

Анализ практического применения метода «охвата данных» для оценки эффективности образовательного процесса

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Описано практическое применение эконометрического метода «охвата данных» при оценке эффективности функционирования объектов образовательного процесса. Проведен анализ различных подходов к оценке эффективности функционирования объектов различной природы. Обоснован выбор предлагаемой модели Data Envelopment Analysis (DEA), ориентированной на результат обучения, для оценки образовательных учреждений. Описаны основные ограничения для исходных данных при использовании данной модели и рассмотрены примеры расчета показателей эффективности функционирования таких объектов, как школы довузовской подготовки. Приведен исходный код программы, которая реализует метод «охвата данных» для случая с одним выходом и двумя входами для оцениваемых объектов.

Ключевые слова: качество образования, метод «охвата данных», анализ эффективности, процессный подход, относительная эффективность.

1. Введение

Подготовка высококвалифицированных специалистов любой отрасли является стратегической задачей каждой страны и мирового сообщества в целом. Для успешной реализации стратегических целей образования многие государства вводят различные информационно-аналитические системы мониторинга качества обучения. Согласно указу Президента Украины «Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року»: «Пріоритетом розвитку освіти є впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, що забезпечують удосконалення навчально-виховного процесу, доступність та ефективність освіти, підготовку молодого покоління до життєдіяльності в інформаційному суспільстві» [1]. В этом же документе отмечается необходимость «створення системи інформаційно-аналітичного забезпечення у сфері управління навчальними закладами, інформаційно-технологічного забезпечення проведення моніторингу освіти». В Украине с 2004 года успешно функционирует ВНО. Эта система обеспечивает равный и справедливый доступ всех желающих к высшему образованию. В последнее время результаты ВНО используют в качестве индикатора уровня подготовки абитуриентов в средних общеобразовательных и специальных учебных заведениях. Что касается оценки качества высшего образования, то здесь основным показателем уровня подготовленности специалистов всё ещё является государственный экзамен и выпускная работа студента. Во многом такая ситуация объясняется тем, что структура организации высшего образования является достаточно сложной, поскольку подготовка специалистов осуществляется по множеству направлений и специальностей, и оценка качества подготовки студентов в конкретном учебном учреждении или различных вузах представляет собой достаточно проблематичную задачу из-за сложной сопоставимости результатов [2, 3]. Подобная проблема существует и при использовании результатов ВНО для оценки качества функционирования средних образовательных учреждений. Оценки ВНО являются лишь результатом, но не показывают эффективности образовательного процесса в конкретной школе.

Для решения проблемы оценки качества образовательного процесса и эффективности объектов образовательной деятельности целесообразно применять процессный подход [4-6] и согласно системе менеджмента качества (СМК) ISO 9000 для оценки качества процессов использовать два показателя: результативность и эффективность [5]. Для оценки данных показателей следует разработать информационно-аналитическую систему, которая позволит не только оперативно проводить расчеты показателей эффективности функционирования объектов образовательной деятельности, но и формировать исходные данные для получения этих показателей.

Одним из методов оценки эффективности является метод «охвата данных». В данной статье авторы предлагают использовать этот метод для оценки относительной эффективности подготовки специалистов.

Цель данной работы – обоснование выбора метода «охвата данных» для решения задачи оценки эффективности функционирования образовательных учреждений и разработка алгоритмического обеспечения для получения показателей эффективности оцениваемых объектов.

Объект исследования – эффективность функционирования объектов образовательной деятельности.

Предмет исследования – методы и модели оценки относительной эффективности образовательных учреждений.

Задачи данного исследования:

1. Обосновать применимость метода «охвата данных» для оценки эффективности образовательного процесса в образовательных учреждениях.
2. Адаптировать математическую модель DEA, ориентированную на выход, для оценки относительной эффективности функционирования образовательных учреждений.
3. Продемонстрировать работу метода «охвата данных» на основе реальных данных.

