

*Коновалова О.В.*

*доцент кафедры «Управление и системный анализ  
теплоэнергетических и социотехнических комплексов»*

*Самарский государственный технический  
университет*

## **DEA-МЕТОД В ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОСТАВЩИКОВ МЯСА В ИМПОРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Аннотация: в данной статье разработаны новые логистические цепи поставок мяса крупного рогатого скота в условиях сложных геополитических перемен и санкционного давления со стороны недружественных для нашей страны государств. Для выбора эффективного поставщика мяса крупного рогатого скота на территорию Российской Федерации применен DEA-метод.*

*Ключевые слова: импорт, мясо крупного рогатого скота, маршруты транспортировки, альтернативные поставщики, DEA-метод.*

Konovalova O.V.

Associate Professor of the Department "Management and System Analysis of  
Thermal Power and Sociotechnical complexes"

Samara State Technical University

## **DEA IS A METHOD FOR SELECTING EFFECTIVE MEAT SUPPLIERS IN THE IMPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Abstract: in this article, new logistic supply chains of cattle meat have been developed in the context of complex geopolitical changes and sanctions pressure from states unfriendly to our country. The DEA method was used to select an effective supplier of cattle meat to the territory of the Russian Federation.

Keywords: import, cattle meat, transportation routes, alternative suppliers, DEA method.

Геополитические события, происходящие в мире за последние десять лет, привели к серьезному воздействию на международную торговлю, к созданию барьеров для импорта и экспорта товаров Российской Федерации и как, следствие, к необходимости поиска российскими участниками внешнеэкономической деятельности новых торговых партнеров, разработке альтернативных маршрутов транспортировки товаров через «дружественные» страны.

В настоящее время особое место в импорте товаров России занимает продовольственная продукция, так как Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 N 20 "Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации" утверждены цели, задачи и основные направления государственной социально-экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, при этом продовольственная безопасность является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности нашей страны, которая позволит повысить качества жизни российских граждан за счет достаточного продовольственного обеспечения [1].

Несмотря на предпринимаемые Президентом и Правительством Российской Федерации ряд мер по развитию отечественного производства сельскохозяйственной продукции, наша страна продолжает оставаться зависимой от импорта мяса и прежде всего от импорта мяса крупного рогатого скота (далее – КРС). Ведь выращивание КРС связано:

- с необходимостью наличия сбалансированных кормов, которых производится в России на данный момент времени не в достаточном количестве;

- с большими затратами на содержание КРС, из-за более длительного по сравнению с другими животными (свиньи, овцы) срока выращивания;

- недостаток квалифицированных специалистов в данной области.

Так, по последним данным Аналитического центра Milknews, в России продолжается тревожная тенденция сокращения поголовья КРС. К началу марта 2024 года количество коров в хозяйствах всех категорий оказалось ниже уровня того же периода 2023 года на 2,3%, достигнув отметки в 7,5 миллиона голов [2].

По официальным данным Федеральной таможенной службы Российской Федерации (далее - ФТС России) до 2014 года основными поставщиками мяса КРС в Россию были Бразилия, Беларусь, Парагвай, Аргентина, США, Канада, Германия, Дания, Украина. После событий 2014 года в Украине и введения со стороны недружественных для России стран экономических санкций возникла необходимость поиска новых торговых партнеров на мировом рынке мяса. Страны, лидеры в импорте мяса, Германия, США, Канада с 2015 года ушли с российского рынка, а надежными партнерами России остались Беларусь, Парагвай, Аргентина, Чили. С 2016 года появились и новые импортеры мяса в Россию – это Индия и Колумбия [3].

Для выбора наилучшего поставщика и наилучшего маршрута транспортировки мяса КРС на территорию России применен метод Data Envelopment Analysis (далее - DEA), который позволяет одновременно обрабатывать много входов и выходов, каждый из которых при этом может измеряться в различных единицах измерения, что дает этому методу значительное преимущество в решениях поставленной задачи.

