

УДК 330.362

В.В. Кубіній, В.В. Попович, Я.С. Максимчук, М.М. Повідайчик

**СТОХАСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ІННОВАЦІЙНОЇ
АКТИВНОСТІ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК**

Стаття присвячена проблематиці підвищення ефективності використання інноваційного потенціалу на основі моделювання поведінки інноваційних факторів та визначення тенденції їх впливу на рівень розвитку економічної системи. На основі кореляційного аналізу визначені чинники, які здійснили вплив на рівень розвитку національної економіки. Побудована стохастична факторна модель залежності валового внутрішнього продукту на одну особу населення від інноваційних факторів.

Ключові слова: інновація, моделювання, кореляційний аналіз, стохастична модель, інноваційні фактори.

Статья посвящена проблематике повышения эффективности использования инновационного потенциала на основе моделирования поведения инновационных факторов и определение тенденции их влияния на уровень развития экономической системы. На основе корреляционного анализа определены факторы, которые оказали влияние на уровень развития национальной экономики. Построена стохастическая факторная модель зависимости валового внутреннего продукта на душу населения от инновационных факторов.

Ключевые слова: инновация, моделирование, корреляционный анализ, стохастическая модель, инновационные факторы.

This article is devoted to the problems of efficiency analysis of innovation potential by modeling the behavior of innovative factors and identifying trends in their impact on the development of the economic system. It is determined that the construction of the

© Кубіній В.В., Попович В.В., Максимчук Я.С., Повідайчик М.М., 2013

model depends on the content of the theoretical nature of innovation. Innovation characterized by the following features. Novelty – difference ills any previous counterparts. Riskiness means uncertainty of future behavior of innovation, Multivariate its impact (negative or positive) on the future state of the economic system. Research intensity – innovations arising from research conducted, focusing on his sense of their results. Economy – best value performance and cost.

Innovation provides business solutions of dualistic problem. On the one hand, innovation active enterprises form the demand for innovation, what necessitated the generation of new knowledge, new ideas and stimulate the functioning of the scientific sector. On the other hand, innovative companies meet public demand and the economy as a whole on the latest products and technologies that shape a new quality of life. Thus, innovative entrepreneurship as the substance of innovation activity of enterprises performing the same functions as: a) economic, performance dedicated to fundraising and creating products that subsequently used as a source of increasing the efficiency of enterprises, and b) the marketing function, the effect of which ensures the formation of fundamentally new markets and to drink away his satisfaction, and c) social, implementation of which will provide a platform for new and better lifestyle.

Based on correlation analysis it is identified factors that have made an impact on the national economy. Built stochastic factor model based gross domestic product per capita of innovative factors. The evaluation of the adequacy of the model is made.

The model shows that for a given structure of the national economy, where the predominant share is traditional activities, immobilization equity firms to innovate and expand the scope of scientific research carried out their own businesses do not contribute to the growth of gross domestic product.

It is shown that the amount of R & D and innovation funding costs on their own business impede the development of the national economy. This is the case in this current time interval at the given internal and external conditions of the economy.

This allows you to recommend the following. It is necessary to intensify public leverage on innovation activities of enterprises and organizations. Among these instruments is particularly significant tax relief for companies that conduct innovation at its own expense, appropriate incentive credit policies, institutional support productive activities. This suggests the need to restructure the national economy and the transition to an innovative type of development, which will be based on mechanisms to stimulate research and innovation. This problem serves as a strategic implementation of innovative potential.