2. Анализ существующих методов оценки эффективности

Эффективность процесса согласно ИСО 9001-2001 отражается в соотношении достигнутых результатов с использованными ресурсами [7]. Существуют различные эконометрические методы оценки эффективности [8]. В основе этих методов лежит понятие границы эффективности (ГЭ), т.е. эффективность объекта рассчитывается исходя из близости значений показателей отдельно взятого объекта к потенциальной или фактической границе. ГЭ рассчитывается на основе производственной функции [9]. Классификация методов анализа эффективности по применяемому математическому аппарату для построения ГЭ показана на рис. 1. Следует отметить, что оба подхода (параметрические и непараметрические методы) используются равноправно – исследователи не отдают окончательного предпочтения какому-либо из них.

Метод «охвата данных» применяют во многих задачах анализа эффективности: эффективность работы банков, регионов, процессов коммерциализации и трансфера технологий (КТТ), работы медицинских учреждений и т.д. [8-13]. Интерес к этому методу вызван прежде всего тем, что нет четких ограничений к исходным данным – их природа может быть различной. На основе публикаций авторы заключили, что для успешного использования

результатов работы данного метода «охвата» необходимо выполнение следующих условий: четкая формулировка модели; обоснование оцениваемых параметров; небольшая агрегация исходных данных; большое количество оцениваемых переменных. Ранее в работах [14,15] была сформулирована постановка задачи оценки эффективности функционирования высших учебных заведений, рассмотрен и обоснован выбор исходных данных для оценки качества подготовки специалистов в вузах на разных уровнях управления, определены шкалы для оцениваемых параметров. Для оценки относительной эффективности объектов и субъектов образовательного процесса (студентов и преподавателей) все входные переменные сокращаются до трех основных показателей – контекстуальная, поведенческая и техническая компетентности. В работе [16] предложена модель DEA для оценки эффективности деятельности научно-преподавательского состава вуза.

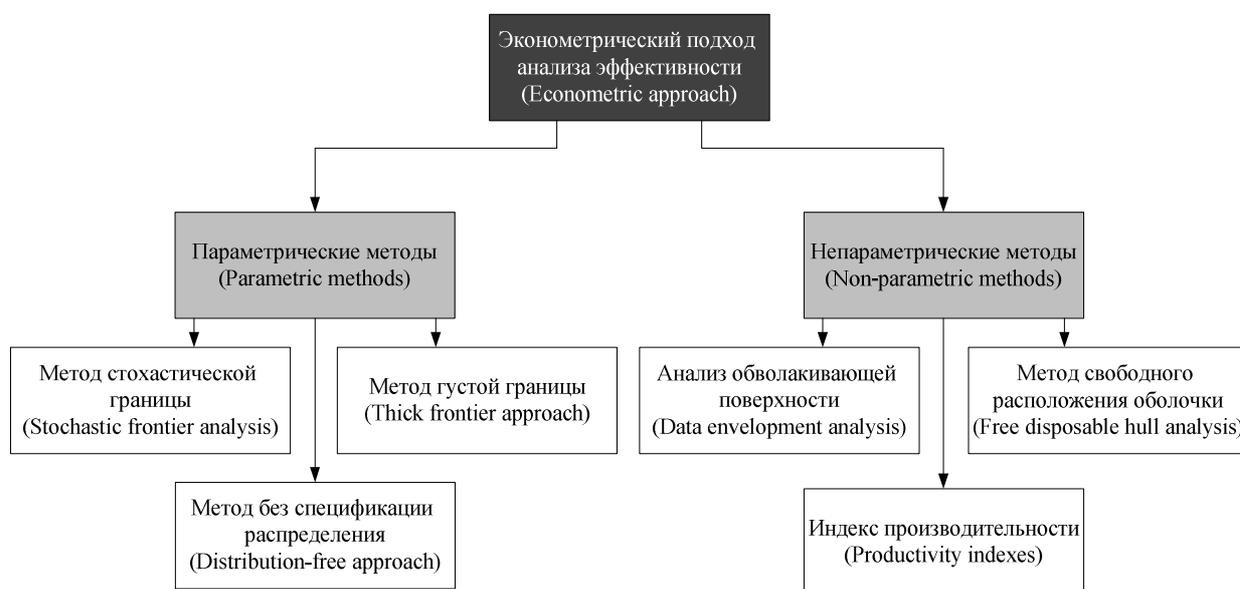


Рис. 1. Основные методы эконометрического подхода анализа эффективности

3. Метод «охвата данных»

