УДК 334.012.23:519

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СОПРЯЖЕННЫХ ГРАДИЕНТОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

© 2006 А.И. Осипов, М.В. Скиба

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассматривается методика эффективного управления промышленным предприятием, которая включает эконометрическое в среде Excel и графическое в среде Maple построение целевой функции, а также поиск ее минимума методом сопряженных градиентов. В среде Excel проведена процедура пошаговой минимизации функции убытков в двухфакторном пространстве управляемых переменных. Получены оценки достоверности нелинейных форм целевой функции и погрешности оптимального решения.

Введение

Экономика России находится в переходном состоянии от командно-административной системы к свободному рынку через вступление в ВТО [1]. В этих условиях от эффективности управления промышленным предприятием как сложной системой зависит экономическая безопасность его функционирования.

Под эффективностью в отечественной литературе [2] понимается “комплексное операционное свойство (качество) процесса, характеризующее его приспособленность к достижению цели операции (выполнению задачи системы)”. Эффективное управление открывает путь к гибкому планированию и самоуправлению [3].

В зарубежной литературе методика эффективного управления известна под названием “Шесть сигм”. “Шесть сигм” – это гибкая система совершенствования делового лидерства и показателей эффективности. Это не теория, а образ действия, способствующий постоянному успеху. Благодаря заимствованию инструментов и идей из разных дисциплин, система “Шесть сигм” позволяет улучшать не только результаты, но и сам процесс совершенствования [4].

Важными достижениями современной математической теории производства являются: моделирование процесса производства с помощью производственных функций; моделирование и оптимизация процесса материально-технического снабжения на основе функций издержек; моделирование и описание процесса реализации путем решения задач рациональной коммерческой деятельности и другие. Необходимость разработки новых методов и моделей для принятия решений по управлению предприятием обусловлена тем, что существующие методы не дают наглядной обзорной картины экономического поведения предприятия в широком поле изменения переменных. Для динамичных объектов управления должен быть разработан инструментарий динамичного контроля изменения текущего состояния с обязательным измерением возникших отклонений от нормального движения и определением количественных уровней необходимых корректирующих действий.

В качестве основных характеристик результатов принятых к реализации решений, описывающих свойство устойчивости, предлагается [10] чувствительность и эластичность их к изменению параметров рыночной конъюнктуры. При первичной разработке бизнес-ситуации используются все факторы, оказывающие влияние на расходы и доходы предприятия (в количественном выражении). Анализ чувствительности позволяет определить степень важности отдельных факторов в формировании целевой функции и игнорировать те из них, которые не оказывают особого влияния на результат производственной деятельности.

В основе анализа чувствительности результатов по разнообразным связям между параметрами внешней среды и результатами принятых решений лежит, таким образом, использование коэффициентов (функций) чувствительности, представляющих собой градиенты показателей стратегии, принятой к реализации, по совокупности параметров, характеризующих внешнюю среду. Экономико-математические методы оптимизации и анализа позволяют обеспечить выработку оптимального решения с одновременным обоснованием его в условиях изменяющейся конъюнктуры рынка.

В результате многопараметрического анализа чувствительности прибыли необходимо выбрать достоверную (значимую) эконометрическую модель, основные факторы или их комплексы, наиболее сильно влияющие на целевую функцию исследования. Метод системного исследования должен быть направлен на оптимизацию уровня затрат в сферах проектирования, производства и эксплуатации изделий предприятия. Конечной целью данного исследования является разработка методики ежеквартального нахождения нового оптимального решения, применение которого сделает промышленное предприятие приемлемым для потребителей и производителей.

Постановка задачи эффективного управления

Для решения проблемы качественного управления предприятием необходимо построить его экономическую информационную модель. Создание модели процесса может происходить в двух аспектах. Первый основан на методах математической экономики, а второй – на методах эконометрики [5]. Среди моделей математической экономики можно выделить два крупных класса: модели равновесия в экономических системах (Эрроу-Дербе, В. Леонтьева) и модели экономического роста (Харрода-Домара, Солоу, магистрального типа). В основе эконометрических моделей (К. Пирсона, В. Парето, Р. Фишера, Кобба и Дугласа) лежит корреляционно-регрессионный анализ [5].

