

УДК 338.43:519.8

JEL: C10, C61, C67, Q10, R15

*Яна Долгіх*

*Сумський національний аграрний університет  
Україна*

## **ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА В УКРАЇНІ МЕТОДОМ DEA**

**Мета статті** – оцінка та аналіз динаміки зміни чистої технічної ефективності виробництва зерна та зернобобових культур в Україні методом Data Envelopment Analysis (DEA).

**Методологія / методика / підхід.** Ми використали економетричний метод (щодо перевірки якості вхідних та вихідних параметрів об'єктів дослідження), метод DEA (щодо оцінки рівня чистої технічної ефективності сільськогосподарських підприємств та аналізу динаміки її зміни). У розрахунках ми використовували модель VRS, що орієнтована на вхід. Вхідні параметри моделі: 1) площа, з якої зібрано зернові та зернобобові культури; 2) обсяг мінеральних та органічних добрив (у поживних речовинах) на 1 га; 3) кількість тракторів, зернозбиральних машин на 1 тис. га. Вихідні параметри: 1) виробництво зернових і зернобобових культур; 2) виробництво зернових і зернобобових культур на 1 особу.

**Результати.** Виявлені особливості застосування методу DEA для оцінки та аналізу динаміки зміни ефективності сільськогосподарських підприємств. На основі статистичної інформації за 2017–2018 рр. методом DEA здійснено оцінку чистої технічної ефективності роботи сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва зернових і зернобобових культур. Проведено аналіз оціненої ефективності, який виявив наявність потенціалу щодо її підвищення. Розраховано показники, що характеризують зміну чистої технічної ефективності сільськогосподарських підприємств регіонів України протягом 2017–2018 рр., а саме: коефіцієнти зростання чистої технічної ефективності без урахування зсуву ефективної межі, коефіцієнти технічного прогресу, індекси Малмквісту. Проведено аналіз динаміки зміни ефективності, який виявив тенденції розвитку регіонів.

**Оригінальність / наукова новизна.** У статті наведено результати дослідження, які обґрунтовують можливість і доцільність застосування методу DEA для оцінки та аналізу динаміки зміни ефективності роботи сільськогосподарських підприємств в Україні. Удосконалено процедуру оцінки та аналізу динаміки зміни ефективності роботи сільськогосподарських підприємств в Україні.

**Практична цінність / значущість.** Результати дослідження можуть бути використані для ранжування регіонів за ефективністю виробництва сільськогосподарської продукції, аналізу динаміки зміни ефективності з метою виявлення тенденцій розвитку регіонів, оцінки їхнього ресурсного потенціалу та розробки рекомендацій щодо виведення регіонів на ефективний рівень розвитку.

**Ключові слова:** чиста технічна ефективність, метод DEA, модель VRS-input, індекс Малмквіста, сільськогосподарські підприємства, зернові та зернобобові культури.

*Yana Dolgikh*

*Sumy National Agrarian University*

---

## **EVALUATION AND ANALYSIS OF DYNAMICS OF CHANGE OF EFFICIENCY OF GRAIN PRODUCTION IN UKRAINE BY DEA METHOD**

**Purpose.** *The purpose of the article is to evaluate and analyze the dynamics of changes in the net technical efficiency of grain and leguminous crops production in Ukraine using the DEA method.*

**Methodology / approach.** *There were used the econometric method (to check the quality of input and output parameters of the objects of study) and the DEA method (to assess the level of net technical efficiency of agricultural enterprises and to analyze the dynamics of its change). We used the input-oriented VRS model for the calculations. Input parameters of the model: 1) the area from which cereals and legumes were collected; 2) volume of mineral and organic fertilizers (in nutrients) per 1 ha; 3) the number of tractors and grain harvesting machines per 1 thousand ha. Output parameters: 1) production of grain and leguminous crops; 2) the production of grain and leguminous crops per 1 person.*

**Results.** *The peculiarities of application of the DEA method for assessing and analyzing the dynamics of changes in the efficiency of agricultural enterprises were revealed. Based on the statistical information for 2017–2018, with a help of the DEA method it was assessed the net technical efficiency of the work of agricultural enterprises in the regions of Ukraine in the production of grain and leguminous crops. An analysis of the estimated effectiveness was carried out, which revealed the presence of potential for its improvement. We calculated indicators characterizing the change in the net technical efficiency of agricultural enterprises in the regions of Ukraine during 2017–2018, namely, the growth coefficients of net technical efficiency without taking into account the shift of the effective border, the coefficients of technical progress, and the Malmquist indices. It was analyzed the dynamics of change in efficiency, which revealed trends in the development of regions.*

**Originality / scientific novelty.** *The article presents the results of the study that substantiate the possibility and expediency of application of the DEA method to evaluate and analyze the dynamics of changes in the performance of agricultural enterprises in Ukraine. The procedure of evaluation and analysis of the dynamics of changes in the efficiency of agricultural enterprises in Ukraine has been improved.*

**Practical value / implications.** *The research results can be used to rank the regions by the efficiency of agricultural production, analyze the dynamics of changes in efficiency in order to identify trends in the development of regions, assess their resource potential and develop recommendations for bringing regions to an effective level of development.*

**Key words:** *pure technical efficiency, DEA method, VRS-input model, Malmquist index, agricultural enterprises, cereals and leguminous crops.*

**Яна Долгих**

*Сумский национальный аграрный университет  
Украина*

## **ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В УКРАИНЕ МЕТОДОМ DEA**

**Цель статьи** – оценка и анализ динамики изменения чистой технической эффективности производства зерна и зернобобовых культур в Украине методом DEA.

