

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 681.83

Прогнозування розвитку високотехнологічного сектору економіки України

Білоцерківський О.Б.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри менеджменту
зовнішньоекономічної діяльності та фінансів
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Стаття присвячена актуальним питанням прогнозування розвитку високотехнологічного сектору економіки України. Визначено питому вагу високотехнологічних галузей у промисловості України за 2011-2016 рр. Побудовано парні регресійні, одночленні та двочленні авторегресійні моделі, перевірено їх адекватність. Зроблено точкові прогнози розвитку високотехнологічних галузей промисловості України на 2017-2018 рр.

Ключові слова: економіка України, високотехнологічний сектор, аналіз структури, парні регресійні та авторегресійні моделі, точковий прогноз.

Белоцерковский А.Б. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ

Статья посвящена актуальным вопросам прогнозирования развития высокотехнологического сектора экономики Украины. Определен удельный вес высокотехнологических отраслей в промышленности Украины за 2011-2016 гг. Построены парные регрессионные, одночленные и двухчленные авторегрессионные модели, проверена их адекватность. Сделаны точечные прогнозы развития высокотехнологических отраслей промышленности Украины на 2017-2018 гг.

Ключевые слова: экономика Украины, высокотехнологичный сектор, анализ структуры, парные регрессионные и авторегрессионные модели, точечный прогноз.

Bilotserkivskiyi O.B. FORECASTING THE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH SECTOR OF UKRAINIAN ECONOMY

The article is devoted to topical issues of the development forecasting of high-tech sector of Ukrainian economy. The specific weight of high-tech industries of Ukraine for 2011-2016 is determined. The pair regressive, one- and two-term autoregressive models are constructed. The adequacy of the built models is tested. The point forecasts for the development of Ukrainian high-tech industries for 2017 and 2018 are made.

Keywords: Ukrainian economy, high-tech sector, structure analysis, pair regressive, one- and two-term autoregressive models, point forecasts.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Економіка будь-якої країни характеризується насамперед станом її високотехнологічного сектору, до якого відносять види економічної діяльності, що характеризуються високим рівнем технологічного розвитку [1, с. 54]. Важливість високотехнологічного сектору полягає в тому, що його прискорений розвиток безпосередньо впливає на суміжні, кооперовані галузі національної економіки в частині попиту на сучасніше, продуктивніше устаткування, матеріали, комплектуючі, формування на цій основі науково-промислових кластерів [2, с. 60]. Також знання частки високотехнологічного сек-

тору в галузевій структурі економіки дає змогу диференціювати країни на розвинені та ті, що розвиваються. Наприклад, за даними роботи [3, с. 19] у розвинених країнах, таких як США, Канада, Японія, країни ЄС (крім Португалії і Греції), частка високотехнологічних галузей коливається від 25% до 40%. У країнах, що розвиваються, цей показник становить менше 10%, за винятком Республіки Корея, Малайзії і Сінгапуру, де він коливається від 20% до 50%.

Тому актуальним є питання статистичного аналізу сучасного стану та прогнозування розвитку високотехнологічного сектору економіки України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Концептуальним засадам та дослідженню високотехнологічного сектору економіки присвячені роботи таких вітчизняних і закордонних учених, як С.В. Гаврилова [1], В. Землікене [4], Н.А. Казанова [3], Л.І. Оппельд [5], К.С. Харламова [2], Є.М. Шапран, О.Б. Білоцерківська [6; 7] та ін. Наприклад, у роботі С.В. Гаврилової [1] розкриті поняття «високотехнологічний сектор» і «високотехнологічна компанія», їх взаємозв'язок і відмінність. Виявлені особливості функціонування високотехнологічної компанії порівняно з традиційною, визначені ключові чинники і складові елементи високої технологічності. Робота Н.А. Казанової [3] присвячена окремим аспектам проблеми розвитку високотехнологічних галузей національних економік та їх інтеграції в світову економіку. У роботі Л.І. Оппельда [5] проведено аналіз сучасних тенденцій розвитку високотехнологічного сектору економіки України, оцінено його стан та проблеми в умовах глобалізації. Характерною особливістю зазначених робіт є використання кількісних методів статистики: аналізу структури, кореляційно-регресійного аналізу, тому вони будуть застосовані у цьому дослідженні.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проте необхідно зазначити, що, незважаючи на значну кількість наукових праць та істотні досягнення у цій галузі, результати попередніх досліджень сучасного стану високотехнологічного сектору економіки України та прогнозування його розвитку вже морально застаріли, наявні економіко-математичні моделі [7] потребують змін і уточнень з урахуванням оновлених вихідних даних, що і зумовлює необхідність проведення цього наукового дослідження.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Головною метою цієї роботи є статистичний аналіз сучасного стану високотехнологічного сектору економіки України та прогнозування його розвитку із використанням кількісних методів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для аналізу структури високотехнологічного сектору економіки України будемо враховувати як високотехнологічні, так і середньотехнологічні види промислової діяльності за класифікацією Організації економічного співробітництва та розвитку [8]. За цими видами проведено аналіз структурних складників високотехнологічних галузей у промисловості України на основі даних Держкомстату України про реалізацію про-

