

УДК 338.431
© 2017

Н.М. САМАРЕЦЬ,
кандидат технічних наук

Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет,
Україна

E-mail: samarets.n.m@dsau.dp.ua

вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро

ЕКОНОМЕТРИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ
НА АГРАРНОМУ РИНКУ
ПРОДУКЦІЇ ОВОЧІВНИЦТВА

Розглянуто побудову економетричних моделей залежностей обсягів виробництва та споживання продукції овочівництва в Дніпропетровській області від чинників, які найбільш суттєво на них впливають: середніх цін реалізації овочів, їх урожайності, обсягів виробництва та споживання овочів на одну особу в рік, середньої заробітної плати. На основі вибіркового статистичних даних побудовано адекватні парні лінійні та нелінійні, а також множинні регресійні рівняння. За результатами моделювання оцінено взаємозв'язок чинників та проаналізовано граничні прирости, коефіцієнти еластичності, відносні показники якості прогнозу та силу впливу кожного фактора на вихідну функцію.

Ключові слова: продовольча безпека, моделювання, регресійний аналіз, статистична значущість, виробництво, споживання, овочівництво.

Основною складовою продовольчої безпеки країни є задоволення населення в екологічно чистих та корисних продуктах харчування за науково обґрунтованими нормами і доступними цінами. Вирішення цього завдання тісно пов'язане з дослідженнями на основі емпіричних даних кількісних співвідношень між соціально-економічними чинниками, які обумовлюють обсяг виробництва та споживання харчових продуктів. Статистичні дослідження аспектів розвитку аграрного ринку та споживання населенням продуктів харчування, зокрема продукції овочівництва, висвітлено в працях таких вітчизняних учених, як В.Г. Андрійчук, В.М. Андрусак, Н.К. Васильєва, В.І. Власов, В.П. Горьовий, В.І. Криворучко, П.М. Макаренко, В.В. Писаренко, В.П. Рудь, П.Т. Саблук, О.В. Ульяновченко, В.М. Яценко та ін.

Важливе значення аграрного сектору економіки важко переоцінити, оскільки він забезпечує сировинну базу галузі виробництва харчових продуктів, що ста-

новить основу продовольчої безпеки країни, добробуту та якості життя населення. У роботі Н.К. Васильєвої презентовано основні принципи вирішення задач аграрної економіки, що зводяться до моделей оптимального планування на мережах, управління запасами, систем масового обслуговування, штучних нейронних мереж [1]. Дослідники розглядають моделювання, пов'язане з побудовою парних та множинних, лінійних і нелінійних регресій на основі статистичних даних агропідприємств України; стверджують, що для забезпечення належної якості продукції рослинництва необхідно використовувати комплекс інновацій виробничого, продуктового та управлінського характеру; пропонують підхід, який базується на комплексному дослідженні та системному аналізі тенденцій розвитку передових технологічних напрямів у сфері виробництва, накопичення і обробки Big Data – “великих даних”; за допомогою регресійних моделей визначають фактори, які впливають

на споживання харчових продуктів у регіонах України [2–4, 6]. Важливе місце в діяльності сучасних аграрних підприємств займають різноманітні аспекти оптимізації та пошуку найкращого плану виробництва [7, 8]. Показано місце та роль домогосподарств у національній економіці та доведено доцільність комплексної оцінки вибору препаратів для захисту рослин на базі економетричного аналізу [9, 10].

Незважаючи на значний обсяг наукових розробок, спостерігається недостатність досліджень щодо продовольчої безпеки країни методами економетричного моделювання. Особливої уваги, на наш погляд, потребує визначення взаємозв'язку чинників, які мають найбільший вплив на виробництво й споживання продукції овочівництва, та побудова на основі емпіричних даних відповідних регресійних рівнянь із статистично значущими параметрами.

Мета дослідження – побудувати адекватні регресійні моделі та визначити на їх основі чинники, які найбільш суттєво впливають на обсяги виробництва й споживання продукції овочівництва.