**Методология / методика / подход.** Мы использовали эконометрический метод (для проверки качества входных и выходных параметров объектов исследования), метод DEA (для оценки чистой технической эффективности сельскохозяйственных предприятий и анализа динамики её изменения). В расчетах использовалась модель VRS, ориентированная на вход. Входные параметры модели: 1) площадь, с которой собраны зерновые и зернобобовые культуры; 2) объем минеральных и органических удобрений (в питательных веществах) на 1 га; 3) количество тракторов, зерноуборочных машин на 1 тыс. га. Выходные параметры: 1) производство зерновых и зернобобовых культур; 2) производство зерновых и зернобобовых культур на 1 человека.

**Результаты.** Выявлены особенности применения метода DEA для оценки и анализа динамики изменения эффективности сельскохозяйственных предприятий. На основе статистической информации за 2017–2018 гг., методом DEA оценена чистая техническая эффективность работы сельскохозяйственных предприятий регионов Украины в сфере производства зерновых и зернобобовых культур. Проведен анализ оцененной эффективности, который показал наличие потенциала для её повышения. Рассчитаны показатели, которые характеризуют изменение чистой технической эффективности сельскохозяйственных предприятий регионов Украины на протяжении 2017–2018 гг., а именно: коэффициенты роста чистой технической эффективности без учета смещения эффективной границы, коэффициенты технического прогресса, индексы Малмквиста. Проведен анализ динамики изменения эффективности, который показал тенденции развития регионов.

**Оригинальность / научная новизна.** В статье приведены результаты исследования, обосновывающие возможность и целесообразность применения метода DEA для оценки и анализа динамики изменения эффективности работы сельскохозяйственных предприятий в Украине. Усовершенствована процедура оценки и анализа динамики изменения эффективности работы сельскохозяйственных предприятий в Украине.

**Практическая ценность / значимость.** Результаты исследований могут быть использованы для ранжирования регионов по эффективности производства сельскохозяйственной продукции, анализа динамики изменения эффективности с целью выявления тенденций развития регионов, оценки их ресурсного потенциала и разработки рекомендаций по выведению регионов на эффективный уровень развития.

**Ключевые слова:** чистая техническая эффективность, метод DEA, модель VRS-input, индекс Малмквиста, сельскохозяйственные предприятия, зерновые и зернобобовые культуры.

**Постановка проблемы.** Об'єктивна оцінка ефективності виробництва та аналіз динаміки її зміни для виявлення тенденцій розвитку є важливими напрямками удосконалення управління виробництвом сільськогосподарської продукції в Україні.

У зарубіжній практиці широкого поширення здобув DEA-метод оцінки відносної ефективності. Метод DEA базується на теорії фронтів американського вченого М. Дж. Фаррелла [1]. Згідно з теорією фронтів, суб'єкти господарювання, що мають 100-відсоткову ефективність діяльності, перебувають на лінії фронту, яка називається ефективною межею. Суб'єкти господарювання, що здійснюють неефективну діяльність, перебувають усередині фронту. Чим ближче суб'єкт розташований до лінії фронту, – тим вище значення ефективності його діяльності. Для того, щоб оцінити значення

відносної ефективності підприємства, потрібно знайти значення відстані між суб'єктом господарювання та ефективною межею. А. Чарнс, В. Купер, Е. Роудс [2] звели задачу оцінювання ефективності до розв'язання задачі лінійного програмування. Запропонований метод отримав назву Data Envelopment Analysis (DEA).

Метод DEA дозволяє знайти інтегрований показник, що характеризує ефективність діяльності суб'єкта господарювання відносно інших та враховує вплив множини факторів виробництва на результати діяльності. Аналіз оціненої ефективності в динаміці дозволяє дослідити тенденцію розвитку об'єктів (галузі в цілому) та зробити висновок стосовно характеристики розвитку: прогресивний або регресивний. Тому використання методу DEA для оцінки та аналізу динаміки зміни ефективності виробництва сільськогосподарської продукції регіонів України є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Є великий перелік монографій, періодичних видань, що присвячені теорії та практиці застосування методу DEA. Так, у роботі [3] наведено аналіз публікацій щодо застосування методу DEA за останні 40 років. Серед сучасних наукових робіт зарубіжних учених, що привчені теорії та практиці застосування методу DEA в сільському господарстві, можна відмітити публікації [4–11]. Нажаль, сучасні методи рідко застосовують для аналізу ефективності українських сільськогосподарських підприємств. Серед наукових робіт вітчизняних учених, що присвячені оцінці ефективності сільськогосподарських підприємств методом DEA, можна відмітити роботи В. Г. Андрійчука, Р. В. Андрійчука [12], С. І. Дем'яненка, О. В. Нів'євського [13], А. Ліссітси, Т. Бабічевої [14], А. В. Скрипника, О. В. Жемойди, Е. К. Букіна [15]. Таким чином, питання застосування методу DEA для оцінювання ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в Україні, аналізу динаміки її зміни потребують дальшого удосконалення.

**Мета статті** – оцінка та аналіз динаміки зміни чистої технічної ефективності виробництва зерна та зернобобових культур в Україні методом DEA.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розрізняють такі критерії класифікації моделей DEA:

- 1) припущення щодо ефекту від масштабу;
- 2) цільовий орієнтир управління ефективністю.