Keywords: *innovation, modeling, correlation analysis, stochastic model, innovation factors.*

Постановка проблеми. Ускладнення ринкових відносин викликає необхідність посилення інноваційної діяльності підприємств, яка забезпечує підвищення рівня їх конкурентоспроможності, а в сукупності впливає на стан розвитку економіки країни в цілому. Інноваційна діяльність підприємств забезпечує вирішення дуалістичної задачі. З одного боку, інноваційно активні підприємства формують попит на інновації, чим обумовлюють необхідність генерування нових знань, нових ідей і активізують функціонування наукового сектору країни. З іншого боку, інноваційні підприємства задовольняють попит населення та економіки в цілому на новітні продукти та технології, які формують нову якість життя. Таким чином, інноваційне підприємство як змістовне наповнення інноваційної активності підприємств виконує такі функції як: а) економічну, дія якої спрямована на залучення ресурсів та створення продукції, що у подальшому використовується як джерело підвищення ефективності діяльності підприємств; б) маркетингову функцію, дія якої забезпечує формування принципово нового пропиту на ринках та його задоволення; в) соціальну, реалізація якої створює платформу для нового, більш якісного стилю життя. Всі ці функції в сукупності підвищують економічний, маркетинговий та соціаль-

ний рівень країни ї дозволяють створити унікальні конкурентні переваги національної економіки.

Огляд останніх досліджень та публікацій. Проблемам інноваційної активності присвятили свої праці такі дослідники як В. Геєць [1], Л. Федулова [3], В. Мікловда [2], Н. Кубіній [2], А. Яковлев [4] та інші, в наукових роботах яких висвітлені механізми підвищення інноваційної активності підприємств та узагальнені способи їх впливу на конкурентоспроможність національної економіки. Разом з тим, методи стохастичного моделювання не знайшли відповідної уваги, що дозволило поставити в даному дослідженні наступну ціль.

Завдання дослідження. Метою роботи є визначення наявності впливу інноваційних факторів на рівень розвитку економіки та побудова стохастичної моделі.

Для досягнення мети в роботі вирішені такі завдання:

1. Розкриті можливості стохастичного аналізу на визначення факторів впливу на рівень економічного розвитку.
2. Провести кореляційний аналіз та окреслити коло факторів інноваційної активності промислових підприємств на обсяги валового внутрішнього продукту.

При виконанні дослідження були використані такі методи як логічної абстракції при визначенні форми впливу інноваційних факторів, метод гіпотези – при обґрунтуванні самих факторів, що можуть здійснити вплив на розвиток національної економіки, метод динамічного ряду, який висвітлює поведінку факторів та узагальнюючого показника за певний період часу т. ін.

Основний матеріал дослідження. Інноваційна діяльність підприємств представляє собою такий вид активності, результатом якого є нова споживча якість, що принципово або суттєво відрізняє її від існуючих попередніх. Нова споживча якість, яка міститься у товарі, називається інновацій. Продукт стає інновацією у випадку його відповідності таким рисам:

1. Новизна впливає з семантики поняття «інновація» і передбачає наявність якостей, які не були притаманні попереднім варіантам того явища, яке розглядається як інновація.

2. Ризикованість означає невизначеність майбутньої поведінки інновації, багатоваріантність її впливу (негативного чи позитивного) на майбутній стан економічної системи, в межах якої вона буде функціонувати.

3. Наукоємність – інновації виникають внаслідок проведених наукових досліджень, концентрують у своєму змісті їх результат. При цьому дослідження можуть передувати появі інновацій, а також між ними може бути певний часовий інтервал. Другий випадок має місце в умовах нелінійної моделі інноваційного процесу, коли поштовхи до появи інновації можуть виникати на будь-якій його стадії.

4. Економічність як риса інновації розглядається у двох сенсах: вузькому та широкому. У вузькому сенсі економічність передбачає отримання внаслідок впровадження інновації кращого результату від комбінування ресурсів, ніж при традиційному їх використанні. Тобто інновація дозволяє отримати додатковий економічний ефект в конкретній економіко-виробничій ситуації. При цьому А. Яковлев та А. Плеханов ефективність інновації пропонують виражати у додатковій вигоді, яку отримує інноватор. В цьому зв'язку запропоновано використовувати поняття інноваційної ренти. Автори вважають, якщо рента визначається як доход від будь-якого фактора виробництва, пропозиція якого нееластична, то інноваційна рента передбачає можливість отримання доходу від впровадження нововведень, які недоступні для інших організацій [4]. У широкому сенсі економічність інновацій передбачає їх вплив на формування більш ефективної системи національного господарства.

