УДК 519.8

Л.А. Чудовская, С.М. Галилеев, М.М. Галилеев

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКА ИНВЕСТИЦИОННОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Введение. Модель, предлагаемая в настоящей работе, может применяться к оценке риска инвестиционного бизнес-процесса в различных отраслях лесопромышленного комплекса. Модель позволяет оптимизировать работу транспортных узлов лесного комплекса, работу деревообрабатывающих предприятий, леспромхозов с точки зрения эффективности вложения инвестиций в условиях неопределенности современного состояния экономики.

Математическая формализация основана на положении, что информация, получаемая от операторов является нечеткой, существуют интервалы изменений параметров. Нечеткий вариант стандартной задачи математического программирования получается, если допустить возможность нарушения условий с той или иной степенью. Вместо максимизации целевой функции, $f(x)$ может стремиться к достижению некоторого заданного ее значения, причем различным отклонениям значения $f(x)$ от этой величины приписывать различные степени допустимости (например, чем больше отклонение, тем меньше степень его допустимости).

Пусть a – заданная величина функции цели NPV инвестиционного бизнес – процесса, достижение которой считается достаточным для выполнения цели принятия решений в лесопромышленном комплексе, и пусть имеется пороговый уровень b, когда неравенство $NPV<a\text{-}b$ означает сильное нарушение неравенства $NPV > a$. Тогда функцию принадлежности для нечеткой функции цели можно определить следующим образом:

$$\mu_G(x)=\begin{cases}0, & \text{если } f(x)\le a-b,\\ \mu_a(x) & \text{если } a-b<f(x)<a,\\ 1, & \text{если } f(x)\ge a,\end{cases}$$

где μ_a – функция принадлежности, описывающая степени выполнения соответствующего неравенства с точки зрения лица, принимающего решения.

Аналогично определяется функция принадлежности $\mu_C(x)$ для нечетких ограничений. В результате исходная задача оказывается сформулированной в форме задачи выполнения нечетко определенной цели, к которой применим подход Беллмана-Заде.

При моделировании ситуации в форме задачи линейного программирования

$$\max\left\{NPV \left| \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\alpha_i q_{ij} x_{ij} \le Q_{\text{доп}}, \\ \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}V_{tij} x_{ij} \le V_{\text{доп}}, \quad \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} of_{tij} x_{ij} \le of_{\text{доп}}, \end{array}\right.\right.$$

о коэффициентах известно лишь то, что они находятся в некотором множестве, отражающем все реальные возможности.

В отдельных случаях точно описанное множество ограничений (допустимых альтернатив) может оказаться лишь приближением в том смысле, что в реальной задаче альтернативы вне множества ограничений могут быть недопустимыми, а лишь в той или иной степени менее желательными для лица, принимающего решение, чем альтернативы внутри этого множества.

Рассмотрим задачу нахождения максимума на заданной области. Пусть задана область вида

$$P = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\alpha_i q_{ij} x_{ij} \subseteq Q_{\text{доп}} + \\ \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}V_{tij} x_{ij} \subseteq V_{\text{доп}} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} of_{tij} x_{ij} \subseteq OF_{\text{доп}}, \end{array} \right\}$$

где коэффициенты – нечеткие подмножества множества R, а бинарная операция + обозначает сложение нечетких множеств. Требуется найти максимальное *NPV* на заданной области.

Коэффициент при каждой переменной в ограничениях можно считать функцией полезности, определенной на числовой оси.

Сведем решение исходной задачи к решению ряда задач линейного программирования. Для этого введем дискретные α-уровни. В результате нечеткие ограничения принимают следующий интервальный вид:

$$P = \left\{ \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sigma_\alpha(\alpha_i, q_{ij}) x_{ij};\ \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sigma_\alpha(V_{tij}) x_{ij};\ \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sigma_\alpha(of_{tij}) x_{ij} \right\}.$$

Таким образом, переходим от нечетких множеств к четко определенным и, зная, что α – обычный интервал, можем записать задачу в виде ограничений для левого и правого значения коэффициентов, т. е. размерность системы ограничений увеличилась в два раза.