Згідно з критерієм припущення щодо ефекту від масштабу розрізняють моделі DEA з постійною віддачею від масштабу (CRS-моделі) та зі змінною віддачею від масштабу (VRS-моделі). У CRS-моделях зміна вхідних параметрів призводить до пропорційної зміни вихідних параметрів, у VRS-моделях зміна вхідних параметрів призводить до непропорційної зміни вихідних параметрів. Ефективність, визначену за моделлю CRS, називають технічною ефективністю, а за моделлю VRS – чистою технічною ефективністю.

Згідно з концепцією спадної граничної продуктивності збільшення

витрачених ресурсів призводить до зниження граничного продукту. Практичний досвід також показує, що такі показники, як рентабельність, продуктивність та інші питомі показники, мають тенденцію зменшуватися зі збільшенням масштабу виробництва. Тому для оцінки ефективності сільськогосподарських підприємств методом DEA доцільно використовувати VRS-модель, яка враховує вплив масштабу на ефективність виробництва.

Згідно з критерієм обрання цільового орієнтира управління ефективністю моделі DEA поділяють на моделі, які орієнтовані на вхід (input-oriented), і моделі, які орієнтовані на вихід (output-oriented). У моделях, орієнтованих на вхід, мінімізують вхідні параметри за фіксованих вихідних параметрів, а в моделях, орієнтованих на вихід, – максимізують вихідні параметри за фіксованих вхідних параметрів.

Для сільськогосподарських підприємств, які працюють в умовах відомого попиту на сільськогосподарську продукцію (обмеженого договорами, контрактами та ін.), більш доцільним є використання моделі, яка мінімізує витрати ресурсів за фіксованого обсягу виробництва (input-oriented model). Використання моделі, яка максимізує обсяг виробництва за наявного обсягу ресурсів (output-oriented model), може потребувати пошуку додаткових каналів збуту продукції, збільшення витрат на її зберігання.

Вимір ефективності в CRS-input моделі відбувається за результатами розв'язку такої задачі лінійного програмування:

$$\min_{E, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k} E \quad (1)$$

$$EX_0 \geq \sum_{k=1}^K \lambda_k X_k, \quad (2)$$

$$Y_0 \leq \sum_{k=1}^K \lambda_k Y_k \quad (3)$$

$$\lambda_k \geq 0 \quad (k = \overline{1, K}) \quad (4)$$

де  $E$  – вхідна технічна ефективність;

$\lambda_k$  – коефіцієнти лінійної комбінації, що підлягають визначенню;

$K$  – кількість суб'єктів господарювання, які порівнюють;

$X_0$  – вектор вхідних параметрів суб'єкта господарювання, що аналізують;

$Y_0$  – вектор вихідних параметрів суб'єкта господарювання, що аналізують;

$X_k$  – вектор вхідних параметрів  $k$ -го суб'єкта господарювання;

$Y_k$  – вектор вихідних параметрів  $k$ -го суб'єкта господарювання.

Для моделі VRS у систему (1) – (4) додається обмеження:

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1 \quad (5)$$

У результаті розв'язку задач математичного програмування (1) – (4), (1) – (5) визначають коефіцієнти вхідних та вихідних параметрів таким чином, щоб значення ефективності господарства, що аналізують, перебувало в інтервалі від

0 (мінімальна ефективність) до 1 (максимальна ефективність) та приймало за можливості найбільше значення.

Умова не виродженості розв'язку задач (1) – (4), (1) – (5) [16]:

$$K \geq \max\{m \times n; 3(n + m)\}, \quad (6)$$

де  $n$  – кількість вихідних параметрів;

$m$  – кількість вхідних параметрів.

Під час аналізу зміни ефективності суб'єктів господарювання, визначеної методом DEA, потрібно враховувати, що зміна ефективності може бути зумовлена як зміною вхідних і вихідних параметрів господарств, які аналізують, так і зміною «еталонних» підприємств, що утворюють межу ефективності. Проводячи аналіз зміни ефективності господарств відносно попереднього періоду, використовується індекс Малмквіста [17], який ураховує зсув межі ефективності:

$$Mind = TCng \cdot \frac{E_1^1}{E_0^0}, \quad (7)$$

де  $TCng = \sqrt{\frac{E_1^0}{E_1^1} \cdot \frac{E_0^0}{E_0^1}}$  – технічний зсув межі, що утворюється еталонними

господарствами;

$E_0^0$  – ефективність господарства, що аналізують у період  $T_0$ ;

$E_1^1$  – ефективність господарства в період  $T_1$ ;

$E_0^1$  – ефективність господарства з показниками в період  $T_0$  відносно межі ефективних господарств у період  $T_1$ ;

$E_1^0$  – ефективність господарства з показниками в період  $T_1$  відносно межі ефективних господарств у період  $T_0$ .

Таким чином, індекс Малмквіста може бути розкладений на два співмножника:

1)  $TCng$  є показником зміни технічного прогресу;

2)  $E_1^1/E_0^0$  є показником зміни ефективності суб'єкта господарювання.

У запропонованій праці на основі статистичної інформації за 2017–2018 рр. [18–22] методом DEA оцінено чисту технічну ефективність роботи сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва зернових і зернобобових культур. У розрахунках використовували модель VRS, що орієнтована на вхід. Вхідні параметри моделі:

1)  $x_{1k}$  – площа, з якої зібрані зернові та зернобобові культури, тис. га;

2)  $x_{2k}$  – обсяг мінеральних і органічних добрив (у перерахунку на поживні речовини) на 1 га, кг;

3)  $x_{3k}$  – кількість тракторів, зернозбиральних машин на 1 тис. га, шт.

