

МЕТОДОЛОГІЯ СОЦІАЛЬНО- ЕКОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

УДК 336.5:330.42

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНИХ КРИТЕРІЇВ

Антонюк О.П., к.е.н.

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

В представленій роботі побудовано економіко-математичні моделі з лінійно та поліноміально розподіленими лаговими коефіцієнтами в незалежних змінних, за якими визначено вплив результатів наукових та науково-технічних робіт на фактор, що визначає рівень інноваційного розвитку економіки України. Для розрахунку оцінок моделі з поліноміально розподіленим лагом використано модель Алмона. З побудованих моделей обрано найкращу специфікацію моделі згідно інформаційних критеріїв Акаїке, Шварца та Ханнана-Куїнна. Розрахунок лінійних регресійних моделей для різних значень лагу проведено в програмному середовищі для статистичної обробки даних *Eviews*. Підтверджено часову затримку залежності узагальненого фактору продуктивності від фінансування, що економічно обгрунтовується, тим що віддача від наукових та науково-технічних робіт може бути отримана через деякий час після їх завершення.

Ключові слова: узагальнений фактор продуктивності, фінансування наукових та науково-технічних робіт, поліноміальна модель, розподілений лаг, коефіцієнти лага, модель Алмона, інформаційний критерій

UDC 336.5:330.42

RATIONALE FOR SELECTION OF MODEL PARAMETERS BASED ON INFORMATION CRITERIA

Antoniuk O.P., PhD in Economics

National Mining University

The economical-mathematical models with linear and polynomial distributed lag coefficients in independent variables are built. The influence of results of scientific and technical work on the factor that determines the level of innovation development of economy of Ukraine that allows assessing the effectiveness of these works is defined in the presented research. Almon's model of polynomial distributed lag is used for calculating estimates. Calculation of linear regression models for different values of lag is performed in the software environment for sophisticated statistical data analysis *Eviews*. The most effective data model by Akaike, Schwarz and Hannan-Quinn information criteria is selected. It is confirmed that time delay of dependence of generalized factor productivity from funding is economically justified, so that the impact of scientific and technological projects can be obtained shortly after their completion.

Keywords: total factor productivity, financing of scientific and technical work in Ukraine, distributed lag, lag coefficients, Almon's model, information criterion

Актуальність проблеми. Науково-технічний прогрес є одним з визначальних чинників розвитку продуктивних сил, що сприяє неухильному підвищенню ефективності виробництва. Він безпосередньо впливає на формування і підтримку високого рівня техніко-технологічної бази виробництва, забезпечуючи неухильне зростання продуктивності суспільної праці. Під впливом науково-технічного прогресу (НТП) в минулому столітті економічне зростання в промислово розвинених країнах перетворилося на стійку тенденцію, що створило умови для підвищення рівня життя населення цих країн. У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває проблема оцінки внеску НТП в забезпечення економічного зростання і виявлення механізму впливу НТП на приріст реального обсягу виробництва з метою розробки раціональної стратегії реалізації науково-технічного потенціалу для підвищення конкурентоспроможності економіки.

Держава з метою забезпечення високого рівня економіки і подолання відставання власного розвитку від розвитку інших країн має здійснювати єдину державну науково-технічну політику, яка містить комплекс цілеспрямованих заходів, орієнтований на забезпечення розвитку науки і техніки, впровадження результатів у практику виробництва.

Аналіз останніх наукових досліджень. Питаннями дослідження ефективності наукових робіт, впливу результатів НТП на економічне зростання, шляхів впровадження інноваційної моделі розвитку України займаються вітчизняні та зарубіжні вчені. Значний внесок у теорію інноваційного розвитку нашої країни внесли Калюжний В.В. [1], Любіч А.А. [2], Геєць В.М. [4], Скворчевський О.Є. [5] та інші.

Українськими та закордонними науковцями щороку пропонуються різноманітні моделі, що описують залежність ВВП від економічних, технологічних, соціальних та екологічних факторів, засновані як на використанні сучасних економіко-математичних методів (теорії часових рядів, лінійних та поліноміальних моделей, систем одночасних рівнянь, нейромережових моделей, експертних оцінок і т.д.), так і на розширенні набору пояснюючих змінних. В сучасній науковій літературі ще не представлено моделі економічного зростання національної економіки, яка б на прийнятному рівні відповідала модельованому процесу та була

збалансованою за кількістю вхідних параметрів та складністю. Постає питання необхідності порівняння моделей між собою.

Зокрема, для застосування математичного апарату динамічних моделей з лагами в незалежних змінних для моделюванні залежності узагальненого фактора продуктивності, як відображення динаміки НТП, від обсягу фінансування наукових та науково-технічних робіт (ННТР), необхідно визначити довжину лагу та ступень апроксимуючого полінома.