Чтобы привести задачу к виду обычной задачи линейного программирования, достаточно записать неравенства отдельно по левому и правому краям интервалов, с учетом знаков неравенства.

С помощью несложных преобразований задача с нечеткими коэффициентами сводится к задаче линейного программирования с четкими коэффициентами; полученная задача решается методом Балаша.

Нечеткий алгоритм решения задачи имеет следующий вид:

1. Исходная задача.
2. Вводим дискретные α-уровни.
3. Ограничения принимают интервальный вид.
4. Записываем неравенства отдельно по левому и правому краям с учетом знаков неравенства (при этом размерность увеличивается).
5. Получаем задачу ЛП с четкими коэффициентами.
6. Решаем полученную задачу симплекс-методом.

Исходная задача нечеткого математического программирования представляется в виде совокупности обычных задач линейного программирования на всевозможных множествах уровня множества допустимых альтернатив. Если альтернатива есть, решение задачи на множестве уровня α, то можно считать, что число α есть степень принадлежности альтернативы нечеткому множеству решений исходной задачи.

Перебрав всевозможные значения α, получаем функцию принадлежности нечеткого решения.

Если же и компоненты целевой функции являются нечеткими, то необходимо выбирать для каждого уровня α соответствующие границы множеств σ_α

Нечеткость увеличивает размерность задачи. Фактически, исходная задача с ограничениями по включению преобразуется в задачу с ограничениями в виде неравенств, с которыми легко обращаться, сохраняется возможность использования хорошо разработанных классических методов.

При моделировании сложных систем невозможно учесть достаточно большое число реальных факторов, поскольку это привело бы к чрезмерному усложнению модели. Поэтому в модель приходится вводить лишь ограниченное число таких факторов, которые по тем или иным соображениям считаются наиболее существенными. При этом возможны два подхода. Неучтенные в описании модели факторы можно считать абсолютно несущественными и полностью их игнорировать при принятии решений с использованием этой модели. С другой стороны, при втором подходе можно явно не вводить «несущественные факторы» в математическую модель, но учитывать их влияние, допуская, что отклик модели на то или иное воздействие (выбор альтернативы) может быть известен лишь приближенно или нечетко.

При рассмотрении процесса принятия решений с более общих позиций принятия решений в нечетких условиях естественной представляется другая логическая схема, отличительной чертой которой является симметрия по отношению к целям и ограничениям. Этот подход устраняет различия между целями и ограничениями и позволяет достаточно просто принять на их основе решение.

Функция принадлежности для множества решений задается соотношением

$$\mu_D(x) = \mu_G(x) \wedge \mu_C(x).$$

В общем случае, если имеется n нечетких целей и m нечетких ограничений, то результирующее решение определяется пересечением всех заданных целей и ограничений, т. е.

$$D = G_1 \cap \ldots \cap G_n \cap C_1 \cap \ldots \cap C_m$$

и, соответственно,

$$\mu_D(x) = \mu_{G1}(x) \wedge \ldots \wedge \mu_{Gn}(x) \wedge \mu_{C1}(x)\ ) \wedge \ldots \wedge \mu_{Cm}(x).$$

В приведенном определении нечеткие цели и нечеткие ограничения входят в выражение D. Определение решения как нечеткого множества в пространстве альтернатив естественно, поскольку нечеткое решение может рассматриваться как некоторая «инструкция».

Во многих случаях необходимо выбирать те альтернативы, которые имеют максимальную степень принадлежности к D. Если таких элементов несколько, то они образуют обычное множество, которое называется оптимальным решением, а каждый элемент этого множества – максимизирующим решением.

В данной задаче нечеткие цели и нечеткие ограничения – нечеткие множества в разных пространствах.

Пусть NPV – отображение из X в Y, причем переменная x обозначает входное воздействие, а y – соответствующий выход.

