

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБРАЩЕНИЯ
С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ
РОССИИ НА ОСНОВЕ ОБОЛОЧЕЧНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

Кутышкин Андрей Валентинович

доктор технических наук, профессор,

главный научный сотрудник научно-исследовательской

лаборатории имитационного моделирования

ФГБОУ ВО «Нижневартровский государственный университет»

Нижневартовск, Россия

E-mail: avk_200761@mail.ru

Предмет исследования: функционирование систем обращения с отходами производства и потребления регионов (РСОО) Арктической зоны РФ за период с 2016 г. по 2020 г.

Цель исследования: количественные оценки производственной эффективности – коэффициенты производственной эффективности (КПЭ) функционирования данных систем на основе оболочечного анализа данных (Data Envelopment Analysis, DEA). Данный метод основан на многократном применении линейного программирования к совокупности входных и выходных показателей, регистрируемых действующей системой государственной статистики и характеризующих деятельность совокупностей однотипных профильных предприятий регионов по обращению с отходами (производственный объект, ПО).

Методы и объекты исследования: для оценки КПЭ функционирования ПО DEA-методом использовались схемы «временного среза» и «временного окна». На основании расчетных значений КПЭ были выделены устойчивые подгруппы ПО с низкими, средними и высокими значениями КПЭ. Для недостаточно эффективных ПО рассчитывались целевые значения входных показателей, достижение которых позволяет им максимизировать значения КПЭ. При этом для этих ПО осуществлялся рекомендательный выбор «объекта-лидера/ориентира», который можно рассматривать как носитель «лучших практик» и успешного опыта организации работы, что актуально для развития РСОО.

Основные результаты исследования: сформированная классификация РСОО сопоставлялась с нормативными показателями переработки отходов, приведенных в Госпрограмме РФ «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы.

Ключевые слова: оболочечный анализ данных, производственная эффективность, региональная система обращения с отходами, Арктическая зона РФ, отходы производства и потребления.

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING OF PRODUCTION
AND CONSUMPTION WASTE MANAGEMENT SYSTEMS IN THE ARCTIC REGIONS
OF RUSSIA BASED ON DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

Andrey V. Kutyshkin

Doctor of Technical Sciences,

Chief Researcher of the Simulation Research Laboratory,

Nizhnevartovsk State University

Nizhnevartovsk, Russia

E-mail: avk_200761@mail.ru

Subject of research: is the functioning of the production and consumption waste management systems of the regions (RSOO) of the Arctic zone of the Russian Federation for the period from 2016 to 2020.

Purpose of research: is to quantify production efficiency – production efficiency coefficients (CEP) of the functioning of these systems based on shell data analysis (Data Envelopment Analysis, DEA). This method is based on the repeated application of linear programming to a set of input and output indicators recorded by the current system of state statistics and characterizing the activities of sets of similar specialized enterprises in the regions for waste management (production facility, software).

Methods and objects of research: to assess the CEP of the software functioning by the DEA method, the "time slice" and "time window" schemes were used. Based on the calculated CEP values, stable subgroups of software with low, medium and high CEP values were identified. For insufficiently effective software, target values of input indicators were calculated, the achievement of which allows them to maximize CEP values. At the same time, for these software, a recommendatory choice of a "leader/landmark object" was carried out, which can be considered as a carrier of "best practices" and successful experience in organizing work, which is relevant for the development of the RSOO.

Main results of research: the formed classification of RSOO was compared with the normative indicators of waste processing given in the State Program of the Russian Federation "Environmental Protection" for 2012–2020.

Keywords: data envelopment analysis, production efficiency, regional waste management system, Arctic zone of the Russian Federation, production and consumption waste.

