



KAPITEL 5 / CHAPTER 5⁵ DEA-METHOD FOR EVALUATION THE EFFICIENCY OF PRODUCTION BY AGRICULTURAL ENTERPRISES

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-17-02-026

Вступ

В сучасних умовах розвитку інформаційних технологій набувають широкого застосування новітні методи прийняття управлінських рішень. Поєднання інформаційних технологій з новітніми методами прийняття рішень сприяє мобільності управління господарською діяльністю, враховує її внутрішні можливості та зовнішні умови, забезпечує підвищену продуктивність діяльності при раціональному використанні ресурсів. В останній час в зарубіжній практиці широкого поширення набув сучасний метод прийняття альтернативних управлінських рішень, що базується на оцінці ефективності господарюючих суб'єктів – метод DEA (Data Envelopment Analysis). За даними проведеного аналізу, станом на березень 2021 р. налічується близько 140000 різних згадувань методу DEA у наукових публікаціях Google Scholar. В роботі [1] проведено аналіз наукових публікацій по застосуванню методу DEA за 40 років (за період 1978-2016 рр.). Нажаль, метод DEA не застосовується в вітчизняній практиці оцінки ефективності. У вітчизняному науковому середовищі застосуванню методу DEA присвячена невелика кількість публікацій, серед яких можна відмітити роботи В. Г. Андрійчука [2, 3], С. І. Дем'яненко, О. В. Нів'євського [4], А. Лисситса, Т. Бабічева [5] та інших.

Метод DEA відноситься до непараметричних методів оцінки ефективності на основі межі виробничих можливостей [6]. Суть методу DEA полягає в побудові ефективної межі виробничих можливостей господарюючих суб'єктів, які забезпечують максимум результату діяльності на одиницю ресурсів. Оцінка ефективності господарюючого суб'єкта за даним методом полягає у визначенні відстані між господарством, що аналізується та межею ефективності. Однією з переваг застосування методу DEA є можливість комплексної оцінки рівня відносної ефективності господарюючого суб'єкта, що враховує вплив багатьох вхідних та вихідних факторів діяльності, які водночас можуть мати різні одиниці виміру. Крім того, методом DEA можна знайти цільові значення вхідних та вихідних параметрів, що дозволять неефективному господарству стати 100%

⁵*Authors: Dolhikh Yana Volodymyrivna*



ефективним.

5.1. Основні моделі DEA.

В залежності від припущень щодо ефекту від масштабу моделі DEA розрізняються на CRS та VRS. При визначенні ефективності за моделлю CRS (constant return to scale), використовується припущення про сталий ефект від масштабу. При сталому ефекті від масштабу вихідні параметри моделі змінюються пропорційно вхідним. Р. Бенкер, А. Чарнс і В. Купер [7] запропонували модель VRS (variable return to scale), що враховує змінний ефект від масштабу. Зміна вхідних параметрів цієї моделі призводить до непропорційної зміни вихідних параметрів, що впливає на оцінку ефективності. Якщо приймається припущення про змінний ефект від масштабу, – більша кількість господарюючих суб'єктів може бути визнана ефективними. Ефективність, визначену за моделлю VRS, називають чистою технічною ефективністю (*PTE*), а ефективність за моделлю CRS – технічною ефективністю (*TE*).

Розрізняють моделі DEA, які орієнтовані на вхід (input-моделі), на вихід (output-моделі), або без орієнтації. В input-моделях мінімізуються вхідні параметри при незмінних значеннях вихідних параметрів. Даний вид моделей є доцільним для господарюючих суб'єктів, які працюють в умовах відомого попиту на продукцію, послуги. В output-моделях максимізуються вихідні параметри при незмінних вхідних. Вказаний вид моделей використовується у випадку, якщо зміна вхідних параметрів моделі є недоцільною. Наприклад, скорочення виробничих потужностей може зажадати реорганізації виробництва, що займає багато часу, потребує значних витрат.

Перелічені види моделей DEA дозволяють використовувати різні варіанти виміру ефективності, тому обрання виду моделі є однією з важливих задач дослідження.



5.2. Застосування методу DEA для оцінки ефективності сільськогосподарських підприємств, основних ресурсних показників, що дозволяють підприємствам стати ефективними

Згідно закону спадної продуктивності або віддачі, – збільшення факторів виробництва понад певних значень призводить до скорочення темпів приросту результатів виробничої діяльності. Практичний досвід також показує, що економічні показники виробничої діяльності 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. Для сільськогосподарських підприємств, доцільним є використання input- моделі, яка передбачає мінімізацію вхідних параметрів із фіксованими вихідними параметрами. Застосування output- моделі потребує визначення реальної ємності ринку сільськогосподарської продукції, пошук додаткових каналів збуту продукції, умов та місць її зберігання.

