

## АНАЛИЗ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Медведев А.В., Смольянинов А.В., Аврова Л.С., Колесникова Е.Г.

*Кемеровский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики» (650024, Кемерово, ул. Космическая, 6а)*

Изучение крупных социально-экономических систем невозможно осуществить без их системного анализа, что требует разработки многокритериальных математических моделей, способных, по крайней мере, отследить балансы материальных и денежных потоков в подсистемах во избежание кризисных явлений в экономике, финансах и обществе. В статье приведено описание содержательной и математической постановки задачи оценки эффективности развития такой сложной социально-экономической системы, как регион. Приводится модель региона с пятью экономическими агентами – производителем, потребителем, финансовым, коммерческим секторами и управляющим центром. Модель имеет статический и линейный характер, что позволяет рассчитывать на ее эффективный теоретический и численный анализ. Дается возможная содержательная трактовка используемых ограничений, а также обсуждается подход и алгоритмы анализа построенной модели.

Ключевые слова: социально-экономическая система, экономико-математическая модель региона, многокритериальная задача линейного программирования, кризисы в экономике

## ANALYSIS OF REGIONAL ECONOMY ON THE BASIS OF MULTI-OBJECTIVE MATHEMATICAL MODEL

Medvedev A.V., Smolyaninov A.V., Avrova L.S., Kolesnikova E.G.

*Kemerovo branch of «The Moscow State University of Economics, statistics and Informatics» (650024, Kemerovo, Kosmicheskaya st., 6a)*

Study of the socio-economic systems cannot be done without a system analysis that requires the development of multiobjective mathematical models that can, at least, track balances material and cash flows in subsystems in order to avoid the crisis phenomena in the economy, finance and society. The article offered the description meaningful mathematical statement of a problem and assess the effectiveness of such a complex socio-economic system as a region. The model of a region with five economic agents -producer, consumer, financial and trade sectors, and the manager centre is described. The model is static and linear in nature that allows you to count on its efficient theoretical and numerical analysis. A possible interpretations of content restrictions are given, and also the approach and model analysis algorithms is discussed.

Keywords: socio-economic system, economic-mathematical model of a region, multi-objective linear optimal control task, the crises in the economy

### Введение

Решение задач экономического подъема страны тесно связано с выработкой эффективных механизмов управления стратегией развития регионов, координацией различных направлений экономической политики региональных властей, взаимодействия региональных производственного, социального и бюджетно-финансового секторов. В связи с переходом на рыночные методы хозяйствования в РФ, перед каждым экономическим агентом (ЭА) в регионе возникает необходимость принимать экономически и социально обоснованные управленческие решения при выборе из множества возможных альтернатив развития. Сделать оптимальный выбор чрезвычайно трудно без использования системного подхода, который должен включать разработку математических моделей региона [3], аналитического

и алгоритмического инструментария их анализа и создания автоматизированных систем поддержки принятия управленческих решений на языке, понятном профессионалу, экономисту-практику, аналитику [4, 5]. Следует отметить при этом, что анализ и синтез моделей управления экономическими системами, в частности, мезоуровня, неизбежно требует учета различных аспектов инновационного производства.

В существующих же пакетах экономического и финансового анализа (ИНЭК–Аналитик, Альт–Инвест, Галактика, Project Expert и др.) на сегодняшний день отсутствуют возможности оценки эффективности инвестиционных проектов (ИП) с использованием методов теории оптимального управления. Между тем без использования указанных методов затруднительно определить оптимальный баланс в развитии региональной социально-экономической системы и всех ее подсистем. В работе [6] предложена статическая многокритериальная модель региона, учитывающая взаимодействие пяти ЭА. К недостаткам указанной модели относится изначальная несимметричность в описании взаимодействия ЭА с точки зрения распределения денежной массы в экономической системе, а также такого ресурса, как дотации управляющего органа остальным ЭА. Указанные недостатки устраняются в данной работе.

