



УДК 330.101.541:330.42

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА МОЖЛИВІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ

В. Довганик

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79008 м. Львів, проспект Свободи, 18
E-mail: vdovganyk@ukr.net*

В статті автор розглядає важливість аналізу рівня поточного економічного розвитку для оцінки можливості впровадження інновацій в країні. На основі факторного аналізу соціально-економічних показників країн визначено основні фактори, що мають вплив на інноваційну привабливість країн.

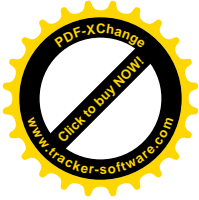
Ключові слова: інновації, метод головних компонент, факторний аналіз, інноваційна привабливість країн.

Актуальність проблеми. Економічний розвиток країн на сучасному етапі тісно пов'язаний із науково-технічним прогресом та впровадженням інновацій у різних сферах народного господарства. Й. Шумпетер наголошував на необхідності використання інновацій для економічного розвитку, називаючи їх «використанням наявних джерел у нові способи» [1]. Інновацію вчений визначав, як:

- Створення нового товару, з яким споживач ще не знайомий або якісно нового товару;
- Створення нового методу виробництва, що не використовувався у даній галузі промисловості, який не обов'язково заснований на науково-технічному прогресі та може полягати у новій формі комерційного використання товару;
- Відкриття нового ринку на якому дана галузь промисловості не була представлена на ринку;
- Відкриття нових факторів виробництва незалежно від того чи існував даний фактор чи був створений в результаті поточної діяльності;
- Створення нової організаційної структури галузі, наприклад створення чи ліквідація монополій.

Глобалізація світової економіки дає змогу розміщувати виробничі центри великих корпорацій у країнах, що розвиваються. Проте, на ведення економічної діяльності пов'язаної із впровадженням інновацій впливає цілий ряд факторів, в тому числі макроекономічних (обсяг ВВП, темпи інфляції, структура експорту), розвитку капіталу (наявність в країні підготованих фахівців) та соціально-політичних (кількість податків, кількість документів, що повинні бути заповнені для розмитнення товарів) [2]. Особливістю даних факторів є їх жорстка регуляція державою у відповідності до економічної політики держави та неможливість впливу на ці показники окремими представниками ринку.

Починаючи із 2007 року Університет Корнела, Світова організація інтелектуальної власності (WIPO) та бізнес школа INSEAD оприлюднює Глобальний



інноваційний індекс – інтегральний показник описує рівень розвитку інновацій в країні [5]. Глобальний інноваційний індекс розраховується на основі макроекономічних показників та показників людського розвитку і включає в себе сім субіндексів, що характеризують окремі елементи впливу на інноваційність країни. Основними недоліками даного індексу можна вважати, те що він розраховується виключно для країн і не враховує особливості соціально-економічного розвитку окремих регіонів, а також значну кількість вхідних ознак для його розрахунку.

Формалізація підходів до визначення макроекономічних факторів, що впливають на потенційний розвиток інноваційно-орієнтованих галузей покликане спростити процедуру оцінки інвестиційної привабливості країн та окремих регіонів.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Вплив інновацій на економічний розвиток досліджували Й. Шумпетер (Schumpeter, 1911) [2]. М. Піанта описав вплив інновацій на рівень зайнятості (Pianta, 2005) [3]. Блінд та Юнгміттаг досліджували взаємозв'язок між макроекономічним розвитком та кількістю патентів (Blind, Jungmittag, 2007) [4].

Серед дослідників факторного аналізу можна виділити роботи наступних науковців – Стівенса (Stevens, 1986); докладніший опис приводять Кулі і Лонес (Cooley, Lohnes, 1971); Харман (Harman, 1976); Кім і Мюллер (Kim, Mueller, 1978a, 1978b); Лоулі та Максвелл (Lawley, Maxwell, 1971); Ліндемман, Меренда і Голд (Lindeman, Merenda, Gold, 1980); Моррісон (Morrison, 1967) і Мулейк (Mulaik, 1972). Інтерпретація вторинних чинників в ієрархічному факторному аналізі, як альтернатива традиційному обертанню чинників, подана Веррі (Wherry, 1984).

Метою статті є визначення основних макроекономічних факторів, що впливають на інноваційну привабливість країни.

