

Яна Володимирівна Долгіх,
к.е.н., доц., доцент кафедри кібернетики та інформатики
Сумського національного аграрного університету

**МЕТОД DEA ПРИ ОЦІНЦІ ОСНОВНИХ РЕСУРСНИХ
ПОКАЗНИКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ
РЕГІОНУ**

Постановка проблеми. В останній час в зарубіжній практиці широко застосовуються методи оцінки ефективності, що базуються на основі концепції ефективної межі виробничих можливостей. Оцінка ефективності на основі концепції ефективної межі здійснюється параметричними та непараметричними методами. В параметричних методах ефективна межа будується у вигляді граничної регресійної функції. У непараметричних методах здійснюється кусково-лінійна апроксимація ефективної межі методами математичного програмування. Однією з переваг застосування непараметричного методу DEA є можливість визначення оптимальних значень вхідних та вихідних параметрів, що дають змогу підприємству досягти 100 відсоткової ефективності. Тому використання методу DEA для визначення значень основних ресурсних показників сільськогосподарських підприємств Сумської області при яких вони стануть 100 відсотків ефективними є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорії і практиці застосування методу DEA у різних галузях економіки присвячено багато наукових робіт. В роботі [11] наведений огляд 4015 наукових публікацій по застосуванню методу DEA за 30 років. Аналіз вітчизняних наукових робіт [2, 3, 5 та інших], що присвячені застосуванню методу DEA в

сільському господарстві виявив необхідність проведення подальших досліджень щодо вдосконалення практичного використання методу.

Ціль статті – визначити за методом DEA основні ресурсні показники сільськогосподарських підприємств Сумської області, що дозволять неефективним підприємствам стати 100 відсотків ефективними в галузі виробництва зернових та зернобобових культур.

Викладення основного матеріалу. Ідея оцінки ефективності на основі концепції ефективної межі виробничих можливостей належить американському вченому М. Дж. Фаррелу [12]. Якщо в просторі вхідних-вихідних величин точка, що відповідає підприємству, діяльність якого аналізується, знаходиться на ефективній межі, то його діяльність є 100 відсотків ефективною. Якщо точка знаходиться не на ефективній межі, то діяльність підприємства є неефективною. Для оцінки економічної ефективності М. Дж. Фаррел запропонував фіксувати один з векторів вхідних або вихідних величин, а другий змінювати пропорційно деякому коефіцієнту (показнику ефективності) до досягнення ефективної межі. Надалі ця ідея була розвинена А. Чарнсом, В. Купером, Е. Роудсом [10], які звели задачу оцінки ефективності до розв'язання задачі математичного програмування. Запропонований метод отримав назву DEA.

Моделі DEA можна поділити за наступними критеріями: 1) віддача від масштабу: з постійною віддачею від масштабу (CRS-моделі), зі змінною віддачею від масштабу (VRS-моделі); 2) орієнтація: орієнтовані на вхід (input-моделі), на вихід (output-моделі), або без орієнтації. У CRS-моделях вихідні параметри змінюються пропорційно вхідним. Змінна віддача від масштабу в VRS-моделях характеризується непропорційною зміною вихідних параметрів при зміні вхідних. Врахування змінної віддачі від масштабу призводить до визначення ефективними більшої частки підприємств, ніж при постійному ефекті від масштабу. Ефективність, що визначена за моделлю CRS, називають технічною ефективністю, а за моделлю VRS – чистою технічною ефективністю. В орієнтованих на вхід

моделях мінімізується множина вхідних параметрів при фіксованих вихідних, а в орієнтованих на вихід моделях максимізується вектор вихідних параметрів при фіксованому векторі вхідних.

Перелічені види моделей DEA дозволяють використовувати різні варіанти виміру ефективності, тому обрання виду моделі є однією з задач дослідження. Оберемо модель для оцінки відносної ефективності сільськогосподарських підприємств та визначення основних ресурсних показників, що дозволять неефективним підприємствам стати 100 відсотків ефективними. В сільськогосподарському виробництві приріст обсягів використання ресурсів призводить до спадання приросту обсягів виробництва продукції рослинництва. Тому при оцінці ефективності виробництва продукції рослинництва слід використовувати VRS-модель.

