УДК 338.24:338.518

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРОДУКЦИИ И ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА

А. И. НИКИТИН
О. А. НИКИТИНА
Г. И. ТКАЧЕНКО

Белгородский государственный университет

e-mail: GTkachenko@bsu.edu.ru

В статье рассматривается математическое программирование решения задачи оптимизации конкурентоспособности продукции и предприятий. В основе математического моделирования конкурентных преимуществ принята целевая функция G, представляющая собой сумму целевых функций G_i для соответствующих i-тых этапов по оптимизации конкурентных преимуществ. При этом i-тая целевая функция G_i представляет сумму невязок Δ_j (X), т.е. разницу между расчетными и требуемыми по проекту значениями характеристик конкурентных преимуществ. Приводится авторский подход по определению коэффициентов масштабного выравнивания невязок по характеристикам конкурентных преимуществ.

Ключевые слова конкурентоспособность, конкурентные преимущества продукции и предприятия, целевая функция, простые условия, дизъюнкция, конъюкция, невязки, нормирующий множитель, характеристики конкурентоспособности и конкурентных преимуществ продукции и предприятия.

Введение

В условиях возрастающей конкуренции одной из важнейших экономических задач является поиск путей и методов оптимизации характеристик конкурентных преимуществ как продукции, так и предприятий. В статье с позиции обеспечения организационных, производственных и управленческих конкурентных преимуществ рассматривается методика их определения. При этом учитывается равновесное или равнозначное их влияние на целевую функцию проекта.

Математическое моделирование конкурентных преимуществ

В основе математического моделирования конкурентных преимуществ продукции и предприятий региона принята целевая функция G, представляющая собой сумму целевых функций G_i для соответствующих i-тых этапов проекта по оптимизации конкурентных преимуществ:

$$G = G_1 + G_2 + \ldots + G_n, \tag{1}$$

или

$$G = \sum_{i=1}^{n} G_i \tag{2}$$

Конкурентные преимущества (возможности) могут быть описаны соответствующими функциональными зависимостями или характеристиками, причем эти характеристики конкурентных преимуществ r_i (x_1, x_2,…,x_n) по требованиям проекта могут быть ограничены как «снизу», так и «сверху». Поставим условие, что все требования, предъявляемые к характеристикам r_i конкурентных преимуществ, должны быть сформулированы в виде нелинейных неравенств:

$$(-1)^k \left[r(X)_{расч.} - r(X)_{ТЗ.} \right] \le 0, \tag{3}$$

где $X = \left\langle \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_n \end{matrix} \right\rangle$ – вектор проектных параметров, который принадлежит n-мерному прямоугольнику Ω, т.е. X Є Ω,

$r(X)_{расч}$ – расчетные характеристики конкурентных преимуществ продукции и предприятий региона;

$r(X)_{тз}$ – требования к характеристикам конкурентных преимуществ по проекту или техническому заданию;

k = 1 – для характеристик конкурентных преимуществ, ограниченных «снизу», например, рентабельность производства, производительность труда, прибыль и другие характеристики;

k = 2 – для характеристик конкурентных преимуществ, ограниченных «сверху», например, себестоимость продукции, удельная материалоемкость и другие характеристики.

В общем случае, с нашей точки зрения, конкурентные преимущества продукции и предприятия могут быть обеспечены за счет повышения эффективности организационной О, производственной П и управленческой У деятельности предприятий и региона в целом. Характеристики организационной О, производственной П и управленческой У деятельности предприятия и региона определяют их конкурентные преимущества и являются функционалами вида:

$$О = F\,[R(X)], \tag{4}$$
$$П = S\,[R(X)], \tag{5}$$
$$У = V\,[R(X)]. \tag{6}$$

Требования к характеристикам конкурентных преимуществ, представленные в форме неравенств системы (3), будем называть простыми условиями g_i, которые по существу являются невязками $\Delta_i(X)$, т.е. разницей между расчетными и требуемыми по проекту (или техническому заданию) значений характеристик $r_i(X)$. При этом, для однозначного определения левых частей простых условий g_i, введем невязки по отдельным характеристикам к конкурентных преимуществ, следующим образом:

$$\begin{cases} 0, при (-1)^k \left[r(X)_{расч.} - r(X)_{ТЗ} \right] \le 0 \\ \Delta_i(X) = (-1)^k \left[r(X)_{расч.} - r(X)_{ТЗ} \right], при (-1)^k \left[r(X)_{расч.} - r(X)_{ТЗ} \right] > 0 \end{cases}. \tag{7}$$

