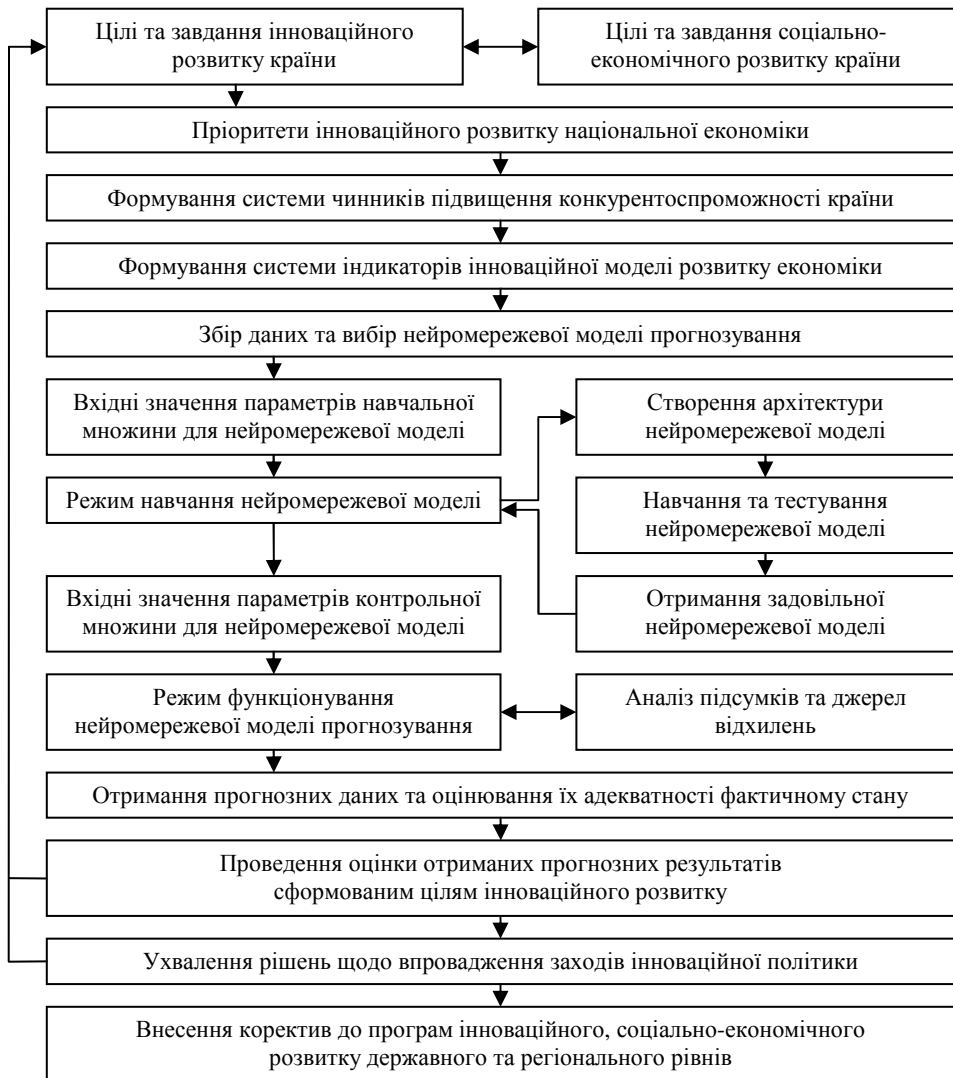


Рис. 5. Послідовність етапів процесу формування та втілення напрямів інноваційного розвитку країни на основі нейромережевої моделі, авторська розробка

Висновки. Серед усієї множини засобів, інструментів формування та підвищення конкурентоспроможності економіки інновації приймають вкрай важливе значення. Управлінському апарату України варто й надалі опановува-

ти досвід провідних країн світу, які успішно застосовували інновації, новітні методи управління, прогнозування і вийшли на шлях стійкого розвитку в умовах криз. Для цього основна увага має бути зосереджена на вдосконаленні процесу розробки та втілення напрямів інноваційного розвитку країни на основі нейромережевої моделі прогнозування, пошуку чинників підвищення конкурентоспроможності, оптимальних методів прогнозування, способів втілення результатів прогнозів у реальність, засобів збільшення інвестування у відновлення основного капіталу, розвиток освіти, інноваційної діяльності. Для України важливим стає збільшення витрат на ці напрями, пошук альтернативних джерел фінансування, здійснення ефективного розподілу та скерування бюджетних коштів на інноваційну діяльність.

1. *Александрова В., Скрипниченко М., Федулова Л.* Прогнозування впливу інноваційних факторів на розвиток економіки України // *Економіка і прогнозування.*— 2007.— №2. — С. 9–26.
2. Видатки і доходи державного бюджету // costua.com.
3. *Інноваційна стратегія українських реформ / А. Гальчинський, В. Геєць, А. Кінах, В. Семиноженко.* — К.: Знання, 2002. — 324 с.
4. *Наукова та інноваційна діяльність в Україні: Статистичний збірник.* — К.: Державна служба статистики України, 2015. — 255 с.
5. *Національна економіка: Навч. посібник / А.Ф. Мельник, А.Ю. Васіна, Т.Л. Желюк, Т.М. Попович; За ред. А.Ф. Мельник.* — К.: Знання, 2011. — 463 с.
6. *Панасюк Б.* Деякі підходи до прогнозування науково-технологічної та інноваційної сфер // *Економіка України.*— 2003.— №3. — С. 10–20.
7. *Портер М.* Конкуренція. — М.: Вільямс, 2001. — 495 с.
8. Статистика // Національний банк України // www.bank.gov.ua.
9. *Cho, D.-S., Moon, H.-Ch.* (2006). From Adam Smith to Michael Porter. Evolution of competitiveness theory // ebooks.worldscinet.com.
10. *Moon, H., Rugman, A., Verbeke, A.* (1995). Generalized double diamond approach to international competitiveness. *Research in global strategic management: Beyond the diamond.* Greenwich, CT: JAI Press, 5(2): 97–114.
11. *Rugman, A., D’Cruz, J.* (1993). The double diamond model of international competitiveness: Canada’s experience. *Management international review*, 33(2): 17–39.
12. *World Economic Forum* (2014). *Global Competitiveness Index* // www.weforum.org.
13. *Yurynets, Z.* (2014). Analyse der innovativen Tätigkeit von Unternehmen in der Ukraine im Kontext ihrer globalen Wettbewerbsfähigkeit. *The world economy. Global and country-specific aspects* (Forschungsinstitut der IWVWW e.V., Berlin), 35: 291–298.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2015.