Введение

Повышение эффективности деятельности предприятий по обращению с отходами промышленности и потребления является одной из ключевых задач снижения техногенного и антропогенного воздействия на окружающую среду. Для регионов Арктической зоны Российской Федерации данное направление природоохранной деятельности наряду с разработкой и внедрением новых технологий переработки и утилизации отходов особенно актуально. Это обусловлено как природно-климатическими особенностями данных регионов, так и существенными объемами промышленных отходов, накопленных за достаточно длительный период освоения севера России, когда на фоне решения важных задач стратегического развития страны, их утилизации и переработке уделялось недостаточное внимание. Наиболее распространенное понимание эффективности деятельности организации/предприятия соответствует категории ее продуктивности или производительности. Чаще всего для количественной оценки производительности и, как следствие, эффективности организации используется показатель ее общей производительности факторов затрат (TFP, Total Factor Productivity), характеризующий отношение суммарных стоимостей произведенных продуктов и затраченных при этом ресурсов [1]. Однако использование такого показателя, как правило, возможно лишь для организаций, функционирование которых можно описать мультифакторной, а чаще всего – двухфакторной производственной функцией [1, 2]. Для региональной системы обращения с отходами на текущий момент построение такой производственной функции достаточно затруднительно. Это обусловлено тем, что статистические данные о функционировании отраслей, занимающихся устранением негативного влияния экономики региона на его экологию, стали публиковаться в открытых источниках только с 2017 г., и они представлены только в агрегированном виде. В качестве альтернативного варианта оценки эффективности функционирования «отрасли» может выступать метод оболочечного анализа данных (Data Envelopment Analysis, DEA), известный в отечественной литературе как анализ среды функционирования (АСФ) [3–9]. Данный метод имеет ряд достоинств, среди которых можно выделить, например, отсутствие необходимости выявления явных функциональных связей между используемыми ресурсами (входами) и конечными результатами (выходами) деятельности исследуемого объекта; воз-

возможность оценки эффективности функционирования достаточно большой группы объектов со значительным перечнем «входов» и «выходов»; определение для исследуемой группы «объектов-ориентиров/лидеров» и расчет для неэффективных объектов целевых значений «входов» и «выходов», достижение которых максимизирует эффективность данных объектов. Недостатками метода DEA, прежде всего, являются определенные сложности с выбором набора показателей «входа» и «выхода» исследуемых объектов; на оценки эффективности функционирования существенное влияние оказывает структура и численность группы объектов; присутствуют ограничения на соотношение численности объектов группы и количества их «входов» и «выходов». Несмотря на указанные недостатки, использование метода DEA для решения задачи оценки эффективности деятельности «отраслей» по обращению и переработке отходов промышленности и потребления достаточно актуально и представляет научно-практический интерес как для менеджмента этих отраслей, так и для региональных администраций.

Целью работы является получение с использованием метода оболочечного анализа данных оценки эффективности функционирования отраслей по обращению и переработке отходов промышленности и потребления регионов Арктической зоны Российской Федерации [10].

Результаты и обсуждение

Методы и материалы

Региональные отрасли, деятельность которых связана с обращением отходов промышленности и потребления (PCOO), представляют собой совокупности однотипных профильных предприятий, и PCOO можно считать однородными производственными объектами (ПО) (Decision Making Units, DMU), которые используют однотипные (схожие) способы производства и технологическое оборудование, а также функционируют в схожих природно-климатических и социально-экономических условиях. Таким образом, PCOO рассматриваемых регионов можно объединить в одну группу. Каждый ПО (DMU) ($j = 1, \dots, N$) имеет M «выходов» ($y_{i,j}$, $i = 1, \dots, M$) и N «входов» ($x_{k,j}$, $k = 1, \dots, K$), т. е. функционирование DMU описывается типовой функциональной моделью системного анализа «вход – преобразование – выход».

