



УДК 631.11:338.432.003.13:332.33:331.101.262:331.522.4(477)

Дмитрук Б. П., Вітряк Т. Б.¹

**АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
РЕСУРСІВ ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ
ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ
МЕТОДА DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)**

Досліджено ефективність використання ресурсів галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств адміністративних районів Черкаської області. Визначені райони з високим, середнім і низьким рівнем виробництва. Проведено групування адміністративних районів області за рівнем ефективності. Обґрунтована доцільність використання непараметричного методу Data Envelopment Analysis (DEA) для визначення ефективності діяльності підприємства.

***Ключові слова:** ефективність, непараметричний метод Data Envelopment Analysis (DEA), мінімізація витрат, максимізація обсягу виробництва продукції, задачі лінійного програмування, границя виробничих можливостей, коефіцієнт ефективності, рівень виробництва галузі рослинництва.*

ВСТУП

Значний економічний потенціал сільськогосподарської галузі України і Черкаської області зокрема на сьогодні використовується

¹ Рецензент – д. е. н., професор Губенко В. І.



недостатньо ефективно, що породжує серйозні соціальні проблеми на селі, негативно позначається на темпах зростання економіки країни в цілому.

Традиційний статистичний підхід до аналізу, як відомо, характеризується порівнянням кожного елемента з аналогічними або деякими «середніми» показниками за базисним або попередніми роками. В процесі аналізу, за існуючою методикою, кожне підприємство розглядається як об'єкт, який за рахунок використання наявних ресурсів виробляє той чи інший продукт. Але загальну продуктивність підприємства бажано отримати у вигляді відношення суми продуктів на виході до суми ресурсів на вході. Величини вимірювання продуктів і ресурсів мають різну природу і розмірність, що робить неможливим пряме їх підсумовування [1].

Для виявлення факторів, що обмежують зростання економічної ефективності сільськогосподарських підприємств, нами пропонується використовувати непараметричний метод Data Envelopment Analysis (DEA), що отримав в останні роки широке поширення в зарубіжних економетричних дослідженнях [2].

Застосування методу DEA для дослідження факторів впливу вимагає вирішення задачі лінійного програмування виду:

$$R_i^* = \max_{\lambda, y} (RIR = p_i y, y \leq B_\lambda, A_\lambda \leq a_i) \quad (1)$$

де R^* – оптимальна величина виручки господарства i від реалізації продукції; p_i – вектор середніх цін реалізації продукції господарством i ; y – оптимальний вектор обсягів реалізації продукції; λ – оптимальний вектор інтенсивності використання господарством i технологій; $A = (a_{mi})$ – матриця витрат господарств сукупності; $B = (b_{ni})$ – відповідна матриця випуску продукції; a_i – вектор фактичних витрат виробничих ресурсів в господарстві i (тобто i -й стовпець матриці); i – індекс господарства; m – індекс виду ресурсів; n – індекс виду продукції [3].

Для оцінки ефективності господарюючого суб'єкта можна скористатися методом DEA [3], який ґрунтується на використанні лінійного програмування для побудови непараметричної кусочно-лінійної поверхні (або межі виробничих можливостей). Оцінка ефективності згодом проводиться по відношенню до цієї поверхні або межі виробничих можливостей.

Матеріалами дослідження слугували наукові праці вітчизняних вчених Светлова Н., Федотова Ю. В. та інших.

Використання кусочно-лінійної опуклої поверхні для оцінки межі виробничих можливостей була вперше запропонована Фарреллом у 1957 році, і протягом наступних двадцяти років розглядалася лише деякими авторами. Так, Боулз [4] і Ефріат [5] відповідно запропонували ряд методів математичного програмування для вирішення зазначеного завдання. Однак певний період цим розробкам



не приділялося значної уваги до 1978 р., коли вийшла робота Чарнза, Купера і Родеса, де вони вперше використовували термін DEA [3]. Згодом з'явилася велика кількість наукових публікацій, в яких метод згортання даних отримав подальший розвиток [6].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою дослідження є вивчення методологічних аспектів непараметричного методу Data Envelopment Analysis (DEA) та вибір моделей для аналізу ефективності.

