

УДК 338.242

DOI: 10.18101/2304-4446-2018-4-99-107

ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ РЕГИОНА

© Тырсин Александр Николаевич

доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник,
Институт экономики УрО РАН, Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина
Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29
E-mail: at2001@yandex.ru

© Никулина Наталья Леонидовна

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,
Институт экономики УрО РАН
Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29
E-mail: nikulinanl@mail.ru

© Печеркина Мария Сергеевна

младший научный сотрудник,
Институт экономики УрО РАН
Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29
E-mail: maria09.06@mail.ru

В статье представлена оптимизационная модель для управления экономической безопасностью региона. Разработанная модель позволяет диагностировать индекс опасности, анализировать динамику его изменения, оценивать вклад того или иного индикатора при данных пороговых и оптимальных значениях в общую ситуацию. При моделировании использованы индикаторы экономической безопасности в разрезе основных сфер жизнедеятельности: инвестиционной, производственной, научно-технической, рынка труда. Апробация проведена на статистических данных для Свердловской области за период 2001–2016 гг. Представлен пример расчета индекса опасности как интегрального показателя, позволяющего оценивать уровень опасности для исследуемого набора индикаторов. Расчеты выполнены для трех вариантов индикаторов. Анализ динамики индекса опасности для третьего варианта отобранных индикаторов позволяет проследить нарастание кризисных явлений в состоянии экономической безопасности в период 2007–2009 гг.

Ключевые слова: экономическая безопасность; оптимизация; модель; управление; регион; инвестиционная безопасность; производственная безопасность; научно-техническая безопасность; рынок труда; индикатор; индекс опасности.

В экономике на разных уровнях управления возникает необходимость принятия решения при ограниченности ресурсов. Для решения данной проблемы используются оптимизационные модели, направленные на поиск наилучшего варианта из некоторого множества возможных решений. Критерием оптимальности в таких моделях служит достижение экстремального (максимального или минимального) значения некоторой величины, зависящей от переменных модели. Такая величина называется целевой функцией задачи. Смысл целевой функции зависит от вида и смысла решаемой задачи [1].

В качестве инструмента оптимизации наиболее часто используется математическое программирование (линейное, нелинейное, динамическое и т. п.), которое входит в арсенал методов исследований операций [2]. По оптимизационному моделированию написано множество учебных пособий [3–5]. П. Н. Победаш, А. В. Медведев рассматривают вопросы прогнозирования тенденций развития мировой социально-экономической системы и отмечают, что существенным аргументом в пользу применения оптимизационного подхода для моделирования глобального развития служит возможность создания системы поддержки принятия решений [6].

Построим оптимизационную модель для управления экономической безопасностью региона. Под экономической безопасностью будем понимать совокупность условий и факторов, характеризующих текущее состояние экономики, стабильность, устойчивость и поступательность ее развития, степень ее самостоятельности в процессах интеграции с экономикой федерации, что выражается в:

- возможности проводить собственную экономическую политику в рамках федерации;
- способности безобидно реагировать на резкие геополитические изменения;
- способности осуществлять (или начать осуществление) крупные экономические мероприятия (не ожидая помощи от федерации) по неотложным социальновзрывным ситуациям на территории, связанным с локальными экономическими бедствиями или экономическими просчетами (ошибками) на федеральном уровне;
- возможности на договорной основе оказывать помощь сопредельным областям, республикам и регионам, где существующая несбалансированная экономическая ситуация может негативно отразиться на экономических интересах территории;
- возможности стабильно поддерживать соответствие действующих на территории экономических нормативов общепринятым в мировой практике (или директивно утвержденным для территории на конкретный период времени), что позволило бы сохранить (или восстановить) достойный уровень жизни населения [7; 8].

Для примера расчета выделим виды безопасности, характеризующие состояние основных сфер деятельности региона: инвестиционную, производственную, научно-техническую и рынок труда. В таблице 1 представлен набор индикаторов, описывающих ситуацию по безопасности в выбранных сферах. В рамках исследования использованы индикаторы из Комплексной методики диагностики экономической безопасности, разработанной в Институте экономики УрО РАН [9].