В последнее время два аспекта моделирования все чаще объединяются в общее направление: целевая функция формируется на основе эконометрического анализа, а исследование ее свойств проводится традиционными аналитическими методами. Современная математическая теория производства должна базироваться на моделях, достаточно полно описывающих черты реальной производственной деятельности и допускающих аналитическое решение [6].

Основными этапами оценивания эффективности управления промышленным предприятием могут быть следующие [2]:

1. Определение цели оценивания.
2. Измерение свойств сложной системы, признанных существенными для целей оценивания.
3. Обоснование предпочтений – критериев качества и критериев функционирования предприятия.
4. Собственно оценивание.

К задачам анализа процесса эффективности обычно относятся [2]:

- оценка эффективности процесса по выбранному критерию;
- анализ чувствительности показаний к изменению параметров;
- исследование направленности и степени влияния факторов на показатели эффективности процесса;
- выбор параметров, наиболее существенным образом влияющих на показатели эффективности процесса.

К задачам синтеза процесса эффективности относятся [2]:

- определение закона изменения структуры системы управления в зависимости от условий ее изменения;
- определение закона управления системой через ее параметры;
- выбор вида расходного ресурса и создание системы обеспечения хранения и восполнения ресурсов;
- выработка требований к параметрам и показателям качества системы в зависимости от условий ее функционирования.

Управление по системе “Шесть сигм” основано на “измерении” – отслеживании результатов работы компании и последующем сопоставлении этих показателей с источником целей по достижению идеального качества работы. Главной целью становится динамическое программирование: постоянное изменение интереса, формирование изменения целевой функции на основе ключевых критериев, выбранных методов анализа ключевых переменных из факторного пространства и оптимизация результатов [7].

Для формирования целевой функции необходимо описать интегрированную экономико-математическую модель, которая представляет собой комплексную проблему, для решения которой следует решить ряд задач математического моделирования, стандартную задачу линейного программирования или задачу нелинейного программирования.

Эконометрическая модель целевой функции управления

На этапе формулирования модели целевой функции убытков Y были выбраны управляемые переменные из статей бухгалтерского баланса предприятия (годовые и квартальные отчеты об экономической и финансовой деятельности). В настоящей модели это: x_1 – основные средства и нематериальные активы; x_2 – незавершенное строительство; x_3 - финансовые вложения; x_4 – запасы, x_5 – налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям; x_6 – дебиторская задолженность; x_7 – денежные средства; x_8 – сумма прочих внеоборотных и оборотных активов; x_9 – уставный капитал; x_{10} – добавочный капитал, фонд социальной сферы, нераспределенная прибыль прошлых лет, резервы предстоящих расходов и прочие краткосрочные обязательства; x_{11} – резервный капитал; x_{12} – целевые финансирование и поступления; x_{13} – нераспределенная прибыль (непокрытый убыток) отчетного года; x_{14} – займы, кредиты и прочие долгосрочные обязательства; x_{15} – кредиторская задолженность; x_{16} – задолженность перед участниками по выплате доходов и доходы будущих периодов.

На этапе параметризации модели были проведены качественная оценка влияния переменных $x_1,\dots,x_{16}$ на целевую функцию Y и предварительный выбор определяющих ее факторов. Для этого в среде MS Excel выполнены корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализы. Используя корреляционную таблицу, по уровню коэффициента корреляции, были выявлены основные факторы, коэффициенты корреляции которых с функцией Y по модулю больше 0,5. На основе регрессионного анализа были проверены на адекватность линейные уравнения множественной регрессии убытков на различные комбинации факторов с использованием коэффициента детерминации R^2. Дисперсионный анализ проводился с помощью оценки уровня значимости критериев Фишера-Снедекора (F) и Стьюдента (t–статистика). В результате были получены два уравнения целевой функции убытков:

$$Y_1 = -517832 + 2{,}302x_4 + 25{,}108x_5 + 1{,}264x_{13} - 1{,}584x_{14}, \qquad (1)$$

$$Y_2 = -473304 + 1{,}671x_4 + 20{,}371x_5 - 0{,}485x_7 + 1{,}527x_{13} - 1{,}276x_{14} + 0{,}732x_{15}. \qquad (2)$$