Провести аналіз ефективності ресурсів галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств Черкаської області в розрізі районів. Згрупувати сукупність підприємств в галузі рослинництва за рівнем використання ресурсів. Обґрунтувати доцільність використання непараметричного методу Data Envelopment Analysis (DEA) для визначення ефективності діяльності підприємства.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використання методу DEA передбачає побудову на базі емпіричних даних про наявні ресурси та виробництво продукції підприємством (фірмою) границі виробничих можливостей, щодо якої відбувається зіставлення результатів діяльності кожного з розглянутих господарюючих суб'єктів. Цей метод не потребує опису виробничої функції або функції витрат. Важливо також зазначити, що метод DEA дозволяє визначати дистанційну функцію для багатопродуктової виробничої системи [1].

Чарнз, Купер і Родес запропонували орієнтовану на мінімізацію витрат модель в умовах постійної віддачі від масштабу (англ. – Constant Return to Scale (CRS)). У наступних роботах розглядалися інші передумови. Наприклад, Бенкер, Чарнз і Купер [3] розглядали модель зі змінною віддачею від масштабу (англ. – Variable Return to Scale (VRS)). Досить швидко ці моделі стали базовими у методології DEA і отримали назви відповідно до імен їх розробників – CCR (Charnes, Cooper and Rhodes) і BCC (Banker, Charnes and Cooper).

Залежно від особливостей виробничої системи в рамках методу DEA розглядається два види моделей: орієнтовані на мінімізацію витрат і орієнтовані на максимізацію випуску. У першій моделі основною передумовою є мінімізація витрат при незмінному випуску (виробництві продукції). У другій моделі, навпаки, при незмінних витратах максимізується обсяг [6].

За цією методикою нами проведено дослідження з використанням моделі орієнтованої на мінімізацію витрат, виходячи з передумови про постійну віддачу від масштабу, її можна розглядати як базову модель DEA. При цьому ми припускаємо, що маємо інформацію про наявність ресурсів K і виробництво продукції M для кожного підприємства (сукупність підприємств) N . Для i -го



підприємства ці дані представлені вектором-стовбцем x_i і y_i , відповідно. Дані для всіх N підприємств представлені в матрицях розмірності $K \times N$ (матриця ресурсів X) і $M \times N$ (матриця випуску Y).

Для кожного підприємства з безліччю N необхідно отримати міру співвідношення випуску до всього обсягу ресурсів, що можна представити у формі: $u'y(i) / v'x(i)$, де u являє собою вектор $M \times 1$ вагомого випуску, а v вектор $K \times 1$ наявних ресурсів. Оптимальні ваги можуть бути отримані шляхом вирішення задачі математичного програмування (вираз 2).

Виконання цього завдання передбачає пошук таких u і v , при яких показник ефективності для i -го підприємства буде максимальним, за умови, що він менше або дорівнює одиниці.

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (u'y^{(i)} / v'x^{(i)}) \\ & de : u'y^{(j)} / v'y^{(j)} \leq 1, \\ & u, v \geq 0, \\ & j = 1, 2, 3, \dots, N. \end{aligned} \quad (2)$$

Разом з тим існує істотна складність – співвідношення має безліч рішень. Щоб уникнути зазначеної проблеми можна припустити, що $v'x(i) = 1$, тоді вираз (2) набуває вигляду:

$$\begin{aligned} & \max_{\mu,v} (\mu'y_i) \\ & de : v'x^{(i)} = 1, \\ & \mu'y^{(j)} - v'x^{(j)} \leq 0, \\ & \mu, v \geq 0, \\ & j = 1, 2, 3, \dots, N. \end{aligned} \quad (3)$$

У формулі (3) позначення u і v були замінені відповідно на μ і v з урахуванням того, що в останньому випадку розглядається вже інша проблема лінійного програмування. Вираз у формулі (3) відомий як множник (або мультиплікатор) проблеми лінійного програмування для моделі DEA.

Таким чином, використовуючи можливість побудови двоїстої задачі в лінійному програмуванні, отримуємо рівноцінне формулювання для вирішення даної проблеми:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & de : -y^{(i)} + Y\lambda \geq 0, & de : y^{(i)} \leq Y\lambda, \\ & \theta x^{(i)} - X\lambda \geq 0, & \theta x^{(i)} \geq X\lambda, \\ & \lambda \geq 0. & \lambda \geq 0. \end{aligned} \quad (4)$$

де θ – число (скаляр), а λ – вектор констант, розмірністю $N \times 1$, являє собою вагові значення. За допомогою великої кількості отриманих коефіцієнтів λ з'являється можливість визначити



гіпотетично ефективну одиницю прийняття рішень (англ. – Decision Making Unit), тобто оптимальне поєднання ресурсів і випуску продукції для кожної конкретної одиниці спостереження. Безліч елементарних фіналів або цільові ефективні значення вказують на те, яким чином може бути скорочено використання ресурсів або збільшено випуск (залежно від вибору орієнтації моделі) щоб DMU стала ефективною.

