

Программный комплекс «EffiVision» для анализа деятельности сложных систем

В.Е. Кривоножко, М.М. Сафин, О.Б. Уткин, А.В. Лычев

Аннотация. В работе описывается программный комплекс «EffiVision», реализующий технологию Анализа Среды Функционирования (АСФ), которая предназначена для анализа деятельности сложных экономических и социальных систем. Показывается применение программного комплекса для решения практических задач.

Введение

Технология Анализа Среды Функционирования (АСФ) получила широкое распространение в мире в качестве инструмента для анализа сложных экономических и социальных систем. Начало данному подходу было положено в работах А. Чарнеса, В. Купера, Е. Роуда, Р. Бэнкера [1,2] в семидесятых-восемидесятых годах прошлого столетия. На английском языке название данного подхода звучит как Data Envelopment Analysis (DEA). В настоящее время число публикаций по данной тематике в международных изданиях составляет несколько тысяч единиц, см. ссылки в [3].

В теории и практике человеческой деятельности давно используются простые коэффициенты эффективности вида $k = Y/X$, где X – параметр затрат или ресурсов (входной параметр), Y – результат деятельности (выходной параметр). Таких показателей деятельности можно назвать десятки, если не сотни. К ним можно отнести, например, коэффициенты рентабельности в производстве и экономике, показатели ликвидности, коэффициенты надежности, различные варианты широко известного в физике и инженерном деле коэффициента полезного действия и многие другие.

Технология АСФ возникла как обобщение этих простых показателей деятельности на слу-

чай сложных многомерных систем, т.е. когда деятельность сложного объекта описывается набором входных параметров (x_1, \dots, x_m) и набором выходных параметров (y_1, \dots, y_r) . Для корректности и содержательности такой постановки, а также для устранения субъективных факторов в моделях, рассматривается множество подобных сложных объектов. Тогда математически такой подход сведется к решению большого числа оптимизационных задач. Мера эффективности в технологии АСФ имеет наглядный экономический смысл. Она показывает на сколько процентов объекту следует сократить свои ресурсы и/или увеличить свой выпуск, чтобы объект стал эффективным, поскольку имеются другие объекты, реальные или гипотетические, функционирующие оптимально.

Подход технологии АСФ к анализу деятельности сложных систем оказался плодотворным и конструктивным. В настоящее время технология АСФ охватывает гораздо более широкий спектр понятий и возможностей, чем просто вычисление и анализ эффективности сложных объектов. Технология АСФ имеет глубокую связь с теоретической экономикой, системным анализом, многокритериальной оптимизацией. Она позволяет строить многомерное экономическое пространство, находить оптимальные пути развития в нем, вычислять важнейшие ко-

личественные и качественные характеристики поведения объектов, моделировать различные ситуации.

В последнее время начался настоящий бум по применению этой технологии для анализа деятельности отраслей экономики, регионов, крупных компаний (нефтяных компаний, банков, производственных фирм), муниципальных организаций (объектов жилищно-коммунального хозяйства, колледжей и университетов, больниц и других социальных учреждений и т. п.). Ведущие мировые научные журналы посвящают технологии АСФ специальные выпуски.

Мировые конгрессы и международные конференции проводят по вопросам технологии АСФ отдельные секции, данной технологии посвящаются специальные конференции. Например, только в 2004 г. прошло две крупных международных конференции, посвященных исключительно данной тематике (Торонто NAPW 2004, Бирмингем DEA 2004).

При реализации данной технологии используются современные достижения в области математического программирования, теории и методов решения задач оптимизации большой размерности, а также компьютерного моделирования.

Подробное описание технологии АСФ, возможных путей ее развития, вопросы построения и визуализации многомерных экономических пространств, возможности навигации в этих пространствах, а также применение технологии АСФ в различных отраслях экономики страны можно найти в статьях по технологии АСФ [4-18].

Интерактивный программный комплекс «EffiVision» («ЭффиВижн»), реализующий АСФ технологию, ориентирован на высшее руководство и аналитиков отраслей экономики, компаний, банков. Комплекс позволяет:

- определять количественную меру эффективности деятельности объектов по различным группам показателей, таким как обязательства до востребования, срочные обязательства, работающие активы, ликвидные активы, капитал, прибыль, процентные доходы, непроцентные доходы и т.д.; мера эффективности, в отличие от рейтинга, имеет содержательный экономический смысл, она

показывает, насколько умело объект распоряжается своими ресурсами;

- рассчитывать зоны устойчивости для объектов, т.е. такие области параметров для каждого объекта, в которых объект остается эффективным или неэффективным, в зависимости от начального состояния;
- указывать эффективные цели для каждого объекта или группы объектов, т.е. эталонное множество объектов, наиболее близких по своим показателям к исследуемой группе объектов;
- строить и визуализировать экономические функции в многомерном пространстве экономических или финансовых параметров для анализа деятельности объектов, таких как: производственные функции, изокванты, изокосты и т.д.;
- вычислять различные экономические характеристики деятельности сложных объектов: коэффициенты эластичности, эффект масштаба, меры продуктивности, маргинальные коэффициенты;
- осуществлять навигацию для отдельных объектов и группы объектов в многомерном пространстве параметров;
- находить, в конечном итоге, оптимальные тактические и стратегические пути развития сложных объектов.

Предлагаемая технология и ее программная реализация, комплекс «EffiVision», являются уникальными и не имеют аналогов в нашей стране.

В первом разделе работы даются основные положения технологии АСФ. Во втором разделе кратко описывается общая схема параметрических оптимизационных алгоритмов, которые дают возможность визуализировать многомерное экономическое пространство. В третьем разделе дается описание возможностей программы «EffiVision» для специалистов. В четвертом разделе показываются фрагменты работы с программой на реальных данных. В заключении приводятся реальные проблемы, при решении которых использовался представленный программный комплекс.