Вимір відносної ефективності в моделі VRS-input відбувається в результаті розв'язку наступної задачі лінійного програмування [8]:

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

$$EX_0 \geq \sum_{k=1}^K \lambda_k X_k, \quad Y_0 \leq \sum_{k=1}^K \lambda_k Y_k \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad k = \overline{1, K} \quad (3)$$

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

де E – вхідна ефективність;

λ_k – коефіцієнти лінійної комбінації, що підлягають визначенню;

$X_0 = (x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0})$, $Y_0 = (y_{10}, y_{20}, \dots, y_{n0})$ – вектори вхідних та вихідних параметрів підприємства, що оцінюється;

$X_k = (x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{mk})$, $Y_k = (y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{nk})$ – вектори вхідних та вихідних параметрів k -го підприємства;

K – кількість підприємств, що порівнюються.

Для розв'язання задачі (1) – (4) її потрібно звести до канонічної форми:

$$\min_{E, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k} E \quad (5)$$



$$EX_0 = \sum_{k=1}^K \lambda_k X_k + d^-, Y_0 = \sum_{k=1}^K \lambda_k Y_k - d^+ \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad k = \overline{1, K} \quad (7)$$

$$\lambda_k \geq 0 \quad k = \overline{1, K} \quad (8)$$

$$d^-, d^+ \geq 0, \quad (9)$$

де d^-, d^+ – додаткові змінні.

В результаті розв'язку задачі (5) – (9) для k -го підприємства формується межа виробничих можливостей – зважена ізокванта $\sum_{k=1}^K \lambda_k Y_k$, відносно якої оцінка d^+ характеризує можливі додаткові значення результатів виробничої діяльності (прибутку, валової продукції та інших). Оптимальні оцінки $\sum_{k=1}^K \lambda_k X_k$ описують витрату ресурсів, що відповідають ізокванті $(Y_0 + d^+)$, а відхилення від ізокванти d^- – неефективно витрачений обсяг ресурсів.

Підприємство (X_0, Y_0) є ефективним, якщо в результаті розв'язку задачі (5) – (9) отримано: 1) оптимальне значення $E^* = 1$; 2) вектори додаткових змінних $D^- = 0$ та $D^+ = 0$ для всіх оптимальних розв'язків задачі (5) – (9). Якщо в результаті розв'язку задачі (5) – (9) отримано $E^* < 1$, то підприємство вважається неефективним. Неефективне підприємство може стати ефективним, якщо пропорційно скоротити його вхідні показники. Перетворення $(X_0, Y_0) \rightarrow (E^* X_0, Y_0)$ дає слабо ефективну точку. Ефективну точку можна отримати за допомогою зсуву по додатковим змінним $(E^* X_0 - D^-, Y_0 + D^+)$ [8].

Умова невиродженості розв'язку задачі (5) – (9) [9]:

$$K \geq \max\{m \times n; 3(n + m)\}, \quad (10)$$

де m – кількість вхідних параметрів;

n – кількість вихідних параметрів.



5.3. Оцінка та аналіз ефективності виробництва продукції рослинництва в Україні методом DEA. Оцінка основних ресурсних показників, що дозволять неефективним підприємствам стати ефективними

На основі інформації за 2019 р. [10], методом DEA оцінимо чисту технічну ефективність роботи сільськогосподарських підприємств регіонів України в галузі виробництва продукції рослинництва. У розрахунках будемо використовувати модель VRS-input.

Вхідні параметри моделей: 1) x_{1k} – продуктивність праці в підприємствах, які здійснювали сільськогосподарську діяльність в рослинництві (на 1 зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2016 року), тис. грн; 2) x_{2k} – наявність сільськогосподарської техніки у підприємствах (кількість тракторів, зернозбиральних комбайнів, посівних машин, машин для садіння та для захисту сільськогосподарських культур), шт.; 3) x_{3k} – площа, удобрена мінеральними добривами у підприємствах, тис. га. Вихідні параметри: 1) y_{1k} – продукція рослинництва в підприємствах (у постійних цінах 2016 року), млн. грн; 2) y_{2k} – індекси продукції рослинництва в підприємствах, відсотків до попереднього року. В табл. 1, табл. 2 наведені значення вхідних та вихідних параметрів моделей за 2019 р. відповідно.