Інновації виступають важливим фактором розвитку національної економіки. Узагальнюючим показником розвитку національної економіки, який відображає ступінь її конкурентоспроможності, виступає показник валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення [1, 2, 3]. Цей показник концентрує цілий спектр чинників, які діють в національній економіці та соціальній сфері, але їх спрямованість та інтенсивність залежить саме від активізації факторів інноваційного потенціалу, які

забезпечують прискорене зростання ВВП. Тому дослідження впливу факторів інноваційного потенціалу на узагальнюючий індикатор розвитку національної економіки та побудова математичної моделі дозволяє враховувати цей вплив при прийнятті стратегічних управлінських рішень на рівні держави чи окремих регіонів.

Для оцінки впливу факторів застосовано метод багатфакторної кореляції, що дозволило побудувати регресійну модель.

Для цього розглянуто стохастичну залежність показника Y (валовий національний продукт на душу населення) від окремих факторів X_1, X_2, \dots, X_m , які відображають інноваційну діяльність підприємств, у вигляді

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_m X_m + l, \quad (1)$$

де $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ – невідомі параметри, які підлягають оцінці, l – випадкова величина.

На основі вибірки з n спостережень рівняння регресії записується у вигляді

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_m X_m, \quad (2)$$

де $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ – оцінки невідомих параметрів регресії на основі методу найменших квадратів.

Співвідношення пропонується у вигляді матричного рівняння

$$\begin{pmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \dots \\ \hat{y}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{m1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_m \end{pmatrix}$$

або

$$[Y] = [X] \cdot [A].$$

Тоді на основі методу найменших квадратів оцінка параметрів регресії обчислюється за формулою

$$[A] = ([X]^T \cdot [X])^{-1} \cdot ([X]^T \cdot [Y]), \quad (3)$$

де $[X]^T$ – матриця, транспонована до матриці $[X]$, $([X]^T \cdot [X])^{-1}$ – матриця, обернена до матриці $([X]^T \cdot [X])$.

Мультиколінеарність. Оскільки серед факторів X_1, X_2, \dots, X_m можуть бути лінійно залежні, то проводиться дослідження на предмет мультиколінеарності. Для цього використовується метод Фаррара-Глобера.

1. Будується кореляційна матриця. Для цього спочатку статистичні дані нормалізуються за формулою

$$x_{it}^0 = \frac{x_{it} - \bar{x}_i}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (x_{it} - \bar{x}_i)^2}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, n), \quad (4)$$

де \bar{x}_i – середнє значення фактора X_i .

Для нормалізованих значень x_{it}^0 будується матриця $[X^0]$.

Тоді кореляційна матриця $[K]$ знаходиться за формулою

$$[K] = [X^0]^T \cdot [X^0], \quad (5)$$

де $[X^0]^T$ – матриця, транспонована до матриці $[X^0]$.

2. Для дослідження загальної мультиколінеарності використовується критерій χ^2 . Для цього знаходиться розрахункове значення

$$\chi_p^2 = -(n - 1 - (2m + 5) / 6) \ln(\det[K]), \quad (6)$$

де $\det[K]$ – визначник кореляційної матриці $[K]$.

При заданій довірчій ймовірності p та числі ступенів свободи $k = \frac{1}{2} m (m - 1)$ знаходиться критичне значення $\chi_{k,p}^2$.

3. Якщо $\chi_p^2 \leq \chi_{k,p}^2$, то із заданою ймовірністю вважається, що загальна мультиколінеарність відсутня. Якщо $\chi_p^2 > \chi_{k,p}^2$, то із заданою ймовірністю можна вважати, що між факторами існує мультиколінеарність.

4. Для з'ясування питання, між якими факторами існує мультиколінеарність, використовується t -статистика. Для цього спочатку знаходяться частинні коефіцієнти кореляції r_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m - 1; j = i + 1, \dots, m$) між факторами X_i, X_j

$$r_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii} R_{jj}}}, \quad (7)$$

де R_{ij}, R_{ii}, R_{jj} – алгебраїчні доповнення, відповідно, до елементів K_{ij}, K_{ii}, K_{jj} кореляційної матриці.

