

А. Н. Антамошкин, О. Н. Моргунова, Е. П. Моргунов

Методика исследования эффективности сложных иерархических систем

Представлена формализованная методика исследования эффективности иерархических систем. Предложены способы прогнозирования эффективности системы на основе анализа тенденций в подсистемах. Предложен алгоритм перераспределения ресурсов в подсистемах с целью повышения их эффективности.

Введение. Исследованию эффективности систем в различных областях деятельности человека – в технике, в экономике, в социальной сфере, в биологии – посвящена обширная литература (см., например, [1, 2, 6, 8–10, 12–14, 15–22]). Таким образом, эффективность – это важнейшая категория теории систем. Обычно различается целевая и технологическая эффективность. Под целевой эффективностью (effectiveness) понимается степень соответствия функционирования исследуемой системы ее целевому назначению, т. е. степень достижения цели. Поскольку понятие эффективности приложимо к системам, которые рассматриваются как преобразователи ресурсов в продукцию, то можно говорить о *технологии* функционирования системы как способе преобразования ресурсов в результаты. Соответственно под технологической (ресурсной) эффективностью (technical efficiency) понимается степень интенсивности использования ресурсов с точки зрения соотношения между объемами выпуска различных видов продукции, с одной стороны, и размерами затраченных ресурсов – с другой. Эта характеристика может измеряться в общем случае векторными показателями [4; 6, с. 448–450; 11].

Инструментарий, применяемый для исследования эффективности, на наш взгляд, можно разделить на три уровня:

– базовый инструментарий: теория множеств, теория графов, математическое программирование, теория дифференциальных уравнений, статистические методы и др. [8–12];

– специализированные методы исследования эффективности, которые строятся на основе инструментария первого уровня (например, теория производственных функций [3], имитационное моделирование [2, 8, 9]);

– макроинструменты (методики, объединяющие в себе различные инструменты первых двух уровней).

Выбор инструментария определяется решаемой задачей и уровнем сложности исследуемой системы. Всестороннее исследование эффективности сложной системы – нетривиальная задача, поэтому для ее решения ранее уже предлагались специализированные методики. Одна из наиболее эффективных, на наш взгляд, методик предложена в работе [17]. Основным отличительным качеством этой методики является возможность получения оценок эффективности на всех уровнях иерархии, откорректированных с учетом эффективности вышестоящих подсистем. Однако данная методика, являясь хорошим инструментом для проведения оценки достигнутого уровня эффективности в исследуемой системе, не позволяет дать для нее каких-либо прогнозов относительно эффективности в будущие периоды и предложить рекомендации по перераспределению ресурсов в системе с целью повышения ее эффективности.

Целью статьи является представление формализованной методики исследования эффективности иерархических систем, которая восполняла бы отмеченные недостатки вышеописанной методики.

Тип систем, для исследования которых предназначена методика. Не описывая все возможные типы систем и их структур, ограничимся лишь напоминанием следующих типов, которые будут использоваться в дальнейшем изложении:

– дискретные («корпускулярные») системы – характеризуются тем, что они состоят из однотипных взаимозаменяемых элементов. Связи между элементами в таких системах не являются жесткими, зачастую элементы связаны друг с другом лишь посредством общей среды, в которой они функционируют, гибель одного элемента не приводит к гибели всей системы. Примерами могут служить особи в популяции биологического вида, однотипные организации или предприятия в монополизированной отрасли и т. д. [5];

– жесткие системы – характеризуются уникальностью элементов и прочными связями между ними, взаимозаменяемость между элементами отсутствует или почти отсутствует, при удалении одного из элементов системы ее функционирование становится невозможным. В качестве примеров можно привести организм животного или человека, в котором содержатся подсистемы как корпускулярного, так и жесткого типа [5];

– компенсационные системы – это системы, в которых недостаточность одних факторов в значительной степени может компенсироваться избытком других факторов [5, с. 155].

Предлагаемая методика предназначена для исследования эффективности иерархических систем дискретного типа, обладающих свойством взаимной компенсации факторов. Подобные системы имеют место в экономике, социальной сфере, военной области, биологии и т. д.

