

Романов Вадим Николаевич

ОЦЕНКА РИСКА В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

В статье рассмотрена проблема оценки риска в задачах принятия решений при неполной, несогласованной информации на основе нечетких моделей. Показаны преимущества такого подхода по сравнению с вероятностными методами, позволяющего расширить область приложения моделей на случай неопределенности и неясности. Предложен новый способ определения приемлемости риска на основе условия достоверности.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/4/49.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 4 (71). С. 163-167. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/4/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Модель является интерактивной, что позволяет обучающимся вводить любые математические функции вида $y=f(x)$ (Рисунок 2) и получать демонстрационную анимацию процесса получения производной от введенной функции.

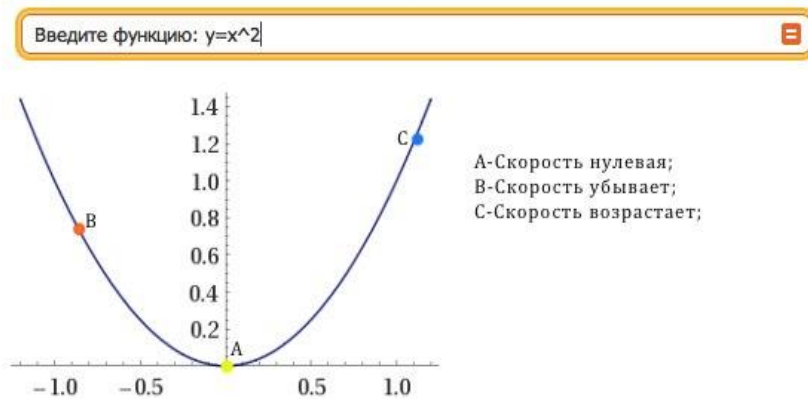


Рис. 2. Интерактивность визуальной модели

В заключение отметим, что некоторым обучающимся можно предложить задание самостоятельно подготовить примеры интересных зависимостей. Данная лекция, как показал проведенный нами эксперимент, способствует формированию мотивации к самообучению, актуализирует познавательный опыт обучающихся, что способствует их ценностному осмыслению математических знаний, развивает математические умения.

Список литературы

1. **Абдуллина Г. А.** Организационно-педагогические основы непрерывного экологического образования // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2008. № 4 (11): в 2-х ч. Ч. II. С. 13-15.
2. **Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 230115 «Программирование в компьютерных системах»** [Электронный ресурс]: утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 23 июня 2010 г. № 696. URL: <http://www.pandia.ru/text/77/202/65307.php> (дата обращения: 12.03.2013).
3. **Яковлев А. И.** Информационно-коммуникационные технологии в образовании // Информационное общество. 2001. Вып. 2. С. 32-37.

УДК 519.8

Физико-математические науки

В статье рассмотрена проблема оценки риска в задачах принятия решений при неполной, несогласованной информации на основе нечетких моделей. Показаны преимущества такого подхода по сравнению с вероятностными методами, позволяющего расширить область приложения моделей на случай неопределенности и неясности. Предложен новый способ определения приемлемости риска на основе условия достоверности.

Ключевые слова и фразы: нечеткое множество; нечеткая модель; риск принятия решений.

Романов Вадим Николаевич, д.т.н., профессор
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
vrotaupri@mail.ru

ОЦЕНКА РИСКА В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ[©]

Деятельность людей в современном мире проходит под знаком риска, что обусловлено масштабами деятельности и локальной и глобальной неустойчивостью, затрагивающей многие системы. В теории принятия решений под риском понимается информационная среда задачи, когда известны множество альтернатив и вероятность состояния внешних систем. При такой трактовке для оценки риска применяются статистические модели [1, с. 155]. В более широком смысле риск – это возможная опасность чего-либо. В обиходном значении – это действие наудачу в надежде на счастливый исход. Первое значение связано с возможным ущербом, потерей, отрицательным последствием, второе – с верой в достижение цели в условиях незнания и неопределенности. Мы будем придерживаться первого, более широкого, значения понятия, которое не свя-

