

УДК 330.341

DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-1-11>

Майнка Марсель Курт

здобувач кафедри економіки підприємств та інформаційних технологій
ЗВО «Львівський університет бізнесу та права»

Mainka Marcel Kurt

Postgraduate Student at Department of
Business Economics and Information Technology
Lviv University of Business and Law

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ ІННОВАЦІЙНИМ РОЗВИТКОМ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

FORECASTING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF SYSTEMIC FUNCTIONAL APPROACH IN THE MANAGEMENT OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

Сучасні ринкові тенденції, які відбуваються у будівельній галузі, демонструють об'єктивну необхідність залучення інноваційності розвитку самого підприємства, що стає передумовою для його виживання у конкурентному середовищі. Для українських будівельних підприємств формування інноваційного розвитку стає важливим фактором їх фінансово-господарського існування та отримання максимального прибутку. У цьому розуміння ми говоримо не тільки про технологічні та виробничі інновації, а і про управлінські інновації. Саме впровадження управлінських інновацій, які ґрунтуються на застосуванні нетрадиційних методів управління, може стати дієвою передумовою для стійкого розвитку і фактором зростання всіх складників інноваційного потенціалу, що в майбутньому періоді вплине на загальний інноваційний розвиток підприємства. У статті з використанням економетричних моделей здійснено прогнозування економічної ефективності в управлінні інноваційним розвитком будівельних підприємств.

Ключові слова: інноваційний розвиток, системно-функціональний підхід, виробничі інновації, економетричні моделі, управління інноваційним розвитком.

Современные рыночные тенденции, происходящие в строительной отрасли, демонстрируют объективную необходимость привлечения инновационности развития самого предприятия, что является предпосылкой для его выживания в конкурентной среде. Для украинских строительных предприятий формирование инновационного развития является важным фактором их финансово-хозяйственного существования и получения максимальной прибыли. В этом понимании мы говорим не только о технологических и производственных инновациях, но и об управленческих инновациях. Именно внедрение управленческих инноваций, основанных на применении нетрадиционных методов управления, может стать действенной предпосылкой для устойчивого развития и фактором роста всех составляющих инновационного потенциала, в будущем периоде повлияет на общее инновационное развитие предприятия. В статье с использованием эконометрических моделей осуществлено прогнозирование экономической эффективности в управлении инновационным развитием строительных предприятий.

Ключевые слова: инновационное развитие, системно-функциональный подход, производственные инновации, эконометрические модели, управление инновационным развитием.

Current market trends in the construction industry demonstrate the objective need to attract innovation to the development of the enterprise itself, which is a prerequisite for its survival in a competitive environment. For Ukrainian construction companies, the formation of innovative development is an important factor in their financial and economic existence and maximizing profits. In this sense, we are talking not only about technological and production innovations, but also about management innovations. The introduction of managerial innovations based on the use of non-traditional management methods can be an effective prerequisite for sustainable development, but also a stimulus to the growth of all components of innovation potential, which in the future will affect the overall

innovative development of the enterprise. Management of innovative development of construction companies, in particular strategic management requires a forecast of its economic efficiency. The systemic functional approach requires that forecasting be based on indicators that would, on the one hand, be aggregated and, on the other hand, reflect the functional management vectors of construction companies. With increasing number of indicators of the prognostic model there is a risk of its statistical inadequacy to the established criteria. To avoid this threat, we use the pairwise correlation coefficient, in particular to select the indicators with the highest level of closeness. In this case, the selection of indicators should take into account the possibility of their quantitative measurement, as well as their relationship with the resulting parameter. Important conditions for building a prognostic model are also the following: the number of factors should be minimal, and their values are reliable; factors should not be functionally related to each other, and their impact on the resulting parameter should be direct. In the article with the help of using econometric models the forecasting of economic efficiency in management of innovative development of the construction enterprises is carried out.