Вихідні параметри моделі:

1)  $y_{1k}$  – виробництво зернових і зернобобових культур, тис. т;

2)  $y_{2k}$  – виробництво зернових і зернобобових культур на 1 особу, кг.

У табл. 1 наведено значення вхідних і вихідних параметрів моделі за 2017 р., а в табл. 2 – за 2018 р.

Таблиця 1

**Вхідні та вихідні параметри моделі за 2017 р.**

№	Регіони	Вхідні та вихідні параметри				
		Площа, з якої зібрано зернові та зернобобові культури, тис. га	Внесення мінеральних та органічних добрив (у поживних речовинах) на 1 га, кг	Наявність тракторів та зернозбиральних комбайнів на 1 тис. га, шт.	Виробництво зернових і зернобобових культур, тис. т	Виробництво зернових і зернобобових культур на 1 особу, кг
1.	Вінницький	853,3	145	13	4888,9	3088
2.	Волинський	290,7	183	10	1165,2	1121
3.	Дніпропетровський	1120,1	100	10	3578,4	1108
4.	Донецький	549,5	87	9	1908,0	452
5.	Житомирський	421,6	103	9	1993,7	1613
6.	Закарпатський	88,0	125	6	390,1	310
7.	Запорізький	951,2	101	11	2907,1	1679
8.	Івано-Франківський	145,2	199	9	753,7	547
9.	Київський	579,9	130	16	2646,9	566
10.	Кіровоградський	812,9	98	14	2858	2974
11.	Луганський	387,6	91	14	1276,2	585
12.	Львівський	296,0	157	10	1417,0	560
13.	Миколаївський	874,9	103	9	2674,6	2334
14.	Одеський	1188,5	128	9	4264,9	1788
15.	Полтавський	939,8	123	13	4241,4	2986
16.	Рівненський	264,6	163	7	1208,7	1040
17.	Сумський	613,6	124	10	3686,2	3353
18.	Тернопільський	456,4	190	8	2622,3	2484
19.	Харківський	987,6	125	11	3859,2	1431
20.	Херсонський	738,6	72	9	2545,4	2421
21.	Хмельницький	549,8	154	10	3421,4	2673
22.	Черкаський	632,3	128	12	2926,5	2387
23.	Чернівецький	124,3	122	10	603,9	666
24.	Чернігівський	693,9	126	9	4079,0	3973

Джерело: складено й розраховано за даними Державної служби статистики України [19; 20].

Під час практичного використання методу DEA необхідно перевіряти якість вхідних і вихідних даних моделі. Особливістю методу DEA є його залежність від наявності так званих «викидів» у вхідних та вихідних даних. Перевірку даних табл. 1 і табл. 2 на наявність «викидів» здійснювали за критерієм Діксона [23].

Таким чином, кількість досліджуваних об'єктів  $K = 24$ , кількість вхідних параметрів  $m = 3$ , вихідних –  $n = 2$ . Умова (6) виконується.

Таблиця 2

**Вхідні та вихідні параметри моделі за 2018 р.**

№	Регіони	Вхідні та вихідні параметри				
		Площа, з якої зібрано зернові та зернобобові культури, тис. га	Внесення мінеральних та органічних добрив (у поживних речовинах) на 1 га, кг	Наявність тракторів та зернозбиральних комбайнів на 1 тис. га, шт.	Виробництво зернових і зернобобових культур, тис. т	Виробництво зернових і зернобобових культур на 1 особу, кг
1.	Вінницький	856,3	161	13	5911,1	3770
2.	Волинський	293,3	272	10	1237,2	1193
3.	Дніпропетровський	1121,9	115	10	3487,5	1084
4.	Донецький	569,2	112	9	1344,4	321
5.	Житомирський	445,3	128	9	2424,1	1978
6.	Закарпатський	87,5	161	7	375,9	299
7.	Запорізький	956,2	120	11	2233,3	1303
8.	Івано-Франківський	160,8	222	9	804,5	585
9.	Київський	596,2	156	16	4081,5	868
10.	Кіровоградський	830,2	123	14	3763,2	3958
11.	Луганський	406,3	120	13	1159,4	537
12.	Львівський	293,9	228	10	1440,0	570
13.	Миколаївський	867,8	122	9	2673,4	2353
14.	Одеський	1190,4	144	9	4319,9	1814
15.	Полтавський	965,4	127	12	6341,8	4507
16.	Рівненський	261,6	191	7	1259,5	1087
17.	Сумський	640,0	158	10	4470,1	4109
18.	Тернопільський	462,2	180	8	2631,9	2509
19.	Харківський	1015,5	121	10	3829,2	1426
20.	Херсонський	710,2	90	10	2267,7	2176
21.	Хмельницький	574,8	160	10	3861,0	3041
22.	Черкаський	653,8	161	12	4644,0	3827
23.	Чернівецький	120,6	117	11	586,4	648
24.	Чернігівський	713,8	168	9	4909,5	4847

Джерело: складено й розраховано за даними Державної служби статистики України [18; 20–22].

У табл. 3 та 4 наведено розраховані коефіцієнти Діксона для визначення наявності «викидів» у вхідних та вихідних даних досліджуваних об'єктів.

