

УДК 004.94

## О НЕКОТОРЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ ИНСТРУМЕНТАРИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФУНКЦИЙ В СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

**Медведев А.В., Муравьев С.А., Пинаев В.А., Славолубова Я.В.**

*Кемеровский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, Кемерово,  
e-mail: alexm\_62@mail.ru*

Для оперативной поддержки принятия экспертных решений в ситуационных центрах социально-экономического развития предложено использование автоматизированного программного комплекса многопараметрического анализа математических функций. Данный программный продукт используется во взаимодействии с разработанным оптимизационным комплексом программ «Карма» и является составляющим эффективным инструментария оперативной, экспертной поддержки принятия решений в сфере социально-экономического анализа территорий, оценки эффективности инвестиционных и бизнес-проектов. Приведены примеры численного анализа ряда проектов, кратко описаны основные результаты, полученные с помощью указанного комплекса, в различных прикладных сферах – экспресс-анализе бизнес-проектов, решении задач маркетинга и логистики, а также частных случаев задачи линейного программирования. Благодаря разработанному программному и аппаратному обеспечению, в Кемеровском институте (филиале) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова функционирует ситуационный центр регионального социально-экономического развития.

**Ключевые слова:** многопараметрический анализ математических функций, поддержка принятия решений, ситуационный центр социально-экономического развития, оценка проектов

## ON SOME APPLICATIONS OF FUNCTION'S MULTIPARAMETER ANALYSIS IN THE SITUATION CENTERS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT

**Medvedev A.V., Muraviev S.A., Pinaev V.A., Slavolyubova Ya.V.**

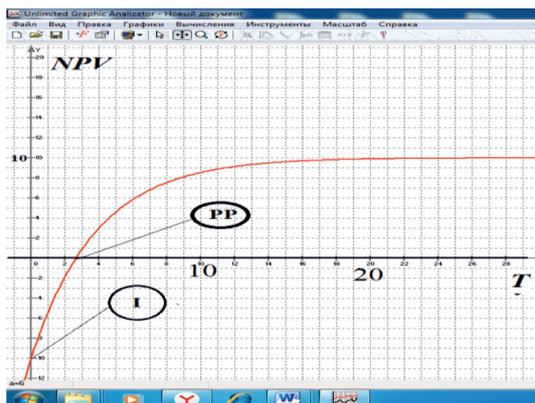
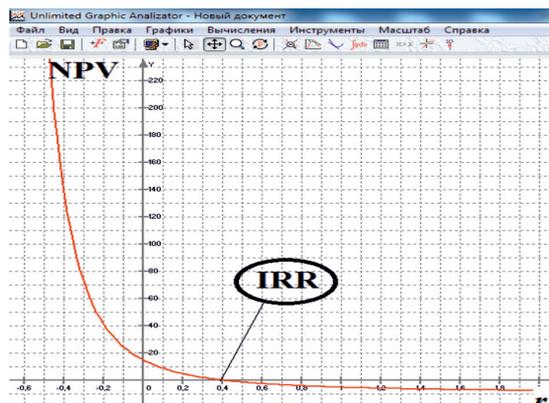
*Kemerovo branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Kemerovo,  
e-mail: alexm\_62@mail.ru*

It's suggested to use the automated program complex of multi-parameter analysis of mathematical functions for operative expert decision-support in situational centers of socio-economic development. This software is used in conjunction with the developed optimization software complex «Karma» as a component of effective operative tools of decision-making expert support in the field of socio-economic analysis of the area, assessing the effectiveness of investment and business projects. Examples of numerical analysis of a number of projects, briefly described the main results, which obtained by using this complex in various application areas – rapid analysis of business projects, solving marketing problems and logistics, as well as individual cases of linear programming problem. Due to the developed hardware and software operates situational center of regional socio-economic development in the Kemerovo Institute (branch) of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov.

**Keywords:** multivariate analysis of mathematical functions, support for decision-making, situational center of socio-economic development, assessment of projects

Современный уровень развития информационных технологий делает актуальным их использование для экспертной поддержки принятия решений в ситуационных центрах социально-экономического развития, используемых при анализе состояния, динамики развития, логистики территорий различного масштаба (стран, регионов, муниципальных образований и т.п.), производственных комплексов (предприятий, отраслей, направлений экономической деятельности региона и т.п.), оценке эффективности проектов. Это, в свою очередь, требует разработки автоматизированного программного инструментария, адекватного с точки зрения баланса объема и скорости обработки информации социально-экономического характера. К такому инструментарию сле-

дует отнести математические модели социально-экономических систем (предприятий, территориальных кластеров, регионов, отраслей и т.п.), алгоритмы расчета показателей и оценки эффективности их функционирования, автоматизированные программные средства финансового, логистического, маркетингового анализа для принятия обоснованных управленческих решений, примеры применения которого приведены в работах [1, 2, 4–7]. Применение соответствующих алгоритмов обработки данных, анализа информации позволяет успешно применять описанный инструментарий при анализе ряда проектов в ситуационном центре социально-экономического развития Кемеровского филиала Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова.