Keywords: *innovative development, systemic functional approach, production innovations, econometric models, management of innovative development.*

Постановка проблеми. Нині стають важливими умови, за якими будуть працювати та вести свою діяльність підприємства будівельної сфери. Вони характеризуються досить високим рівнем невизначеності, що призводить до появи великої кількості ризиків, які мають економічний характер. Важливим для підприємства є завдання швидкого реагування на нові виклики і зміни зовнішнього середовища, що впливають на поточний рівень економічної стійкості підприємства. Важливим етапом фінансово-господарського розвитку підприємства будівельного сектору виступає інноваційний фактор, що формує якісні та кількісні переваги у побудові системи матеріального виробництва. Отже, прискорення темпів фінансово-господарського розвитку і зростання його фінансової стійкості стає одним з основних завдань, що стоять перед будівельними підприємствами. Нині вдале прогнозування економічної ефективності за допомогою застосування системно-функціонального підходу в управлінні інноваційним розвитком будівельних підприємств дуже важливе.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Запровадження будь-якого новаторства в діяльності підприємства слід вважати інновацією, а тому з цього погляду практично всі економісти-науковці займаються цією проблематикою для покращення інноваційного розвитку підприємства, особливо підприємств будівельного сектору. Особливу увагу слід приділити вивченню теоретико-методологічних підвалин інноваційного розвитку підприємства; ґрунтовно їх досліджують у своїх працях українські вчені А.В. Колєватова, А.С. Коваленко, С.О. Герашенко, В.В. Чорнобаєв, Н.С. Куцай, В.В. Прохорова, О.В. Божанова, В.Г. Семенова, Ю.В. Грудцина [1–8]. При цьому інструментарій формування інноваційного розвитку українських підприємств із застосуванням системно-функціонального підходу в управлінні інноваційним розвитком підприємств, а особливо будівельного сектору, вимагає наукових пошуків у цьому контексті.

Формування цілей статті. Управління інноваційним розвитком будівельних підприємств, зокрема стратегічне управління, вимагає прогнозу їхньої економічної ефективності. Системно-функціональний підхід зобов'язує до того, щоби прогнозування базувалося на показниках, які б, з одного боку, були агрегованими, а з іншого – відображали функціональні вектори управління розвитком будівельних підприємств.

Вклад основного матеріалу. У разі збільшення кількості показників прогностичної моделі є ризик її статистичної неадекватності встановленим критеріям. Для уникнення цієї загрози застосуємо коефіцієнт парної кореляції, зокрема для відбору показників із найвищим рівнем тісноти зв'язків. Підбір показників має відбуватися з огляду на можливість їх кількісного вимірювання, а також їхній зв'язок із результируючим параметром. Важливими умовами під час побудови прогностичної моделі є також такі: кількість факторів має бути мінімальною, а їхні значення достовірні; фактори не повинні бути функціонально пов'язані між собою, а їхній вплив на результируючий параметр повинен бути безпосереднім. Крім того, задля уникнення явища мультиколінеарності, яке знижує точність прогнозу, враховані фактори не повинні характеризуватися високим рівнем тісноти зв'язку один з одним. З огляду на це, для забезпечення адекватності побудови прогностичної моделі необхідно уникнути мультиколінеарності, взяти до уваги лише значущі фактори і ліквідувати автокореляцію.

Прогнозування з використанням економетричних моделей передбачає послідовну реалізацію низки етапів, таких як: 1) збір емпіричних даних та їх перетворення у таку форму, яка буде зручною для побудови адекватного рівняння; 2) ідентифікування факторних та результируючих параметрів рівняння; 3) вибір форми залежності між факторними та результируючими параметрами; 4) побудова економетричної моделі та оцінювання її характеристик; 5) перевірки моделі; 6) аналіз показників, що використані під час побудови моделі; 7) побудова прогнозу.

Використовуючи дані досліджуваних будівельних підприємств, побудуємо модель прогнозування економічної ефективності застосування системно-функціонального підходу в управлінні їхнім інноваційним розвитком.

На основі табл. 1 побудуємо таку лінійну модель:

$$y = -2,48 + 0,0086x_1 + 0,0008x_2 + 0,00113x_3 - 0,0014x_4. \quad (1)$$

Як бачимо, фактори x_1 та x_2 через часову невідповідність виявилися незначущими, але саме з причини їхньої темпоральної невідповідності їх не варто ігнорувати, бо вони безпосередньо впливають на значення результируючого параметра.

Перевіримо вищенаведену модель за трьома критеріями Пірсона, Фішера і Стюдента для виявлення мультиколінеарності факторів, а також за

Таблиця 1

Показники інноваційного розвитку будівельних підприємств за період 2005–2020 рр.