Для количественной оценки эффективности θ_j (показатель/ коэффициент производственной эффективности, КПЭ) функционирования j -ого DMU использовалась типовая входо-ориентированная DEA – модель – CCR модель (Charnes – Cooper – Rhodes) с постоянным масштабом отдачи [4,6,9]:

$$\begin{aligned} \min_{\lambda} \theta \\ \begin{cases} -y_{i,j} + Y\lambda \geq 0; \\ \theta x_{k,j} - X\lambda \geq 0; \\ \lambda \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь Y – матрица $[M \times N]$ выходных показателей объектов $y_{i,j}$; X – матрица $[K \times N]$ входных показателей объектов $x_{k,j}$; θ – скаляр; λ – вектор констант размерности $N \times 1$.

Среди M выходов только часть ($i = 1, \dots, p$) рассматривается как «полезные или желательные», а остальные ($i = p, \dots, M$) считаются «нежелательными», т. е. оказывающими негативное влияние на экологическое состояние региона. К «полезным выходам» будем относить объемы переработанных и утилизированных отходов DMU, а к «нежелательным выходам» предлагается относить объемы отходов, остающиеся в DMU для хранения. В работе [11] показано, что оценки эффективности функционирования группы DMU по «желательным» и «нежелательным» выходам вход-ориентированных CCR моделей эквивалентны, что можно объяснить одним и тем же набором входов моделей, которые используются DMU при формировании этих видов выходов. Поэтому минимизация оценок КПЭ функционирования ПО по «нежелательным» выходам приводит к максимизации аналогичных оценок по «желательным» выходам.

При реализации DEA-метода не идентифицируется «самый эффективный» ПО группы, а строится для нее кусочно-линейная граница эффективности – граница производственных возможностей (ГПВ). Значения КПЭ θ_j лежат в диапазоне: $0 \leq \theta_j \leq 1$. При $\theta_j = 1$ считается, что DMU j располагается на ГПВ и функционирует с максимальной производственной эффективностью при принятом наборе входных и выходных показателей. Очевидно, что при $0 \leq \theta_j \leq 1$ соответствующие DMU функционируют менее эффективно и для них рассчитываются так называемые «целевые значения» входных показателей $x_{k,j,g}$, при обеспечении достижения которых соответствующие DMU будут функционировать с максимальной производственной эффективностью ($\theta_j = 1$). Для расчета $x_{k,j,g}$ используются значения входных показателей DMU «объектов – лидеров/ориентиров» группы, которые выбираются по максимальным значениям расчетных весовых коэффициентов λ_j (если j -ый ПО группы не является ее «объектом – лидером/ориентиром», то $\lambda_j = 0$) [12]:

$$x_{k,j,g} = \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{k,j,f}, \quad (2)$$

где $x_{k,j,f}$ – фактические значения k -го входного показателя j -ого DMU группы.

Чем чаще используются входные показатели j -ого DMU – «объекта – лидера/ориентира» и чем больше соответствующие весовые коэффициенты λ_j , тем с большей вероятностью данный DMU может рассматриваться в качестве наиболее эффективного «объекта – лидера/ориентира» для всей группы при принятом наборе входных и выходных показателей.

При рассмотрении функционирования группы DMU в течение некоторого интервала времени $[t_1, \dots, t_L]$ очевидно, что в каждый момент времени t_l любой j -ый DMU $j(t_l)$ характеризуется набором множествами значений входных $X_j(t_l) = \{x_{1,j}(t_l), \dots, x_{K,j}(t_l)\}$ и выходных $Y_j(t_l) = \{y_{1,j}(t_l), \dots, y_{M,j}(t_l)\}$ показателей. Оценка коэффициента эффективности θ_j в такой ситуации может осуществляться, как правило, двумя методами: методом «временного среза» (моментный метод), т. е. входные и выходные показатели для рассматриваемой группы DMU фиксируются для момента времени t_l , либо методом «временного окна» [9, 13, 14]. В первом случае для каждого года t_l формируется группа DMU в количестве N штук и для каждой группы определяются значения $\theta_j(t_l)$ на основании решения (1). Целевые значения показателей входов $x_{k,j,g}$ определяются согласно (2) внутри каждой группы.

