

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ\*

*Рассмотрено применение метода DEA и его модификации для оценки эффективности функционирования организационно-технических систем предприятий.*

*Ключевые слова: метод DEA, многоатрибутивный, организационно-техническая система, критерии оценки.*

В последние годы во многих сферах производства и сбыта продукции очень остро встает проблема оценки эффективности функционирования предприятий. При этом часто возникают задачи сравнения между собой и упорядочивания структурных подразделений и предприятий или организаций в целом по некоторому латентному свойству, т. е. свойству, которое не поддается непосредственному измерению и общее представление о степени проявления которого складывается как результат определенного суммирования целого ряда частных характеристик. Главным понятием здесь является понятие эффективности – наиболее общего, определяющего свойства любой целенаправленной деятельности, которое с познавательной точки зрения раскрывается через категорию цели и объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат, ресурсов и времени [1]. Поэтому оценка эффективности функционирования предприятий и организаций является очень важной для принятия верных управленческих решений.

Одним из методов оценки эффективности является метод DEA (Data Envelopment Analysis – анализ вложенности данных), основанный на построении границы эффективности, которая является аналогом производственной функции для случая, когда выпуск является не скалярным, а векторным, т. е. когда выпускается несколько видов продукции. Эта граница имеет форму выпуклой оболочки или выпуклого конуса в пространстве входных и выходных переменных, описывающих каждый объект в исследуемой совокупности, и как бы огибает (обертывает) точки, соответствующие исследуемым объектам в многомерном пространстве. Граница эффективности используется в качестве эталона (точки отсчета) для получения численного значения оценки эффективности каждого из объектов в исследуемой совокупности. Степень эффективности объектов определяется степенью их близости к границе эффективности в многомерном пространстве входов/выходов. Способом построения границы эффективности является многократное решение задачи линейного программирования.

При проецировании неэффективного объекта на границу эффективности для него формируется целе-

вой гипотетический объект, который является эффективным. Этот объект в математическом смысле представляет собой линейную комбинацию реальных эффективных объектов (под реальным объектом в данном случае подразумевается точка в многомерном пространстве). Число объектов, входящих в эту комбинацию, зависит от ряда факторов, в том числе от количества входных и выходных переменных, описывающих объекты, и от значений этих переменных, достижение которых является целью для неэффективного объекта.

Следует отметить, что значение технической эффективности не может превышать единицы. Объекты, для которых значение показателя эффективности оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. Для объектов, у которых показатель эффективности оказался меньше единицы, могут быть выданы рекомендации, заключающиеся в выведении таких объектов на границу эффективности за счет пропорционального сокращения объемов затрачиваемых ими ресурсов при сохранении значений выходных переменных на прежнем уровне.

Таким образом, граница эффективности огибает точки, соответствующие эффективным объектам. Можно провести модификацию метода DEA, построив такую же границу, но наоборот, и назвав ее границей отставания. Граница отставания показывает убыточные или отстающие от основной части выборки объекты, т. е. она является эталоном для получения численного значения оценки отставания каждого из объектов [2].

После применения к исследуемой выборке объектов метода DEA и его модификации будут получены два показателя:

- мера эффективности объектов;
- мера их отставания/убыточности.

В рамках комбинированного подхода эти показатели можно их объединить для получения одной оценки, характеризующей каждый из объектов, применяя один из методов многокритериальной (многоатрибутивной [3; 4]) поддержки принятия решений с учетом того, что критерии (атрибуты) в данном случае будут противоречивыми.

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» и Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы» (проект № 2011-1.9-519-005).

Рассмотрим реализацию метода DEA и его модификации на примере организационно-технических систем (ОТС) предприятий по сортировке твердых бытовых отходов.

