УДК 330

РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ЭКОНОМИКИ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ОБРАТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Е.Б. Грибанова

Отмечено, что обратные задачи возникают при необходимости нахождения оптимальных путей решения вопросов компаний и отвечают на вопрос «как сделать так, чтобы?». Предложены варианты решения обратных задач экономики с помощью модифицированного метода обратных вычислений. Рассмотрены различные виды ограничений на аргументы функций. Показана возможность применения модифицированного метода обратных вычислений для оптимизации функции двух аргументов на заданном интервале. Указано, что полученные результаты могут быть полезны в системах поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: обратные вычисления, обратная задача, ограничения, оптимизация, управленческие решения.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи, решаемые в области экономики, можно разделить по направлению причинно-следственной связи на прямые и обратные. Прямая задача заключается в установлении следствия по известным причинам, т. е. расчете результата по имеющимся значениям формирующих его величин и виду зависимости, что позволяет оценить текущее состояние системы, сделать прогноз на будущие периоды, исследовать влияние факторов на выходную величину. Примером решения прямой задачи может служить определение выручки предприятия по заданным значениям цены и количества проданного товара.

Обратная задача заключается в установлении причин, приводящих к интересующему следствию, т. е. таком подборе исходных величин, который обеспечил бы заданное значение результата. Полученная информация может быть использована для формирования управленческих решений [1—4]. В качестве примера можно привести определение количества проданного товара и цены, обеспечивающих необходимый прирост выручки.

Решение обратных задач с помощью обратных вычислений — это получение значений приростов аргументов функции на основании задаваемого значения приращения функции и дополнительной информации, поступающей от лица, формирующего решение: коэффициентов относительной важности аргументов, индивидуального коэффициента прироста аргументов. Несмотря на то, что аппарат обратных вычислений был разработан относительно недавно, он уже нашел практическое применение в различных областях, в частности, образовании [5] и экономике [6]. Решение задач подобного рода актуально, поскольку позволяет ответить на вопрос «как сделать так, чтобы?», определить управляющие воздействия для достижения желаемого состояния объекта экономики, что является неотъемлемой функцией систем поддержки принятия решений. Таким образом может быть решена важнейшая задача синтеза целевого управления с системой сбалансированных показателей, где в корне дерева целей расположена стратегическая цель, а на терминальных вершинах — оперативные показатели [7]. Под деревом цели понимается иерархическая структура, в которой выделена главная цель — корень дерева и подчиняющиеся ей подцели первого, второго и последующего подуровней, представленные в виде листьев дерева.

Модифицированный метод обратных вычислений заключается в определении аргументов функции на основании ее указанного значения и коэффициентов относительной важности [8] (именно такого рода задачи будут рассмотрены в данной публикации и называться «обратными»). Он предполагает построение уравнения связи между аргументами вида $y = a \pm bx$ и подстановку полученного уравнения в исходное соотношение. Для создания уравнения связи используется минимаксный метод. Суть его заключается в построении уравнения диагонали прямоугольника, образованного минимальными и максимальными значениями величин (рис. 1), при этом в качестве углового коэффициента используется отношение ин-

