

УДК 303.732.4 : 519.2

UDC 303.732.4 : 519.2

08.00.13 Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки)

08.00.13 Mathematical and instrumental methods of Economics

**КОНТРОЛЛИНГ РИСКОВ КАК НАУЧНАЯ, ПРАКТИЧЕСКАЯ И УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА****RISK CONTROLLING AS THE SCIENTIFIC, PRACTICAL AND TRAINING DISCIPLINE**

Орлов Александр Иванович  
д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 4342-4994  
prof-orlov@mail.ru

Orlov Alexander Ivanovich  
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci.,  
professor  
prof-orlov@mail.ru

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5*

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

Возникновение новых дисциплин - объективный процесс. Такова научная, практическая и учебная дисциплина "Контроллинг рисков", которой посвящена статья. Начинаем с обсуждения базовых терминов "контроллинг" и "риск". Определяем риск как нежелательную возможность. Делим теорию риска на три области - анализ риска, оценка риска, управление риском. Безопасность и риск непосредственно связаны между собой, являясь «зеркальным отражением» друг друга. Считаем необходимым развивать как общую теорию риска, так и частные теории в конкретных областях. В настоящее время используют три основных подхода к учету неопределенности и описанию рисков - вероятностно-статистический, с помощью нечетких множеств, на основе интервальной математики. Рассмотрены методы оценки рисков, прежде всего основанные на вероятностно-статистических моделях. Математический аппарат оценки и управления рисками основан на непараметрических постановках и предельных соотношениях, широко используется многокритериальная оптимизация. Асимптотические непараметрические точечные оценки и доверительные границы для вероятности рискового события построены на основе биномиального распределения и распределения Пуассона. Предложены правила проверки гипотез о равенстве вероятностей рисков событий. Широкое распространение получила аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков на основе трехуровневой системы: частные риски - групповые риски - итоговый риск. Для этой модели выявлена роль экспертных оценок. Показана перспективность использования теории нечеткости. Простейшая оценка риска в вероятностно-статистической модели - это произведение вероятности рискового события и математического ожидания случайного ущерба. Рассказано об основных составляющих математического аппарата теории рисков, в частности, о математическом обеспечении частных теорий рисков, относящихся к управлению

The emergence of new disciplines is an objective process. This is the scientific, practical and academic discipline "Risk Controlling", which the article is devoted to. We start by discussing the basic terms "controlling" and "risk". We define risk as an unwanted opportunity. We divide risk theory into three areas - risk analysis, risk estimation, risk management. Safety and risk are directly related to each other, being a "mirror image" of each other. We consider it necessary to develop both the general theory of risk and particular theories in specific areas. Currently, three main approaches to accounting for uncertainty and describing risks are used - probabilistic and statistical, using fuzzy sets, based on interval mathematics. The methods of risk estimation, primarily based on probabilistic and statistical models, are considered. The mathematical apparatus for estimation and managing risks is based on nonparametric formulations and limit ratios; multi-criteria optimization is widely used. Asymptotic nonparametric point estimates and confidence limits for the probability of a risk event are constructed based on the binomial distribution and the Poisson distribution. Rules for testing hypotheses about the equality of the probabilities of risk events are proposed. The additive-multiplicative risk estimation model based on a three-level system has become widespread: private risks - group risks - final risk. For this model, the role of expert estimation is revealed. The perspective of using the theory of fuzziness is shown. The simplest risk estimation in a probabilistic-statistical model is the product of the probability of a risk event and the mathematical expectation of accidental damage. The article deals with the main components of the mathematical apparatus of the theory of risks, in particular, the mathematical support of private theories of risks related to quality management, innovations and investments. Mathematical and instrumental methods for studying global economic and environmental risks are discussed. The course "Risk Controlling" includes the main provisions of the new paradigm of economic theory - solidary

качеством, инновациями и инвестициями. Обсуждаются математические и инструментальные методы исследования глобальных экономических и экологических рисков. В курс "Контроллинг рисков" включены основные положения новой парадигмы экономической теории - солидарной информационной экономики. Дана краткая информация о современных математических инструментах контроллинга рисков

Ключевые слова: КОНТРОЛЛИНГ, РИСК, ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ВЕРОЯТНОСТЬ, ПРИКЛАДНАЯ СТАТИСТИКА, АДДИТИВНО-МУЛЬТИПЛИКАТИВНАЯ МОДЕЛЬ, ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ

information economy. We have also given brief information about modern mathematical tools for risk controlling

Keywords: CONTROLLING, RISK, ECONOMY, MANAGEMENT, MATHEMATICAL METHODS, PROBABILITY, APPLIED STATISTICS, ADDITIVE-MULTIPLICATIVE MODEL, EXPERT ESTIMATION

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-168-012>

## 1. Введение

Возникновение новых дисциплин - объективный процесс. На кафедре "Экономика и организация производства" МГТУ им. Н.Э. Баумана автор с 2016 г. ведет семестровый курс "Контроллинг рисков" для магистрантов второго года. Его подготовка стимулировала предварительное формирование контроллинга рисков как самостоятельной научной, практической и учебной дисциплины. Естественно, формирование шло на основе ранее полученных научных результатов, (см., например, [1, гл.2.4; 2]). Полученные при разработке курса "Контроллинг рисков" решения отражены в настоящей статье. Автор будет благодарен за их обсуждение.

## 2. Понятие "Контроллинг"

Очевидно, что в любой области и сфере деятельности возникает необходимость формулировать, оптимизировать, стандартизировать методы (технологии, процедуры, инструменты, механизмы, алгоритмы) управления. Не менее очевидно, что организаторам деятельности (производства) следует выбирать наилучшие (в том или ином смысле)

методы, проверять их на соответствие требованиям (управлять требованиями), т.е. реализовывать контроллинг методов.

Начнем с определений используемых терминов. По С.Г. Фалько: "Контроллинг - это ориентированная на перспективу и основанная на измерении факта система информационно-аналитической и методической поддержки менеджмента в процессе планирования, контроля, анализа и принятия управленческих решений, обеспечивающая координацию и интеграцию подразделений и сотрудников по достижению поставленных целей" [3]. Таким образом, контроллинг – это система информационно-аналитической поддержки процесса принятия управленческих решений в организации. Приведем еще одну формулировку С.Г. Фалько: "Сегодня контроллинг в практике управления российских предприятий понимается как «система информационно-аналитической и методической поддержки по достижению поставленных целей»" [3]. Служба контроллинга разрабатывает правила принятия решений в конкретных производственных ситуациях, руководители (менеджеры) принимают решения, опираясь на эти правила. В литературе используются и другие определения контроллинга, но несмотря на различие используемых слов смысл остается тем же. Приведенные выше формулировки являются наиболее распространенными. В перечне определений понятия "контроллинг" В.С. Чугунов приводит их первыми [4].

В современных условиях научное направление "Контроллинг" выделяется не только своей активностью, но и быстрым интенсивным и экстенсивным ростом. Расширяется многообразие конкретных областей применения концепций контроллинга, разрабатываются новые интеллектуальные инструменты контроллинга [5]. По нашим наблюдениям сфера применения этого научного направления расширяется, речь идет уже не только о предприятии, но и, например, о регионе. Применяемые контроллерами методы управления касаются самых разнообразных

областей, не обязательно связанных со стратегическим планированием, аудитом, управлением инновациями и другими проблемами управления экономическими структурами.