### **Содержательная постановка задачи**

Рассмотрим следующую задачу эффективного экономического развития региона. Пусть в регионе функционируют и взаимодействуют пять экономических агентов: производитель (P), потребитель (C), финансовый сектор (F), коммерческий (торговый) сектор (Com), региональный управляющий (налоговый) центр (T). Инвестор имеет начальный капитал (свободные денежные средства). У него существует возможность организовать производство  $n$  видов продукции (в том числе инновационной), инвестировав в деятельность (P). В свою очередь, (P) может купить, арендовать активные ОПФ – станки, оборудование, оргтехнику, ОПФ производственных предприятий отдельной отрасли, ОПФ  $n$  производственных подразделений или направлений экономической деятельности и т.п. (C) получает от (P) средства к существованию (зарботная плата) и тратит их на свою потребительскую корзину (consumer basket (CB)). (Com) приобретает оптом произведенную (P) продукцию и организует торговлю ею. (F) аккумулирует в виде депозитов временно свободные денежные средства других ЭА и выдает их в виде кредитов. (T) организует взаимодействие ЭА путем взимания налогов и перераспределения финансового ресурса в виде дотаций другим экономическим агентам. Требуется определить оптимальное количество приобретаемых единиц ОПФ, объемы выпуска и выручку от продажи продукции каждого вида, объемы дотаций, кредитов и депозитов, при которых дисконтированное сальдо доходов и расходов

(P), (C), (F), (Com), а также дисконтированный налоговый поток (T) за горизонт планирования  $T$  являются максимальными с учетом интересов и естественных ограничений деятельности каждого экономического агента.

### Математическая постановка задачи

Введем следующие обозначения:  $c_k$  – стоимость ОПФ  $k$ -го типа (руб),  $k=1, \dots, n$ ;  $m_k$  – количество приобретаемых ОПФ  $k$ -го типа (ед);  $V_k$  – проектная производительность ОПФ  $k$ -го типа (руб);  $P_k$  – стоимость единицы продукции  $k$ -го типа (руб);  $\delta_k = \frac{P_k V_k}{c_k}$  – фондоотдача

ОПФ (руб);  $y_k$  – объем выпуска по  $k$ -ому виду продукции (ед);  $q_k$  – прогнозный спрос на продукцию  $k$ -го типа (руб);  $R$  – выручка от реализации всей производимой продукции (руб);  $Z'$  – общие затраты производителя (руб);  $Am$  – амортизационные отчисления (руб);  $W^b$  – балансовая прибыль производителя (руб);  $W$  – чистая прибыль производителя (руб);  $C_0$  – начальные средства потребителя (руб);  $F_0$  – начальные средства финансового сектора (руб);  $Com_0$  – начальные средства коммерческого сектора (руб);  $I_0$  – максимальная сумма внешних инвестиций (руб);  $L_0$  – максимальная сумма дотаций за весь период действия ИП (руб);  $r_{ps}(k)$  – экспертно задаваемый коэффициент, отражающий, во сколько раз выручка на стадии послепродажного сервиса больше выручки от продаж  $k$ -го вида продукции;  $N_1, N_2, N_3, N_4$  – налоги на добавленную стоимость (НДС), на имущество (НИ), на прибыль (НП) и страховые взносы (СВ) (руб);  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – соответствующие ставки налогов (%);  $Cr_1, Cr_2, Cr_3, Cr_4$  – кредиты (F) для (P), (C), (Com) и (T);  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$  – соответствующие средние ставки кредитов (%);  $Dep_1, Dep_2, Dep_3, Dep_4$  – депозиты (F) для (P), (C), (Com) и (T);  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$  – соответствующие средние ставки депозитов (%);  $Dot_1, Dot_2, Dot_3, Dot_4$  – дотации (T) для (P), (C), (Com) и (F);  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$  – соответствующий процент возврата дотаций (%);  $Z_{com}$  – затраты торговли (транспорт, магазины и пр.),  $I$  – внешние для региона займы под процент  $i$ ;  $\beta$  – доля прибыли, поступающая в фонд оплаты труда (%);  $\delta$  – торговая надбавка коммерческого сектора (%);  $p$  – доля оборотных затрат в общих затратах производителя (%);  $\kappa$  – доля собственных средств (F), выделяемая на кредиты (%);  $\lambda$  – доля собственных средств (F), выделяемая на депозиты;  $r$  – ставка дисконтирования (средняя доходность проекта) (%).