Выделенные шесть факторов $x_4, x_5, x_7, x_{13}, x_{14}, x_{15}$ достаточно полно по коэффициенту детерминации $R^2 > 0{,}9$ объясняют причинно-следственную зависимость результатов процесса производства Y. Но, к сожалению, ни один из вариантов уравнений (1) и (2) не удовлетворяет требованиям адекватности модели либо по критерию Фишера-Снедекора и уровню его значимости (p-значение должно быть меньше 0,05) [8], либо по критерию Стьюдента (t-статистика). Поэтому было принято решение перейти к более сложным нелинейным моделям.

Важное место при формировании нелинейной целевой функции убытков занимает определение эластичности этой функции, показывающей степень влияния выбранных факторов на Y [8]. В четырехфакторной линейной модели (1) коэффициенты эластичности оказались равными $E_4^y = 19{,}890$, $E_5^y = 7{,}219$, $E_{13}^y = -0{,}230$, $E_{14}^y = -10{,}882$. Таким образом, фактор x_4 имеет положительную эластичность, фактор x_{14} – отрицательную, а эластичность фактора x_{13} близка к нулю. Последнее означает, что степень влияния фактора x_{13} весьма мала, и его влияние можно не учитывать в нелинейной модели.

В шестифакторной линейной модели (2) коэффициенты эластичности равны $E_4^y = 14{,}436$, $E_5^y = 5{,}858$, $E_7^y = 0{,}623$, $E_{13}^y = -0{,}286$, $E_{14}^y = -8{,}766$, $E_{15}^y = 4{,}084$. Здесь эластичность факторов x_4, x_5, x_{14} осталась практически на прежнем уровне, а эластичность факторов x_7 и x_{13} незначительна.

Проведенное исследование эластичности линейной целевой функции убытков Y конкретного промышленного предприятия показало, что в первом приближении нелинейная модель может быть построена по двум факторам: x_4 и x_{14}, которые оказывают наибольшее влияние на исследуемую функцию.

Оценка параметров уравнения множественной нелинейной регрессии функции убытков Y проводилась с помощью табличного процессора MS Excel (“Анализ данных” - “Регрессия”). Рассматривая различные комбинации факторов x_4, x_{14} и их степени, были получены несколько нелинейных уравнений целевой функции убытков Y:

$$Y_3 = -156734 + 9{,}62\cdot 10^{-6}x_4^2 + \\ +6{,}1\cdot 10^{-30}x_4^6 - 2\cdot 10^{-5}x_4x_{14} + \\ +1{,}34\cdot 10^{-5}x_{14}^2 - 6\cdot 10^{-12}x_{14}^3, \qquad (3)$$

$$Y_4 = -138024 + 8{,}58\cdot 10^{-6}x_4^2 + \\ +1{,}08\cdot 10^{-5}x_{14}^2 - 1{,}7\cdot 10^{-5}x_4x_{14} + \\ +6{,}28\cdot 10^{-30}x_4^6 - 6{,}4\cdot 10^{-18}x_{14}^4, \qquad (4)$$

$$Y_5 = -134508 + 8{,}53\cdot 10^{-6}x_4^2 + \\ + 1{,}11\cdot 10^{-5}x_{14}^2 - 1{,}8\cdot 10^{-5}x_4x_{14} + \\ +4{,}91\cdot 10^{-24}x_4^5 - 6{,}8\cdot 10^{-18}x_{14,} \qquad (5)$$

$$Y_6 = -154137 + 9{,}6\cdot 10^{-6}x_4^2 + \\ +1{,}38\cdot 10^{-5}x_{14}^2 - 2\cdot 10^{-5}x_4x_{14} + \\ + 4{,}81\cdot 10^{-24}x_4^5 - 6{,}5\cdot 10^{-12}x_{14}^3. \qquad (6)$$

В табл. 1 представлены характерные результаты эконометрического анализа целевой функции убытков Y_4. Все четыре нелинейные формы (3)...(6) удовлетворяют сразу трем критериям: $R^2>0{,}9$, F и t (p-значение меньше 0,02).