Вимір ефективності в моделі VRS – input відбувається в результаті розв’язку задачі лінійного програмування [7]:

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

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

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad \lambda_k \geq 0 \quad k = \overline{1, K} \quad (3)$$

$$d^-, d^+ \geq 0, \quad (4)$$

де E – вхідна чиста технічна 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;

d^- , d^+ – додаткові змінні, що характеризують неефективно витрачений обсяг ресурсів та “недовипуск” продукції відповідно.

Умовою невиродженості розв'язку задачі (1) – (4) є [11]:

$$K \geq \max\{m \times n; 3(n + m)\}. \quad (5)$$

Для аналізу динаміки зміни ефективності за декілька років використовується індекс Малмквіста [8, 9].

Поряд з обранням виду моделі DEA важливими задачами дослідника є формування множини об'єктів, що порівнюються, набору вхідних та вихідних параметрів. Наведемо алгоритм створення бази статистичних даних, що формують вхідні та вихідні параметри моделі DEA:

1) формування множини об'єктів, що оцінюються $k = \overline{1, K}$. Перевірка їх на однорідність (однотипність, однаковий ступінь агрегування показників виробничої діяльності, одні й ті самі методи їх розрахунку у часі та інше), наявності неоднорідності умов функціонування. Якщо є так звані неконтрольовані, що визначаються понад системою умови, то проводиться класифікація об'єктів $k = \overline{1, K}$ на однорідні групи;

2) віднесення показника до вхідного параметру x_{ik} , $i = \overline{1, m}$, $k = \overline{1, K}$, якщо він відноситься до ресурсів та його зростання призводить до зменшення ефективності;

3) віднесення показника до вихідного параметру y_{jk} , $j = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, K}$, якщо він характеризує результат виробничої діяльності та його зростання призводить до збільшення ефективності;

4) перевірка виконання умови (5). Якщо умова (5) не виконується, то повернутися до пп. 1), 2), 3);

5) усунення змішення об'ємних та індексних показників. Всі показники необхідно перевести або в об'ємні, або в індексні;

6) врахування інфляції. Якщо передбачається оцінка порівняльної ефективності за різні періоди часу та серед показників x_{ik} , y_{jk} є вартісні показники, то необхідно їх перерахувати з врахуванням індексу цін;

7) перевірка показників x_{ik} , y_{jk} на наявність “викидів” та їх усунення [1, 6].

Наявність “викидів” призводить до зміщення межі ефективності;

8) перевірка наявності кореляції між вхідними показниками. Для цього розраховують часткові коефіцієнти кореляції та здійснюють їх перевірку на статистичну значущість. Якщо між показниками виявлена кореляція, то необхідно повернутися до п. 2) та відкоригувати набір вхідних параметрів. Найпростіше можна усунути кореляцію між показниками, відкинувши один з показників корельованої пари. Однак, виключення корельованих показників без проведення більш детального аналізу небажано. Виключивши з моделі важливу змінну можна припустити помилку специфікації. Таким чином, бажано не виключати вхідні параметри x_{ik} доти, поки колінеарність не стане серйозною проблемою. Для усунення кореляції вхідні показники можна перетворити наступним чином: 1) узяти відхилення від середнього; 2) замість абсолютних значень узяти відносні; 3) стандартизувати показники і т.д.

У запропонованій роботі на основі статистичної інформації за 2015 р. [4], методом DEA за моделлю VRS – input оцінена чиста технічна ефективність роботи сільськогосподарських підприємств районів Сумської області в галузі виробництва зерна і зернобобових культур та розраховані значення вхідних параметрів, при яких сільськогосподарські підприємства Сумської області стануть 100 відсотків ефективними.