Балансовые уравнения суммы собственных средств ЭА имеют вид:

$$(P): \quad DP = W + Am + (1 - \xi_1)Dot_1 - \varepsilon_1 \cdot Cr_1 + \eta_1 \cdot Dep_1,$$

$$(C): \quad DC = C_0 + \beta R(t) + (1 - \xi_2)Dot_2 - \varepsilon_2 Cr_2 + \eta_2 Dep_2 - \sum_{k \in CB} q_k,$$

$$(F): \quad DF = F_0 + (1 - \xi_3)Dot_3 + \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \cdot Cr_i - \sum_{i=1}^4 \eta_i \cdot Dep_i,$$

$$(Com): \quad DCom = \delta R(t) + (1 - \xi_4)Dot_4 - \varepsilon_3 \cdot Cr_3 + \eta_3 \cdot Dep_3 - Z_{com},$$

$$(T): \quad DT = \sum_{i=1}^4 N_i - \varepsilon_4 \cdot Cr_4 + \eta_4 \cdot Dep_4 - \sum_{i=1}^4 (1 - \xi_i)Dot_i.$$

### Ограничения деятельности экономических агентов региона

Предположим, в первую очередь, платежеспособность производителя, потребителя, коммерческого и финансового сектора:  $DP \geq 0$ ,  $DC \geq 0$ ,  $DCom \geq 0$ ,  $DF \geq 0$ .

Условия ограниченности сумм инвестиций и дотаций можно записать следующим образом:

$$(P): \quad I \leq I_0, \quad (1)$$

$$(T): \quad \sum_{i=1}^4 Dot_i \leq L_0, \quad (2)$$

$$(F): \quad \sum_{i=1}^4 Cr_i \leq \kappa \cdot DF, \quad (C): \quad \sum_{i=1}^4 Dep_i \leq \lambda \cdot DF. \quad (3)$$

Условие (1) ограничивает максимальные суммы инвестиций (P), а (2) – максимальные суммы дотаций агента (T) агентам (P), (C), (Com) и (F). Условия (3) ограничивают суммы кредитов и депозитов для ЭА заданными частями его собственных средств. По смыслу рассматриваемой задачи имеем следующие ограничения:  $0 \leq y_k(t) \leq V_k$ ,  $0 \leq P_k m_k y_k \leq q_k$  ( $k = 1, \dots, n$ ), означающие, соответственно, что выпуск продукции  $k$ -го типа не превосходит производительности ОПФ, а объем продаж не превышает спроса.

В качестве критериев эффективности функционирования ЭА рассмотрим следующие показатели:

$$(P): \quad J_p = \frac{W + Am}{1 + r},$$

$$(C): \quad J_{cons} = \frac{\beta R}{1 + r},$$

$$(F): \quad J_F = \frac{\sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \cdot Cr_i - \sum_{i=1}^4 \eta_i \cdot Dep_i}{1 + r},$$

$$(Com): \quad J_{com} = \frac{\delta R - Z_{com}}{1 + r},$$

$$(T): J_T = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{1+r}.$$

Следует отметить, что перечисленные показатели качества функционирования отражают не все потоки собственных средств ЭА, а только потоки стратегического (долгосрочного) характера, проявляющиеся на всем горизонте планирования регионального проекта развития. В частности, в целевые критерии не включаются потоки кредитной и депозитной денежной массы и потоки дотаций.

Введем далее следующие переменные:

$x_k = c_k m_k$  ( $k = 1, \dots, n$ ) – общая стоимость ОПФ  $k$ -го типа;  $x_{n+k} = P_k m_k y_k$  ( $k = 1, \dots, n$ ) – выручка от реализации продукции  $k$ -го типа;

$x_{2n+1} = Dot_1$	$x_{2n+5} = Cr_1$	$x_{2n+9} = Dep_1$
$x_{2n+2} = Dot_2$	$x_{2n+6} = Cr_2$	$x_{2n+10} = Dep_2$
$x_{2n+3} = Dot_3$	$x_{2n+7} = Cr_3$	$x_{2n+11} = Dep_3$
$x_{2n+4} = Dot_4$	$x_{2n+8} = Cr_4$	$x_{2n+12} = Dep_4$
$x_{2n+13} = Z_{com}$		
$x_{2n+14} = I$		

Обозначим далее  $Am = \sum_{k=1}^n \frac{T}{T_k} x_k$  – сумма амортизационных отчислений по всем видам ОПФ;

$R = \sum_{k=1}^n P_k m_k y_k = \sum_{k=1}^n x_{n+k}$  – выручка от продажи по всем видам продукции;  $S^0 = \sum_{k=1}^n \left(1 - \frac{T}{T_k}\right) x_k$  –

остаточная стоимость ОПФ;  $N_2 = \alpha_2 S^0$  – налог на имущество,  $T$  – срок действия ИП; чистая прибыль (P) может быть рассчитана по формуле  $W = (1 - \alpha_3) \left( (1 - \beta) R - Am - N_1 - N_2 - N_4 - pZ^r \right)$ .