В уравнениях (3)…(6) чувствительность функции убытков Y к комплексам факторов изменяется в очень узких диапазонах: –(134508…156734) – для свободного члена; $(8{,}53\ldots9{,}62)\cdot10^{-6}$ – для x_4^2; $(4{,}81\ldots4{,}91)\cdot10^{-24}$ – для x_4^5; $(6{,}10\ldots6{,}28)\cdot10^{-30}$ – для x_4^6; $-(1{,}7\ldots2{,}0)\cdot10^{-5}$ – для x_4x_{14}; $(1{,}08\ldots1{,}38)\cdot10^{-5}$ – для x_{14}^2; $-(6{,}0\ldots6{,}5)\cdot10^{-12}$ – для x_{14}^3; $-(6{,}4\ldots6{,}8)\cdot10^{-18}$ – для x_{14}^4.

На рис. в среде Maple 9.5 показаны сра-

Таблица 1. Характерные результаты эконометрического анализа целевой функции убытков

Вывод итогов по двум факторам

Регрессионная статистика	
Множеств. R^2	0,971426
R-квадрат	0,943669
Нормир. R^2	0,92355
Станд. ошибка	54125,93
Наблюдения	20

Дисперсионный анализ

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*
Регрессия	5	6,87E+11	1,37E+11	46,90586	2,97E-08
Остаток	14	4,1E+10	2,93E+09		
Итого	19	7,28E+11			

	Коэффициенты	*Станд. ошибка*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*	*Нижние 95,0%*	*Верхние 95,0%*
Y-пересечение	-138024	37205,96	-3,70973	0,002332	-217823	-58225,0334	-217822,863	-58225,03343
X4^	8,58E-06	2,4E-06	3,579004	0,003022	3,44E-06	1,37268E-05	3,43952E-06	1,37268E-05
X14^	1,08E-05	2,24E-06	4,816453	0,000274	5,99E-06	1,5608E-05	5,99021E-06	1,5608E-05
X4*X14	-1,7E-05	4,3E-06	-4,06747	0,001153	-2,7E-05	-8,26E-06	-2,66884E-05	-8,26002E-06
X4^6	6,28E-30	2,25E-30	2,78731	0,014539	1,45E-30	1,11206E-29	1,44872E-30	1,11206E-29
X14^4	-6,4E-18	1,76E-18	-3,60639	0,002862	-1E-17	-2,5769E-18	-1,01397E-17	-2,57689E-18

зу все четыре нелинейные формы $Y_3 ... Y_6$ целевой функции убытков промышленного предприятия. Из рис. видно, что в исследуемой области $x_4, x_{14} \in [0;10^6$ тыс. руб.] формы отличаются незначительно. Это свидетельствует о том, что все перечисленные нелинейные уравнения практически равноценны и могут быть использованы для построения процедуры минимизации функции убытков. Показатели степени факторов x_4, $x_4 x_{14}$ и x_{14} в указанных уравнениях составляют 2…6; 1 и 2…4 соответственно, то есть суммарная эластичность в уравнениях по факторам не превышает 11.

Поверхности (3)...(6) на рис. представляют собой "овраг" с достаточно крутыми "склонами" и поэтому движение к минимуму убытков ("дно оврага") должно проходить в "овражной ситуации" строго по оптимальной траектории. "Овраг" имеет "пологое дно" в области начала координат. Вдоль биссектрисы первой четверти системы координат $Ox_4x_{14}Y$ при увеличении факторов x_4 и x_{14} убытки Y уменьшаются, однако, слева и справа от нее резко возрастают. Это может привести к неустойчивому состоянию экономики предприятия, так как резкое изменение соотношения факторов x_4 (запасы) и x_{14} (займы, кредиты) приводит к переходу с одного "склона оврага" на другой и соответственно к состоянию банкротства предприятия.

