

*Я.В. ДОЛГІХ, кандидат економічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет*

## Метод DEA при оцінці основних ресурсних показників сільськогосподарських підприємств регіону

**Постановка проблеми.** Останнім часом у зарубіжній практиці широко застосовують методи оцінки ефективності, що ґрунтуються 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 – здійснюється кусково-лінійна апроксимація ефективної межі методами математичного програмування. Однією з переваг застосування непараметричного методу DEA є можливість визначення оптимальних значень вхідних і вихідних параметрів, що дають змогу підприємству досягти 100%-ї ефективності. Тому використання методу DEA для визначення значень основних ресурсних показників сільськогосподарських підприємств Сумської області, при яких вони стануть 100% ефективними, є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теорії й практиці застосування методу DEA у різних галузях економіки присвячено багато наукових робіт. У статті [11] наведено огляд 4015 наукових публікацій по застосуванню методу DEA за 30 років. Аналіз вітчизняних наукових робіт [2, 3, 5 та ін.], що розглядають застосування методу DEA в сільському господарстві, довів необхідність проведення подальших досліджень щодо

вдосконалення практичного використання методу.

**Мета статті** – визначити за методом DEA основні ресурсні показники сільськогосподарських підприємств Сумської області, що уможливають неефективним підприємствам стати 100% ефективними в галузі виробництва зернових і зернобобових культур.

**Виклад основних результатів дослідження.** 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% 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 одержав назву DEA.

Моделі DEA можна поділити за 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 пара-

метри змінюються пропорційно вхідним. Змінна віддача від масштабу в VRS-моделях характеризується непропорційною зміною вихідних параметрів при зміні вхідних. Урахування змінної віддачі від масштабу приводить 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 дають змогу використовувати різні варіанти виміру ефективності, тому обрання виду моделі є однією із задач дослідження. Оберемо модель для оцінки відносної ефективності сільськогосподарських підприємств та визначення основних ресурсних показників, що уможливають неефективним підприємствам стати 100% ефективними. У сільськогосподарському виробництві приріст обсягів використання ресурсів призводить до спадання приросту обсягів виробництва продукції рослинництва, тому при оцінці ефективності останнього слід використовувати VRS-модель.

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

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

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

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

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

де  $E$  – вхідна чиста технічна ефективність;

$\lambda_k$  – 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 і 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 і “недовипуск” продукції відповідно.

Умовою невід’язковості розв’язку задачі (1) – (4) є [11]:

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

Для аналізу динаміки зміни ефективності за кілька 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 і 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 в часі та ін.), на наявність 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 параметра  $x_{ik}$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $k = \overline{1, K}$ , якщо він належить до ресурсів і його зростання призводить до зниження ефективності;

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

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

5) усунення змішування об’ємних й індексних показників. Всі показники необхідно перевести або в об’ємні, або в індексні;

6) урахування 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 урахуванням індексу цін;

7) перевірка показників  $x_{ik}$ ,  $y_{jk}$  на наявність “викидів” і 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) і відкоригувати набір вхідних параметрів. Найпростіше можна усунути кореляцію між показниками, відкинувши один із показників корельованої пари. Однак виключення корельованих показників без проведення детальнішого 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 таким 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 рік [4], методом DEA за моделлю VRS – input оцінено чисту технічну ефективність роботи сільськогосподарських підприємств районів Сумської області в галузі виробництва зерна й зернобобових культур і розраховано значення вхідних параметрів, при яких сільськогосподарські підприємства Сумської області стануть 100% ефективними.

Оцінка ефективності здійснюється для сільськогосподарських підприємств 13 районів Сумської області ( $K = 13$ ), що належать до однієї природно-кліматичної зони – Полісся. Отже, досліджувані підприємства належать 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 (табл. 1).