Заметим, что технико-экономические характеристики и производственная функция (P) вычисляются алгоритмически в соответствии с принятыми в РФ правилами учета затрат. С учетом введенных обозначений, математическая модель решаемой задачи примет вид:

$$J_P = \frac{\sum_{k=1}^n (-\sigma_k - 1 - r) x_k + \sigma \sum_{k=1}^n x_{n+k}}{1+r} \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$J_{consumer} = \frac{\beta \sum_{k=1}^n x_{n+k}}{1+r} + \eta x_{2n+3} \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$J_F = \sum_{k=1}^4 (\varepsilon_k x_{2n+4+k} - \eta_k x_{2n+8+k}) \rightarrow \max, \quad (6)$$

$$J_{Com} = \frac{\delta}{1+r} \sum_{k=1}^n x_{n+k} - \frac{1}{1+r} x_{2n+1} \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$J_T = \frac{-\sum_{k=1}^n \tau_k x_k - \tau \sum_{k=1}^n x_{n+k}}{1+r} \rightarrow \max. \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^n \sigma_k x_k - \sigma \sum_{k=1}^n x_{n+k} + (\xi_1 - 1)x_{2n+1} + \varepsilon_1 x_{2n+5} - \eta_1 x_{2n+9} \leq 0, \quad (9)$$

$$-\beta \sum_{k=1}^n x_{n+k} + (\xi_2 - 1)x_{2n+2} + \varepsilon_2 x_{2n+6} - \eta_2 x_{2n+10} \leq C_0 - \sum_{k \in CB} q_k, \quad (10)$$

$$(\xi_3 - 1)x_{2n+3} - \sum_{k=1}^4 (\varepsilon_k \cdot x_{2n+4+k} - \eta_k \cdot x_{2n+8+k}) \leq F_0, \quad (11)$$

$$-\delta \sum_{k=1}^n x_{n+k} + x_{2n+1} \leq 0, \quad (12)$$

$$\sum_{k=1}^n \tau_k x_k + \tau \sum_{k=1}^n x_{n+k} + \sum_{k=1}^4 (1 - \xi_k) x_{2n+k} \leq 0, \quad (13)$$

$$(1 + T \cdot r_{ps}(k)) x_{n+k} \leq q_k \quad (k = 1, \dots, n), \quad (14)$$

$$-\delta_k x_k + (1 + T \cdot r_{ps}(k)) x_{n+k} \leq 0 \quad (k = 1, \dots, n), \quad (15)$$

$$\sum_{k=1}^n x_k \leq I_0, \quad (16)$$

$$\sum_{k=1}^4 x_{2n+k} \leq L_0, \quad (17)$$

$$\kappa (\xi_3 - 1) x_{2n+3} + \sum_{k=1}^4 (1 - \kappa \varepsilon_k) \cdot x_{2n+4+k} + \sum_{k=1}^4 \kappa \eta_k \cdot x_{2n+8+k} \leq \kappa F_0, \quad (18)$$

$$\lambda (\xi_3 - 1) x_{2n+3} - \sum_{k=1}^4 \lambda \varepsilon_k \cdot x_{2n+4+k} + \sum_{k=1}^4 (1 + \lambda \eta_k) \cdot x_{2n+8+k} \leq \lambda F_0, \quad (19)$$

$$x_k \geq 0 \quad (k = 1, \dots, 2n+6), \quad (20)$$

где  $\sigma_k = -\frac{T}{T_k} + 1 + \frac{1 - \alpha_3}{1 - p} \left( \frac{T}{T_k} - \alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_2 \frac{T}{T_k} \right)$ ,  $\sigma = (1 - \alpha_3) \left( 1 - \frac{\beta + \alpha_1 + \alpha_4 \beta}{1 - p} \right)$ ,

$$\tau_k = \alpha_1 - \alpha_2 + \alpha_2 \frac{T}{T_k} + \frac{\alpha_3}{1 - p} \left( \frac{T}{T_k} - \alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_2 \frac{T}{T_k} \right), \quad \tau = -\alpha_1 - \alpha_3 + \alpha_3 \frac{\beta + \alpha_1 + \alpha_4 \beta}{1 - p} - \alpha_4 \beta.$$