Принципы построения методики исследования эффективности. Построение методики, которая сама является системой, должно направляться определенными принципами, определяющими ее основные функции и сферу применения. Сформулируем их.

1. Предоставление лицу, принимающему решения (ЛПР) как агрегированной, так и детализированной информации (если она потребуется).

2. Предоставление ЛПР как количественных, так и качественных оценок (качественные оценки могут быть более наглядными).

3. Взгляд на исследуемую систему как извне, так и изнутри (различные положения наблюдателя).

4. Оценка как с точки зрения соотношения затрат и результатов, так и с точки зрения степени достижения цели.

5. Реализация подхода «описание–объяснение–предсказание».

Известно, что в реальных системах может иметь место противоречивость целей подсистем различных уровней иерархии. Учет этого фактора предполагается обеспечивать за счет соответствующего выбора переменных для исследования эффективности на каждом уровне иерархии, поскольку зачастую показатели для оценки нижестоящих подсистем назначаются вышестоящей системой.

Используемый инструментарий. Нами предлагается в качестве основного метода для построения методики исследования эффективности использовать Data Envelopment Analysis (DEA). Данный метод был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [15], которые основывались на идеях M. J. Farrell [20]. Метод с успехом применяется на Западе для оценки эффективности функционирования однородных объектов в различных социально-экономических системах (дискретные системы). В качестве русскоязычного эквивалента названия данного метода предложен такой вариант – «анализ среды функционирования (АСФ)» [1]. Метод DEA–АСФ основан на построении так называемой *границы эффективности* (которая имеет форму выпуклой оболочки или конуса) и использовании ее в качестве эталона для проведения оценки эффективности объектов в исследуемой совокупности. Степень эффективности объектов определяется степенью их близости к границе эффективности в многомерном пространстве входов/выходов.

Рассмотрим кратко суть метода DEA–АСФ на примере одной из его моделей. Пусть имеются данные для K входных параметров и M выходных параметров для каждого из N однородных объектов (такими объектами могут быть, например, фирмы, банки, университеты). Для i -го объекта они представлены вектор-столбцами x_i и y_i соответственно. Тогда матрица X размерности $K \times N$ и матрица Y размерности $M \times N$ представляют собой матрицы входных и выходных параметров для всех N объектов. Модель формулируется в виде задачи линейного программирования в такой форме [16, с. 150]:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda_i = 1, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где θ – скаляр, а λ является вектором констант размерности $N \times 1$. Значение θ , полученное при решении задачи, и будет мерой эффективности i -го объекта. При этом эффективность не может превышать единицы. Аналогичная задача решается N раз, т.е. для каждого объекта. Те объекты, для которых значение показателя эффективности оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. Граница эффективности – понятие условное. Ее вершинами являются эффективные точки в пространстве входов/выходов. В модели (1) векторы x_i и y_i не обязательно должны принадлежать матрицам входов X и выходов Y , но если векторы x_i и y_i взяты из другого массива данных (например, за другой временной период), их размерности должны быть согласованы с размерностью матриц. Метод работает таким образом, что объект (x_i, y_i) сопоставляется с выпуклой оболочкой точек, определяемых матрицами входов X и выходов Y .

Для объектов, у которых показатель эффективности оказался меньше единицы, могут быть установлены цели, заключающиеся в выведении их на границу эффективности, т. е. в пропорциональном сокращении их входных факторов на величину θ при сохранении выходных значений на прежнем уровне. Поэтому приведенная модель называется моделью, *ориентированной на вход*.

При использовании модели, *ориентированной на выход*, для неэффективных объектов будут выданы рекомендации по пропорциональному увеличению выходных значений в ϕ раз при неизменных значениях входов. Вот эта модель [16, с. 158]:

$$\begin{aligned} \max_{\phi, \lambda} & (\phi), \\ & -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda_i = 1, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Метод DEA–АСФ имеет ряд привлекательных свойств, в том числе он [19, с. 8]:

- позволяет вычислить один агрегированный показатель эффективности для каждого объекта, не требуя при этом априорного задания весовых коэффициентов для переменных, используемых в анализе;

- не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами, поскольку полученная граница эффективности является кусочно-линейной;

– множество эффективных объектов является оптимальным по Парето.