зано прямо с заданием вероятности. Целью статьи является построение алгоритмов оценки риска и определение приемлемости риска на основе нечетких моделей. Риск принятия решений в больших системах может быть обусловлен следующими причинами: неполнота (неопределенность) исходных данных, которая связана с временными и ресурсными ограничениями или имеет принципиальный характер; неполнота множества допустимых альтернатив, которая связана с вычислительными ограничениями или отсутствием сведений о целях внешних систем; ошибка в выборе модели оптимизации, связанная с предпочтениями лица, принимающего решение (ЛПР); незнание (некомпетентность) ЛПР. Когда ЛПР действует в привычных рамках (в рамках известного), то риск, как правило, отсутствует, если нет форс-мажорных обстоятельств. Риск возникает, когда ЛПР сталкивается с новой задачей, не имеющей аналогов, и вынужден действовать в условиях неясности, связанной с неполнотой и несогласованностью данных или непониманием (некомпетентностью). В этом случае использование нечетких моделей является не только обоснованным, но и необходимым. Принятие решений всегда связано с достижением цели за определенное время и расходом ресурсов. Будем различать прямой и косвенный риск. Первый обусловлен возможными потерями ЛПР, а второй – потерями внешних систем. Чем больше систем учтено при принятии решений, тем меньше косвенный риск. В большинстве случаев риск можно оценить в стоимостном выражении, тогда прямой риск связан с прямыми издержками, а косвенный – с косвенными издержками. Прямой риск можно ассоциировать с внутренним риском, обусловленным внутренними ограничениями, а косвенный – с внешними ограничениями. Внутренний риск характеризует недостаточные возможности ЛПР, а внешний – чрезмерные требования внешних систем. В больших системах к факторам, увеличивающим косвенный риск, относятся сложность системы и непредсказуемость ее поведения, зависимость разнородных систем друг от друга, превышение требований к системе над ее возможностями. На внутреннем уровне увеличению риска способствуют следующие факторы: отказ системы или ее элементов, задержки, искажения, запаздывание информации, что приводит к несвоевременности решения, ошибочные решения, неверный выбор модели принятия решений. Риск возникает, если имеется неуверенность в достижении цели к определенному сроку, наносится вред другим системам. При определении целей должно учитываться влияние внешних систем, их требования, условия и ограничения, возможные отрицательные последствия. Обычно множество альтернатив известно, и риск связан с выбором альтернативы, которая минимизирует риск или делает его допустимым. Если множество альтернатив не известно или имеет большую размерность, то риск возрастает. Он обусловлен неполнотой учета влияния внешних систем. Например, для фирмы, которая выпускает новую продукцию и продает ее на рынке, риск большой. Для предприятий минерально-сырьевого комплекса прямой риск мал, так как вся продукция заранее распределена, а возможные колебания цен легко учесть. Однако косвенный риск в этом случае большой, он связан, прежде всего, с нанесением вреда природной среде и населению из-за превышения ПДК вредных веществ, а также накопленного эффекта. Рассмотрим алгоритм оценки риска в рамках двух подходов к принятию решений: классического и поведенческого. При *классическом подходе* каждая альтернатива из множества допустимых альтернатив оценивается функцией выигрыша (неотрицательной функцией, принимающей действительные значения). Предположим, что для оценки альтернатив применяются критерии K_1, K_2, \dots, K_n , выраженные в виде нечетких градаций: ОВ – очень высокое значение, В – высокое, С – среднее, Н – низкое, ОН – очень низкое. Считаются известными также промежуточные градации ОН-Н (между очень низким и низким значением), Н-С, С-В, В-ОВ и предельные градации ООН (очень-очень низкое значение) и ООВ (очень-очень высокое), которые выполняют функцию нуля и единицы. Пригодность альтернативы x для достижения цели (выигрыш) определяется сверткой исходных критериев

$$K(x) = F(a_j, K_j), \quad (1)$$

где a_j – вес критерия, и по индексу j проводится усреднение. Будем считать, что решение допустимо, если $K(x) > K_0$, где K_0 – некоторое пороговое значение. Аналогично определим для каждой альтернативы функцию непригодности для достижения цели (проигрыш). Предположим, что для оценки проигрыша используются критерии K'_1, K'_2, \dots, K'_l , выраженные в виде нечетких градаций; некоторые из этих критериев могут совпадать с критериями оценки выигрыша. Непригодность альтернативы x определяется, как и выше, сверткой критериев

$$R(x) \equiv K'(x) = G(a'_j, K'_j) \quad (2)$$

Будем считать, что риск определяется функцией G . Риск является допустимым, если «проигрыш» меньше «выигрыша». Решение с учетом риска допустимо, если

$$K(x) > R(x) \quad (3)$$

Очевидно, что наилучшим является решение

$$x^* = \arg \max_x d(x), \quad (4)$$

где $d(x)$ – мера различия $K(x)$ и $R(x)$. Положим $d(x) = \bar{\alpha}(x)$, где $\alpha(x)$ – мера близости величин $K(x)$ и $R(x)$, а $\bar{\alpha}(x)$ – значение, противоположное $\alpha(x)$. В частности, если $K(x) = R(x)$, то $\alpha(x) = ОВ$ и $d(x) = ОН$; если $K(x)$ превосходит $R(x)$ на одну градацию, то $\alpha(x) = В$ и $d(x) = Н$ и т.д.; если $K(x)$ превышает $R(x)$ на четыре градации, то $\alpha(x) = ОН$ и $d(x) = ОВ$. Условие достоверности выполняется, если