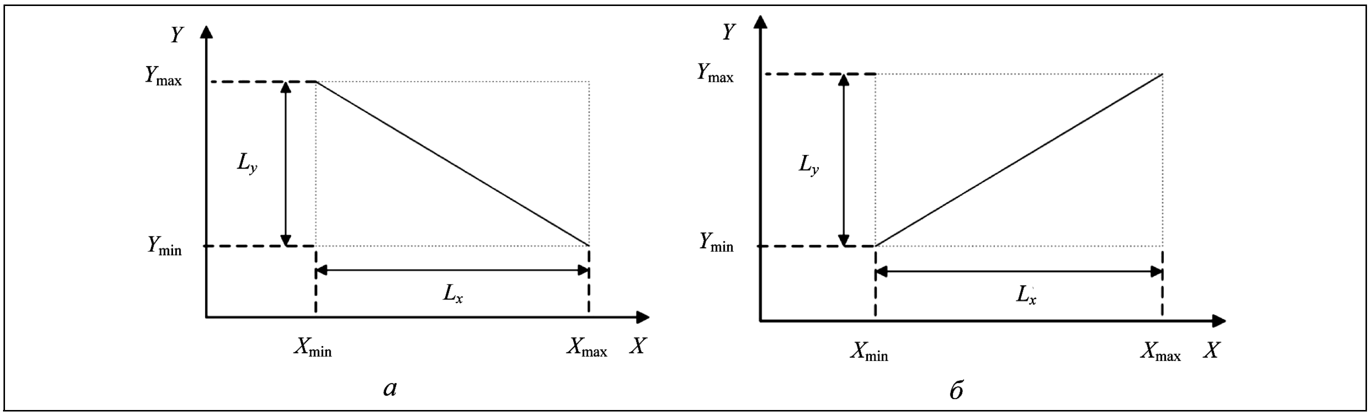

Рис. 1. Зависимость: *а* — обратная; *б* — прямая

тервалов. Так для построения функции обратной зависимости (рис. 1, *а*) используются формулы: $b = L_y/L_x$, $a = Y_{\min} + bX_{\min}$. В случае прямой зависимости (рис. 1, *б*): $b = L_y/L_x$, $a = Y_{\min} - bX_{\min}$. В модифицированном методе обратных вычислений используются отношение коэффициентов относительной важности в качестве углового коэффициента и исходные данные вместо минимальных значений. В отличие от классического метода обратных вычислений он проще в компьютерной реализации, так как позволяет избежать проверок согласованности дополнительной информации, поступающей от человека: соответствия поставленной цели коэффициентам важности.

Многие задачи экономики предполагают наличие ограничений на значение одного из показателей. Так, например, объем выпуска может быть ограничен производственными ресурсами предприятия. В этом случае дефицит/излишек одного ресурса компенсируется другим. В работе [1] для учета ограничений при использовании обратных вычислений предполагается корректировка коэффициентов относительной важности, в статье [9] описана итерационная процедура оптимизации, которая заключается в последовательном изменении функционала и определении приростов аргументов, что позволяет получить результат с учетом заданных ограничений.

В настоящей работе представлены варианты решения задач экономики с учетом ограничений с помощью модифицированного метода обратных вычислений. В рассмотренных далее задачах предполагается взаимозаменяемость ресурсов.

1. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭКОНОМИКИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ

Для оценки состояния объекта экономики используются различные показатели, которые могут быть связаны между собой аддитивной мультипликативной и кратной зависимостями [10].

Рассмотрим случай мультипликативной зависимости для функции двух аргументов: выручка равна (рис. 2) $r = pc$, где p и c — цена и количество товара.

Исходные данные: $r_0 = 50$ усл. ден. ед., $p_0 = 10$ усл. ден. ед., $c_0 = 5$ усл. ед. Необходимо определить значения цены и количества, которые обеспечат размер выручки, равный 100. Установим значения коэффициентов важности приращений аргументов функции: $\alpha = 0{,}4$ и $\beta = 0{,}6$. Полученное с помощью модифицированного метода обратных вычислений решение (рис. 3): $b = 0{,}4/0{,}6 = 0{,}667$, $a = 10 - 0{,}667 \cdot 5 = 6{,}667$, $(6{,}668 + 0{,}667c_1)c_1 = 100$, $c_1 = 8{,}228$, $p_1 = 12{,}152$.