Таким чином, кількість досліджуваних регіонів $K = 24$, кількість вхідних параметрів моделі $m = 3$, вихідних – $n = 2$. Умова невідродженості розв'язку задачі (10) виконується. Розв'язок задачі (5) – (9) здійснювався за допомогою програми власної розробки в MS Excel. В табл. 3 наведені розраховані за моделлю VRS - input оцінки чистої технічної ефективності виробництва продукції рослинництва підприємствами регіонів України та їх ранг в 2019 р.

Середня чиста технічна ефективність складала 0,96. Мінімальну чисту технічну ефективність (0,82) мали сільськогосподарські підприємства Івано-Франківської області. Максимальну (1) – підприємства Вінницької, Волинської, Дніпропетровської, Донецької, Житомирської, Закарпатської, Запорізької, Одеської, Рівненської, Сумської, Хмельницької та Чернігівської областей.



Таблиця 1 – Вхідні параметри моделі за 2019 р.

№	Регіон	Продуктивність праці в підприємствах, які здійснювали сільськогосподарську діяльність в рослинництві (на 1 зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2016 року), тис. грн	Наявність сільськогосподарської техніки у підприємствах (кількість тракторів, зернозбиральних комбайнів, посівних машин, машин для садіння та для захисту сільськогосподарських культур), шт.	Площа, удобрена мінеральними добривами у підприємствах, тис. га
1.	Вінницький	936,7	16592	966,5
2.	Волинський	1068,2	3798	244,3
3.	Дніпропетровський	865,5	19902	1094,1
4.	Донецький	790,8	9340	593,1
5.	Житомирський	1253,2	5626	558,9
6.	Закарпатський	363,4	771	31,4
7.	Запорізький	842,6	17263	978
8.	Івано-Франківський	733,2	1986	150
9.	Київська	812	12612	781,9
10.	Кіровоградська	911,9	19536	993,5
11.	Луганська	904,7	8619	546,1
12.	Львівська	1176,1	4138	329,2
13.	Миколаївська	796,4	13644	824,5
14.	Одеська	673,2	19436	1132
15.	Полтавська	972,3	18023	1062,2
16.	Рівненська	1136,8	2683	245,5
17.	Сумська	1510,8	7991	881,1
18.	Тернопільська	1210,7	5975	520,8
19.	Харківська	1034,8	15819	1123,5
20.	Херсонський	847,2	11295	682,4
21.	Хмельницький	1250,5	8263	802,6
22.	Черкаський	897,9	11958	793,4
23.	Чернівецький	699	1854	88,8
24.	Чернігівський	1121,4	9516	978,4

Джерело: Державна служба статистики України [10].



Таблиця 2 – Вихідні параметри моделі за 2019 р.

№	Регіон	Продукція рослинництва в підприємствах (у постійних цінах 2016 року), млн грн	Індекси продукції рослинництва в підприємствах, відсотків до попереднього року
1.	Вінницький	29100,7	94,4
2.	Волинський	5987,3	103,1
3.	Дніпропетровський	22358,1	119
4.	Донецький	10014	140,2
5.	Житомирський	14805,6	103,8
6.	Закарпатський	753,8	82,8
7.	Запорізький	16674,8	145,4
8.	Івано-Франківський	3262,8	86,9
9.	Київська	21490	94,5
10.	Кіровоградська	23296,9	110,5
11.	Луганська	9651,2	116,8
12.	Львівська	8480,6	100,9
13.	Миколаївська	16236,1	109,5
14.	Одеська	16669,5	81,9
15.	Полтавська	26834,7	93,4
16.	Рівненська	6424	102,3
17.	Сумська	22070	100,9
18.	Тернопільська	14067	95,8
19.	Харківська	22356,1	106,9
20.	Херсонський	16000,1	111
21.	Хмельницький	22817,8	98,3
22.	Черкаський	21880	96,3
23.	Чернівецький	2039,6	80,6
24.	Чернігівський	23519	99,3

Джерело: Державна служба статистики України [10].

Таким чином, в 2019 р. доля регіонів, що мали максимальну чисту технічну ефективність складала 50%, 50% регіонів можуть поліпшити показники виробничої діяльності за рахунок зменшення витрат на ресурси. Застосований метод дозволяє знаходити цільові значення вхідних параметрів, що дозволять неефективному господарству стати 100% ефективним. Для регіонів, які мають значення $PTE < 1$ розраховуємо значення вхідних параметрів, що дозволять їм стати ефективними (див. табл. 4).



