

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВЫХ СИТУАЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

**Е.Г. Васильченко.**

**Херсонский национальный технический университет.**

---

© Васильченко, Е.Г., 2014.

*Статья отримана редакцією 12.06.2014 р.*

**Введение.** Обеспечение экономического роста предпринимательской деятельности требует использования интегрированных подходов к управлению инновационной деятельностью в условиях динамических изменений внешней среды и действий конкурентов. Это связано с более интенсивным изменением факторов окружающей среды, сокращением располагаемого на принятие решений времени, большим числом альтернативных вариантов выбора, сокращением времени, в течение которого принятое решение считается правильным. Любые бизнес-процессы подвергаются влиянию неопределенных факторов, поэтому имеет место принятие решений в условиях неопределенности. Причиной этого является и повышение сложности принимаемых решений, их зависимости от предыдущих и последующих решений, причин их принятия и последствий.

Все это значительно влияет на необходимость повышения качества принятого решения. Необходимо учитывать условия неопределенности и риска, анализировать их, разрабатывать модели и методы принятия решений. Проблемам изучения инновационных рисков, их прогнозированию и оценке посвятили свои работы Е.В. Лазарева, А.И. Амоша, Б.В. Буркинский, Б.А. Малицкий, О.В. Комелина, Л.Б. Чичкало-Кондрацкая, М.П. Денисенко, Л.И. Федулова, М.В. Шарко, М.П. Войнаренко. Актуальность данной проблемы также усиливается ростом нестабильности хозяйственных отношений, что увеличивает вероятность принятия необоснованных и недостоверных решений и в свою очередь приводит к возрастанию риска.

**Обзор последних источников исследований и публикаций** по обозначенной проблеме показывает, что решение статистических экономических задач является основным средством принятия решений в условиях неопределенности [1 – 6]. Внешняя среда функционирования не выбирает оптимальной стратегии развития, и задачей лица, принимающего решение, является определение вероятности ее состояния.

**Цель** состоит в разработке методики преобразования стратегических взаимодействий в экономические результаты с учетом вероятностных представлений.

**Основной материал и результаты.** К нерешенным частям общей проблемы управления инновационным развитием производства относятся моделирование рискованных ситуаций, анализ рисков, их предотвращение или учет. При принятии решений в условиях неопределенности и риска принципиальная сложность выбора решения возникает из-за незнания истинного состояния среды функционирования производственных объектов. Критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица и Лапласа, равно как и критерии математического ожидания эффективности определяемой величины и меры отклонения от нее, а так же субъективного отношения принимающего решение к риску, учитывают неопределенность с помощью реализации гипотезы о поведении среды. Использование указанных критериев дает лишь способ рационального анализа неопределенности, в то время как для принятия адекватных управленческих решений требуется учет рисков и моделирование возможных ситуаций развития.

Для преобразования стратегических взаимодействий  $(\Omega, A, L)$  в статистические решения  $(\theta, D, R)$  используется эксперимент  $\bar{x}$ , цель которого – получение дополнительной информации о стратегиях внешней среды и уточнение апостериорных вероятностей.

В представленных обозначениях:

$$\begin{aligned} \Omega & - \text{множество состояний среды,} & \Omega & = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\} \\ A & - \text{пути достижения цели,} & A & = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \\ L & - \text{функция потерь,} & L & = L(\theta, a) \\ D & - \text{множество решений,} & D & = \{d_1, d_2, \dots, d_n\} \\ R & - \text{функция риска,} & R & = R(\theta, d_0) \end{aligned}$$

После проведения эксперимента, появляется возможность определения множества функций решения и выбора наилучшей. Этот выбор сопряжен с элементами риска, которые в свою очередь определяются функциями состояния среды.

Эксперимент будет идеальным, если по его результатам можно определить состояние среды непосредственно. Однако такие случаи крайне редки. Чаще всего он дает информацию по уточнению состояния среды. Проведение такого эксперимента требует учета материальных, организационных, временных и других трудностей и затрат. Соотношение между ожидаемыми результатами и экономическими ограничениями является основой целесообразности проведения эксперимента.

Для случая статистической неопределенности в предложении равных вероятностей среды  $P = (0,5; 0,5)$  результат  $\bar{U}_i$  оценивается критерием Байеса

$$\bar{U}_i = \sum_{j=1}^n P_j A_{ij} \quad i = \overline{1, m}$$

где  $A_{ij}$  – выигрыш лица, принимающего решение при выборе  $i$  –хода;  
 $j$  – состояние среды;  
 $P_j$  – вероятность нахождения среды в  $j$ -том состоянии.

