

Ігор Вікторович МІРОШНИЧЕНКО

асистент кафедри економіко-математичного моделювання,
Державний вищий навчальний заклад
«Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»
Львівська площа, 14, к. 410, м. Київ, 04053, Україна
E-mail: miv.kemm@gmail.com
Телефон: +380445370736

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО
ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ КАРТ САМООРГАНІЗАЦІЇ**

Мірошниченко, І. В. Дослідження взаємозв'язків між показниками інвестиційного потенціалу України на основі карт самоорганізації [Текст] / Ігор Вікторович Мірошниченко // Економічний аналіз : зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: С. І. Шкарабан (голов. ред.) та ін. – Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету “Економічна думка”, 2013. – Том 14. – № 2. – С. 63-69. – ISSN 1993-0259.

Анотація

Розглядається підхід щодо вивчення та аналізу взаємозв'язків між показниками інвестиційного потенціалу України. Побудовано економіко-математичну модель, що ґрунтується на використанні апарату штучних нейронних мереж, а саме – карт самоорганізації Кохонена. За результатами дослідження виокремлено сім кластерів, кожен з яких характеризує взаємозв'язок різних груп показників у структурі інвестиційного потенціалу України. Проведено аналіз динаміки їх змін та взаємозв'язків на основі побудованих карт самоорганізації. Запропоновано вибір способу нормалізації вхідних показників, згідно з яким кожен компонент вхідного вектора ділиться на його довжину. Проведене дослідження засвідчило свою адекватність та ефективність у межах цієї теми. Запропоновано використання вказаного підходу для прогнозування показників інвестиційного потенціалу України з метою підтримки прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: інвестиції; потенціал; штучна нейронна мережа; карта Кохонена; самоорганізація; динаміка.

Игорь Викторович МИРОШНИЧЕНКО

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНВЕСТИЦИОННОГО
ПОТЕНЦИАЛА УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ КАРТ САМООРГАНИЗАЦИИ**

Аннотация

Рассматривается подход относительно исследования и анализа взаимосвязей показателей инвестиционного потенциала Украины. Построена экономико-математическая модель, которая основывается на использовании аппарата искусственных нейронных сетей, а именно – карт самоорганизации Кохонена. По результатам исследования выделено семь кластеров, каждый из которых характеризует взаимосвязь разных групп показателей в структуре инвестиционного потенциала Украины. Проведен анализ динамики изменения показателей на основе построенных карт самоорганизации. Предложен выбор способа нормализации входящих показателей, согласно которому каждый компонент входящего вектора делится на его длину. Проведенное исследование показало свою адекватность и эффективность в рамках данной темы. Предложено использование указанного подхода для прогнозирования показателей инвестиционного потенциала Украины с целью поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: инвестиции; потенциал; искусственная нейронная сеть; карта Кохонена; самоорганизация; динамика.

CORRELATIONAL RESEARCH OF INVESTMENT POTENTIAL INDICATORS OF UKRAINE ON THE BASIS OF MAPS OF SELF-ORGANIZATION

Abstract

The approach to studying and analyzing the relationship between indicators of investment potential of Ukraine is considered. Mathematical model is constructed. It is based on using of artificial neural networks - namely Kohonen self-organizing maps. The study singles out seven clusters, each of which describes the relationship between different groups of indicators in the structure of the investment potential of Ukraine. The analysis of the dynamics of change and relationship based on self- built map is carried out. A choice of normalization method of input parameters, according to which each component of the input vector is divided into length is proposed. The study proved its adequacy and effectiveness within this topic. The use of the mentioned approach for the prediction performance of the investment potential of Ukraine in order to support decision-making is offered.

Keywords: investment; potential; artificial neural network; Kohonen's maps; self-organization; dynamics.

JEL classification: C45, D87, E22

У наш час спостерігається стрімке збільшення обсягів інформації про соціально-економічні системи, яку необхідно враховувати при прийнятті будь-яких рішень. Проте якість, неупередженість та взаємозалежність цієї інформації виявити досить важко. А, отже, і її аналіз завжди є актуальним для всіх суб'єктів економічної діяльності, а особливо для тих, у сферу інтересів яких входять інвестиційний потенціал та інвестиційні процеси загалом.