Результати дослідження та їх обговорення. Дніпропетровщина займає третє місце серед регіонів України за обсягом валової сільськогосподарської продукції. Аграрне виробництво є провідною галуззю економіки області та вирішує основне завдання – забезпечення населення продуктами харчування. Основними напрямками розвитку АПК області є виробництво зернових, технічних і овочевих культур. Для встановлення економетричних зв'язків між факторами, пов'язаними з виробництвом та реалізацією продукції овочівництва, складено вибірку таких показників по Дніпропетровській області 2000–2015 рр.: z_1 – середні ціни реалізації овочевих культур аграрними підприємствами, грн/т; z_2 – посівні площі овочів, тис. га; z_3 – урожайність овочевих культур, ц/га; z_4 – обсяг виробництва овочів, тис. т; z_5 – середня заробітна плата по Дніпропетровській області, грн/міс.; z_6 – обсяг споживання овочів на одну особу, кг/рік;

z_7 – обсяг виробництва овочів на одну особу, кг/рік [5].

Кількісну характеристику зв'язків між показниками надає кореляція. Із використанням інструменту *Корреляція* електронних таблиць *MS Excel* обчислено матрицю парних коефіцієнтів кореляції вказаних ознак:

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7
z_1	1						
z_2	0,079	1					
z_3	0,771	0,010	1				
z_4	0,767	0,369	0,931	1			
z_5	0,848	0,388	0,851	0,946	1		
z_6	0,830	0,225	0,947	0,969	0,956	1	
z_7	0,787	0,349	0,935	0,999	0,959	0,977	1

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів кореляції здійснено за допомогою t -критерію Стьюдента. Одержано, що парні коефіцієнти кореляції між ознакою z_2 та усіма іншими показниками є статистично незначущими, оскільки лінійний зв'язок між ними відсутній. Натомість кореляційний зв'язок інших ознак можна охарактеризувати як статистично значущий та сильний.

Під час вивчення конкретного економетричного явища важливим завданням є пошук найточнішої аналітичної форми опису статистичного зв'язку між його чинниками. Аналіз проведених розрахунків показав, що на основі одержаних вибірових даних не можна отримати множинну лінійну економетричну модель із статистично значущими параметрами, яка об'єднує всі вказані чинники, тому побудову регресійних залежностей слід розглядати поступово. Економетричні моделі залежностей середніх цін реалізації овочів z_1 від показників z_i , $i = 3 \dots 7$, представлено лінійними рівняннями виду $\hat{z}_1 = a_0 + a_1 z_i$ побудовано за допомогою інструменту *Регресія* електронних таблиць *MS Excel*. У табл. 1 наведено розраховані для вказаних регресій значення коефіцієнтів детермінації $R^2_{z_1 z_i}$, параметрів a_0 , a_1 та їх рівнів значущості $\alpha(a_0)$, $\alpha(a_1)$, середніх коефіцієнтів еластичності Ez_1 / z_i за відповідними ознаками, а також середніх відносних похибок прогнозу *MAPE* та від-

1. Результати розрахунків парних лінійних регресійних залежностей середніх цін реалізації овочів

z_i	$R^2_{z_1 z_i}$	a_0	a_1	$\alpha(a_0)$	$\alpha(a_1)$	E_{z_1}/z_i	MAPE	MPE
z_3	0,59	-4007,6	38,31	0,017	0,0005	2,51	20,60	-6,64
z_4	0,59	-2790,1	9,89	0,041	0,0005	2,05	29,45	-11,04
z_5	0,72	1149,7	0,83	0,002	3,3E-05	0,57	23,95	-7,80
z_6	0,69	-3974,4	45,62	0,005	7,0E-05	2,49	20,84	-5,97
z_7	0,62	-2124,5	29,48	0,057	0,0003	1,80	27,37	-9,75

носних показників зміщення прогнозу MPE:

$$MAPE = \frac{1}{16} \sum_{n=1}^{16} \left| \frac{z_{1n} - \hat{z}_{1n}}{z_{1n}} \right| \cdot 100; \quad MPE = \frac{1}{16} \sum_{n=1}^{16} \left(\frac{z_{1n} - \hat{z}_{1n}}{z_{1n}} \right) \cdot 100.$$

Рівень MAPE менше 10 % означає, що якість прогнозу висока, 10–20 % – якість досить добра, 21–50 % – задовільна якість, понад 50 % – незадовільна якість. Прогнозні якості моделі тим кращі, чим ближчі значення MPE до нуля.