Систему простых условий g_i в форме (3) можно символически записать в виде одного сложного условия – логического произведения (конъюкции), требующего одновременного удовлетворения всех m неравенств в форме (8) [1]:

$$g_1 \Lambda\, g_2 \Lambda \ldots \Delta_m \tag{8}$$

или

$$\mathop{\Delta}_{j=1}^{m} g_i\,. \tag{9}$$

С учетом условий (7) эквивалентное сложное условие для невязок в форме (3) получается заменой знака конъюкции Λ на «+» и общая целевая функция примет вид:

$$G = \Delta_1(X) + \Delta_2(X) + \ldots + \Delta_m(X) = 0. \tag{10}$$

Поскольку невязки по i-тым характеристикам конкурентных преимуществ в общем случае зависят от вектора проектных параметров X, то функция в форме (10) будет эквивалентна следующей функции:

$$G(X) = G = \sum_{i=1}^{m} \Delta_i(X), \tag{11}$$

где G (X) – функция невязок или целевая функция G (X), которая обращается в нуль тогда и только тогда, когда удовлетворена система условий (3). Таким образом, задача сводится к минимизации неотрицательной целевой функции, т.е. к нелинейному программированию.

Условие равенства нулю суммы невязок эквивалентно конъюкции Λ простых условий (8). Однако простые условия, выраженные неравенствами (3), могут быть связаны не только связками конъюкции Λ (и), но и дизъюкции V (или). Таким образом, из простых условий путем произвольной суперпозиции логических связок могут быть образованы различные сложные условия, объединяемые в одно условие одной общей логической формулой задачи.

Таким образом, задача оптимизации характеристик конкурентных преимуществ сводится к минимизации неотрицательной целевой функции G(X) в форме (10) и (11), т.е. к нелинейному программированию [2]. Пример разработки целевой функции в форме (10) или (11) приводится в Приложении 1.

Полученные в результате решения целевой функции G(X) в форме (10) и (11) параметры удовлетворяют всем условиям проекта и с полным основанием могут быть названы оптимальными параметрами, так как в числе поставленных условий (3) могут быть и условия близости ряда характеристик по конкурентным преимуществам к их оптимальным значениям. Однако, чтобы не происходило путаницы в определениях будем называть параметры X рациональными параметрами $X_{рац.}$. Для сложных задач, к которым относится и задача оптимизации конкурентных преимуществ, оптимум является «пологим» (Рис. 1) в силу ограничений на параметры и характеристики. Поэтому для выбора $X_{рац}$ необходимо обоснование и выбор критериев оценки K_i получаемых решений. Критерии K_i зависят от параметров x_i и характеристик $R_i(X)$ и определяются в общем случае функционалом вида:

$$K_i = Z\,[R(X)] \qquad (12)$$

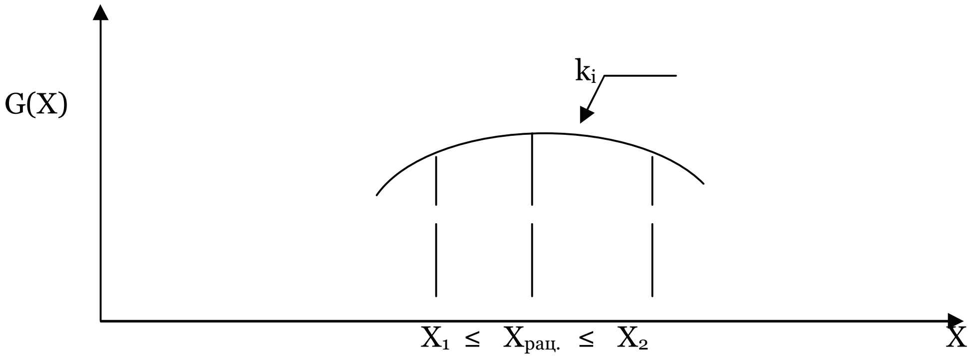

Рис. 1. Иллюстрация изменения целевой функции от варьируемых параметров

Следует подчеркнуть, что определение рациональных $X_{рац}$ или оптимальных $X_{опт}$ параметров конкурентных преимуществ продукции и предприятий сводится к отысканию нулей целевой функции G(X). Однако в конкретных задачах возможно недостижение целевой функции нулевого значения из-за ограничений на варьируемые параметры $x_1, x_2, \ldots, x_n$ допустимые величины которых обусловлены общим уровнем развития техники и определяющие качество и конкурентное преимущество продукции, а также уровнем организационной О, производственной П и управленческой У деятельности предприятия.