Рис. 1.  $NPV = NPV(T)$ Рис. 2.  $NPV = NPV(r)$ 

Отметим, что, кроме оптимизационных математических моделей социально-экономических систем и соответствующих программных комплексов их анализа, в ситуационном центре используется программное обеспечение многопараметрического анализа математических функций, свойства которого подробно описаны в [3]. В настоящей работе представлены примеры применения указанного программного обеспечения при решении как оптимизационных, так и неоптимизационных задач экспресс-оценки эффективности инвестиционных проектов (ИП), линейной оптимизации, логистики и др.

Пусть требуется оперативно оценить эффективность инвестиционного проекта по критерию чистой приведенной стоимости (NPV). Простейшая формула для расчета NPV, предполагающая инвестиционные затраты лишь в начальный момент времени, имеет вид

$$NPV = \sum_{t=0}^{T-1} \frac{W(t)}{(1+r)^t} - I, \quad (1)$$

где  $W(t)$  – прибыль предприятия в период  $(t; t+1)$ ,  $T$  – горизонт планирования ИП,  $I$  – суммарные инвестиции в проект,  $r$  – ставка дисконтирования, учитывающая риски инфляции и требования инвестора. В предположении, что  $W(t) = W = \text{const}$  ( $t = 0, 1, \dots, T$ ), которое является целесообразным при экспресс-анализе инвестиционных проектов, применяя формулу аннуитетных платежей, можно получить следующее выражение для NPV:

$$NPV = \frac{W}{r} \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^T} \right) - I. \quad (2)$$

Рассмотрим полученную формулу, как функцию одной независимой переменной  $T$

с параметрами  $W, I, r$ . Записав (2) в легко осваиваемой пользователем математической нотации пакета, описанного в [3], как функцию сначала переменной  $T$ , а затем переменной  $r$ , с учетом экономического смысла параметров  $W, I, r, T$ , можно проанализировать поведение (2) в любом, допустимом по смыслу, диапазоне указанных параметров:  $W$  денежных единиц (д.е.) – без ограничений,  $I$  (д.е.)  $\geq 0$ ,  $r$  (%)  $\geq 0$ ,  $T$  (лет)  $\geq 0$ .

На рис. 1–2 представлены зависимости (2) от горизонта планирования и ставки дисконтирования ИП при некоторых значениях параметров  $W, I$ , которые, с использованием возможностей пакета, можно оперативно менять в режиме реального времени, с любым шагом. Из получаемых графиков (при изменении любого параметра они перестраиваются практически мгновенно), по рис. 1 аналитик может оперативно оценить период окупаемости  $PP$ ,  $NPV$  и срок ее насыщения, а по рис. 2 – внутреннюю норму доходности  $IRR$  инвестиционного проекта, в соответствии с теорией благосостояния. Использование пакета многопараметрического анализа функций позволяет осуществлять эффективный (в смысле целевых установок функционирования ситуационных центров) экспресс-анализ инвестиционных проектов.

Рассмотрим следующую задачу, ориентированную на экспресс-анализ некоторых инвестиционных и бизнес-проектов мезоэкономического уровня. Известно, что спрос  $Q$  и цена  $P$  на продукцию являются основными регуляторами отношений между производителем и потребителем в рыночной экономике. Естественным является предположение, что спрос определяется не ценой  $P$  на единицу товара и суммарными доходами  $D$  потребителя, а относительной покупательской способностью потребителя, то есть отношением доходов к цене. Ина-