мислової продукції за 2011-2016 рр. (табл. 1) [9; 10]. Відсутні дані за 2016 р. (виділено жирним) визначимо шляхом екстраполяції, побудувавши парні регресійні моделі.

Аналіз даних табл. 1 показав, що співвідношення між складниками високотехнологічного виробництва змінюються у часі та будуть змінюватися в майбутньому: питома вага складника «виробництво основних фармацевтичних продуктів і препаратів» упродовж 6 останніх років збільшилася на 72% у загальному промисловому виробництві, така ж тенденція – у повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування (14%), зброї та боєприпасів (13%). Це можна пояснити пільговим оподаткуванням підприємств із виробництва основних фармацевтичних препаратів (40% від кількості підприємств у галузі), літальних та космічних апаратів (28%), виробництва зброї та боєприпасів (23%) [7]. Щодо зброї та боєприпасів, то збільшення їх виробництва пов'язано також із триваючим збройним конфліктом на сході України. Водночас питома вага складника «хімічні речовини та хімічна продукція» за цей же період зменшилася на 43%, «комп'ютери, електронна та оптична продукція» – на 50%, «автотранспортні засоби, причепа та напівпричепа та інші транспортні засоби» – на 60%, «виробництво електричного й електронного устаткування» – на 8,3%. Можливо, це пов'язано з недостатнім субсидюванням виробництва хімічних речовин та хімічної продукції (0,2% від обсягу створеної ними валової доданої вартості) та виробництва машин і устаткування, не віднесених до інших угруповань (0,7%) [7]. Практично не змінилася питома вага «виробництво медичних і стоматологічних інструментів і матеріалів», яка становить 0,06% у загальному промисловому виробництві.

Загалом за 2011-2016 рр. частка високотехнологічних галузей у промисловості України зменшилася з 13% до 9%, що, можливо, пояснюється втратою близько 18% промислового виробництва країни внаслідок збройного конфлікту на Донбасі та анексії Криму, частка якого становила 4% ВВП, розривом традиційних зв'язків із Росією і відповідною втратою ринків збуту, несприятливою економічною ситуацією та іншими факторами.

Таким чином, на жаль, Україна за галузевою структурою промисловості наближається до країн, що розвиваються.

Дані, наведені у рядку «Загалом» табл. 1, являють собою ряд динаміки. У попередній

роботі автора [7] було побудовано парну регресійну модель $Y_t = 11,71 - 0,88 \cdot t$, перевірено її адекватність. Проте через відсутність даних за 2016 р. не вдалося перевірити правильність прогнозу на 2016-2017 рр. Крім того,

не завжди вдається побудувати адекватні регресійні моделі, для яких ряд залишків буде відповідати основним передумовам регресійного аналізу [11, с. 146]. Тому широке застосування одержали авторегресійні моделі, у яких

Таблиця 1

Структура високотехнологічного сектору економіки України [9; 10]

№	Галузь промисловості	Структура обсягу реалізованої промислової продукції за видами діяльності, (млн. грн. /%)					
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
	Промисловість:	<u>1 305 308,0</u> 100%	<u>1 367 925,5</u> 100%	<u>1 322 408,4</u> 100%	<u>1 428 839,1</u> 100%	<u>1 776 603,7</u> 100%	<u>2 128 866,8</u> 100%
1	Виробництво основних фармацевтичних продуктів і препаратів	8860,0 0,7	10 457,3 0,8	12 202,9 0,9	14 595,8 1,0	20 295,8 1,1	26 061,9 1,2
2	Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	52 674,3 4,0	55 966,7 4,1	48 508,1 3,7	49 808,2 3,5	68 010,1 3,8	60 103,8 2,8
3	Виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції	11 529,0 0,9	7876,8 0,6	7508,7 0,6	8133,4 0,6	8772,9 0,5	12 153,4 0,6
4	Виробництво повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування	9129,4 0,7	11 421,1 0,8	11 140,6 0,8	12 970,1 0,9	16 132,1 0,9	16 825,0 0,8
5	Виробництво електричного й електронного устаткування	16 715,6 1,3	22 141,3 1,6	21 832,4 1,6	21 005,7 1,5	24 038,5 1,3	26 587,0 1,2
6	Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів та інших транспортних засобів	64 980,5 5,0	72 953,4 5,3	49 803,1 3,8	39 260,8 2,7	40 452,3 2,3	41 987,8 2,0
7	Виробництво медичних і стоматологічних інструментів і матеріалів	750,5 0,06	913,2 0,07	911,9 0,07	889,6 0,06	1351,1 0,08	1316,5 0,06
8	Виробництво зброї та боеприпасів	987,6 0,08	763,2 0,06	2912,5 0,22	901,2 0,06	1655,7 0,09	1886,3 0,09
	Загалом	12,74	13,33	11,69	10,32	10,07	8,75