Оцінка ефективності здійснюється для сільськогосподарських підприємств 13 районів Сумської області ($K = 13$), що відносяться до однієї природно - кліматичної зони, – зони полісся. Таким чином, досліджувані підприємства відносяться до однорідної групи (однакові кліматичні умови, структура ґрунту). Вхідні параметри моделі: 1) x_{1k} – площа, з якої зібрані зернові та зернобобові на 1 працюючого, га; 2) x_{2k} – обсяг мінеральних та органічних добрив на 1 га, ц; 3) x_{3k} – кількість тракторів, шт. Вихідний параметр: 1) y_{1k} – виробництво зернових та зернобобових культур, ц. В табл. 1 наведені значення вхідних та вихідних параметрів моделі оцінки чистої технічної ефективності виробництва зернових та зернобобових

культур сільськогосподарськими підприємствами районів Сумської області [4].

Таблиця 1. – Вхідні та вихідні параметри моделі оцінки чистої технічної ефективності виробництва зернових та зернобобових культур сільськогосподарськими підприємствами районів Сумської обл. в 2015 р.

№	Райони	Вхідні параметри			Вихідні параметри
		Площа на 1 працівника, га	Внесення мінеральних та органічних добрив на 1 га, ц	Наявність тракторів, шт.	Виробництво зернових і зернобобових культур, ц
1	Білопільський	69,25	128	276	3322944
2	Буринський	139,71	106	207	2699540
3	Великописарівський	39,15	106	232	1280322
4	Конотопський	47,61	110	339	2345788
5	Красноільський	30,77	89	332	1456610
6	Кролевецький	35,94	141	221	1125531
7	Лебединський	49,93	76	247	2751500
8	Липоводолинський	22,45	74	425	1548971
9	Недригайлівський	57,24	109	85	2068885
10	Охтирський	19,46	102	358	1465406
11	Роменський	44,83	128	363	4567523
12	Сумський	27,72	112	480	2997482
13	Тростянецький	37,20	114	125	1463806

Джерело: Головне управління статистики у Сумській області [4]

Таким чином, кількість досліджуваних об'єктів $K = 13$, кількість вхідних параметрів $m = 3$, вихідних – $n = 1$. Умова (5) виконується.

Перевірка наявності “викидів” здійснювалась за критерієм Діксона [1]. В табл. 2 наведені розраховані коефіцієнти Діксона для визначення найменших “викидів” в вибірках значень вхідних параметрів x_{1k} , x_{2k} , x_{3k} та найбільших “викидів” в вибірці вихідного параметру y_{1k} .

Таблиця 2. – Розраховані коефіцієнти Діксона

Розраховані значення коефіцієнта Діксона (r_{21}) для визначення:			
найменших “викидів” у вибірках вхідних параметрів			найбільших “викидів” у вибірці вихідного параметру
x_{1k}	x_{2k}	x_{3k}	y_{1k}
0,166	0,278	-0,216	0,478

Джерело: Власні розрахунки

Табличне значення коефіцієнта Діксона для $K = 13$, рівня значущості $\alpha = 0,05$: $r_{табл} = 0,521$. Оскільки $r_{21} < r_{табл}$ – в досліджуваних вибірках відсутні “викиди”.

Для кореляційного аналізу вибірки, що формують вхідні параметри дослідження розраховані частинні коефіцієнти кореляції: $r_{12,3} = 0,05$, $r_{13,2} = -0,39$, $r_{23,1} = -0,18$. Низькі значення частинних коефіцієнтів кореляції свідчать про відсутність лінійної залежності між вхідними параметрами. Для перевірки частинних коефіцієнтів кореляції на статистичну значущість розраховані t - статистики: $t_{12} = 0,17$, $t_{13} = -1,04$, $t_{23} = -0,51$. За таблицею двосторонніх критичних точок Стьюдента для рівня значущості $\alpha = 0,05$ та $n - m = 10$ ступенів вільності знайдено критичне значення $t_{кр} = 2,23$. Оскільки t_{12} , $|t_{13}|$, $|t_{23}| < t_{кр}$ – між вхідними параметрами відсутня лінійна кореляційна залежність.