1. Основные положения технологии АСФ

Рассмотрим множество из n наблюдаемых производственных объектов (ПО), деятельность которых необходимо оценить. Каждый ПО потребляет m входных продуктов и производит r выходных продуктов. Таким образом, пусть $X = (x_{1j}, \dots, x_{mj}) \geq 0$ является вектором входных параметров (затрат), а $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{rj}) \geq 0$, $j=1, \dots, n$, будет вектором выходных параметров (выпуска). Предполагается, что каждый ПО имеет по крайней мере один положительный вход и один положительный выход.

Множество производственных возможностей T определяется как множество таких векторов (X, Y) , что вектор выпуска Y может быть произведен при векторе затрат X , т.е. $T = \{(X, Y) \mid \text{выходной вектор } Y \geq 0 \text{ может быть получен при входном векторе } X \geq 0\}$.

На основе наблюдаемых векторов (X_j, Y_j) , $j=1, \dots, n$, множество производственных возможностей T эмпирически задается следующими постулатами.

Постулат 1 (Выпуклость). Если $(X, Y) \in T$ и $(X', Y') \in T$, тогда $(\lambda X + (1-\lambda)X', \lambda Y + (1-\lambda)Y') \in T$ для всех $\lambda \in [0, 1]$.

Постулат 2 (Монотонность). Если $(X, Y) \in T$ и $X' \geq X$, $Y' \leq Y$, тогда $(X', Y') \in T$.

Постулат 3 (Минимальная экстраполяция). Множество T является пересечением всех множеств T' , удовлетворяющих **Постулатам 1 и 2**, при условии, что $(X_j, Y_j) \in T'$ для всех $j=1, \dots, n$.

Таким образом, множество T строится как расширение по наблюдаемому производственным векторам (X_j, Y_j) , $j=1, \dots, n$, и определяет возможные, экономически допустимые векторы выпуска Y по векторам затрат X .

В алгебраическом виде множество производственных возможностей T запишется как [2,3]

$$T = \{(X, Y) \mid X \geq \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j, Y \leq \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j > 0, j = 1, \dots, n\} \quad (1.1)$$

Согласно Шепарду [19] введем множество возможных входных векторов $L(Y)$ и множество

возможных выходных векторов $P(X)$ следующим образом

$$L(Y) = \{X \mid (X, Y) \in T\},$$

$$P(X) = \{Y \mid (X, Y) \in T\}.$$

С помощью множества $L(Y)$ изокванта по входным параметрам записывается как

$$Isoq L(Y) = \{X \mid X \in L(Y), \lambda X \notin L(Y), \text{ если } \lambda \in [0, 1)\}. \quad (1.2)$$

На основе множества $P(X)$ изокванта по выходным параметрам определяется как

$$Isoq P(X) = \{Y \mid Y \in P(X), \theta Y \notin P(X), \text{ если } \theta \in (1, +\infty)\}. \quad (1.3)$$

Одной из основных моделей в технологии АСФ является ВСС модель, название модели получается из первых букв фамилий авторов Banker, Charnes, Cooper.

Модель ВСС, ориентированная по входным параметрам, задается в следующем виде

$$\min \theta - \varepsilon \left\{ \sum_{k=1}^m s_k^- + \sum_{i=1}^r s_i^+ \right\}$$

при ограничениях

$$\theta x_{ko} - \sum_{j=1}^n x_{kj} \lambda_j - s_k^- = 0, \quad k=1, \dots, m, \quad (1.4)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ = y_{io}, \quad i=1, \dots, r,$$

$$\lambda_j, s_k^-, s_i^+ \geq 0, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Здесь x_{kj} и y_{ij} представляют собой наблюдаемые параметры входных величин $k=1, \dots, m$ и выходных величин $i=1, \dots, r$ для производственных объектов $j=1, \dots, n$. Вектор (X_o, Y_o) соответствует одному из производственных объектов $j=1, \dots, n$, который в данный момент оценивается.

Параметр ε в задаче (1.4) представляет собой бесконечно малую величину. Первоначально модели технологии АСФ формулировались в виде нелинейных задач оптимизации. Поэтому параметр ε играет важную роль как для теоретического обоснования перехода от нелинейных задач оптимизации с особыми точками к

линейным задачам, так и при практическом решении задачи (1.4) для определения меры эффективности конкретного объекта. При моделировании, однако, оперирование с бесконечно малой величиной ε можно исключить, но тогда задачу (1.4) потребуется решать в два этапа. В дальнейшем будем считать, что решение задачи происходит именно таким образом.

Оптимальное значение θ^* задачи (1.4) дает меру производственной эффективности для исследуемого ПО по входной модели ВСС. Из вида задачи следует, что $\theta^* \leq 1$. Процесс решения задач повторяется для всех исследуемых производств. ПО, для которого получилось $\theta^* < 1$, является неэффективным.

Дадим определение эффективного ПО по входной модели ВСС.

Определение 1. Объект $(X_o, Y_o) \in T$ является эффективным по входной модели ВСС, если в результате решения задачи (1.4) получено:

- 1) $\theta^* = 1$,
- 2) $\theta^* X_o = X\lambda^*$ и $Y_o = Y\lambda^*$ для всех оптимальных решений λ^* задачи (1.4).

Здесь матрицы X и Y составлены из входных и выходных вектор-столбцов производственных объектов $j=1, \dots, n$, а вектор $\lambda^* = (\lambda_1^*, \dots, \lambda_n^*)$ является оптимальным решением задачи (1.4).

Множество эффективных точек множества T по входной модели ВСС обозначим $Eff_I T$.

Если в определении 1 первое условие выполнено, то объект (X_o, Y_o) считается слабо эффективным по входной модели ВСС. Множество таких точек обозначим $WEff_I T$.

Неэффективный ПО (X_o, Y_o) можно сделать, по крайней мере, слабо эффективным посредством пропорционального уменьшения входных параметров объекта. Проекция $(X_o, Y_o) \Rightarrow (\theta^* X_o, Y_o)$ дает граничную точку множества производственных возможностей.