Виклад основного матеріалу. Аналіз соціально-економічних даних стандартними методами економетрії та математичної статистики є утрудненим у зв'язку із високою кореляцією макроекономічних показників. Використання факторного аналізу дозволяє досягнути наступних результатів:

- Зменшення кількості змінних для подальшого аналізу;
- Усунення мультиколінеарності змінних для подальшого аналізу
- Визначення структури зв'язків між змінними.

Факторний аналіз ґрунтується на твердженні, що початкову множину високорельованих (мультиколінеарних) ознак можна замінити ортогональними факторами:

$$F_i = \sum_j l_{ij} a_j \quad (1)$$

де a_j – значення початкових ознак, l_{ij} – факторне навантаження i -ої ознаки на j -ий фактор. Вхідними умовами для факторного аналізу методом головних компонент є матриця A :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} = (\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_m) \quad (2)$$



$$\bar{A}_1 = \begin{pmatrix} a_{11} \\ \dots \\ a_{n1} \end{pmatrix}, \dots, \bar{A}_m = \begin{pmatrix} a_{1m} \\ \dots \\ a_{nm} \end{pmatrix}$$

де значення j -го показника для кожного спостереження (кожної країни).

На основі матриці A розрахуємо кореляційну матрицю R (2)-(3).

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{12} & 1 & r_{23} & \dots \\ \dots & r_{23} & \dots & r_{m-1,m} \\ r_{1m} & \dots & r_{m-1,m} & 1 \end{pmatrix} \tag{3}$$

$$r_{kl} = \frac{\sum (a_{ik} - \bar{a}_k)(a_{il} - \bar{a}_l)}{\sqrt{\sum (a_{ik} - \bar{a}_k)^2 * \sum (a_{il} - \bar{a}_l)^2}} \quad r_{kl} = r_{lk} \tag{4}$$

Визначимо власні значення матриці R , як розв'язки характеристичного рівняння (6):

$$|\lambda E - R| = 0 \tag{5}$$

Важливим кроком у проведенні факторного аналізу є визначення кількості головних компонентів, що повинні використовуватися замість усієї множини початкових ознак. Найчастіше на практиці можуть використовуватися такі методи [8,9]:

- критерій Кайзера;
- критерій кам'яного зсуву;
- критерій відтвореної дисперсії;
- критерій інтерпретації та інваріантності.

Критерій Кайзера передбачає відбір виключно факторів із великими значеннями власних значень ($\lambda > 1$), тобто фактори, що не пояснюють дисперсію хоча б однієї змінної, відкидаються.

Критерій кам'яного зсуву, запропонований Кеттеллом (Cattell, 1966), передбачає побудову графіку власних значень та знаходження на ньому точки у якій зменшення власних значень різко сповільнюється. Передбачається, що зліва від знайденої точки будуть знаходитися значущі фактори, а справа – «зсув». Даний критерій є статистично необґрунтований та його використання може відсіяти надто велику кількість факторів.

Критерій відтвореної дисперсії передбачає ранжування факторів за часткою пояснювальної дисперсії, фактори у яких доля пояснювальної дисперсії незначна відкидаються.

Критерій інтерпретації та інваріантності передбачає виділення головних факторів до моменту доки не буде можлива чітке соціально-економічне пояснення кожного із факторів.

За даними [11] було проаналізовано наступні показники: A_1 - Обсяг експорту товарів та послуг; A_2 - витрати на кінцеве споживання; A_3 - витрати уряду на кінцеве споживання; A_4 - Валове накопичення капіталу; A_5 – ВВП; A_6 – валове накопичення основного капіталу; A_7 – витрати домогосподарств на споживання; A_8 – імпорт



товарів і послуг; A_9 – загальна додана вартість; A_{10} – кількість населення; A_{11} – кількість користувачів Інтернету (на 100 осіб); A_{12} – загальна чисельність робочої сили; A_{13} – безробіття(% від загальної чисельності робочої сили); A_{14} – % міського населення; A_{15} - кількість податкових платежів; A_{16} – кількість абонентів мобільного зв'язку (на 100 осіб); A_{17} – захищенні Інтернет-сервери (на 1 млн осіб); A_{18} – дитяча смертність, до 5 років (на 1000 живонароджених); A_{19} – випадки туберкульозу (на 100 000 чоловік); A_{20} – обсяг торгівлі товарами (% від ВВП). Для визначення кількості головних компонент використано критерій Кайзера.