Предположим, что нечеткая цель задана как нечеткое множество G в Y, в то время как нечеткое ограничение – нечеткое множество C в пространстве X. Имея нечеткое множество G в Y, можно найти нечеткое множество G в X, которое индуцирует G в Y. Функция принадлежности G в Y задается равенством

$$\mu_{\overline{G}}(x) = \mu_G(f(x)).$$

После этого решение D может быть выражено пересечением множеств G и C. Используя предыдущее соотношение, можно записать

$$\mu_D(x) = \mu_G(f(x)) \wedge \mu_C(x).$$

Рассмотрим следующий алгоритм решения задачи нечеткой оптимизации, который представляет собой модификацию выше приведенного алгоритма и имеет следующий вид:

1. Исходная задача,
2. Введение дискретных α-уровней,
3. Ограничения принимают интервальный вид,
4. Дефаззификация,
5. Задача линейного программирования с четкими коэффициентами,
6. Решение полученной задачи.

Для решения поставленной задачи используется пакет MatLab с Toolbox Fuzzy Logic. При решении задачи нечеткой оптимизации использованы построенные функции принадлежности – треугольные и гауссовы на основе экспертных оценок.

Результаты расчета распределения по предприятиям лесного комплекса с транспортной структурой представлены в таблице.

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X11	1,0000	-29 138,0000	-29 138,0000	0	basic
2	X12	0	-40 773,0000	0	-15 651,0000	at bound
3	X21	1,0000	-16 883,0000	-16 883,0000	0	basic
4	X22	0	-22 334,0000	0	-5 451,0000	at bound
5	X31	1,0000	-24 070,0000	-24 070,0000	0	basic
6	X32	0	-32 249,0000	0	-8 179,0000	at bound
7	X41	1,0000	-20 019,0000	-20 019,0000	0	basic
8	X42	0	-26 020,0000	0	-6 003,0000	at bound
9	X43	0	-103 081,0000	0	-83 062,0000	at bound
10	X51	1,0000	-13 595,0000	-13 595,0000	0	basic
11	X52	0	-18 244,0000	0	-4 649,0000	at bound
12	X53	0	-70 949,0000	0	-57 349,0000	at bound
13	X61	1,0000	-14 812,0000	-14 812,0000	0	basic
14	X62	0	-58 421,0000	0	-43 593,0000	at bound
15	X63	0	-78 282,0000	0	-63 370,0000	at bound
16	X71	1,0000	-10 194,0000	-10 194,0000	0	basic
17	X72	0	-12 731,0000	0	-2 537,0000	at bound
18	X81	1,0000	-11 768,0000	-11 768,0000	0	basic
19	X82	0	-48 374,0000	0	-36 606,0000	at bound
20	X83	0	-64 885,0000	0	-53 118,0000	at bound
21	X91	1,0000	-9 140,0000	-9 140,0000	0	basic
22	X92	0	-44 885,0000	0	-35 745,0000	at bound
23	X93	0	-30 490,0000	0	-35 350,0000	at bound
24	X101	1,0000	-6 396,0000	-6 396,0000	0	basic
25	X102	0	-36 591,0000	0	-30 195,0000	at bound
	Objective	Function	(Max.) =	-154 995,0000		

Выводы. Для решения поставленной задачи использован пакет MatLab с Toolbox Fuzzy Logic. При решении задачи нечеткой оптимизации использованы построенные функции принадлежности – треугольные и гауссовы на основе экспертных оценок. Полученные результаты показали работоспособность предлагаемой модели и возможность использования ее в различных отраслях лесопромышленного комплекса к оценке риска ивестиционного бизнес-процесса, а также планирование повышения квалификации сотрудников в различных образовательных организациях с учетом инвестиционных рисков.

Библиографический список

Асаи К., Ватада Д., Иваи С. и др. Прикладные нечеткие системы / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. М.: Мир, 1993. 368 с.

Вощинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределенности. Изд-во МЭИ (СССР) и Техника (НРБ), 1989. 224 с.

Чудовская Л.А., Галилеев С.М., Галилеев М.М. Оценка экономического риска инвестиционного бизнес-процесса в лесной промышленности // Актуальные вопросы транспорта в лесном комплексе: матер НТК. СПб.: СПбГЛТУ, 2020. С. 80–83.