Поскольку метод позволяет получить показатель только *относительной* эффективности объектов, то объекты, находящиеся на границе эффективности, также могут улучшить результаты своей работы. Поэтому ранее уже предлагалось формировать искусственную границу эффективности в качестве теоретического эталона для реальных объектов [21, 22]. В развитие идеи формирования искусственной границы эффективности было предложено формировать не одну такую границу, а целый ряд границ, выполняющих функции разделяющих поверхностей в пространстве входов/выходов объектов [7]. Таким образом, появилась возможность использовать принципы многомерной классификации для разбиения совокупности многомерных объектов на классы, однородные в смысле эффективности. Искусственные границы эффективности предлагалось формировать с помощью экспертов, на основе информации, внешней по отношению к исследуемым объектам. Основная идея предложенного подхода заключается в использовании метода DEA–АСФ в качестве механизма для непосредственного проведения классификации сложных объектов в многомерном пространстве входных и выходных переменных, в котором предварительно строятся разделяющие поверхности (границы эффективности), имеющие форму выпуклых оболочек, вложенных одна в другую. Такая форма искусственной границы объясняется особенностями компенсационных систем и соответствует идеологии метода DEA–АСФ. Внешнюю оболочку можно с некоторой долей условности считать «абсолютной» границей эффективности (или границей потенциальной эффективности).

Таким образом, сформировать искусственную границу эффективности означает – сформировать матрицы входов X и выходов Y для совокупности объектов, которые будут служить в качестве *эталонных*.

Применение классификации объектов в подсистемах иерархической системы с использованием нескольких искусственных границ эффективности полезно в тех случаях, когда при одинаковом значении показателя эффективности θ у двух и более объектов, рассчитанного относительно «главной» (внешней) границы, объекты могут попасть в разные классы эффективности вследствие особенностей конфигурации вложенных границ эффективности. Классификация может повысить наглядность представления результатов исследования эффективности для ЛПР.

Предложим еще один способ построения искусственных границ эффективности. Для каждого объекта сформировать (вручную или алгоритмическим путем) ряд вариантов предоставления ресурсов R_i и получить оценки объемов выпусков для каждого варианта по всем объектам. При этом необходимо учитывать, что не для всех объектов зависимость между увеличением объема доступных ресурсов и увеличением выпуска будет линейной. Необходимо включить и вариант предоставления каждому объекту максимального объема ресурсов R^e , который он может эффективно переработать (либо всего того объема R^i , которым располагает вся подсистема или система): $R_i = \min \{R^i, R^e\}$. Таким образом, будут сформированы матрицы входных X и выходных Y переменных для использования их в задаче метода DEA–АСФ. Эффективные комбинации ресурсов и выпусков дадут нам эталонную границу, которая будет определяться матрицами $X^e = \{x_i^e\}$ и $Y^e = \{y_i^e\}$, где i^e – индексы объектов, для которых показатель эффективности равен 1. Относительно этой границы можно оценивать текущие достижения (комбинации входов и выходов) существующих объектов.

Основные положения предлагаемой методики исследования эффективности.

1. *Оценка целевой эффективности системы.* Провести оценку эффективности системы в целом как единого объекта в совокупности подобных ему объектов, используя традиционные модели метода DEA–АСФ, например, (1) и (2).

2. *Оценка эффективности подсистем.* Провести исследование по методу DEA–АСФ в каждой подсистеме и получить оценки эффективности для каждой подсистемы/элемента.

Затем провести классификацию в подсистемах на основе эффективности и сгруппировать результаты. Число классов может выбираться, в зависимости от специфики системы. Тогда ЛПР может быть, например, представлена информация вида: число эффективных объектов – N_1 , число слабо эффективных объектов – N_2 , неэффективных – N_3 .