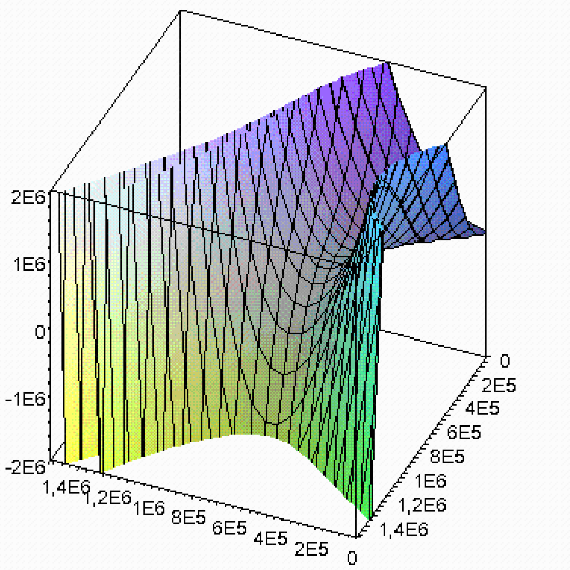

Рис. Четыре нелинейные формы целевой функции убытков промышленного предприятия

Метод сопряженных градиентов

Задача оптимального планирования также называется оптимизационной, или экстремальной, задачей [9]. Параметры объекта управления x_4 и x_{14}, которые можно и нужно варьировать для достижения цели производства – минимизации убытков Y, – называются управляемыми переменными. Нахождение оптимального значения Y сводится к нахождению минимума функции нескольких переменных. Если убытки предприятия нужно минимизировать, то в оптимальной точке отношение приращений убытков и определяющих их факторов должно стремиться к нулю или не существовать при стремлении к нулю последних. В терминах дифференциального исчисления это означает, что необходимым условием наличия экстремума $x^* = (x_4, x_{14})$ у функции переменных $y = f(x_4, x_{14})$ является равенство нулю или разрыв ее частных производных.

В точке минимума дифференциал функции равен нулю: $dy = y'_{x4}dx_4 + y'_{x14}dx_{14} = 0$. Это дает возможность определить скорость изменения одного фактора, например, x_4 при изменении другого $dx_4/dx_{14} = -y'_{x4}/y'_{x14}$. При этом скорость равна обратному отношению пофакторной чувствительности целевой функции, взятому с противоположным знаком.

Методы скалярной оптимизации позволяют на итерационной основе получить оценки вектора независимых переменных $x^*=(x_4, x_{14})$, которому соответствует минимальное значение целевой функции $f(x^*)$. К таким методам относятся: методы прямого поиска, основанные на вычислении только значений целевой функции; градиентные методы, в которых используются значения первых производных.

Методы прямого поиска предполагают знание значений целевой функции во всей области оптимизации, причем сама функция должна быть непрерывной (аналитической) или легко интерполируемой. В экономических задачах, как правило, целевая функция задается таблично, причем только в области, предшествующей точке оптимума, или значению параметра прогноза (времени). Кроме того, шаг в область с ухудшением целевой функции является для предприятия рискованным и поэтому недопустимым. Данные обстоятельства препятствуют использованию методов прямого поиска для минимизации убытков предприятия.

Более эффективными являются методы, специально разработанные для решения оптимизационных задач. Для задач выпуклого программирования разработан ряд эффективных численных методов. В некоторых из них исходная задача заменяется задачей поиска "седловой" точки функции Лагранжа. Такие методы, как правило, связаны с классическими идеями наискорейшего спуска.

Градиентные методы носят итеративный характер, так как компоненты градиента оказываются нелинейными функциями независимых переменных. Обычно предполагается, что

$$f(\bar{x}), \nabla f(\bar{x}) = \left(\frac{df}{dx_4}, \frac{df}{dx_{14}}\right)^T - градиент, \nabla^2 f(\bar{x})$$

существуют и непрерывны. Все формы (3)...(6) целевой функции являются алгебраическими и обладают этими свойствами. Способ определения градиента и длины шага на каждой итерации связан с особенностями применяемого метода. Выбор шага осуществляется путем решения задачи условной минимизации функции в направлении градиента. Это дает возможность использовать эффективные алгоритмы одномерной минимизации.