Пусть заданы индикаторы экономической безопасности. Таким образом, имеем многомерный вектор: $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_M)$, характеризующий экономическую безопасность регионов. Ему соответствует многомерное пространство фактических значений: $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_M)$. Для каждого из индикаторов заданы верхние B_j^+ или нижние B_j^- — пороговые уровни. Введем некоторые «разумные»

Таблица 1

Индикаторы диагностики экономической безопасности по выбранным сферам [7]

Вид безопасности	Обозначение	Индикаторы
Инвестиционная	X1	Отношение объема инвестиций в основной капитал к валовому региональному продукту (ВРП), %
	X2	Темп прироста объема инвестиций в основной капитал по сравнению с предыдущим годом, %
Производственная	X3	Темп прироста объемов промышленного производства по сравнению с предыдущим годом, %
	X4	Степень износа основных производственных фондов (на конец года), %
Научно-техническая	X5	Доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП, %
	X6	Отношение среднемесячной зарплаты в отрасли «Наука и научное обслуживание» к среднемесячной номинальной начисленной заработной плате, %
	X7	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %
	X8	Доля затрат на фундаментальные исследования во внутренних затратах на науку и научное обслуживание, %
Рынок труда	X9	Уровень общей безработицы, %

наилучшие в смысле безопасности значения θ_j , характеризующие устойчивое социально-экономическое состояние регионов. Под «разумностью» понимается то, что значения не должны носить идеализированный характер, а отражать реальное социально-экономическое положение. Чем больше разница между значениями θ_j и B_j^\pm , тем менее достоверным будет оптимизационное моделирование [10].

Сделаем замену переменных следующим образом.

Если для индикатора безопасности X_j задан верхний пороговый уровень B_j^+ , то

$$z_j = \frac{x_j - \theta_j}{B_j^+ - \theta_j}. \quad (1)$$

Если для индикатора безопасности X_j задан нижний пороговый уровень B_j^- , то

$$z_j = \frac{\theta_j - x_j}{\theta_j - B_j^-}. \quad (2)$$

В результате замен переменных (1), (2) получили в качестве области допустимых (безопасных) значений положительный сектор гипершара G с центром в начале координат и единичным радиусом. При этом точка (θ_1, θ_2) отобразится в начало координат.

Пусть имеем некоторые фактические значения показателей индикаторов безопасности региона: $\mathbf{x}^0 = (x_1^0, \dots, x_M^0)$. Очевидно, что при заданном нижнем пороговом уровне B_j^- должно выполняться неравенство $x_j^0 \leq \theta_j$, а при заданном верхнем пороговом уровне B_j^+ необходимо, чтобы $x_j^0 \geq \theta_j$. Невыполнение этих условий говорит о неудачном выборе значений θ_j , которые должны быть скорректированы. Корректировку, например, можно сделать путем приравнивания $\theta_j = x_j^0$ в каждом таком случае.

Опишем следующую задачу.

Задача 1. Оценка фактического состояния по безопасности региона.

Эту задачу можно решить, представив фактические значения индикаторов безопасности в виде расстояния от точки $\mathbf{x}^0 = (x_1^0, \dots, x_M^0)$ до области G .

Вначале сделаем замену переменных (1), (2) и получим вектор $\mathbf{z}^0 = (z_1^0, \dots, z_M^0)$. Считаем, что $\forall j z_j^0 \geq 0$.

Затем решаем оптимизационную задачу нелинейного программирования

$$r(\mathbf{z}^0) = \arg \min_{\mathbf{z} \in \mathbf{R}^M} \sqrt{\sum_{j=1}^M (z_j - z_j^0)^2}, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^M z_j^2 \leq 1, \quad (4)$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, M. \quad (5)$$

Результатом решения задачи (3) — (5) будет вектор: $\mathbf{z}^* = (z_1^*, \dots, z_M^*)$.

Если точка $\mathbf{z}^0 \notin G$ (т. е. $\sum_{j=1}^M (z_j^*)^2 \geq 1$), то имеет фактическое значение ин-

декса опасности $r(\mathbf{z}^0) = \sum_{j=1}^M (z_j^*)^2$.

В противном случае, когда $\mathbf{z}^0 \in G$ (т. е. $\sum_{j=1}^M (z_j^*)^2 < 1$), имеем безопасную ситуацию, которую будем оценивать через отрицательные величины, т. е.

$$r(\mathbf{z}^0) = -\sum_{j=1}^M (z_j^*)^2.$$

Замечание 1. Можно рассмотреть вопрос введения весовых коэффициентов в задаче (3). Тогда целевая функция (3) примет вид:

$$r(\mathbf{z}^0) = \arg \min_{\mathbf{z} \in \mathbf{R}^M} \sqrt{\alpha_j \sum_{j=1}^M (z_j - z_j^0)^2}.$$

Введение весовых коэффициентов означает разную «опасность» выбранных индикаторов. Это требуется каким-то образом обосновать.

Замечание 2. После решения задачи (3) — (5), сделав обратную замену, от вектора $\mathbf{z}^* = (z_1^*, \dots, z_M^*)$ перейдем к вектору фактических значений индикаторов безопасности $\mathbf{x}^* = (x_1^*, \dots, x_M^*)$:

- если задан нижний пороговый уровень B_j^- , то $x_j^* = \theta_j - z_j^*(\theta_j - B_j^-)$,
- если задан верхний пороговый уровень B_j^+ , то $x_j^* = \theta_j + z_j^*(B_j^+ - \theta_j)$.