3. *Распределение ресурсов в системе.* Одним из путей повышения эффективности системы является рациональное (оптимальное в смысле того или иного критерия) распределение ресурсов внутри системы. Нами предлагается способ выбора варианта распределения ресурсов между элементами системы. Он основан на минимизации суммарных (по всем объектам в подсистеме) «недоборов» выпусков при различных вариантах распределения ресурсов. Шаги алгоритма таковы.

Шаг 1. Выбрать подсистему s в исследуемой системе. Пусть в подсистеме s имеется N элементов, среди которых распределяется K видов ресурсов и выпускается M видов продуктов (выпусков). В подсистемах различных иерархических уровней могут в общем случае быть различные наборы ресурсов и выпусков.

Шаг 2. Сформировать искусственные эталонные границы эффективности для исследуемой подсистемы одним из способов, описанных выше. Это будут матрицы входных параметров X^e (размерности $K \times N^e$) и матрицы выходных параметров Y^e (размерности $M \times N^e$) для всех N^e эталонных объектов в модели (2).

Шаг 3. Сгенерировать (алгоритмически или с помощью экспертов) J комбинаций R_j распределения K ресурсов между N элементами подсистемы s : $R_j = (R_{j1}, \dots, R_{ji}, \dots, R_{jN})$, $j=1, \dots, J$, где $R_{ji} = (r_{ji}^1, \dots, r_{ji}^k, \dots, r_{ji}^K)$. При этом всегда распределяется весь доступный объем Q^k ресурсов каждого k -го вида: $\sum_{i=1}^N r_{ji}^k = Q^k$, $j = \overline{1, J}$, $k = \overline{1, K}$.

Определить для каждого варианта R_{ji} распределения ресурсов каждому i -му объекту соответствующие объемы выпусков (продукции того или иного вида) $P_{ji} = (p_{ji}^1, \dots, p_{ji}^m, \dots, p_{ji}^M)$. Это может быть выполнено либо экспертным путем, либо на основе производственных функций, если они оценены для каждого элемента системы. На основе полученных данных сформируем J вариантов исходных данных для решения задачи DEA–АСФ: это будут матрицы X_j ресурсов (размерности $K \times N$) и матрицы Y_j выпусков (размерности $M \times N$) для всех N объектов.

Шаг 4. Для каждого j -го набора матриц X_j и Y_j решить задачу DEA–АСФ N раз, подставляя в модель (2) в качестве переменных x_i и y_i столбцы матриц X_j и Y_j соответственно, определив тем самым эффективности каждого i -го объекта. Задача DEA–АСФ формулируется в так называемой выходной ориентации (модель (2)) т. е. по результатам решения задачи для неэффективных объектов выдаются рекомендуемые (эффективные) значения выходных переменных, при достижении которых эти объекты оказались бы на границе эффективности. На основании этих рекомендаций и фактических значений выпусков можно вычислить «недобор» (дефицит) m -го выпуска для i -го объекта при j -ом варианте распределения ресурсов: $\Delta y_{ji}^m = y_{ji,eff}^k - y_{ji, fact}^k$, $j = \overline{1, J}$, $m = \overline{1, M}$, $i \in NE$, где NE – индексное множество неэффективных объектов.

Шаг 5. Найти суммарный «недобор» по всем N объектам для каждого m -го выпуска в рамках каждого j -го варианта распределения ресурсов в подсистеме s :

$$\Delta_j = \left(\sum_{i=1}^N \Delta y_{ji}^1, \dots, \sum_{i=1}^N \Delta y_{ji}^m, \dots, \sum_{i=1}^N \Delta y_{ji}^M \right).$$

Шаг 6. Выделить из множества $\{\Delta_j\}$ подмножество Парето-оптимальных векторов, учитывая, что частные критерии в данном случае являются негативными, т. е. лучшими будут меньшие значения показателей. Окончательный выбор единственного варианта остается за ЛПР.

Шаги приведенного алгоритма могут быть выполнены для всех подсистем исследуемой системы.