Таблиця 3

**Визначення «викидів» у параметрах моделі за 2017 р.**

Коефіцієнти Діксона ( $r_{22}$ )	Вхідні параметри			Вихідні параметри	
	$x_{1k}$	$x_{2k}$	$x_{3k}$	$y_{1k}$	$y_{2k}$
Для визначення найменших «викидів»	0,06	0,17	0,27	0,09	0,09
Для визначення найбільших «викидів»	0,19	0,15	0,33	0,16	0,26

Джерело: власні розрахунки.



**Визначення «вिकидів» у параметрах моделі за 2018 р.**

Коефіцієнти Діксона ( $r_{22}$ )	Вхідні параметри			Вихідні параметри	
	$x_{1k}$	$x_{2k}$	$x_{3k}$	$y_{1k}$	$y_{2k}$
Для визначення найменших «викидів»	0,08	0,19	0,22	0,09	0,06
Для визначення найбільших «викидів»	0,17	0,32	0,35	0,26	0,17

*Джерело:* власні розрахунки.

Табличне значення коефіцієнта Діксона для  $K = 24$ , довірчої ймовірності  $P = 0,9$ :  $r_{табл} = 0,367$ . Оскільки  $r_{22} < r_{табл}$  – у досліджуваних вибірках відсутні «викиди».

Для кореляційного аналізу даних табл. 1 та 2 розраховані частинні коефіцієнти кореляції. Значення частинних коефіцієнтів кореляції для вхідних параметрів табл. 1:  $r_{123} = -0,12$ ,  $r_{13,2} = 0,07$ ,  $r_{23,1} = 0,43$ . Значення частинних коефіцієнтів кореляції для вхідних параметрів табл. 2:  $r_{12,3} = -0,5$ ,  $r_{13,2} = 0,23$ ,  $r_{23,1} = 0,37$ . Перевірка частинних коефіцієнтів кореляції на статистичну значущість виявила відсутність лінійної кореляційної залежності між вхідними параметрами. Перевірка якості вхідних і вихідних параметрів виявила можливість їх використання для оцінки чистої технічної ефективності сільськогосподарських підприємств регіонів України за 2017 і 2018 роки.

У табл. 5 наведено розраховані за моделлю VRS-input оцінки чистої технічної ефективності сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва зернових і зернобобових культур за 2017, 2018 роки, а також показники, що характеризують її зміну протягом 2017–2018 рр.

За результатами розрахунків з'ясовано, що у 2017 р. мінімальну чисту технічну ефективність (0,751) мали сільськогосподарські підприємства Волинського регіону. Максимальну чисту технічну ефективність (1) мали підприємства Вінницького, Дніпропетровського, Житомирського, Закарпатського, Луганського, Одеського, Полтавського, Сумського, Херсонського, Хмельницького, Чернівецького та Чернігівського регіонів. У 2018 р. мінімальну чисту технічну ефективність (0,734) мали також сільськогосподарські підприємства Волинського регіону. Максимальну (1) – підприємства Вінницького, Донецького, Житомирського, Закарпатського, Кіровоградського, Одеського, Полтавського, Рівненського, Сумського, Херсонського, Черкаського, Чернівецького та Чернігівського регіонів.

Питома вага ефективних регіонів за моделлю VRS-input у 2017 р. становила 50 %, у 2018 р. – 54 %. Розраховане значення відсотку ефективних регіонів у 2018 р. означає, що 46 % регіонів можуть збільшити обсяг виробництва, використовуючи той самий обсяг ресурсів. Середня чиста технічна ефективність у 2017 р. становила 0,955, у 2018 р. – 0,960. Це означає, що в середньому сільськогосподарські підприємства реалізували свій ресурсний потенціал на 95,5 % у 2017 р., на 96,0 % у 2018 р.

**Оцінка чистої технічної ефективності (PTE) за моделлю VRS-input сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва зернових і зернобобових культур у 2017, 2018 роках, показники зміни чистої технічної ефективності протягом 2017–2018 рр.**

№	Регіони	2017 р.	2018 р.	$E_1^1/E_0^0$	TCng	Mind
		PTE				
1.	Вінницький	1,000	1,000	1,000	1,064	1,064
2.	Волинський	0,751	0,734	0,977	0,993	0,970
3.	Дніпропетровський	1,000	0,987	0,987	1,069	1,055
4.	Донецький	0,996	1,000	1,004	0,926	0,929
5.	Житомирський	1,000	1,000	1,000	0,977	0,977
6.	Закарпатський	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
7.	Запорізький	0,860	0,874	1,016	0,890	0,904
8.	Івано-Франківський	0,988	0,898	0,909	1,044	0,949
9.	Київський	0,853	0,978	1,146	0,792	0,907
10.	Кіровоградський	0,927	1,000	1,079	0,963	1,039
11.	Луганський	1,000	0,884	0,884	0,988	0,873
12.	Львівський	0,835	0,784	0,940	1,016	0,954
13.	Миколаївський	0,969	0,991	1,022	0,951	0,972
14.	Одеський	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
15.	Полтавський	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
16.	Рівненський	0,961	1,000	1,040	0,966	1,005
17.	Сумський	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
18.	Тернопільський	0,995	0,971	0,976	1,012	0,988
19.	Харківський	0,913	0,967	1,059	0,977	1,035
20.	Херсонський	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
21.	Хмельницький	1,000	0,969	0,969	1,046	1,014
22.	Черкаський	0,868	1,000	1,153	0,986	1,136
23.	Чернівецький	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
24.	Чернігівський	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Середнє значення		0,955	0,960	1,007	0,986	0,990
Кількість ефективних, од.		12	13	-	-	-
Відсоток ефективних, %		50	54	-	-	-
Мінімальна ефективність		0,751	0,734	-	-	-

Джерело: власні розрахунки.