Результати обчислення власних значень наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1

Власні значення кореляційної матриці

	Власне значення	Відсоток дисперсії, що пояснюється відповідним фактором	Кумулятивний відсоток дисперсії, що пояснюється факторами
λ_1	8,672569	43,36284	43,36284
λ_2	4,056812	20,28406	63,64690
λ_3	1,415034	7,07517	70,72207
λ_4	1,058799	5,29399	76,01607

Кожному власному значенню λ відповідає свій власний вектор кореляційної матриці. Для значень λ , що задовольняють критерій Кайзера, знаходимо власний вектор \bar{U}_i , як ненульовий розв'язок системи рівнянь (6) для кожного із власних значень кореляційної матриці (4).

$$(\lambda_i E - R)\bar{U}_i = 0 \quad (6)$$

На основі отриманих власних векторів будемо вектори факторних навантажень \bar{L}_i :

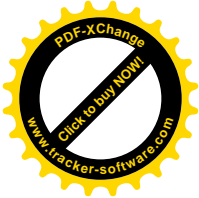
$$\bar{L}_i = \frac{\bar{U}_i}{|\bar{U}_i|} * \sqrt{\lambda_i} \quad (7)$$

Результати обчислення факторних навантажень наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Макроекономічні фактори впливу на іновативність економіки

Показники	Фактор 1 (F ₁)	Фактор 2 (F ₂)	Фактор 3 (F ₃)	Фактор 4 (F ₄)
Обсяг експорту товарів та послуг, (A ₁)	0,881054	0,065446	0,211503	-0,013093
Витрати на кінцеве споживання, (A ₂)	0,980556	0,015127	-0,043942	0,032859
Витрати уряду на кінцеве споживання, (A ₃)	0,985732	0,034624	-0,009678	0,030270
Валове накопичення капталу, (A ₄)	0,947348	0,006168	0,249285	0,003379



Продовження таблиці 2

ВВП, (A_5)	0,992494	0,015931	0,026385	0,026636
Валове накопичення основного капіталу, (A_6)	0,952780	0,007537	0,235165	0,005249
Витрати домогосподарств на споживання, (A_7)	0,974786	0,010284	-0,052257	0,033223
Імпорт товарів і послуг, (A_8)	0,935118	0,051615	0,172433	-0,008174
Загальна додана вартість, (A_9)	0,990292	0,011883	0,021063	0,026513
Кількість населення, (A_{10})	0,406449	-0,046001	0,719241	-0,065775
Кількість користувачів Інтернету (на 100 осіб), (A_{11})	0,037220	0,913198	-0,068020	-0,079999
Загальна чисельність робочої сили, (A_{12})	0,065565	-0,034421	0,760466	0,157159
Безробіття (% від загальної чисельності робочої сили), (A_{13})	0,039796	-0,179774	-0,330246	-0,486551
% міського населення, (A_{14})	0,033257	0,828754	-0,040314	-0,134896
Кількість податкових платежів, (A_{15})	-0,052565	-0,578067	-0,132448	0,078428
Кількість абонентів мобільного зв'язку (на 100 осіб), (A_{16})	-0,060836	0,662696	-0,066794	-0,513619
Захищені Інтернет-сервери (на 1 млн осіб), (A_{17})	0,066287	0,671936	-0,071157	0,261135
Дитяча смертність, до 5 років (на 1000 живонароджених), (A_{18})	0,009844	-0,827826	0,001687	0,189278
Випадки туберкульозу (на 100 000 чоловік), (A_{19})	0,007744	-0,677215	-0,011957	-0,217470
Обсяг торгівлі товарами (% від ВВП), (A_{20})	-0,065397	0,205045	0,026215	-0,761648

На основі розрахованих значень факторних навантажень визначимо первинні ознаки, що мають найбільший вплив на відповідні фактори за наступним критерієм: $|t_{ij}| \geq 0.7$. На основі обчислених факторних навантажень (таблиця 2) запишемо головні компоненти, як:

$$F_1 = 0,88A_1 + 0,98A_2 + 0,98A_3 + 0,94A_4 + 0,99A_5 + 0,95A_6 + 0,97A_7 + 0,93A_8 + 0,99A_9$$

$$F_2 = 0,91A_{11} + 0,82A_{14} - 0,82A_{18}$$

$$F_3 = 0,71A_{10} + 0,76A_{12}$$

$$F_4 = -0,76A_{20}$$

Отриманим факторам (головним компонентам) можна надати соціально-економічний зміст відповідно до показників, що до них. Таким чином перший фактор можна інтерпретувати, як макроекономічні показники розвитку, другий фактор –