4. *Реструктуризация системы.* Известно, что реструктуризация системы является одним из возможных способов повышения ее эффективности. В числе методов реструктуризации – укрупнение и разделение подсистем. Основанием для таких действий может быть низкая эффективность подсистем. Для принятия решения о разделении или слиянии предлагается произвести гипотетическое объединение (разделение) элементов системы и определить их эффективность. При объединении ресурсы объединяемых элементов суммируются (по видам ресурсов), а для определения возможного выпуска укрупненного объекта в качестве первого приближения можно также взять сумму выпусков объединяемых объектов. При разделении подсистемы на две или более подсистем разделение ресурсов и выпусков производится на основе экспертных оценок. В основе всех этих идей лежит предположение о том, что реструктуризованная подсистема будет иметь более высокую эффективность, которую можно определить на основе решения задачи DEA–АСФ. Если полученные рекомендации по улучшению показателей гипотетического объекта ЛПР сочтет реализуемыми, то может быть принято управленческое решение о реструктуризации.

5. *Прогнозирование эффективности системы.* При наличии достаточного объема информации, одним из возможных подходов к прогнозированию эффективности сложной иерархической системы может быть следующий.

Шаг 1. Выбрать подсистему s в исследуемой системе. Пусть в подсистеме s имеется N элементов, среди которых распределяется K видов ресурсов и выпускается M видов продуктов (выпусков).

Шаг 2. Сформировать искусственные эталонные границы эффективности для исследуемой подсистемы s одним из способов, описанных выше. Это будут матрицы входных параметров X^e (размерности $K \times N^e$) и матрицы выходных параметров Y^e (размерности $M \times N^e$) для всех N^e эталонных объектов в модели (2).

Шаг 3. Для каждого временного периода t ($t = 1, 2, \dots, T$) сформировать матрицу X^t входных параметров (размерности $K \times N$) и матрицу Y^t выходных параметров (размерности $M \times N$) для всех N объектов.

Шаг 4. Определить эффективность e_i^t каждого i -го объекта в каждый период времени t . Для этого необходимо решить задачу DEA–АСФ $N \times T$ раз, подставляя в модель (2) в качестве переменных x_i и y_i столбцы матриц X^t и Y^t соответственно, определив тем самым эффективность каждого i -го объекта.

Шаг 5. На основании полученных временных рядов показателей эффективности e_i^t объектов в подсистеме s определить прогнозные значения этих показателей e_i^{T+1} .

Шаг 6. Вычислить некоторую агрегированную оценку показателей эффективности E_s^t в подсистеме s ($s = 1, 2, \dots, S$) в каждый период времени t . В качестве таких оценок могут использоваться простое среднее или взвешенное среднее.

Шаг 7. На основании полученного временного ряда значений агрегированного показателя эффективности E_s^t в подсистеме s определить прогнозные значения этого показателя $E1_s^{T+1}$.

Определить значение этого же показателя $E2_s^{T+1}$ путем агрегирования индивидуальных

показателей эффективности e_i^{T+1} . Если $\frac{|E1_s^{T+1} - E2_s^{T+1}|}{E1_s^{T+1}} > \delta$, где δ – некоторая заранее

заданная величина, то, возможно, следует выбрать другие переменные для исследования эффективности данной подсистемы.

Шаг 8. Если исследованы не все подсистемы, выбрать новую подсистему и перейти к шагу 2, иначе – завершить работу алгоритма.

Таким образом, предложенный подход позволяет на основании исследования тенденций на всех уровнях иерархической системы сделать предположения о ее эффективности в будущем. При этом возможно также оценить сроки достижения требуемого уровня эффективности в подсистемах иерархической системы.

Выводы. Предлагаемая методика имеет ряд новых возможностей по сравнению с аналогичной методикой, представленной в [17], и позволяет:

– выдать рекомендации по перераспределению ограниченных ресурсов в подсистемах с целью повышения их эффективности;

– сформировать прогноз уровня эффективности системы на основе тенденций изменения эффективности в подсистемах;

– повысить наглядность представления ЛПР результатов исследования эффективности посредством использования классификации объектов в подсистемах.

Область применения методики – иерархические системы в экономике, в социальной сфере, в органах административного управления, в сфере образования и здравоохранения.

Библиографический список

1. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сеньков, И. В. Родченков, П. М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.