За результатами розрахунків, в 2015 р. сільськогосподарські підприємства Лебединського, Липоводолинського, Недригайлівського, Охтирського, Роменського, Сумського, Тростянецького районів мали

чисту технічну ефективність, що дорівнювала 1. Оцінки чистої технічної ефективності інших районів Сумської області див. в табл. 3.

Таблиця 3. – Рекомендовані значення основних ресурсних показників для сільськогосподарських підприємств районів Сумської області в галузі виробництва зернових та зернобобових культур

№	Райони	Рівень ефективності	Вхідні параметри			Рекомендовані вхідні параметри		
			Площа на 1 працівника, га	Внесення мінеральних та органічних добрив на 1 га, ц	Кількість тракторів, шт.	Площа на 1 працівника, га	Внесення мінеральних та органічних добрив на 1 га, ц	Кількість тракторів, шт.
1.	Білопільський	0,87	69,25	128	276	50,29	111,49	240
2.	Буринський	0,92	139,71	106	207	52,47	97,85	191
3.	Великописарівський	0,93	39,15	106	232	36,22	98,07	215
4.	Конотопський	0,82	47,61	110	339	39,06	90,25	278
5.	Краснопільський	0,96	30,77	89	332	29,64	85,71	320
6.	Кролевецький	0,89	35,94	141	221	31,82	110,36	196

Джерело: Головне управління статистики у Сумській області [4] та власні розрахунки

Метод DEA дозволяє знаходити цільові значення вхідних та вихідних величин, що дозволяють неефективному господарству стати ефективним. В табл. 3 наведені розраховані рекомендовані значення вхідних параметрів, при яких сільськогосподарські підприємства Сумської області стануть 100 відсотків ефективними.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Метод DEA дозволяє знаходити значення вхідних та вихідних параметрів, що дозволяють неефективному підприємству стати 100 відсотків ефективним. В роботі досліджені питання практичного використання методу DEA для визначення значень вхідних параметрів, що дозволять неефективному підприємству стати 100 відсотків ефективним. В наступних дослідженнях планується провести аналіз аллокативної ефективності виробництва продукції рослинництва сільськогосподарськими підприємствами Сумської області.

Долгіх Я.В.

Метод DEA при оцінці основних ресурсних показників сільськогосподарських підприємств Сумської області

Ціль статті – визначити за методом DEA основні ресурсні показники сільськогосподарських підприємств Сумської області, що дозволять неефективним підприємствам стати 100 відсотків ефективними в галузі виробництва зернових та зернобобових культур.

Дослідження виконано методами економіко-математичного моделювання.

Проаналізовано теоретичні та методологічні аспекти методу DEA. Обґрунтовано доцільність використання моделі VRS – input методу DEA для оцінки ефективності сільськогосподарського виробництва. Розроблено алгоритм створення бази статистичних даних, що формують вхідні та вихідні параметри моделі DEA. На основі статистичної інформації здійснено обчислення рівня чистої технічної ефективності виробництва зернових та зернобобових культур сільськогосподарських підприємств районів Сумської області за 2015 р. Розраховані значення ресурсних показників, що дозволять неефективним підприємствам стати 100 відсотків ефективними в галузі виробництва зерна та зернобобових культур.

Бібліогр.: 12.

Ключові слова: основні ресурсні показники, вхідні та вихідні показники, чиста технічна ефективність, метод DEA, сільськогосподарське виробництво.

Долгих Я.В.

Метод DEA для определения основных ресурсных показателей сельскохозяйственных предприятий Сумской области

Цель статьи – методом DEA определить значения основных ресурсных показателей сельскохозяйственных предприятий Сумской области, позволяющие неэффективным предприятиям стать 100% эффективными в области производства зерновых и зернобобовых культур.

Исследование проведено методами экономико - математического моделирования.