Метою роботи є обґрунтування вибору специфікації моделі згідно інформаційних критеріїв Акаїке, Шварца та Ханнана-Куїнна придатної для подальшої інтерпретації коефіцієнтів і прогнозування значення узагальненого фактора продуктивності на основі побудованих економіко-математичних моделей залежності узагальненого фактора продуктивності від обсягу фінансування наукових та науково-технічних робіт (ННТР) за даними економіки України.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для визначення впливу НТП на ВВП національній економіці використано узагальнений фактор продуктивності (УФП) (*total factor productivity*), який є темпом НТП (ступенем інноваційності згідно [1]). Можливість використання цього показника для моделюванні економічного зростання в Україні обґрунтовано в роботах [1,2], також узагальнений фактор продуктивності виробництва використовується як міра порівняння ефективності розвитку економік різних країн [3]. З того, що узагальнений фактор продуктивності виробництва відбиває вплив науково-технічного прогресу на рівень ВВП цей показник залежить від обсягу фінансування наукових та науково-технічних робіт.

Вихідними даними для побудови зазначеної моделі є обсяги фінансування ННТР, що містяться в статистичних щорічниках України [7,8] та величини УФП за 1995 – 2012 рр. розраховані в [6]. Для отримання порівнянного ряду обсягів фінансування ННТР його рівні було перераховано в цінах 1995 р, для чого використано дані про інфляцію [7, 8].

Для визначення характеру залежності УФП від обсягу фінансування ННТР було побудовано моделі цих рядів динаміки у вигляді поліномів першого та другого ступеня. Розглядувані процеси є стаціонарними випадковими, тому для них побудовано взаємну кореляційну функцію (ВКФ). В результаті обчислення величин ВКФ для п'яти від'ємних і додатних часових лагів, значимо відмінними від нуля на стандартному

5%-му рівні виявилися величини, що відповідають лагам 0,1, ..., 4 [9]. Звідси випливає, що залежність між УФП і фінансуванням ННТР може бути описана економіко-математичною моделлю кінцевим розподіленим лагом з максимальним запізненням $N = 4$. Висновок про лагову залежність УФП від обсягу фінансування економічно обґрунтовується, тим що віддача від наукових та науково-технічних робіт може бути отримана через деякий час після їх завершення.

На основі наведених вище міркувань доцільним постає використання математичного апарату динамічних моделей з лагами в незалежних змінних. Що є цілком природнім і відповідає економічному змісту досліджуваного процесу, тому що вплив результатів науково-технічних розробок втілюється не миттєво, а з деяким запізненням – лагом, в силу технологічних, психологічних, організаційних причин та механізмів формування економічних показників.

Оцінку моделі з кінцевим числом лагових коефіцієнтів в незалежних змінних здійснено зведенням до рівняння множинної регресії:

$$Y_t = \alpha + C_0 X_t + C_1 X_{t-1} + C_2 X_{t-2} + C_3 X_{t-3} + C_4 X_{t-4} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (1)$$

де C_τ – коефіцієнти лага, ε_t – шум, що враховує результат впливу на УФП інших факторів, крім фінансування ННТР, $T=18$.

Таким чином, змінна Y_t залежить не лише від впливу X_t в період часу t , а й від величин цього впливу за попередні періоди часу: $X_t, X_{t-1}, \dots, X_{t-N}$. Коефіцієнт лага C_τ вказує на вагу впливу на величину залежної змінної в період часу t значення незалежної змінної за попередній період часу.

Коефіцієнти лага C_τ ($\tau = 0, \dots, 4$), оцінено за рядами динаміки Y_t та X_t , наведеними у табл. 1.

Таблиця 1. Вихідні дані величини УФП та обсягу фінансування наукових та науково-технічних робіт

Рік	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Y_t	5,9	2,5	2,5	2,2	2,2	5,7	5,7	7,4	7,4
X_t	0,65	0,5	0,46	0,41	0,42	0,74	0,83	0,83	1,14
Рік	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Y_t	9,7	9,7	10,8	10,8	10,8	7,7	8,1	8,8	8,5
X_t	1,2	1,32	1,18	1,21	1,29	1,12	1,18	1,2	1,33

Джерело: розраховано автором за даними [6, 7, 8].