Оцінювання інвестиційного потенціалу – це багатокритеріальна задача, для вирішення якої необхідно знайти взаємозв'язки між пояснювальними показниками.

Питанню структури інвестиційного потенціалу суб'єктів економічної діяльності присвячено низку робіт зарубіжних та вітчизняних авторів. Серед них напрацювання Павлової С. [1, с. 151-154], Ултургашева О. Г., Лавренко А. В., Профатилова Д. А. [2, с. 227-229], Лайко О. І. [3, с. 129-139] та інших.

У проведеному автором дослідженні [4, с. 14-18] виділено масиви факторів, що формують інвестиційний потенціал України. Зазначено, що кожен з них оцінюється на підґрунті певної групи показників.

Однак аналіз сучасних наукових джерел показав, що існує необхідність у побудові підходу, що пояснить структурні зв'язки між показниками інвестиційного потенціалу. Це дасть можливість краще зрозуміти та пояснити інвестиційне сьогодення країни.

Наша робота досліджує групи показників, що оцінюють соціально-трудоий, господарський, фінансовий фактори інвестиційного потенціалу, а також фінансовий, економічний, екологічний та

соціально-демографічний фактори ризику останнього.

Відповідно, для структуризації показників інвестиційного потенціалу України нами запропоновано підхід, що ґрунтується на математичному інструментарії штучних нейронних мереж.

У зарубіжній практиці нейронні мережі широко використовуються дослідниками для аналізу інформації про соціально-економічні системи [5, с. 498-507]. Для моделювання інвестиційного потенціалу країни часто постає необхідність відобразити саме нелінійні зв'язки між багатьма чинниками. Математичний інструментарій штучних нейронних мереж надає таку можливість.

Метою нашого дослідження є побудова економіко-математичної моделі для виявлення взаємозв'язків між показниками інвестиційного потенціалу України на основі карт самоорганізації Кохонена.

Поставлена мета зумовила необхідність вирішення таких наукових завдань: побудувати моделі на підґрунті інструментарію штучних нейронних мереж; дослідити зв'язки між показниками інвестиційного потенціалу країни на основі експериментальних досліджень; проаналізувати динаміку змін показників інвестиційного потенціалу.

Розуміння та опис такої складної економічної категорії, як інвестиційний потенціал, вимагає одночасного розгляду великої кількості показників, що характеризуватимуть різні його аспекти.

Математичною основою моделі є штучна нейронна мережа на основі карт самоорганізації Кохонена (рис. 1). Карта самоорганізації, зазвичай,

репрезентується як двовимірна матриця масивів вузлів нейронів. У нашому випадку цей масив формує гексагональну решітку, що є ефективним рішенням для візуального аналізу даних.

Процедуру роботи карт самоорганізації описано в роботах Т. Кохонена [6], С. Хайкіна [7], Ф. Уоссермана [8] та інших.