В настоящее время часто используют "скрытый" контроллинг, т.е. системы информационно-аналитической поддержки процесса принятия управленческих решений в организации разрабатываются и применяются без использования термина "контроллинг". В таких случаях мы предложили говорить о "контроллинге под псевдонимами" [6]. Так, работы по информационно-аналитической поддержке процесса принятия управленческих решений проводились с давних времен, задолго до появления термина "контроллинг".

Например, для принятия решений в военной области необходима информация о числе военнообязанных. О переписи военнообязанных рассказано в Ветхом Завете в Четвертой книге Моисеевой "Числа". При обсуждении этой переписи уместно использовать термины "статистические методы", "эконометрика", "контроллинг", однако этих появившихся значительно позже терминов нет в Библии. Однако и после появления рассматриваемых терминов они не всегда используются. В одних организациях действуют службы контроллинга, в других информационно-аналитические подразделения носят иные названия, ведущие свое происхождение, например, от названий контролирующих структур, аналитических центров и отделов по разработке и эксплуатации автоматизированных систем управления.

Псевдонимы для видов деятельности используют не только в области контроллинга. Например, термин "эконометрика" стал применяться в нашей стране начиная с 1990-х годов, хотя работы, посвященные статистическим методам в экономике и управлении (т.е. эконометрике в современном понимании), весьма активно велись еще в XIX в. [7]. За рубежом термин появился раньше, чем у нас, но не намного -

в первой трети XX в. В 1930 г. в США было создано первое международное эконометрическое общество. С 1933 г. стал издаваться журнал «Econometrica» - первый журнал, в названии которого есть этот термин. В 1941 г. выпущен первый учебник по эконометрике, автором которого был Я. Тинберген (1913 – 1994), в будущем - первый эконометрик, получивший нобелевскую премию по экономике (1969). Между тем еще в Четвертой книге Моисеевой "Числа" (Ветхий Завет), как уже отмечалось, рассказано о применении эконометрических методов при проведении переписи военнообязанных - конечно, без применения современных терминов "эконометрика" и "военнообязанный".

Инновации в сфере управления в промышленности и других отраслях народного хозяйства основаны, в частности, на использовании новых адекватных организационно-экономических методов. Контроллинг в этой области – это разработка процедур управления соответствием используемых и вновь создаваемых (внедряемых) организационно-экономических методов поставленным задачам. В деятельности управленческих структур выделяем интересующую нас сторону – используемые ими организационно-экономические методы. Такие методы рассматриваем с точки зрения их влияния на эффективность (в широком смысле) процессов управления промышленными предприятиями и организациями других отраслей народного хозяйства, в частности, научно-исследовательскими институтами. Если речь идет о новых методах (для данного предприятия), то их разработка и внедрение – организационная (управленческая) инновация, соответственно контроллинг организационно-экономических методов можно рассматривать как часть контроллинга инноваций.

Термин "контроллинг методов" был введен нами в статье [8]. В этой работе мы обосновываем выделение в контроллинге самостоятельной области под названием "контроллинг методов" и обсуждаем содержание

этой области. Речь идет прежде всего об организационно-экономических методах. По нашему мнению, следует говорить не только и не столько о методах, сколько об инструментах контроллинга, прежде всего математических (или, точнее, экономико-математических и организационно-экономических, учитывая направленность на решение задач экономики и управления) [5].

Необходимость принятия обоснованных управленческих решений возникает в самых разных областях человеческой деятельности. Правила принятия таких решений - компетенция структур контроллинга, даже если они действуют под другими названиями. В настоящей статье мы рассматриваем контроллинг в области анализа, оценки и управления рисками.

### **Понятие риска**

Рассматривать математические методы исследования рисков можно лишь после того, как выбраны определения основных понятий. Мы определяем риск как нежелательную возможность. Почему выбрана именно эта формулировка?

В литературных источниках можно найти сотни определений понятия "риск". Например: "Риск — это неопределённое событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие ..., приводит к приобретениям или потерям..." Здесь риск приравнивается к неопределенности с подразделением на две возможности - положительную (счастливый случай) и отрицательную (нежелательную). Отметим, что популярная фраза: "Принятие решений в условиях неопределенности и риска" неадекватна - риск есть частный случай неопределенности". Использовать термин "риск" для "счастливых случаев" не считаем возможным, поскольку это противоречит традициям словоупотребления.

Мы делим теорию риска на три области - анализ риска, оценка риска, управление риском. Первая из них относится к выявлению и анализу рисков в конкретных ситуациях той или иной области деятельности. Вторая включает математические методы оценивания рисков. В настоящее время используют вероятностно-статистические методы на основе моделей случайных объектов, методы с использованием теории нечетких множеств, методы интервальной математики (прежде всего статистики интервальных данных). Возможно, в будущем окажутся полезными другие разделы математики.

Следовательно, определение вроде: "Риск — сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий" неадекватно, поскольку из трех видов математических методов исследования рисков без какого-либо обоснования выбирается только один - вероятностно-статистический. Еще хуже определение: "Риск — это произведение вероятности на убыток", поскольку в нем фиксируется конкретный способ оценивания риска (под убытком обычно понимается математическое ожидание ущерба).

В научной и практической деятельности широко используется термин "безопасность". Безопасность и риск непосредственно связаны между собой, являясь как бы «зеркальным отражением» друг друга [9 - 11].

Теории риска (риск-менеджменту) посвящено огромное количество публикаций. Это - признанная часть менеджмента как науки об управлении людьми (см., например, наш учебник по менеджменту [4, гл.2.4]). Многообразие рисков (личные, производственные, коммерческие, финансовые, глобальные риски) проанализировано нами в статье [12] и других работах. Широко применяются иерархические системы рисков (например, трехуровневые модели рисков: частные риски - групповые риски - итоговый риск). Так, при разработке проблем авиационной безопасности, например, при создании автоматизированной системы

прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий АСППАП [13], используем групповые риски "Человек - Машина - Среда".

Современным подходам к теории риска посвящены работы [2, 14]. Используют разнообразные частные теории риска (например, при управлении качеством, в экологии, в банковской деятельности и т.д.). Мы считаем необходимым развивать общую теорию риска и использовать ее подходы и результаты в частных теориях, относящихся к конкретным областям деятельности и ситуациям.

### **Оценки вероятности рискового события**

Как уже отмечалось, в настоящее время используют три основных подхода к учету неопределенности и описанию рисков - вероятностно-статистический, с помощью нечетких множеств, на основе интервальной математики. Наиболее часто применяют вероятностно-статистический подход. В нем обычно выделяют две составляющие - вероятность  $p$  рискового события (оно состоит в реализации нежелательной возможности) и величину случайного ущерба  $X$  при его осуществлении. Информацию об этих составляющих получают по обучающей выборке. Ущерб от осуществления рискового события может выражаться как в натуральных показателях (число погибших, лиц, получивших непоправимый ущерб здоровью и т.п.), так и в финансовых (оценка потерь возможна в денежных единицах). Используют также понятие «ущерб от риска», который определен всегда, он равен 0, если «рисковое событие» не состоялось, положителен в противном случае. Тогда «ущерб от осуществления рискового события» - это «ущерб от риска» при условии, что «рисковое событие» состоялось.