У табл. 5 наведено результати розрахунків показників, що характеризують зміну чистої технічної ефективності сільськогосподарських підприємств регіонів України протягом 2017–2018 рр., а саме коефіцієнти зростання чистої технічної ефективності без урахування зсуву ефективної межі ( $E_1^1/E_0^0$ ), технічного прогресу (TCng), індекси Малмквіста (Mind). Результати розрахунків указаних показників за період 2017–2018 рр. свідчать про таке:

1) у середньому чиста технічна ефективність сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва зерна і зернобобових культур зменшилася на 1,0 % (середнє значення Mind =0,990). Це свідчить про регресивний характер розвитку галузі виробництва зернових і зернобобових

культур. Розраховане середнє значення коефіцієнта технічного прогресу  $TCng = 0,986$  свідчить про наявність потенціалу щодо підвищення інноваційності галузі;

2) чиста технічна ефективність Вінницького, Волинського, Луганського, Львівського, Одеського, Сумського, Тернопільського, Херсонського, Чернігівського регіонів не змінилася (значення індексу Малмквісту вказаних регіонів  $Mind = 1$ );

3) чиста технічна ефективність сільськогосподарських підприємств Вінницького, Дніпропетровського, Кіровоградського, Рівненського, Харківського, Хмельницького, Черкаського регіонів збільшилася. Розраховані значення індексів Малмквісту для вказаних регіонів означають, що витрати ресурсів на виробництво того ж самого обсягу сільськогосподарської продукції зменшилися на 6,4 % у Вінницькому ( $Mind = 1,064$ ), на 5,5 % у Дніпропетровському ( $Mind = 1,055$ ), на 3,9 % у Кіровоградському ( $Mind = 1,039$ ), на 0,5 % у Рівненському ( $Mind = 1,005$ ), на 3,5 % у Харківському ( $Mind = 1,035$ ), на 1,4 % у Хмельницькому ( $Mind = 1,014$ ), на 13,6 % у Черкаському регіонах ( $Mind = 1,136$ ). Аналіз коефіцієнтів зростання чистої технічної ефективності без урахування зсуву ефективної межі вказаних регіонів виявив, що в Кіровоградському, Рівненському, Харківському та Черкаському регіонах зростання чистої технічної ефективності було зумовлено підвищенням ефективності використання ресурсів сільськогосподарськими підприємствами без урахування зсуву ефективної межі. Рівень інноваційності вказаних регіонів зменшився. У Вінницькому, Дніпропетровському та Хмельницькому регіонах зростання чистої технічної ефективності було зумовлено технологічним прогресом;

4) чиста технічна ефективність сільськогосподарських підприємств Волинського, Донецького, Житомирського, Запорізького, Івано-Франківського, Київського, Луганського, Львівського, Миколаївського, Тернопільського регіонів зменшилася. Розраховані значення індексів Малмквісту для вказаних регіонів означають, що витрати ресурсів на виробництво того ж самого обсягу сільськогосподарської продукції збільшилися на 3,0 % для Волинського регіону ( $Mind = 0,970$ ), на 7,1 % – для Донецького регіону ( $Mind = 0,929$ ), на 2,3 % – для Житомирського регіону ( $Mind = 0,977$ ), на 9,6 % – для Запорізького регіону ( $Mind = 0,904$ ), на 5,1 % – для Івано-Франківського регіону ( $Mind = 0,949$ ), на 9,3 % – для Київського регіону ( $Mind = 0,907$ ), на 12,7 % – для Луганського регіону ( $Mind = 0,873$ ), на 4,6 % – для Львівського регіону ( $Mind = 0,954$ ), на 2,8 % для Миколаївського регіону ( $Mind = 0,972$ ), на 1,2 % – для Тернопільського регіону ( $Mind = 0,988$ ). Зменшення ефективності Волинського, Луганського регіонів спричинено як зниженням ефективності використання ресурсів сільськогосподарськими підприємствами без урахування зсуву ефективної межі, так і зменшенням інноваційності технологічних процесів. Зменшення ефективності Івано-Франківського, Львівського, Тернопільського регіонів зумовлено зниженням ефективності використання ресурсів, а

Донецького, Житомирського, Запорізького, Київського, Миколаївського регіонів – зменшенням технологічності виробництва.

**Висновки.** За допомогою методу DEA здійснено оцінку та аналіз динаміки зміни чистої технічної ефективності сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва зернових і зернобобових культур. Як вхідні параметри для оцінки чистої технічної ефективності використовували: 1) площа, з якої зібрані зернові та зернобобові культури; 2) обсяг мінеральних та органічних добрив (у перерахунку на поживні речовини) на 1 га; 3) кількість тракторів, зернозбиральних машин на 1 тис. га. Як вихідні: 1) виробництво зернових і зернобобових культур; 2) виробництво зернових і зернобобових культур на 1 особу. Результати дослідження свідчать про регресивну тенденцію розвитку галузі виробництва зерна та зернобобових культур в Україні та наявність потенціалу поліпшення ефективності сільськогосподарських підприємств України в досліджуваній галузі. Визначені джерела неефективності, серед яких зменшення інноваційності технологічних процесів та ефективності використання ресурсів.