Метод же «временного окна» реализуется по следующему алгоритму. Выбирается длина «временного окна» $W_l = \dots W_F = W = \text{const}$ для всего интервала $[t_1, \dots, t_L]$. Назначается временной интервал вида $[t_l, t_l + 1, \dots, t_l + W]$. Для этого интервала формируется новая группа DMU размером $KW = K \times W$, в которую входят следующие объекты: DMU $_l(t_l)$, DMU $_l(t_l+1)$, ..., DMU $_l(t_l+W)$, ..., DMU $_K(t_l)$, DMU $_K(t_l+1)$, ..., DMU $_K(t_l+W)$.

Для этой группы осуществляется расчет (1) коэффициентов эффективности $\theta_j^{W_l}(X_j(t_l), Y_j(t_l)); \theta_j^{W_l}(X_j(t_l+1), Y_j(t_l+1)); K; \theta_j^{W_l}(X_j(t_l+W), Y_j(t_l+W)), j = 1, \dots, KW$ для DMU из временного окна $W_l = W$. Далее осуществляется сдвиг выбранного «временного окна» на один временной период вправо и формируется следующий временной интервал $[t_2, t_2 + 1, \dots, t_2 + W]$. Для этого интервала рассчитываются новые КПЭ DMU $_l(t_2)$, DMU $_l(t_2+1)$, ..., DMU $_K(t_2+1)$, ..., DMU $_K(t_2+W)$ группы W_2 :

$$\theta_j^{W_2}(X_j(t_2), Y_j(t_2)); \theta_j^{W_2}(X_j(t_2+1), Y_j(t_2+1)); K; \theta_j^{W_2}(X_j(t_2+W), Y_j(t_2+W)).$$

Формирование «временных окон» предлагается не заканчивать при достижении момента времени t_L , поскольку для разных t_l из интервала $[t_1, \dots, t_L]$ будет рассчитано разное количество КПЭ. Так, например, для t_l и t_L будет рассчитано только по одному значению $\theta_j^{W_l} X_j(t_l), Y_j(t_l)$ для каждого DMU из группы W_l . Для t_2 и t_{L-1} будет рассчитано уже по два значения КПЭ для всех DMU и т. п. Поэтому целесообразно сформировать своего рода «временной цикл» из моментов времени рассматриваемого интервала [9, 10], т. е. за t_L располагают t_l , и так да-

лее, что позволяет увеличить как количество новых групп DMU, так и уравнивать количество рассчитываемых коэффициентов эффективности DMU для каждого t_l . Формирование групп DMU по «временному циклу» завершается тогда, когда на следующем шаге будет сформировано уже ранее встречавшееся «временное окно». В качестве итогового значения КПЭ для DMU_j можно использовать осредненное значение, определяемое следующим выражением:

$$\theta_{j,avr} = \frac{1}{N_W} \sum_{q=1}^{N_W} \theta_j^{w_q}, \quad (3)$$

где N_W – общее количество «временных окон», в которых рассчитывался коэффициент эффективности DMU_j .

Содержательный смысл $\theta_{j,var}$ аналогичен описанному ранее для θ_j .

Для определения значений θ_j и $x_{k,j,g}$ использовался свободно распространяемый программный продукт MaxDEA 8 Basic (<http://maxdea.com/Download.htm>).

В качестве выходного показателя y_j DMU_j , соответствующего РСОО j -го региона Арктической зоны РФ, была принята величина переработанных и утилизированных отходов производства и потребления в этом регионе за год (тыс. тонн). Входными показателями этих DMU_j предлагается принять следующие величины:

- $x_{1,j}$ – объем образующихся отходов производства и потребления за год, тыс. тонн;
- $x_{2,j}$ – материальные затраты по обращению с отходами из состава текущих (эксплуатационных) затрат в текущих ценах, тыс. руб.;
- $x_{3,j}$ – затраты на оплату труда и отчисления на социальные нужды из состава текущих (эксплуатационных) затрат по обращению с отходами в текущих ценах, тыс. руб.;
- $x_{4,j}$ – затраты на капитальный ремонт основных фондов по обращению с отходами в текущих ценах, тыс. руб.