Точечные оценки и доверительные границы для вероятности рискового события строят на основе биномиального распределения и распределения Пуассона (в случае малых вероятностей рисковых

событий). Расчетные алгоритмы разработаны в соответствии с методами эконометрики и организационно-экономического моделирования [15]. Кроме алгоритмов расчета доверительных границ для вероятностей рисков событий предложены правила проверки статистических гипотез о равенстве (или различии) двух вероятностей рисков событий, что позволяет, например, выявить случаи "завоза" заболеваний.

Пусть объем выборки равен  $n$ . Тогда обучающую выборку можно представить как  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , где  $X_i = 1$ , если  $i$ -й элемент выборки соответствует реализации рисков события, и  $X_i = 0$  в противном случае,  $i=1,2,\dots,n$ . В вероятностной модели предполагается, что случайные величины  $X_1, X_2, \dots, X_n$  независимы и одинаково распределены. Поскольку эти случайные величины принимают два значения, то ситуация описывается одним параметром  $p$  - вероятностью рисков события. Тогда

$$P(X_i = 1) = p, P(X_i = 0) = 1 - p, i=1,2,\dots,n.$$

Пусть  $m = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ . Случайная величина  $m$  имеет биномиальное распределение  $B(n, p)$  с параметрами  $n, p$ . Запись  $B(n, p)$  означает, что случайная величина  $m$  имеет биномиальное распределение с параметрами  $n$  - объем выборки и  $p$  - вероятность определенного ответа (здесь - реализации рисков события). Такая случайная величина может быть представлена в виде суммы  $m = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ , где случайные величины  $X_1, X_2, \dots, X_n$  независимы, одинаково распределены, принимают два значения 1 и 0, причем  $P(X_i = 1) = p, P(X_i = 0) = 1 - p, i=1,2,\dots,n$ .

Оценкой вероятности  $p$  является выборочная частота  $p^* = m/n$ . При этом математическое ожидание  $M(p^*)$  и дисперсия  $D(p^*)$  имеют вид

$$M(p^*) = p, D(p^*) = p(1 - p)/n.$$

По *Закону Больших Чисел* (ЗБЧ) теории вероятностей (в данном случае - по теореме Бернулли) частота  $p^*$  сходится (т.е. безгранично приближается) к вероятности  $p$  при росте объема выборки. Это означает, что оценивание

проводится тем точнее, чем больше объем выборки. Точность оценивания можно указать, используя доверительные границы, построенные с помощью теоремы Муавра-Лапласа [15].

Для доверительной вероятности  $\gamma$  нижняя доверительная граница имеет вид

$$p_{\text{нижн}} = p^* - U(\gamma) \frac{\sqrt{p^*(1-p^*)}}{\sqrt{n}},$$

в то время как верхняя доверительная граница такова:

$$p_{\text{верх}} = p^* + U(\gamma) \frac{\sqrt{p^*(1-p^*)}}{\sqrt{n}}.$$

Здесь множитель  $U(\gamma)$  - функция доверительной вероятности  $\gamma$ ,

$$U(\gamma) = \Phi^{-1}\left(\frac{1+\gamma}{2}\right),$$

где  $\Phi^{-1}$  - функция, обратная к функции стандартного нормального распределения  $\Phi$ .

Наиболее распространенным (в прикладных исследованиях) значением доверительной вероятности является  $\gamma = 0,95$ . Иногда употребляют термин «95% доверительный интервал». Тогда  $U(\gamma) = 1,96$ .

В прикладных исследованиях возникает необходимость выяснить, отличаются ли вероятности рискованного события для двух ситуаций. Ответить на это вопрос можно с помощью проверки однородности двух биномиальных выборок. Пусть в первой группе объема  $n_1$  рискованное событие осуществилось в  $m_1$  случаях, а во второй группе объема  $n_2$  - в  $m_2$  случаях «да». В вероятностной модели полагаем, что  $m_1$  и  $m_2$  - биномиальные случайные величины  $B(n_1, p_1)$  и  $B(n_2, p_2)$  соответственно.

Однородность двух групп означает, что соответствующие им вероятности равны, неоднородность - что эти вероятности отличаются. В терминах прикладной математической статистики задача ставится так: необходимо проверить гипотезу однородности

$$H_0: p_1 = p_2$$

при альтернативной гипотезе о наличии эффекта

$$H_1: p_1 \neq p_2.$$

Оценкой вероятности  $p_1$  является частота  $p_1^* = m_1/n_1$ , а оценкой вероятности  $p_2$  является частота  $p_2^* = m_2/n_2$ . Даже при совпадении вероятностей  $p_1$  и  $p_2$  частоты, как правило, различаются. Согласно [8] правило принятия решения при проверке однородности двух выборок выглядит так:

1. Вычислить статистику

$$Q = \frac{p_1^* - p_2^*}{\sqrt{\frac{p_1^*(1-p_1^*)}{n_1} + \frac{p_2^*(1-p_2^*)}{n_2}}}.$$

2. Сравнить значение модуля статистика  $|Q|$  с граничным значением  $K$ . Если  $|Q| \leq K$ , то принять гипотезу однородности  $H_0$ . Если же  $|Q| > K$ , то заявить об отсутствии однородности и принять альтернативную гипотезу  $H_1$ .

Граничное значение  $K$  определяется выбором уровня значимости статистического критерия проверки однородности. При справедливости гипотезы однородности  $H_0$  для уровня значимости  $\alpha = P(|Q| > K)$  имеем (при  $n_1 \rightarrow \infty, n_2 \rightarrow \infty$ )

$$\alpha \rightarrow 1 - \Phi(K) + \Phi(-K) = 2 - 2\Phi(K).$$

Следовательно, граничное значение в зависимости от уровня значимости целесообразно выбирать из условия

$$K = K(\alpha) = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right).$$

Здесь  $\Phi^{-1}(\cdot)$  - функция, обратная к функции стандартного нормального распределения. В социально-экономических исследованиях наиболее распространен 5% уровень значимости, т.е.  $\alpha = 0,05$ . Для него  $K = 1,96$ .

Приведенные выше формулы - асимптотические. Они дают достаточно хорошие приближения, когда объемы выборок велики, а выборочные доли отделены от 0 и 1. Если же это не так, то в ряде случаев оказываются полезными правила, основанные на распределении Пуассона.

Случайная величина  $Y$  имеет распределение Пуассона, если

$$P(Y = y) = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!}, \quad y = 0, 1, 2, \dots,$$

где  $\lambda$  – параметр распределения Пуассона (параметр интенсивности). Для распределения Пуассона математическое ожидание и дисперсия совпадают с параметром интенсивности:

$$M(Y) = \lambda, \quad D(Y) = \lambda.$$

Это распределение названо в честь французского математика С.Д. Пуассона (1781-1840), впервые получившего его в 1837 г. Распределение Пуассона является предельным случаем биномиального распределения  $P(Y = y | p, n)$ , когда вероятность  $p$  осуществления события мала, но число испытаний  $n$  велико, причем  $np = \lambda$ . Точнее, справедливо предельное соотношение

$$\lim_{n \rightarrow \infty, np \rightarrow \lambda} P(Y = y | p, n) = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!}, \quad y = 0, 1, 2, \dots$$

Оценкой неизвестного параметра  $\lambda$  распределения Пуассона является наблюдаемое значение случайной величины  $Y$ . Доверительное оценивание может быть основано на асимптотической нормальности распределения Пуассона и соотношении (1). А именно, для доверительной вероятности 0,95 нижняя доверительная граница имеет вид

$$\lambda_{\text{нижн}} = Y - 1,96 \sqrt{Y},$$

а верхняя доверительная граница такова

$$\lambda_{\text{верх}} = Y + 1,96 \sqrt{Y}.$$

Эти границы - приближенные (асимптотические), поскольку получены в предположении, что параметр интенсивности  $\lambda$  достаточно велик

(несколько десятков или сотен). Более точные расчеты можно провести по правилам, приведенным в специальной литературе.

Есть ли различия по осуществлению рискованных событий между двумя ситуациями? В рассматриваемой постановке следует рассмотреть случайные величины  $Y_1$  и  $Y_2$ , имеющие распределения Пуассона с параметрами  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  соответственно, и проверять статистическую гипотезу о равенстве параметров этих распределений, т.е. гипотезу однородности

$$H_0: \lambda_1 = \lambda_2$$

при альтернативной гипотезе о наличии эффекта

$$H_1: \lambda_1 \neq \lambda_2$$

Если наблюдаемые значения случайных величин  $Y_1$  и  $Y_2$  не являются малыми (другими словами, не менее нескольких десятков), рекомендуем воспользоваться статистическим критерием, основанным на асимптотической нормальности случайных величин, имеющих распределения Пуассона. Правило принятия решения при проверке однородности двух выборок выглядит так:

1. Вычислить статистику

$$R = \frac{|Y_1 - Y_2|}{\sqrt{Y_1 + Y_2}}.$$

2. Сравнить значение статистики  $R$  с граничным значением  $K$ . Если  $R \leq K$ , то принять гипотезу однородности  $H_0$ . Если же  $R > K$ , то заявить об отсутствии однородности и принять альтернативную гипотезу  $H_1$  о наличии эффекта.

Граничное значение  $K$  определяется выбором уровня значимости статистического критерия проверки однородности. Наиболее распространен 5% уровень значимости, т.е.  $\alpha = 0,05$ . Для него  $K = 1,96$ .

**Аддитивно-мультипликативная модель оценки риска**

Довольно широкое распространение получила разработанная нами аддитивно-мультипликативная модель оценки риска на основе иерархической системы рисков [16]. Эта модель может быть использована также для управления риском.

Рассмотрим основные составляющие аддитивно-мультипликативные модели оценки рисков выполнения проектов. Из сказанного выше ясна необходимость разработки методов оценки вероятности  $p$  рискового события. Для этого полезна аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков. Она является достаточно общей для применений в различных предметных областях, но при этом достаточно простой и приспособленной для практических применений и расчетов. В терминологии В.В. Налимова это - эскизная модель.

Аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков основана на трехуровневой иерархической схеме декомпозиции риска (общий риск - групповой риск - частный риск). При этом на нижнем уровне агрегированные оценки групповых рисков строятся аддитивно (поскольку малы вероятности конкретных видов нежелательных событий – частные риски нижнего уровня), а на верхнем уровне итоговая оценка риска рассчитывается по групповым рискам по мультипликативной схеме.

В общем случае аддитивно-мультипликативная модель оценки риска исходит из следующих предпосылок 1 - 6.

1. Цель разработки модели – оценка риска  $R$  наступления нежелательного события. Для расчета этого риска применяют вероятностную модель, согласно которой наступление нежелательного события  $B$  является случайным событием – подмножеством множества всех возможных элементарных событий. Риск (нежелательное событие) будем обозначать  $R$ , его числовую вероятностную оценку  $Q$ . Пусть  $Q$  – вероятность наступления нежелательного события  $R$ , тогда  $P = 1 - Q$  есть вероятность того, что нежелательного события удастся избежать. Для

простоты изложения пусть  $Q$  – вероятность неудачи, тогда  $P = 1 - Q$  есть вероятность успеха, например, вероятность успешного выполнения инновационно-инвестиционного проекта по созданию изделия ракетно-космической техники (или его определенного этапа). В дальнейшем описании модели используется двойственность  $Q$  и  $P$  (с прикладной точки зрения важна оценка риска  $Q$ , в то время как модель описывается с помощью вероятностей  $P$ ).

2. Примем, что для осуществления случайного события  $B$  необходимо одновременное выполнение  $m$  независимых условий (т.е. должны одновременно осуществиться случайные события  $B_1, B_2, \dots, B_m$ ). Предполагаем, что случайные события  $B_1, B_2, \dots, B_m$  независимы в совокупности (в смысле, принятом в теории вероятностей). Тогда вероятность успеха, т.е. вероятность  $P$  осуществления случайного события  $B$ , равна произведению вероятностей  $P_1, P_2, \dots, P_m$  осуществления случайных событий  $B_1, B_2, \dots, B_m$  соответственно, т.е.  $P = P_1 P_2 \dots P_m$ . Следовательно, оценка  $Q$  риска  $R$ , т.е. вероятность наступления нежелательного события, равна  $Q = 1 - P = 1 - P_1 P_2 \dots P_m$ .

3. Принимаем, что для осуществления  $i$ -го условия должны одновременно осуществиться случайные события  $B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{ik(i)}$ , имеющие вероятности  $P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{ik(i)}$  соответственно. Здесь  $k(i)$  – число событий второго (нижнего) уровня декомпозиции, соответствующих  $i$ -му событию на первом (верхнем) уровне декомпозиции. Оценки частных рисков второго порядка  $R_i$  равны  $Q_{ij} = 1 - P_{ij}, j = 1, 2, \dots, k(i)$ . При моделировании предполагаем, что оценки частных рисков  $Q_{ij}$  малы, а частные вероятности успеха  $P_{ij}$  достаточно близка к 1.

Как выразить вероятность события  $B_i$  первого уровня через вероятности событий  $B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{ik(i)}$  второго уровня? Рассмотрим два варианта: (А) события  $B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{ik(i)}$  второго уровня независимы в совокупности (и дополнительные к ним, соответствующие реализациям

частных рисков, также независимы); (Б) нежелательные события (т.е. соответствующие частным рискам) несовместны.

Как показано в [16], в обоих случаях с точностью до бесконечно малых более высокого порядка

$$P_i = 1 - Q_i = 1 - Q_{i1} - Q_{i2} - \dots - Q_{ik(i)}. \quad (1)$$

Согласно формуле (1) оценка  $Q_i$  частного риска  $R_i$  есть сумма оценок  $Q_{ij}$  частных рисков второго порядка  $R_{ij}$ , т.е.  $Q_i = Q_{i1} + Q_{i2} + \dots + Q_{ik(i)}$ . Таким образом, два принципиально разных подхода (А) и (Б) дают одно и то же численное значение (в асимптотике), что повышает обоснованность использования формулы (1).

4. Каждый из частных рисков (факторов риска) второго порядка  $R_{ij}$  имеет два показателя – *выраженность* (показывает частоту встречаемости) и *весомость* (насколько влияет на риск более высокого уровня). Эти показатели можно оценивать на основе различных моделей.

Вначале обсудим оценку выраженности. Если есть обучающая выборка – ее целесообразно проводить по статистическим данным (как частоту реализации нежелательного события). Можно использовать экспертные оценки. При этом естественно давать оценки рисков с помощью лингвистических переменных. Например, члены экспертной комиссии оценивают риск  $R_{ij}$  с помощью градаций лингвистической переменной  $X_{ij}$ , выбирая ее значения из списка:

0 - практически невозможное событие (с вероятностью не более 0,000001),

1 - крайне маловероятное событие (с вероятностью от 0,000001 до 0,0005),

2 - маловероятное событие (вероятность от 0,0005 до 0,001),

3 - событие с вероятностью, которой нельзя пренебречь (от 0,001 до 0,01),

4 - достаточно вероятное событие (вероятность от 0,01 до 0,1),

5 - событие с заметной вероятностью (более 0,1).

Лингвистические переменные  $X_{ij}$  естественно моделировать нечеткими числами [17] с носителем  $\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ . В этом отличие от модели, рассмотренной в [16], в которой  $X_{ij}$  - элементы множества  $\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ . Носитель значений лингвистических переменных может меняться в соответствии с конкретной задачей оценки и управления риском.

5. В оценке  $Q_{ij}$  риска  $R_{ij}$  можно учесть *весомость* (важность) этого вида риска, положив:

$$Q_{ij} = A_{ij}X_{ij}, \quad (2)$$

где  $A_{ij}$  - показатель весомости (важности), например, оценка экономических потерь, вызванных данным видом риска,  $X_{ij}$  - показатель выраженности (распространенности). *Эта формула обобщает известный способ оценки риска как произведения среднего ущерба (математического ожидания ущерба) на вероятность нежелательного события.*

5. В соответствии с формулами (2) и (3) имеем

$$\begin{aligned} P_i &= 1 - Q_i = 1 - Q_{i1} - Q_{i2} - \dots - Q_{ik(i)} = \\ &= 1 - A_{i1}X_{i1} - A_{i2}X_{i2} - \dots - A_{ik(i)}X_{ik(i)}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik(i)}$  - оценки факторов риска второго порядка, используемые при вычислении оценки частного риска типа  $i$ , положительные числа  $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik(i)}$  - коэффициенты весомости (важности) этих факторов.

Значения факторов  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik(i)}$  оценивают эксперты для каждого конкретного инновационного проекта, в то время как значения коэффициентов весомости  $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik(i)}$  задаются одними и теми же для всех проектов - по результатам специально организованного экспертного опроса. Показатели весомости  $A_{ij}$  могут задаваться лингвистическими переменными и оцифровываться с помощью нечетких чисел.

6. Вероятность  $P_i$  должна быть неотрицательна при всех возможных значениях  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik(i)}$ , эти значения меняются от 0 до 5, а потому сумма  $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik(i)}$  должна равняться 1/5.

Итоговая оценка вероятности наступления нежелательного события (оценка общего риска)  $Q = 1 - P = 1 - P_1 P_2 \dots P_m$  должна быть использована при оценке целесообразности реализации проекта, при определении приоритетности реализации проектов, при планировании распределения ресурсов на следующем интервале планирования (это важно в случае неудачной реализации проекта). Управление рисками может быть использовано на оценке влияния выраженности того или иного частного или группового фактора на итоговую оценку общего риска, оптимизации выбора изменений значений факторов с учетом имеющихся ресурсов.

Экспертные оценки активно используются на всех этапах построения и использования аддитивно-мультипликативной модели - при построении иерархической системы рисков, определении значений коэффициентов весомости, а затем выборе значений коэффициентов выраженности для конкретных проектов.

Вначале была разработана аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков выполнения инновационных проектов в вузах (с участием внешнего партнера). Затем модель рассматриваемого типа была применена для оценки рисков при выпуске нового инновационного изделия. Следующие шаги - варианты подобных моделей оценки рисков при разработке ракетно-космической техники. Ряд аддитивно-мультипликативных моделей разобран в наших публикациях (подробнее см. [16]). Во многих выпускных квалификационных работах студентов кафедры "Экономика и организация производства" МГТУ им. Н.Э. Баумана разработаны аддитивно-мультипликативные модели оценки рисков для конкретных ситуаций.

Дальнейшее развитие модели может быть связано с расширением использования в ней теории нечетких множеств [17], в частности, с применением нечетких чисел для оценки выраженности частных рисков.

### **Интервальная оценка случайного ущерба**

Простейшая оценка риска в вероятностно-статистической модели - это  $pM(X)$ , т.е. произведение вероятности рискового события и математического ожидания случайного ущерба. Управление риском основано на решении оптимизационной задачи

$$pM(X) \rightarrow \min ,$$

где оптимизация проводится по множеству всех возможных вариантов управленческих решений о распределении ресурсов.

Нерешенная проблема состоит в совместном рассмотрении материальных потерь и потерь в живой силе. Можно ли выразить ценность человеческой жизни в денежных единицах? Обсудим попытки это сделать. Ясно, что страховщики не могут дать обоснованного ответа. Иногда пытаются выразить потери как величину вклада в валовой внутренний продукт страны, недополученного из-за преждевременной смерти или потери трудоспособности. Но такой подход приводит к выводу о положительном эффекте от смерти тех, кто в дальнейшем уже не будет работать из-за возраста и болезней. Вытекающие из такого вывода предложения не являются допустимыми из-за этических принципов. В соответствии со сказанным будем рассматривать только модели рисков, в которых случайный ущерб выражается в денежных единицах.

Интервальную оценку риска в рассматриваемой постановке получаем на основе доверительных границ для вероятности рискового события (см. выше) и непараметрической оценки математического ожидания случайного ущерба [18]. Пусть исходные данные – это обучающая выборка  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , где  $n$  – объем выборки. В вероятностной модели выборочные значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$  рассматриваются как реализации независимых одинаково распределенных случайных величин  $X_1, X_2, \dots, X_n$  с общей функцией распределения  $F(x) = P(X_i < x)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . В расчетах используются выборочное среднее арифметическое

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$$

и выборочная дисперсия

$$s_0^2 = \{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2\} / n.$$

Нижняя доверительная граница для математического ожидания имеет вид

$$\bar{X} - U(p) s_0 / n^{1/2},$$

где:  $p$  – доверительная вероятность (истинное значение математического ожидания находится между нижней доверительной границей и верхней доверительной границей с вероятностью, асимптотически равной доверительной);

$U(p)$  – число, заданное равенством  $\Phi(U(p)) = (1 + p)/2$ , где  $\Phi(x)$  – функция стандартного нормального распределения с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1. Например, при  $p = 95\%$  (т.е. при  $p = 0,95$ ) имеем  $U(p) = 1,96$ .

Верхняя доверительная граница для математического ожидания имеет вид

$$\bar{X} + U(p) s_0 / n^{1/2}.$$

Выражения для верхней и нижней доверительных границ получены с помощью центральной предельной теоремы теории вероятностей и теоремы о наследовании сходимости [15, 18].

### **Математический аппарат контроллинга рисков**

Необходимость использования непараметрических статистических методов анализа данных при оценке и управлении рисками вытекает из отсутствия каких-либо оснований по выбору того или иного параметрического семейства распределений. Так, хорошо известно, что распределения реальных данных, как правило, не являются нормальными [19].

Необходимо учитывать погрешности реальных данных, в частности, различать математические, прагматические (записываемые небольшим числом десятичных знаков) и компьютерные (с учетом машинного ноля), как это делается в системной нечеткой интервальной математике - математике XXI века [17]. Речь идет о различных подходах к учету неопределенности и описанию рисков. В частности, при описании характеристик случайного ущерба кроме математического ожидания используют медиану и квантили, в частности, квантиль порядка 0,999999 (особенно популярен в теории надежности). Разброс характеризуется не только дисперсией и средним квадратическим отклонением, но и коэффициентом вариации, размахом и межквартильным расстоянием. Методы точечного и интервального оценивания используемых характеристик случайного ущерба даны в [18].

Управление рисками основано на многокритериальной оптимизации. Например, естественно стремиться к минимизации математического ожидания случайного ущерба и одновременно к минимизации того или иного показателя разброса. Однако по двум критериям одновременно невозможно провести оптимизацию. Обычно все критерии, кроме одного, переводят в ограничения. Или строят обобщенный критерий, объединяющий исходные [20]. Есть и другие подходы к решению многокритериальных задач. Так, при минимизации гладкой функции по одному критерию, независимой переменной, значения которого - действительные числа, область значений независимых переменных, в которых рассматриваемый критерий превышает свой минимум на  $\varepsilon$ , является довольно обширной (диаметр ее порядка  $\sqrt{\varepsilon}$ ), и в этой области можно проводить минимизацию по второму критерию, и т.п. (здесь  $\varepsilon$  - малое положительное число). Можно применять оптимизацию по Парето, выделив множество всех точек, обладающих следующим свойством: любая пара точек из этого множества такова, что по некоторым критериям

первая точка лучше второй, а по другим - вторая точка лучше первой, а затем сравнивать только эти точки, например, с помощью экспертов. Можно использовать соображения теории устойчивости, например, принцип уравнивания погрешностей [15]. И т.д.

Обсудим простейшую двухкритериальную задачу - необходимо минимизировать математическое ожидание случайного ущерба и одновременно дисперсию случайного ущерба:

$$\begin{cases} M(X) \rightarrow \min, \\ D(X) \rightarrow \min. \end{cases}$$

Переводя один из критериев в ограничение, получаем две задачи оптимизации:

$$\begin{cases} M(X) \rightarrow \min, \\ D(X) \leq C_1, \end{cases} \quad \begin{cases} D(X) \rightarrow \min, \\ M(X) \leq C_2. \end{cases}$$

Отметим, что аналогами второй из этих задач являются такие распространенные экономические и управленческие методы снижения возможных потерь от рисков, как страхование и диверсификация.

При страховании уменьшается неопределенность будущей стоимости имущества. В предельном случае, когда страховщик возмещает все убытки от страхового случая (реализации рискового события), стоимость имущества остается постоянной, дисперсия ущерба равна 0, независимо от того, произошло рисковое событие или нет. Но за уменьшение неопределенности будущей стоимости имущества необходимо выплатить страховую премию - плату за страхование, которую страхователь обязан внести страховщику в соответствии с договором страхования или законом.

Под диверсификацией понимают экономическую стратегию предприятия, при которой оно работает по нескольким направлениям деловой активности. Она осуществляется путем расширения ассортимента выпускаемой продукции, работы на нескольких рынках сбыта, освоения

новых видов производств и др. Однако из всех направлений деятельности лишь одно является наиболее выгодным в конкретный момент времени. Почему же предприятие занимается несколькими направлениями? Так оно "страхуется" на случай изменения экономической обстановки, при котором первенство в выгоде может перейти к другому направлению. Цель такой экономической стратегии - та же, что и при страховании: уменьшить неопределенность будущей стоимости активов предприятия. Но вместо страховой премии платой за уменьшение неопределенности является упущенная выгода, определяемая тем, что некоторые направления деятельности предприятия не являются наиболее выгодными в конкретный момент времени (момент, когда осуществляется планирование).

В случае двухкритериальной задачи об одновременной минимизации математического ожидания и дисперсии случайного ущерба обобщенный критерий, объединяющий исходные, может, например, иметь вид

$$M(X) + 3\sqrt{D(X)}.$$

Если случайный ущерб  $X$  имеет нормальное распределение, то минимизация такого критерия соответствует минимизации квантиля порядка  $\Phi(3) = 0,99865$ .

Для обоснования выбора типа экономико-математической модели для оценке и управления рисками полезна характеристика моделей с дисконтированием среди всех моделей динамического программирования [21]. Математические методы оценки эффективности управления рисками рассмотрены в [22].

Практически важным является раздел контроллинга рисков, посвященный статистическому контролю партий (продукции, документов, экологической обстановки) и процессов [15]. Эта теория анализирует риски дефектности. Базовыми являются понятия риска поставщика и риска потребителя, им соответствуют приемочный и браковочный уровни дефектности. При управлении рисками дефектности стандартизация

рассматривается как форма контроллинга методов [8], тем самым она относится к современным технологиям управления. Полезен принцип распределения приоритетов. Важно, что не всегда нужен выходной контроль качества у поставщика, с меньшими суммарными затратами можно использовать различные технико-экономические политики пополнения партий и обеспечения гарантийного ремонта и замены дефектных изделий. Сократить издержки на контроль позволяют усеченные планы, однако возможность их применения должна быть предусмотрена в нормативно-технической документации. Для обнаружения отклонений (разладки процессов) используют контрольные карты Шухарта и кумулятивных сумм. Эти методы применяют не только в организации производства, но и в медицине, геологии, для обеспечения безопасности полетов самолетов и в других областях. Подходы к обнаружению отклонений основаны на использовании таких понятиях, как "риск незамеченной разладки" и "риск излишней наладки".

В частных теориях рисков активно используют графические модели на основе деревьев. Деревья последствий применяют для расчета вероятностей итоговых событий (т.е. для оценки риска) и характеристик случайного ущерба. Деревья событий основаны на расчете (не всегда обоснованном) передаточных коэффициентов при переходах на более высокий уровень иерархической системы рисков с помощью операций "и" и "или". Подобные графические модели полезны при решении задач надежности, для обеспечения авиационной безопасности [13], анализа безопасности технологических процессов и в других областях. В менеджменте [1] популярна графическая модель того же типа, известная как диаграмма Исикава (т.н. "рыбий скелет").

В теории и практике анализа, оценки и управления рисками велико значение статистических и экспертных методов прогнозирования [1, 13, 15]. Необходимо упомянуть о методе сценариев, комбинированных

методах, ситуационных комнатах, отметить достоинства и недостатки форсайт-технологий прогнозирования и стратегического планирования. В рамках теорий рисков высоко практическое значение оптимизационных моделей и методов, в частности, линейного и целочисленного (дискретного) программирование. Важна теория оптимального управления и динамические модели на основе принципа максимума Понтрягина.

### **Инновационные и инвестиционные риски**

Риски и способы их уменьшить, как правило, рассматриваются в бизнес-плане разрабатываемого проекта. В инновационном процессе выделяем тринадцать этапов [23]. Это позволяет проанализировать многообразие точек коммерциализации и обосновать необходимость активного участия в инновационном процессе специализированных структур (инновационных центров), обеспечивающих организационно-экономическую поддержку инновационных проектов, прежде всего при организации экспертиз, проведении маркетинговых исследований, разработке бизнес-планов.

Эскизная экономико-математическая оптимизационная модель выбора моментов выпуска новых марок продукции на рынок дает основания для стратегического контроля инноваций [1], в частности, расчетные формулы для моментов выпуска новых марок продукции. С математической точки зрения эта модель имеет много черт, сближающих ее с классической моделью управления запасами [15]. В частности, в ней важное место занимает аналог формулы Вильсона (формулы квадратного корня). К теории инновационных рисков относятся также методы решения задачи "Когда догоним" (задачи об оценивании точки пересечения двух регрессионных прямых) [15].

При управлении инвестиционными рисками возникает проблема определения коэффициента дисконтирования. Естественно использовать

обобщение чистой текущей стоимости  $NPV$  с различными коэффициентами дисконтирования по годам. На основе расчета асимптотической нотны в статистике интервальных данных [17] оцениваем риски при управлении инвестициями, а именно, находим погрешность чистой текущей стоимости  $NPV$  на основе заданной погрешности определения коэффициента дисконтирования [24].

В Институте высоких статистических технологий и эконометрики МГТУ им. Н.Э. Баумана принято выделять одиннадцать этапов жизненного цикла продукции и пять видов статистических методов, что позволяет провести выбор моделей и методов анализа данных для различных задач экономики предприятия и организации производства, прежде всего с целью оценки и управления рисками [15]. В курсе "Контроллинг рисков" проводим сравнение трех методов оценки бизнеса и недвижимости - затратного, доходного и аналогового (сравнительного).

### **Глобальные экономические и экологические риски**

Доклад Римского клуба "Come on. Капитализм, близорукость, население и разрушение планеты" дает основу для обсуждения глобальных проблем в общей теории рисков [25]. Так, к глобальным экологическим рискам относятся риски истощения природных ресурсов, загрязнения окружающей среды, глобального потепления, демографические. Наблюдаемый экспоненциальный рост макроэкономических показателей несовместим с очевидными пределами роста, обусловленными ограниченностью ресурсов нашей планеты.

Из проблем управления экологической безопасностью в курсе "Контроллинг рисков" рассматриваются внутренние и внешние экологические риски на предприятиях, проблемы уничтожения химического оружия, стандарты ИСО серии 18000 (стандарты на системы управления окружающей средой) [11]. Методы проведения мониторинга

экологической обстановки основаны на теории и практике статистического контроля [15]. Непараметрические оценки плотности вероятностей, разработанные в статистике нечисловых данных [17], являются основой математических инструментов скрининга при проведении периодических обследований работников вредных производств, поскольку согласно лемме Неймана-Пирсона математической статистики оптимальное правило диагностики основано на отношении плотностей распределений, соответствующих классам. Экологическое страхование осуществляется в целях защиты имущественных интересов юридических и физических лиц при реализации экологических рисков.

В курс "Контроллинг рисков" включены основные положения новой парадигмы экономической теории - солидарной информационной экономики [26]. Основоположник экономической теории Аристотель полагал, что цель экономической деятельности - удовлетворение потребностей. Он резко выступал против т.н. хрематистиков, стремящихся к максимизации выгоды (прибыли). Основное течение (мейнстрим) в современной экономической науке – обоснование несостоятельности т.н. рыночной экономики и, как следствие, выявление необходимости перехода к плановой системе управления хозяйством. Возможность глобальной оптимизации мировой экономики была обоснована шотландскими экономистами В.П. Кокшотом и А.Ф. Котреллом на рубеже тысячелетий (Cockshott W. Paul and Cottrell Allin F. [27]). В курсе "Контроллинг рисков" рассмотрено влияние информационно-коммуникационных технологий на хозяйственную деятельность. В качестве примеров таких технологий на уровне государств можно указать на ОГАС В.М. Глушкова и "Киберсин" Ст. Бира. Методы теории принятия решений на основе развития информационно-коммуникационных технологий позволяют выявлять потребности граждан и общества. Принятие решений может быть организовано на основе сетей экспертов. Базовый Интернет-ресурс

"Солидарная информационная экономика"<sup>1</sup> на 09.01.2021 собрал 284,9 тыс. просмотров, что свидетельствует о востребованности работ в рамках новой парадигмы экономики. Более 60 публикаций по солидарной информационной экономике перечислено в соответствующей теме<sup>2</sup> форума "Высокие статистические технологии". О развитии и основных идеях солидарной информационной экономики рассказано в статье [26].

### **Выводы**

В заключительной части курса даем информацию о современных математических инструментах контроллинга рисков. Эти методы достаточно подробно представлены в ряде монографий и статей [28 - 30].

Общая теория риска позволяет единообразно подходить к анализу, оценке и управлению рисками в конкретных ситуациях. В настоящее время используют три основных подхода к учету неопределенности и описанию рисков - вероятностно-статистический, с помощью нечетких множеств, на основе интервальной математики. Точечные оценки и доверительные границы для вероятности рискового события строят на основе биномиального распределения и распределения Пуассона. Широкое распространение получила аддитивно-мультипликативная модель оценки риска на основе иерархической системы рисков. Математический аппарат оценки и управления рисками основан на непараметрических постановках и предельных соотношениях, широко использует многокритериальную оптимизацию. В частных теориях рисков рассматривают инновационные и инвестиционные риски, глобальные экономические и экологические риски и др.

В настоящей статье дана основная информация о вновь разработанном авторском курсе "Контроллинг рисков". Прошу читателей

---

<sup>1</sup> <http://forum.orlovs.pp.ru/viewtopic.php?f=2&t=570>

<sup>2</sup> <http://forum.orlovs.pp.ru/viewtopic.php?f=2&t=1311>

дать замечания и предложения по представленному материалу. Они будут использованы при дальнейшем развитии курса.

### Литература

1. Орлов А.И. Менеджмент: организационно-экономическое моделирование. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. — 475 с.
2. Орлов А.И. Современное состояние контроллинга рисков // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 98. С. 933 - 942.
3. Фалько С.Г. Предмет контроллинга как самостоятельной научной дисциплины // Контроллинг. 2005. № 1 (13). С. 2-6.
4. Чугунов В.С. Контроллинг: философия, теория, методология: монография. - М.: НП "Объединение контроллеров", 2017. - 140 с.
5. Орлов А.И. Многообразие областей и инструментов контроллинга // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123. С. 688 – 707.
6. Орлов А.И. Контроллинг явный и контроллинг скрытый // Контроллинг. 2018. №69. С. 28-32.
7. Орлов А.И. Отечественная научная школа в области организационно-экономического моделирования, эконометрики и статистики // Контроллинг. 2019. №73. С. 28-35.
8. Орлов А.И. Контроллинг организационно-экономических методов // Контроллинг. 2008. №28. С. 12-18.
9. Махутов Н.А. Актуальные проблемы безопасности критически и стратегически важных объектов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т.84. № 1 - 1. С. 5-9.
10. Горский В.Г. Безопасность объектов в техносфере (проблемы химической безопасности) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2005. Т:71. № 1. С. 3-10.
11. Орлов А.И. Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 с.
12. Орлов А.И. Многообразие рисков // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 111. С. 53-80.
13. Бутов А.А., Волков М.А., Макаров В.П., Орлов А.И., Шаров В.Д. Автоматизированная система прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Том 14. № 4(2). С. 380-385.
14. Орлов А.И., Пугач О.В. Подходы к общей теории риска // Управление большими системами. Выпуск 40. М.: ИПУ РАН, 2012. С. 49-82.
15. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование : учебник : в 3 ч. Ч.3. Статистические методы анализа данных. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. - 624 с.
16. Орлов А.И. Аддитивно-мультипликативная модель оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 102. С. 78–111.
17. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.

18. Орлов А.И. Непараметрическое оценивание характеристик распределений вероятностей // Научный журнал КубГАУ. 2015. №112. С. 1 – 20.
19. Орлов А.И. Распределения реальных статистических данных не являются нормальными / Научный журнал КубГАУ. 2016. №117. С. 71–90.
20. Орлов А.И., Цисарский А.Д. Определение приоритетности реализации НИОКР на предприятиях ракетно-космической отрасли // Контроллинг. 2020. № 2(76). С. 58-65.
21. Орлов А.И. Характеризация моделей с дисконтированием // Научный журнал КубГАУ. 2019. №153. С. 211–227.
22. Хрусталева С.А., Орлов А.И., Шаров В.Д. Математические методы оценки эффективности управленческих решений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2013. Т.79. №11. С. 67-72.
23. Орлов А.И. 13 этапов инновационного процесса // Инновации в менеджменте. 2017. №14. С. 46-54.
24. Орлов А.И. Оценка погрешностей характеристик финансовых потоков инвестиционных проектов в ракетно-космической промышленности // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 109. С. 238–264.
25. Weizsaecker von E., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. — Springer, 2018. — 220 p.
26. Орлов А.И. О развитии солидарной информационной экономики // Научный журнал КубГАУ. 2019. №121. С. 262–291.
27. Cockshott W. Paul, Cottrell Allin F. Information and Economics: A Critique of Hayek // Research in Political Economy. 1997. Vol. 16. Pp. 177–202.
28. Орлов А.И. Современные математические инструменты контроллинга // Инновации в менеджменте. 2015. № 5. С. 58-63.
29. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Организационно-экономическое, математическое и программное обеспечение контроллинга, инноваций и менеджмента: монография / под общ. ред. С. Г. Фалько. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 600 с.
30. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф.С.Г. Фалько. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2015. – 600 с.

## References

1. Orlov A.I. Menedzhment: organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie. — Rostov-na-Donu: Feniks, 2009. — 475 s.
2. Orlov A.I. Sovremennoe sostoyanie kontrollinga riskov // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2014. № 98. S. 933 - 942.
3. Fal'ko S.G. Predmet kontrollinga kak samostoyatel'noj nauchnoj discipliny // Kontrolling. 2005. № 1 (13). S. 2-6.
4. CHugunov V.S. Kontrolling: filosofiya, teoriya, metodologiya: monografiya. - M.: NP "Ob"edinenie kontrollerov", 2017. - 140 s.
5. Orlov A.I. Mnogoobrazie oblastej i instrumentov kontrollinga // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. № 123. S. 688 – 707.
6. Orlov A.I. Kontrolling yavnyj i kontrolling skrytyj // Kontrolling. 2018. №69. S. 28-32.
7. Orlov A.I. Otechestvennaya nauchnaya shkola v oblasti organizacionno-ekonomicheskogo modelirovaniya, ekonometriki i statistiki // Kontrolling. 2019. №73. S. 28-35.

8. Orlov A.I. Kontrolling organizacionno-ekonomicheskikh metodov // Kontrolling. 2008. №28. S. 12-18.
9. Mahutov N.A. Aktual'nye problemy bezopasnosti kriticheski i strategicheski vazhnyh ob"ektov // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2018. T.84. № 1 - 1. S. 5-9.
10. Gorskij V.G. Bezopasnost' ob"ektov v tekhnosfere (problemy himicheskoy bezopasnosti) // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2005. T:71. № 1. S. 3-10.
11. Orlov A.I. Problemy upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu. Itogi dvadcati let nauchnyh issledovanij i prepodavaniya. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 s.
12. Orlov A.I. Mnogoobrazie riskov // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 111. S. 53-80.
13. Butov A.A., Volkov M.A., Makarov V.P., Orlov A.I., SHarov V.D. Avtomatizirovannaya sistema prognozirovaniya i predotvrashcheniya aviacionnyh proisshestvij pri organizacii i proizvodstve vozdušnyh perevozok // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2012. Tom 14. № 4(2). S. 380-385.
14. Orlov A.I., Pugach O.V. Podhody k obshchej teorii riska // Upravlenie bol'shimi sistemami. Vypusk 40. M.: IPU RAN, 2012. S. 49-82.
15. Orlov A.I. Organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie : uchebnik : v 3 ch. CH.3. Statisticheskie metody analiza dannyh. - M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2012. - 624 s.
16. Orlov A.I. Additivno-mul'tiplikativnaya model' ocenki riskov pri sozdanii raketno-kosmicheskoy tekhniki // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2014. № 102. S. 78–111.
17. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaya nechetkaya interval'naya matematika. – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s.
18. Orlov A.I. Neparаметрическое оценивание характеристик распределений вероятностей // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. №112. S. 1 – 20.
19. Orlov A.I. Raspredeleeniya real'nyh statisticheskikh dannyh ne yavlyayutsya normal'nymi / Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. №117. S. 71–90.
20. Orlov A.I., Cisarskij A.D. Opredelenie prioritnosti realizacii NIOKR na predpriyatiyah raketno-kosmicheskoy otrasli // Kontrolling. 2020. № 2(76). S. 58-65.
21. Orlov A.I. Harakterizaciya modelej s diskontirovaniem // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2019. №153. S. 211–227.
22. Hrustalev S.A., Orlov A.I., SHarov V.D. Matematicheskie metody ocenki effektivnosti upravlencheskikh reshenij // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2013. T.79. №11. S. 67-72.
23. Orlov A.I. 13 etapov innovacionnogo processa // Innovacii v menedzhmente. 2017. №14. S. 46-54.
24. Orlov A.I. Ocenka pogreshnostej harakteristik finansovyh potokov investicionnyh proektov v raketno-kosmicheskoy promyshlennosti // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 109. S. 238–264.
25. Weizsaecker von E., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. — Springer, 2018. — 220 p.
26. Orlov A.I. O razvitii solidarnoj informacionnoj ekonomiki // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2019. №121. S. 262–291.
27. Cockshott W. Paul, Cottrell Allin F. Information and Economics: A Critique of Hayek // Research in Political Economy. 1997. Vol. 16. Pp. 177–202.
28. Orlov A.I. Sovremennye matematicheskie instrumenty kontrollinga // Innovacii v menedzhmente. 2015. № 5. S. 58-63.

29. Orlov A.I., Lucenko E.V., Lojko V.I. Organizacionno-ekonomicheskoe, matematicheskoe i programmnoe obespechenie kontrollinga, innovacij i menedzhmenta: monografiya / pod obshch. red. S. G. Fal'ko. – Krasnodar : KubGAU, 2019. – 600 s.

30. Orlov A.I., Lucenko E.V., Lojko V.I. Perspektivnye matematicheskie i instrumental'nye metody kontrollinga. Pod nauchnoj red. prof.S.G. Fal'ko. Monografiya (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2015. – 600 s.