Для z_1 найвище значення коефіцієнтів кореляції та детермінації отримано в парі з ознакою z_5 . Таким чином, існує сильний кореляційний зв'язок між середніми цінами реалізації овочів та середньою заробітною платою. Найбільший вплив на граничний приріст цін мають ознаки z_6 (обсяг споживання овочів на одну особу) та z_3 (їх урожайність). Середні ціни реалізації можна оцінити як еластичні за всіма ознаками, крім z_5 . Найвищі значення коефіцієнтів еластичності одержано за ознаками z_3 та z_6 . Аналіз

рівнів показників MAPE та MPE дозволяє зробити висновок щодо задовільної якості прогнозів.

Більш точне уявлення про зв'язок ознак може дати нелінійна залежність між ними виду $\hat{z}_1 = f(z_i)$, $i = 3 \dots 7$. Результати проведених розрахунків парних нелінійних регресій наведено в табл. 2.

Порівняння відповідних значень коефіцієнтів детермінації $R^2_{z_1 z_i}$, а також рівнів відносних показників MAPE та MPE (табл. 1 та 2) дозволяє відзначити більш точне моделювання зв'язку ознак саме нелінійними регресіями. Так, значення збільшилися, а рівні MAPE і MPE підвищилися майже для всіх нелінійних функцій та характеризують досить добру якість прогнозу.

Для оцінки одночасного впливу декількох ознак на змінну z_1 побудовано трифакторну лінійну регресійну залежність

$$\hat{z}_1 = 2538,41 + 36,13z_3 - 15,64z_4 - 1,34z_5,$$

2. Результати розрахунків парних нелінійних регресійних залежностей середніх цін реалізації овочів

z_i	$R^2_{z_1 z_i}$	Вид залежності $\hat{z}_1 = f(z_i)$	MAPE	MPE
z_3	0,75	$\hat{z}_1 = 0,0005z_3^{2,9744}$	21,41	-3,41
z_4	0,85	$\hat{z}_1 = 749535 - 5650z_4 + 15,75z_4^2 - 0,019z_4^3 + 9E-06z_4^4$	17,53	-4,94
z_5	0,96	$\hat{z}_1 = 354,9 + 1,627z_5 + 0,0011z_5^2 - 8E-07z_5^3 + 1E-10z_5^4$	6,91	-0,93
z_6	0,84	$\hat{z}_1 = 1019491 - 29265z_6 + 311,12z_6^2 - 1,451z_6^3 + 0,0025z_6^4$	17,65	-3,15
z_7	0,89	$\hat{z}_1 = 403711 - 10512z_7 + 100,68z_7^2 - 0,419z_7^3 + 0,0006z_7^4$	15,51	-3,35

або в нормалізованому вигляді

$$\hat{z}_1 = 0,73z_3 - 1,21z_4 + 1,38z_5$$
 з множинним коефіцієнтом детермінації
 $R^2_{z_1z_3z_4z_5} = 0,80$ та статистично значущими параметрами на таких рівнях:
 $\alpha(a_0) = 0,272; \alpha(a_1) = 0,070;$
 $\alpha(a_2) = 0,063; \alpha(a_3) = 0,006.$

Параметри розрахованої моделі в нормалізованому вигляді характеризують порівняльну силу впливу кожного з чинників на середні ціни реалізації овочів z_1 : найбільше впливають заробітна плата z_5 , обсяг виробництва овочів z_4 , а потім – їх урожайність z_3 . Частка кожного фактора в загальній варіації залежної ознаки така:

$$R^2_{z_1(z_5)} = 0,35; R^2_{z_1(z_4)} = 0,28; R^2_{z_1(z_3)} = 0,17.$$

Середні ціни реалізації овочів можна охарактеризувати як еластичні за ознаками z_3 та z_4 з коефіцієнтами $E_{z_1/z_3} = 2,36; E_{z_1/z_4} = -3,24$ і нееластичні – за ознакою z_5 з коефіцієнтом $E_{z_1/z_5} = 0,92$. Коефіцієнт еластичності за обсягом виробництва овочів E_{z_1/z_4} має логічний за економічним сенсом від’ємний знак на відміну від значення $E_{z_1/z_4} = 2,05$, обчисленого за парною регресією (табл. 1).

Розраховані показники $MAPE = 11,68$ та $MPE = -1,92$ свідчать про досить добру якість прогнозу за трифакторною регресією. Зауважимо, що середнє значення $MAPE$ для побудованих парних лінійних регресій становить 24,44, для нелінійних 15,80; середнє значення MPE дорівнює $-8,24$ та $-3,16$ для лінійних та нелінійних моделей відповідно. Таким чином, множинна регресія має вищі прогнозні якості та дає більш чітке уявлення щодо зв’язку між ознаками.