$d(x) \geq B$ или, в мягком варианте, $d(x) > C$ [Там же, с. 107]. Иными словами, чтобы решение было достоверным, левая часть в (3) должна превышать правую не менее, чем на градацию B , и, уж во всяком случае, больше, чем на градацию C , что дает объективный критерий оценки приемлемости риска. Рассмотрим важный частный случай однокритериальных моделей, когда для оценки выигрыша и проигрыша используется один критерий, например, коэффициент стоимости или индекс эффективности затрат. В этих моделях результат является суперпозицией двух (или нескольких) противоречивых факторов. Общий критерий можно представить в виде

$$K(x) = A(x) * B(x), \quad (5)$$

где $A(x)$ – функция, учитывающая элементы положительного воздействия альтернативы x (источники прибыли, эффект, выигрыш), а $B(x)$ – функция, учитывающая элементы отрицательного воздействия (источники издержек, затраты, проигрыш), $*$ – знак суперпозиции, которому в модели «прибыль-издержки» соответствует операция вычитания или деления, а в модели «эффект-затраты» – операция деления. Для оценки риска представим функцию $B(x)$ в виде суперпозиции двух функций

$$B(x) = f_1(x) ** f_2(x), \quad (6)$$

где $f_1(x)$ – прямой риск, а $f_2(x)$ – косвенный риск, $**$ – операция объединения, определяемая условиями задачи и предпочтением ЛПР. Для проведения расчетов используем представление величин в виде нечетких градаций. При составлении таблиц принималось, что весь диапазон градаций соответствует числовому диапазону 0...1 (любой другой диапазон может быть приведен к единичному линейным преобразованием), который разбивался на пять равных интервалов по числу основных градаций. Тем самым устанавливается взаимно однозначное соответствие между каждой нечеткой градацией и соответствующим числовым интервалом. Предполагается, что значение градации сосредоточено в центре интервала. При выполнении расчетов нечеткие градации ОН, Н, С, В, ОВ заменяются значениями 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9 соответственно. Такая замена является корректной, так как не нарушает порядок следования результатов. Следует отметить также, что при расчетах нет смысла вводить мелкие доли градаций, а лучше использовать округление в сторону более крупных градаций. Как правило, функции f_1 и f_2 являются гиперболическими и изменяются противоположно. В Табл. 1 даны результаты расчета суммарного риска по (6) для различных операций объединения: прямое суммирование (+), ограниченное суммирование (sum) ($sum(a,b) = a + b - ab$) и максимум (max) при противоположном изменении f_1 и f_2 .

Таблица 1. Расчет суммарного риска для различных операций объединения при противоположном изменении f_1 и f_2

$f_1(x)$	ОН	Н	С	В	ОВ
$f_2(x)$	ОВ	В	С	Н	ОН
$B(x)_+$	ООВ	ООВ	ООВ	ООВ	ООВ
$B(x)_{sum}$	ОВ	В-ОВ	<(В-ОВ)	В-ОВ	ОВ
$B(x)_{max}$	ОВ	В	С	В	ОВ

Из данных Табл. 1 видно, что операция max дает заниженную оценку суммарного риска, операция суммирования – завышенную, операция ограниченного суммирования – промежуточную между первой и второй. Наименьший риск соответствует среднему значению (С) функций $f_1(x)$ и $f_2(x)$. Результаты Табл. 1 соответствуют, например, насыщенному рынку, когда фирма пытается найти компромисс между затратами на производство (варьирование цены) и затратами на продвижение (использование отличительного преимущества). Если одна из функций, например $f_1(x)$, имеет постоянное и очень низкое значение, а вторая – $f_2(x)$ – изменяется так же, как в первом случае, то наименьшее значение суммарного риска соответствует наименьшему значению функции $f_2(x)$. Результаты расчетов по (6) для этого случая представлены в Табл. 2. Если одна из функций, например $f_1(x)$, имеет постоянное и очень высокое значение, а вторая – $f_2(x)$ – изменяется так же, как в первом случае, то значение суммарного риска определяется функцией $f_1(x)$. Результаты расчетов по (6) для этого случая представлены в Табл. 3.