В перечне входных показателей DMU, т. е. используемых ими в производственной деятельности ресурсов, отсутствуют величина стоимости основных производственных фондов (ОПФ) DMU и величина инвестиций в основной капитал. Это обусловлено тем, что данные о стоимости основных производственных фондов приводятся только в агрегированном виде по всем видам экономической деятельности, связанным с устранением типовых видов загрязнений окружающей среды. В связи с отсутствием указанных дифференцированных данных достаточно сложно определить временные лаги между стоимостью ОПФ DMU и инвестициями, направляемыми в его основной капитал. Для обеспечения между регионами сопоставимости входных и выходных показателей последние были пересчитаны на одного жителя региона.

Исходные данные входных и выходных показателей опубликованы в ежегодном Государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации [15], статистическом справочнике Федеральной службы государственной статистики (Росстат) «Регионы России. Социально-экономические показатели» [16], бюллетене Росстата об охране окружающей среды (электронные версии) «Сведения о текущих затратах на охрану окружающей среды» [17].

В таблице 1 совместно приведены расчетные значения коэффициентов производственной эффективности θ_j (1) и $\theta_{j,var}$ (3) («временное окно» $W = 3$) функционирования систем обращения с отходами регионов Арктической зоны РФ для рассматриваемого интервала времени с 2016 г. по 2020 г.

Таблица 1

Расчетные значения коэффициентов производственной эффективности θ_j (1) и $\theta_{j.var}$ (3) функционирования региональных систем обращения с отходами за период с 2016 г. по 2020 г.

j	Наименование региона	Коэфф. эффект.	Год				
			2016	2017	2018	2019	2020
1	Архангельская область	θ_j	0,231	0,186	0,145	0,076	0,069
		$\theta_{j.var}$	0,1932	0,1415	0,1207	0,0611	0,0552
2	Мурманская область	θ_j	0,447	0,619	0,356	0,308	0,363
		$\theta_{j.var}$	0,4379	0,4238	0,3498	0,2447	0,1962
3	Республика Карелия	θ_j	0,729	0,603	1	0,309	1
		$\theta_{j.var}$	0,4225	0,4086	0,9299	0,3091	1
4	Республика Коми	θ_j	0,131	0,111	0,193	0,019	0,014
		$\theta_{j.var}$	0,7905	0,0979	0,1297	0,0141	0,0139
5	Ненецкий автономный округ	θ_j	1	1	1	1	1
		$\theta_{j.var}$	0,8793	1	0,8473	0,7982	1
6	Красноярский край	θ_j	1	1	1	1	1
		$\theta_{j.var}$	0,9396	0,9054	1	0,8133	0,9671
7	Республика Саха (Якутия)	θ_j	1	1	1	1	1
		$\theta_{j.var}$	1	0,9289	1	1	1
8	Ямало-Ненецкий автономный округ	θ_j	0,400	0,616	0,876	1	1
		$\theta_{j.var}$	1	0,59	0,8761	0,8593	1
9	Чукотский автономный округ	θ_j	1	0,668	1	1	1
		$\theta_{j.var}$	1	0,464	0,7783	1	1