Роки	Рентабельність продажу (y_i)	Кількість працюючих (x_1)	Кількість інноваційних рішень (x_2)	Вартість інноваційної сировини та матеріалів (x_3), млн грн.	Вартість основних виробничих фондів (x_4), млн грн.
2005	7,32	180	7060	4645,46	1296,15
2006	7,69	170	6954	4706,59	1304,51
2007	7,92	180	6111	5317,83	1289,88
2008	8,47	170	4426	5256,71	880,13
2009	9,23	141	7797	5195,58	694,07
2010	10,25	141	8429	5440,08	1001,38
2011	11,48	219	8429	5562,33	962,08
2012	13,54	287	9272	6674,80	1093,37
2013	12,73	287	8640	5641,79	1160,26
2014	11,71	287	8113	6051,33	907,31
2015	11,60	287	7734	6356,95	1417,40
2016	11,25	300	8134	7029,32	1609,74
2017	11,36	340	9061	5568,44	1714,26
2018	12,27	375	9694	5055,00	1860,60
2019	13,37	594	10431	5116,12	2048,76
2020	13,64	326	10536	6112,45	2090,57

критеріями фон Неймана-Харта і Дарбіна-Ватсона для виявлення автокореляції. Для виконання першого завдання застосуємо метод Фарра-Глобера, який передбачає: 1) нормалізацію змінних; 2) побудову матриці моментів стандартизованої системи нормальних рівнянь; 3) визначення критерію Пірсона; 4) побудову оберненої матриці; 5) обчислення критерію Фішера; 6) знаходження часткових коефіцієнтів кореляції; 7) розрахунок критерію Стюдента.

Перший етап методу Фарра-Глобера.

-0,7636	-0,7137	-1,4228	-0,0868
-0,8506	-0,7815	-1,3324	-0,0672
-0,7636	-1,3204	-0,4291	-0,1015
-0,8506	-2,3977	-0,5194	-1,0625
-1,1030	-0,2425	-0,6098	-1,4989
-1,1030	0,1616	-0,2484	-0,7781
-0,4242	0,1616	-0,0678	-0,8703
0,1675	0,7005	1,5764	-0,5624
0,1675	0,2965	0,0497	-0,4055
0,1675	-0,0405	0,6549	-0,9987
0,1675	-0,2828	1,1066	0,1976
0,2806	-0,0271	2,1003	0,6487
0,6287	0,5656	-0,0587	0,8938
0,9333	0,9703	-0,8175	1,2370
2,8390	1,4415	-0,7272	1,6783
0,5069	1,5086	0,7453	1,7764

Другий етап методу Фарра-Глобера:

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0,7 & 0,175 & 0,75 \\ 0,7 & 1 & 0,26 & 0,61 \\ 0,175 & 0,26 & 1 & 0,067 \\ 0,75 & 0,61 & 0,067 & 1 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Як бачимо, між факторами x_1 та x_2 спостерігається значна залежність, що вимагає виключення одного із цих факторів з моделі.

Третій етап методу Фарра-Глобера:

$$\chi^2 = -\left(15 - 1 - \frac{1}{6}(2 \cdot 4 - 5)\right) \ln|0,197| = 12,45; \quad (3)$$

$$\chi^2 < \chi_{\text{tabl}}^2(0,05) = 24,99.$$

Критерій Пірсона вказує на наявність мультиколінеарності в моделі.

Четвертий етап методу Фарра-Глобера:

$$E = R^{-1} = \begin{vmatrix} 2,92 & -1,086 & -0,12 & -1,52 \\ -1,086 & 2,13 & -0,337 & -0,462 \\ -0,12 & -0,337 & 1,094 & 0,223 \\ -1,52 & -0,462 & 0,223 & 2,409 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

П'ятий етап методу Фарра-Глобера:

$$F_1 = \frac{(2,92 - 1)(15 - 4)}{4 - 1} = 10,72;$$

$$F_2 = \frac{(2,13 - 1)(15 - 4)}{4 - 1} = 7,81;$$

$$F_3 = \frac{(1,094 - 1)(15 - 4)}{4 - 1} = 4,014;$$

$$F_4 = \frac{(2,409 - 1)(15 - 4)}{4 - 1} = 8,831. \quad (5)$$

Отже, досліджені змінні мультиколінеарні, але оскільки критерій Пірсона заперечує наявність мультиколінеарності, то вважатимемо її несуттєвою.