Постановка проблеми, що розглядається у виразі (4) передбачає менше обмежень, ніж мультиплікативна форма ($K + M < N + 1$). Значення θ є показником ефективності i -ого підприємства і не може перевищувати одиниці. Якщо значення θ дорівнює одиниці, то підприємство знаходиться на межі виробничих можливостей і як наслідок, виходячи з визначення Фаррелла, є технічно ефективне. Слід зазначити, що розглянута задача лінійного програмування має бути вирішена N разів, тобто один раз для кожного підприємства (сукупності підприємств) з вибірки, а значення ефективності визначається для кожного підприємства [3].

Якщо коефіцієнт дорівнюватиме 1, це означає, що об'єкт дослідження є абсолютно ефективним. Чим меншим буде показник від 1, тим нижча ефективність досліджуваного об'єкта.

Для аналізу нами використано середні дані діяльності сільськогосподарських підприємств Черкаської області за 2006-2010 рр. в розрізі районів (табл. 1), що в значній мірі дозволяє згладити вплив природно-кліматичних та деяких інших факторів. Ресурси і вироблена продукція, що використовується для аналізу ефективності, представлена такими змінними:

- 1) Площа ріллі на одного працюючого.
- 2) Кількість сільськогосподарської техніки (тракторів) на 1000 га ріллі.
- 3) Обсяг мінеральних добрив на 1 га ріллі.
- 4) Обсяг органічних добрив на 1 га ріллі.
- 5) Валовий збір продукції рослинництва на одного працюючого.

Розглядаючи метод DEA можна виділити основні переваги його використання при аналізі ефективності господарюючих одиниць:

- дозволяє проводити аналіз ефективності у випадках, коли досить важко формально визначити взаємозв'язок між наявними видами ресурсів та результатами функціонування виробничої системи;
- дає можливість включення в аналіз великої кількості ресурсів та видів продукції;
- дозволяє оцінити внесок кожного з видів ресурсів у сукупну ефективність (або неефективність) підприємства (сукупність однотипних підприємств) і оцінити рівень неефективності використання того чи іншого ресурсу.



Таблиця 1

Вихідні середні дані для аналізу ефективності сільськогосподарських підприємств Черкаської області за 2006-2010 рр.

№ п/п	Адміністративні райони	Зібрана площа зернових та зернобобових на одного працюючого, га/1 особу	Кількість сільськогосподарської техніки (тракторів) на 1000 га зібраної площі	Осяг мінеральних добрив, кг на 1 га	Обсяг органічних добрив, т на 1 га	Валовий збір зернових та зернобобових на одного працюючого, ц/1 особу
1	Городищенський	91,36	4,22	77,75	0,575	3342,78
2	Драбівський	42,14	6,20	78,5	0,2	1608,07
3	Жашківський	39,49	5,88	109,25	0,425	1418,96
4	Звенигородський	62,74	4,41	64,5	1,0	2265,44
5	Золотоніський	21,39	5,74	86	3,025	855,96
6	Кам'янський	66,21	4,58	52,75	0,25	2132,30
7	Канівський	25,56	3,44	92,5	1,675	869,18
8	Катеринопільський	45,32	4,86	56,5	0,325	1343,42
9	Корсунь – Шевченківський	12,00	4,95	134,5	0,35	562,48
10	Лисянський	47,41	5,46	81,75	0,675	1520,67
11	Маньківський	57,93	5,96	92,5	0,3	1827,29
12	Монастирщинський	85,16	5,03	101,75	0,075	3325,95
13	Смілянський	44,68	4,28	48	2,35	1550,98
14	Тальнівський	44,62	4,70	42	0,7	1146,38
15	Уманський	40,94	6,34	65,75	0,475	3090,06
16	Христинівський	37,20	4,22	48,75	1,55	1363,52
17	Черкаський	7,74	4,53	76,75	3,425	298,86
18	Чигиринський	20,55	4,53	56	2,15	973,33
19	Чорнобаївський	17,86	5,94	63,25	2,175	552,93
20	Шполянський	43,95	4,75	45,5	0,125	1453,61

Обробка даних проводилася в програмі KonSi – DATA ENVELOPMENT ANALYSIS, що дозволило отримати конкретне рішення поставленої задачі. Одержані результати дають можливість згрупувати райони Черкаської області за ефективністю в три групи, які представлені в табл. 2.