Проанализированы теоретические и методологические аспекты метода DEA. Обоснована целесообразность применения модели VRS – input метода DEA для оценки эффективности сельскохозяйственного производства. Разработан алгоритм создания базы статистических данных, формирующих входные и выходные параметры модели DEA. На основе статистической информации оценена чистая техническая эффективность производства зерновых и зернобобовых культур сельскохозяйственными предприятиями районов Сумской области за 2015 г. Рассчитаны значения ресурсных показателей, позволяющие неэффективным предприятиям стать 100% эффективными в области производства зерновых культур.

Библиогр.: 12.

Ключевые слова: основные ресурсные показатели, входные и выходные показатели, чистая техническая эффективность, метод DEA, сельскохозяйственное производство.

Dolgikh, Yana V.

The DEA Method for Determining the Key Resource Indicators of Agricultural Enterprises of the Sumy Region

The purpose of the article is to work out values of the key resource indicators for agricultural enterprises of the Sumy region by DEA, allowing inefficient enterprises be 100% effective in the production of grain and grain legumes.

The study was conducted by methods of economic and mathematical modeling.

The author has analyzed theoretical and methodological aspects of the DEA method, and substantiated the expediency of using the VRS-input model of DEA to evaluate relative efficiency of the agricultural production. The algorithm for creating a statistical database that forms inputs and outputs of the DEA model has been developed. On the basis of statistical information for 2015, the author has estimated net technical efficiency of grain and leguminous crops production by agricultural enterprises of the Sumy region for 2015.

The author has calculated the resource indicators that allow inefficient enterprises be 100% effective in the field of grain and grain legumes production.

Bibliography: 12.

Keywords: key resource indicators, inputs and outputs, net technical efficiency, DEA, agricultural production.

Список використаної літератури

1. Бабенко, В. В. Основи теорії ймовірностей і статистичні методи аналізу даних у психологічних і педагогічних експериментах : навч. посібник [Текст] / В. В. Бабенко. – Львів, 2009. – 184 с.
2. Дем'яненко, С. І. Непараметричний аналіз в АПК [Текст] / С. І. Дем'яненко, О. В. Нів'євський. – К. : КНЕУ, 2009. – 195 с.
3. Дмитрук, Б. П. Аналіз ефективності використання ресурсів галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств Черкаської області з

- використанням метода Data Envelopment Analysis (DEA) [Текст] / Б. П. Дмитрук, Т. Б. Вітряк // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. – 2012. – Вип. 1 (11). – С. 138–147.
4. За даними Головного управління статистики у Сумській області, 2015.
5. Лисситса, А. Анализ оболочки данных (DEA). Современная методика определения эффективности производства [Текст] / А. Лисситса, Т. Бабичева. – Halle : Institute of agricultural development of Central and Eastern Europe, Germany, 2003. – 32 p.
6. Чуракова, И. Я. Направления использования методик выявления аномальных наблюдений при решении задач операционного менеджмента [Текст] / И. Я. Чуракова. – СПб. : ВШ СПбГУ, 2010. – 50 с.
7. Banker, R. D. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis [Text] / R. D. Banker, A. Charnes, W. W. Cooper // Management science. – 1984. – Vol. 30. – № 9. – P. 1078–1092.
8. Coelli, T. J. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Second Edition [Text] / T. J. Coelli, D. S. P. Rao, C. J. O'Donnell, G. E. Battese. – Springer. – 2005. – 349 p.
9. Cooper, W. W. Handbook on Data Envelopment Analysis [Text] / W. W. Cooper, L. M. Seiford, J. Zhu. – Kluwer Academic Publishers. – 2004. – 593 p.
10. Charnes, A. Measuring the efficiency of decision making units [Text] / A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2. – № 6. – P. 429–444.
11. Emrouznejad, A. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA [Text] / A. Emrouznejad, B. Parker, G. Tavares // Journal of Socio-Economic Planning Science. – 2008. – Vol. 42. – №.3. – P. 151–157.
12. Farrell, M. J. The Measurement of Productive Efficiency [Text] / M. J. Farrell // Journal of the Royal Statistical Society. Series A, 1957. – Vol.120. – №.3. – P. 253 – 290.