Эффективная точка получается с помощью дополнительных переменных $S^+ = (s_1^+, \dots, s_r^+) = \theta$, $S^- = (s_1^-, \dots, s_m^-) = 0$ посредством сдвига по ним $(\theta^* X_o - S^-, Y_o + S^+)$. Напомним, что здесь дополнительные переменные получены на второй фазе решения оптимизационной задачи.

Во входной модели ВСС (1.4) деятельность неэффективного объекта (X_o, Y_o) улучшается, по крайней мере, гипотетически, с помощью пропорционального сокращения вектора затрат. Однако возможны и другие пути. В модели ВСС, ориентированной по выходу, эффективность ПО повышается с помощью пропорционального увеличения вектора выпуска. Модель ВСС, ориентированную по выходу, можно записать в следующем виде

$$\max \eta$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n x_{kj} \lambda_j + s_k^- = x_{ko}, \quad k=1, \dots, m, \quad (1.5)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ = \eta y_{io}, \quad i=1, \dots, r,$$

$$\sum_j \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad s_i^+ \geq 0, \quad s_k^- \geq 0 \quad \text{для всех } j, k, i.$$

В модели (1.5), для того чтобы не загромождать обозначения, не введен малый параметр ε , однако все замечания, сделанные для модели (1.4) относительно величины ε , остаются в силе.

Определение 2. Объект $(X_o, Y_o) \in T$ считается эффективным по выходной модели ВСС, если в результате решения задачи (1.5) получено:

- 1) $\eta^* = 1$,
- 2) $X_o = X\lambda^*$ и $\eta^* Y_o = Y\lambda^*$ для всех оптимальных решений $\lambda^* = (\lambda_1^*, \dots, \lambda_n^*)$ задачи (1.5).

Множество эффективных точек множества T по выходной модели ВСС обозначим $Eff_O T$.

Если в определении 2 первое условие выполнено, то объект (X_o, Y_o) называется слабо эффективным по выходной модели ВСС. Множество таких точек обозначим $WEff_O T$.

Из вида задачи (1.5) следует, что оптимальное значение функционала $\eta^* \geq 1$. Если в результате решения задачи (1.5) оказалось, что $\eta^* > 1$, то объект (X_o, Y_o) считается неэффективным. Такой объект можно сделать эффективным с помощью преобразования $(X_o - S^{-*}, \eta^* Y_o + S^{+*})$.

В теории АСФ установлено, что объект $(X_o, Y_o) \in Eff_I T$ тогда и только тогда, когда

$(X_o, Y_o) \in \text{Eff}_o T$. Поэтому в дальнейшем множество эффективных точек по входной или выходной модели будем обозначать просто $\text{Eff} T$.

В многокритериальной оптимизации основополагающим является определение эффективности и слабой эффективности по Парето. Приведем эти определения применительно к АСФ технологии.

Определение 3. Производственный объект (X^*, Y^*) эффективен по Парето, если $(X^*, Y^*) \in T$ и не существует вектора $(X, Y) \in T$, отличного от (X^*, Y^*) и такого, что $X \leq X^*, Y \geq Y^*$.

Множество эффективных по Парето точек обозначим $\text{Eff}_P T$.

Определение 4. Производственный объект (X^*, Y^*) слабо эффективен по Парето, если $(X^*, Y^*) \in T$ и не существует вектора $(X, Y) \in T$ такого, что $X < X^*, Y > Y^*$.

Множество слабо эффективных точек по Парето обозначим $\text{WEff}_P T$.

В технологии АСФ показывается, что объект $(X_o, Y_o) \in \text{Eff} T$ тогда и только тогда, когда $(X_o, Y_o) \in \text{Eff}_P T$. Поэтому множество эффективных точек по Парето будем также обозначать $\text{Eff} T$.

В моделях АСФ множество эффективных точек называют эффективным фронтом. Множеств $\text{WEff}_i T \cup \text{WEff}_o T$ считается расширенным фронтом или просто фронтом.

Взаимосвязь между множествами $\text{WEff}_i T$, $\text{WEff}_o T$ и $\text{WEff}_P T$ не такая простая, как для эффективных точек. В теории АСФ [6, 9] доказывается, что $\text{Eff} T \subset \text{WEff}_i T \cap \text{WEff}_o T$, $\text{WEff}_i T \cup \text{WEff}_o T \subset \text{WEff}_P T = \text{Bound} T$, где $\text{Bound} T$ – граница множества T .

Существует много различных оптимизационных моделей в рамках технологии АСФ. Сделаем краткий обзор других моделей АСФ [3].

Исторически, модель CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) появилась первой в технологии АСФ. Она отличается от модели ВСС тем, что в ней отсутствуют ограничения на сумму $\lambda_i, i=1, \dots, n$, равной единице. Поэтому множество производственных возможностей для этой модели представляет собой выпуклый многогранный конус. Другими словами, если объект $z \in T_c$, где T_c – множество производственных возможностей по модели CCR, то и объект $\lambda z \in T_c$, где $\lambda > 0$. По-

этому, эту модель часто называют моделью с постоянным эффектом масштаба. Однако, данная особенность модели CCR не вполне согласуется с реальной экономикой, в которой чаще наблюдаются нелинейные зависимости. По этой причине модель ВСС, которую часто называют моделью с переменным эффектом масштаба, получила большее распространение.

В модели IRS (increasing returns to scale) ограничения на переменные $\lambda_i, i=1, \dots, n$, записываются в виде

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1. \quad (1.6)$$

В отличие от модели ВСС, ограничение (1.6) означает, что для любого объекта, расположенного на эффективной гиперповерхности будет наблюдаться увеличение эффекта масштаба.

В модели DRS (decreasing returns to scale) ограничения на переменные $\lambda_i, i=1, \dots, n$, записываются в виде

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1. \quad (1.7)$$

В случае ограничений (1.7) в отличие от модели ВСС, объекты расположенные на эффективной гиперповерхности будут всегда иметь убывающий эффект масштаба.

В модели GRS (Generalized returns to scale) ограничения на $\lambda_j, j=1, \dots, n$, задаются в обобщенном виде

$$L \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq M. \quad (1.8)$$

Такие ограничения (1.8) делают некоторые эффективные объекты в ВСС модели неэффективными. В данной модели эффективная гиперповерхность строится не только по эффективным объектам, но и по некоторым виртуальным объектам согласно (1.8).