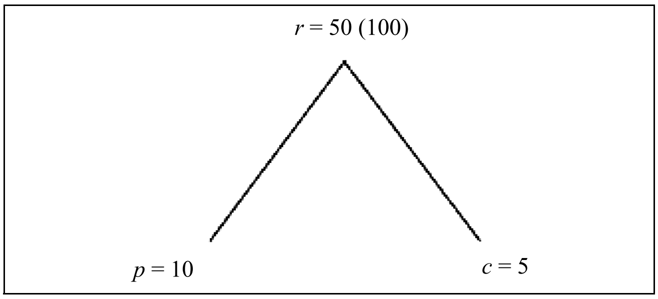

Рис. 2. Формирование выручки

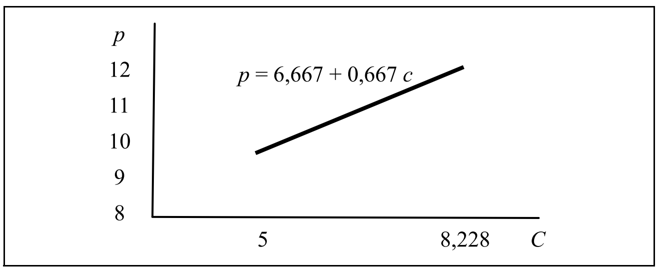

Рис. 3. Зависимость между ценой и количеством

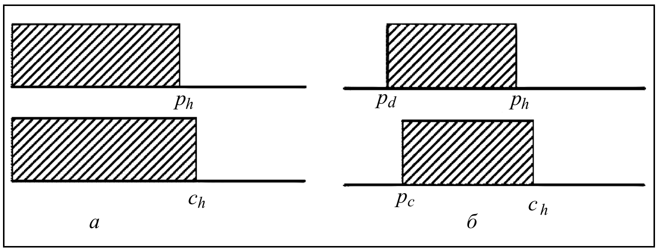

Рис. 4. Виды границ допустимых значений: *а* — верхняя граница; *б* — верхняя и нижняя граница

При нахождении решения не учитывались ограничения, которые могут быть установлены на значения показателей. Можно выделить варианты:

— ограничено значение только одного показателя;

— ограничены значения двух показателей;

— задана одна граница (верхняя или нижняя, рис. 4, *а*) допустимых значений;

— установлены две границы (верхняя и нижняя, рис. 4, *б*), т. е. указан интервал допустимых значений.

В простейшем случае наличия ограничения значения одного показателя возможна корректировка излишка или дефицита за счет другой величины. В этом случае нахождение решения сводится к следующим шагам.

Шаг 1. Определить исходные данные: c_0, p_0 α, β, r_1; границы: c_h, c_d или p_h, p_d.

Шаг 2. Рассчитать значения искомых величин c_1, p_1, обеспечивающих заданное значение функции r_1 с помощью модифицированного метода обратных вычислений. Если полученные значения удовлетворяют ограничениям, то они являются решением задачи, иначе происходит переход к следующему шагу.

Шаг 3. Присвоить показателю граничное значение. Если для величины установлена и верхняя и нижняя границы, то используется ближайшее к полученному решению значение.

Шаг 4. Подставить значение в исходную функцию и определить значение второго показателя путем решения полученного уравнения.

Рассмотрим выполнение этих шагов на примере. Исходные данные: $r_1 = 100$ усл. ден. ед., $p_0 = 10$ усл. ден. ед., $c_0 = 5$ усл. ед., $\alpha = 0{,}4$ и $\beta = 0{,}6$, $c_h = 8$, т. е. существует ограничение: $c \le 8$.

Полученное с помощью модифицированного метода обратных вычислений решение ($c_1 = 8{,}228$, $p_1 = 12{,}152$) не удовлетворяет ограничению $c \le 8$ (см. рис. 4), так как наблюдается недостаток количества на 0,228 усл. ед., который нужно восполнить за счет цены. Присвоим величине c_1 значение верхней границы и подставим в исходное уравнение: $p_1 \cdot 8 = 100$, т.е. $p_1 = 12{,}5$. Полученное решение: $c_1 = 8$, $p_1 = 12{,}5$.

В случае, если обе величины, формирующие результирующий показатель, ограничены, задача усложняется. Рассмотрим вариант, когда для каждого показателя существует только одно ограничение: установлена верхняя или нижняя граница. Первоначально необходимо выполнить проверку на существование решения в заданных интервалах. Для этого нужно проанализировать варианты достижения цели (табл. 1) в соответствии с видом зависимости и направлением изменения величин. Так, например, при необходимости обеспечения положительного прироста результата (т. е. $\Delta C > 0$) путем изменения значений $A(\alpha)$ и $B(\alpha)$ в случае мультипликативной зависимости $C = A(\alpha)B(\beta)$ могут быть рассмотрены два варианта: увеличение значений $A(\alpha)$ и $B(\alpha)$; увеличение аргумента с наибольшим значением коэффициента относительной важности при уменьшении значения переменной с наименьшим коэффициентом важности.

Для мультипликативной модели в случае наличия нижних границ $c \ge c_d$, $p \ge p_d$ и выполнения условия $r(c_d, p_d) > r_1$ решение не может быть найдено в заданных интервалах. Решение будет отсутствовать и при существовании верхних границ значений $c \le c_h$, $p \le p_h$ и выполнении условия $r(c_h, p_h) < r_1$. В этом случае в качестве решения могут быть взяты значения границ: c_h, p_h или c_d, p_d.

При существовании решения в заданных интервалах процедура решения задачи включает в себя следующие шаги.