Таблица 2. Расчет суммарного риска для различных операций объединения при $f_1(x) = ОН$

$f_1(x)$	ОН	ОН	ОН	ОН	ОН
$f_2(x)$	ОВ	В	С	Н	ОН
$B(x)_+$	ООВ	В-ОВ	С-В	Н-С	Н-ОН

$B(x)_{sum}$	OB	> B	>C	<H-C	H-OH
$B(x)_{max}$	OB	B	C	H	OH

Таблица 3. Расчет суммарного риска для различных операций объединения при $f_1(x) = OB$

$f_1(x)$	OB	OB	OB	OB	OB
$f_2(x)$	OB	B	C	H	OH
$B(x)_+$	OOB	OOB	OOB	OOB	OOB
$B(x)_{sum}$	OOB	OOB	>OB	OB	OB
$B(x)_{max}$	OB	OB	OB	OB	OB

Результаты Табл. 2 соответствуют, например, этапу зрелости при множественной сегментации рынка, а результаты Табл. 3 – этапу внедрения новой продукции при множественной сегментации рынка. Аналогично можно моделировать и другие ситуации, определяя значение суммарного риска и выбирая наилучшую стратегию. При этом операция max более подходит, когда имеется один преобладающий источник риска, а операция суммирования – когда имеется несколько одинаковых источников. Выбор операции зависит также от вида функций f_1, f_2 .

Рассмотрим *поведенческий подход*. В этом случае выбор наилучшего решения с учетом риска связан с оценкой последствий решения. Решение x допустимо, если выполняется соотношение

$$\pi(x) \subset \pi_g, \quad (7)$$

где $\pi(x)$ – множество последствий решения, а π_g – множество допустимых последствий, определяемых внешними и внутренними факторами: $\pi_g = \pi_g^+ \cup \pi_g^-$. Риск считается допустимым, если множество отрицательных последствий решения находится в допустимых пределах, т.е. выполняется соотношение

$$\pi^-(x) \subset \pi_g^- \quad (8)$$

Решение с учетом риска допустимо, если одновременно выполняются соотношения

$$\pi^-(x) \subset \pi_g^- \quad (9a)$$

$$\pi^+(x) \subset \pi_g^+ \quad (9b)$$

$$|\pi^+(x)| > |\pi^-(x)| \quad (9в)$$

где $|\bullet|$ – мощность соответствующего множества. Чтобы провести количественные оценки, используем для определения риска три параметра: масштаб (величина и число последствий), возможность наступления и время до наступления. Соответствующие параметры (факторы) представим в виде нечетких градаций. Для масштаба M используем градации: очень большой, большой, ..., очень малый. Для возможности наступления P установим градации: очень высокая, ..., очень низкая. Для времени наступления T используются градации: очень большое, ..., очень малое. Тогда оценка риска $R(x)$ дается выражением

$$R(x) = [M(x) * P(x) * \bar{T}(x)]^-, \quad (10)$$

где $\bar{T}(x)$ – оценка, противоположная T , т.е. если T очень большое, то \bar{T} – очень малое и т.д.; $*$ – операция объединения, выбираемая из условий задачи. Решение с учетом риска допустимо, если одновременно выполняются соотношения

$$[M(x) * P(x) * \bar{T}(x)]^- < [M(x) * P(x) * \bar{T}(x)]_g^- \quad (11a)$$

$$[M(x) * P(x) * \bar{T}(x)]^+ > [M(x) * P(x) * \bar{T}(x)]^- \quad (11b)$$

Наилучшее решение определяется выражением

$$x^* = \arg \max_x \min(d_1(x), d_2(x)) \quad (12)$$

где $d_1(x), d_2(x)$ – мера различия правой и левой части в (11a) и (11b) соответственно. В Табл. 4 приведены результаты расчетов риска по (10) для различных операций объединения.

Таблица 4. Расчет риска для различных операций объединения с учетом последствий

M	P	\bar{T}	R_+	R_{sum}	R_{max}
OB	OB	OB	OOB	OOB	OB
OB	OH	OH	OOB	OB	OB
B	B	B	OOB	OOB	B
B	OH	OH	OB	B	B
C	C	C	OOB	OB	C
C	OH	OH	B	C-B	C

Н	Н	Н	ОВ	В	Н
Н	ОН	ОН	С	Н-С	Н
ОН	ОН	ОН	Н	Н	ОН

Оценка приемлемости риска проводится, как и выше, из условия достоверности. Рассмотрим два примера для пояснения общих соотношений. Первый относится к оценке риска фирмы, выпускающей новую продукцию, второй – к оценке риска при разработке месторождения полезных ископаемых, например, нефти.

