

# МОНИТОРИНГ РИСКОВ И АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Тарасенко Василий Анатольевич**

*К.т.н., доцент, Восточно-Сибирский институт МВД  
России, г. Иркутск  
pantsuit@mail.ru*

## THE RISK MONITORING AND AUDIT OF THE SECURITY OF RAILWAY TRANSPORTATION

**V. Tarasenko**

*Summary.* The purpose of the work is to conduct a systematic analysis of the problem of monitoring safety risks in railway transport for their assessment and reduction, organization of logistics (hence technical) safety audit, identification of control factors and construction of an appropriate methodology and model. We used methods of system analysis (primarily analysis-synthesis, decomposition, model, linearization and identification), mathematical statistics (regression analysis, F-statistics, t-statistics, and others), classification and taxonomy of key risks of a territorial (regional) type, as well as decision-making in conditions of uncertainty and situational modeling, risk-intensity assessment. As one of the main results of the work, a procedure for identifying integral risk by its components is proposed, based on the Allen-type model (production function). The key tasks of audit and infrastructure transformations are also classified. A procedure for assessing the "band" of acceptable risks is proposed. The significance of this work is not only in the practical relevance of the problem under study, but also in the theoretical possibility of building on its basis a General methodology and more complex algorithms for risk assessment, solving practical problems of railway transport safety, building on its basis plans (programs) for the safety audit of a railway company.

*Keywords:* monitoring, safety, risks, railway, transportation, logistics, transport, modeling.

*Аннотация.* Цель работы — провести системный анализ проблемы мониторинга рисков безопасности на железнодорожном транспорте для их оценивания и снижения, организации логистического (следовательно, и технического) аудита безопасности, выявления управляющих факторов и построение соответствующей методики и модели. Используются методы системного анализа (в первую очередь, анализ-синтез, декомпозиция, модельный, линеаризация и идентификация), математической статистики (регрессионный анализ, F-статистика, t-статистика и другие), классификации и таксономии ключевых рисков территориального (регионального) типа, а также принятия решения в условиях неопределенности и ситуационного моделирования, оценки риск-напряженности. В качестве одного из основных результатов работы предложена процедура идентификации интегрального риска по его составляющим, базирующаяся на модели типа Аллена (производственной функции). Классифицированы также ключевые задачи аудита и инфраструктурных трансформаций. Предложена процедура оценки «полосы» допустимых рисков. Значимость данной работы состоит не только в практической актуальности исследуемой проблемы, но и в теоретической возможности построения на ее основе общей методики и более сложных алгоритмов оценки рисков, решения практических задач безопасности железнодорожных перевозок, построения на ее основе планов (программ) аудита безопасности железнодорожной компании.

*Ключевые слова:* мониторинг, безопасность, риски, железнодорожные, перевозки, логистика, транспорт, моделирование.

## Введение

**Н**еопределенности и риски являются атрибутами в динамичном развитии железнодорожного транспорта. Риск-менеджменту на практике необходимо высокое внимание и понимание, включая и необходимость мониторинга рисков, количественной оценки их вероятности и потенциального ущерба [1]. Для оценивания привлекается различный инструментарий — экспертно-эвристический, математико-статистический, финансово-стоимостный, теоретико-игровой, теория Марковица, нейросетевой, нечетко-логический и др. Все, что может отражать процедуры, снижающие

риски при ограничениях на ресурсы, включая и временные, и организационные (людские).

Регулярный и непрерывный мониторинг — дорогостоящее и обременительное мероприятия. Хотя на практике, как правило, применяют дискретно-эпизодический плановый мониторинг, динамичность и обновление транспортных информационных потоков требует регулярного, интеллектуального, базирующегося на автоматизированных системах, мониторинга. Он позволяет охватить все виды и области деятельности, например, на основе системного подхода [2] и баланса управляемости, доходов и возможных потерь (издержек).