Применение метода DEA для оценки эффективности ОТС возможно благодаря их следующим особенностям:

- входные параметры характеризуют сырье, энергию, вложения труда (персонал);

- выходные параметры характеризуют переработанный полезный продукт, остатки (то, что осталось от создания полезного продукта), их экологическое влияние на внешнюю среду;

- алгоритмизация объектов (в нашем случае – производственного характера) может проводиться на разных уровнях детализации, начиная от системы, взаимодействующей с внешней средой и факторами, и заканчивая локальным технологическим процессом.

Также выделим особенности ОТС предприятий по сортировке твердых бытовых отходов [5]:

- в качестве сырья используется в основном смешанная многокомпонентная масса;

- входами служат трудовые и энергетические затраты;

- в результате сортировки остаются компоненты, которые не удается рассортировать или они не могут быть использованы;

- эффективность предприятий определяется по нескольким критериям и поэтому укладывается в рамки метода DEA и его модификации с границей отставания.

Детализируем входы и выходы, которые применяются для анализа ОТС предприятий по сортировке твердых бытовых отходов на основе метода DEA:

- затраты на содержание рабочих (здесь может использоваться комплексный векторный вход, учитывающий затраты на каждого работника);

- затраты энергии на сортировку (либо общие затраты, либо затраты по отдельным машинам и агрегатам);

- объем сортируемых отходов;

- рассортированные отходы, например полиэтиленовые бутылки, полиэтилен высокого (ПВД) и низкого давления (ПНД), бумага, картон, стеклотара, стеклотарой, алюминиевые банки, жестяные банки;

- объем так называемых хвостов – отходов, не отсортированных и неприменимых при имеющихся технологиях и мощностях, т. е. отходов, идущих на полигоны для временного или постоянного хранения (обезвреживания).

При реализации метода DEA и его модификации для анализа организационно-технических систем предприятий по сортировке твердых бытовых отходов ставятся и решаются два типа задач:

- первая задача состоит в определении эффективности, обеспечивающей максимальный выпуск набора полезных продуктов и материалов, т. е. максимальный выход. Эта задача решается с помощью метода DEA;

- вторая задача заключается в определении минимального нежелательного выхода. Для этого используется модификация метода DEA.

Метод DEA реализуется по следующей схеме:

- берется выборка нескольких объектов (в нашем случае – предприятий по сортировке твердых бытовых отходов);

- анализируются наборы их входных и выходных параметров;

- определяются эффективные объекты, для которых составляется граница эффективности. Эта граница служит для остальных объектов эталоном, с помощью которого появляется возможность выдавать неэффективным и слабо эффективным объектам рекомендации по корректировке их параметров.

С помощью границы отставания, которая строится с использованием модификации метода DEA, определяется граница неэффективных объектов. В этом случае анализируется выход, характеризующий остатки, которые идут на полигоны, т. е. не участвуют в дальнейшей хозяйственной деятельности и являются отрицательным фактором, требующим минимизации с целью повышения выпуска полезных продуктов.

Критериями оценки предприятий по сортировке твердых бытовых отходов как организационно-технических систем будут энергоэффективность, оптимальность работы технологической линии, степень автоматизации производства и некоторые другие. На основании этих критериев можно определить следующие направления по повышению эффективности производства:

- производить больший процент рассортированных компонентов, затрачивая один и тот же объем отходов;

- минимизировать затраты энергии на сортировку 1 т отходов;

- сократить и более эффективно использовать труд рабочих путем повышения технологических параметров за счет модернизации производства;

- определить лидеров неэффективности и выявить ее причины.

Таким образом, нами рассмотрено применение метода DEA и его модификации для оценки эффективности функционирования ОТС на примере предприятий по сортировке твердых бытовых отходов. Предложенная схема может быть использована для повышения эффективности работы организационно-технических систем, комплексов, объектов в разных сферах хозяйственной деятельности.

#### Библиографические ссылки

1. Моргунов Е. П. Многомерная классификация на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем / НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2003.

2. Рукавицына Т. А. Развитие модели методологии DEA // Вестник СибГАУ. 2010. Вып. 3 (24). С. 74–77.