Если в предыдущих моделях менялась форма эффективной гиперповерхности, то в модели Profit меняется сам путь выхода объекта (его проекция) на эффективную гиперповерхность.

Модель Profit может быть записана в следующем виде

$$\max(P_o Y - C_o X)$$

при ограничениях

$$X = \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X_o, \quad Y = \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \leq Y_o,$$

$$L \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq U, \quad \lambda_j \geq 0.$$

В данном кратком обзоре представлены некоторые основные модели технологии АСФ. В настоящее время число возможных моделей достигает нескольких десятков.

2. Построение обобщенных экономических функций на основе параметрических оптимизационных алгоритмов

В этом разделе описаны параметрические алгоритмы для построения графиков сечения эффективного фронта различными плоскостями [4, 6, 7, 16, 17, 18].

Введем двумерную плоскость в пространстве E^{m+r} следующим образом

$$Pl(X_o, Y_o, d_1, d_2) = (X_o, Y_o) + \alpha d_1 + \beta d_2 \quad (2.1)$$

где $(X_o, Y_o) \in T$, α и β являются любыми действительными числами, векторы направлений $d_1, d_2 \in E^{m+r}$, пусть при этом векторы d_1 и d_2 не параллельны.

Теперь определим пересечения фронта с двумерными плоскостями

$$Sec_1(X_o, Y_o) = \{(X, Y) / (X, Y) \in Pl(X_o, Y_o, d_1, d_2) \cap WEff_P T, \text{ где } d_1 = (X_o, 0) \in E^{m+r}, d_2 = (0, Y_o) \in E^{m+r}\}, \quad (2.2)$$

$$Sec_2(X_o, Y_o, p, s) = \{X / (X, Y) \in Pl(X_o, Y_o, d_1, d_2) \cap WEff_P T, \text{ где } d_1 = (e_p, 0) \in E^{m+r}, d_2 = (e_s, 0) \in E^{m+r}, e_s, e_p \in E^m - \text{единичные векторы}\}, \quad (2.3)$$

$$Sec_3(X_o, Y_o, b) = \{(X, Y) / (X, Y) \in Pl(X_o, Y_o, d_1, d_2) \cap WEff_P T, \text{ где } d_1 = (b, 0) \in E^{m+r} \text{ и } b \in E^m, d_2 = (0, Y_o) \in E^{m+r}\}, \quad (2.4)$$

$$Sec_4(X_o, Y_o, p, s) = \{Y / (X, Y) \in Pl(X_o, Y_o, d_1, d_2) \cap WEff_P T, \text{ где } d_1 = (0, e_p) \in E^{m+r}, d_2 = (0, e_s) \in E^{m+r}, e_s, e_p \in E^r - \text{единичные векторы}\}, \quad (2.5)$$

$$Sec_5(X_o, Y_o, b) = \{(X, Y) / (X, Y) \in Pl(X_o, Y_o, d_1, d_2) \cap WEff_P T, \text{ где } d_1 = (X_o, 0) \in E^{m+r}, d_2 = (0, b) \in E^{m+r} \text{ и } b \in E^r\}. \quad (2.6)$$

Отметим, что в построениях (2.2-2.6) плоскость (2.1) может касаться многогранного множества T , т. е. множество пересечения может быть двумерной или одномерной гранью T , точкой, или рассекают множество T , т. е. часть плоскости проходит через $int T$. Для большей экономической содержательности сечений (2.2-2.6) желательно, чтобы плоскости рассекали T . Этого можно добиться, например, вводом условия $(X_o, Y_o) \in int T$. Или выбором таких направлений d_1, d_2 , чтобы определяемые ими прямые проходили через $int T$, как, например, для случая (2.2). При реальных расчетах выбрать такие направления достаточно просто. Поэтому в дальнейшем будем предполагать, что сечения (2.2-2.6) построены с учетом сделанного замечания.

Далее, компоненты векторов в (2.4) и в (2.6) могут принимать, в принципе, любые действительные значения. Однако, чтобы связать сечения (2.4) и (2.6) с некоторыми функциями в экономике, предположим, что существуют некоторые индексы i и k вектора b , удовлетворяющего условиям $b_i < 0$ и $b_k > 0$. Пусть такое же предположение справедливо для вектора c .

Дадим общую схему параметрических алгоритмов для построения множеств (2.2-2.6).

Шаг 1. Проецируем исследуемый объект (X_o, Y_o) на фронт (границу области производственных возможностей T). Задаем начальные значения параметров алгоритма.

Шаг 2. Определяем направление вдоль текущей грани множества T . Проверяем критерий Останов алгоритма.

Шаг 3. Вычисляем длину шага вдоль выбранного направления до пересечения со следующей гранью.

Шаг 4. Двигаемся вдоль одного из направлений, определяющих двумерную плоскость. Модифицируем параметры алгоритма. Переходим к Шагу 2.

Основная цель построения множеств (2.2-2.6) состоит в обобщении и применении хорошо известных функций в математической экономике: производственная функция, изокванта, изокоста, изопрофита и т. д. Выбирая различные направления d_1 и d_2 и производственный объект (X_o, Y_o) мы можем исследовать структуру множества T и эффективного фронта.

3. Краткое описание возможностей программы «EffiVision»

Предварительный анализ данных

Программа имеет развитую систему возможностей для предварительного анализа данных на предмет выявления скрытых зависимостей с целью обоснованного включения исходных параметров в модели технологии АСФ.

1. Упорядочение объектов в порядке возрастания или убывания любого заданного параметра, в прямом или обратном порядке по названию объектов с диаграммой значений любого заданного параметра.

2. Расположение на плоскости двумерного распределения объектов по любым двум параметрам.

3. Построение гистограммы распределения по исходным данным. По горизонтальной оси указываются диапазоны изменения любого параметра. На вертикальной оси отображается количество объектов, которые попадают в заданный диапазон.