Расчетные значения θ_j и $\theta_{j.var}$ для всех DMU – региональных систем обращения с отходами за рассматриваемый период имеют близкие значения, на основании которых можно выделить три подгруппы DMU. Первая подгруппа включает РСОО с достаточно низкими значениями КПЭ – РСОО Архангельской, Мурманской областей и Республики Коми. Вторая подгруппа состоит из РСОО с достаточно высокими значениями КПЭ при высокой волатильности последних – Республика Карелия, Чукотский и Ямало-Ненецкий автономные округа. И третья группа характеризуется высокими значениями КПЭ при их незначительной волатильности – Ненецкий автономный округ, Красноярский край и Республика Саха (Якутия). Для РСОО первой группы также присутствует понижающий тренд значений ПЭ. Расчетные значения θ_j и $\theta_{j.var}$ в целом не противоречат сравнительному анализу нормативных значений доли использованных и обезвреженных объемов отходов производства и потребления [18] с соответствующими фактическими значениями данного показателя для всех РСОО [16, 17] (таблица 2). Так, только в Ненецком, Ямало-Ненецком автономных округах и Красноярском крае фактические значения объемов переработки отходов в целом соответствуют нормативным значениям. Близки к нормативному уровню РССО Республики Саха (Якутия) и Чукотского автономного округа. Следует отметить, что данные таблицы 2 характеризуют результативность рассматриваемых РССО, а θ_j и $\theta_{j.var}$ характеризуют их производственную эффективность, что предопределяет расхождения между ними.

Таблица 2

Фактические и нормативные значения доли (%) [18] использованных и обезвреженных отходов производства и потребления от общего количества образующихся отходов в период с 2016 г. по 2020 г.

№ п/п	Наименование региона	Фактические значения доли использованных отходов производства и потребления, %				
		Год				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Архангельская область	7,73	7,27	6,37	3,75	4,22
2	Мурманская область	29,59	27,26	23,56	15,57	12,17
3	Республика Карелия	13,37	12,73	18,41	12,36	7,75
4	Республика Коми	9,19	8,61	11,70	1,18	1,03
5	Ненецкий автономный округ	68,06	98,25	77,15	37,27	79,01
6	Красноярский край	85,69	89,82	104,67	79,04	94,35
7	Республика Саха (Якутия)	47,25	43,22	59,93	53,36	50,06
8	Ямало-Ненецкий автономный округ	27,44	60,56	91,74	85,20	105,12
9	Чукотский автономный округ	65,26	29,20	31,80	44,44	69,26
	Нормативные значения доли используемых отходов производства и потребления, %	80,8	81	81,3	81,6	82

В таблице 3 в качестве примера для РСОО Архангельской области приведены расчетные целевые значения принятых входных показателей $x_{k,l,g}$ (2) для схемы «временного среза» (1) оценки θ_j и соответствующие усредненные целевые значения входных показателей $x_{k,l,g,avr}$ для схемы «временного окна» оценки $\theta_{j,var}$. В этой же таблице приведены фактические значения входных показателей $x_{k,l,f}$ этой РСОО. Сопоставление значений $x_{k,l,f}$ с целевыми расчетными значениями $x_{k,l,g}$ и $x_{k,l,g,avr}$ указывает на наличие существенных резервов по всем видам входных показателей принятого списка показателей использованной DEA-модели. Данная входо-ориентированная модель определяет оптимальные значения входных показателей DMU, которые обеспечивают достижение заданных значений его выходных показателей. Ранее отмечалось, что выходные показатели можно разделить на желательные и нежелательные, которые «формируются» при функционировании DMU на одном и том же наборе входных показателей. Следовательно, для тех объемов переработанных и утилизированных отходов производства и потребления (желательный выход) РСОО Архангельской области в течение периода с 2016 г. по 2020 г. используемые данной РСОО избыточны, и имеющиеся резервы направляются этой системой на сопровождение нежелательного выхода – хранение отходов производства и потребления. Рекомендательно «объект – лидер/ориентир» для группы DMU – РСОО можно выделить лишь при использовании для оценки значений ПЭ метода «временного среза», т. к. структура группы DMU для каждого момента времени t_i остается постоянной. При реализации метода «временного окна» структура группы DMU и, соответственно, значения их входных и выходных показателей меняются, что обуславливает и динамику результатов выбора «объекта – лидера/ориентира» группы.