Данный метод был предложен в 1978 г. Чарнсом, Купером, Родзом (Charnes, Cooper and Rhodes) и получил название – CCR согласно фамилиям авторов. Позже данный метод стали называть DEA (в переводе с англ. Data Envelopment Analysis – метод «охвата (вложений, свертки) данных»). В качестве русского названия данного метода предложен вариант – «анализ среды функционирования (АСФ)» [17]. Основная идея – это оценка относительной эффективности функционирования объектов и построение ГЭ, которая имеет форму выпуклой оболочки и используется в качестве эталона для проведения оценки эффективности объектов в исследуемой совокупности. Математически эффективность каждого объекта представляется как отношение взвешенной суммы выходов к взвешенной сумме входов [18–21].

Общий вид модели DEA, ориентированной на вход, следующий:

$$\max_{v,u} \theta = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_s y_s}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_m x_m}, \quad (1)$$

где θ – значение эффективности объекта;

x, y – соответственно «виртуальные входы» и «виртуальные выходы» для объекта;

u, v – это веса, которые необходимо рассчитать таким образом, чтобы прийти к максимальной оценке дроби;

s, m – количество «выходов» и «входов» соответственно.

Если модель DEA ориентирована на выход, то значение эффективности объекта минимизируется [21].

Для получения оценки эффективности необходимо решить задачу дробного линейного программирования, т.е. определить значения весовых коэффициентов для входов – v и для выходов – u , рассматривая u и v как переменные.

В случае, когда предполагаемых объектов более одного, необходимо рассматривать данную задачу как задачу оптимизации с ограничениями. Под ограничениями нужно понимать невозможность получить максимальную оценку дроби больше единицы. Или другими словами, отношение «виртуальных» результатов к «виртуальным» затратам не может быть больше чем 100%.

Необходимо найти такие весовые коэффициенты для рассматриваемого объекта, чтобы результат его дроби стремился к максимальной оценке, но в то же время соотношение для остальных объектов не могло превысить 100%.

Пусть мы находим эффективность для объекта O , тогда θ_o – это номер любого объекта из всей выборки $1, 2, \dots, n$.

Тогда задача принимает следующий вид:

$$(\theta_o) \max_{v,u} \theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}}; \quad (2)$$

для остальных объектов:

$$\frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n).. \quad (3)$$

Рассматриваемые весовые коэффициенты не должны быть отрицательными в силу логики поставленной задачи.

$$\begin{aligned} v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0; \\ u_1, u_2, \dots, u_s &\geq 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Эффективность для каждого объекта рассчитывается отдельно, но с учетом остальных данных. Следовательно, задача оптимизации решается n раз (n – количество объектов).

Математически неотрицательность (4) ограничений не является достаточным условием для того, чтобы дробные выражения (3) были положительными. Но в данном случае мы не рассматриваем это предположение в явной математической форме. Вместо этого мы опираемся на физический смысл допущения, что все «входы» и «выходы» несут ненулевую ценность и это отражается на соответствующих весах, которые, в свою очередь, тоже имеют положительные значения.

Предположим, что существует n объектов. Для адекватности расчетов

необходимо, чтобы данные («входы» и «выходы» для каждого объекта $j = 1, \dots, n$) были выбраны следующим образом:

1. Численные значения должны быть доступными для каждого «входа» и «выхода», причем они должны быть положительными для всех объектов.

2. Значения (вход, выход, выбранный объект для расчета эффективности) должны отражать аналитический или управленческий смысл компонент (отвечать здравому смыслу), которые входят в относительную оценку эффективности объектов.

3. Необходимо придерживаться таких принципов: меньшие суммы входных данных предпочтительнее, как и большие суммы выходных данных.

4. Единицы измерения для входов и выходов не обязательно должны совпадать. Это может быть число людей, площадь пространства, денежные расходы и т.д.

Графическая интерпретация метода была представлена в работах [11,15–19]. Далее рассмотрим примеры решения описанной выше задачи.

4. Примеры реализации метода «охвата данных»

Продемонстрируем адекватность данной модели для задачи оценки качества подготовки специалистов.