Необхідно відмітити тісний зв’язок ознак

z_4 (обсяг виробництва овочів) і z_3 (їх урожайність), який характеризується значеннями коефіцієнтів кореляції $r_{z_3z_4} = 0,931$ та детермінації $R^2_{z_3z_4} = 0,87$. Економетрична модель у вигляді парної лінійної регресійної залежності між цими показниками має вигляд

$$\hat{z}_4 = -73,11 + 3,59z_3$$

та вказує на те, що збільшення врожайності овочів на 1 ц/га сприятиме зростанню їх обсягу виробництва на 3,59 тис. т. Коефіцієнт $E_{z_4/z_3} = 1,13$ свідчить про еластичність обсягу виробництва за врожайністю. Обчислені рівні $MAPE = 5,81$ та $MPE = -0,27$ указують на високу якість прогнозу.

Більш високе значення коефіцієнта детермінації, порівняно з лінійною моделлю, а саме $R^2 = 0,95$, й вищі показники якості прогнозу $MAPE = 2,74$ та $MPE = -0,13$, має нелінійна регресійна залежність обсягу виробництва овочів від їх урожайності такого виду:

$$\hat{z}_4 = 2585 - 37,81z_3 + 0,205z_3^2 - 0,0003z_3^3.$$

Окремої уваги потребують питання щодо визначення чинників, які мають найбільший вплив на споживання населенням овочів. У табл. 3 та 4 наведено результати розрахунків парних лінійних та нелінійних регресійних залежностей обсягу споживання овочів на одну особу z_6 від таких чинників: z_1 – середні ціни реалізації овочевих культур; z_3 – їх урожайність; z_5 – середня заробітна плата; z_7 – обсяг виробництва овочів на одну особу.

Порівняння відповідних значень коефіцієнтів детермінації $R^2_{z_6z_j}$, а також рівнів відносних показників $MAPE$ та MPE (табл. 3 та 4) дозволяє зробити висновок щодо більш точ-

3. Результати розрахунків парних лінійних регресійних залежностей обсягу споживання овочів на одну особу

z_j	$R^2_{z_6z_j}$	a_0	a_1	$\alpha(a_0)$	$\alpha(a_1)$	E_{z_6/z_j}	$MAPE$	MPE
z_1	0,69	105,28	0,02	2,7E-09	7,0E-05	0,28	7,02	-0,77
z_3	0,90	-3,49	0,86	0,803	2,9E-08	1,02	3,81	-0,19
z_5	0,91	114,47	0,02	2,3E-15	7,6E-09	0,21	4,19	-0,29
z_7	0,96	37,32	0,67	4,3E-05	7,9E-11	0,72	2,89	-0,17

4. Результати розрахунків парних нелінійних регресійних залежностей обсягу споживання овочів на одну особу

z_j	$R^2_{z_1 z_j}$	Вид залежності $\hat{z}_6 = f(z_j)$	MAPE	MPE
z_1	0,77	$\hat{z}_6 = 18,046z_1^{0,2672}$	6,27	-0,28
z_3	0,91	$\hat{z}_6 = 831,94 - 13,94z_3 + 0,09z_3^2 - 0,0002z_3^3$	3,43	-0,19
z_5	0,92	$\hat{z}_6 = 110,73 + 0,02z_5 - 1,4E-06z_5^2$	3,99	-0,24
z_7	0,98	$\hat{z}_6 = -374,48 + 7,79z_7 - 0,04z_7^2 + 7,3E-05z_7^3$	1,73	-0,04

ного моделювання зв'язку ознак нелінійними функціями. Так, значення $R^2_{z_6 z_j}$ збільшились, а рівні MAPE і MPE підвищилися для всіх нелінійних моделей та характеризують високу якість прогнозу.