Таблица 3

Фактические и расчетные целевые значения $x_{k,l,g}$ и $x_{k,l,g,avr}$ входных показателей для РСОО Архангельской области за период с 2016 г. по 2020 г.

k	Название входного показателя	Обозначение	Год				
			2016	2017	2018	2019	2020
1	Объем образующихся отходов производства и потребления за год, тыс. тонн	$x_{1,1,f}$	69,02	63,52	65,98	67,57	29,95
		$x_{1,1,g}$	8,17	10,4	9,58	5,14	2,06
		$x_{1,1,g,avr}$	9,97	8,17	7,96	4,13	1,65
2	Материальные затраты по обращению с отходами из состава текущих (эксплуатационных) затрат в текущих ценах, тыс. руб.	$x_{2,1,f}$	103,63	138,26	144,65	237,43	305,52
		$x_{2,1,g}$	23,96	25,74	20,99	18,05	21,05
		$x_{2,1,g,avr}$	20,02	19,56	17,46	14,51	16,85

3	Затраты на оплату труда и отчисления на социальные нужды из состава текущих (эксплуатационных) затрат по обращению с отходами в текущих ценах, тыс. руб.	$x_{3.1.f}$	109,72	171,17	151,03	153,18	168,70
		$x_{3.1.g}$	15,09	31,87	15,89	4,33	11,62
		$x_{3.1.g.avr}$	19,52	24,22	18,23	9,36	9,09
4	Затраты на капитальный ремонт основных фондов по обращению с отходами в текущих ценах, тыс. руб.	$x_{4.1.f}$	103,02	154,57	62,00	59,16	24,09
		$x_{4.1.g}$	0,41	0,27	0,21	1,75	0,03
		$x_{4.1.g.avr}$	0,40	0,29	0,23	0,24	1,33

Несмотря на имеющиеся существенные различия расчетных значений $x_{k.1.g}$ и $x_{k.1.g.avr}$, что также обусловлено структурой групп DMU каждого из методов, предлагается ограничиться определением «объекта – лидера/ориентира» группы PCOO по методу «временного среза», тем более что данный выбор носит сугубо рекомендательный характер. Это обусловлено тем, что «объект – лидер/ориентир» группы рассматривается как своего рода носитель «лучших практик» реализации производственной деятельности, но принятие решений об использовании его наработок является прерогативой исключительно менеджмента PCOO. Так, на основании расчетов $x_{k,j,g}$ (2) для всех недостаточно эффективных DMU группы в качестве «объектов – лидеров/ориентиров» выступали PCOO Ямало-Ненецкого автономного округа и Красноярского края.

Заключение и выводы

Получены с использованием оболочечного анализа данных количественные оценки коэффициентов производственной эффективности функционирования систем обращения с отходами производства и потребления регионов Арктической зоны РФ в период с 2016 г. по 2020 г. Для формирования групп DMU применялись две схемы – схема «временного среза» и схема «временного окна». Значения коэффициентов КПЭ DMU, рассчитанные с использованием двух схем формирования групп DMU, – схема «временного среза» и схема «временного окна», отличаются друг от друга незначительно, выявив однотипные тенденции изменения значений этих коэффициентов. На основании расчетных значений КПЭ, полученных с использованием обеих схем, при принятом наборе входных и выходных показателей на рассматриваемом временном интервале выделены три устойчивые подгруппы PCOO: низкоэффективные PCOO Архангельской, Мурманской областей и Республики Коми; PCOO со средними значениями КПЭ – PCOO Республики Карелия, Чукотского и Ямало-Ненецкого автономных округов, и PCOO Ненецкого автономного округа, Красноярского края и Республики Саха (Якутия), характеризующиеся максимальными значениями КПЭ. Расчетные значения θ_j и $\theta_{j,var}$ в целом не противоречат соотношениям между нормативными и фактическими относительными значениями объемов использованных и обезвреженных отходов производства и потребления от общего количества образующихся отходов за 2016–2020 гг. в рассматриваемых регионах. Наличие значительных резервов используемых PCOO обусловлено тем, что основной акцент в своей деятельности эти системы смещают не переработку отходов производства и потребления, а на их хранение. Рекомендательная идентификация «объекта – лидера/ориентира» среди PCOO актуальна для регионального менеджмента, т. к. более обоснованно определяет те производственные объекты, деятельность которых аккумулирует в течение достаточно длительного временного интервала «лучшие производственно-организационные практики». Последние могут рассматриваться как объекты для изучения, адаптации и последующего внедрения на собственных предприятиях.