Оцінка та аналіз динаміки зміни чистої технічної ефективності виробництва зерна в Україні методом DEA дозволяє встановлювати характер розвитку досліджуваної галузі (прогресивний або регресивний), об'єктивно визначати рівень зміни ефективності, виявляти джерела неефективності, що сприяє розробці обґрунтованих прогнозів щодо підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств. Таким чином, метод DEA може бути рекомендований як доповнення до традиційних методів аналізу ефективності сільськогосподарських підприємств.

Особливістю методу DEA є визначення відносної ефективності. Сільськогосподарські підприємства, що отримали за методом DEA 100-відсоткову ефективність, мають також можливість її підвищити. Тому в майбутніх дослідженнях планується розробити рекомендації щодо підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств, які отримали за методом DEA 100-відсоткову ефективність.

#### **Список використаних джерел**

1. Farrell M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A.* 1957. Vol. 120. No. 3. Pp. 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>.

2. Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research.* 1978. Vol. 2. No. 6. Pp. 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).

3. Emrouznejad A., Yang G. L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Journal of Socio-Economic Planning Science.* 2018. Vol. 61. Pp. 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>.

4. Bagchi M., Rahman S., Shunbo Y. Growth in Agricultural Productivity and Its Components in Bangladeshi Regions (1987–2009): An Application of Bootstrapped Data Envelopment Analysis (DEA). *Economies.* 2019. Vol. 7(2). 37.

<https://doi.org/10.3390/economies7020037>.

5. Baležentis T., Baležentis A. Dynamics of the total factor productivity in Lithuanian family farms with a statistical inference: the bootstrapped Malmquist indices and Multiple Correspondence Analysis. *Economic Research–Ekonomiska Istraživanja*. 2016. Vol. 29. Is. 1. Pp. 643–664.

<https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1193946>.

6. Błażejczyk-Majka L., Kala R. Concentration and productivity of livestock and mixed farms in new and old EU member states. A regional level approach. *Journal of Central European Agriculture*. 2015. Vol. 16. Is. 1. Pp. 159–176.  
<https://doi.org/10.5513/JCEA01/16.1.1558>.

7. Dakpo K. H., Jeanneaux Ph., Latruffe L. Greenhouse gas emissions and efficiency in French sheep meat farming: A non-parametric framework of pollution-adjusted technologies. *European Review of Agricultural Economics*. 2017. Vol. 44. Is. 1. Pp. 33–65. <https://doi.org/10.1093/erae/jbw013>.

8. Le T. L., Lee P.-P., Peng K. Ch., Chung R. H. Evaluation of total factor productivity and environmental efficiency of agriculture in nine East Asian countries. *Agricultural Economics – Czech*. 2019. Vol. 65. Pp. 249–258.  
<https://doi.org/10.17221/50/2018-AGRICECON>.

9. Li N., Jiang Y., Yu Zh., Shang L. Analysis of Agriculture Total-Factor Energy Efficiency in China Based on DEA and Malmquist indices. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 142. Pp. 2397–2402. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.173>.

10. Liu Sh., Zhang P., He X., Li J. Efficiency change in North-East China agricultural sector: A DEA approach. *Agricultural Economics – Czech*. 2015. Vol. 61. Pp. 522–532. <https://doi.org/10.17221/233/2014-AGRICECON>.

11. Pongpanich R., Peng K.-C., Wongchai A. The performance measurement and productivity change of agro and food industry in the stock exchange of Thailand. *Agricultural Economics – Czech*. 2018. Vol. 64. Pp. 89–99.  
<https://doi.org/10.17221/15/2016-AGRICECON>.

12. Андрійчук В. Г., Андрійчук Р. В. Метод аналізу оболонки даних (DEA) у вимірі та оцінці ефективності діяльності підприємств. *Економіка АПК*. 2011. № 7. С. 81–88.

13. Дем'яненко С. І., Нів'євський О. В. Непараметричний аналіз в АПК. Київ: КНЕУ, 2009. 195 с.

14. Лисситса А., Бабичева Т. Анализ оболочки данных (DEA). Современная методика определения эффективности производства. Halle: Institute of agricultural development of Central and Eastern Europe, Germany, 2003. 32 p.

15. Скрипник А. В., Жемойда О. В., Букін Е. К. Аналіз ефективності виробництва пшениці за методом Data Envelopment Analysis (DEA). *Економіка АПК*. 2017. № 1. С. 15–23.

16. Emrouznejad A., Tavares B., Tavares G. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Journal of Socio-Economic Planning Science*. 2008. Vol. 42. No. 3. Pp. 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2007.07.002>.

17. Cooper W. W., Seiford L. M., Tone K. Data envelopment analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Second Edition. New York: Springer Science&Business Media, LLC, 2007. 490 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45283-8>
18. Рослинництво України за 2018 рік: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2019. 220 с.
19. Внесення мінеральних та органічних добрив у сільськогосподарських підприємствах під урожай сільськогосподарських культур 2017 року. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
20. Сільське господарство України у 2017 році: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2018. 242 с.
21. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур 2018 року. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
22. Придбання підприємствами матеріально-технічних ресурсів для виробничих потреб у 2018 році. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
23. Бабенко В. В. Основи теорії ймовірностей і статистичні методи аналізу даних у психологічних і педагогічних експериментах. Львів, 2009. 184 с.