Как показывает практика, несмотря на многоэтапный контроль безопасности движения на железнодорожном транспорте, имеются риски нарушений и даже чрезвычайных событий. В том числе из-за несвоевременного или неполного мониторинга и выполнения должностных обязанностей [3]. Особенно, персонала, занимающегося техническим мониторингом и аудитом, он должен обладать необходимыми компетенциями, понимать цели и указания проведения аудита и выполнять их согласно программе аудита.

Необходима развивающаяся система менеджмента безопасности [4]. Такая система на практике должна быть ориентирована не только на экономические факторы [5], но и на самоорганизацию системы. В 2009 году для российских дорог (ОАО «РЖД») принят стандарт технического аудита и достижения безопасности движения в ОАО «РЖД», который базировался на системном и последовательном анализе и оценке деятельности структур, обеспечивающих безопасность движения [6] и соответствующих отраслевых методиках оценки [7], [8].

#### Постановка, анализ и формализация задачи

Прогнозирование и планирование устойчивого развития эволюционирующей системы «Железнодорожная компания» требует наличия критериев оценивания и оценок рисков различного происхождения (природного, экологического, технологического, социального, информационного, экономического и др.) [9].

В общесистемном понимании, речь идет о системе ноосферы (техноэкоциосферы), в которой с ростом темпов развития растут и риски, угрозы, их многообразие и разнообразие.

Например, могут расти ключевые риски территориального (регионального) типа:

- 1) обеспечение ресурсами;
- 2) социальной напряженности;
- 3) негативного воздействия медиа-СМИ;
- 4) потери управляемости структурами принятия решений;
- 5) трудовых ресурсов и миграционные (популяционные) и качества подготовки персонала;
- 6) социально-гигиенические;
- 7) производственные (корпоративные, отраслевые, региональные);
- 8) ИТ-инфраструктурные (например, обеспечения мониторинга) и др.

Для каждого вида риска требуется иметь апробированную процедуру (функцию) оценивания. Например,

риск-напряженность можно оценивать кусочно-постоянной функцией

$$F(x) = \sum_{i=1}^{N(x)} q_i^x,$$

$$F(N_j) = \frac{N_j}{[N_j]} F(N_j),$$

где  $F(x)$  — частота возникновения рисков, напряженностей (риск-сценариев), в котором участвовало  $N$  агентов (людей, транспорта, инфраструктурных объектов),  $q_i^x$  — ожидаемые (прогнозные) частоты реализации таких сценариев (риск-ситуаций), в которых пострадало не менее  $x$  агентов,  $N(x)$  — количество таких сценариев,  $F(N_j)$  — сумма частот реализации сценариев с ожидаемым риском для  $N_j$  агентов (минимально). Эта оценка аналогична рекомендациям Ростехнадзора [10].

#### Методология транспортного аудита в инструментальном обеспечении инфраструктуры железнодорожного транспорта

Логистическая инфраструктура железнодорожного транспорта должна быть эволюционной, повышающей эволюционный потенциал системы, её логических агентов. Необходим релевантный комплекс логистических индикаторов оценки риск-состояния и потенциала системы [11], [12]. Но многие индикаторы — не логистического характера [13]. «Чисто» логистические процессы интересны всем логистикам.

Многие параметры, показатели ориентированы на экономические или технологические факторы, бизнес-процессы и поэтому не являются эффективными в интегральном оценивании состояния системы и ее рисков [14], [15]. Необходим системный анализ взаимодействий логистических агентов и транспортных компаний, необходима единая система и методика оценивания и идентификации их совместной эволюции.

Система функциональных, эконометрических показателей клиент-ориентированного оценивания ключевых показателей разработок для железнодорожных перевозок приведена в [16].

Основной акцент в логистике делается на аудит, консалтинг, CRM, SCM. Учитываются ключевые показатели [17], влияющие на эволюционный потенциал, современную инфраструктуру:

- 1) эксплуатационные — время в пути, темп и мощность грузопереработки, скорость обслуживания, загруженность сети и др.;
- 2) экономические — плотность и емкость сети, затраты-расходы, доходы и др.;

- 3) логистические — полезность, эффективность, обеспеченность, комплексность, функциональность и др.

Железнодорожный аудит — процедура оценки и выбора решений на каждом участке логистической цепи с целью эволюции всей железнодорожной системы.

Используя современные показатели и классические индикаторы по грузопотокам, складному хранению, нормированию, загрузке-выгрузке, выручке-доходности, инвестициям и др., железнодорожная компания трансформирует логистические бизнес-процессы в цифровую инфраструктуру, объединяясь в холдинги. На основе системного анализа-синтеза, моделирования и клиент-ориентированной аналитики.

Необходимо эффективно привлекать инвестиции. В условиях, когда многие железнодорожные компании и предприятия внедряют инновационные технологии, автоматизируют процессы [18], используют возможности цифровой экономики, цифрового бизнеса, на их конкурентоспособность и устойчивость, эволюционный потенциал все больше влияет инвестиционная составляющая.

**Основные результаты и их обсуждение**

В результате проделанного системного анализа можно указать основные, ключевые задачи аудита и инфраструктурных трансформаций. Их много, отметим в частности, следующие:

- 1) эффективное распределение грузопотоков;
- 2) оптимизация складской поддержки;
- 3) адаптивное приспособленность процедуры оценки к потребительским потребностям, обслуживающие агентов и процессов и др.;
- 4) многокритериальность и многовариантность принятия решений и др.

Процедура предлагаемого нами логистического аудита состоит из нижеследующих этапов:

1. Определение гипотез и спецификаций аудита (цели, ресурсы, структуры, элементы).
2. Преаудиторский анализ (данных, источников, задач, критериев верификаций).
3. Идентификация ключевых индикаторов эффективности (KPI [19]).
4. Аналитическое обоснование (верификация) трендов, тактики и стратегии управления.
5. Риск-анализ и риск-менеджмент (выявление уязвимостей, рисков, возможных ущербов).
6. Ситуационное моделирование (расчет) индикаторов, до тех пор, пока остаются еще ситуационные альтернативные сценарии.

7. Принятие оптимального решения сценария по индикаторам (каждому или их кластеру) и адаптации (саморегуляция) по этому индикатору (кластеру).

Для прогноза рисков необходимо иметь адекватную прогнозную модель и алгоритм моделирования (идентификации модели). Но она должна быть простой и гибкой, не требующей сложного и дорогостоящего мониторинга. В качестве такой модели предлагаем модель типа Аллена вида:

$$r(x) = \prod_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^{k_i} \alpha_j x^{\beta_i} \right)^{-\beta_i},$$

где  $r(x)$  — интегральный риск,  $\alpha_i, \beta_i$  — идентифицируемые параметры важности  $i$ -го фактора риска и его мультипликативного вклада в общий риск системы,  $k_i$  — мощность рассматриваемого класса рисков.

После линеаризации, получаем регрессивную зависимость:

$$r(x) = \sum_{i=1}^n (A_i \gamma_i + \varepsilon_i),$$

где  $A_i$  — вычисляемый по статистике коэффициент,  $\gamma_i$  — идентифицируемый параметр,  $\varepsilon_i$  — случайная величина.

Результирующий показатель  $r(x)$  считаем случайной величиной, на которую интегрально влияют самоорганизационные процессы, определяемые факторами. Случайный результирующий показатель интегрирует и различного рода ошибки (статистические, инструментальные, линеаризации и др.), а также риски (оценки, управления, прогноза, целедостижения и др.).