Построенная модель (4)-(20) является многокритериальной задачей линейного программирования, допускающей решение на основе симплекс-метода. Многокритериальный анализ проводится путем перехода к эквивалентной

однокритериальной задаче с выпуклой линейной комбинацией критериев [8] с последующим возвращением к многокритериальности и построения множества Парето.

В модели учтены существенные ограничения деятельности ЭА, не позволяющие системе работать в кризисных режимах. В частности, обеспечиваются условия платежеспособности (9)-(13) всех ЭА, устанавливаются ограничения (14) выпуска продукции спросом на нее, исключающие кризис перепроизводства продукции. Кроме того, (15) можно трактовать как ограничения на эффективности ОПФ или уровень научно-технического прогресса. В условиях (14), (15), кроме того, учтен эффект увеличения выручки от продажи продукции на стадии послепродажного обслуживания, которая характерна для инновационной продукции. Условия (16), (17) содержат ограничения на объемы циркулирующих в системе финансовых ресурсов (инвестиции и дотации), а условия (18), (19) ограничивают объемы кредитно-депозитной массы, что, как представляется, позволит избежать перепроизводства финансового ресурса в системе (финансовых пузырей). Приведенная модель является обобщением на случай пяти ЭА моделей региона, рассмотренных в работе [2]. Особенностью указанной модели является ее линейный и статический характер, что позволяет разрабатывать эффективные алгоритмы ее численного анализа, а также создавать автоматизированные пакеты прикладных программ (ППП), нацеленные на поддержку принятия управленческих решений по разработке различных направлений экономической политики региональных властей. Примером такого ППП может служить программный комплекс [1, 7]. Предварительные расчеты, проведенные с его помощью, позволили сделать вывод о существовании решения поставленной задачи.

### **Обсуждение подхода и алгоритмы анализа задачи**

Предлагаемый в работе подход занимает промежуточное положение между излишне агрегированными (использующими отвлеченные производственные функции) и излишне детализированными (используемыми, как правило, для имитационного описания систем) аналогами и позволяет достичь разумного компромисса в соотношении уровня сложности и содержательной адекватности описания региональных экономических процессов. При этом научно обоснованный прогноз и планирование наилучших параметров развития региона осуществляется на основе многокритериального выбора с учетом интересов основных экономических агентов региона – производственного, потребительского, финансового, коммерческого секторов и регионального управляющего центра.

Рассмотрим примерный алгоритм использования СППР при разработке выбранных направлений экономической деятельности региона. Данный алгоритм, как правило, содержит следующие этапы.

1. Сбор статистической информации о показателях экономического развития отраслей в регионах (средние значения сроков службы, производительности и стоимости активов, стоимости единицы производимой продукции, средние по отраслям затраты на оборотные средства, оплату труда, ставки налогов, средние ставки кредитов, затраты коммерческого сектора, стоимость потребительской корзины).
2. Проведение маркетингового исследования рынка продукции отраслей региональной экономики с целью определения спроса на продукцию и рыночных характеристик ОПФ как внутри региона, так и за его пределами. Если проведение такого исследования невозможно или затратно, то предполагается параметрический анализ модели по параметрам спроса.
3. Выбор параметров модели, соответствующей статистическим данным (с учетом количества участников, горизонта планирования, видов производимой продукции, полноты собранной статистической информации и т.п.). Проведение численных расчетов при заданных характеристиках рассматриваемого регионального проекта развития.
  - 3.1) если чистая приведенная стоимость собственных средств хотя бы одного экономического агента равна нулю, то данный проект классифицируется как некупаемый или кризисный для данного экономического агента.
  - 3.2) в случае положительных значений критериев всех ЭА требуется более глубокое исследование с точки зрения устойчивости проекта к изменению его параметров.
4. Сравнение результатов проведенного расчета в качественном и количественном аспекте со сложившимися в данном регионе по данному направлению экономической деятельности показателями (накопленная стоимость, стоимость приобретаемых или планируемых к приобретению ОПФ, выручка от реализации продукции, остаточная стоимость накопленных ОПФ, внешние и внутренние инвестиции, их накопленные суммы, объемы кредитной массы и т.п.).
  - 4.1) если полученные численные данные близки к реально сложившимся, а также устраивают всех участников регионального проекта (удовлетворяют их требованиям эффективности проекта), то можно сделать вывод о сбалансированности социально-экономического развития региона в смысле интересов всех его экономических агентов;
  - 4.2) если полученные численные данные не совпадают с реально сложившимися экономическими показателями или значения целевых критериев не устраивают одного или нескольких принимающих решения лиц (ЛПР), то можно сделать вывод о несбалансированном (асимметричном, кризисном) развитии региона и выбрать в качестве ориентировочных пропорций показатели произведенного расчета. При этом на основе