Шостий етап методу Фарра-Глобера:

$$\hat{r}_{ij} = \frac{-e_{ij}}{\sqrt{e_{ii}e_{jj}}} \quad (6)$$

Держава та регіони

1	0,174314	0,038592	0,216178
0,174314	1	0,144362	0,090011
0,038592	0,144362	1	-0,08441
0,216178	0,090011	-0,08441	1

Сьомий етап методу Фарра-Глобера:

$$t_{kj} = \frac{\hat{r}_{ij} \sqrt{n-m}}{\sqrt{1-\hat{r}_{ij}^2}} \quad (7)$$

1	0,596252	0,128188	0,752132
0,596252	1	0,488984	0,30097
0,128188	0,488984	1	0,281977
0,752132	0,30097	0,281977	1

Табличне значення критерію Стюдента за числа ступенів свободи $15-4=11$ та ймовірності 0,95 становить 2,201, тому взаємозалежність між факторами несуттєва.

Таким чином, на основі методу Фарра-Глобера доходимо висновку про те, що модель статистично адекватна.

Продовжимо дослідження впливу цих факторів на результуючий параметр, застосувавши функцію Кобба-Дугласа, щоправда, задля зручності перетворивши її на логарифмічну функцію:

$$\ln y = z_0 + z_1 \ln x_1 + z_2 \ln x_2 + z_3 \ln x_3, \quad (8)$$

де z_0, z_1, z_2, z_3 – параметри моделі.

Нехай дано такі значення показників розвитку автотранспортних комплексів (табл. 2).

Таблиця 2

Значення показників розвитку будівельних підприємств для побудови логарифмічної моделі на основі виробничої функції Кобба-Дугласа

Роки	y_i	x_2	x_3	x_4
2005	7,32	7060	4645,46	1296,15
2006	7,69	6954	4706,59	1304,51
2007	7,92	6111	5317,83	1289,88
2008	8,47	4426	5256,71	880,13
2009	9,23	7797	5195,58	694,07
2010	10,25	8429	5440,08	1001,38
2011	11,48	8429	5562,33	962,08
2012	13,54	9272	6674,80	1093,37
2013	12,73	8640	5641,79	1160,26
2014	11,71	8113	6051,33	907,31
2015	11,60	7734	6356,95	1417,40
2016	11,25	8134	7029,32	1609,74
2017	11,36	9061	5568,44	1714,26
2018	12,27	9694	5055,00	1860,60
2019	13,37	10431	5116,12	2048,76
2020	13,64	10536	6112,45	2090,57

Тепер повторно застосуємо метод Фарра-Глобера для перевірки моделі.

Перший етап (нормалізація змінних):

8,81498	8,86220	8,28230	7,86030
8,86429	8,84707	8,30473	7,87519
8,89376	8,71785	8,43610	7,88986
8,96090	8,39525	8,43373	7,90432
9,04683	8,96149	8,43113	7,91857
9,15165	9,03943	8,48614	7,93262
9,26498	9,03943	8,51730	7,94648
9,43002	9,13475	8,70848	7,96015
9,36834	9,06416	8,54913	7,97363
9,28482	9,00122	8,62791	7,98693
9,27538	8,95338	8,68581	8,00006
9,24474	9,00381	8,79491	8,01302
9,25447	9,11173	8,57041	8,02582
9,33153	9,17926	8,48209	8,03845
9,41739	9,25254	8,50245	8,05092
9,43738	9,26255	8,68865	8,06324

Другий етап (побудова матриці моментів стандартизованої системи нормальних рівнянь):

$$\ln y = -8,1041 + 0,3366 \ln x_1 + 0,4911 \ln x_2 + 1,2653 \ln x_3 \quad (9)$$

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0,4436 & 0,7317 \\ 0,4436 & 1 & 0,7017 \\ 0,7317 & 0,7017 & 1 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Третій етап (визначення критерію Пірсона):

$$\chi^2 = -\left(15 - 1 - \frac{1}{6}(2 \cdot 4 - 5)\right) \ln |0,231| = 20,27; \quad (11)$$

$$\chi^2 < \chi_{\text{tabl}}^2(0,05) = 24,99.$$

Четвертий етап (побудова оберненої матриці):

$$E = R^{-1} = \begin{vmatrix} 2,198 & 0,302 & -1,82 \\ 0,302 & 2,011 & -1,63 \\ -1,82 & -1,63 & 3,478 \end{vmatrix}. \quad (12)$$