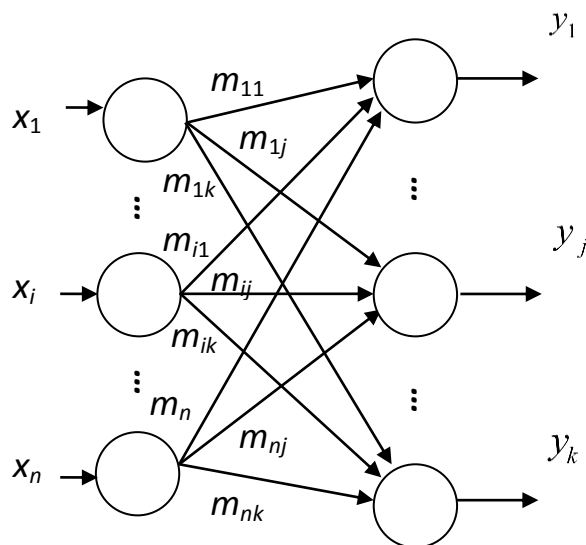


Рис. 1. Шар нейронів Кохонена

Опишемо процедуру побудови цієї нейронної мережі [6]. Вхідний простір даних $X \subset \mathbb{R}^n$ проектується найчастіше на двовимірну решітку вузлів нейронів. Кожному вузлу i , $i = \overline{1, k}$, ставиться у відповідність параметричний вектор моделі $m_i = \{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}\} \in \mathbb{R}^n$, де k – кількість вузлів нейронів. Водночас вхідний вектор $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in X \subset \mathbb{R}^n$ пов'язаний одночасно з усіма нейронами через скалярні ваги μ_{ji} .

Перед початком проведення навчання нейронної мережі всі ваги μ_{ji} ініціалізуються за допомогою генератора випадкових величин, але слід зазначити, що існують й інші методи.

Після ініціалізації мережі запускається так званий процес конкуренції, який полягає у визначенні найбільш подібних нейронів до векторів вхідних даних. Найбільш поширеним підходом до цього процесу є обчислення Евклідової відстані:

$$\|x - m_i\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu_{ji})^2}, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Після подання вхідних векторів на входи нейронів, відбувається змагання нейронів шару Кохонена за правилом «переможець отримує все», згідно з яким обирається нейрон-переможець, що є найближчим до вхідного вектора:

$$c = \arg \min_{i=1, k} \{\|x - m_i\|\}, \quad (2)$$

Після визначення нейрона-переможця здійснюється визначення околу його впливу на сусідні нейрони. Нейрон-переможець знаходиться в центрі топологічного околу. При збудженні він впливає на просторово близькі до нього нейрони, проте вплив зменшується із збільшенням відстані між нейронами. Цей процес призводить до визначення топологічного сусідства нейронів.

На заключному етапі побудови карти самоорганізації відбувається процес синаптичної адаптації. Останній полягає у процедурі корегування вектора синаптичних ваг нейрона-переможця та його сусідів відповідно до вектора вхідного показника:

$$m_i(t+1) = m_i(t) + v(t)h_{ci}(t)[x(t) - m_i(t)], \quad (3)$$

де $v(t)$ – параметр швидкості навчання; $h_{ci}(t)$ – функція топологічного сусідства з центром у нейроні-переможці c . Результат налаштування такого типу нейронних мереж можна зобразити у вигляді карти Кохонена (рис. 2, 3, 4).

Опишемо властивості такої нейронної мережі. Цей підхід є унікальним – поєднує в собі процедури проектування, кластеризації та виявлення взаємозв'язків між даними. Головною особливістю такого типу нейронних мереж є навчання «без учителя». Це означає, що для коректного налаштування синаптичних ваг не потрібний бажаний відгук мережі, а отже, процес моделювання протікає без втручання суб'єктивної думки розробника.

Оскільки карти самоорганізації здійснюють стиснення інформації із збереженням найбільш

важливих топологічних та/або метричних зв'язків між вхідними елементами даних, можна також вважати, що з їх допомогою створюються абстракції (узагальнення) певного виду. Ці дві властивості карт самоорганізації, візуалізацію та узагальнення, можна використовувати у вирішенні таких складних задач, як аналіз, управління та передача інформації.

Як зазначають більшість вітчизняних та зарубіжних фахівців, після визначення вектора вхідних значень, можна, але не обов'язково, провести нормалізацію вхідних показників. Нормалізація – це процес, у результаті якого всі вхідні дані зводяться до єдиної шкали виміру, що дає можливість зменшити додатковий вплив показника на результат побудованої моделі.

Існує досить багато підходів до нормалізації даних. Розглянемо декілька з них:

1. Розраховуються нормалізовані значення ряду, що характеризуються середнім та середньоквадратичним відхиленням.

$$x_i^* = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}, \quad (4)$$

де x_i^* – нормалізовані значення ряду;

$\bar{x}$ – середнє значення ряду;

σ_x – середньоквадратичне відхилення ряду.