4. Построение трехмерного распределения объектов по любым трем исходным параметрам.

5. Отображение на экране данных о любом выбранном объекте в информационном окне в двумерном и трехмерном распределении объектов.

Моделирование и вычисления по технологии АСФ

1. Вычисление мер эффективности по следующим моделям технологии АСФ:

- с постоянным эффектом масштаба, CCR модель;
- с переменным эффектом масштаба, BCC модель;
- с возрастающим эффектом масштаба, IRS модель;
- с убывающим эффектом масштаба, DRS модель;
- с обобщенным эффектом масштаба, GRS модель;
- модель Profit.

2. Вычисление радиусов зон устойчивости для эффективных и неэффективных объектов по норме один и бесконечность.

3. Построение обобщенных экономических функций для визуализации и навигации в многомерном экономическом пространстве с помощью двумерных сечений:

- производственная функция;
- изокванта по выходным параметрам;
- изокванта по входным параметрам;
- структурная производственная функция;
- функция X_p - Y_s .

4. Визуализация и анализ обобщенных экономических функций в разных масштабах на экране компьютера. Масштаб представления функции задается курсором.

5. Вычисление масштабной эластичности и маргинальных коэффициентов прямыми методами в интерактивном режиме с использованием построенных экономических функций.

6. Построение эталонных множеств для любого выбранного объекта в интерактивном режиме.

7. Отображение на экране данных о любом выбранном объекте с помощью информационного окна, а также высвечивание на экране координат любой точки в многомерном экономическом пространстве. Данные возможности используются для навигации объекта в многомерном экономическом пространстве, построения путей развития объектов.

8. Отображение на экране только объектов, совпадающих по заданной маске. Данная возможность обеспечивает построения траекторий развития объектов.

Анализ

результатов моделирования и расчетов по технологии АСФ

1. Упорядочение объектов по возрастанию или убыванию меры эффективности, в прямом или обратном алфавитном порядке по названию объектов с диаграммой значений мер эффективности.

2. Упорядочение объектов по значению радиусов зон устойчивости, в прямом или обратном алфавитном порядке по названию объектов с диаграммой значений радиусов зон устойчивости.

3. Построение гистограмм распределения объектов в зависимости от интервалов значений мер эффективности.

4. Построение гистограмм распределения объектов в зависимости от интервалов значений радиусов зон устойчивости.

5. Расположение на плоскости двумерного распределения объектов по мере эффективности и по одному из параметров.

6. Сохранение результатов вычислений мер эффективности и радиусов зон устойчивости в Excel формате.

7. Сохранение построенных обобщенных экономических функций в формате Excel и BMP.

4. Элементы работы с программным комплексом «EffiVision»

Рассмотрим фрагменты работы с программной системой на примере российских банков.

По заказу Министерства экономического развития и торговли России в конце 2003г. была выполнена работа по анализу деятельности российских банков с помощью этой системы.

В нее загружены агрегированные данные по банкам России за сентябрь 2003г. Исходные данные для 650 банков (101-я и 102-я формы отчетности) были получены с сайта Центрального Банка, затем эти данные были агрегированы по обычным формулам, используемым финансовыми аналитиками, в результате было получено 15 значимых параметров для каждого банка. В данном примере участвуют 200 крупнейших банков страны по размеру капитала.

На заставке, представленной на Рис.1, написан девиз нашей программной системы, который подчеркивает, что система предназначена для визуализации и анализа деятельности сложных объектов в многомерном экономическом пространстве.

Имя банка	Капитал	Working Assets	Liquid Assets	Loans	Time Liabilities	Provision of Capital	Deposit	Pension	Capital Ratio	Date
1401 СБ РФ	1418772	177913252	2151244	11059876	7623401	2481170	8448776	1000000		
1000 ИНТЕРСБАНК	9594769	211209726	8918775	7220289	8448804	419933	1024880	4319726		
2056 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ БАНК	2718736	113480187	2222633	2084289	8766225	168593	721784	2000000		
1236 АЛЬФА-БАНК	20860289	17630774	791895	10325705	5238681	2112807	8641262	76879		
754 ГАЗПРОМБАНК	18854802	14657995	1046725	6400308	7112708	1227983	8642857	1322981		
2148 БАНК МОСКВЫ	1885828	3602635	349480	8928762	1748198	1807884	784488	800000		
2075 ИЛРИСБАНК	10802132	5308461	292814	3061892	2482174	5474643	3001882	7999716		
2272 РОСБАНК	1038923	7807380	240028	4192982	3372925	276399	572584	3482884		
2057 СИТИБАНК	8376749	478008			3872260	430818	1783484	1000000		
1176 ПЕТРОСМЕРЦ	7028886	305718			8125113	101821	277441	5000000		
489 ИКОИВ	630076	262511			1427828	324819	1148928	124670		
439 ПРОМЫШЛЕННО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ БАНК	5417688	518291			8138448	189109	8138448	124670		
2170 НАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕЗЕРВНЫЙ БАНК	9591897	147194			8678939	169895	648282	169894		
3349 РОССЕЛЬОБАНК	489244	36093	РТС & RB & FA		3324484	187101	248919	464800		
2209 ИКОС-БАНК	4881576	296498	Investment Profit		3201178	584867	98918	240000		
3201 ПРОМВЕЛБАНК	3892828	382484	Investment Profit		3081311	378670	1582481	128470		
1317 СБЕРБАНК	3896873	149788	Fixed Assets		6216283	88858	378879	500000		
2482 БЕРОВИАНС	2279188	1571628	Profit		7834712	138183	1184284	1311867		
3201 ПЕРВЫЙ ЧЕШСКИЙ РОССИЙСКИЙ БАНК	3364480	47132	Share Asset		2521875	8676	228453	3000000		
2562 БИИ	3348280	159189	Current Liabilities		6418383	119684	1142820	240000		
3279 МЕТАЛЛ БАНК ПЕТЕРБУРГ	3078616	448941	Capital Stock		2227848	362322	284328	147880		
1623 ПИТАБАНК	3038886	217229	Required Reserve		8352493	429118	1103390	2925790		
2208 МОСКОВСКИЙ БАНК РЕКОНСТРУКЦИИ И РАЗВИТИЯ	2868481	128286			4892875	181868	88865	400000		
2142 ПРИСКУЛДИТБАНК	2728546	222485	Time Liabilities		5191816	8958	108480	108480		
2632 НЕФТЕБАНК	2532842	97165	Liabilities		1181238	1181238	712	3888		
3656 ТАТЕОБАНК	2532818	82888	Liabilities		4092884	4092884	200000			
2879 АМАКВИЗ	2474883	199013	Working Assets		3888888	3888888	150000			
1448 ВОЛЖСКИЙ БАНК	2468118	172628			8892876	8892876	160000			
588 СИТИЛИН-ФРЕГЕЛБАНК	2196850	182748			4288110	4288110	570000			
2485 ИИГ БАНК (ЕРС-БАНК)	2028073	1214818	Investment Profit		4388187	4388187	34888	34888		
121 ЦЕНТРОФИД	1872289	1827485	528818	5887018	2972888			1312880		
3016 ОПТИС-БАНК	1818982	881273	848241	298242	892884			70828		
312 МОСКОВСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ БАНК	1818188	898788	1127817	848482	348884			58147		
2788 СЕВЕРОВОСТОЧНЫЙ АЛЬПС	1812874	888787	378816	238289	527382			2878		
1326 СОВМЕЛБАНК	1788884	828884	528827	408886				14820		
2788 МБС	1788206	698844	183884	129740	348887			58123		
3073 РИСБАНК	1748887	648882	198875	1082280	428882			117788		
2282 ИКОС-ИНТЕРСБАНК	1728248	818887	288885	211878	1393146			28888		
2896 МЕЛТОЛСОНЕРГБАНК	1713826	472827	228883	132884	188887			12816		
1881 ПРОКТОРБАНК	1628880	637888	48820	348824	178887			67386		