Таблиця 3 – Оцінка ефективності виробництва продукції рослинництва сільськогосподарськими підприємствами регіонів України та їх ранг за рівнем ефективності в 2019 р.

№	Регіон	<i>PTE</i>	Ранг
1.	Вінницький	1,0000	1
2.	Волинський	1,0000	1
3.	Дніпропетровський	1,0000	1
4.	Донецький	1,0000	1
5.	Житомирський	1,0000	1
6.	Закарпатський	1,0000	1
7.	Запорізький	1,0000	1
8.	Івано-Франківський	0,8158	13
9.	Київська	0,9881	2
10.	Кіровоградська	0,9524	5
11.	Луганська	0,8463	11
12.	Львівська	0,9432	6
13.	Миколаївська	0,9195	8
14.	Одеська	1,0000	1
15.	Полтавська	0,9161	9
16.	Рівненська	1,0000	1
17.	Сумська	1,0000	1
18.	Тернопільська	0,9549	4
19.	Харківська	0,8551	10
20.	Херсонський	0,9345	7
21.	Хмельницький	1,0000	1
22.	Черкаський	0,9846	3
23.	Чернівецький	0,8313	12
24.	Чернігівський	1,0000	1
Кількість ефективних		12	
Відсоток ефективних		50,00	
Мінімальна ефективність		0,8158	
Середня ефективність		0,9559	

Джерело: Власні розрахунки.

З табл. 4 випливає, що, наприклад, для забезпечення 100% ефективності роботи сільськогосподарських підприємств Харківської області, які здійснювали сільськогосподарську діяльність в рослинництві необхідно зменшити: 1) продуктивність праці на 14,5%; 2) кількість сільськогосподарської техніки на 14,5%; 3) площу, удобрену мінеральними добривами на 26,4%.



Таблиця 4. – Рекомендовані вхідні параметри для сільськогосподарських підприємств регіонів України

№	Регіони	Рекомендовані вхідні параметри		
		Продуктивність праці в підприємствах, які здійснювали сільськогосподарську діяльність в рослинництві (на 1 зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2016 року), тис. грн	Наявність сільськогосподарської техніки у підприємствах (кількість тракторів, зернозбиральних комбайнів, посівних машин, машин для садіння та для захисту сільськогосподарських культур), шт.	Площа, удобрена мінеральними добривами у підприємствах, тис. га
1	Івано-Франківська	576,5	1620,2	122,4
2	Київська	802,3	12462,1	734,0
3	Кіровоградська	868,5	16612,2	946,2
4	Луганська	765,6	7293,9	462,1
5	Львівська	1096,5	3903,0	310,5
6	Миколаївська	732,3	12546,3	711,1
7	Полтавська	890,8	15423,3	897,4
8	Тернопільська	1008,4	5705,3	497,3
9	Харківська	884,8	13526,4	826,8
10	Херсонська	791,7	10555,2	637,7
11	Черкаська	884,0	11773,3	781,1
12	Чернівецька	389,4	1488,6	73,8

Джерело: власні розрахунки



Висновки

Розв'язок інформаційних технологій сприяє впровадженню сучасних методів прийняття управлінських рішень, серед яких – метод DEA. Останнім часом зростає кількість наукових досліджень, пов'язаних з вивченням різних аспектів застосування методу DEA. Метод DEA дозволяє оцінювати відносну ефективність підприємств, а також основні ресурсні показники, що дозволяють неефективним підприємствам стати 100% ефективними.

Дослідження питання практичного використання методу DEA для оцінки значень відносної ефективності сільськогосподарських підприємств виявило необхідність застосування моделі VRS-input. Здійснено оцінку чистої технічної ефективності виробництва продукції в галузі рослинництва сільськогосподарськими підприємствами регіонів України. Для забезпечення 100% ефективності виробництва неефективних сільськогосподарських підприємств оцінені значення основних ресурсних показників.

Ефективність підприємств можна підвищити не тільки за рахунок коригування значень ресурсних показників. Застосований метод DEA дозволяє також виявляти такі джерела неефективності, як неефективний виробничий процес, несприятливі умови. В роботі [11] наведений алгоритм виявлення вказаних джерел неефективності методом DEA.

Слід відмітити, що ефективність підприємств, які мають значення $PTE = 1$ також можна поліпшити. Для цього потрібно для вказаних підприємств знов розв'язати задачу (5) – (9). Вирішення задачі (5) – (9) для сільськогосподарських підприємств регіонів України, які мають значення $PTE = 1$ в табл. 3 є неможливим, оскільки не виконується умова невиродженості задачі [10].