че говоря, если доход потребителя и цена товара увеличатся (уменьшатся) в одно и то же число раз, то спрос останется неизменным. Кроме того, в соответствии с теорией благосостояния А.С. Пигу, спрос обладает свойством насыщения с ростом доходов и постепенным удовлетворением потребности в товаре. Поэтому зависимость суммарного спроса всех работников региона от отношения цены на продукцию к доходам потребителя может быть описана, например, логистической кривой вида

$$Q(D/P) = \frac{k}{1 + be^{a(D/P)^{-1}}}, \quad (3)$$

где  $k, b, a$  – некоторые постоянные величины. Для применения на практике хорошо разработанных методов решения задач линейного (дробно-линейного) программирования, функцию (3), при достаточно реалистичном для региональной экономики условии  $P \ll D$ , целесообразно представить, как дробно-линейную функцию относительно  $D/P$  в виде

$$Q(D/P) = \frac{k \cdot D/P}{(1+b)D/P + a \cdot b}. \quad (4)$$

Построение и сравнительное исследование функций вида (3) и (4) является затруднительным без наличия соответствующих автоматизированных средств. Осуществим подбор параметров  $a, b, k$  функций (3) и (4) с использованием пакета, описанного в [3]. Результат численного эксперимента приведен на рис. 3.

Как видно из рис. 3, найдена такая числовая комбинация параметров  $a = 5, b = 1,$

$k = 56$ , при которой наблюдается теоретически предсказанное хорошее приближение логистической кривой и дробно-линейной функции практически на всей положительной части оси абсцисс. Получить подобный результат аналитическими способами, в короткое время, без применения средств автоматизации расчетов, не представляется возможным.

В экономических приложениях часто используется задача оптимизации значений линейной целевой функции при линейных ограничениях, формирующих непустую область допустимых решений, имеющая следующую содержательную постановку. Пусть  $n$  – количество видов производимой в экономической системе продукции;  $m$  – количество используемых при производстве продукции ресурсов;  $i$  – номер вида ресурса ( $i = 1, 2, \dots, m$ );  $j$  – номер вида продукции ( $j = 1, 2, \dots, n$ );  $b_i$  – наличный объем  $i$ -го ресурса;  $a_{ij}$  – количество единиц  $i$ -го ресурса, затрачиваемого на производство единицы  $j$ -й продукции;  $c_j$  – эффективность (стоимость) единицы продукции  $j$ -го вида;  $x_j$  – искомый объем производства  $j$ -й продукции. Тогда задачу максимизации эффекта (прибыли) от производства продукции можно поставить в виде требования максимизации функции

$$J = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (5)$$

при выполнении ограничений неотрицательности переменных  $x_j \geq 0, j = 1, \dots, n$  и использования ресурсов:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_j, \quad i = 1, \dots, m. \quad (6)$$

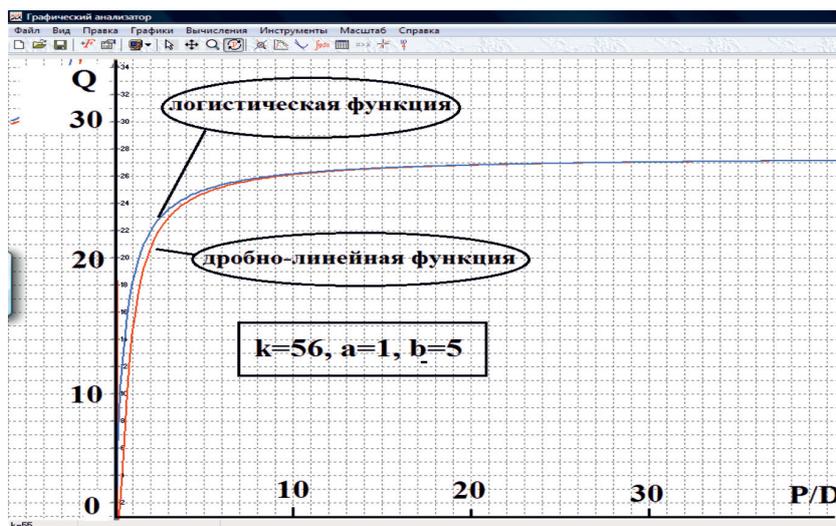


Рис. 3. Графики логистической кривой и дробно-линейной функции ( $k = 56, b = 1, a = 5$ )