Для исследования выбраны данные по 8-ми крупнейшим импортерам мяса КРС из «дружественных» для России стран за период с 2019 по 2021 г.г. [3]. В данных, представленных в таблице 1, отсутствуют страны-члены Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), так как в рамках ЕАЭС «обеспечивается свобода движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы, проведение скоординированной, согласованной или единой политики в отраслях экономики» [4].

Таблица 1 - Данные о поставщиках мяса КРС [5]

Страна-поставщик товара	Объем экспорта по годам, млн. долл. США/ год			Объем импорта по годам, млн. долл. США/ год		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Бразилия	5 653,4	6 679,1	6 971,2	104,1	99,5	141,6
Парагвай	555,5	591,3	772,5	1,9	1,1	1,6
Аргентина	2 309,0	2 058,6	1 975,0	33,7	30,4	20,5
Уругвай	1 451,7	1 264,9	1 998,7	17,1	29,4	22,3
Новая Зеландия	2 070,7	2 100,7	2 488,2	23,4	26,8	23,7
Колумбия	43,6	64,9	128,4	22,5	19,5	27,2
Китай	1,5	0,8	0,2	7 928,2	9 770,7	11 890,2
Чили	74,1	89,8	74,7	114,6	117,0	207,5

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что крупнейшими экспортерами мяса КРС за анализируемый период времени среди рассматриваемых стран, являются Бразилия, Аргентина, Новая Зеландия. Крупнейшим импортером мяса КРС является Китай.

Для выбора наилучшего поставщика DEA – методом принят за входной параметр стоимость мяса КРС замороженного ( $X_{1j}$ ) в долл. США/кг; а за выходные: средняя динамика экспорта мяса с 2019-2021 г.г. ( $Y_{1j}$ ), %, средняя динамика импорта мяса ( $Y_{2j}$ ) % и отзывы потребителей ( $Y_{3j}$ ) (рисунок 1).

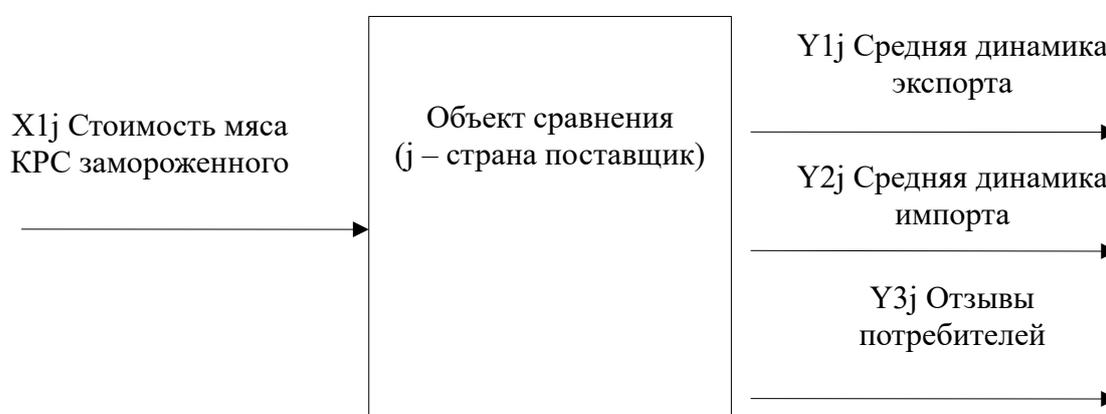


Рисунок 1 – Применение модели DEA-метода для определения наилучшего поставщика мяса КРС

Расчетные данные по выбранной модели представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводные данные по входным и выходным критериям для выбора наилучшего поставщика