Пример 1. Для определения риска можно использовать различные критерии, например, качество продукции, объем производства и т.п. Если использовать критерий качества продукции, то прямой риск определяется затратами на выпуск продукции высокого качества, так как повышение качества сопровождается повышением цены, и часть продукции может не найти спроса. Косвенный риск определяется затратами на обмен бракованной продукции, гарантийный ремонт и т.п. и связан с недостаточным качеством продукции, так как спрос на нее может быть низким. Оба вида затрат изменяются противоположно друг другу. Наименьший суммарный риск соответствует среднему уровню затрат, как следует из Табл. 1. Используем теперь многоцелевую модель, расширив число критериев. Выберем в качестве критериев оценки риска объем производства и качество продукции, считая их для простоты одинаково важными. Альтернативы x соответствуют различным стратегиям. Применяя для оценки риска модель (2) и полагая $G = \min_j$, чтобы уменьшить риск от неправильного выбора модели, получим

$$R(x) = \min_j K_j'(x), \quad (13)$$

где $j = 1, 2$; $K_1'(x)$ соответствует оптимальному объему выпуска, а $K_2'(x)$ – оптимальному уровню качества. Критерии $K_1'(x)$ и $K_2'(x)$ определяются по одноцелевой модели (6). Наименьший суммарный риск соответствует среднему значению затрат, как следует из Табл. 1. Для оценки пригодности альтернатив используем критерии приемлемости цены $K_1(x)$ и приемлемости качества $K_2(x)$. Применяя (1) и используя ту же модель, получаем оценку

$$K(x) = \min_j K_j(x), \quad (14)$$

где $j = 1, 2$. Решение с учетом риска допустимо, если $K(x) > R(x)$ при выполнении условия достоверности. Наилучшее решение с учетом риска определяется по (4) в нечетких градациях. Отметим, что для определения $K(x)$ и $R(x)$ могут использоваться разные модели.

Пример 2. Используем одноцелевую модель, выбрав, например, в качестве критерия объем добычи нефти за некоторый период. В этом случае, как отмечено выше, прямой риск минимален, и суммарный риск определяется, в основном, косвенным риском. Допустимый уровень риска зависит от требований и ограничений со стороны внешних систем (природной, социальной, экономической). Например, если сопутствующий нефти газ не утилизируется, а сжигается, то ситуация описывается Табл. 2. Если же имеются требования и ограничения по использованию газа, то ситуация описывается Табл. 1 или Табл. 3 в зависимости от жесткости наложенных ограничений (Табл. 1 соответствуют умеренные ограничения, а Табл. 3 – сильные). Аналогично проводятся расчеты и при использовании поведенческого подхода. Следует иметь в виду, что выбор критериев оптимальности и модели риска можно обосновать только извне, т.е. приняв во внимание множество систем, которые затрагивает принимаемое решение. Сравним, например, две стратегии S_1 и S_2 , где первой стратегии соответствует сжигание сопутствующего газа, а второй – его полная утилизация (использование). Для первой стратегии за некоторый период времени отрицательные последствия для внешних систем (социальной, природной) можно оценить, как очень высокие. Это дает очень высокую или высокую оценку риска, как следует из Табл. 4. Для второй стратегии оценка риска получается низкой или очень низкой. Если в данном примере не учитывать внешние системы, то правая часть неравенства (11а) имеет оценку В или ОВ, и все стратегии будут допустимыми по этому условию. Правая часть (11б) имеет оценку Н или ОН, поэтому предпочтение будет отдано стратегии S_1 , дающей малый риск для предприятия. Это верно, конечно, если не учитывать отдаленные последствия. Наоборот, если требования внешних систем являются преобладающими, и их нельзя игнорировать, то правая часть (11а) имеет оценку Н или ОН, а правая часть (11б) – оценку В или даже ОВ. В этом случае предпочтение имеет стратегия S_2 , дающая наименьший суммарный риск.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что использование нечетких моделей риска позволяет проводить обобщенный анализ ситуации с учетом субъективных факторов, не привязываясь к числовому контексту, расширить область приложения по сравнению с вероятностными методами на случай, когда информационная среда задачи характеризуется неопределенностью и неясностью, а также оценить приемлемость риска.

Список литературы

1. Мушик Е., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990. 208 с.
2. Романов В. Н. Нечеткие системы. СПб.: ЛЕМА, 2009. 183 с.