Шаг 1. Определить исходные данные: α, β, r_1; границы: c_h или c_d, p_h или p_d.

Шаг 2. В качестве начальных взять граничные значения: $c_0 = c_d$ или $c_0 = c_h$; $p_0 = p_d$ или $p_0 = p_h$.

Шаг 3. Найти решение с помощью модифицированного метода обратных вычислений. Направление изменения величин обусловливает вид зависимости в уравнении связи: прямая или обратная.

Таблица 1

Варианты достижения цели

Вид зависимости	Условие	Прирост результата			
		+		−	
Мультипликативная $A(\alpha)B(\alpha)$	$\alpha > \beta$	A^+, B^+	A^+, B^-	A^-, B^-	A^-, B^+
	$\alpha < \beta$	A^+, B^+	A^-, B^+	A^-, B^-	A^+, B^-
Аддитивная $A(\alpha) + B(\alpha)$	$\alpha > \beta$	A^+, B^+	A^+, B^-	A^-, B^-	A^-, B^+
	$\alpha < \beta$	A^+, B^+	A^-, B^+	A^-, B^-	A^+, B^-
Кратная $A(\alpha)/B(\alpha)$	$\alpha > \beta$	A^+, B^+	A^+, B^-	A^-, B^-	A^-, B^+
	$\alpha < \beta$	A^-, B^-	A^+, B^-	A^+, B^+	A^-, B^+

При обратной зависимости между аргументами уравнение может не иметь решения или полученные значения могут выходить за границы допустимой области. В этом случае корректируются коэффициенты пропорциональности и данный шаг повторяется.

Так, допустим, что в примере формирования выручки существует ограничение: $c \ge 9$, $p \ge 10$, исходные данные: $r_1 = 100$ усл. ден. ед., $\alpha = 0,4$ и $\beta = 0,6$, $c_d = 9$, $p_d = 10$.

Присвоим начальным значениям количества и цены товара границы допустимых интервалов: $c_0 = 9$, $p_0 = 10$. Поскольку изменение величин происходит в одном направлении, т. е. для двух аргументов установлена нижняя граница, то используется прямая зависимость между показателями. Полученное с помощью модифицированного метода обратных вычислений решение: $c_1 = 9,61$, $p_1 = 10,406$.

Аналогично осуществляется поиск решения, если существует верхняя граница допустимых значений.

В случае, если для одной из величин установлена верхняя граница, а для другой — нижняя, то изменение значений для мультипликативной связи должно происходить в различных направлениях, и при нахождении решения нужно рассмотреть обратную зависимость между аргументами.

Пусть для приведенных ранее исходных данных $c_d = 9$, $p_h = 10$, т. е. существует ограничение: $c \le 9$, $p \le 10$.

При рассмотрении обратной зависимости между аргументами квадратное уравнение корней не имеет, следовательно, решение не может быть получено.

Примем шаг изменения коэффициентов, равным 0,1: $\Delta = 0,1$. Тогда новые значения коэффициентов относительной важности $\alpha = 0,6 + 0,1 = 0,7$ и $\beta = 0,4 - 0,1 = 0,3$. Полученные значения величин ($c_1 = 10,873$, $p_1 = 9,197$) с помощью модифицированного метода обратных вычислений соответствуют ограничениям, следовательно, они являются решением задачи.

Наконец, рассмотрим вариант ограничений в виде допустимых интервалов значений: $p_d \le p \le p_h$, $c_d \le c \le c_h$. Для нахождения решения необходимо воспользоваться итерационной процедурой, состоящей из следующих шагов.

Шаг 1. Определить исходные данные: r_1, c_h, c_d, p_h, p_d.

Шаг 2. Проверить возможность нахождения решения в заданном интервале.

Шаг 3. Рассчитать интервалы допустимых значений:

$$L_c = c_h - c_d, \quad L_p = p_h - p_d. \tag{1}$$

Шаг 4. Определить коэффициенты линейного уравнения:

$$b = L_p/L_c, \quad a = p_d - bc_d. \tag{2}$$

Шаг 5. Подставить уравнение в исходную функцию и найти искомые величины c_1 и p_1.