2. Так звана нормалізація Севіджа або природня нормалізація, що ґрунтується на мінімальних та максимальних значеннях ряду [9]:

$$x_i^* = \frac{x_i - \min_{l=1,n}(x_l)}{\max_{l=1,n}(x_l) - \min_{l=1,n}(x_l)}. \quad (5)$$

3. Кожен компонент вхідного вектора ділиться на довжину вказаного вектора. Довжина вектора обчислюється як квадратний корінь з суми квадратів компонент заданого вектора:

$$x_i^* = \frac{x_i}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}}. \quad (6)$$

Результати експериментальних напрацювань показали, що найкращим підходом до нормалізації вхідних показників у межах нашого дослідження є третій варіант.

Необхідні для побудови моделі статистичні дані щодо показників, які описують фактори інвестиційного потенціалу, були відібрані з сайту Державного комітету статистики України [10] та даних Світового Банку [11]. За критеріями повноти інформації та відсутності її дублювання було виділено 94 показники за останні 20 років.

На сьогодні існує низка програмних пакетів, котрі реалізують побудову карт самоорганізації Кохонена. Серед них назовемо: MATLAB, Deductor Academic, SOMine, Statistica та багато інших.

Побудову економіко-математичної моделі відповідно до поставлених задач здійснено за допомогою програмного продукту Deductor Studio Academic.

Для побудови карти самоорганізації слід визначити оптимальну кількість нейронів. Проте доцільну розмірність нейронної решітки необхідно обирати експериментально відповідно до поставленої задачі та з огляду на особливості досліджуваних показників.

Карта самоорганізації показників інвестиційного потенціалу України формується за допомогою решітки розмірністю 16 на 12 нейронів. Вона була обрана з множини альтернативних карт на основі матриці помилок квантування, що відображає середню відстань вхідних значень до центру нейрона.

За результатами побудованої нейронної мережі, показники інвестиційного потенціалу України були згруповані у 7 кластерів з рівнем значущості 0,01% (рис. 2).

Розглянемо окремо кожний кластер. Перший демонструє взаємозв'язок показників економічної діяльності та демографічної ситуації у країні. Цей факт відповідає реаліям сьогодення, оскільки кількісний та якісний склад населення країни має прямий вплив на її фінансово-економічні показники.

Другий кластер містить, головним чином, показники заборгованості країни, серед яких виокремимо: борг перед міжнародними організаціями, державний і гарантований державою борг, заборгованість центрального уряду, концесійний борг тощо.

Третій кластер відображає взаємозв'язок між виробничо-торгівельними можливостями, витратною частиною економічної діяльності та сферою трудових ресурсів країни. Цей зв'язок є логічним, оскільки будь-яке виробництво супроводжується витратами та використанням трудових ресурсів.

Четвертий кластер пов'язує показники інфляційних процесів із відсотковими ставками. Взаємозв'язок між цими двома категоріями описаний в економічній літературі як «ефект Фішера», згідно з яким підвищення очікуваної інфляції викликає приблизно таке саме підвищення відсоткової ставки і навпаки.

П'ятий кластер відображає взаємозв'язок показників електроенергетики та забруднення довкілля, що також відповідає реальності. Крім того, безпосереднім його «сусідом» є третій кластер, що відповідає за виробничі потужності країни. Знову ж таки, цей взаємозв'язок здається логічним, оскільки одними з найбільших джерел забруднення довкілля є сфери виробництва та енергетики.