критериальных Парето-множеств ЭА или ЛПР имеют возможность согласования своего взаимодействия в рассматриваемом проекте, например, путем уступок своих интересов.

В случае если расчетные данные указывают на неэффективность проекта, с помощью автоматизированного пакета программ [1] возможно проведение численного эксперимента для нахождения диапазонов изменения параметров и их комплексов, улучшающих региональный проект по критериям. При определенных условиях может оказаться целесообразным получить такие характеристики регионального проекта, которые удовлетворяли бы интересам не всех участников, а лишь некоторых, приоритетных экономических агентов региона.

### **Заключение**

Построенная в работе математическая модель, методы ее численного анализа в виде пакета прикладных программ, способов алгоритмизации введения входной и обработки выходной информации, выработка законодательных актов по установлению налоговых ставок, определению сумм и ключевых направлений дотаций, ставок и объемов кредитов для каждого экономического агента, размеров доходов потребителя и его потребительской корзины, а также принятие других управленческих решений на основе получаемой из приведенной модели информации могут представлять собой научно обоснованную систему (механизм) и повысить обоснованность принятия решений при управлении региональным социально-экономическим развитием.

### **Список литературы**

1. Конструктор и решатель дискретных задач оптимального управления («Карма»): Программа для ЭВМ. Свидетельство Роспатента № 2008614387 от 11.09.2008г. Правообладатели: А.В. Медведев, П.Н. Победаш, А.В. Смольянинов, М.А. Горбунов.
2. Медведев А.В. Применение z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития. Монография. – Красноярск: Изд-во СибГАУ имени академика М.Ф. Решетнева, 2008. – 228 с.
3. Медведев А.В. Многокритериальная оценка эффективности региональных проектов экономического развития в условиях неопределенности на основе z-преобразования / А.В.Медведев // Системы управления и информационные технологии. – 2008. - №1.1(31). – С. 174-178.
4. Медведев А.В. Моделирование стратегии социально-экономического развития региона на основе мезоэкономического подхода и оптимизационной математической модели / А.В.

Медведев // Вестник Красноярского госуниверситета. Серия «Физико-математические науки». – 2006. - №1. – С. 208-214.

5. Медведев А.В. Поддержка принятия решений при управлении экономикой региона. Монография / А.В. Медведев. – Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2011. – 106 с.

6. Медведев А.В. Многокритериальная математическая модель региона / А.В.Медведев // Системный анализ и информационные технологии. Труды V Международной конференции, САИТ – 2013. – В 2-х т. – Красноярск: ИСА РАН, ИВМ СО РАН, 2013.– Т.2. – С. 281-284.

7. Программа для решения многошаговой задачи линейного программирования методом последовательных приближений («Линейная динамика») / Программа для ЭВМ. Свидетельство о регистрации в Роспатенте №2004611491 от 17.06.2004. Правообладатели: А.В. Медведев, П.Н. Победаш.

8. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления, приложения. – М.: Наука, 1982. – 600 с.

Рецензенты:

Кучер Н.А., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой дифференциальных уравнений ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово.

Никитенко С.М., д.э.н., доцент, директор ООО ИНПЦ «Иннотех», г. Кемерово.