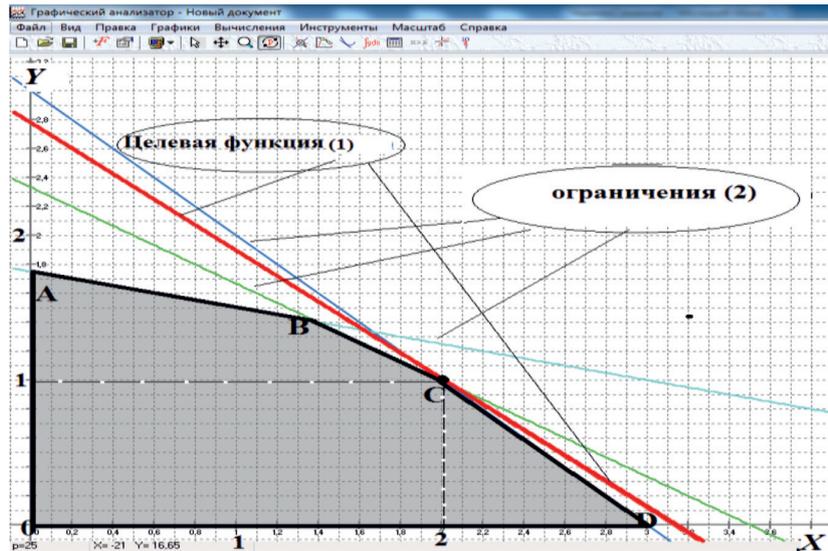


Рис. 4. Пример анализа задачи линейного программирования

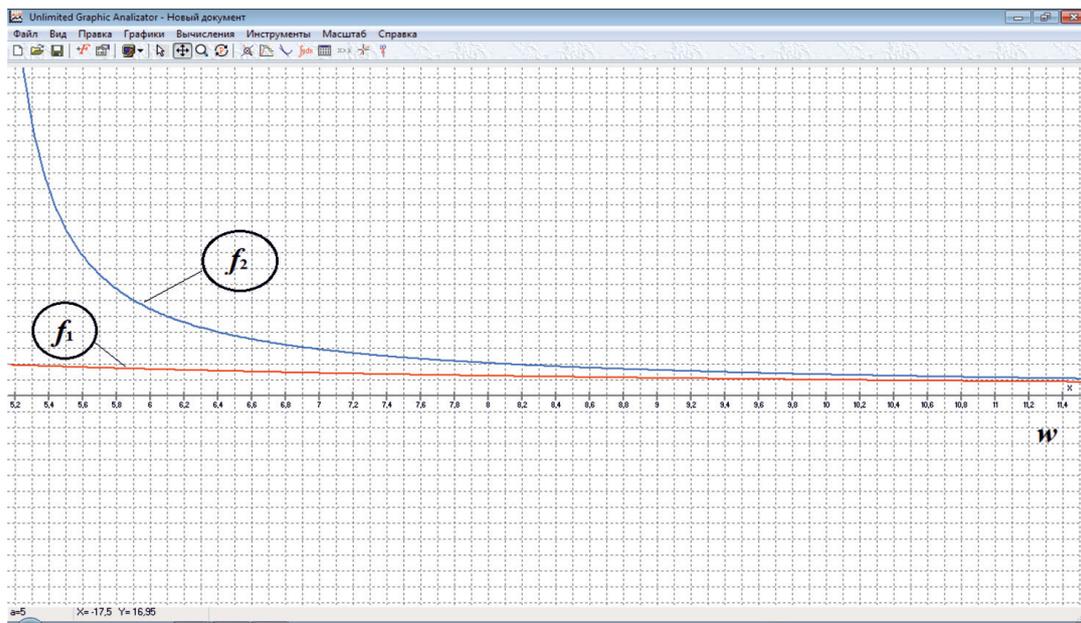


Рис. 5. Графики затрат времени движения объектов ( $a = b = 5$ ,  $\lambda = 0,5$ )

Модель (5), (6) справедлива для любого количества видов ресурсов и продукции, для самых разнообразных конкретных численных значений лимитов ресурсов  $b_i$  и норм затрат ресурсов  $a_{ij}$ . Очевидно, что при наличии большого количества параметров ее эффективный анализ требует автоматизации обработки информации. Пакет, описанный в [3], справляется с такой обработкой в частном случае задачи (5), (6), когда  $n = 2$ ,  $m \geq 3$ .

На рис. 4 приведен результат одного численного эксперимента с произвольными значениями параметров в (5), (6). Здесь представлена область 0ABCD допустимых решений, сформированная ограничениями (6). Точка оптимума (например, точка C на рис. 4), а также ее координаты получаются средствами пакета, описанного в [3], (путем изменения параметров, соответствующих значениям коэффициентов  $c_1$ ,  $c_2$  и искусственно задаваемому свободному

коэффициенту, визуализирующих поворот и параллельное перемещение), как последняя общая точка допустимой области и линии целевой функции (5). Аналогичная визуализация достигается при управлении любым из параметров функций задачи (5)–(7). Это позволяет оперативно изменять допустимую область и перемещая целевую функцию, решать самые разнообразные задачи как учебного, так и практического содержания.

