

УДК 665.63

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Егоров А.А., студент гр. 1-ТЭФ, V курс

Научный руководитель: Плещивцева Ю.Э., д.т.н., профессор кафедры
«Управление и системный анализ в теплоэнергетических и социотехнических
комплексах»

Шендрик С.Н., студент гр. 1-ТЭФ, V курс

Научный руководитель: Деревянов М.Ю., к.т.н., старший преподаватель
кафедры «Управление и системный анализ в теплоэнергетических и
социотехнических комплексах»

Самарский государственный технический университет
г.Самара

В работе предлагается подход к формированию интегральных обобщённых показателей качества, характеризующих эффективность систем управления технологических объектов, на примере установки первичной переработки нефти - атмосферно-вакуумной трубчатке АВТ-4 ОАО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод». Указанный подход базируется на методе построения рейтинговых и экспертных оценок производственно-экономических систем – методе многокритериального оценивания сравнительной эффективности DEA (Data Envelopment Analysis) [1]. Основой для проведения интегрального анализа сравнительной эффективности показателей качества технологических процессов управления являются результаты обследования установки АВТ-4 по авторской методике [2,3]. Одним из разделов методики является обследование локальных автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) блоков и узлов установки АВТ-4, которое включает выявление всех действующих возмущений, управляющих воздействий, показателей качества управления в установившемся и динамическом режимах и их сопоставление с заданными значениями для каждой локальной АСУ ТП. DEA-метод использует полученные числовые показатели качества управления не только для выявления неэффективных локальных АСУ ТП установки АВТ-4, но и позволяет выявить, насколько показатели неэффективно управляемых параметров далеки от своих потенциально возможных эффективных значений.

Рассмотрим общую постановку задачи интегрального анализа метода DEA. Предполагается, что оцениваемый объект характеризуется m входными и k выходными параметрами, т.е. входы и выходы являются, соответственно, m и k мерными векторами: $X=\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ и $Y=\{Y_1, Y_2, \dots, Y_k\}$ (рисунок 1) [3].

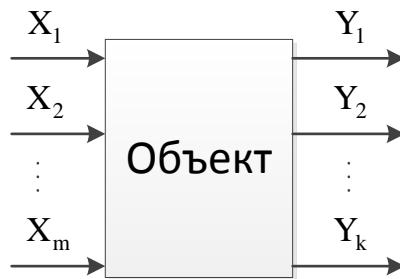


Рисунок 1 – Обобщенное представление многомерного объекта

Выходные величины $Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_k$ выбираются таким образом, чтобы каждая из них характеризовала фактор, играющий положительную роль в суммарном показателе эффективности f исследуемой системы:

$$\frac{\partial f(Y_1, Y_2, \dots, Y_k)}{\partial Y_i} > 0, i = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

В качестве входных величин $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_m$ берутся показатели, уменьшение которых приводит к повышению показателя суммарной эффективности:

$$\frac{\partial f(X_1, X_2, \dots, X_m)}{\partial X_j} < 0, j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

На основе содержательного выбора m входов $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$ и k выходов $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_k$, структура комплексного показателя эффективности для каждого исследуемого объекта в базовом варианте метода DEA формируется следующим образом :

$$f = \frac{u_1 \cdot Y_1 + u_2 \cdot Y_2 + \dots + u_i \cdot Y_i + \dots + u_k \cdot Y_k}{v_1 \cdot X_1 + v_2 \cdot X_2 + \dots + v_j \cdot X_j + \dots + v_m \cdot X_m} \quad (3)$$

Аналитически, условия существования значений коэффициентов комплексной эффективности f_n для каждого из N объектов на интервале $[0, 1]$ записывают в виде:

$$\frac{u_1 \cdot Y_{1n} + u_2 \cdot Y_{2n} + \dots + u_i \cdot Y_{in} + \dots + u_k \cdot Y_{kn}}{v_1 \cdot X_{1n} + v_2 \cdot X_{2n} + \dots + v_j \cdot X_{jn} + \dots + v_m \cdot X_{mn}} \leq 1, n = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

В (4) величины X_{jn} ($j = 1, 2, \dots, m$) и Y_{in} ($i = 1, 2, \dots, k$) являются, соответственно, численными значениями входа X_j и выхода Y_i для n -го объекта.

