μ_{ijk} – значення k-ої функції приналежності при визначенні рівня j-го складового фактора (усього функцій п'ять, по числу підмножин);

$\alpha_k = 0{,}1k$ – набір ваг станів в інтегральній згортці – вузлові точки, рівномірно нанесені на 01-носій.

Причому виконується $\sum_{k=1}^{5} \mu_{ijk}(x) = 1$ для будь-яких значень носія x, і система ваг показників повинна в сумі давати одиницю: $\sum_j p_{ij} = 1$. Виконується умова $0 \le SW_i \le 1$, і тому отримане значення можна розпізнати за загальними правилами, визначеним для 01-носія.

Аналогічним образом можна здійснити матричну згортку при переході від часткових показників сили/слабкості бізнесу по базових факторах до інтегрального показника сили/слабкості бізнесу, для чого потрібно тільки визначити ваги базових факторів в інтегральній оцінці [5].

ВИСНОВКИ

Таким чином, проведено дослідження можливості застосування методів теорії нечітких множин у процесі ідентифікації економічного об'єкта, які дають змогу адекватно формалізувати вихідні дані для аналітичних завдань у реальних умовах невизначеності та обробляти як числові, так і лінгвістичні дані, з урахуванням спектра модальних відтінків. Наведено застосування теорії нечітких множин для діагностики фінансового стану підприємства та SWOT-аналізу, на основі яких є можливість побудови інтегрального показника сили бізнесу. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Комазов П. В. Нечеткое прогнозирование в системе управления экономическим объектом / П. В. Комазов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – № 8(150). Частина 1. – Луганськ, 2010. – С. 118 – 121.

2. Комазов П. В. Моделювання вартості підприємства в ринкових умовах / П. В. Комазов // Управління розвитком : збірник наукових статтей / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції [«Сучасні засоби та технології розроблення інформаційних систем»]. – Х. : ХНЕУ, 2008. – № 14. – С. 107 – 108.

3. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами / А. О. Недосекин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml

4. Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А. О. Недосекин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://sedok.narod.ru/sc_group.html

5. Недосекин А. О. Стратегическое планирование с использованием нечетко-множественных описаний / А. О. Недосекин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.auditfin.com/fin/2003/2/fin_2003_02_rus_06_02_Nedosekin/ fin_2003_02_rus_06_02_Nedosekin.asp

6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; [пер. с польск. И. Д. Рудинского]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

УДК 330.322.2

МОДЕЛЬ КРИЗИСНОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОНОМИКИ (ПРИМЕР УКРАИНЫ)

МАЛЮТИН А. К.

кандидат экономических наук

Сумы

Инвестиционная политика государства, как часть экономической политики, направлена на установление структуры и масштабов инвестиций, определения направлений их использования, занимает одно из центральных мест в сфере экономической и финансовой деятельности, проводимой государством и предприятиями. Вопросы инвестиционной политики – это вопросы национальной безопасности, от их правильного решения зависит во многом успешное развитие страны.

В условиях ограниченного объема инвестиций важно решить задачу их оптимального перераспределения между различными отраслями народного хозяйства. Этим вопросам посвящены многочисленные работы. Отметим работы А. Булатова, А. Водянова, А. Вольского, А. Исаева [1, 2, 3, 4].

Однако в поле зрения авторов не попали работы, в которых бы оптимизировалось перераспределение инвестиций с точки зрения экономической угрозы государства. *Целью* данной работы является предложение метода поэтапного решения задачи, который, на наш взгляд, может быть применен для решения достаточно широкого класса оптимизационных задач.

Рассмотрим модель какого-нибудь субъекта хозяйственной деятельности (страны, региона) с n отраслями народного хозяйства, которые обозначим через $A_1, A_2, \ldots, A_n$. Обозначим соответствующие объемы ВВП, получаемые этими отраслями, через $V_1, V_2, \ldots, V_n$, $V = V_1 + V_2 + \ldots + V_n$. Соответствующие объемы инвестиций в эти отрасли обозначим через $I_1, I_2, \ldots, I_n$, $I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$ – совокупный объем инвестиций, через $I_1^f, I_2^f, \ldots, I_n^f$ обозначим объемы иностранных инвестиций, $I_f = I_1^f + I_2^f + \ldots + I_n^f$ – совокупный объем иностранных инвестиций, $I_1^{pf}, I_2^{pf}, \ldots, I_n^{pf}$ – объемы иностранных инвестиций за предыдущий год. Стоимость основных фондов обозначим соответственно через $S_1, S_2, \ldots, S_n$, d_j – означает степень износа основных фондов, $j = 1, 2, \ldots, n$. Обозначим также через $X_{1j} = \dfrac{I_j}{S_j}$,

$$X_{2j} = \frac{I_j}{V_j},\ X_{3j} = \frac{I_j^f - I_j^{pf}}{V_j},\ X_{4j} = \frac{I_j^f}{I_j},\ j = 1, 2, \ldots, n$$

показатели экономической угрозы.