регресорами є лагові змінні, тобто змінні, вплив яких в економетричній моделі характеризується деяким запізнюванням [11, с. 147]. Для побудови авторегресійних моделей була використана методика професора Ю.І. Лернера [12], суть якої в такому. Дано деякий ряд динаміки величини y . Ставиться проблема прогнозування значення величини на майбутній період за рядом попередніх значень за допомогою деякого рівняння регресії, зокрема, лінійного

$$\tilde{y}_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_k y_{t-k} \quad (1)$$

з коефіцієнтами, що визначаються за методом найменших квадратів.

Доведено, що залежність (1) у тому і тільки в тому разі відображає поведінку випадкової величини y в генеральній сукупності, якщо різниця між розрахунковими значеннями \tilde{y}_t по (1) і фактичними даними y_t

$$\varepsilon_t = \tilde{y}_t - y_t \quad (2)$$

є величиною, незалежною від часу. Ця умова замінюється двома іншими:

а) значення ε_t нормально розподілені; б) вони некорельовані між собою.

З огляду на те, що ряд ε_t містить невелику кількість членів, умова (а) не перевіряється. Для перевірки умови (б) використовується критерій Неймана. Розглядається відношення середнього квадрата послідовних різниць $\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}$ до середнього квадрата ε_t :

$$K = \frac{\sum_{t=k+2}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{n-k-1} \cdot \frac{n}{\sum_{t=k+2}^n \varepsilon_t^2} \quad (3)$$

Для критерію K складена таблиця істотності при 5%-му і 1%-му рівнях значущості для різних значень $n' = n - k (4 \leq n' \leq 60)$. Якщо розрахункове значення K потрапляє в допустиму область при 5%-му рівні значущості, приймаємо гіпотезу неавтокорельованості залишків ε_t і затверджуємо k -членну авторегресійну модель (1). Якщо ж K потрапляє у критичну область при 1%-му рівні значущості, то відкидаємо гіпотезу неавтокорельованості залишків ε_t і відмовляємося від моделі (1), при цьому намагаємося збільшити кількість членів рівняння (якщо довжина ряду дає змогу).

За даними табл. 1 складено одночленні $\tilde{y}_t = 0,94y_{t-1}$ або, за наявності автокорельованості залишків ε_t , двочленні $\tilde{y}_t = 0,64y_{t-1} + 0,24y_{t-2}$ авторегресійні моделі:

$$\tilde{y}_t = a_1 y_{t-1}; \quad (4)$$

$$\tilde{y}_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2}. \quad (5)$$

Отримано такі рівняння авторегресійної моделі: одночленне $\tilde{y}_t = 0,94y_{t-1}$ та двочленне $\tilde{y}_t = 0,64y_{t-1} + 0,24y_{t-2}$. При цьому побудовані авторегресійні моделі є адекватними за критерієм Неймана та прийнятними для прогнозування, тому що останні члени часового ряду потрапляють у довірчі інтервали з 95%-ю гарантійною імовірністю.

Для перевірки адекватності побудованих економетричних моделей було обчислено точкові прогнози на 2016 рік за цими моделями та здійснено їх порівняння з відомим значенням 8,75%. Відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини було визначено за допомогою абсолютних Δ і відносних δ похибок вимірювання [13, с. 102]:

$$\Delta = X_{\text{вум}} - X_{\text{д}}, \quad (6)$$

де $X_{\text{д}}$ – значення величини, яке прийняте за дійсне.

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X_{\text{д}}} \cdot 100 \%. \quad (7)$$

Результати порівняння наведено в табл. 2.