Замечание 3. Если $\mathbf{z}^0 \notin G$, то значения компонент вектора $\mathbf{x}^* = (x_1^*, \dots, x_M^*)$ можно рассматривать в качестве решения задачи целевого управления, в результате которого показатели факторов риска региона выйдут на допустимый уровень.

Замечание 4. Задачу (3) — (5) можно достаточно просто решить без программирования, воспользовавшись средством «Поиск решения» в MS Excel.

В таблице 2 представлен пример расчета индекса опасности как интегрального показателя, позволяющего оценивать уровень опасности для данного набора индикаторов.

Замечание 5. Отметим, что можно задавать одновременно нижние и верхние пороговые уровни. В этом случае будем считать, что $\theta_j = \frac{B_j^- + B_j^+}{2}$. Для пе-

ременных с двумя ограничениями B_j^- и B_j^+ в задаче (3) не нужно накладывать ограничения неотрицательности (5). Вместо замен (1), (2) имеем

$$z_j = 2 \frac{x_j - \theta_j}{B_j^+ - B_j^-}.$$

На рисунке 1 представлены расчеты индекса опасности для Свердловской области при трех вариантах выбора индикаторов. В первом варианте используются восемь индикаторов, исключается уровень общей безработицы. Во втором вари-

анте данным индикатор включен в расчет индекса опасности. Для третьего варианта исключается удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг.

Таблица 2

Пример расчета индекса опасности по выбранному набору индикаторов для Свердловской области за 2016 г.

Индикатор	2016	Z^0	Z^*	X^*	Пороги	Оптим. значения
X1	18,13	0,88	0,03	23,83	17,3	24
X2	-8,9	1,36	0,45	13,82	0	25
X3	7,7	0,69	0,43	14,15	0	25
X4	57,1	1,71	0,38	43,77	50	40
X5	1,55	0,75	0,24	1,7	1,48	1,77
X6	1,57	0,85	0,27	1,87	1,5	2
X7	8,4	0,45	0,49	8,35	7,67	9
X8	12,05	0,08	0,25	10,11	1,33	13
X9	6,2	0,12	0,25	6,66	9,27	5,8
Ограничение					1,02	
Целевая функция					4,04	
Индекс опасности $r(Z^0)$					2,01	



Рис. 1. Динамика изменения индекса опасности для выбранных индикаторов в Свердловской области (по трем вариантам)

Как показали результаты расчетов, изменение индекса опасности для двух вариантов выбранных индикаторов наблюдается в период 2008–2010 гг. Это характеризует сложившуюся в данный период социально-экономическую обстановку, когда уровень общей безработицы был высоким.

Пики индекса опасности в 2003 и 2012 гг. определяет индикатор «Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг» (рис. 2). В указанные годы данный индикатор имел низкие фактические значения, которые были ниже оптимальных в 2 и более раза.

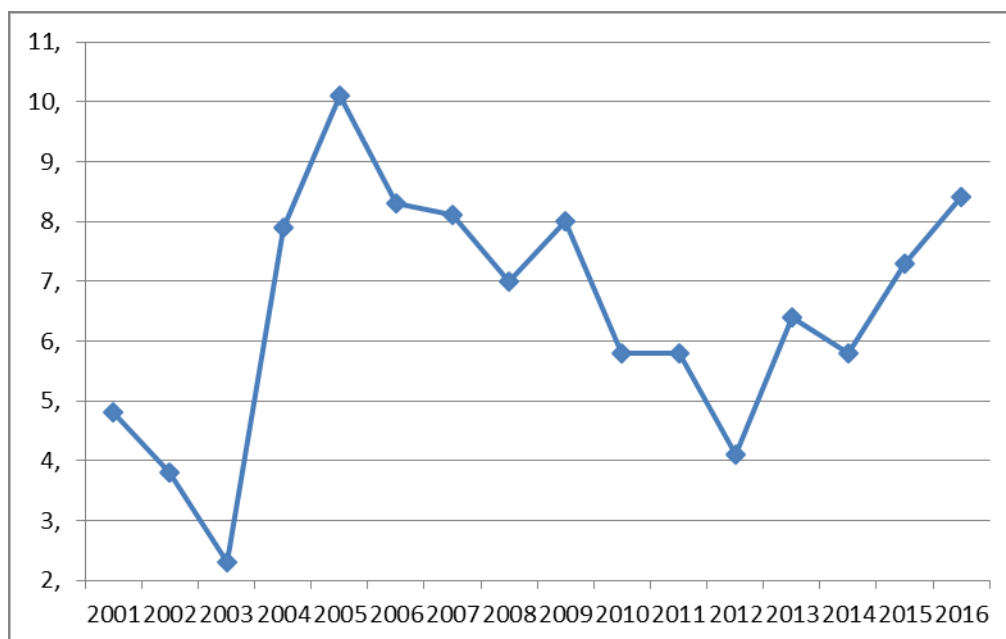


Рис. 2. Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг в Свердловской области за период 2001–2016 гг., %

Примечание. График построен по данным Федеральной службы государственной статистики.