Страна-поставщик товара	Стоимость мяса КРС, долл. США/кг	Средняя динамика экспорта %	Средняя динамика импорта %	Рейтинговая оценка по отзывам потребителей
	$X_{1j}$	$Y_{1j}$	$Y_{2j}$	$Y_{3j}$
Бразилия	2,24	111,2	118,9	4,9
Парагвай	3,76	118,5	100,5	4,7
Аргентина	2,28	92,5	78,5	4,9
Уругвай	2,78	120,1	124,1	4,8
Новая Зеландия	14,30	109,5	101,5	4,4
Колумбия	4,16	173,5	113,5	4,1
Китай	2,00	34,3	122,5	3,7
Чили	1,99	102,2	139,5	4,8

Результаты, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что наибольшая стоимость 1 кг мяса КРС наблюдается в Новой Зеландии – 14,30 долл. США за кг, Колумбии - 4,16 долл. США за кг, а минимальная стоимость в Чили - 1,99 долл. США за кг. Лучшее качество мяса КРС по отзывам потребителей наблюдается в странах, располагающихся на Американских континентах (Аргентина, Бразилия, Уругвай, Чили) [6].

Для ССR модели DEA-метода задача математического программирования (далее – ЗМП) представлена как:

$$f_i = \frac{u_{1j} Y_{1j} + u_{2j} Y_{2j} + u_{3j} Y_{3j}}{v_{1j} X_{1j}} \square \max_{(u_{ij}, v_{ij}) \in G_j}, \quad j = \overline{1,8}, \quad i = 1, \quad l = \overline{1,3} \quad (1)$$

$$\frac{u_{1j} Y_{1j} + u_{2j} Y_{2j} + u_{3j} Y_{3j}}{v_{1j} X_{1j}} \leq 1, \quad u_{ij} > 0, \quad v_{lj} > 0, \quad j = \overline{1,8}, \quad l = \overline{1,3} \quad (2)$$

Решение ЗМП по формулам (1) и (2) позволит определить относительную эффективность выбора поставщиков товара  $E_{1j}$ .

Для модели Super-efficiency DEA-метода ЗМП представлена как:

$$S_i = \frac{u_{1j} Y_{1j} + u_{2j} Y_{2j} + u_{3j} Y_{3j}}{v_{1j} X_{1j}} \square \max_{(\bar{u}_{ij}, \bar{v}_{ij}) \in G_j}, \quad j = \overline{1,8}, \quad i = 1, \quad l = \overline{1,3} \quad (3)$$

$$\frac{u_{1j} Y_{1j} + u_{2j} Y_{2j} + u_{3j} Y_{3j}}{v_{1j} X_{1j}} \leq 1, \quad \forall (j = \overline{1,8}, \quad j \neq n, \quad l = \overline{1,3}; \quad \bar{u}_{lj} > 0, \quad \bar{v}_{lj} > 0) \quad (4)$$

где,  $\bar{u}_{ij}, \bar{v}_{ij}$ - векторы весовых коэффициентов для каждого  $j$ -го сравниваемого объекта.

Решение задач (3) и (4) позволяет определить максимальную оценку эффективности  $S_i$  и определить оптимального поставщика в анализируемой группе стран по выбранным критериям. Решение ЗМП (1) - (4) осуществляется с помощью специального программного обеспечения DEAP (<http://www.uq.edu.au/economics/sera/deap.php>), EMS и т.д.

Результаты расчетов с помощью специального программного обеспечения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты сравнительной оценки выбора поставщика товара DEA-методом

Страна	Оценка по CCR модели	Оценка по модели Super-efficiency
	$f_i$	$S_i$
Бразилия	0,8271	0,8271
Парагвай	1,0000	1,0043
Аргентина	0,5403	0,5403
Уругвай	1,0000	1,0071
Новая Зеландия	0,1452	0,1452
Колумбия	0,7884	0,7884
Китай	0,8737	0,8737
Чили	1,0000	1,2386

Анализ оценок эффективности по CCR модели DEA - метода, представленных в таблице 3, позволяет выявить эффективных поставщиков в анализируемой группе стран: Парагвай (1,0000), Уругвай (1,0000), Чили (1,0000). Оценка эффективности по модели Super-efficiency DEA-метода показывает лучших поставщиков, ими являются Чили (1,2386), Уругвай (1,0071) и Парагвай (1,0043).