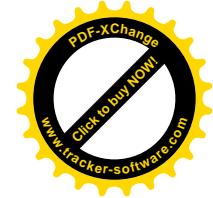


показники поширеності та доступності технологічних інновацій, третій – демографічні показники, четвертий – частка торгівлі в загальній структурі ВВП.

Висновки: За допомогою факторного аналізу, методом головних компонент, було визначено чотири фактора, що мають вплив на можливість впровадження інновацій в країні. Найбільший вплив на інноваційність країни мають показники макроекономічного розвитку – обсягу та структури ВВП. Також важливими факторами є показники розвитку людського капіталу (кількість користувачів мережі Інтернет, рівень урбанізації, рівень розвитку медицини), обсяг робочої сили та торгівлі.

Отримані результати аналізу можуть бути враховані для подальшого інтелектуального аналізу макроекономічних даних, а також при прогнозуванні параметрів економіко-математичних

1. Шумпетер Й.А. Теорія економічного розвитку. Дослідження прибутків, капіталу, кредиту, відсотка та економічного циклу / Й.А.Шумпетер. – К.:Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2011. - 242 с.
2. Mourad Dakhli, Dirk De Clercq. Human capital, social capital, and innovation: a multi-country study. - *Entrepreneurship & Regional Development: An International Journal*. Volume 16, Issue 2. - 2004, pages 107-128
3. Mario Pianta. "Innovation and Employment" *The Oxford Handbook of Innovation*. Ed. J. Fagerberg, D. Mowery and R. Nelson. Oxford: Oxford University Press, 2005. 568-598.
4. Knut Blind, Andre Jungmittag. The impact of patents and standards on macroeconomic growth: a panel approach covering four countries and 12 sectors. *Journal of Productivity Analysis* February 2008, Volume 29, Issue 1, pp 51-60.
5. Mourad Dakhli and Dirk De Clercq. Human capital, social capital, and innovation: a multicountry study. – *Entrepreneurship & regional development*, 16, March (2004), 107-128.
6. Mark Rogers. The Definition and Measurement of Innovation. - Melbourne Institute Working Paper No. 10/98, May, 1998.
7. Global Index of Innovation: The Human factor in innovation version 6, 2014. - <https://www.globalinnovationindex.org/content.aspx?page=gii-full-report-2014>.
8. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч. У. «Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы»/ Сборник работ «Факторный, дискриминантный и кластерный анализ»: пер. с англ.; Под. ред. И. С. Енюкова. — М.: «Финансы и статистика», 1989. — 215 с.
9. Завада О.П. Стійкість економетричних моделей в складних економічних системах/ Матер. Всеукр. наук.-прак. конф. «Математичне моделювання складних систем». – Львів: Вид-во ЛДІНТІ, 2007. С. 73-75.
10. Cureton, Edward. (1983). *Factor analysis: an applied approach*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. (QA278.5.C87).
11. Word Bank. Word DataBank - <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>.



**MODELING MACROECONOMIC INDICATORS INFLUENCE
ON POSSIBILITY TO IMPLEMENT INNOVATION**

V. Dovhanyk

*Ivan Franko National University of Lviv,
Prospekt Svobody 18, UA – 79008, Ukraine*

In this article the author describes the importance of current economic development level for defining the possibility of innovation implementation in the country. Principal components that effects on country' innovation appeals are defined using factor analysis of socio-economic indicators.

Keywords: innovation, principal component analysis, factor analysis, innovation attractiveness countries.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ**

В. Довганик

*Львовский Национальный Университет им. И.Франка
79008 г.Львов, проспект Свободы, 18*

В статье автор рассматривает важность анализа уровня текущего экономического развития для оценки возможности внедрения инноваций в стране. На основе факторного анализа социально-экономических показателей стран определены основные факторы, влияющих на инновационную привлекательность стран.

Ключевые слова: инновации, метод главных компонент, факторный анализ, инновационная привлекательность стран.