Балансовую таблицу запишем в общем виде (*табл. 1*).

Понятно, что на объемы ВВП (по каждой j-й отрасли) будут влиять только переменные X_{1j} и X_{4j}, поскольку переменные X_{2j} и X_{3j} расчитываются по окончанию периода деятельности и поэтому являются производными величинами от ВВП. Будем предполагать эту зависимость линейной $V_j = \alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j$, $j = \overline{1, n}$.

$$V = \sum_{j=1}^{n} V_j = \sum_{j=1}^{n} (\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j) \to \max \quad (2)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n} X_{1j} S_j = I, \quad (3)$$

Таблица 1

Балансовая таблица для оптимального перераспределения инвестиций между различными отраслями народного хозяйства

Вид экономической деятельности		A_1	A_2	…	A_n
ВВП		V_1	V_2	…	V_n
Показатель экономической угрозы	Степень износа основных фондов, d_j	d_1	d_2	…	d_n
	Отношение объема инвестиций к стоимости основных фондов, I_j / S_j	X_{11}	X_{12}	…	X_{1n}
	Отношение объема инвестиций в основной капитал к ВВП, I_j / V_j	X_{21}	X_{22}	…	X_{2n}
	Отношение чистого прироста прямых иностранных инвестиций к ВВП, $\frac{I_j^f - I_j^{pf}}{V_j}$	X_{31}	X_{32}	…	X_{3n}
	Доля прямых иностранных инвестиций в общем объеме инвестиций,	X_{41}	X_{42}	…	X_{4n}

Источник: составлено автором.

Коэффициенты α_{ij}, β_i, $i = 1, 4$, $j = \overline{1, n}$ находим, рассматривая n регрессионных моделей.

Задача максимизации совокупного объема ВВП имеет вид:

$$V = \sum_{j=1}^{n} V_j = \sum_{j=1}^{n} (\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j) \to \max$$

при ограничениях $I_1 + I_2 + \ldots + I_n = I$,

$$I_1^f + I_2^f + \ldots + I_n^f = I_f, X_{1j} \ge q_1, X_{2j} \ge q_2, j = \overline{1, n},$$

$$X_{3j} \le q_3, 0 \le X_{4j} \le q_4, j = \overline{1, n},$$

где q_i, $i = \overline{1, 4}$, – экстремальные параметры кризисного состояния экономики.

Замечая что $I_j = X_{1j} S_j$, $I_j^f = X_{1j} X_{4j} S_j$, из системы ограничений мы можем исключить переменные X_{2j} и X_{3j}, используя зависимости:

$$X_{2j} = \frac{I_j}{V_j} = \frac{X_{1j} S_j}{V_j} = \frac{X_{1j} S_j}{\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j},$$

$$X_{3j} = \frac{I_j^f - I_j^{pf}}{V_j} = \frac{X_{1j} X_{4j} S_j - I_j^{pf}}{\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j}. \quad (1)$$

Получим окончательно формализованную модель межотраслевого баланса для нахождения коэффициентов X_{ij}, обеспечивающих максимальное получение ВВП:

$$\sum_{j=1}^{n} X_{1j} X_{4j} S_j = I_f, \quad (4)$$

$$\frac{X_{1j} S_j}{\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j} \ge q_2, \ j = \overline{1, n}, \quad (5)$$

$$\frac{X_{1j} X_{4j} S_j - I_j^{pf}}{\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j} \le q_3, \ j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

$$X_{1j} \ge q_1, 0 \le X_{4j} \le q_4, j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Данная задача не является линейной (поскольку система ограничений содержит нелинейные уравнения и неравенства), поэтому ее нельзя решать методами линейного программирования (симплекс-методом, методом потенциалов и т. п.), что существенно затрудняет ее решение. Для ее решения можно использовать методы решения задач нелинейного программирования [5]: градиентный метод, метод штрафных функций, метод барьеров и т. д. Однако мы предлагаем другой, новый, на наш взгляд, алгоритм решения нелинейных задач, который в некоторых случаях является весьма эффективным при решении практических задач. Опишем его в общем виде.