Для выявления наиболее эффективного маршрута транспортировки мяса КРС рассмотрим 16 маршрутов поставки из вышеперечисленных стран 60 тонн мяса КРС в Самарскую область, код товара по единой товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности ЕАЭС 0202 20 300 3, ставка ввозной таможенной пошлины -15%, НДС - 10% (таблица 4).

Таблица 4 – Описание маршрутов транспортировка мяса КРС

№ маршрута	Маршрут и вид транспортировки
1	Новая Зеландия (Веллингтон) – Китай (Да Чан Бэй) – морской; Китай (Да Чан Бэй) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск – Самара – автомобильный.
2	Новая Зеландия (Веллингтон) – Китай (Да Чан Бэй) – морской; Китай (Да Чан Бэй) – Россия (Ростов-на-Дону) – морской; Ростов-на-Дону)-Самара–автомобильный
3	Китай (Чжаныцзян) – Россия (Усурийск) – автомобильный; Усурийск–Самара- автомобильный.

4	Китай (Чжаныцзян) – Россия (Владивосток) – морской; Владивосток) - Самара– автомобильный.
5	Парагвай (Асунсьон) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Сочи) – морской; Сочи – Самара- автомобильный.
6	Парагвай (Асунсьон) – Турция (Измир) – морской; Турция (Измир) – Россия (Ростов-на-Дону) – морской; Ростов-на-Дону - Самара – автомобильный.
7	Уругвай (Монтевидео) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск- Самара – автомобильный.
8	Уругвай (Монтевидео) – Турция (Измир) – морской – Турция (Измир) Турция (Измир)- Россия (Сочи) – морской ; Сочи – Самара- автомобильный.
9	Аргентина (Мар-Дель-Плата) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск - Самара – автомобильный.
10	Аргентина (Мар-Дель-Плата) – Турция (Измир) – морской; Турция (Измир) – Россия (Ростов-на-Дону) – морской; Ростов-на-Дону – Самара - автомобильный.
11	Колумбия (Барранкилья) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Сочи) – морской; Сочи – Самара- автомобильный.

Продолжение таблицы 4

12	Колумбия (Барранкилья) – Турция (Измир) – морской; Турция (Измир) – Россия (Санкт-Петербург) – морской; Санкт-Петербург – Самара-автомобильный.
13	Бразилия (Витория) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск – Самара-автомобильный.
14	Бразилия (Витория) – Турция (Измир) – морской; Турция (Измир) – Россия (Санкт-Петербург) – морской; Санкт-Петербург - Самара – автомобильный.
15	Чили (Вальпараисо) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск-Самара – автомобильный.
16	Чили (Вальпараисо) – Турция (Измир) – морской – Турция (Измир); Турция (Измир) -Россия (Ростов-на-Дону) – морской; Ростов-на-Дону- Самара – автомобильный.

Представленные в таблице 4 варианты маршрутов стоит рассчитать с помощью DEA-метода по входным и выходным параметрам, представленным на рисунке 2.