Далі перевіряється гіпотеза про значущість кореляційного зв'язку між факторами X_i, X_j . Вводиться нульова гіпотеза H_0 про відсутність кореляційного зв'язку між даними ознаками і альтернативна гіпотеза H_1 про наявність зв'язку. Обчислюється t -статистика

$$t_{ij} = r_{ij} \sqrt{\frac{n - m - 1}{1 - r_{ij}^2}}, \quad (8)$$

яка має розподіл Стюдента з $k = n - m - 1$ ступенями свободи. Для заданої довірчої ймовірності p та ступенів свободи k знаходиться критичне значення критерію Стюдента $t_{p,k}$. Якщо $|t_{ij}| > t_{p,k}$, то нульову гіпотезу про відсутність кореляційного зв'язку між факторами X_i, X_j слід відкинути, тобто із ймовірністю p можна стверджувати, що між даними факторами існує кореляційний зв'язок.

5. Якщо між факторами X_i та X_j існує кореляційний зв'язок, то один із факторів виключається із розгляду. Для факторів, що залишилися, процедура перевірки на мультиколінеарність повторюється.

Адекватність прийнятої моделі експериментальним даним. Для перевірки адекватності прийнятої моделі експериментальним даним використовується критерій Фішера. Для цього спочатку знаходиться коефіцієнт множинної детермінації

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (9)$$

де \bar{y} – середнє значення показника Y .

Далі обчислюється F -статистика

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}. \quad (10)$$

Для заданої ймовірності p та ступенів свободи $k_1 = m$ та $k_2 = n - m - 1$ знаходиться критичне значення критерію Фішера F_{p,k_1,k_2} . Якщо $F > F_{p,k_1,k_2}$, то з ймовірністю p можна вважати, що включені в регресію фактори достатньо пояснюють стохастичну залежність показника.

Побудова багатофакторної лінійної регресії. На основі аналізу наукової літератури, статистичних джерел, оцінок експертів та методу Фаррара-Глобера було відібрано низку факторів (таблиця), які, на нашу думку, впливають на цільовий показник.

Використовуючи формули, була обчислена матриця коефіцієнтів регресії

$$[A] = \begin{pmatrix} 71,29 \\ 4,86 \\ 0,04 \\ -4,49 \\ 1,13 \\ -1,64 \end{pmatrix}$$

Отже, рівняння регресії записується у вигляді

$$\hat{Y} = 71,29 + 4,86 \cdot X_1 + 0,04 \cdot X_2 - 4,49 \cdot X_3 + 1,13 \cdot X_4 - 1,64 \cdot X_5.$$

Таблиця

*Валовий національний продукт та інноваційні фактори,
які обумовлюють його динаміку у 2000-2011 роках*

Рік	Валовий національний продукт на душу населення, грн. (Y)	Витрати організацій (підприємств) на виконання власними силами наукових та науково-технічних робіт, млн. грн. (X_1)	Обсяг реалізованої інноваційної продукції, млн. грн. (X_2)	Обсяг науково-технічних розробок, виконаних власними силами організацій (підприємств), млн. грн. (X_3)	Загальний обсяг інноваційних витрат у промисловості, млн. грн. (X_4)	Фінансування інноваційних витрат за рахунок власних коштів підприємств, млн. грн. (X_5)
2000	3436,0	1636,3	12148,3	1106,3	1760,1	1399,3
2001	4195,0	2010,7	10365,4	1317,2	1979,4	1654,0
2002	4685,0	2153,7	12605,7	1386,6	3018,3	2141,8
2003	5591,0	2824,0	12882,1	1900,2	3059,8	2148,4
2004	7273,0	3538,4	18784,0	2214,0	4534,6	3501,5
2005	9372,0	4386,3	24995,4	2406,9	5751,6	5045,4
2006	11630,0	4961,1	30892,7	2741,6	6160,0	5211,4
2007	15496,0	5908,4	40188,0	3303,1	10821,0	7969,7
2008	20495,0	7723,2	45830,2	4488,2	11994,2	7264,0
2009	19832,0	7680,6	31432,3	4215,9	7949,9	5169,4
2010	23600,0	8825,6	33697,6	5037,0	8045,4	4775,2
2011	28806,0	9365,0	42386,7	4985,9	14333,9	7585,5