В соответствии с формулой конечных приращений Лагранжа:

$$f(\bar{x}) \approx f(\bar{x}^0) + \nabla f(\bar{x}^0)^T \Delta\bar{x} \qquad (7)$$

наискорейшее уменьшение целевой функции будет происходить при движении в сторону, противоположную градиенту, то есть когда приращение векторного аргумента в факторном пространстве равно

$$\Delta\bar{x} = -\alpha \nabla f(\bar{x}^0)\,. \qquad (8)$$

Согласно формуле (8) для реализации поиска минимума целевой функции необходимо определить параметр шага α и градиент функции. Так как в окрестности точки локального оптимума градиент стремится к нулю, то целесообразно определять α на каждой итерации:

$$\bar{x}^{(k+1)} = \bar{x}^{(k)} - \alpha^{(k)} \nabla f(\bar{x}^{(k)})\,. \qquad (9)$$

Значение $\alpha^{(k)}$ вычисляется путем решения задачи условной минимизации функции вдоль направления градиента $\nabla f(\bar{x}^{(k)})$ с помощью того или иного метода одномерного поиска. Рассмотренный градиентный метод носит название "метода наискорейшего спуска" или "метода Коши".

Поиск вдоль прямой (9) обеспечивает более высокую надежность метода Коши по сравнению с простейшим градиентным методом. Одним из главных преимуществ метода Коши является его устойчивость. Метод обладает важным свойством, которое заключается в том, что при достаточно малой длине шага итерации обеспечивают выполнение неравенства

$$f\left(\bar{x}^{(k+1)}\right) \le f\left(\bar{x}^{(k)}\right). \qquad (10)$$

С учетом наличия свойства (10) метод Коши, как правило, позволяет существенно уменьшить значение целевой функции при движении из точек, расположенных на значительных расстояниях от точки минимума. Это открывает возможность использовать градиентные методы в качестве начальной процедуры, то есть для получения первого приближения оптимального решения.

В изложенном выше методе применяется "наилучшая" локальная стратегия поиска с использованием градиента. Однако, движение в направлении, противоположном градиенту, приводит в точку минимума лишь в том случае, когда линии уровня функции представляют собой окружности. Таким образом, направление, противоположное градиенту, вообще говоря, не может служить глобальным направлением поиска точек оптимума нелинейных функций.

Метод Ньютона-Рафсона – один из итерационных методов, применяемых для численного решения системы нелинейных уравнений, относится к градиентным методам [9]. Эффективность метода находится в сильной зависимости от выбора начальной точки, но при этом не требуется находить решение дополнительного уравнения для определения величины параметра шага вдоль градиента.

Если в качестве нового направления поиска на каждом шаге выбирать направление, сопряженное со всеми предыдущими направлениями, то можно прийти к методу сопряженных направлений. Алгоритм минимизации квадратичных функций специального вида называется методом сопряженных градиентов [9].

К числу прикладных пакетов на ЭВМ, специально разработанных для решения оптимизационных задач, относится широко распространенный табличный процессор Microsoft Excel. При помощи процедуры "Поиска решения" можно приближенно вычислить оптимальное решение задачи с размерностью, не большей 50-60, и с количеством ограничений, не превосходящем 50-60, что для большинства экономических задач вполне достаточно. В качестве методов оптимизации в данном пакете используются методы Ньютона и сопряженных градиентов [10].

В общем случае градиентные методы дают возможность получить приближение лишь к стационарной точке, то есть такой точке, в которой градиент обращается в нулевой вектор. Это может быть точка глобального (локального) максимума или минимума или "седловая" точка [2].

Пошаговая минимизация убытков

В среде MS Excel ("Поиск решения" – "Метод сопряженных градиентов") была проведена пошаговая минимизация четырех форм целевой функции. Началом процедуры является точка современного убыточного состояния предприятия: (682258; 506688; 852211). Результаты первого шага показаны в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что первый условный минимум целевой функции находится в точке (505204 ± 2,55 %; 602520,4 ± 1,72 %). Низкая погрешность значения минимума четырех форм целевой функции свидетельствует об успешной валидации проведенного исследования по предложенной математической модели.