Конкурентные преимущества продукции и предприятий, как отмечалось выше, являются функциями r_i $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, численные значения которых по абсолютной величине различны. Следовательно и различно их влияние на целевую функцию G(X). Для выравнивания влияния невязок Δ_i (X) на целевую функцию G(X) необходимо вводить для них нормирующие множители или коэффициенты значимости γ_i. При этом, чтобы судить о целесообразности допустимых параметров $X_{доп}$, такое выравнивание должно производиться по единому, достаточно строгому, критерию K_i. В этом случае минимум суммы невязок Δ_j (X) целевой функции G(X) будет соответствовать рациональному или оптимальному варианту конкурентных преимуществ продукции или предприятий, независимо от того, за счет каких характеристик r_i $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ получается эта сумма. С учетом последнего условия оценки и оптимизации конкурентных преимуществ продукции или предприятия, представим в виде:

$$G(X)=\sum_{j=1}^{n} y_i \Delta_j (X) \to 0, \qquad (13)$$

где γ_j – коэффициенты значимости (важности, весомости) j-той невязки характеристики конкурентных преимуществ продукции или предприятия в зависимости от этапа оценки и оптимизации их конкурентных преимуществ.

Значимость невязок Δ_i (X) по каждой характеристике r_i (x_1, x_2,…,x_n) определим как эквивалентное изменение какого-либо критерия K_i [r_1 (x_1, x_2,…,x_n), r_2 (x_1, x_2,…,x_n),…, r_m(x_1, x_2,…,x_n)], который, как отмечалось выше является, в общем случае функционалом, т.е. функцией от функции.

Для продукции и товаров (или технические объекты – Т.О.) таким критерием может служить их вес $Q_{п.т.}$ Объясняется это тем, что при прочих равных условиях, вес продукции и товаров $Q_{п.т.}$ определяет их стоимость $C_{п.т.}$, т.е. является экономическим критерием $K_э$:

$$Q_{п,т} \equiv K_э \equiv C_{п.т.}\ , \qquad (14)$$

или

$$Q_{т.о.} \equiv K_э \equiv C_{т.о.}. \qquad (15)$$

С учетом изменения цен, критерий $K_э$ можно представить в виде:

$$C_{Т.О.}=\sum_{j=1}^{k} K_{у.и.ц} q_j m_j \equiv Q_{Т.О.}\ , \qquad (16)$$

$K_{у.и.ц.}$ – коэффициент, учитывающий изменение цен во времени t, т.е. $K_{у.и.ц} = f(t)$;

q_j – удельная стоимость j-ого компонента конструкции технического объекта и которая имеет размерность руб./кг; руб./м; руб./м^3 и т.п.;

m_j – значение величины j-ого компонента конструкции технического объекта, т.е. соответственно кг; м; м^3 и т.д.

Таким образом, изменение веса продукции и товаров или, в общем случае, веса технического объекта $G_{т.о.}$ (Т.О.), определяют изменения их характеристики r_j (x_1, x_2,…,x_m) и, кроме того, при неизменном технико-технологическом уровне, его экономичность.

Изменения веса $Q_{п.т}$ или $Q_{т.о}$ вследствие изменения его j-той характеристики r_j можно представить в виде:

$$dQ_{п.т.j}=\sum_{j=1}^{m}\frac{\partial Q_j}{\partial r_j}dr_j\ , \qquad (17)$$

которое приближенно равно:

$$dQ_{п.т.i}=\sum_{j=1}^{m}\frac{\partial Q_j}{\partial r_j}\Delta r_j\ . \qquad (18)$$

В выражениях (14) и (15) индекс j соответствует j-той части общего веса продукции или технического объекта, т.е.

При этом полное изменение Q, эквивалентное изменениям (уступкам) по m характеристикам продукции или технического объекта, будет:

$$\Delta Q_{Т.О.ЭКВ}=\frac{\partial Q_{Т.О.}}{\partial r_1}\Delta r_1+\ldots+\frac{\partial Q_{Т.О.}}{\partial r_m}\Delta r_m \qquad (19)$$

или

$$\Delta Q_{Т.О.ЭКВ}=\sum_{j=1}^{m}\frac{\partial Q_{Т.О.}}{\partial r_j}\Delta r_j\ , \qquad (20)$$

в которых, в целях упрощения через r_j обозначим r_j(X), т.е. $r_j = r_j$(X).