Конкретную величину обобщённого показателя эффективности f_n в методе DEA предлагается отыскивать для каждого из N объектов путём максимизации показателя f (3) на множестве значений весов u_i ($i=1,2 \dots, k$), v_j ($j=1,2 \dots, m$), принадлежащих области определения G . При этом веса для каждого n -ого объекта, в общем случае, будут различными $u_n = \{u_{1n}, u_{2n} \dots u_{kn}\}$ и $v_n = \{v_{1n}, v_{2n} \dots v_{mn}\}$.

Задача отыскания для n -ого объекта обобщённого показателя эффективности f_n и соответствующего ему набора весовых коэффициентов u_{in} и v_{jn} записывается следующим образом:

найти максимум функционала:

$$f_n = \max_{u_{in}, v_{jn} \in G} \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}}{v_{1n} \cdot X_{1n} + v_{2n} \cdot X_{2n} + v_{3n} \cdot X_{3n} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mn}} \quad (5)$$

при наличии ограничений, определяющих область значений G весов u_{in}

и v_{jn} :

$$\begin{aligned} \frac{u_{1n} \cdot Y_{11} + u_{2n} \cdot Y_{21} + u_{3n} \cdot Y_{31} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{k1}}{v_{1n} \cdot X_{11} + v_{2n} \cdot X_{21} + v_{3n} \cdot X_{31} + \dots + v_{mn} \cdot X_{m1}} &\leq 1 \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{12} + u_{2n} \cdot Y_{22} + u_{3n} \cdot Y_{32} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{k2}}{v_{1n} \cdot X_{12} + v_{2n} \cdot X_{22} + v_{3n} \cdot X_{32} + \dots + v_{mn} \cdot X_{m2}} &\leq 1 \\ \dots \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{1N} + u_{2n} \cdot Y_{2N} + u_{3n} \cdot Y_{3N} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kN}}{v_{1n} \cdot X_{1N} + v_{2n} \cdot X_{2N} + v_{3n} \cdot X_{3N} + \dots + v_{mn} \cdot X_{mN}} &\leq 1, \end{aligned} \quad (6)$$

$i = \{1, 2, \dots, k\}; j = \{1, 2, \dots, m\}.$

В общем случае, решение задачи многокритериальной оптимизации (5), (6) имеет не единственное, а целое множество решений, удовлетворяющих заданным ограничениям (6). При этом, одной и той же относительной эффективности может отвечать некоторое множество решений как в пространстве входных и выходных параметров, так и в пространстве весов функционала. Следовательно, различные объекты с различающимися характеристиками в методе DEA могут иметь одинаковые обобщённые показатели эффективности [1].

По результатам проведенного анализа локальных автоматизированных систем управления технологическими процессами, в составе вакуумного блока установки АВТ-4 функционируют 7 локальных АСУ ТП. В таблице 1 представлены управляемые технологические параметры, отклонения фактических значений показателей качества от заданных по технологическим требованиям и интегральные DEA-оценки показателей качества локальных АСУ ТП вакуумного блока установки АВТ-4.

В качестве выходных величин Y_i ($i=1,2,\dots,5$) в (5) рассматриваются отклонения фактических значений показателей качества от заданных по технологическим требованиям в динамическом и установившемся режимах (максимальное перерегулирование, время регулирование, степень затухания, установившееся значение, статическая ошибка). В качестве входных величин X_j , ($j=1,2,\dots,4$) принимаются следующие параметры локальных АСУ ТП: заданное значение регулируемой величины; возмущения, действующие на систему; технологические параметры оборудования.