Наибольшее минимальное значение функции убытков по пессимистическому прогнозу может составить $Y(x_4, x_{14}) = 73386,9$, что более чем в 11 раз меньше по сравнению со значением реальных убытков предприятия $Y = 852211$. Согласно оптимистического прогноза по методу градиентного спуска уже на первом шаге минимизации предприятие может выйти из убыточного состояния и получить прибыль в размере $П = –Y = 154445$. В среднем по четырем формам целевой функции уровень прибыли может составить $П^{ср} = –Y^{ср} = 69148,2$.

Достижение оптимальной точки на первом шаге минимизации убытков возможно за счет внутренних ресурсов предприятия. Действительно, сократив запасы на величину $\Delta x_4 = 682258 – 505204 = 177054$, под эти средства можно увеличить займы, кредиты и другие долгосрочные обязательства на величину $\Delta x_{14} = 602520,4 – 506688 = 95832,4$. За счет продажи запасов разница в $\Delta Y_{доп} = \Delta x_4 - \Delta x_{14} = 177054 - 95832,4 = 81221,6$ составит дополнительную прибыль, гарантированно выводя предприятие из убыточного состояния по всем четырем прогнозам, включая пессимистический.

Заключение

Таким образом, методом градиентного спуска найдено единственное и достоверное решение $x^* = (x_4, x_{14}) = (505204 \pm 2,55\ \%; 602520,4 \pm 1,72\ \%)$. Следующим этапом управления экономикой предприятия является изменение факторов его баланса в результате дальнейшей деятельности. По итогам работы в следующем периоде (квартале) должна быть составлена новая форма целевой функции,

Таблица 2. Результаты первого шага минимизации частных форм функции убытков

№	Формула	x_4	x_{14}	Y
1	(3)	518223,3	598183,9	-144364,0
2	(4)	492455,6	593968,9	73386,9
3	(5)	497122,3	614641,6	-154445,0
4	(6)	513014,7	603287,0	-51170,9
6	Среднее	505204,0	602520,4	-69148,2

подлежащая оптимизации в соответствии с принципами эффективного управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осипов А.И.* Математическая модель современного развития //Рыночная экономика: состояние, проблемы, перспективы. Вып. 2. Самара: СГАУ, 1998.
2. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. *В.Н.Волковой, В.Н.Козлова.* М.: Высш. шк., 2004.
3. *Виттих В.А*. Концепция управления открытыми организационными системами // Известия СамНЦ РАН. 1999. № 1.
4. Курс на Шесть Сигм: Как General Electric, Motorola и другие ведущие компании мира совершенствуют своё мастерство / *П.С.Пенди, Р.П.Ньюмен, Р.Р.Кэвенг* / М.: “ЛОРИ”, 2002.
5. *Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н.* Математические методы в экономике: М.: МГУ. Изд-во “ДИС”, 1998. .
6. *Г.М.Гришанов, М.И.Гераськин.* Математические основы экономической теории управления. Самара: СГАУ, 2001.
7. *Брю Г.* Шесть сигм для менеджеров / *Грег Брю. В.Н.Егорова.* М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004.
8. Эконометрика: / *И.И.Елисеева, С.В.Курышева, Т.В.Костеева и др.*; Под ред. *И.И.Елисеевой.* М.: Финансы и статистика, 2005.
9. *Фролькис В.А.* Введение в теорию и методы оптимизации для экономистов. СПб.: Питер, 2002.
10. *Карлберг, Конрад.* Бизнес-анализ с помощью Excel.: К.: Диалектика, 1997.

APPLICATION OF CONJUGATE-GRADIENT METHOD FOR INDUSTRIAL ENTERPRISE EFFICIENT MANAGEMENT

© 2006 A.I. Osipov, M.V. Skiba

Samara State Aerospace University

The present paper considers the industrial enterprise efficient management procedure that includes econometric (in Excel) and graphical (in Maple) plotting of the target function as well as searching of this function minimum though the application of conjugate-gradient method. The stepwise minimization of the function of losses in two-factor space of controlled variables was performed in Excel. The confidence of nonlinear target function and optimal solution error were estimated.