Рассмотрим, например, задачу максимизации гладкой функции:

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \to \max, \quad (8)$$

$$g_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \le b_i, \ i = \overline{1, m}, \quad (9)$$

$$x_j \ge 0, \ j = \overline{1, n}. \quad (10)$$

Из системы ограничений (9) исключаем все неравенства за исключением тех, которые имеют наиболее простой вид, предположим, что это первое неравенство. Рассмотрим упрощенный вариант задачи:

$$f(x_1, x_2, ..., x_n) \to \max,$$

$$g_1(x_1, x_2, ..., x_n) \le b_1,$$

$$x_j \ge 0,\ j = \overline{1, n}.$$

Находим ее решение $X_1 = (x_1^1, x_2^1, ..., x_n^1)$ каким-нибудь методом и проверяем его совместность с остальными $n - 1$ условиями системы ограничений (9). Если оно удовлетворяет всем ограничениям (9), то процесс считаем законченным, если же X_1 не удовлетворяет какому-нибудь условию из системы ограничений (9), то переходим к новой задаче, добавляя одно (или несколько) из ограничений не включенное на предыдущем этапе.

Решаем новую задачу и находим ее оптимальное решение $X_2 = (x_1^2, x_2^2, ..., x_n^2)$. Затем X_2 проверяем на совместность с остальными $n - 2$ условиями системы ограничений (9). Если оно удовлетворяет всем ограничениям (9), то процесс считаем законченным, если же X_2 не удовлетворяет какому-нибудь условию из системы ограничений (9), то переходим к новой задаче, добавляя одно (или несколько) из ограничений, не включенное на предыдущем этапе. И так далее, пока не получим оптимальное решение исходной задачи.

Рассмотрим этот алгоритм на примере решения нашей задачи (2) – (7). Упростим ее, оставив только ограничения (3), (4):

Решим ее методом Лагранжа. Функция Лагранжа имеет вид:

$$L = \sum_{j=1}^{n} (\alpha_{1j} X_{1j} + \alpha_{4j} X_{4j} + \beta_j) + \lambda_1 (\sum_{j=1}^{n} X_{1j} S_j - I) +$$

$$+ \lambda_2 (\sum_{j=1}^{n} X_{1j} X_{4j} S_j - I_f),$$

дифференцируем ее по переменным X_{1j}, X_{4j}, λ_1 и λ_2 полученные выражения приравниваем нулю:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L}{\partial X_{1j}} = \alpha_{1j} + \lambda_1 S_j + \lambda_2 S_j X_{4j} = 0, \quad j = \overline{1, n}, \\ \dfrac{\partial L}{\partial X_{4j}} = \alpha_{4j} + \lambda_2 S_j X_{1j} = 0, \quad j = \overline{1, n}, \\ \dfrac{\partial L}{\partial \lambda_1} = \sum_{j=1}^{n} X_{1j} S_j - I = 0, \\ \dfrac{\partial L}{\partial \lambda_2} = \sum_{j=1}^{n} X_{1j} X_{4j} S_j - I_f = 0. \end{cases} \tag{11}$$

Суммируя все уравнения второй строки системы (11), получим

$$\sum_{j=1}^{n} \alpha_{4j} + \lambda_2 \sum_{j=1}^{n} S_j X_{1j} = 0.$$

Из третьего уравнения (11) находим, что вторая сумма в последнем уравнении равна I, а значит

$$\lambda_2 = -\frac{1}{I} \sum_{j=1}^{n} \alpha_{4j}. \tag{12}$$

Из уравнений второй строки (11) находим тогда, что

$$X_{1j} = -(\lambda_2 S_j)^{-1} \alpha_{4j},\ j = \overline{1, n}.$$

Учитывая (12), получаем

$$X_{1j} = \frac{I}{S_j} (\sum_{j=1}^{n} \alpha_{4j})^{-1} \alpha_{4j},\ j = \overline{1, n}. \tag{13}$$

Далее домножим уравнения первой строки системы (11) на X_{1j} и, просуммировав их, получим

$$\sum_{j=1}^{n} \alpha_{1j} X_{1j} + \lambda_1 \sum_{j=1}^{n} S_j X_{1j} + \lambda_2 \sum_{j=1}^{n} S_j X_{1j} X_{4j} = 0.$$

Из третьего уравнения системы (11) находим, что вторая сумма в последнем уравнении равна I, а из четвертого – третья сумма равна I_f. Значит,

$$\sum_{j=1}^{n} \alpha_{1j} X_{1j} + \lambda_1 I + \lambda_2 I_f = 0.$$

Откуда

$$\lambda_1 = I^{-1} \left(-\sum_{j=1}^{n} \alpha_{1j} X_{1j} - \lambda_2 I_f \right).$$