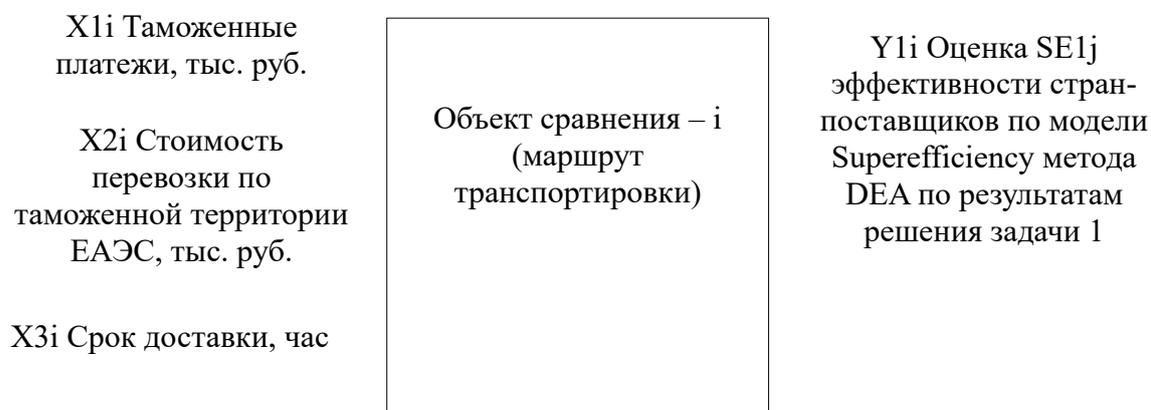


Рисунок 2 – Модель сравнительной оценки маршрутов транспортировки мяса КРС DEA-методом

Построение 16-ти маршрутов транспортировки мяса КРС из 8 выбранных стран-импортеров осуществлялось с учетом сложившейся в настоящее время в России ситуации в сфере логистики. В задаче применялись условия поставки EXW, использовались средние данные: перевозка морским транспортом: 15 руб. за 1 км; перевозка автомобильным транспортом 60 руб. за 1 км [7].

Расчетные данные по входным и выходным параметрам DEA-метода представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сводные данные по входным и выходным критериям для выбора эффективного маршрута

№ маршрута	Таможенные платежи, тыс. руб.	Стоимость перевозки по таможенной территории ЕАЭС, тыс. руб.	Срок доставки, час	Оценка $SE_{1j}$ эффективности стран-поставщиков по модели Superefficiency метода DEA по результатам решения задачи 1
	$X_{1j}$	$X_{2j}$	$X_{3j}$	$Y_{1i}$
1	20913,2	307,8	1486	0,1452
2	20884,5	239,4	1524	0,1452

3	3881,7	1458,0	1020	0,8737
4	3693,6	1476,0	1159	0,8737
5	5761,6	329,4	1017	1,0043
6	5715,2	239,4	1073	1,0043
7	4333,6	307,8	962	1,0071
8	4345,7	329,4	981	1,0071
9	3631,6	307,8	1136	0,5403
10	3597,4	239,4	1001	0,5403
11	6294,8	329,4	924	0,7884
12	6287,9	324,0	873	0,7884
13	3549,3	307,8	992	0,8271
14	3565,7	324,0	1067	0,8271
15	3241,6	307,8	1295	1,2386
16	3224,1	239,4	1333	1,2386

Для CCR модели DEA-метода ЗМП представлена как:

$$f_i = \frac{u_{ij} Y_{ij}}{v_{1j} X_{1j} + v_{2j} X_{2j} + v_{3j} X_{3j}} \square \max_{(u_{ij}, v_{ij}) \in G_j}, \quad j = \overline{1,16}, i = \overline{1,1} \quad (5)$$

$$\frac{u_{ij} Y_{ij}}{v_{1j} X_{1j} + v_{2j} X_{2j} + v_{3j} X_{3j}} \leq 1, \quad u_{ij} > 0, \quad v_{ij} > 0, \quad j = \overline{1,16}, \quad l = \overline{1,1} \quad (6)$$

Решение ЗМП в формулах (5),(6) позволит определить относительную эффективность выбора маршрута транспортировки товара  $E_{1j}$ .