Рис.2. Внутренняя база данных системы

При нажатии кнопки «Исходные данные» на панели «Инструменты» на экране раскрывается таблица агрегированных данных по банкам (Рис.2). Одновременно раскрывается контекстно-зависимая панель, на которой находятся названия параметров, записанных в таблице; с помощью красных и синих флажков отмечаются параметры для включения в предстоящий расчет в качестве входных и выходных параметров. В данном случае выбраны параметры для расчета по модели надежность.

На Рис.3 представлен окно работы с программой, в котором производятся расчеты по моделям технологии АСФ. Первая панель предназначена для расчета мер эффективности по некоторому набору моделей технологии АСФ. Вторая панель активизирует модель «Профит». Третья панель дает возможность вычислять зоны устойчивости для каждого банка.

Программа также может строить обобщенные экономические функции, или, другими словами, сечения многомерного пространства двумерными плоскостями. С помощью подсказывающих цветных картинок на экране можно представить себе, как проходит каждое сечение в многомерном пространстве и как оно называется (Рис.4).



Рис.1. Основная панель и заставка системы

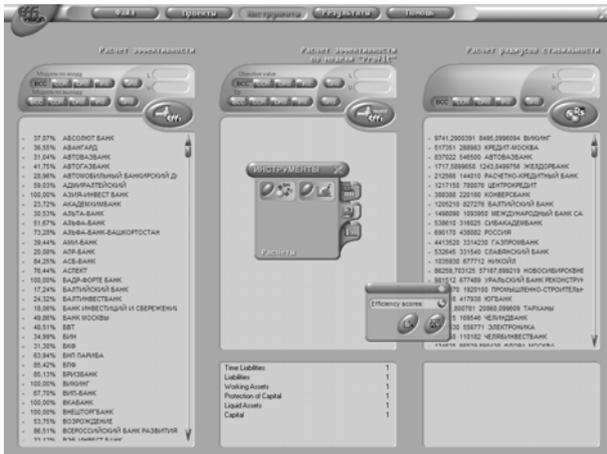


Рис.3. Управление расчетами по моделям технологии АСФ

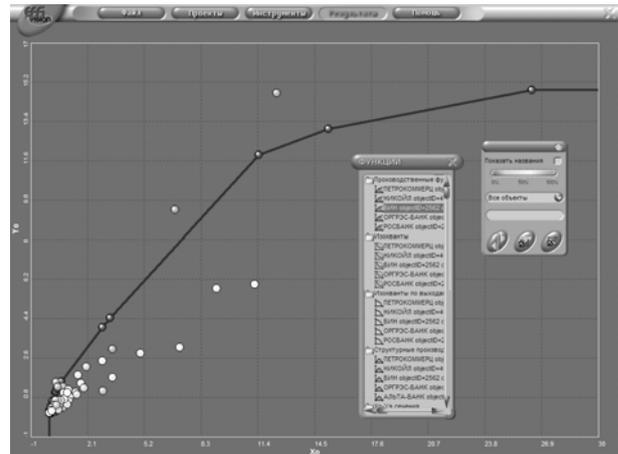


Рис.5. Производственная функция для Бин банка

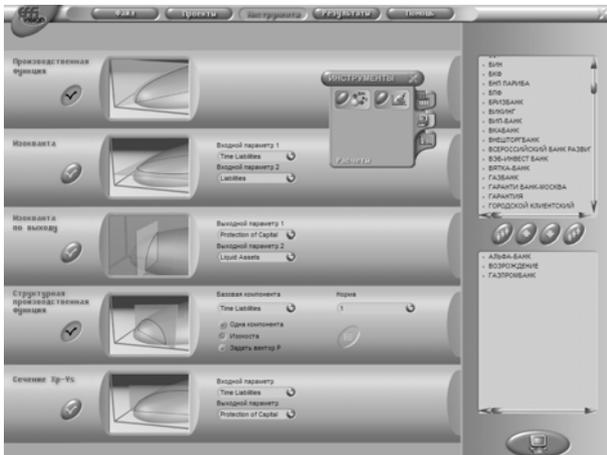


Рис.4. Панель для вычисления обобщенных экономических функций

Панель «Функции» показывает список построенных сечений и их вид. Выбрав в этом списке конкретный банк и вид функции, получим на экране сечение «Производственная функция» (Рис.5). Это сечение проходит через Бин банк, который обозначен белой точкой, его вектор затрат и выпуска. Напомним, что сечение построено в шестимерном пространстве банковских параметров, характеризующих надежность банков.