После определения значений показателей, обеспечивающих заданный результат r_1, коэффициенты пропорциональности могут быть вычислены по формулам:

$$\alpha^* = \frac{c_1 - c_0}{(c_1 - c_0) + (p_1 - p_0)},$$

$$\beta^* = \frac{p_1 - p_0}{(c_1 - c_0) + (p_1 - p_0)}. \tag{3}$$

Рассмотрим решение задачи в случае существования подобных ограничений. Исходные данные: $r_1 = 100$, $c_h = 8$, $c_d = 5$, $p_h = 15$, $p_d = 12,2$, т. е. $5 \le c_1 \le 8$, $12,2 \le p_1 \le 15$.

Поскольку для рассматриваемой мультипликативной модели выполняется условие $r(c_d, p_d) \le r_1 \le r(c_h, p_h)$, решение может быть найдено в заданных границах.

Расчет интервалов (1): $L_c = 8 - 5 = 3$, $L_p = 15 - 12,2 = 2,8$.

Нахождение коэффициентов линейного уравнения (2):

$$b = L_p/L_c = 2,8/3 = 0,933,$$
$$a = p_d - bc_d = 12,2 - 50,933 = 7,53.$$

Полученное линейное уравнение связи: $p = 7,53 + 0,933c$. Его подстановка в исходную функцию и нахождение решения: $(7,53 + 0,933c_1)c_1 = 100$. Получим: $c_1 = 7,074$, $p_1 = 14,136$.

Таким образом, значения коэффициентов (3) относительной важности: $\alpha^* = 0,334$, $\beta^* = 0,66$.

Если решение необходимо получить с учетом коэффициентов приоритетности α и β, то необходимо использовать итерационную процедуру, включающую в себя последовательную корректировку коэффициентов.

Шаг 1. Определить исходные значения α и β.

Шаг 2. Найти решение задачи с помощью модифицированного метода обратных вычислений. Если решение получено и соответствует ограничениям, то считать полученные значения решением задачи, иначе — перейти к следующему шагу.

Шаг 3. Рассчитать значения α^* и β^* с помощью итерационной процедуры нахождения решения при наличии интервалов допустимых величин; приросты

$$\Delta_\alpha = \frac{\alpha - \alpha^*}{n}, \quad \Delta_\beta = \frac{\beta - \beta^*}{n}, \tag{4}$$

где n — число точек разбиения интервала.

Шаг 4. Изменить значения коэффициентов пропорциональности на размер прироста: $\alpha = \alpha + \Delta_\alpha$ и $\beta = \beta + \Delta_\beta$.

Шаг 5. Найти решение задачи с помощью модифицированного метода обратных вычислений. Если решение получено и соответствует ограничениям, то полученные значения считать решением задачи, иначе — перейти к шагу 4.

Исходные данные: $\alpha = 0{,}23$, $\beta = 0{,}77$, $r_1 = 100$, $c_h = 8$, $c_d = 5$, $p_h = 15$, $p_d = 12{,}2$, т. е. существуют ограничения: $5 \le c_1 \le 8$; $12{,}2 \le p_1 \le 15$. Полученное с помощью модифицированного метода обратных вычислений решение: $c = 6{,}56$, $p = 15{,}235$. Цена не удовлетворяет ограничению $12{,}2 \le p_1 \le 15$, поэтому необходимо изменить значения коэффициентов относительной важности.

Пусть $n = 3$, тогда значения прироста (4)

$$\Delta_\alpha = \frac{\alpha^* - \alpha}{n} = \frac{0{,}334 - 0{,}23}{3} = 0{,}035,$$
$$\Delta_\beta = -\Delta_\alpha = -0{,}035.$$

Скорректированные значения коэффициентов относительной важности: $\alpha = 0{,}23 + 0{,}035 = 0{,}265$; $\beta = 0{,}77 - 0{,}035 = 0{,}735$.

Полученные значения: $c_1 = 6{,}74$, $p_1 = 14{,}836$ удовлетворяют ограничениям $5 \le c_1 \le 8$, $12{,}2 \le p_1 \le 15$ и являются решением задачи.

2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Модифицированный метод обратных вычислений также может быть применен для решения задач оптимизации функций, когда на заданном интервале нужно найти значения аргументов, обеспечивающих минимальное или максимальное значение функции, в частности, для определения начальной точки при многомерной оптимизации. Простейший способ решения такой задачи заключается в применении метода Монте-Карло, когда начальная точка выбирается случайным образом, а также существует подход, основанный на использовании регулярной сетки [11].

Алгоритм метода состоит в следующем.