Использование этого критерия целесообразно при многократном повторении эксперимента. Если же это невозможно и эксперимент единичный или уникальный, рекомендуется использовать минимаксный критерий, ориентированный на активное противодействие среды. Оптимальная стратегия управления основывается на обобщении теории полезности Неймана – Morgenштерна и для конечных взаимодействий двух участников реализуется с использованием критерия Вальда [2, 5]. Из этого следует, что существуют два вида оптимальных функций решения: байесовская и минимаксная [3]. Байесовская характеризует априорное распределение вероятностей на множестве состояний среды  $\theta$ , минимаксная –  $d_0 \in D$  характеризует ее детерминированное состояние. Здесь  $d_0$  – минимаксная функция решения. Функция  $d_0 \in D$  будет уравнивающей, если соответствующая ей функция риска не будет зависеть от состояния внешней среды. Это значит, что для каждого состояния  $\theta \in \Omega$  имеем свою функцию риска  $R(\theta, d)$ .

В общем случае функция риска зависит от множества состояний среды. Она определяет математические ожидания функции потерь при некотором состоянии среды  $\theta$  и известной функции распределения  $F(\bar{x}|\theta)$ , т.е.

$$R(\theta, d) = ML(\theta, a) = \int L(\theta, a) dF(\bar{x}|\theta),$$

где  $M$  – символ математического ожидания;

$L(\theta, a)$  – функция потерь при состоянии среды  $\theta$  и  $d(\bar{x}) = a$ .

Если в задаче, поставленной в форме статистических решений, проведен эксперимент по наблюдению случайной величины  $x$  с функцией условного распределения  $F(\bar{x}|\theta)$  и получен результат  $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix},$$

то байесовская функция решения относительно априорного распределения состояния среды равна  $a = d(x)$ , где  $a \in A$  – решение, минимизирующее ожидаемое значение функции потерь.

Согласно этому нужно минимизировать математическое ожидание  $M[L(\theta, a)|x]$ . Для того чтобы найти байесовскую функцию решения относительно некоторого априорного распределения, необходимо перейти от статистической матричной формы представления дискретных стратегий управления к форме, учитывающей рандомизацию состояний внешней среды.

Обозначим через  $a = d(x)$  нерандомизованную функцию решения, преобразующую множество результатов эксперимента в множество решений. Представим ее в виде матрицы, составленной из проведенных экспериментов и возможных решений.

**Таблица 1. Матрица нерандомизованных функций**

		Решения			
		$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
Состояния среды	$\theta_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
	$\theta_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
	$\theta_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$

Выберем из представленной матрицы минимальные значения по строкам и максимальные по столбцам, это определит седловую точку матрицы ( $\Omega, A, W$ )

$$\max_{a \in A} \min_{\theta \in \Omega} W(\theta, a) = \min_{\theta \in \Omega} \max_{a \in A} W(\theta, a).$$

Это наиболее осторожная стратегия при отсутствии дополнительной информации.  
Минимаксная функция решения

$$W = \min_{\theta \in \Omega} \max_{a \in A} a_{ij}.$$

Это не нерандомизованная функция.

Для того чтобы найти рандомизованную минимаксную функцию решения, необходимо использовать аппарат линейного программирования, где ограничения записываются как равенства.

Это один из способов снижения вычислительной сложности по сравнению с детерминированным подходом.

В условиях, когда состояние среды в результате проведенного эксперимента, не может быть однозначно определено, необходимо принять байесовский подход принятия решений в условиях риска, основанный на формуле Байеса. Это позволяет произвести суммарный учет

неопределенности через вероятностные и причинно-следственные отношения между переменными.

Семантика вероятных утверждений основывается на базовых аксиомах, которые служат для определения шкалы вероятностей и ее конечных точек

- все вероятности находятся в пределах от 0 до 1;
- безусловно истинные выполнимые высказывания имеют вероятность равную единице, а безусловно ложные, не выполнимые – нулю;
- вероятность дизъюнкции логического сложения бинарных операций

$$P(a \vee b) = P(a) + P(a \wedge b).$$

Последняя аксиома трактуется так. Случай, когда  $a$  и  $b$  являются истинными, охватывают положение, что истинно высказывание  $a \vee b$ , но в сумме двух множеств их пересечение встречается дважды, поэтому необходимо вычесть  $P(a \wedge b)$ .

Эти аксиомы показывают допустимость использования вероятностей как единственной обоснованной формы оценки степеней уверенности.

Основу формулы Байеса представляют понятия условных и безусловных вероятностей.

Безусловная априорная вероятность – это вероятность, которая оценивается до приобретения опыта. Обозначается как  $P(A)$ .

Условная или апостериорная вероятность – это вероятность, которая оценивается после приобретения опыта. Обозначается как  $P(A|B)$ . Формула Байеса выражает степень доверия события  $A$  при условии, что произошло событие  $B$ ,

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

Формула Байеса лежит в основе построения сетей Байеса, назначение которых дать в экспертных системах вероятные оценки. Байесовский подход сегодня является одним из перспективных способов формализации уверенности в наступлении события, которое наполняется и корректируется при приобретении новых статистических данных.