На другом сечении, построенном для ОРГЭС-Банка, которое называется изокванта, расположены эффективные банки, реальные или гипотетические, которые имеют такие же выходные параметры, как и выбранный банк.

Пользователь может включить или выключить названия объектов на экране.

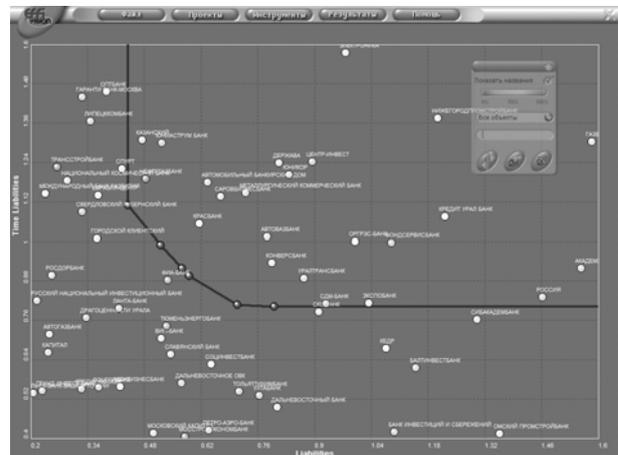


Рис.6. Изокванта для ОРГЭС-Банка

На Рис.7 представлено сечение «Структурная производственная функция», построенное для ОРГЭС-Банка. По горизонтали данного сечения расположена изокоста, то есть линия, на которой сумма затратных параметров постоянна, а по вертикали вектор выпуска исследуемого банка. Двигаясь по горизонтали, мы не меняем суммарные затраты, но изменяем структуру затрат. ОРГЭС-Банк находится недалеко от эффективной гиперповерхности, поэтому имеет высокую меру эффективности по надежности.

Для удобства пользователя программа может представить результаты вычислений в виде таблицы Excel. В ней указывается название банка, его регистрационный номер, вычисленная мера эффективности, далее в шести столбцах для каждого банка приводятся значения параметров, которые использовались при моде-

лировании. Аналогичная таблица в Excel формате может быть выдана при вычислении радиусов зон устойчивости банков.

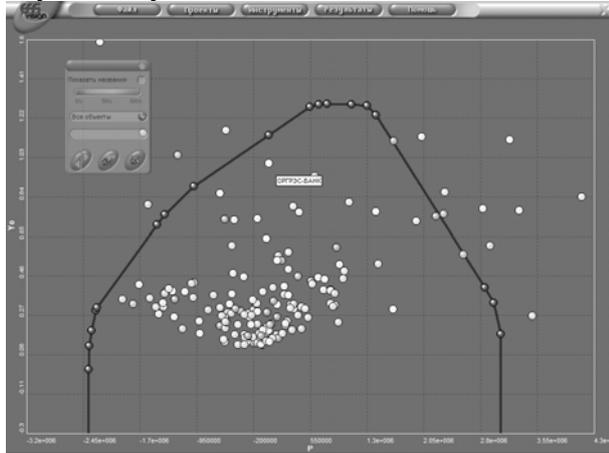


Рис.7. Структурная производственная функция ОРГРЭС-Банка

№	Наименование	№	Эфф.	Time Liabilities	Liabilities	Working Assets	Protection
15	Сбербанк	4	2252	23423		26115	
16	КРЕДИТ МОСКВА	5	0.192487001	545158	842042	1548056	
17	АВТОВАЗБАНК	23	0.310389996	1005884	2623984	1914480	
18	МЕЛЮСБАНК	99	0	80712	1004493	897243	
19	РАСЧЕТНО-КРЕДИТНЫЙ БАНК	103	0.426102012	292522	526365	1005130	
20	ЦЕНТРОКРЕДИТ	121	0.262317013	2972068	5807918	10674075	
21	КОМЕРСБАНК	122	0.46728812	327832	2633156	3953902	
22	БАЛТИЙСКИЙ БАНК	128	0.172909987	3089887	8824230	11110126	
23	МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАНК САНКТ-ПЕТЕРБУРГА	197	0.147320002	6842921	5757659	11426179	
24	СИБКАДЕМБАНК	323	0.314871939	766187	3362262	3003682	
25	РОССИЯ	328	0.200413004	324879	3773292	3324004	
27	АДРОМБАНК	364	0.483395999	7133708	5499036	146016595	
28	СЛАВЯНСКИЙ БАНК	383	0.366440991	604222	1499022	2430995	
29	НИКОИ	409	0.650297999	1242720	888983	2625144	
30	МОСКОВСКО-СЕНТРОБАНК	419	0.496831996	171083	167068	179168	
31	УРАЛЬСКИЙ БАНК РЕКОНСТРУКЦИИ И РАЗВИТИЯ	429	0.109006	1410001	4524927	5656862	
32	ПРОМЫШЛЕННО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ БАНК	439	0.410210997	1913648	2638464	51651139	
33	КОГБАНК	457	0.234488997	1091189	5657878	933962	
34	ТАРИАН	459	0.692164004	88462	1207978	1441625	
36	НЕФТЬБАНК	486	0.411213002	666329	448188	4728100	
37	ЭЛЕКТРОНБАНК	488	0.420031011	1661359	2523209	4911369	
38	ЧЕЛЯБИНСКИЙ БАНК	493	0.496969887	336196	2814403	2678845	
39	ВТБРА МОСКВА	533	0	93239	191906	27984	

Рис.8. Таблица расчета мер эффективности для банков формате Excel

Заключение

Программный комплекс «EffiVision» разработан компанией «Глобал С. Консалтинг».