## References

1. Farrell, M. (1957), The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, vol. 120, no. 3, pp. 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>.
2. Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol. 2, no. 6, pp. 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
3. Emrouznejad, A. and Yang, G. (2018), A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Journal of Socio-Economic Planning Science*, vol. 61, pp. 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>.
4. Bagchi, M., Rahman, S. and Shunbo, Y. (2019), Growth in Agricultural Productivity and Its Components in Bangladeshi Regions (1987–2009): An Application of Bootstrapped Data Envelopment Analysis (DEA). *Economies*, vol. 7(2), 37. <https://doi.org/10.3390/economies7020037>.
5. Baležentis, T. and Baležentis, A. (2016), Dynamics of the total factor productivity in Lithuanian family farms with a statistical inference: the bootstrapped Malmquist indices and Multiple Correspondence Analysis. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, vol. 29, is. 1, pp. 643–664. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1193946>.
6. Błażejczyk-Majka, L. and Kala, R. (2015), Concentration and productivity of livestock and mixed farms in new and old EU member states. A regional level approach. *Journal of Central European Agriculture*, vol. 16, is. 1, pp. 159–176. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/16.1.1558>.
7. Dakpo, K. H., Jeanneaux, Ph. and Latruffe, L. (2017), Greenhouse gas emissions and efficiency in French sheep meat farming: A non-parametric framework

of pollution-adjusted technologies. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 44, is. 1, pp. 33–65. <https://doi.org/10.1093/erae/jbw013>.

8. Le, T. L., Lee, P.-P., Peng, K. Ch. and Chung, R. H. (2019), Evaluation of total factor productivity and environmental efficiency of agriculture in nine East Asian countries. *Agricultural Economics – Czech*, vol. 65, pp. 249–258. <https://doi.org/10.17221/50/2018-AGRICECON>.

9. Li, N., Jiang, Y., Yu, Zh. and Shang, L. (2017), Analysis of Agriculture Total-Factor Energy Efficiency in China Based on DEA and Malmquist indices. *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 2397–2402. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.173>.

10. Liu, Sh., Zhang, P., He, X. and Li, J. (2015), Efficiency change in North-East China agricultural sector: A DEA approach. *Agricultural Economics – Czech*, vol. 61, pp. 522–532. <https://doi.org/10.17221/233/2014-AGRICECON>.

11. Pongpanich, R., Peng, K.-C. and Wongchai, A. (2018), The performance measurement and productivity change of agro and food industry in the stock exchange of Thailand. *Agricultural Economics – Czech*, vol. 64, pp. 89–99. <https://doi.org/10.17221/15/2016-AGRICECON>.

12. Andriichuk, V. H., and Andriichuk, R. V. (2011), Data Envelopment Analysis (DEA) method for measuring and evaluating enterprise performance. *Ekonomika APK*, no. 7, pp. 81–88.

13. Demianenko, S. I. and Nivievskiy, O. V. (2009), *Neparmetrychnyi analiz v APK* [Nonparametric analysis in agroindustrial complex], KNEU, Kyiv, Ukraine.

14. Lyssytsa, A. and Babycheva, T. (2003), *Analiz obolochky dannykh (DEA). Sovremennaiia metodyka opredeleniia efektyvnosti proizvodstva* [Data Envelopment Analysis (DEA). Modern methodology for determining production efficiency], Institute of agricultural development of Central and Eastern Europe, Halle, Germany.

15. Skrypnyk, A. V., Zhemoida, O. V. and Bukin, E. K. (2017), Analysis of wheat production efficiency by Data Envelopment Analysis (DEA). *Ekonomika APK*, no. 1, pp. 15–23.

16. Emrouznejad, A., Tavares, B. and Tavares, G. (2008), Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Journal of Socio-Economic Planning Science*, vol. 42, no. 3, pp. 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2007.07.002>.

17. Cooper, W., Seiford, L. and Tone, K. (2007), *Data envelopment analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Second Edition, New York, USA. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45283-8>

18. State Statistics Service of Ukraine (2019), Roslynyntstvo Ukrayiny za 2018 rik. Statystychnyj zbirnyk [Plant Growing of Ukraine in 2018. Statistical yearbook], State Statistics Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

19. The official site of State Statistics Service of Ukraine (2018), Use of fertilizers and pesticides in the 2017 crop, available at: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).

20. State Statistics Service of Ukraine (2018), Sil's'ke hospodarstvo Ukrayiny za

2017 rik. Statystychnyi zbirnyk [Agriculture of Ukraine for 2017. Statistical yearbook], State Statistics Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

21. The official site of State Statistics Service of Ukraine (2019), Use of fertilizers and pesticides in the 2018 crop, available at: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).

22. The official site of State Statistics Service of Ukraine (2019), Buying enterprises of material and technical resources for production needs in 2018, available at: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).

23. Babenko, V. V. (2009), *Osnovy teorii ymovirnostey i statystychni metody analizu danykh u psykholohichnykh i pedahohichnykh eksperymentakh*: [Fundamentals of Probability Theory and Statistical Methods for Data Analysis in Psychological and Pedagogical Experiments], Lviv, Ukraine.

### How to cite this article? Як цитувати цю статтю?

#### *Стиль – ДСТУ:*

Долгіх Я. Оцінка та аналіз динаміки зміни ефективності виробництва зерна в Україні методом DEA. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2019. Vol. 5. No. 3. Pp. 47–62. URL: <http://are-journal.com>.

#### *Style – Harvard:*

Dolgikh, Y. (2019), Evaluation and analysis of dynamics of change of efficiency of grain production in Ukraine by DEA method. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, [Online], vol. 5, no. 3, pp. 47–62, available at: <http://are-journal.com>.