Из выражений (14) и (15) видно, что величина $\frac{\partial Q_j}{\partial r_j}$ представляет собой изменение веса $Q_{т.о.}$ при единичном изменении j–той характеристики и, следовательно, может служить нормирующим множителем при масштабном выравнивание невязок $\Delta_j(X)$. В этом случае целевая функция будет представлять собой сумму эквивалентных невязок, т.к. достаточно малые изменения характеристик продукции или технического объекта r_i (x_1, x_2,...,x_n) дают одинаковые приращения принятого единого критерия. Таким образом, коэффициент значимости i-той невязок, входящей в (13) будет иметь вид:

$$\gamma_j = \frac{\partial Q_{n.m.i}}{\partial r_j(X)}. \qquad (21)$$

При этом производная $\frac{\partial Q_{n.m.i}}{\partial r_j(X)}$ может быть как положительной, так и отрицательной величиной, поэтому необходимо, вследствие однозначного определения невязок (условие 14), в целевую функцию в форме (10) или (11) вводить модульное значение коэффициентов значимости γ_j (9). В общем случае вес продукции и товара $Q_{п.т.}$ необходимо представить в функции всех его характеристик r_i (x_1, x_2,...,x_n), такую процедуру практически невозможно выполнить из-за сложности функций их характеристик и их взаимозависимости и взаимосвязанности. Поэтому коэффициенты значимости γ_i можно определить только для основных конкурентных характеристик. С учетом этого, выражение для целевой функции и условие ее оптимизации записывается в виде:

$$G(X) = \sum_{j=1}^{n} \gamma_i \Delta_j(X), \qquad (22)$$

$$G(X) = \sum_{j=1}^{m} \frac{\partial Q_{n.m.}}{\partial r_j(X)} \Delta_j(X) \to 0. \qquad (23)$$

Следует отметить, что выше рассмотрена методика определения коэффициентов значимости γ_i применительно для продукции или товаров с позиции изменения веса продукции (товаров). В общем же случае, в качестве нулевого приближения, для вычисления коэффициентов значимости γ_j можно использовать характеристики конкурентных преимуществ продукции и предприятий-прототипов или предприятий-конкурентов. Тогда зависимость для определения γ_j будет иметь вид:

$$\gamma_j=(r_2(X)-r_1(X)) / r_2(X), \qquad (24)$$

где

$r_2(X)$ – i-тая характеристика конкурентных преимуществ предприятий-конкурентов;

$r_1(X)$ – i-тая характеристика конкурентных преимуществ рассматриваемого предприятия.

Определенные таким образом коэффициенты значимости для i-тых характеристик конкурентных преимуществ используется при решении частной $G_i(X)$ и общей $G(X)$ целевых функций.

Характеристики конкурентных преимуществ продукции и предприятий r_i (x_1, x_2,...,x_n) взаимозависимы и взаимосвязаны, что обусловливает неоднозначность получаемых решений при вычислении целевой функции $G(X)$ в форме (22) или (23). Следовательно, необходимо при вычислении целевой функции $G(X)$ производить анализ получаемых решений и выбор рационального варианта сочетания характеристик конкурентных преимуществ продукции и предприятий.

В общем случае, при известном диапазоне варьируемых параметров X, образующих множество вариантов конкурентных преимуществ продукции и предприятий региона Ω при $X \in \Omega$, необходимо найти такое подмножество $\omega \in \Omega$ (рис. 1), параметры которой $X_{рац.}$ обусловливают нулевое или наименьшее отклонение суммы невязок Δ_j

(X) по всем m характеристикам конкурентных преимуществ. При этом решении целевой функции G(X) будет неоднозначным, но удовлетворяющим, при ее обращении в нуль или стремлении к нулю. Отсюда следует, что необходимо сравнение получаемых решений и выбор рационального варианта конкурентных преимуществ с параметрами $X_{рац} Є ω$. Для всех параметров $X_{рац}$ Є ω значения каждой i-той характеристики конкурентных преимуществ r_i (X) отличаются друг от друга на незначительную величину, что приводит, соответственно, к незначительным изменениям целевой функции в подмножестве вариантов ωЄΩ (Рис.2).

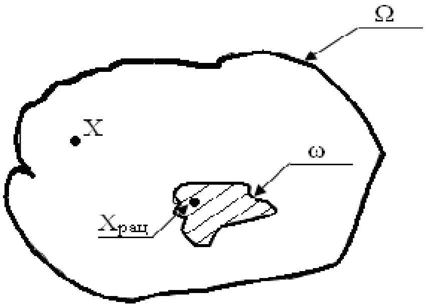

Рис. 2. Иллюстрация выбора рациональных значений параметров $X_{рац.}$
при выборе решений целевой функции G(X)

Следует подчеркнуть, что при отыскании $X_{рац}$ Є ω возможны два случая:

1. Множество вариантов ω C Ω с параметрами $X_{рац.}$ определены таким образом, что при любом $X_{рац}$ Є ω целевая функция G(X) обращается в нуль.
2. Множество ω C Ω определено так, что для всех $X_{рац}$ Є ω целевая функция G(X) ≠ 0, поэтому необходимо обосновывать и разрабатывать критерии оценки получаемых решений при вычислении целевой функции G(X).