Для оцінки одночасного впливу декількох ознак на змінну z_6 побудовано трифакторну лінійну регресійну залежність

$$\hat{z}_6 = 30,65 + 0,003z_1 + 0,20z_3 + 0,45z_7,$$

або в нормалізованому вигляді

$$\hat{z}_6 = 0,14\hat{z}_1 + 0,22\hat{z}_3 + 0,66\hat{z}_7$$

з множинним коефіцієнтом детермінації $R^2_{z_6 z_1 z_3 z_7} = 0,97$ та статистично значущими параметрами на таких рівнях:

$$\alpha(a_0) = 0,011; \alpha(a_1) = 0,111; \\ \alpha(a_2) = 0,137; \alpha(a_3) = 0,001.$$

Параметри побудованої моделі в нормалізованому вигляді характеризують порівняльну силу впливу кожного з чинників на обсяг споживання овочів z_6 : найбільше впливає виробництво овочів на одну особу z_7 , потім – їх урожайність z_3 , а потім – середні ціни реалізації z_1 . Частка кожного фактора

в загальній варіації залежної ознаки така:

$$R^2_{z_6(z_7)} = 0,64; R^2_{z_6(z_3)} = 0,21; R^2_{z_6(z_1)} = 0,12.$$

Обсяг споживання овочів можна оцінити як нееластичний за ознаками z_1 , z_3 та z_7 з коефіцієнтами $Ez_6 / z_1 = 0,05$; $Ez_6 / z_3 = 0,24$; $Ez_6 / z_7 = 0,50$.

Розраховані відносні показники MAPE = 2,01 та MPE = -0,09 свідчать про високу якість прогнозу. Зауважимо, що середнє значення MAPE для побудованих парних лінійних регресій становить 4,48, для нелінійних 3,86; середнє значення MPE дорівнює -0,36 та -0,19 для лінійних та нелінійних моделей відповідно. Таким чином, побудована трифакторна регресія має вищі прогностичні якості порівняно з парною лінійною та нелінійною моделями.

Аналіз проведених розрахунків показав, що на основі застосованих вибіркового даних не можна отримати множинну лінійну економетричну модель із статистично значущими параметрами, яка об'єднує залежну змінну z_6 з усіма вибраними факторами z_1 , z_3 , z_5 та z_7 .

Висновки

Застосування нелінійних регресійних залежностей дозволяє одержати прогнози більш високої якості порівняно з парними лінійними моделями. Для подальшого поліпшення якості прогнозних характеристик моделі слід використовувати множинні лінійні регресії за умови статистичної значущості їх параметрів. На середні ціни реалізації овочів найбільший вплив мають заробітна плата, потім –

обсяг виробництва овочів та їх урожайність. Ціни реалізації можна охарактеризувати як еластичні за врожайністю та виробництвом овочів і нееластичні – за заробітною платою. Обсяг споживання овочів залежить насамперед від їх виробництва, потім – від урожайності та цін реалізації. Обсяг споживання овочів можна оцінити як нееластичний за всіма вказаними факторами.

Бібліографія

1. Васильєва Н.К. Економіко-математичне моделювання в сільському господарстві: навч. посібник / Н.К. Васильєва. – Дніпропетровськ: Біла К.О., 2015. – 155 с.
2. Економетрика в електронних таблицях: навч. посібник / За ред. Н.К. Васильєвої. – Дніпро: Біла К.О., 2017. – 149 с.
3. Карамушка О.М. Підвищення конкурентоспроможності виробників зернових культур в Україні / О.М. Карамушка // Вісник ДДАЕУ. – 2016. – № 2 (40). – С. 104–108.
4. Диверсифікація компетентностей сучасного студента з урахуванням розширення спектра застосування технологій Big Data / Г.М. Коротенко и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ГВУЗ ПГАСА, 2016. – Вып. 94. – С. 87–94. – (Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении).
5. Офіційний веб-сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua/>
6. Піскунова О.В. Регресійний аналіз факторів, які визначають споживання продуктів харчування в регіонах України / О.В. Піскунова, О.І. Осипова // Економічний аналіз. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 230–239.
7. Samarets N. Application of mathematical models of transportation problems for optimization of agroindustrial production / N. Samarets // The providing of sustainable development of agricultural sector for its innovative base: collective monograph. – Science and Education Ltd, SHEFFIELD, 2015. – P. 176–183.
8. Самарець Н.М. Використання інформаційних технологій у статистичному аналізі даних для аграрних підприємств / Н.М. Самарець, Є.М. Харченко, Н.О. Чорна // Агросвіт. – 2013. – № 20. – С. 14–20.
9. Самарець Н.М. Сучасний стан діяльності сільських домогосподарств в Україні / Н.М. Самарець // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 1(39). – С. 83–88.
10. Харченко Є.М. Підвищення ефективності вибору препаратів для захисту рослин з використанням економетричного аналізу / Є.М. Харченко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2016. – № 1(39). – С. 99–103.