Пример 1. Пример с одним входом и одним выходом

Рассмотрим успеваемость 10 школьников. Оценим эффективность их работы внутри группы. Под входами в данной задаче будем понимать средний балл текущей успеваемости, а под выходом – результат тестирования по украинскому языку. Каждый школьник заинтересован в высоких оценках. Данные пригодны для аналитики, так как подчиняются принципам, введенным ранее. Максимальный балл за тест – 200, максимальное значение успеваемости – 60.

В табл. 1 представлены данные для расчета. Можно рассчитать эффективность объекта А, решая следующую задачу линейного программирования:

$\max \theta = 172u$ (объект А) с ограничениями

$$58v = 1$$

$$172u \leq 58v \quad (\text{A}) \quad 171.5u \leq 53,5v \quad (\text{F})$$

$$170u \leq 57v \quad (\text{B}) \quad 153.5u \leq 49v \quad (\text{G})$$

$$161u \leq 42v \quad (\text{C}) \quad 195.5u \leq 57v \quad (\text{H})$$

$$149u \leq 43v \quad (\text{D}) \quad 144.5u \leq 43v \quad (\text{I})$$

$$136u \leq 46v \quad (\text{E}) \quad 162.5u \leq 51.5v \quad (\text{J})$$

При этом все переменные не отрицательны. Оптимальное решение для объекта А ($u^* = 0.0045, v^* = 0.0172$). Эталонным же набором оказывается объект С, даже с лучшими весами для А с учетом всех ограничений.

Таблица 1

Исходные данные для первого примера

Объекты	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј
Входы (успеваемость)	58	57	42	43	46	53.5	49	57	43	51.5
Выходы (тест)	172	170	161	149	136	171.5	153,5	195.5	144.5	162.5

Таким образом, объект С используется как характеристика объекта А, а именно представляет данный объект неэффективным даже с его лучшими весами. Лучшие веса для С – это значения $u^* = 0.006, v^* = 0.023, \theta^* = 1$. Данная оценка и будет границей эффективности.

Результаты расчетов для всех объектов представлены в табл. 2. Только множество С обладает эталонным набором (рис. 2).

Таблица 2

Результаты расчета эффективности (пример 1)

Объекты	CCR (θ)	Граничное множество	Веса U	Веса V
A	0.7736	C	0.0045	0.0172
B	0.7780	C	0.0046	0.0175
C	1.0000	C	0.0062	0.0238
D	0.9039	C	0.0061	0.0233
E	0.7713	C	0.0057	0.0217
F	0.8362	C	0.0049	0.0187
G	0.8172	C	0.0053	0.0204
H	0.8947	C	0.0046	0.0175
I	0.8766	C	0.0061	0.0233
J	0.8231	C	0.0051	0.0194

Рис. 2 иллюстрирует геометрически данную ситуацию. Граница эффективности представляется сплошной линией, проходит через точку С и не задевает никакую другую точку. Значения в результатах показывают, что необходимо сделать, чтобы привести каждый объект к границе эффективности. Например, объекту А, чтобы достигнуть границы эффективности, следует уменьшить свои входные данные на 77% ($\theta = 0.7736$), оставляя при этом выходные значения неизменёнными. И так далее для остальных объектов.

Граница эффективности при этом выглядит так, как показано на рис. 2:

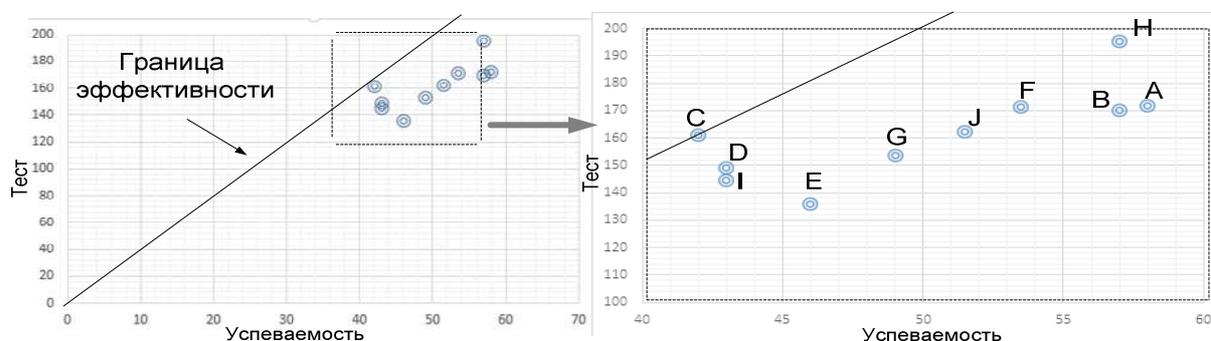


Рис. 2. Построение границы эффективности по результатам табл. 2

Продемонстрируем результаты для объекта А (табл. 3). Так уменьшим значение 58 на 77%, итого $(58 - 44,66 = 13,34)$. Результаты показаны в таблице.

Можно так прокомментировать расчеты: школьнику А было бы достаточно иметь низкую успеваемость (13) и получить за тестирование 172 балла, чтобы по эффективности своей работы он был лучшим среди данных ребят.

Пример 2. Два входа и один выход

Используя данную модель, проанализируем эффективность работы абитуриентов в двух областях – Луганской и Полтавской.

Таблица 3

Результаты расчета эффективности при новых значениях для объекта А

Объекты	ССР (θ)	Граничное множество
A	1.0000	A
B	0.2313	A
C	0.2973	A
D	0.2687	A
E	0.2293	A
F	0.2486	A
G	0.2430	A
H	0.2660	A
I	0.2606	A
J	0.2447	A

В данном случае в качестве исходных данных используются результаты входного контроля по математике и украинскому языку и результаты тестов, которые проводили школы довузовской подготовки.

Максимальный балл за входной контроль – 200, за тест – 20.

В приложении 1 отображены данные, принятые для расчетов, и результаты оценки эффективности.

Основные статистические показатели представлены в табл. 4.

На рис. 3 изображено расположение объектов относительно полученных результатов эффективности. В Луганской области значение неэффективности меньше 70% получил 1 человек, тогда как в Полтавской – 5.

Рассмотрим влияние такого фактора, как область (Луганская, Полтавская и т.д.) на результат оценки относительной эффективности. Для этого воспользуемся одним из статистических методов, наиболее подходящим для данной задачи, – однофакторным дисперсионным анализом. Результаты однофакторного дисперсионного анализа показаны в табл. 5.

Нулевая гипотеза принимается как $F1 < F^*$. Нет существенных различий между коэффициентами эффективности работы абитуриентов в двух рассматриваемых областях.

Результаты анализа показали: если рассматривать абсолютные показатели успеваемости учащихся отдельно по областям, то наблюдаются значительные различия: в Луганской области успеваемость лучше и можно было бы сделать выводы и об эффективной работе школ довузовской подготовки в этой области. Несмотря на это, анализ результатов входного и итогового контроля показывает, что в Полтавской области центры довузовской подготовки более эффективны, поскольку практически при одинаковых входных баллах по украинскому языку и более низких результатах в Полтавской области на входе по математике, итоговые баллы по окончании курсов сильно не отличаются друг от друга

Однако эффективность подготовки по результатам расчетов по методу DEA показывает незначительные различия между школами – 0,84 и 0,8, т.е. 4%. Анализ результатов успеваемости по областям на основе метода дисперсионного анализа также показывает, что различия между областями незначительные, что подтверждает корректность работы метода DEA. Существенным показателем работы метода является то, что на основании полученных оценок эффективности в конечном счете объекты оценки могут быть проранжированы даже при незначительных различиях, что невозможно, либо сложно сделать на основании результатов, полученных по иным статистическим методам анализа. По полученным результатам оценки эффективности курсы довузовской подготовки Луганской области будут в рейтинге выше, чем Полтавской.