Следует отметить, что решение задач оптимизации конкурентных преимуществ продукции по предлагаемой методике можно осуществлять на всех этапах жизненного цикла продукции, а также для предприятий при решении задач повышения эффективности организационной, производственной и управленческой деятельности. При этом на каждом этапе разрабатывается своя экономическая модель и соответствующая ей целевая функция G(X), что позволяет, например, на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) сформулировать более высокий уровень требований в техническом задании(ТЗ) по характеристикам r_i (X) и параметрам X, чем у предприятий-конкурентов и проверить возможность реализации такого $ТЗ_{opt}$ или $ТЗ_{рац}$ с использованием целевой функции G(X). При равенстве или стремлении к нулю целевой функции G(X) будет обеспечиваться $ТЗ_{opt}$ или $ТЗ_{рац}$. Поскольку на этапе НИОКР осуществляется поиск, отработка и анализ инновационных проектно-конструкторских и технологических решений, то такой подход позволяет определить диапазон изменения параметров X и характеристик r_i(X) продукции и товаров, обеспечивающим им высокое качество и потенциальную конкурентоспособность. Причем возможность программирования решения задач оптимизации конкурентных преимуществ продукции и предприятий обусловливает сокращение времени вывода продукции и товаров на рынок, снижение затрат и реализацию интегральной информационной среды и параллельного инжиниринга, и, следовательно, реализацию эффективного управления конкурентоспособностью продукции и в целом предприятия [3].

Отметим, что по нашему мнению повышение конкурентных преимуществ продукции и предприятий может быть достигнуто за счет роста производительности труда в организационной О, производственной П и управленческой У деятельности, поскольку производительность труда является основной, важнейшей движущей силы в обеспечении низкой себестоимости С продукции, повышения прибыли П и рентабельности Р предприятия:

$$П_{тр.} \uparrow \rightarrow С \downarrow \rightarrow П \uparrow \rightarrow Р \uparrow \quad . \tag{25}$$
о,п,у

Выводы

Таким образом, конкурентоспособной и имеющей конкурентное преимущество можно считать такую хозяйственную систему, у которой обоснована конкурентоспособность, обеспечены рентабельностью и ликвидностью баланса производственной системы на всех этапах жизненного цикла продукции.

В заключении отметим, что существенной особенностью предлагаемой методики определения конкурентоспособных параметров продукции и показателей предприятий является использование обычных, проверенных практикой способов вычисления характеристик в функции их параметров.

Литература

1. Ершов, Ю.Л. Математическая логика: Учебное пособие для студентов математических вузов. 4-е изд. Стер. [Текст] / Ю.Л. Ершов, Е.А. Палютин. – Спб. – М. – Краснодар: Лань, 2005. – 336 с.

2. Никитина, О.А. Оценка конкурентоспособности продукции предприятий с применением математической логики и нелинейного программирования [Текст] / О.А. Никитина, Г.И. Ткаченко. – Вестник БУПК, № 4 (24), 2007. – с. 216 – 221.

3. Никифоров, А.Д. Управление качеством: Пособие для вузов [Текст] / А.Д. Никифоров. – М.: ДРОФА, 2004 . С. 119 – 124.

MATHEMATICAL PROGRAMMING OF SOLVING OPTIMIZATION BENEFITS OF COMPETITIVE PRODUCTS AND COMPANIES OF THE REGION

A. I. NIKITIN
O. A. NIKITINA
G. I. TKACHENKO

Belgorod State University

e-mail:
GTkachenko@bsu.edu.ru

The paper deals with mathematical programming solutions of the optimization problem of competitiveness of products and businesses. The basis of mathematical modeling of the competitive advantage of the objective function G, which is the sum of objective functions Gi for the corresponding i-steps to optimize competitive advantages. This i-objective function Gi is the sum of residuals $\Delta j(X)$, i.e. the difference between the calculated and required by the project values of the characteristics of competitive advantages. We give the author's approach to determining the coefficients of large-scale alignment of the discrepancies on the characteristics of competitive advantages.

Key words: competitiveness, competitive advantages of products and companies, the objective function, simple terms, disjunction, conjunction, the residual, the normalizing factor, the characteristics of competitiveness and competitive advantages of products and companies.