Рассмотрим случай, когда среда может находиться в одном из стационарных состояний  $A_1, \dots, A_m$ , априорные вероятности которых  $P(A_1), \dots, P(A_m)$ .

Пусть произведен опыт, в результате которого получены дополнительные сведения, выражаемые аналитически через событие  $B$ . Апостериорная вероятность этого события  $P(B|A)$ .

Пользуясь формулой Байеса, можно найти уточненное состояние события  $A$ , полученное в результате эксперимента, и принять соответствующие управленческие решения. Таким образом организуется совместная статистика априорной и апостериорной информации о взаимодействии событий  $A$  и  $B$ . При принятии решений по уменьшению неопределенностей необходимо:

- определить целесообразность проведения экспериментальных работ с учетом их стоимости и ожидаемого риска;
- в зависимости от результатов экспериментов выработать технологию поведения.

Таким образом, реализуется многошаговая задача принятия решений в условиях риска, первый шаг которой связан с построением дерева решений.

Если известно множество состояний среды, то для определения допустимых функций решения целесообразно при определении своих стратегий использовать байесовские функции.

Если априорное распределение состояний среды неизвестно, то оптимальной стратегией будет стратегия, основанная на использовании минимаксных функций

$$\sup_{\theta \in \Omega} (\theta, d_0) = \inf_{d \in D} \sup_{\theta \in \Omega} R(\theta, d)$$

Это равенство определяет переход функций.

В работе функция потерь  $L(\theta, a)$  представлена в виде разности между наибольшей прибылью и убылью, которая может быть получена во всех остальных случаях.

Для получения таких данных необходима дополнительная информация, которую можно получить из эксперимента.

Предложенный механизм апробирован для анализа стратегий экономического развития предприятий путем обработки статистической информации и получения точных результатов.

**Выводы.** Использование гибридных сетей Байеса и дерева решений позволяет уменьшить время обработки информации и получить более точные данные в условиях использования дополнительных экспериментов. Такой комплексный подход отличается от существующих углубленным анализом данных и позволяет выделить наиболее существенные переменные. Рассмотренная формализованная методика построения и анализа дерева решений отличается полнотой процедуры моделирования и обеспечивает прозрачность и корректность построения сети, логично структурируя процесс обработки данных.

#### *ЛИТЕРАТУРА:*

1. Розен, В.В. Математические модели принятия решений в экономике / В.В. Розен. – М.: Книжный дом «Университет», 2002. – 288 с.
2. Трухаев, Р.И. Методы принятия решений в условиях неопределенности / Р.И. Трухаев. – М.: Наука, 1981. – 258 с.
3. Дубров, А.М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Ю. Хрусталева, Т.П. Барановская; под ред. Б.А. Лагоша. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 224 с.
4. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Изд-во «Логос», 2002. – 392 с.
5. Системный анализ в информационных технологиях: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова, В.М. Тютюнник. – 2-е изд., стереотип. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 176 с.
6. Погребняк, И.Ф. Гибридная реализация байесовской и максимаксной функций при решении статистических экономических задач / И.Ф. Погребняк, А.В. Шарко, Е.Г. Васильченко // Интеллектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2012: Матеріали міжнародної наукової конференції, 28 – 31 травня 2014 р. – Залізний Порт, 2014. – С. 84 – 85.

УДК 338.12

**Васильченко Екатерина Геннадьевна**, аспирант. Херсонский национальный технический университет. **Моделирование рискованных ситуаций в управлении инновационной деятельностью в условиях неопределенности.** Предложена формализованная методика учета рисков и моделирование ситуаций развития инновационной деятельности, основанная на комплексном использовании дерева решений и функций Байеса.

**Ключевые слова:** риск, учет, моделирование, неопределенность, методика.

УДК 338.12

**Васильченко Катерина Геннадіївна**, аспірант. Херсонський національний технічний університет. **Моделювання ризикових ситуацій в управлінні інноваційною діяльністю в умовах невизначеності.** Запропонована формалізована методика обліку ризиків і моделювання ситуацій розвитку інноваційної діяльності, що заснована на комплексному використанні дерева рішень і функцій Байеса.

**Ключові слова:** ризик, облік, моделювання, невизначеність, методика.

UDC 338.12

**Vasylchenko E.G.**, post-graduate student. Kherson National Technical University. **Risk situations modeling at the innovative activity management in the uncertainty conditions.** The formalized method of risks calculations and modeling situations of innovative activity development, based on the complex use of the decisions tree and Bayes functions, is presented in the article.

**Keywords:** risk, calculation, modeling, uncertainty.