Литература

1. Бессонова, Е. В. Анализ динамики совокупной производительности факторов на российских предприятиях (2009–2015 гг.) / Е. В. Бессонова. – Текст : непосредственный // Вопросы экономики. – 2018. – № 7. – С. 96–118.
2. Мясников, А. А. Совокупная факторная производительность в российских регионах в 2000–2014 гг. / А. А. Мясников. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 12-4. – С. 657–664.

3. Федотов, Ю. В. Измерение эффективности деятельности организации : особенности метода DEA (анализа свертки данных) / Ю. В. Федотов. – Текст : непосредственный // Российский журнал менеджмента. 2012. – Т. 10, № 2. – С. 51–62.
4. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. 1978. Vol. 2. Iss. 6. P. 429–444.
5. Ковалев, Д. И. Анализ организационно-технологических комплексов предприятий на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем / Д. И. Ковалев, Е. В. Туева, А. В. Клименко. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-2. – С. 159–162.
6. Моргунов, Е. П. Краткое описание метода Data Envelopment Analysis / Е. П. Моргунов, О. Н. Моргунова. – URL : http://morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf. (дата обращения: 11.05.2023). – Текст : электронный.
7. Сальникова, А. А. Оптимизация регионального эколого-экономического планирования с использованием анализа среды функционирования / А. А. Сальникова. – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16, № 12. – С. 2332–2346.
8. Чайка, Л. В. Дифференциация эффективности экономики регионов России / Л. В. Чайка. – Текст : непосредственный // Статистика и экономика. 2020. – Т. 17, № 1. – С. 54–67.
9. Ратнер, С. В. Динамические задачи оценки эколого-экономической эффективности регионов на основе базовых моделей анализа среды функционирования / С. В. Ратнер. – Текст : непосредственный // Управление большими системами. – 2017. – № 67. – С. 81–106.
10. Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 № 296 (ред. от 27.06.2017) « О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». – URL: <https://base.garant.ru/70647984/?ysclid=l8bjck1k3s715469796> (дата обращения: 05.05.2023). – Текст : электронный.
11. Korhonen P. J., Luptacik M. Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis // *European J. of Operational Research*. – 2004. – №. 154. – P. 437–446.
12. Cheng G. *Data Envelopment Analysis: Methods and MaxDEA Software*. Intellectual Property Publishing House Co. Ltd. Beijing. – 2014. – 275 p.
13. Sueyoshi T. Comparison and analyses of managerial efficiency and returns to scale of telecommunication enterprises by using DEA/WINDOW // *Communications of the Operations Research Society of Japan*. – 1992. – No. 37. – P. 210–219.
14. Wu H., Shi Y., Zhu W. Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2014. – No. 83. – P. 163–175.
15. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. – М. : Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова. – URL : https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_14.05.2022. (дата обращения: 14.05.2022). – Текст : электронный.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. – URL : <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 14.05.2023). – Текст : электронный.
17. Бюллетени об охране окружающей среды (электронные версии). «Сведения о текущих затратах на охрану окружающей среды». – URL : <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13295> (дата обращения: 14.05.2023). – Текст : электронный.
18. Государственная Программа РФ «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы (Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 326). – URL: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/3ac/Gosprogramma_OOS.pdf?ysclid=l48q7q4vhs345836470 (дата обращения: 15.05.2023). – Текст : электронный.