Шаг 1. Определение исходных данных: функция $z(x, y)$, интервалы допустимых значений, на которых осуществляется поиск минимума: $x_d \le x \le x_h$, $y_d \le y \le y_h$.

Шаг 2. Построение линейного уравнения зависимости аргументов и его подстановка в исходную функцию.

Шаг 3. Минимизация/максимизация полученной функции с помощью одного из методов одномерной оптимизации (равномерного поиска, дихотомии, золотого сечения и т. д.). Подстановка полученной величины в уравнение связи. Полученные значения x^*, y^* могут быть использованы в качестве начальной точки при применении известных методов оптимизации.

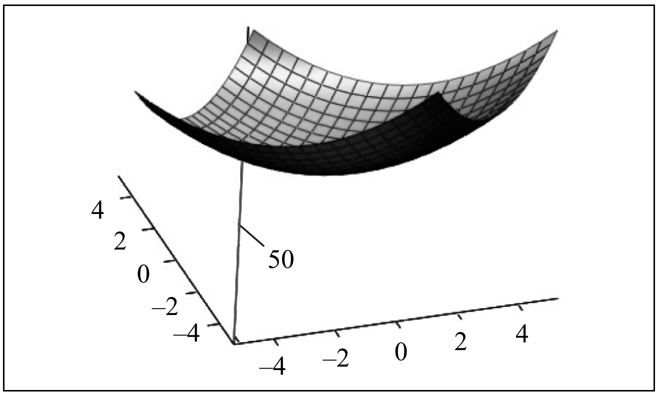

Рис. 5. График функции $z(x, y) = (x - 5)^2 + (y - 1)^2$

Существующие методы многомерной оптимизации делятся на методы прямого поиска (Хука—Дживса, симплексный, Гаусса—Зейделя и др.) и градиентные (Коши, Флетчера—Ривза и др.) [12]. Основной недостаток градиентных методов состоит в необходимости вычисления производной, а методов прямого поиска — в проведении большого числа итераций для нахождения решения.

Рассмотрим применение данной процедуры для нахождения максимального значения выручки на заданных интервалах. Исходные данные: $r_1 = 100$, $\varepsilon = 0{,}0001$, $\varepsilon_\Delta = 0{,}04$, $c_h = 8$, $c_d = 5$, $p_h = 15$, $p_d = 12{,}2$.

Параметры уравнения: $b = L_p/L_c = 2{,}8/3 = 0{,}933$; $a = p_d - bc_d = 12{,}2 - 5 \cdot 0{,}933 = 7{,}53$.

Полученное линейное уравнение связи имеет вид: $p = 7{,}53 + 0{,}933c$.

С помощью одномерной оптимизации определим максимум функции: $r(c) = (7{,}53 + 0{,}933\,c)\,c$ на интервале $5 \le c_1 \le 8$. Полученное решение: $c_1 = 8$, $p_1 = 7{,}53 + 0{,}933 \cdot 8 = 15$.

Применяя метод Хука—Дживса с полученной начальной точкой, получаем, что решением задачи будет $c_1 = 8$, $p = 15$.

Рассмотрим также применение алгоритма для определения минимума функции $z(x, y) = (x - 5)^2 + (y - 1)^2$ (рис. 5). Решение задачи оптимизации выполнялось с помощью метода Хука—Дживса (размер шага и погрешность равны 2 и 0,01 соответственно). Для определения начальной точки применялись метод Монте-Карло и модифицированный метод обратных вычислений. При применении метода Монте-Карло моделирование осуществлялось в течение 10 000 реализаций (программа написана на языке VBA). Результаты представлены в табл. 2, где x_d, x_h, x_d и y_d, y_n — границы интервалов первого и второго аргумента, на которых осуществляется поиск минимума; x^*, y^* — ре-

Таблица 2

Сравнение методов поиска начальной точки

Вариант	x_d, x_h	y_d, y_h	x*	y*	I_o	I_m	$I_{m\max}$	$I_{m\min}$	P
1	–2, 10	–5, 8	4,21	1,73	18	17,17	24	10	0,24
2	–10, 10	–15, 8	4,38	1,53	15	18,63	29	10	0,88
3	–25, 25	–30, 25	4	1,9	12	21,86	36	10	0,99

шение, полученное согласно алгоритму нахождения начальной точки модифицированным методом обратных вычислений.