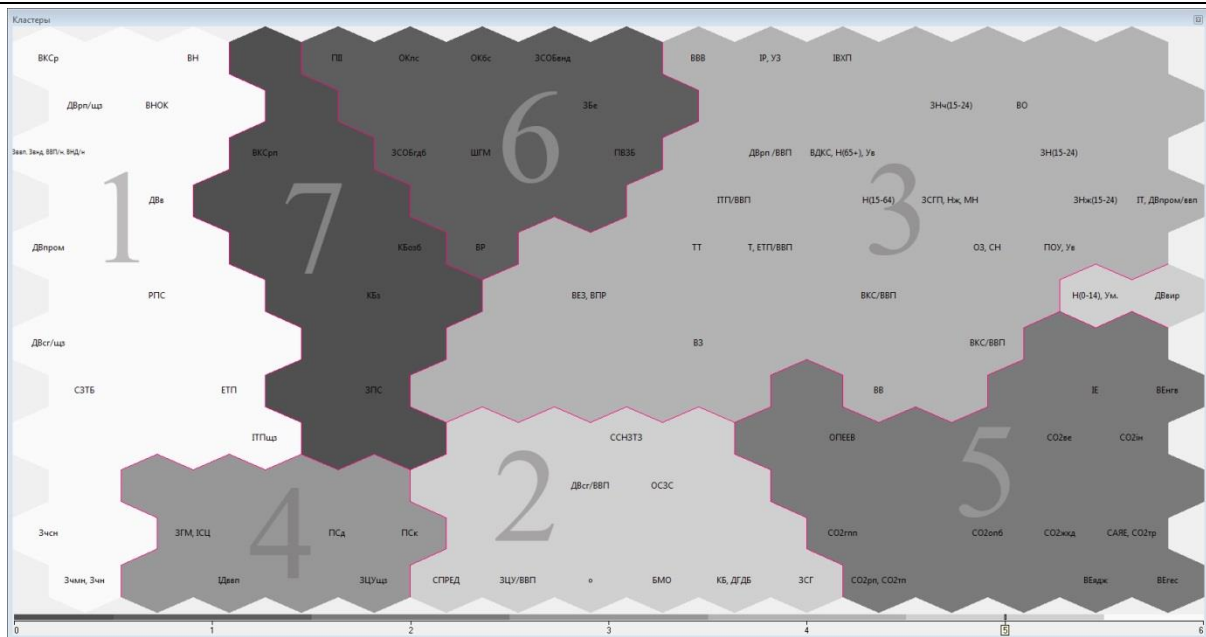


Рис. 2. Карта самоорганізації Кохонена показників інвестиційного потенціалу України

Шостий кластер поєднує показники обслуговування державного боргу та фінансових показників країни. Оскільки обслуговування державного боргу – це комплекс заходів держави з погашення позик, виплати відсотків за ними, уточнення та зміни умов погашення випущених позик, то логічним є припущення, що загальний рівень цих показників залежить від фінансових результатів країни.

Сьомий кластер, на нашу думку, є перехідним між першим та другим кластерами, оскільки містить показники, які можна віднести як до одного, так і до іншого. Слід зазначити, що кількість виділених кластерів можна задавати самостійно або визначати на основі рівня значущості.

Проаналізуємо динаміку змін показників на основі побудованих карт самоорганізації. Так у 1992-1995 рр. спостерігається високий рівень показників четвертого кластера, що супроводжується низьким рівнем показників першого (рис. 3). І дійсно, саме у цей час Україна переживала гіперінфляційний період із значним падінням рівня ВВП.

Період світової фінансово-економічної кризи яскраво відображено на картах самоорганізації 2008-2009 років (рис. 4). У заданому часовому проміжку спостерігається різке падіння рівня показників економічної діяльності нашої країни (лівий верхній кут). Щоправда, вже ближче до 2011 року бачимо покращення цієї групи показників.

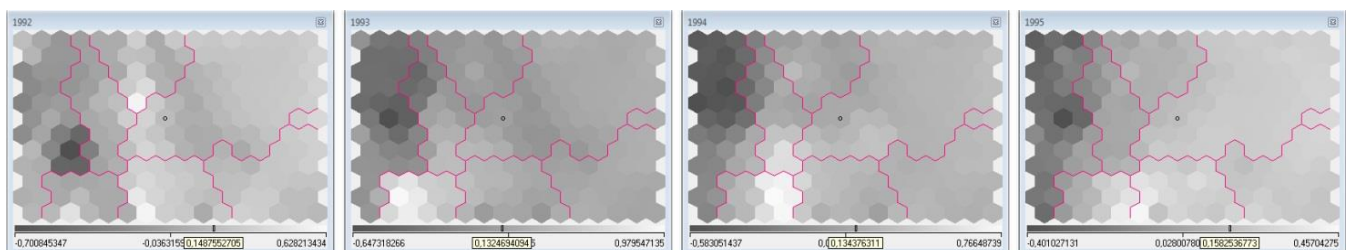


Рис. 3. Карта самоорганізації Кохонена показників інвестиційного потенціалу України у 1992 (а), 1993 (б), 1994 (в) та 1995 (г) роках