П'ятий етап (обчислення критерію Фішера):

$$F_1 = \frac{(2,198 - 1)(15 - 3)}{3 - 1} = 7,188;$$

$$F_2 = \frac{(2,011 - 1)(15 - 3)}{3 - 1} = 6,068;$$

$$F_3 = \frac{(1,094 - 1)(15 - 4)}{4 - 1} = 4,014;$$

$$F_4 = \frac{(3,478 - 1)(15 - 3)}{3 - 1} = 14,866.$$

Шостий етап (знаходження часткових коефіцієнтів кореляції):

$$\hat{r}_{ij} = \frac{-e_{ij}}{\sqrt{e_{ii}e_{jj}}} \quad (13)$$

1	-0,06839	0,238163
-0,06839	1	0,233394
0,238163	0,233394	1

Сьомий етап (розрахунок критерію Стюдента):

$$t_{kj} = \frac{\hat{r}_{ij} \sqrt{n-m}}{\sqrt{1-\hat{r}_{ij}^2}} \quad (14)$$

1	0,23747	0,849464
0,23747	1	0,831463
0,849464	0,831463	1

Висновки. У результаті застосування методу Фарра-Глобера робимо такі висновки: високе значення критерію Пірсона вказує на те, що відсутність мультиколінеарності досягнуто завдяки логарифмуванню вихідних даних; судячи із значень критерію Стюдента, взаємозалежність між факторами несуттєва, оскільки табличне значення критерію Стюдента за числа ступенів свободи 15–3=12 та ймовірності 0,95 становить 2,18. З огляду на це, модель статистично адекватна.

Бібліографічний опис:

1. Колеватова А.В., Коваленко А.С. Проблеми розвитку наукової та інноваційної діяльності в Україні, основні шляхи їх подолання. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2019. Вип. 23. № 1. С. 130–134.
2. Геращенко С.О., Чернобаєв В.В. Інституціональні чинники розвитку інноваційного підприємництва в Україні. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2020. № 2. С. 30–36.
3. Куцай Н.С. Особливості формування програми інноваційного розвитку регіону. *Економічні науки*. 2019. Вип. 16. № 63. С. 71–79.
4. Прохорова В.В., Божанова О.В. Стратегічно-орієнтовані напрями інноваційного розвитку промислового підприємства. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2020. № 2. С. 132–139.
5. Семенова В.Г. Інноваційний розвиток підприємств в контексті диверсифікації діяльності. *Вісник со-*

ціально-економічних досліджень Одеського національного економічного університету. 2019. № 2–3 (70–71). С. 219–226.

6. Грудцина Ю.В. інноваційна діяльність в Україні: аналіз та прогнозування. *Бізнес Інформ*. 2019. № 2. С. 78–84.
7. Волощук В.Р. Механізми активізації інноваційного розвитку. *Інноваційна економіка*. 2019. Вип. 7–8. С. 27–32.
8. Zavidna L., Makarenko P., Chepurda G., Lyzunova O. & Shmygol N. Strategy of Innovative Development as an Element to Activate Innovative Activities of Companies. *Academy of Strategic Management Journal*. 2019. Vol. 18. No. 4.

References:

1. Kolevatova, A.V. and Kovalenko, A.S. (2019). Problems of development of scientific and innovative activity in Ukraine, the basic ways of their overcoming. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, vol. 23, no. 1, pp. 130–134.
2. Gerashchenko, S.O. and Chornobayev, V.V. (2020). Institutional factors of development of innovative entrepreneurship in Ukraine. *Economic Bulletin of the National Mining University*, no. 2, pp. 30–36.
3. Kutsai, N.S. (2019). Features of formation of the program of innovative development of the region. *Economic Sciences*, vol. 16, no. 63, pp. 71–79.
4. Prokhorova, V.V. and Bozhanova, O.V. (2020). Strategically oriented directions of innovative development of industrial enterprise. *Economic Bulletin of the National Mining University*, no. 2, pp. 132–139.
5. Semenova, V.G. (2019). Innovative development of enterprises in the context of diversification. *Bulletin of Socio-Economic Research of Odessa National Economic University*, no. 2–3 (70–71), pp. 219–226.
6. Grudtsina, Yu.V. (2019). Innovative activity in Ukraine: analysis and forecasting. *Business Inform*, no. 2, pp. 78–84.
7. Voloshchuk, V.R. (2019). Mechanisms for intensifying innovative development. *Innovative economy*, vol. 7–8, pp. 27–32.
8. Zavidna, L., Makarenko, P., Chepurda, G., Lyzunova, O. & Shmygol, N. (2019). Strategy of Innovative Development as an Element to Activate Innovative Activities of Companies. *Academy of Strategic Management Journal*, vol. 18, no. 4.