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

Район	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
Білопільський	69,25	128	276	3322944
Буринський	139,71	106	207	2699540
Великописарівський	39,15	106	232	1280322
Конотопський	47,61	110	339	2345788
Краснопільський	30,77	89	332	1456610
Кролевецький	35,94	141	221	1125531
Лебединський	49,93	76	247	2751500
Липоводолинський	22,45	74	425	1548971
Недригайлівський	57,24	109	85	2068885
Охтирський	19,46	102	358	1465406
Роменський	44,83	128	363	4567523
Сумський	27,72	112	480	2997482
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” здійснювалася за критерієм Діксона [1]. У таблиці 2 наведені розраховані коефіцієнти Діксона

для визначення найменших “викидів” у вибірках значень вхідних параметрів  $x_{1k}$ ,  $x_{2k}$ ,  $x_{3k}$  і найбільших “викидів” у вибірці вихідного параметра  $y_{1k}$ .

## 2. Розраховані коефіцієнти Діксона

Розраховані значення коефіцієнта Діксона ( $r_{21}$ ) для визначення:			
найменших “викидів” у вибірках вхідних параметрів			найбільших “викидів” у вибірці вихідного параметра
$x_{1k}$	$x_{2k}$	$x_{3k}$	$y_{1k}$
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  $r_{21} < r_{табл}$  – у 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 доводять 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

Стюдента для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  та  $n - m = 10$  ступенів свободи 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 у 2015 році 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 наведено в таблиці 3.

## 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.
Білопільський	0,87	69,25	128	276	50,29	111,49	240
Буринський	0,92	139,71	106	207	52,47	97,85	191
Великописарівський	0,93	39,15	106	232	36,22	98,07	215
Конотопський	0,82	47,61	110	339	39,06	90,25	278
Краснопільський	0,96	30,77	89	332	29,64	85,71	320
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 дає змогу знаходити цільові значення вхідних і вихідних величин, що уможливорює неефективному господарству стати ефективним, про що показують дані таблиці 3, де наведені розраховані рекомендовані значення вхідних параметрів, при яких сільськогосподарські підприємства Сумської області стануть 100% ефективними.

**Висновки.** Метод DEA дає змогу знаходити значення вхідних і вихідних параметрів, що уможливають неефективному підприємству стати 100% ефективним. У роботі досліджені питання практичного використання методу DEA. У наступних дослідженнях планується провести аналіз аллокативної ефективності виробництва продукції рослинництва сільськогосподарськими підприємствами Сумської області.

### Список використаних джерел

1. *Бабенко В.В.* Основи теорії ймовірностей і статистичні методи аналізу даних у психологічних і педагогічних експериментах : навч. посіб. [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. – 196 с.
3. *Дмитрук Б.П.* Аналіз ефективності використання ресурсів галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств Черкаської області з використанням методу Data Envelopment Analysis (DEA) [Текст] / Б. П. Дмитрук, Т.Б. Вітряк // Вісн. Східноєвропейського ун-ту економіки і менеджменту. – 2012. – Вип. 1 (11). – С. 138–147.
4. За даними Головного управління статистики у Сумській області, 2015.
5. *Лисситса А.* Аналіз оболочкі даних (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.

Стаття надійшла до редакції 07.09.2016 р.

\* \* \*

## Новини АПК

### Мінагрополітики продовжує розширювати експортний потенціал вітчизняного насіння

Міністерство аграрної політики та продовольства України продовжує розширювати експортний потенціал вітчизняного насіння. Про це повідомив Міністр Тарас Кутовий під час зустрічі з представниками Американської торговельної палати та керівниками насінневих компаній.

«Наразі вихід України як рівноправного партнера на міжнародний ринок та розширення експорту насіння вимагає досягнення українським законодавством еквівалентності норм ЄС. А надалі постійного підтвердження відповідності європейським і міжнародним стандартам і вимог», – повідомив Міністр.

При цьому очільник відомства зазначив, що Мінагрополітики продовжує роботу з адаптації вітчизняної нормативної бази у галузі насінництва та охорони інтелектуальної власності до міжнародних вимог, зокрема чинних стандартів у відповідність до Регламентів та Директив ЄС.

Разом із тим Тарас Кутовий повідомив, що актуальним лишається питання співпраці Мінагрополітики і громадських організацій галузі насінництва. «Ми повинні удосконалити нормативно-правову базу галузі насінництва. Головне – дати нашому виробникові конкурентний сорт. Спільна та злагоджена робота – можливість сприяти у покращенні функціонування ринку насіння», – додав Кутовий.

Прес-служба Мінагрополітики України