Для перевірки адекватності моделі експериментальним даним на основі співвідношення (6) був обчислений коефіцієнт множинної детермінації $R^2 = 0,998$ та за формулою (7) F -статистика $F = 556,3$. Так як для заданого рівня значимості 1 % та ступенів свободи $k_1 = m = 5$ та $k_2 = n - m - 1 = 6$ критичне значення критерію Фішера дорівнює $F_{кр} = 8,75$, то $F > F_{кр}$ і мож-

на вважати, що включені в регресію фактори достатньо пояснюють стохастичну залежність показника.

Побудована модель свідчить, що при даній структурі національної економіки, де переважає частка традиційних видів діяльності, іммобілізація власних коштів підприємств на інноваційну діяльність та розширення сфери наукових розробок, виконаних власними силами підприємств, не сприяють зростанню валового внутрішнього продукту. Це підтверджено приведеними вище даними про неефективність в національному масштабі інноваційної діяльності підприємств. Це свідчить про необхідність реструктуризації національного господарства та переходу на інноваційний тип розвитку, який буде базуватися на механізмах стимулювання наукової та інноваційної діяльності. Вирішенню цієї проблеми слугує впровадження стратегічного управління інноваційним потенціалом.

Висновки. Проведене дослідження дозволило стверджувати, що саме математичне моделювання виступає адекватним сучасним завданням інструментом аналізу ретроспективи поведінки певних факторів розвитку національної економіки та її трендів, які можуть бути екстрапольовані у майбутнє. Розвиток національної економіки залежить від витрат організацій на виконання власними силами науково-дослідних робіт та розробок, обсягу реалізованої інноваційної продукції, обсягу науково-технічних розробок, що виконані власними силами організацій; загального обсягу інноваційних витрат у промисловості; фінансування інноваційних витрат за рахунок власних коштів підприємств та організацій. При цьому доведено, що обсяг науково-технічних розробок та фінансування інноваційних витрат за рахунок власних коштів підприємств (як фактори) гальмують розвиток національної економіки в умовах існуючої в даному часовому інтервалі при даних внутрішніх та зовнішніх умовах функціонування економіки. Це дозволяє рекомендувати активізувати державні важелі впливу на інноваційну діяльність підприємств та організацій, яка здійснюється за рахунок власних коштів. Серед таких важелів особливо значимими є пільгове оподаткування

підприємств, що проводять інноваційну діяльність за рахунок власних коштів; відповідна стимулююча кредитна політика держави, інституціональне забезпечення продуктивної діяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Геєць В.М. *Інноваційні перспективи України* / В.М. Геєць, В.П. Семіноженко. – Харків: Константа, 2006. – 272 с.
2. Мікловда В.П. *Ефективність стратегічного управління підприємствами: сучасні проблеми та перспективи їх вирішення: Монографія* / В.П. Мікловда, І.Г. Брітченко, Н.Ю. Кубіній, Ю.О. Дідович. – Полтава: ПУЕТ, 2013. – 231 с.
3. Федулова Л.І. *Технологічний імператив стратегії соціально-економічного розвитку України: Монографія* / Л.І. Федулова, Ю.М. Бажал, В.Л. Осецький / За ред. д-ра екон. наук, проф. Л.І. Федулової // *НАН України; Ін-т економіки та прогнозування*. – К., 2011. – 656 с.
4. Яковлев А.Е. *Научно-технический прогресс и инновации в современной экономике: Учебное пособие* / А.Е. Яковлев, А.В. Плеханов. – М.: Знание, 2007. – 315 с.

Стаття надійшла до редакції 28.10.2013

Рецензенти

доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач кафедри економіки підприємства, заступник директора Інституту економіки та міжнародних відносин Ужгородського національного університету **В.П. Мікловда**

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія і кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко**