

УДК 621.3.068

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ РИСКАМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*С.В. Прокопчина, д.т.н., профессор
(Финансовый университет при Правительстве РФ,
Ленинградский просп., 49, г. Москва, 125993, Россия);
А.Н. Ветров, к.т.н., профессор; А.О. Нестеров
(Тверской государственный технический университет,
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь, 170026, Россия, is@tstu.tver.ru)*

Рассматриваются вопросы управления рисками инвестиционных проектов в строительстве в условиях неопределенности и нестабильности производственно-экономической ситуации. Предложены комплексная модель объединенной службы «Застройщик-Заказчик-Подрядчик» и методика организации процессного подхода к управлению рисками строительных проектов, реализованная на базе платформы «Инфоаналитик_Стройинвест». Представлены методы оценки и снижения инвестиционных рисков при реализации строительных проектов в условиях неопределенности и изменчивости производственно-экономической ситуации на основе байесовских информационных технологий. Описаны процедура получения регуляризованных байесовских оценок на основе моделей с динамическими ограничениями, а также возможность изменения как состава свойств объекта, так и отношений между ними в процессе управления объектом в сложнопрогнозируемой ситуации. Приведены основные выражения для оценки инвестиционных рисков строительных проектов на основе байесовских информационных технологий. Показаны технология свертки апостериорных оценок различных показателей для получения обобщенно интегральной оценки в виде регуляризованных байесовских оценок и возможность использования для оценки свойств объектов шкалы с динамическими ограничениями. Шкала данного типа для измерения свойств одномерного показателя является двухмерной. По одной из ее осей откладываются значения показателя в числовой или лингвистической форме, по другой – степень достоверности (уверенности, возможности) результата. При добавлении числа контролируемых показателей в многомерном пространстве параметров строится многомерная шкала, которая при переходе на новый, более высокий уровень иерархии сворачивается в интегральный показатель, и для него формируется новая двухмерная шкала. В автоматическом режиме система выдает рекомендации по изменению сложившейся ситуации. Параллельно с процессом определения рисков вычисляются метрологические показатели, которые объединяются в комплексы метрологических характеристик. Апробация разработанной модели управления инвестиционными рисками строительных проектов показала эффективность ее использования.

Ключевые слова: информационные системы, инвестиционные проекты, управление в условиях неопределенности и риска, байесовские информационные технологии.

INVESTMENT RISKS MANAGEMENT FOR CONSTRUCTION ORGANIZATIONS BASED ON BAYESIAN INFORMATION TECHNOLOGIES

*Prokopchina S.V., Dr. Tech. Sc., Professor
(Financial University under the Government of the Russian Federation,
Leningradskiy Av., 49, Moscow, 125993, Russian Federation);
Vetrov A.N., Ph.D. Tech. Sc., Professor; Nesterov A.O.*

(Tver State Technical University, 22, Quay Nikitin, Tver, 170026, Russian Federation, is@tstu.tver.ru)

Abstract. The article considers problems of risk management for investment projects in construction under uncertainty and when productive-economic situation is unstabilized. The authors suggest a complex model of united services “Builder-Client-Contractor” and methods for organizing process approach to risk management of construction projects. The methods are implemented on the basis of “Infoanalitik_stroyinvest” platform. The article describes the methods for assessment and derisking for construction projects under uncertainty. The hierarchical model of risks assessment is based on Bayesian information technologies (BIT). A procedure of receiving the regularized Bayesian estimates (RBE) based on dynamic restrictions models is described, as well as a possibility of changing object properties and connections between them while managing the object. The main expressions for investment risks assessment for construction projects based on BITS are offered. The convolution technology of posterior estimates of various indicators for receiving generally integrated assessment in the form of RBE is shown. The paper also shows a possibility of using a scale with dynamic constraints. This type of scale for measurement the properties of one-dimensional indicator is two-dimensional. One axis represents indicator values in numerical or linguistic form. The other shows a measure of belief for a result. A multi-dimensional scale is made in multidimensional space of parameters with adding controlled indicators. When switching to a new higher level of hierarchy, a scale changes into integrated index with forming a new two-dimensional scale. In automatic mode the system gives recommendations for changing the situation. Risk assessment is accompanied by counting metrological indexes which are united into complexes of metrological properties. Developed model of risk management for investment projects was tested and had shown good results.

Keywords: information systems, investment projects, management under uncertainty and risk, Bayesian information technologies.

Существующий механизм управления инвестиционной деятельностью строительных организаций имеет определенные недостатки, обусловленные тем, что руководители принимают решения в условиях неопределенности, вызванной объективными и субъективными факторами, в частности, неопределенность и изменчивость производственно-экономической ситуации к возникновению рисков различных видов. Существование рисков инвестиционных процессов строительных организаций предопределяет необходимость управления ими, минимизации негативного влияния риска на деятельность организации. Основные функции [1] системы управления инвестиционными рисками строительных организаций:

- обеспечение нормального функционирования при любых изменениях ситуаций;
- накопление развивающейся во времени базы факторов, влияющих на состояние и использование находящихся в их распоряжении активов;
- комплексная диагностика состояния;
- текущее планирование и прогнозирование деятельности;
- формирование и выбор альтернативных управленческих решений, способствующих снижению или устранению воздействия отрицательных факторов, снижающих требуемый уровень отдачи от средств, вложенных в активы;
- прогнозирование и моделирование связей между факторами.

В качестве инструмента управления инвестиционными рисками строительных организаций авторами была использована программная среда системы «Инфоаналитик_Стройинвест», реализованная на платформе «Инфоаналитик» [2]. В системе использованы методы оценки и снижения инвестиционных рисков при осуществлении строительных проектов в условиях неопределенности и изменчивости производственно-экономической ситуации на основе *байесовских информационных технологий* (БИТ). В рамках *регуляризирующего байесовского подхода* (РБП) на основе *моделей с динамическими ограничениями* (МДО) предполагается построение модели объекта в виде совокупности его свойств. В процессе управления объектом в сложнопрогнозируемой ситуации модель с динамическими ограничениями допускает возможность изменения как состава свойств объекта, так и отношений между ними. В качестве оценок свойств на *шкале с динамическими ограничениями* (ШДО) используются реперы со значимой вероятностью (возможностью) их появления при имеющихся экспериментальных и расчетных данных или знаниях. Результаты решений БИТ представляются как реперы шкал с меняющимися параметрами (носителем шкалы, числом реперов шкалы, вероятностью реперов шкалы) согласно поступающей информации. В совокупности эти взаимосвязанные шкалы представляют собой ги-

першкалу (гиперкуб), которая реализует модель объекта и среды его функционирования в виде МДО. Теоретические основы МДО и ШДО представлены в работах [2, 3].

Технология получения *регуляризованных байесовских оценок* (РБО) включает следующие этапы:

- сбор исходной априорной информации;
- выбор показателей и формирование иерархического дерева факторов;
- разделение информации на числовую (данные измерений, фактологические и статистические данные) и лингвистическую (экспертные данные и знания);
- построение априорных числовых и лингвистических шкал (выбор носителей и реперов шкал исходя из априорной информации и метрологических требований задачи);
- построение шкал для отображения поступающей информации;
- ввод поступающей на шкалы информации;
- интегральная свертка информации априорных и текущих числовых и лингвистических шкал (для каждого вида шкал отдельная свертка) по модифицированной байесовской формуле;
- свертка числовой и лингвистической информации для каждого показателя и получение апостериорной интегральной оценки показателя на апостериорной шкале;
- свертка апостериорных оценок различных показателей для получения обобщенно интегральной оценки в виде РБО.

Исходя из описанной технологии начальным этапом является построение дерева факторов, в качестве которых выступают различные виды рисков. В соответствии с рекомендациями [4, 5] были выделены внешние непредсказуемые, внешние предсказуемые и внутрипроектные риски.

Внешние непредсказуемые риски.

Макроэкономические риски:

- неожиданные меры государственного регулирования в сферах материально-технического снабжения, охраны окружающей среды, проектных нормативов, производственных нормативов, землепользования, экспорта-импорта, ценообразования, налогообложения;
- нестабильность экономического законодательства и текущей экономической ситуации;
- изменение внешнеэкономической ситуации (возможность закрытия границ, введения ограничений на торговлю и поставки и т.п.);
- политическая нестабильность, риск неблагоприятных социально-политических изменений;
- неполнота или неточность информации о динамике технико-экономических показателей;
- колебания рыночной конъюнктуры, цен, валютных курсов и т.п.; неопределенность природно-климатических условий, возможность стихийных бедствий.

Экологические риски, в том числе наводнения, землетрясения, штормы, климатические катаклизмы.

Социально опасные риски и риски, связанные с преступлениями, в том числе вандализм, саботаж, терроризм.

Риски, связанные с возникновением непредвиденных срывов:

- в создании необходимой инфраструктуры;
- из-за банкротства подрядчиков по проектированию, снабжению, строительству и т.д.;
- в финансировании;
- в производственно-технологической системе (аварии и отказ оборудования, производственный брак и т.п.);
- в получении исчерпывающей или достоверной информации о финансовом положении и деловой репутации предприятий-участников (возможность неплатежей, банкротств, срывов договорных обязательств).

Внешние предсказуемые риски.

Рыночный риск, связанный с ухудшением возможности получения сырья и повышением его стоимости, с изменением потребительских требований, усилением конкуренции, с потерей позиций на рынке и нежеланием покупателей соблюдать торговые правила.

Операционные риски, вызванные невозможностью поддержания рабочего состояния элементов проекта, нарушением безопасности, отступлением от целей проекта.

Внутрипроектные риски.

Инвестиционный риск.

Срыв планов работ по причине недостатка рабочей силы или материалов; запаздываний в поставке материалов; плохих условий на строительных площадках; изменения возможностей заказчика проекта, подрядчиков; ошибок проектирования; ошибок планирования; недостатка координации работ; смены руководства; инцидентов и саботажа; трудностей начального периода; нерационального планирования; слабого управления; труднодоступное объекта.

Перерасход средств из-за срывов планов работ; неверной стратегии снабжения; неквалифицированного персонала; переплат по материалам, услугам и т.д.; параллелизма в работах и нестыковок частей проекта; протестов подрядчиков; неправильных смет; неучтенных внешних факторов.

Технические риски, связанные с изменением технологии, с ухудшением качества и производительности производства, с ошибками в проектно-сметной документации и обусловленные специфическими рисками технологии, закладываемой в проект.

Финансовые риски.

Все виды перечисленных рисков образуют факторы 1-го и 2-го порядков и могут быть возвращены дальше как факторы 3-го, 4-го и т.д. по-

рядков. В системе «Инфоаналитик_Стройинвест» они описываются в виде дерева факторов и отображаются в графическом виде.

Для оценки инвестиционных рисков строительных проектов на основе БИТ используются количественные, экспертные, аналитические методы и метод аналогий. Один из наиболее распространенных подходов к количественной оценке риска определяется выражением

$$\{h_k^R | \{MX_k^R\}\} = \{h_k^{\Pi} | \{MX_k^{\Pi}\}\} \times \{h_k^P | \{MX_k^P\}\},$$

где h_k^R – РБО степени риска; MX_k^R – метрологические характеристики степени риска; h_k^{Π} – РБО величины потерь; MX_k^{Π} – метрологические характеристики величины потерь; h_k^P – РБО вероятности наступления рискового события; MX_k^P – метрологические характеристики вероятности наступления рискового события.

Степень риска определяется как произведение ожидаемого ущерба и вероятности того, что такой ущерб произойдет.

В инвестиционно-финансовой сфере в качестве критерия при количественной оценке риска проектов вложения капитала широко используются два показателя: среднее ожидаемое значение \bar{X} возможного результата и среднее квадратическое отклонение (δ) как мера изменчивости колебания возможного результата.

Среднее ожидаемое значение \bar{X} возможного результата (отдачи) является средневзвешенным для всех возможных результатов, где вероятность каждого результата используется в качестве частоты или веса соответствующего значения:

$$\{h_k^{\bar{X}} | \{MX_k^{\bar{X}}\}\} = \sum_{i=1}^n \{h_k^{X_i} | \{MX_k^{X_i}\}\} \times \{h_k^{P_i} | \{MX_k^{P_i}\}\},$$

где $h_k^{\bar{X}}$ – РБО среднего ожидаемого значения возможного результата; $MX_k^{\bar{X}}$ – метрологические характеристики среднего ожидаемого значения возможного результата; $h_k^{X_i}$ – РБО значения случайной величины; $MX_k^{X_i}$ – метрологические характеристики значения случайной величины; $h_k^{P_i}$ – РБО вероятности появления случайной величины; $MX_k^{P_i}$ – метрологические характеристики вероятности появления случайной величины.

Одним из недостатков рассмотренного коэффициента риска является невозможность с его помощью учесть субъективные факторы. Например, отношение субъекта к соотношению возможных потерь и выигрыша в значительной степени зависит от его имущественного состояния. Поэтому на практике часто используют коэффициент риска, определяемый как отношение возможных максимальных потерь к объему собственных финансовых ресурсов предпринимателя:

$$\{h_k^R | \{MX_k^R\}\} = \{h_k^{I_{\max}} | \{MX_k^{I_{\max}}\}\} / \{h_k | \{MX_k\}\},$$

где h_k^R – РБО коэффициента риска; MX_k^R – метрологические характеристики коэффициента риска; $h_k^{I_{\max}}$ – РБО отношения возможных максимальных потерь; $MX_k^{I_{\max}}$ – метрологические характеристики отношения возможных максимальных потерь; h_k – РБО объема собственных финансовых ресурсов предпринимателя; MX_k – метрологические характеристики объема собственных финансовых ресурсов предпринимателя. Величина этого коэффициента определяет риск банкротства.

В большинстве случаев указанные количественные оценки риска и методы их определения используются для оценки отдельных видов риска. Вместе с тем они могут быть использованы и для оценки риска проекта в целом (в случае, когда есть количественные данные по каждому риску или для оценки риска проекта применяются экспертные методы, в процессе которых оцениваются вероятность успешной реализации проекта и (или) величина возможных потерь из-за наступления нежелательного исхода).

Если проект подвергается различным видам риска и имеются данные о величине потерь по каждому виду, то обобщенный коэффициент банкротства определяется следующим образом:

$$\{h_k^R | \{MX_k^R\}\} = \sum_{i=1}^n \{h_k^i | \{MX_k^i\}\},$$

где n – число учитываемых видов риска; h_k^R – РБО коэффициента риска; MX_k^R – метрологические характеристики коэффициента риска; h_k^i – РБО коэффициента, определяющего риск банкротства по i -му виду риска; MX_k^i – метрологические характеристики коэффициента, определяющего риск банкротства по i -му виду риска.

После определения величины риска в цифровом выражении он должен быть оценен как приемлемый, допустимый, критический, катастрофический:

- приемлемый риск (0; 0,25), когда уровень потерь не превышает размеров чистой прибыли;
- допустимый риск (0,25; 0,5), когда уровень потерь не превышает размеров планируемой прибыли;
- критический риск (0,5; 0,75), когда уровень потерь выше планируемой прибыли, но не превышает ожидаемых доходов;
- катастрофический риск (0,75; 1), когда уровень потерь выше ожидаемых доходов и может достичь величины, равной всему имущественному состоянию фирмы.

Для оценки каждого из рисков необходимо ввести данные для анализа. Программа «Инфоаналитик» позволяет обрабатывать разные данные: числовые, экспертные, шкальные и текстовые.

Например, апостериорная шкала фактора «инфляционный риск» может рассматриваться как совокупность альтернативных гипотез значений фактора «инфляционный риск»: «выше нормы», «значительно выше нормы», «критически выше нормы», «предельно выше нормы», «норма», «ниже нормы».

С этими значениями лингвистической шкалы связаны апостериорные вероятности альтернативных гипотез значений фактора «инфляционный риск». В данном примере система в автоматическом режиме позволяет получить оценку интегральных факторов, таких как денежные риски, валютные риски и т.д. В этом случае формируется апостериорная шкала интегрального фактора, рассчитанная как результат байесовской свертки факторов нижнего уровня. На основе полученных данных система проводит аудит и в автоматическом режиме выдает рекомендации по изменению сложившейся ситуации. Например, для денежных рисков система может рекомендовать в сложившейся ситуации ослабить (уменьшить) валютный или инфляционный риск, или риск ликвидности, или любую комбинацию рисков. По результатам проведенного аудита факторы, обладающие большим риском, рекомендуется страховать.