Таблица 4

Мера центральной тенденции и вариация

	ФМШ	ССР (θ)	Математика	Украинский
Среднее значение (Луганская область)	18.43	0.84	179	164
Дисперсия (Луганская область)	5.1	0.01		
Среднее значение (Полтавская область)	16.81	0.8	168.9	163
Дисперсия (Полтавская область)	6.54	0.01		

Таблица 5

Статистика для дисперсионного анализа

Общая средняя оценка	0,819
Среднее значение для Луганской области	0,837
Среднее значение для Полтавской области	0,801
Общая СКО	0,48
Факторная СКО	0,013
Остаточная СКО	0,467
Средний квадрат факторный	0,013
Средний квадрат остаточный	0,012
Статистика $F_1 = \frac{S_1}{S_2}$	1,134
Статистика F^* критическое	4,085

5. Реализация метода «охвата данных» в пакете MatLab

Метод DEA был реализован в математическом пакете MatLab (протестировано в версии R2013a). Исполняемый m. файл содержит программный код, показанный на рис. 4. Задача оптимизации решается с помощью встроенной функции linprog. Функция цели и ограничения задаются в виде матриц и векторов:

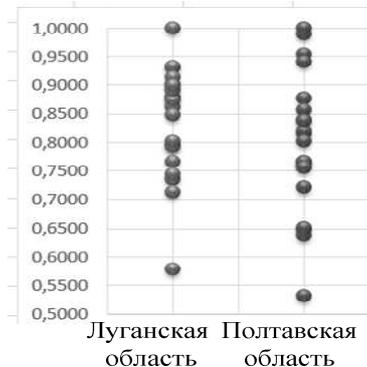


Рис. 3. Результаты оценки относительной эффективности

C – вектор-строка коэффициентов линейной целевой функции (размерностью n – общее количество выходов и входов);

A – матрица системы ограничений (матрица размерностью $p \times n$, где p – количество объектов, n – общее количество выходов и входов);

B – вектор свободных членов (размерностью n), построенный из коэффициентов выходов;

A_{eq} – строка из n элементов;

B_{eq} – значение для ограничения, в нашем случае это единица;

Ib – столбец из n элементов, в нашем случае все значения равны нулю;

$]$ – начальное приближение отсутствует.

Исходные данные можно занести в текстовый документ: первые два столбца отвечают за входные значения, последний – за выходные данные.

Метод прост в реализации, что даёт возможность использовать его на различных уровнях управления: оперативный контроль студентов внутри группы; оценка компетентности преподавательского состава кафедры; текущий контроль успеваемости групп и т.д.

6. Выводы

В статье был рассмотрен эконометрический метод «охвата данных» для оценки относительной эффективности образовательного процесса. Основными преимуществами метода является отсутствие ограничений на природу исходных данных и объективность получаемых результатов (не используется единый унифицированный набор весовых коэффициентов). Для целесообразного применения DEA были учтены существующие недостатки:

1. Множество исходных данных агрегируется в три показателя. На любом из уровней управления предлагается использовать одинаковый как по количеству, так и по семантике набор переменных.

2. Оценка осуществляется на одном и том же количестве объектов.

3. Статистика собирается в один и то же временной интервал для всех показателей.

Исходя из этого авторы считают оправданным использование метода DEA в целях стратегического управления и внешнего контроля образовательных процессов.

```

1 XY=dlmread('Name.dat');
2 % подгружаемые данные
3 m=2; k=1; n=3; p=42;
4 X=XY(:,1:m); % вспомогательная матрица
5 % для формирования дальнейшей
6 % матрицы - A
7 Y=XY(:,m+1:n); % вспомогательная матрица
8 % для формирования дальнейших
9 % матриц - A и B
10 v=zeros(n,p);
11 for i=1:p
12 C=-Y(i,:); C(k+1:n,1)=0;
13 Aeq=zeros(1,n);
14 Aeq(1,k+1:n)=X(i,:);
15 beq=1;
16 A=zeros(p,n);
17 A(:,1:k)=Y; A(:,m:n)=-X;
18 B=zeros(p,1); lb=zeros(n,1);
19 v(:,i) = linprog(C,A,B,Aeq,beq,lb,[]);
20 v % веса для объектов
21 end;
22 for i=1:p
23 k(i,1)=X(i,1)*v(2,i);
24 k(i,2)=X(i,2)*v(3,i);
25 k(i,3)=Y(i,1)*v(1,i);
26 end;
27 for i=1:p
28 k(i,1)=k(i,1)+k(i,2);
29 eff(i,1)=k(i,3)/k(i,1);
30 end; eff % вывод на экран оценок эффективности