Таблиця 2

Групування районів Черкаської області за коефіцієнтом ефективності

№ п/п	Адміністративні райони	Середній коефіцієнт ефективності	Групи районів за рівнем ефективності в галузі рослинництва
1	Чорнобаївський	0,79	Високий рівень
2	Уманський	0,76	
3	Золотоніський	0,70	
4	Жашківський	0,67	
5	Черкаський	0,65	
6	Маньківський	0,62	
7	Шполянський	0,60	
8	Христинівський	0,56	Середній рівень
9	Звенигородський	0,55	
10	Монастирищенський	0,54	
11	Городищенський	0,54	
12	Смілянський	0,50	
13	Тальнівський	0,48	
14	Драбівський	0,46	
15	Катеринопільський	0,46	
16	Корсунь - Шевченківський	0,38	Низький рівень
17	Канівський	0,30	
18	Лисянський	0,30	
19	Кам'янський	0,29	
20	Чигиринський	0,29	

Результати аналізу з використанням методики DEA свідчать, що лише сім районів Черкаської області найбільш ефективно використовують наявні ресурси в галузі рослинництва, і відносяться до першої групи, де лідерами є Чорнобаївський, Уманський та Золотоніський райони, показник їх ефективності становить 79, 76 та 70% відповідно. Дев'ять районів, що входять до другої групи, використовують свій потенціал менше ніж на половину. Показник ефективності в цих районах коливається в межах 56-38%. Решта районів, що потрапили до третьої групи, неефективно використовують ресурси у галузі рослинництва.

Для перевірки вірогідності методики DEA використовуємо метод кореляції рангів. Даний метод дозволяє у процесі вивчення взаємозв'язків соціально-економічних явищ здійснювати їх аналіз у випадках, коли їх оцінка здійснюється у вигляді умовних – бальних оцінок, які називають рангами. Вимірювання зв'язку між ранжированими ознаками здійснюються за допомогою рангових коефіцієнтів кореляції [7].

Коефіцієнт кореляції рангів – непараметричний критерій показників тісноти зв'язку (ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена), за умови відсутності зв'язаних рангів обчислюють за формулою :



$$r_{\rho} = 1 - \frac{\sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \text{ де} \quad (6)$$

d – різниця між величинами рангів в порівнюваних рядах;

n – число спостережень.

Коефіцієнт кореляції рангів може приймати значення від -1 до +1. Якщо ранги двох паралельних рядів повністю співпадають то $\sum d^2 = 0$, тоді має місце прямий функціональний зв'язок, а $r_{\rho} = 1$ [8].

Розглянемо коефіцієнт кореляції рангів за середніми показниками валового збору продукції рослинництва та ефективністю діяльності сільськогосподарських підприємств Черкаської області за 2006-2010 рр. (табл.3).

$$r_{\rho} = 1 - \frac{6 \cdot 416}{20(20^2 - 1)} = 1 - \frac{2496}{7980} = 0,687$$

Розрахований коефіцієнт кореляції рангів свідчить про наявність тісного зв'язку між валовим збором продукції рослинництва та ефективністю діяльності сільськогосподарських підприємств Черкаської області. Вірогідність коефіцієнта кореляції рангів перевірено за таблицею Фішера [7]. Табличне значення коефіцієнта кореляції при $\alpha=0,05$ і $k=n-m=20-2=18$ становить $r_{\rho}=0,444$. Оскільки $r_{\text{факт}} > r_{0,01}$ ($0,687 > 0,444$), можна зробити висновок про те що вибірковий коефіцієнт кореляції рангів є достовірний.