ШДО для измерения свойств одномерного показателя является двухмерной. По одной ее оси откладываются значения показателя в числовой или лингвистической форме, по другой – значения степени достоверности (уверенности, возможности) результата. При добавлении числа контролируемых показателей в многомерном пространстве параметров строится многомерная шкала. При переходе на новый, более высокий уровень иерархии она сворачивается в интегральный показатель, для которого формируется новая двухмерная шкала. Таким образом осуществляется развитие структуры ШДО в соответствии со структурой МДО. Возникают новые ветви информационных технологий измерения новых показателей, их контроля и аудита, интерпретации ситуаций, генерации рекомендаций и т.д. В результате происходит непрерывное развитие моделей и информационных технологий на основе РБП.

Параллельно с вычислительным процессом осуществляется метрологическое сопровождение каждого решения в виде показателей точности, надежности, достоверности, энтропии и риска. Эти показатели объединяются в комплексы метрологических характеристик.

На основе системы «Инфоаналитик_Стройинвест» была разработана комплексная модель объединенной службы «Застройщик-Заказчик-Подрядчик» и реализована методика организации процессного подхода к управлению строительными проектами на базе платформы «Инфоаналитик». Практика использования системы показала, что можно существенно снизить инвестиционные риски при реализации строительных проектов и

повысить эффективность принимаемых решений в условиях неопределенности и изменчивости производственно-экономических ситуаций.

Привлекательной особенностью разработанной системы является то, что, с одной стороны, она учитывает знания менеджеров, а с другой – является источником новых знаний, ранее не присутствовавших в системе и генерируемых в процессе управления инвестиционным проектом. Это позволяет использовать ее в качестве экспертной системы для тренинга управленческого персонала.

Литература

1. Шлопаков А.В. Управление рисками при реализации инвестиционных строительных проектов // Российское предпринимательство. 2013. № 3 (225). С. 25–30; URL: <http://www.creativeconomy.ru/articles/27979/> (дата обращения: 16.12.2013).
2. Недосекин Д.Д., Прокопчина С.В., Чернявский Е.А. Информационные технологии интеллектуализации измерительных процессов. СПб: Энергоатомиздат, 1995.
3. Прокопчина С.В. Принципы создания развивающихся информационных технологий // Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM-2005: сб. докл. СПб. Т. 1. С. 27–36.

4. Грачева М.В. Анализ проектных рисков. М.: Фантастин-Форм, 1999. 199 с.

5. Доронкина Л.Н. Управление инвестиционными рисками в строительстве: автореф. дис.... д-ра экон. наук. М., 2007. 42 с.

References

1. Shlopakov A.V. Risk management when implementing construction investment projects. *Rossiyskoe predprinimatelstvo* [Russian business]. 2013, no. 3 (225), pp. 25–30. Available at: <http://www.creativeconomy.ru/articles/27979/> (accessed 16 December 2013).
2. Nedosekin D.D., Prokopchina S.V., Chernyavskiy E.A. *Informatsionnye tekhnologii intellektualizatsii izmeritelnykh protsessov* [Information technologies of measurement processes intellectualization]. St. Petersburg, Energoatomizdat Publ., 1995.
3. Prokopchina S.V. Principles of making developing information technologies. *Sb. dokl. mezhdunar. konf. po myagkim vychisleniyam i izmereniyam SCM-2005* [Proc. of int. conf. on soft computing and measurements SCM-2005]. St. Petersburg, vol. 1, pp. 27–36 (in Russ.).
4. Gracheva M.V. *Analiz proektnykh riskov* [The analysis of project risks]. Moscow, Fantastin-Form Publ., 1999, 199 p.
5. Doronkina L.N. *Upravlenie investitsionnymi riskami v stroitelstve* [Investment risk management in construction]. PhD thesis, Moscow, 2007, 42 p.