На першому етапі було побудовано лінійні регресійні моделі на основі полінома першого порядку для різних значень лагу 0,1,2,3,4 в програмному середовищі для статистичної обробки даних *Eviews*. На наступному етапі для збільшення надмірності даних було зменшено число оцінюваних коефіцієнтів лага в (1) застосуванням полінома другого порядку для різних значень лагу 2,3,4, для цього використано модель Алмона (*S. Almon*). В основі моделі Алмона лежить припущення, що коефіцієнти лага можна описати деяким поліномом, зокрема другого ступеня (параболою). Тим самим перейдемо до окремого випадку поліноміального лага, коефіцієнти якого, згідно [10], задаються виразом: $C_i = a_0 + i \cdot a_1 + i^2 \cdot a_2$.

$$C_0 = a_0, C_1 = a_0 + a_1 + a_2, C_2 = a_0 + 2a_1 + 4a_2, C_3 = a_0 + 3a_1 + 9a_2, C_4 = a_0 + 4a_1 + 16a_2 \quad (2)$$

де a_0, a_1, a_2 – невідомі коефіцієнти.

Підставивши коефіцієнти лага (2) в (1) і привівши подібні члени, отримаємо згідно [10] регресію:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=0}^4 (a_0 + a_1 \cdot i + a_2 \cdot i^2) \cdot x_{t-i} + \varepsilon_t = \alpha + a_0 \sum_{i=0}^4 x_{t-i} + a_1 \cdot \sum_{i=0}^4 i \cdot x_{t-i} + a_2 \cdot \sum_{i=0}^4 i^2 \cdot x_{t-i} + \varepsilon_t, \\ t = N, \dots, T, \quad (3)$$

Покладемо $Z_{t0} = \sum_{i=0}^4 x_{t-i}$, $Z_{t1} = \sum_{i=0}^4 i \cdot x_{t-i}$, $Z_{t2} = \sum_{i=0}^4 i^2 \cdot x_{t-i}$, тоді

$$Y_t = \alpha + a_0 \cdot z_{t0} + a_1 \cdot z_{t1} + a_2 \cdot z_{t2} + \varepsilon_t.$$

Значення α, a_0, a_1, a_2 визначено методом найменших квадратів (МНК). При умові, що випадкові відхилення ε_t задовольняють передумовам МНК. Для полінома другого степеня в результаті перетворень отримаємо:

$$Y_t = \alpha + (a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1) \cdot x_{t-1} + (a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 4) \cdot x_{t-2} + (a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 9) \cdot x_{t-3} \\ + (a_0 + a_1 \cdot 4 + a_2 \cdot 16) \cdot x_{t-4} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Останній вираз дозволяє застосувати метод найменших квадратів до змінних $Y_t, z_{t0}, z_{t1}, z_{t2}$ для визначення оцінок коефіцієнтів α, a_0, a_1, a_2 . Результати розрахунків в програмному середовищі *Eviews* параметрів моделей (1), (3) наведено в табл. 2

Для порівняння апроксимуючих властивостей отриманих моделей та обґрунтування їх параметрів застосовано інформаційні критерії Акаїке, Шварца та Ханнана-Куїнна, за якими визначено міру відносної якості економетричних моделей, що враховує ступінь відповідність

моделі даним з коригуванням (штрафом) за використання надмірної кількості оцінюваних параметрів. Критерії засновані на деякому компромісі між точністю і складністю моделі, вони різняться тим, яким чином забезпечують цей баланс. Інформаційні критерії використовуються для порівняння моделей між собою, без змістовної інтерпретації значень побудованих моделей. Чим менше значення критеріїв, тим вище відносна якість моделі. Результати розрахованих значень критеріїв (5)-(7) наведено в табл.2

Критерій Акаїке:

$$AIC = \frac{2k - 2l}{T} \quad (5)$$

Критерій Шварца:

$$SC = \frac{-2l + k \ln(T)}{T} \quad (6)$$

Критерій Ханнана-Куїнна:

$$SC = \frac{-2l + 2k \ln(\ln(T))}{T} \quad (7)$$

де k – кількість оцінюваних параметрів, l – спроможна оцінка дисперсії випадкової помилки моделі, що дорівнює відношенню суми квадратів залишків до обсягу вибірки, T – обсяг вибірки.

Таблиця 2. Економіко-математичні залежності узагальненого фактора продуктивності від обсягу фінансування ННТР

Лаг	Регресійна модель	Значення інформаційного критерію		
		Акаїке	Шварца	Ханнана-Куїнна
Моделі на основі полінома першого порядку:				
0	$Y_t = 7,55X_t$	3.050	3.102	3.057
1	$Y_t = -1.36 + 7.27 \cdot X_t + 1.58 \cdot X_{t-1}$	3.087	3.234	3.101
2	$Y_t = -1.03 + 6.61 \cdot X_t + 2.85 \cdot X_{t-1} - 0.91 \cdot X_{t-2}$	3.093	3.238	3.102
3	$Y_t = -0.65 + 5.63 \cdot X_t + 3.24 \cdot X_{t-1} + 0.85 \cdot X_{t-2} - 1.53 \cdot X_{t-3}$	3.151	3.292	3.149
4	$Y_t = -0.05 + 4.93 \cdot X_t + 3.23 \cdot X_{t-1} + 1.52 \cdot X_{t-2} - 0.19 \cdot X_{t-3} - 1.90 \cdot X_{t-4}$	3.022	3.159	3.009
Моделі на основі полінома другого порядку:				
2	$Y_t = -1.02 + 6.45 \cdot X_t + 3.134 \cdot X_{t-1} - 1.05 \cdot X_{t-2}$	3.217	3.410	3.227
3	$Y_t = -0.73 + 6.07 \cdot X_t + 2.89 \cdot X_{t-1} + 0.47 \cdot X_{t-2} - 1.17 \cdot X_{t-3}$	3.279	3.468	3.277
4	$Y_t = 0.35 + 3.794 \cdot X_t + 3.53 \cdot X_{t-1} + 2.36 \cdot X_{t-2} + 0.28 \cdot X_{t-3} - 2.72 \cdot X_{t-4}$	3.133	3.315	3.116