Таблиця 3

Методика розрахунку коефіцієнта кореляції рангів

№ п/п	Адміністративні райони Черкаської області	Валовий збір продукції рослинництва, тис.ц	Коефіцієнт ефективності	Ранги		Різниця рангів	Квадрат різниці рангів
				за валовим збором	за коефіцієнтом ефективності		
		y	x	R_y	R_x	$d = R_y - R_x$	d^2
1	Городищенський	892,3	0,54	5	10	-5	25
2	Драбівський	1342,78	0,46	11	6	5	25
3	Жашківський	1608,07	0,67	15	17	-2	4
4	Звенигородський	1418,96	0,55	13	13	0	0
5	Золотоніський	2265,44	0,7	19	18	1	1
6	Кам'янський	823,96	0,29	3	1	2	4
7	Канівський	2132,3	0,3	17	3	14	196
8	Катеринопільський	869,18	0,46	4	6	-2	4
9	Корсунь – Шевченківський	943,42	0,38	7	5	2	4
10	Лисянський	562,48	0,3	2	3	-1	1
11	Маньківський	1520,67	0,54	14	10	4	16
12	Монастирищенський	927,29	0,54	6	10	-4	16



1	2	3	4	5	6	7	8
13	Смілянський	1225,95	0,5	10	9	1	1
14	Тальнівський	982,98	0,48	9	8	1	1
15	Уманський	2146,38	0,76	18	19	-1	1
16	Христинівський	2590,06	0,56	20	14	6	36
17	Черкаський	1363,52	0,65	12	16	-4	16
18	Чигиринський	298,86	0,29	1	1	0	0
19	Чорнобаївський	1973,33	0,79	16	20	-4	16
20	Шполянський	952,93	0,6	8	15	-7	49
	Разом	26840,86	-	-	-	-	416

ВИСНОВКИ

Результати проведеного аналізу ефективності діяльності галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств Черкаської області в розрізі районів дозволяє сформулювати наступні висновки.

1. Для виявлення факторів ефективного використання наявних ресурсів одночасно з традиційними методами аналізу доцільно використовувати непараметричний метод Data Envelopment Analysis (DEA).
2. Використання методу DEA дозволило виявити, що лише сім районів Черкаської області використовують рівень наявного потенціалу виробництва в галузі рослинництва в межах від 79-60% (високий рівень); в дев'яти районах – він середній і становить 56-38%; чотири райони – використовують наявні ресурси галузі рослинництва на рівні 30-29% (низький рівень ефективності використання наявних ресурсів)
3. Запропонований метод дозволяє за обмеженої наявності даних отримати об'єктивні результати ефективності діяльності підприємств.
4. При більш глибокому аналізі наявних ресурсів і результативних показників підприємств, з урахуванням різних природно-кліматичних зон, різної структури посівів сільськогосподарських культур необхідно використовувати різні методи економічного аналізу.
5. При проведенні розрахунків з використанням методу DEA можуть виникнути деякі проблемні питання, які слід враховувати:
 - виключення з моделі важливих видів ресурсів може призвести до певних неточностей результативних показників;
 - включення додаткових одиниць спостереження може призвести до зміни значень показників ефективності;
 - при аналізі окремих видів ресурсів і видів продукції підприємств (сукупності підприємств), як і при їх неоднорідності, кінцеві результати можуть мати деякі похибки;
 - доцільно враховувати вплив інших зовнішніх факторів, які можуть суттєво вплинути як на процес виробництва продукції, так і на результативні показники ефективності.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Федотов Ю. В. Методы и модели построения эмпирических производственных функций. СПб. : Издательство С.-Петербургского университета, 2007.
2. Светлов Н. Оценка функции полезности сельскохозяйственного предприятия посредством линейного программирования. – М. : Никоновские чтения, 2002.
3. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. (1978) “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research, 2, 429-444.
4. Boles, J.N. (1966), “Efficiency Squared – Efficiency Computation of Efficiency Indexes”, Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Western Farm Economics Association, pp. 137-142.
5. Afriat, S.N. (1972), “Efficiency Estimation of Production Functions”, International Economic Review, 13, 568-598.
6. Новожилов А. А. Использование метода DEA для анализа эффективности перерабатывающей отрасли // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 2 – С. 43-44
7. Мармоза А. Т. Теорія статистики : навч. посібник. – К. : Ельга, Ніка-Центр, 2003.
8. Моторин Р. М., Чекотовський Е. В. Статистика для економістів : навч. посібник – К. : Знання, 2009.
9. Сільське господарство України : Статистичний збірник. – К., 2010.

Дата надходження до редакції – 29.02.2012