2. Ильичев, А. В. Эффективность проектируемой техники: Основы анализа [Текст] / А. В. Ильичев. – М. : Машиностроение, 1991. – 336 с.

3. Клейнер, Г. Б. Производственные функции: Теория, методы, применение [Текст] / Г. Б. Клейнер. – М. : Финансы и статистика, 1986. – 239 с.

4. Лопатников, Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки [Текст] / Л. И. Лопатников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело, 2003. – 520 с.

5. Малиновский, А. А. Тектология. Теория систем. Теоретическая биология [Текст] / А. А. Малиновский. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 448 с.

6. Мезоэкономика переходного периода: Рынки, отрасли, предприятия [Текст] / Под ред. Г. Б. Клейнера. – М. : Наука, 2001. – 516 с.

7. Моргунов, Е. П. Многомерная классификация сложных объектов на основе оценки их эффективности [Текст] / Е. П. Моргунов, О. Н. Моргунова // Вестник НИИ СУВПТ: сб. науч. тр. / Под общ. ред. проф. Н. В. Василенко. – Красноярск, 2003. – Вып. 14. – С. 222–240.

8. Надежность и эффективность в технике [Текст] : справочник / Ред. совет: В. С. Авдуевский (пред.) и др. В 10 т. Т. 1. Методология. Организация. Терминология / Под ред. А. И. Рембезы. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с.

9. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник / Ред. совет: В. С. Авдуевский (пред.) и др. В 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

10. Росин, М. Ф. Статистическая динамика и теория эффективности систем управления [Текст] / М. Ф. Росин, В. С. Булыгин. – М. : Машиностроение, 1980. – 312 с.

11. Системный анализ и принятие решений : словарь-справочник : учеб. пособие [Текст] / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Высшая школа, 2004. – 616 с.

12. Соломонов, Ю. С. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность [Текст] / Ю. С. Соломонов, Ф. К. Шахтарин. – М. : Машиностроение, 2003. – 368 с.

13. Флейшман, Б. С. Основы системологии [Текст] / Б. С. Флейшман. – М. : Радио и связь, 1982. – 368 с.

14. Флейшман, Б. С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем [Текст] / Б. С. Флейшман. – М. : Сов. радио, 1971. – 224 с.
15. 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. – P. 429–444.
16. Coelli, T. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis [Text] / T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1998.– 275 p.
17. Cook, W. D. Hierarchies and Groups in DEA [Text] / W. D. Cook, D. Chai, J. Doyle, R. Green // *Journal of Productivity Analysis*. – 1998. – Vol. 10. – P. 177–198.
18. Cooper, W. W. Data Envelopment Analysis [Text] : A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software / W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone.– Boston : Kluwer Academic Publishers, 2000. – 318 p.
19. Data Envelopment Analysis [Text] : Theory, Methodology, and Application / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford.– Boston : Kluwer Academic Publishers, 1994. – 513 p.
20. Farrell, M. J. The Measurement of Productive Efficiency [Text] / M. J. Farrell // *Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General), Part III*. – 1957. – Vol. 120. – P. 253–281.
21. Sowlati, T. Establishing the Practical Frontier in DEA [Text] : Ph.D. dissertation / T. Sowlati. – University of Toronto, 2001.
22. Sowlati, T. Establishing the «Practical Frontier» in Data Envelopment Analysis [Text] / T. Sowlati, J. C. Paradi // *International DEA Symposium «Efficiency and Productivity Analysis in the 21st Century»*, 24–26 June 2002 (Moscow, Russia) : Abstracts / Institute for Systems Analysis of Russian Academy of Sciences; Global S. Consulting Company. – Moscow : International Research Institute of Management Sciences, 2002. – P. 32–33.

A. N. Antamoshkin, O. N. Morgunova, E. P. Morgunov

Efficiency assessment technique for complex hierarchical systems

Formalized efficiency assessment technique for complex hierarchical systems is presented. This technique is based on Data Envelopment Analysis. Methods are proposed for predicting efficiency of a system based on the analysis of trends in subsystems. Resources distribution algorithm is also proposed. It is aimed at improving of efficiency in subsystems.