```

Рис. 4. Программный код

Приложение 1

Исходные данные для примера 2

№ п/п	Українська мова	Математика	Тест	Область	CCR θ
1	142.5	174.5	15	Луганська	0.7658
2	165.5	192	20	Луганська	0.8792
3	151	172	12	Луганська	0.5781
4	156.5	173	20	Луганська	0.9297
5	161.5	178.5	20	Луганська	0.9009
6	176.5	183	20	Луганська	0.8612
7	179.5	182	17	Луганська	0.7351
8	165.5	184.5	20	Луганська	0.8792
9	166.5	181.5	20	Луганська	0.8739
10	174.5	189	19	Луганська	0.7941
11	148.5	182	19	Луганська	0.9308
12	143.5	181.5	18	Луганська	0.9125

Окончание таблицы

13	163.5	183	20	Луганська	0.8899
14	145.5	158	20	Луганська	1.0000
15	165.5	175.5	20	Луганська	0.8991
16	151	154.5	14	Луганська	0.7135
17	178.5	168	17	Луганська	0.7928
18	178.5	180	17	Луганська	0.7430
19	174.5	186	20	Луганська	0.8486
20	191	196.5	20	Луганська	0.8017
21	165	184.5	19	Луганська	0.8377
22	142.5	174.5	15	Полтавська	0.7658
23	185	173	18	Полтавська	0.8149
24	164.5	158.5	20	Полтавська	0.9901
25	169.5	164.5	20	Полтавська	0.9544
26	169	163	15	Полтавська	0.7221
27	165	173	14	Полтавська	0.6381
28	169	183	19	Полтавська	0.8201
29	166	186.5	20	Полтавська	0.8765
30	154.5	157	16	Полтавська	0.8021
31	166	158.5	19	Полтавська	0.9400
32	156	187.5	18	Полтавська	0.8394
33	169	164.5	16	Полтавська	0.7636
34	164	185	12	Полтавська	0.5323
35	152	165.5	16	Полтавська	0.7658
36	170.5	170	14	Полтавська	0.6475
37	134	166.5	12	Полтавська	0.6515
38	166	175	19	Полтавська	0.8563
39	165	181	19	Полтавська	0.8377
40	166	144.5	14	Полтавська	0.7553
41	166.5	140	18	Полтавська	1.0000

Список литературы

1. Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року [Текст] : указ Президента України від 25 червня 2013 р., № 344/2013 // Верховна Рада України 1994-2014. – Програмно-технічна підтримка – Управління комп'ютеризованих систем. Інформаційна підтримка – Відділ баз даних нормативно-правової інформації. – 2013. – № 344/2013.

2. Брызгалина, Е. В. Проблемы оценки качества образования: теория и практика [Текст] / Е. В. Брызгалина // Естественное образование: взаимодействие средней и высшей школы: под общей ред. акад. РАН, проф. В. В. Лунина и проф. Н. Е. Кузьменко. – М.: МГУ. – с.124–144.

3. Варченко, Е. И. Управление качеством образования в образовательном учреждении [Текст] / Е. И. Варченко // Молодой ученый. – 2013. – №3. – С. 471–474.