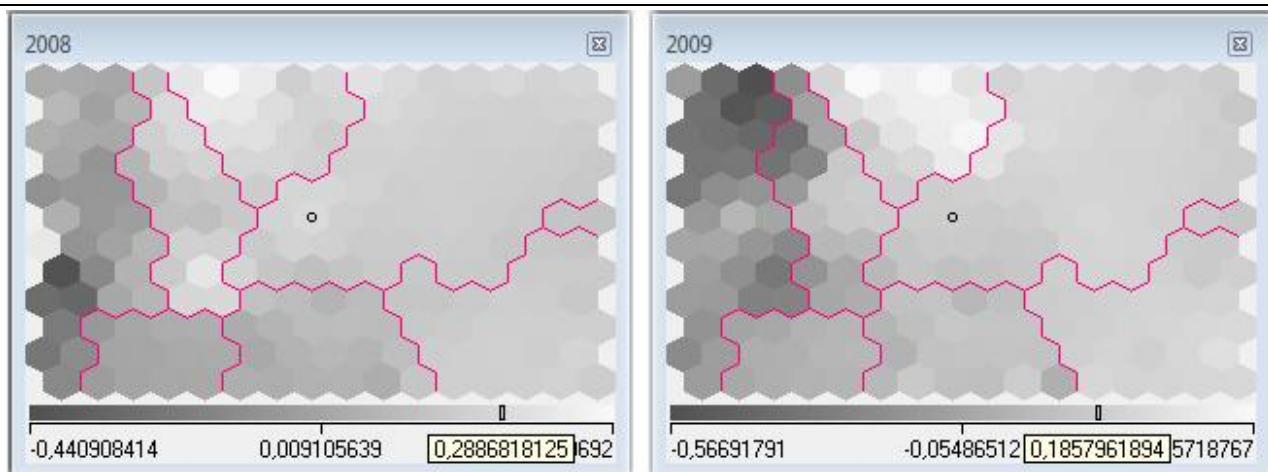


Рис. 4. Карта самоорганізації Кохонена показників інвестиційного потенціалу України у 2008-2009 роках

Ґрунтуючись на попередніх дослідженнях автора, виділено 94 показники інвестиційного потенціалу України. На основі цих показників побудовано штучну нейронну мережу, на підґрунті карт самоорганізації Кохонена, з метою виділення взаємозалежностей між групами вхідних показників та аналізу їх динаміки.

Цей тип нейронної мережі сформував 7 кластерів, кожен з яких характеризує взаємозв'язок різних груп показників.

Проведений аналіз динаміки змін та взаємозв'язків показників інвестиційного потенціалу України за допомогою карт самоорганізації Кохонена вказує на ефективність та адекватність запропонованого підходу в межах нашої роботи.

Ще одним важливим результатом експериментального дослідження у процесі побудови моделі є вибір способу нормалізації вхідних показників інвестиційного потенціалу, згідно з яким кожен компонент вхідного вектора ділиться на довжину цього вектора.

Подальшим етапом дослідження є прогнозування показників інвестиційного потенціалу України. Для вирішення цієї задачі може бути використаний підхід, розроблений у нашій роботі, а саме: використання карт самоорганізації для дослідження взаємозв'язків та динаміки показників інвестиційного потенціалу України з метою підтримки прийняття управлінських рішень.