3. Царев Р. Ю. Модификация многоатрибутивного метода принятия решений в задачах выбора компонентов систем управления // Информ. технологии. 2007. № 7. С. 19–23.

4. Итеративный метод многоатрибутивного формирования оптимального состава информационно-управляющих систем / И. В. Ковалев, А. В. Аниконов, М. Ю. Слободин, Р. Ю. Царев // Системы упр. и информ. технологии. 2006. № 2 (24). С. 90–95.

5. Новожилов А. А. Метод DEA для анализа функционирования предприятий по переработке твердых бытовых отходов // Информатика и системы упр. 2010. № 1. С. 98–103.

M. V. Karaseva, A. A. Novozhilov, T. A. Rukavitsina

## TO THE QUESTION OF ESTIMATION OF EFFICIENCY OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS FUNCTIONING

*The paper considers application of DEA-method and its modifications used for estimation of efficiency of functioning of organizational and technical systems of enterprises.*

*Keywords: DEA-method, multiattributive, organizational and technical system, estimation criteria.*

© Карасева М. В., Новожилов А. А., Рукавицына Т. А., 2011

УДК 62-83:681.5

В. П. Кочетков, А. В. Коловский

## ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С РАЗРЫВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*Рассмотрен автоматизированный электропривод экскаватора с разрывным управлением и выбор оптимальной поверхности скольжения. Исследовано влияние весовых коэффициентов критерия оптимальности на динамику электропривода в режимах пуска и стопорения, а также предложен алгоритм выбора весовых коэффициентов.*

*Ключевые слова: автоматизированный электропривод, система с переменной структурой, скользящий режим.*

Разработка и совершенствование методов и алгоритмов синтеза управления сложными динамическими объектами, описываемыми системой дифференциальных уравнений высокого порядка, коэффициенты которых могут меняться в широком диапазоне, является актуальной проблемой современной теории и практики управления [1]. Примерами подобных объектов могут быть различные летательные аппараты, манипуляционные и мобильные роботы, станки, экскаваторы, различные технологические установки и процессы.

Эти объекты представляют собой сложные много-массовые системы, на динамику которых большое влияние оказывают зазоры в передачах и действие упругих элементов, причем жесткость упругой связи и момент инерции исполнительного органа значительно меняются в процессе технологического цикла и зависят от геометрического положения исполнительного органа в пространстве. В данной статье в качестве такого органа рассмотрен электропривод копающего механизма экскаватора.

Одним из перспективных подходов к синтезу систем управления сложными динамическими объектами является применение систем с переменной структурой (СПС), разработанных академиком С. В. Емельяновым и его школой [2]. Наиболее широкое распространение в этом подходе получило направление, изучающее скользящие режимы [3]. В таких режимах движение изображающей точки определяется уравнением поверхности переключения и не зависит от

свойств объекта управления, т. е. система, находящаяся в скользящем режиме, инвариантна к параметрическим и внешним возмущениям.

Управление автоматизированными электроприводами, питающимися от силовых управляемых полупроводниковых преобразователей энергии, осуществляется изменением напряжения. Современные силовые приборы работают преимущественно в ключевом режиме с целью обеспечения малых потерь энергии. Следовательно, управляемый электропривод является динамической нелинейной системой, описываемой дифференциальными уравнениями с разрывной правой частью.

Напряжение, подаваемое на обмотку электрической машины и являющееся для нее управлением, в силу ключевого характера работы полупроводниковых элементов преобразователя напряжения, носит разрывной характер. В этом случае разрывной характер управления, являющийся основным признаком систем с переменной структурой, не является навязанным системе извне свойством, а определяется ее физической природой, что и обуславливает перспективность использования скользящих режимов для управления электроприводами.

Математическое описание двухмассовой электро-механической системы (ЭМС) с силовым полупроводниковым преобразователем при общепринятых допущениях может быть представлено системой линейных дифференциальных уравнений [4]:

$$\dot{X} = AX + Bu, \quad (1)$$