При расчетах индекса опасности по третьему варианту индикатор удельного веса инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, исключен (рис. 1). В динамике индекса опасности уже можно проследить нарастание кризисных явлений в состоянии экономической безопасности в период 2007–2009 гг.

Решение поставленной в исследовании задачи позволяет:

- диагностировать, при каких оптимальных значениях всех индикаторов возможно получить наиболее низкое значение индекса опасности;
- анализировать динамику изменения индекса опасности по годам;
- оценить вклад того или иного индикатора при данных пороговых и оптимальных значениях в общую ситуацию.

Статья выполнена в соответствии с планом НИР ФГБУН Института экономики УрО РАН на 2018–2020 гг.

Литература

1. Печерских И. А., Семенов А. Г. Математические модели в экономике: учеб. пособие. Кемерово: Изд-во Кемер. техн. ин-та пищ. промышленности, 2011. 191 с.
2. Кочкина Е. М., Радковская Е. В. Экономико-математические методы и модели: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2010. 159 с.
3. Малярец Л. М. Экономико-математические методы и модели: учеб. пособие для иностранных студентов. Харьков: Изд-во ХНЭУ, 2013. 162 с.
4. Бурда А. Г., Бурда Г. П. Моделирование в управлении: учеб. пособие (курс лекций). Краснодар: Изд-во Кубан. гос. аграр. ун-та, 2015. 250 с.
5. Надеждин Е. Н., Смирнова Е. Е., Варзаков В. С. Математические методы и модели в экономике: учеб. пособие для студентов экон. спец. Тула: Изд-во Ин-та экономики и управления, 2011. 249 с.
6. Победаш П. Н., Медведев А. В. Применение оптимизационного и операционного подхода к моделированию мирового социально-экономического развития // Экономика и управление. 2012. № 6(80). С. 15–18.
7. Экономическая безопасность как объект регионального исследования / А. И. Татаркин [и др.] // Вопросы экономики. 1996. № 6. С. 78–89.
8. Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации / под ред. А. И. Татаркина. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1998. 288 с.
9. Комплексная методика диагностики экономической безопасности территориальных образований РФ. Ч. 1, 2: Методические положения диагностики экономической безопасности территорий регионального уровня. Пороговые уровни индикаторов экономической безопасности территорий регионального уровня / А. И. Татаркин [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Ин-та экономики УрО РАН, 2001. 71 с.
10. Тырсин А. Н., Чистова Е. В., Костин К. К. Моделирование взаимосвязи между качеством жизни и социально-экономическими показателями регионов России // Государственное управление. Электронный вестник. 2016. № 59. С. 212–237.
11. Наука и инновации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 05.10.2018).

OPTIMIZATION MODELLING AS A TOOL FOR MANAGING THE ECONOMIC STABILITY OF REGIONS

Aleksandr N. Tyrsin

Dr. Sci. (Engineering), Prof., Senior Researcher,
Institute of Economics, Ural Branch of Russian Academy of Science
29 Moskovskaya St., Ekaterinburg 620016, Russia
E-mail: at2001@yandex.ru

Natalya L. Nikulina

Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher,
Institute of Economics, Ural Branch of Russian Academy of Science
29 Moskovskaya St., Ekaterinburg 620016, Russia
E-mail: nikulinanl@mail.ru

Maria S. Pecherkina

Junior Researcher,

Institute of Economics, Ural Branch of Russian Academy of Science

29 Moskovskaya St., Ekaterinburg 620016, Russia

E-mail: maria09.06@mail.ru

The article presents an optimization model for managing the economic stability of the region. The developed model makes it possible to diagnose the hazard index, analyze the dynamics of its change, evaluate the contribution of one or another indicator for given threshold and optimal values to the overall situation. For modelling we used indicators of economic stability in the context of the main spheres of life: investments, production, science and employment. Testing was based on the statistics data of Sverdlovsk Oblast for 2001–2016. We gave an example of calculating the hazard index as an integral, which allows assessing the hazard level for the studied set of indicators. Calculations were made for the three options of indicators. An analysis of the dynamics of the hazard index for the third option makes it possible to trace the growth of crisis phenomena in the economic state for 2007–2009.

Keywords: economic security; optimization; model; management; region; investment security; industrial security; scientific and technical security; labor market; indicator; hazard index.