Учитывая (12), получим

$$\lambda_1 = I^{-1} \left(\frac{I_f}{I} \sum_{j=1}^{n} \alpha_{4j} - \sum_{j=1}^{n} \alpha_{1j} X_{1j} \right). \tag{14}$$

Из уравнений первой строки (11) находим тогда, что

$$X_{4j} = -\frac{\alpha_{1j} + \lambda_1 S_j}{\lambda_2 S_j} = -\frac{\alpha_{1j}}{\lambda_2 S_j} - \frac{\lambda_1}{\lambda_2}.$$

Или, окончательно,

$$X_{4j} = \frac{I}{S_j} (\sum_{j=1}^{n} \alpha_{4j})^{-1} \times$$
$$\times \left(\alpha_{1j} + S_j I^{-1} \left(\frac{I_f}{I} \sum_{j=1}^{n} \alpha_{4j} - \sum_{j=1}^{n} \alpha_{1j} X_{1j} \right) \right),\ j = \overline{1, n}. \tag{15}$$

Таким образом, оптимальные значения кризисных параметров находятся по формулам (13), (15) и (1).

Рассмотрим приложение этой модели к экономике Украины. Будем рассматривать деятельность десяти отраслей народного хозяйства Украины за 2006 – 2010 годы. Рассчитанные по статистическим данным за пять лет значения параметров α_{1j}, α_{4j}, β_j, $j = \overline{1, n}$ приведены в *табл. 2.*

Полученные значения кризисных параметров приведены в *табл. 3.*

Заметим, что при полученных значениях параметров совокупный объем ВВП по рассматриваемым областям в 2010 году составил бы 474,0514344 млрд грн, в то же время его реальный объем составил 195,5685 млрд грн.

Таблица 2

Регрессионные модели финансовых результатов деятельности отраслей народного хозяйства Украины в контексте инвестиционной безопасности

Вид экономической деятельности	α_{1j}	α_{4j}	β_j
Сельское хозяйство	144,57	76,519	61644,66
Добывающая промышленность	187,454	93,842	17322,2
Перерабатывающая промышленность	200,842	50,61	412897,8
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	207,476	13,26	39272,79
Строительство	181,677	69,201	15873,7
Торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного потребления	207,23	81,46	127746,2
Транспорт и связь	149,8	70,64	350349,5
Образование	200,75	12,75	18227,69
Охрана здоровья и оказание социальной помощи	141,77	45,834	11241,4
Другие виды экономической деятельности	149,34	50,4	91179,3

Источник: рассчитано автором.

Таблица 3

Параметры кризисной модели экономики Украины

Вид экономической деятельности	X_{1j}	X_{4j}	X_{2j}	X_{3j}
Сельское хозяйство	0,324358072	0,042750544	0,062534503	-0,01027998
Добывающая промышленность	0,360498737	0,224532475	0,056895915	0,005282898
Перерабатывающая промышленность	0,0619996	0,281283163	0,183067448	-0,01049196
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,040612548	0,309404171	0,135159444	0,007994147
Строительство	0,509574946	0,200044223	0,087120011	-0,03144726
Торговля; ремонт автомобилей,…	0,305009701	0,308361397	0,012855617	-0,02363985
Транспорт и связь	0,084825259	0,064920106	-0,01720282	0,019448589
Образование	0,132762561	0,280893182	0,075805301	0,009438542
Охрана здоровья и соц. помощь	0,328670089	0,030881563	0,083407134	0,0107931
Другие виды экономической деятельности	0,017175823	0,062970202	-0,29444955	0,083909921

Источник: рассчитано автором.

Таким образом, в данной статье решена проблема количественного соотношения между динамикой объема инвестиций и динамикой уровня инвестиционной безопасности национальной экономики, которое обеспечит в итоге положительный рост валового производства страны. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. **Булатов А.** Вывоз капитала из России: вопросы регулирования / А. Булатов // Вопросы экономики. – 1998. – № 3. – С. 55 – 65.

2. **Водянов А.** Дилемма инвестиционной стратегии государства / А. Водянов // Российский экономический журнал. – 1997. – № 10. – С. 12 – 20.

3. **Вольский А.** Условия совершенствования управления экономикой / А. Вольский // Экономист. – 2001. – № 9. – С. 3 – 8.

4. **Исаев А. А.** Квазирыночное перераспределение собственных инвестиций предприятий / А. А. Исаев. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2007. – 268 с.

5. **Федосеев В. В.** Экономико-математические методы и прикладные модели / В. В. Федосеев, Ф. Н. Гармаш [и др.]. – Москва : Изд-во ЮНИТИ, 1999. – 392 с.