Рассмотрим еще одну задачу практического содержания. Пусть необходимо доставить товар из пункта *A* в пункт *B* через промежуточный пункт *C*:  $AC/CB = \lambda$ . У принимающего решение лица есть два альтернативных варианта: 1) доставка товара со средней скоростью  $v$  по железной дороге, проложенной между *A* и *B*; 2) товар доставляется автомобилем со средней скоростью  $v-a$  из *A* в *C*, а затем из *C* в *B* самолетом, со средней скоростью  $v + b$ . Необходимо определить значения пропорции  $\lambda$  и параметров  $a$  и  $b$ , чтобы 2-й вариант доставки оказался быстрее по времени. Полный параметрический анализ приведенной задачи в общей постановке дает следующее решение: равенство соответствующих времен наблюдается, если

$$\begin{cases} \lambda = \frac{b(v-a)}{v(a+b)} \\ a = \frac{vb(1-\lambda)}{\lambda v + b} \\ b = \frac{\lambda av}{(1-\lambda)v - a} \end{cases} \quad (7)$$

Очевидно, что пакет, описанный в [3], идеально подходит для визуального анализа полученного решения. Рассмотрим одну из разновидностей сформулированной задачи, имеющую экономически содержательную трактовку и, на первый взгляд, парадоксальное решение. Пусть у производственного предприятия имеется возможность извлечь из некоторого бизнеса потенциал  $W$  д.е. путем реализации двух альтернативных сценариев: 1) при условии равномерных усилий  $w$  д.е. в единицу времени (ед. вр.) и 2) при условии, что половину потенциала оно будет извлекать с уменьшенными (увеличенными) на  $a$  д.е./ед.вр. усилиями, а вторую половину – соответственно с увеличенными (уменьшенными) на ту же ве-

личину  $a$  усилиями. Требуется ответить на вопрос, какой из вариантов приведет к скорейшему достижению потенциала  $W$ . Сформулированная задача может быть легко решена аналитически, но допускает и оперативный ответ на вопрос с использованием пакета, описанного в [3]. С этой целью достаточно построить и сравнить визуально две функции:  $f_1(w) = W/w$  и  $f_2(w) = 0,5W/(w-a) + 0,5W/(w+a)$  (рис. 5).

Из полученных графиков быстро убеждаемся, что для всех значений параметров  $w$  и  $a$   $f_1(w) < f_2(w)$ , что, очевидно, свидетельствует в пользу равномерных усилий предприятия для достижения своего потенциала.

Приведенные результаты свидетельствуют о возможности применения пакета, описанного в [3], в условиях семинаров, мобильных заседаний экспертных групп, ситуационных центров социально-экономического развития за счет скорости обработки информации, простоты использования конечными пользователями, что превращает описанный инструментарий, по сути, в систему поддержки принятия управленческих решений в сфере анализа социально-экономических систем.

### Список литературы

1. Анисова М.А. Математические и инструментальные методы и модели в экономике / М.А. Анисова, А.С. Березина, И.А. Кудряшова, Н.А. Петрик, В.А. Пинаев, П.Н. Подкур, А.Г. Седых, Я.В. Славолобова, Г.И. Шуревич // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов наука и образование. – 2016. – № 7(86). – С. 37.
2. Зарова Е.В., Мусихин С.Н. Оперативный мониторинг социально-экономического развития субъектов РФ в системе государственного стратегического планирования // Вопросы статистики. – 2013. – № 4. – С. 16–21.
3. Кривобоков В.Н. Обучающий комплекс по решению задач параметрического анализа в предметах естественнонаучного цикла / В.Н. Кривобоков, А.В. Медведев, А.В. Смольянинов // Научно-технический журнал «Образовательные технологии». – Воронеж, 2005. – № 1(14). – С. 21–25.
4. Муравьев С.А. Технопарки – «точки роста» российской экономики // Уголь. – 2016. – № 5(1082). – С. 32–34.
5. Оперативный мониторинг в структуре региональных ситуационных центров социально-экономического развития / отв. ред. Е.В. Зарова. – М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2013. – 152 с.
6. Победаш П.Н. Принятие решений при оценке эффективности инвестиционных проектов на основе операционного исчисления // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2013. – Т. 63. № 2. – С. 3–11.
7. Репова М.Л., Сазанова Е.В., Лобанова Ю.С. Инструментарий социально-экономического мониторинга регионов для целей управления // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014. – № 13. – С. 44–53.