Джерело: розраховано автором в програмному середовищі *Eviews*.

З аналізу значень критеріїв Акаїке, Шварца, Критерій Ханнана-Куїнна (табл. 2) застосованих до моделі Алмона випливає, що для моделювання впливу результатів наукових та науково-технічних робіт на узагальнений фактор продуктивності доцільним є використання моделей з кінцевим розподіленим лагом з максимальним запізненням $N = 4$, поліномами першого та другого ступеня. Отримані результати узгоджені з результатами застосування взаємно кореляційної функції для визначення максимального запізнення лагу. З аналізу коефіцієнтів моделей випливає, що переважна більшість результатів наукових робіт впроваджуються впродовж трьох-чотирьох років, лише невелика частина впроваджується впродовж більш тривалого терміну, при цьому, вплив зменшується зі збільшенням періоду часу.

Висновки. Держава з метою забезпечення високого рівня ефективності економіки і подолання відставання в розвитку від розвитку інших країн має здійснювати єдину державну науково-технічну політику, яка містить комплекс цілеспрямованих заходів, орієнтованих на забезпечення комплексного розвитку науки і техніки, впровадження результатів у практику виробництва.

Побудовано економіко-математичні залежності з лінійно та поліноміально розподіленими лаговими коефіцієнтами в незалежних змінних, за якими визначено вплив результатів наукових та науково-технічних робіт на фактор, що визначає рівень інноваційного розвитку економіки України. Для розрахунку оцінок моделі з поліноміально розподіленим лагом використано модель Алмона.

Згідно інформаційних критеріїв Акаїке, Шварца та Ханнана-Куїнна визначено, що для моделювання доцільним є використання моделей з кінцевим розподіленим лагом з максимальним запізненням 4, поліномами першого та другого ступеня.

Аналітичний опис залежності УФП від обсягу фінансування наукових та науково-технічних робіт показав, переважна більшість результатів наукових робіт впроваджуються впродовж трьох-чотирьох років, лише невелика частина впроваджується впродовж більш тривалого терміну при цьому, вплив зменшується зі збільшенням періоду часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Калюжный В.В. Усовершенствованные и новые методы измерения влияния капитала, труда и производительности на рост ВВП // Экономика Украины. – 2003. – С. 42-48.
2. Любич А.А. Формирование критериев и модели оценки инновационности социально-экономического развития / А.А. Любич, Ю.М. Харазишвили, В.А. Денисюк // Инновации. – СПб.: ОАО «Трансфер», 2009. – № 9 (131). – С.106-111.
3. Saliola F. Total factor productivity across the developing world / Saliola F., Seker M. // World Bank's Enterprise surveys country note series. – 2011. – № 23.
4. Геєць В.М. Інноваційні перспективи України / В.М. Геєць, В.П. Семиноженко. – Х.: Константа, 2006. – 272 с.
5. Скворчевський О.Є. Множинна регресія обсягів науково-технічних розробок від фінансування з державного бюджету та власних коштів підприємств / О.Є. Скворчевський // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 44(1017) – С. 145-153.
6. Корхин А.С. Моделирование экономического роста в трансформационном периоде (на примере Украины). / А.С. Корхин // Проблемы управления и информатики. – 2013. – № 5. – С. 126 – 141.
7. Статистичний щорічник України за 2013 рік / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: Державна служба статистики, 2014. – 534 с.
8. Статистичний щорічник України за 2005 рік / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: Державна служба статистики, 2006. – 576 с.
9. Антонюк О.П. Дослідження залежності науково-технічного прогресу від обсягу фінансування наукових та науково-технічних робіт. / О.П. Антонюк // Економічний простір. – № 90. –2014. – С. 61-68.
10. Симонов П.М. Экономико-математическое моделирование. Моделирование микро- и макроэкономических процессов и систем: учеб. Пособие / П.М. Симонов. – Пермь, 2010. – 422 с.