References

Asai K., Watada D., Iwai S. et al. Applied fuzzy systems / ed. by T. Tarano, K. Asai, M. Sugeno. Moscow: Mir, 1993. 368 p. (In Russ.)

Voshchinin, A.P., Sotirov, G.R. Optimization under Uncertainty Conditions. MPEI Publications (USSR) and Technique (NRB), 1989. 224 p. (In Russ.)

Chudovskaya L.A., Galileev S.M., Galileev M.M. Estimation of Economic Risk of Investment Business Process in Forest Industry. *Actual Problems of Transport in Forest Complex*: Proceedings of conference. St. Petersburg: SPbFTU, 2020, pp. 80–83. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 28.04.2020

Чудовская Л.А., Галилеев С.М., Галилеев М.М. Модель оценки риска инвестиционного бизнес-процесса в лесопромышленном комплексе // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 233. С. 271–278. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.271-278

Рассмотрена оценка инвестиционного бизнес-процесса в отрасли лесопромышленного комплекса с помощью аппарата нечеткой логики. Модель позволяет оптимизировать работу транспортных узлов лесного комплекса, работу деревообрабатывающих предприятий, леспромхозов с точки зрения эффективности вложения инвестиций в условиях неопределенности современного состояния экономики. Рассмотрена модель оценки риска как задачи линейного программирования в нечеткой постановке. Использованы построенные функции принадлежности – треугольные и гауссовы на основе экспертных оценок. При решении задачи использован пакет MatLab с Toolbox Fuzzy Logic и метод Балаша. Полученные результаты показали работоспособность предлагаемой модели и возможность использования ее в различных отраслях лесопромышленного комплекса к оценке риска инвестиционного бизнес-процесса.

Ключевые слова: инвестиционный, бизнес-процесс, образование, риск, нечеткие цели, нечеткие ограничения, нечеткая логика, функции принадлежности, Toolbox Fuzzy Logic, метод Балаша.

Chudovskaya L.A., Galileyev S.M., Galileyev M.M. Risk assessment model of investment business process in the forest industry. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoj Akademii*, 2020, is. 233, pp. 271–278 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.271-278

The article considers the evaluation of the investment business process in the timber industry using fuzzy logic. The model makes it possible to optimize the operation of transport nodes of the forest complex, the work of woodworking enterprises, forestry enterprises in terms of investment efficiency in the conditions of uncertainty of the current state of the economy. The risk assessment model is considered as a linear programming problem in a fuzzy formulation. The constructed membership functions – triangular and Gaussian-based on expert estimates are used. The MatLab package with Toolbox Fuzzy Logic and the Balash method were used to solve the problem. The results obtained showed the efficiency of the proposed model and the possibility of using it in various sectors of the timber industry to assess the risk of investment business process.

Keywords: investment, business process, forest industry, risk, fuzzy goals, fuzzy restrictions, fuzzy logic, membership functions, Toolbox Fuzzy Logic, the Balash method.

ЧУДОВСКАЯ Людмила Анатольевна – доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат экономических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: lachud@mail.ru

CHUDOVSKAYA Lyudmila A. – PhD (Economics), associate professor St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5, St. Petersburg, Russia. E-mail: lachud@mail.ru

ГАЛИЛЕЕВ Сергей Михайлович – старший преподаватель кафедры торгового и таможенного дела Санкт-Петербургского государственного экономического университета, кандидат экономических наук.

191023, ул. Садовая, д. 21, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: s.netproblem@gmail.com

GALILEYEV Sergey M. – PhD (Economics), associate professor St. Petersburg State University of Economics.

191023. Sadovaya str. 21. St. Petersburg, Russia. E-mail: s.netproblem@gmail.com

ГАЛИЛЕЕВ Михаил Михайлович – доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского. государственного экономического университета.

191023,_ ул. Садовая, д. 21, Санкт-Петербург, Россия.

GALILEYEV Mikhail M. – PhD (mathematics), associate professor St. Petersburg State University of Economics.

191023. Sadovaya str. 21. St. Petersburg, Russia.