Для упрощения процедуры поиска обобщенного показателя эффективности f_n ($n=1,2,\dots,7$) целесообразно использовать модификацию DEA-метода, в которой значения входных величин X_j и их весовых коэффициентов v_j ($j = 1, 2, \dots, m$) принимаются постоянными для всех рассматриваемых локальных АСУ ТП и, поэтому, исключаются из целевой функции. В итоге, общая постановка задачи формулируется как задача линейного программирования следующим образом.

Требуется найти максимум функции:

$$f_n = \max_{u_{in} \in G} u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kn}; (n=1,2,\dots,7) \quad (7)$$

при наличии ограничений, определяющих область значений G весовых коэффициентов u_{in} :

$$\begin{aligned} u_{1n} \cdot Y_{11} + u_{2n} \cdot Y_{21} + u_{3n} \cdot Y_{31} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{k1} &\leq 1 \\ u_{1n} \cdot Y_{12} + u_{2n} \cdot Y_{22} + u_{3n} \cdot Y_{32} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{k2} &\leq 1 \\ \dots \\ u_{1n} \cdot Y_{1N} + u_{2n} \cdot Y_{2N} + u_{3n} \cdot Y_{3N} + \dots + u_{kn} \cdot Y_{kN} &\leq 1, \\ i = \{1, 2, \dots, k\}; n = \{1, 2, \dots, N\} \end{aligned} \quad (8)$$

Таблица 1 - Технологические параметры и интегральные оценки показателей качества локальных АСУ ТП вакуумного блока АВТ-4

№ п/п	Наименование параметра технологического процесса	Отклонения фактических значений показателей качества от заданных по технологическим требованиям значений					Интегральная DEA-оценка
		Максимальное перегулирование	Время регулирования	Степень затухания	Установившееся значение	Статическая ошибка	
1	Температура мазута на выходе из П-3	5%	0 с	-0,02	-1,1°C	0,5°C	1
2	Расход отбензиненной нефти в колонну К-2	20%	40 с	0,4	0,5 м ³ /час	0,5 м ³ /час	1
3	Расход мазута в печь П-3	7%	-13 с	0	-3,2 м ³ /час	4 м ³ /час	1
4	Расход топлива в П-3	0	5 с	0	-2,5 м ³ /час	3 м ³ /час	0,64
5	Уровень колонны К-5	0	23 с	0	0	0	1
6	Расход перегретого пара в К-5	20%	27 с	0	2 т/час	8 т/час	1
7	Температура колонны К-5	5%	12 с	0,02	-1,1°C	0,2°C	0,79

Как следует из результатов оценивания, значения таких параметров, как температура мазута на выходе из печи, расход отбензиненной нефти в колонну К-2, расход мазута в печь П-3, уровень колонны К-5, расход перегретого пара в К-5 (п. 1-3, 5, 6 таблицы 1), имеющие интегральные оценки, равные единице, соответствуют предъявляемым к установившимся и переходным режимам работы технологическим требованиям. При этом остальные взаимосвязанные параметры локальных АСУ ТП не соответствуют установленным требованиям (п. 4 и 7 таблицы 1), что означает необходимость разработки решений по оптимизации структуры и параметров локальных систем для улучшения качества управления.

Список литературы:

1. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В. Формирование системных оценок эффективности региональных промышленных комплексов (применительно к нефтеперерабатывающим производствам) // Труды III Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» СНЦ РАН, г. Самара. – Т.1 – 2001. – С.308-320.
2. Сетин С.П., Егоров А.А., Шендрек С.Н. Разработка алгоритма обследования автоматизированных систем управления технологическим процессом переработки нефти на установках АВТ // Труды VIII Международного форума по проблемам науки, техники и образования, г. Москва. – Т.1 – 2013. – С.124-125.
3. Плещивцева Ю.Э., Деревянов М.Ю., Сетин С.П. Системный анализ качества управления процессом первичной переработки нефти.// Журнал «Нефтяное хозяйство», № 8, 2014. – стр. 124-128.