Список літератури

1. Павлова, С. А. Інвестиційно-будівельна компанія: оцінка структури інвестиційного потенціалу [Текст] / С. А. Павлова // Креативная экономика. – 2007. – №4. – С. 151-154.
2. Ултурґашева, О. Г. Економічна сутність і структура інвестиційного потенціалу регіону [Текст] / О. Г. Ултурґашева, А. В. Лавренко, Д. А. Профатилів // Проблеми сучасної економіки: Євразійський міжнародний науково-аналитический журнал. – 2011. – №1 (37). – С. 227-229.
3. Лайко, О. І. Шляхи відтворення інвестиційного потенціалу країни та регіонів [Текст] / О. І. Лайко // Економічні інновації. Випуск 42: Інноваційний інструментарій розвитку господарської діяльності. Збірник наукових праць. – 2011. – С. 129-139.
4. Великоіваненко, Г. І. Ієрархічна логіко-лінгвістична модель оцінювання інвестиційного потенціалу України з урахуванням ризику [Текст] / Г. І. Великоіваненко, І. В. Мірошніченко // Культура народів Причорномор'я: журнал. – 2012. – №231. – С. 14-18.
5. Kaski, S. Exploratory data analysis by the Self-organizing map: Structures of welfare and poverty in the world [Text] / S. Kaski, T. Kohonen // Neural Networks in Financial Engineering. – 1996. – 498-507 p.
6. Kohonen T. Self-organizing maps [Text] / T. Kohonen – New-York: Springer, 2001. – 501 p.
7. Haykin, S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation [Text] / S. Haykin – Prentice-Hall, 1999. – 823 p.
8. Уоссермен, Ф. Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика [Текст] / Ф. Уоссермен – М. : Мир, 1992. – 184 с.
9. Вітлінський, В. В. Економічний ризик: ігрові моделі [Текст] / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко, А. В. Сігал, Я. С. Наконечний – К. : КНЕУ, 2002. – 446 с.
10. Статистична інформація за даними Державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
11. Статистична інформація за даними Світового банку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.data.worldbank.org/country/ukraine>.

References

1. Pavlova, S. (2007). *Investment and Construction Company: evaluation of the structure of the investment potential* [Investitsionno-stroitelnaia kompaniia: otsenka struktury investitsionnogo potentsiala]. *Creative Economy*, 4, 151-154.
2. Ulturgasheva, O., Lavrenko A., Profatilov D. (2011). *Economic essence and the structure of the region's investment potential* [Ekonomicheskaiia sushchnost i struktura investitsionnoho potentsiala rehiona]. *Problems of Modern Economics*, 1 (37), 227-229.
3. Layko, A. (2011). *Ways of the country and regions investment potential renewal* [Shlakhy vidtvorennia investytsiynoho potentsialu krainy ta rehioniv]. *Economic Innovation*, 42, 129-139.
4. Kaski, S. & Kohonen, T. (1996). *Exploratory data analysis by the Self-organizing map: Structures of welfare and poverty in the world*. *Neural Networks in Financial Engineering*, 498-507.
5. Velykoivanenko, H. & Miroshnychenko, I. (2012). *A Hierarchical logical-linguistic model of evaluation of Ukraine investment potential taking into account risk*. [Iierarkhichna lohiko-linhvistychna model otsiniuvannia investytsiynoho potentsialu Ukrainy z urakhuvanniam ryzyku]. *The Culture of the Black Sea Region folks*, 231, 14-18.
6. Kohonen, T. (2001). *Self-organizing maps* (3d ed.). New-York: Springer.
7. Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation* (2nd ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
8. Wasserman, Ph. (1989). *Neural Computing: Theory and Practice*. New-York: Van Nostrand Reinhold.
9. Vitlinskiy, V., Verchenko, P., Segal, A., Nakonechniy, J. (2002). *Economic risk: game models* [Ekonomichnyi ryzyk: ihrovi modeli]. Kyiv: KNEU.
10. SSSU (n. d.) *Statistical information. State Statistics Service of Ukraine*. Retrieved October 1, 2013, from <http://www.ukrstat.gov.ua>.
11. The World Bank (n. d.) *Statistical information. Ukraine | Data*. Retrieved October 1, 2013, from <http://www.data.worldbank.org/country/ukraine>.

Стаття надійшла до редакції 23.10.2013 р.