4. Кошкарева, Н. В. Методические подходы к описанию процессов системы менеджмента качества ВУЗа [Текст] / Н. В. Кошкарева, В. В. Левшина // Качество. Инновации. Образование. Менеджмент и системы качества образовательных учреждений.– 2004. – №1. – С. 42-48.
5. Ефимов, В. В. Процессы и процессно-ориентированный подход: учеб. пособие / В. В. Ефимов. – Ульяновск : УлГТУ, 2005. – 84 с.
6. Пермьяков, О. Е. Методологические подходы к проектированию систем оценки качества образования [Текст] / О. Е. Пермьяков // Изв. Томского политехн. ун-та. – 2005. – Т.308, №4. – С. 221-225.
7. Проект МС ИСО 9001:2000 «Системы менеджмента качества. Требования»: пер. с англ. – Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 2000. – 33 с.
8. Маглаперидзе, А. Методология исследования возможностей повышения эффективности процессов КТТ [Текст] / А. Маглаперидзе, С. Попов, В. Храпкина // Теорія і практика інтелектуальної власності. – 2009. – №2. – С. 60-65.
9. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сеньков и др. // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2-7.
10. Кочуров, Е. В. Оценка эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений: сравнительный анализ методов и моделей [Текст] / Е.В. Кочуров // Вестник СПбГУ. – 2005. – Сер.8. Вып.3. – С. 110-128.
11. Кузнецов, А. Метод DEA для изучения эффективности контейнерных терминалов [Текст] / А. Кузнецов, Е. Козлова // Морской флот. – 2007. – N 4. – С. 52–55.
12. Соловьёв, М. Н. Разработка математической модели сравнительной оценки эффективности регионов России [Текст] / М. Н. Соловьёв, С. В. Пестриков // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки.—2008.—№ 1(16) .— С. 175–177.— ISSN 1991–8615.
13. Светлов, Н. Оценка функции полезности сельскохозяйственного предприятия посредством линейного программирования // Никоновские чтения - 2002: Власть, бизнес и крестьянство: механизмы эффективного взаимодействия. М.: Энциклопедия российских деревень, 2002. – С. 308–310.
14. Добряк, В.С. Повышение качества подготовки специалистов за счет реализации образовательных проектов [Текст] / В. С. Добряк, М. С. Мазорчук, О. С. Радивоненко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №4(38). – С. 96-102.
15. Добряк, В. С. Построение математической модели отбора персонала на основе компетентностного подхода [Текст] / В. С. Добряк, М. С. Мазорчук, Н. С. Бакуменко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012.– №2(54). – С. 163-169.
16. Добряк, В. С. Модель оценки компетентности преподавателей высшего учебного заведения на основе метода охвата данных [Текст] / В. С. Добряк, М. С. Мазорчук // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – №3(51). – С. 80-83.
17. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сенькови и др. // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
18. 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.

19. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units // European Journal of Operational Research. – 1978. – №2. –P. 429-444.

20. Hosseinzadeh, Lotfi F. A Generalized Sensitivity Analysis DEA Model [Текст] / F. Hosseinzadeh Lotfi, S. A. Kharazmi, G. R. Amin // Applied Mathematical Science. – 2009. – Vol.3, № 51 . –P. 2535-2541.

21. Антамошкин, А. Н. Методика исследования эффективности сложных иерархических систем [Текст] / А. Н. Антамошкин, О. Н. Моргунова, Е. П. Моргунов // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. – 2006. – Вып. 2 (9). – С. 9–13.

Поступила в редакцию 14.09.2015

Аналіз практичного застосування методу «згортки даних» для оцінювання освітнього процесу

Описано практичне застосування економетричного методу «згортки даних» при оцінюванні ефективності функціонування об'єктів навчального процесу. Проведено аналіз різних підходів до оцінювання ефективності функціонування об'єктів різної природи. Обґрунтовано вибір пропонованої моделі Data Envelopment Analysis (DEA), орієнтованої на результат навчання, для оцінювання освітніх установ. Описано основні обмеження для вихідних даних при використанні даної моделі та розглянуто приклади розрахунку показників ефективності функціонування таких об'єктів, як школи довузівської підготовки. Наведено вихідний код програми, яка реалізує метод «згортки даних» для випадку з одним виходом і двома входами для оцінюваних об'єктів.

Ключові слова: якість освіти, метод «згортки даних», аналіз ефективності, процесний підхід, відносна ефективність.

Analysis of practical application of "Data envelopment analysis" method for estimating of educational process efficiency

This article describes the practical application of econometric "data envelopment analysis" method to estimation of training level of specialists in higher educational institutions. This article describes the different approaches to evaluating the objects effectiveness of the facilities of educational process. The model of Data Envelopment Analysis (DEA), results-oriented training for the assessment of educational institutions, is proved. The basic constraints for the input data using of this model and we consider examples of calculating the efficiency of facilities such as schools of preliminary training. Shows the code program that implements the method of " Data Envelopment Analysis " for the case of one output and two inputs valued.

Keywords: education quality, "data envelopment analysis" method, efficiency analysis, process approach, relative efficiency.