Так, например, в первом варианте $x_d = -2$, $x_h = 10$, $y_d = -5$, $y_h = 8$. Коэффициенты уравнения: $b = (10 + 2)/(8 + 5) = 0{,}923$, $a = -2 + 5 \cdot 0{,}923 = 2{,}615$. Далее осуществляется поиск минимума функции $f(y) = (2{,}615 + 0{,}923y - 5)^2 + (y - 1)^2$ с помощью метода одномерной оптимизации. Полученное значение аргумента $y^* = 1{,}73$, подставляя его в уравнение связи, получим: $x^* = 2{,}615 + 0{,}923 \cdot 1{,}73 = 4{,}21$.

Далее, I_0 — число итераций алгоритма в случае применения модифицированного метода обратных вычислений для нахождения начальной точки; I_m, $I_{m\max}$ и $I_{m\min}$ — соответственно среднее, максимальное и минимальное число итераций в случае применения метода Монте-Карло; наконец, P — доля наблюдений, в которых число итераций оказывается больше при применении метода Монте—Карло, чем при применении модифицированного метода обратных вычислений. Можно обнаружить, что результат зависит от размеров интервалов: в случае, если границы интервалов располагаются близко к точке минимума, лучшие результаты наблюдаются при методе Монте-Карло, так как есть большая вероятность того, что сгенерированное случайное число окажется близким по значению с минимумом. Однако при увеличении интервалов с помощью модифицированного метода обратных вычислений можно найти точку минимума при гораздо меньшем числе итераций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На простых примерах формирования выручки приведено решение обратных задач модифицированным методом обратных вычислений. Основное преимущество данного метода заключается в простоте его компьютерной реализации. Рассмотрены различные варианты ограничений на значения показателей. Показана возможность применения модифицированного метода обратных вычислений для решения задач оптимизации, в частности, для определения начальной точки при оптимизации функции двух переменных методом Хука—Дживса. С увеличением интервалов модифицированный метод показал лучший результат, чем метод Монте-Карло. Рассмотренные методы могут быть полезны в системах поддержки формирования управленческих решений.

Дальнейшие исследования будут направлены на решение многоаргументных задач заимствования, а также оптимизационных задач, в частности, предполагается разработка алгоритмов прямого поиска минимума многоаргументной функции с помощью модифицированного метода обратных вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Одинцов Б.Е., Романов А.Н.* Проблемы создания информационных систем управления эффективностью бизнеса // Вестник Финансового университета. — 2014. — № 6. — С. 22—36.
2. *Медведев А.В., Победаш П.Н., Смольянинов А.В.* Система поддержки принятия решений для управления региональным экономическим развитием на основе решения линейной задачи математического программирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2013. — № 12. — С. 110—115.
3. *Дик В.В.* Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 300 с.
4. *Одинцов Б.Е.* Обратные вычисления в формировании экономических решений. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 256 с.
5. *Виштак О.В., Штырова И.А.* Использование технологии обратных вычислений при мониторинге качества дополнительного образования в ВУЗе // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2014. — № 2. — С. 67—73.
6. *Бармина Е.А., Квятковская И.Ю.* Мониторинг качества коммерческой организации. Структурирование показателей. Применение когнитивных карт // Там же. — 2010. — № 2. — С. 15—20.
7. *Одинцов Б.Е.* Информационные системы управления эффективностью бизнеса. — М.: Юрайт, 2015. — 208 с.
8. *Грибанова Е.Б.* Методы решения обратных задач экономического анализа // Корпоративные финансы. — 2016. — № 1. — С. 119—130.
9. *Одинцов Б.Е., Романов А.Н.* Итерационный метод оптимизации управления предприятиями средствами обратных вычислений // Вестник Финансового университета. — 2014. — № 2. — С. 60—73.
10. *Баканов М.И., Шеремет А.Д.* Теория экономического анализа. — М.: Финансы и статистика, 1997. — 416 с.
11. *Моцкус Й.Б.* О байесовских методах поиска экстремума // Автоматика и вычислительная техника. — 1972. — № 3. — С. 53—62.
12. *Мицель А.А., Шелестов А.А.* Методы оптимизации: учеб. пособие. — Томск: ТУСУР, 2002. — 17 с.

Статья представлена к публикации членом редколлегии В.В. Клочковым.

Грибанова Екатерина Борисовна — канд. техн. наук, доцент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, ✉ katag@yandex.ru.