Таблиця 2
Прогнозне значення на 2016 рік

№	Тип економетричної моделі	Прогноз за моделлю	Похибка	
			абсолютна	відносна
1	парна регресійна [7]	9,13	0,38	4,34%
2	авторегресійна одночленна	9,47	0,72	8,23%
3	авторегресійна двочленна	9,02	0,27	3,1%

Як видно з табл. 2, найменшу відносну похибку прогнозу (-3,1%) має двочленна авторегресійна модель, тому використовуємо її для подальших розрахунків. Виходячи з цього, було обчислено точкові прогнози частки високотехнологічного сектору економіки України на 2017-2018 рр.: 2017 рік – $\tilde{y}_7 = 0,64y_6 + 0,24y_5 = 8,27\%$, 2018 рік – $\tilde{y}_8 = 0,64y_7 + 0,24y_6 = 7,83\%$.

Висновки з цього дослідження. З наведеного вище можна дійти таких висновків: 1) проведено аналіз структури високотехнологічного сектору економіки України. Аналіз показав, що питома вага складника «виробництво основних фармацевтичних продуктів і препаратів» упродовж 6 остан-

ніх років збільшилася на 72% у загальному промисловому виробництві, така ж тенденція – у повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування (14%), зброї та боєприпасів (13%). Водночас питома вага складника «хімічні речовини та хімічна продукція» за цей же період зменшилася на 43%, «комп'ютери, електронна та оптична продукція» – на 50%, «автотранспортні засоби, причепа та напівпричепа та інші транспортні засоби» – на 60%, «виробництво електричного й електронного устаткування» – на 8,3%. Практично не змінилася питома вага «виробництво медичних і стоматологічних інструментів і матеріалів», яка становить 0,06% у загальному промисловому виробни-

цтві. Загалом за 2011-2016 рр. частка високотехнологічних галузей у промисловості України зменшилася з 13% до 9%, отже, за галузевою структурою промисловості Україна наближається до країн, що розвиваються; 2) було побудовано одно- та двочленні авторегресійні моделі: $\hat{y}_t = 0,94y_{t-1}$, $\hat{y}_t = 0,64y_{t-1} + 0,24y_{t-2}$, перевірено їхню достовірність. Як показують результати, більш адекватною є двочленна авторегресійна модель, оскільки вона має найменшу відносну похибку прогнозу; 3) було обчислено точкові прогнози частки високотехнологічного сектору економіки України на 2017-2018 рр.: 2017 рік – $\hat{y}_7 = 0,64y_6 + 0,24y_5 = 8,27\%$, 2018 рік – $\hat{y}_8 = 0,64y_7 + 0,24y_6 = 7,83\%$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гаврилова С.В. Концептуальные основы определения высокотехнологического сектора экономики и функционирования высокотехнологических компаний / С.В. Гаврилова // Статистика и экономика. – 2014. – № 2. – С. 53-57.
2. Харламова Е.С. Направления государственной политики структурных преобразований в высокотехнологическом секторе промышленности / Е.С. Харламова // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технология. – 2015. – № 1(23). – С. 60-64.
3. Казанова Н.А. Высокотехнологические сектора мировой экономики: современное состояние и перспективы развития / Н.А. Казанова // Экономика, социология и право. – 2016. – № 10. – С. 16-20.
4. Zemlickienė V. Analysis of high-technology product development models / V. Zemlickienė // Intelektinė ekonomika, 2011. – No. 5 (2) – P. 283-297.
5. Оппельд Л.І. Особливості та розвиток високотехнологічного сектору економіки України в умовах глобалізації / Л.І. Оппельд // Економіка і регіон. – 2012. – № 6(37). – С. 66-71.
6. Білоцерківський О.Б. Кількісне оцінювання ризику високотехнологічного проекту / О.Б. Білоцерківський // Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії. – 2016. – № 4(04), Ч. 2. – С. 105-109.
7. Шапран Є.М. Сучасний стан і тенденції розвитку високотехнологічних галузей промисловості України / Є.М. Шапран, О.Б. Білоцерківський // Вісник Одеського національного університету. Серія «Економіка». – 2017. – № 4(57), Т. 22. – С. 146-149.
8. Стратегія розвитку високотехнологічних галузей до 2025 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kno.rada.gov.ua/komosviti/control/uk/publish/article?art_id=69560&cat_id=65270
9. Обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) за видами економічної діяльності у 2010-2016 роках [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/pr/orp_rik/orp_rik_u.htm
10. Статистичний збірник «Промисловість України у 2011-2015 роках» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ5_u.htm
11. Кремер Н.Ш. Эконометрика: учеб. для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 311 с.
12. Лернер Ю.І. Прогнозування операційних витрат із використанням авторегресійних моделей / Ю.І. Лернер, О.Б. Білоцерківський, П.О. Гавриш // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 11. – С. 129-139.
13. Білоцерківський О.Б. Основи стандартизації, метрології та управління якістю: [текст лекцій] / О.Б. Білоцерківський. – Х.: Точка, 2017. – 190 с.