ЗМП для модели Super-efficiency метода DEA, будет записываться следующим образом:

$$S_i = \frac{u_{ij} Y_{ij}}{v_{1j} X_{1j} + v_{2j} X_{2j} + v_{3j} X_{3j}} \square \max_{(\bar{u}_{ij}, \bar{v}_{ij}) \in G_j}, \quad j = \overline{1,16}, i = \overline{1,1} \quad (7)$$

$$\frac{u_{ij} Y_{ij}}{v_{1j} X_{1j} + v_{2j} X_{2j} + v_{3j} X_{3j}} \leq 1, \quad \forall (j = \overline{1,8}, j \neq n, \quad l = \overline{1,1}; \quad \bar{u}_{ij} > 0, \bar{v}_{ij} > 0) \quad (8)$$

где,  $\bar{u}_{ij}, \bar{v}_{ij}$ - векторы весовых коэффициентов для каждого для каждого  $j$ -го сравниваемого объекта.

Решение задач (7)-(8) позволяет определить максимальную оценку эффективности  $S_i$  и определить оптимальный маршрут транспортировки в анализируемой группе по выбранным критериям. Решение ЗМП (5) - (8)

осуществляется с помощью специального программного обеспечения DEAP (<http://www.uq.edu.au/economics/cera/deap.php>), EMS и т.д.

Результаты расчетов с помощью специального программного обеспечения представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Результаты сравнительной оценки выбора эффективного маршрута методом DEA

№ маршрута	Оценка по CCR модели	Оценка по модели Super-efficiency
	$f_i$	$S_i$
1	0,1026	0,1026
2	0,1172	0,1172
3	0,8437	0,8437
4	0,7635	0,7635
5	0,9433	0,9433
6	0,9692	0,9692
7	1,0000	1,0296
8	0,9838	0,9838
9	0,4815	0,4815
10	0,5513	0,5513
11	0,8150	0,8150
12	0,8627	0,8627
13	0,8296	0,8296
14	0,7796	0,7796
15	1,0000	1,0241
16	1,0000	1,2738

Стоит отметить, что оценка эффективности по модели CCR DEA-метода в таблице 6 показала лучшие маршруты транспортировки мяса КРС – маршрут №7 «Уругвай (Монтевидео) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск- Самара – автомобильный» (1,0000), №15 «Чили (Вальпараисо) – Турция (Амбарли) – морской; Турция (Амбарли) – Россия (Новороссийск) – морской; Новороссийск-Самара – автомобильный» (1,0000), №16 «Чили (Вальпараисо) – Турция (Измир) – морской – Турция (Измир); Турция (Измир) -Россия (Ростов-на-Дону) – морской; Ростов-на-Дону- Самара – автомобильный» (1,0000). В тоже время оценка эффективности по модели Super-efficiency DEA-метода указывает на то, что самым эффективным маршрутом оказался маршрут №16 (1,2738).

Таким образом, использование DEA метода позволило выявить наиболее эффективного поставщика мяса КРС в Россию и выбрать из 16-ти разработанных маршрутов наиболее оптимальную логистическую цепь поставок данного товара, с учетом изменения маршрутов транспортировки из-за сложившейся геополитической ситуации для России, через Турцию и Китай. Ведь для нашей страны, как никогда, необходим поиск альтернативных рынков товаров и укрепление торговых связей с «дружественными» странами.

#### **Использованные источники:**

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 N 20 "Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации".

2. Новости и аналитика молочного рынка – URL:<https://milknews.ru/>.  
Дата обращения: 17.07.2024.

3. Федеральная таможенная служба России. // Официальный интернет-портал «ФТС России» [Электронный ресурс] – URL: <https://customs.gov.ru>. Дата обращения: 10.07.2024.

4. Договор о Евразийском экономическом Союзе" (Подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 25.05.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 24.06.2024).

5. Структура экспорта и импорта товаров по странам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trendeconomy.ru>. Дата обращения: 15.07.2024.

6. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org>. Дата обращения: 15.07.2024.

7. Стоимость грузоперевозок по России [Электронный ресурс]. – URL: <https://tlk-sarma.ru/price>. Дата обращения: 17.07.2024.

8. Карты Яндекс [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/maps>. Дата обращения: 10.07.2024.

9. Международные морские перевозки [Электронный ресурс]. – URL: <https://sealogic.io>. Дата обращения: 10.07.2024.