Технология Анализа Среды Функционирования и программный комплекс «EffiVision» использовалась для анализа деятельности регионов страны по заказу Счетной Палаты РФ, банков страны по заказу Министерства экономического развития и торговли РФ, нефтяной отрасли страны, совместно с университетами г. Гётеборга и г. Осло для анализа эффективности электрогенерирующих объектов Швеции,

для ряда энергетических компаний и других сложных объектов.

Подробнее с программным комплексом можно познакомиться на сайте www.DEA-21.ru

Литература

1. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring of efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research. 1978. V. 2. №6. P. 429-444.
2. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some models for estimating technical and scale efficiency in data envelopment analysis, Management Science. 1984. V. 30. №9. P. 1078-1092.
3. Cooper W.W, Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.
4. Кривоножко В.Е., Уткин О.Б., Сеньков Р.В. Параметрические методы в анализе эффективности сложных систем //Нелинейная динамика и управление. Сборник трудов ИСА РАН под ред. Емельянова С.В. и Коровина С.К. М.:1999. С. 49–69.
5. Кривоножко В.Е., Уткин О.Б., Сеньков Р.В., Антонов А.В., Володин А.В Анализ эффективности финансовых институтов в экономике переходного периода //Нелинейная динамика и управление. Вып.1. Сборник трудов МГУ и ИСА РАН, под ред. Емельянова С.В. и Коровина С.К. М.: Физматлит, 2001. С. 363–374.
6. Кривоножко В.Е., Уткин О.Б., Володин А.В., Саблин И.А. Оптимальные и граничные точки в анализе эффективности сложных систем и вычисление экономических показателей //Нелинейная динамика и управление. Вып.2. Сборник трудов МГУ и ИСА РАН, под ред. Емельянова С.В. и Коровина С.К. М.: Физматлит, 2002. С. 279–300.
7. Кривоножко В.Е., Уткин О.Б., Володин А.В. Оптимизационные алгоритмы для построения трехмерных сечений в анализе эффективности сложных систем //Нелинейная динамика и управление. Вып.3. Сборник трудов МГУ и ИСА РАН, под ред. Емельянова С.В. и Коровина С.К. М.: Физматлит, 2003. С. 277–304.
8. Кривоножко В.Е., Дворкович А.В., Уткин О.Б., Жарков И.Д., Патрин М.В, Лычев А.В. Вычисление эластичности и эффекта масштаба в анализе эффективности сложных систем //Нелинейная динамика и управление. Вып.4. Сборник трудов МГУ и ИСА РАН, под редакцией академиков Емельянова С.В. и Коровина С.К. М.: Физматлит, 2005. С.315 –340.
9. Володин А.В., Кривоножко В.Е., Саблин И.А., Уткин О.Б. Исследование граничных точек и построение параметрических оптимизационных методов в анализе эффективности сложных систем //Журнал вычислительной математики и математической физики. Том 43, №4, 2003. С. 627–640.
10. Володин А.В., Кривоножко В.Е., Рыжих Д.А., Уткин О.Б. Построение трехмерных сечений в анализе эффективности сложных многомерных систем на основе параметрических оптимизационных алгоритмов

- //Журнал вычислительной математики и математической физики. Том 44, №4, 2004. С. 623–639.
11. Уткин О.Б., Кривоножко В.Е., Рыжих Д.А. Анализ деятельности городов России на основе технологии АСФ в рамках концепции устойчивого развития //Экономика развития региона: проблемы, поиски, перспективы. Ежегодник, Вып.4. Волгоградский Государственный Университет, 2004. С. 97–113.
 12. Уткин О.Б., Кривоножко В.Е., Сеньков Р.В. Анализ эффективности при объединении нефтяных компаний //Нефть, Газ и Бизнес, №1-2, 1999. С. 37–40.
 13. Триф А.А., Уткин О.Б., Кривоножко В.Е., Сеньков Р.В., Антонов А.В. Анализ устойчивости функционирования финансовых институтов //Нефть, Газ и Бизнес, №5, 1999. С. 27–33.
 14. Уткин О.Б., Танкова О.В., Кривоножко В.Е., Сеньков Р.В., Володин А.В. Выбор производственных и экономических показателей для анализа эффективности функционирования нефтяных компаний //Нефть, Газ и Бизнес, №1, 2000. С. 27–33.
 15. Уткин О.Б., Кривоножко В.Е., Володин А.В. Анализ эффективности и продуктивности экономических систем в XXI веке //Нефть, Газ, Бизнес, № 1, 2003. С. 69–72.
 16. Krivonozhko V.E., Utkin O.B., Volodin A.V. and Sablin I.A. Interpretation of Modeling Results in Data Envelopment Analysis //Managerial Finance, Volume 28, Number 9, 2002, pp. 37–48.
 17. Krivonozhko V.E., Utkin O.B., Volodin A.V., Sablin I.A. and Patrin M.V. Constructions of economic functions and calculations of marginal rates in DEA using parametric optimization methods //Journal of the Operational Research Society, Vol.55, №10, 2004, pp. 1049–1058.
 18. Dvorkovich A.V., Krivonozhko V.E. and Utkin O.B. Modeling of Large-Scale Systems Development //Encyclopedia of Life Support Systems, www.eolss.net, Eolss Publishers, Oxford, 2004, pp. 1–25.
 19. Shepard R.W. Theory of cost and production functions. New Jersey: Princeton University Press. 1970.

Кривоножко Владимир Егорович. Родился в 1948 г. Окончил Московский Физико-Технический Институт. Доктор физ.-мат. наук. Ведущий научный сотрудник ИСА РАН, руководит разработками высоких технологий в компании «Глобал С. Консалтинг».

Уткин Олег Борисович. Родился в 1946 г. Окончил факультет биофизики второго Московского Медицинского Института. К.м.н. Президент компании «Глобал С. Консалтинг».

Сафин Михаил Масхутович. Родился в 1983 г. Студент магистратуры Московского Физико-Технического Института.

Лычев Андрей Владимирович. Родился в 1982 г. Окончил физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Аспирант МГУ.