Обычно в качестве критерия адекватности в алгоритме идентификации используется критерий наименьших квадратов, с условиями типа Гаусса-Маркова для случайных величин:

- 1) величины измеряемых факторов — детерминированы;
- 2) ошибки  $\varepsilon_i$  — случайно и нормально распределены, попарно независимы, причем ковариации

$$cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = \begin{cases} 0, & i \neq j, \\ s^2, & i = j; \end{cases}$$

- 3) математическое ожидание  $M(\varepsilon_i) = 0$ ;
- 4) дисперсия ошибки  $D(\varepsilon_i) = D(\varepsilon_j) = s^2, \forall i, j = 1, 2, \dots, n$ .

Необходимая для проверки условий статистика (выборочные коэффициенты корреляции, стандартные отклонения, F-статистика, t-статистика и др.) вычисляемы в среде Excel.

Для оценки прогнозных значений и рисков предлагается следующая процедура.

Если  $r_i^*$  — рассматриваемый предел роста  $i$ -го риска ( $r_i < r_i^*$ ), то наиболее вероятное (прогнозируемое) значение

$$\hat{r}(x) = r(r_1, r_2, \dots, r_n) = \sum_{i=1}^n (A_i \gamma_i + \varepsilon_i),$$

из-за влияния случайной ошибки  $\varepsilon_i$  дополняется интервальной оценкой:

$$m_1 = \hat{r}(r_1^*, r_2^*, \dots, r_n^*) - m(\hat{r}) \leq r \leq \\ \leq \hat{r}(r_1^*, r_2^*, \dots, r_n^*) + m(\hat{r}) = m_2,$$

где  $r$  — истинное значение результата при  $r_i = r_i^*$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ .

Если выполнены условия Гаусса-Маркова о нормальности распределения случайных ошибок  $\varepsilon_i$ , то статистика  $t = (\hat{y} - y^*)/s_{\hat{y}}$  имеет t-распределение по Стьюденту со степенями свободы  $k=n-2$ .

Если  $m_3$  — желаемый объем инвестиций, то при условии, что  $m_1 < m_3 < m_2$  следует оценить риски — отноше-

ние взвешенного объема инвестиций на  $(m_1, m_3)$  к средневзвешенному объему на  $(m_1, m_2)$ . Такая методика использована в [20].

В случае инвестирования категория «риск» должен отражать не только объективную вероятность, но и субъективное принятие решения ЛПР, неполноту информации, неблагоприятность и неоднозначность условий реализации событий.

## Заключение и выводы

Системный подход к проблемам цифровых трансформаций в железнодорожном транспорте и железнодорожной логистической системе включает маркетинговый и рекламный аспект. Для идентификации бизнес-агентов и бизнес-процессов необходимы инфологические, математические модели и эконометрические критерии оценивания, планирования работы транспорта, компании. Интегрированная система индикаторов для мониторинга и комплексной оценки риск-ситуаций позволит реализовать интеллектуальную систему принятия аудиторского решения — систему класса СППИР (поддержки принятия интеллектуальных решений).

Предложенная методика (процедура) и оценка «полосы» допустимых рисков может использоваться для имитационных, ситуационных расчетов, с варьированием параметров рисков. Это позволит минимизировать риски и выбрать приемлемый вариант риск-траектории, а также перераспределить ресурсы, инвестиций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеев В. А. Риск-менеджмент в практике железнодорожного транспорта // Экономические и социально-гуманитарные исследования. — 2017. - № 2(14). - с.11–19.
2. Казиев В. М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем. — М.: Бином. Лаборатория знаний. Интуит. — 2007. — 244с.
3. Казанская Л. Ф., Беленцов Ю. А., Ризакулов Ш. Ш. Технический аудит как фактор обеспечения безопасности движения в национальной железнодорожной компании // Бюллетень результатов научных исследований. — 2018. - Вып.3. - с.6–14.
4. Тишанин А. Г. Развитие системы менеджмента безопасности // Железнодорожный транспорт. — 2011. - № 11. — с.9–13.
5. Казанская Л. Ф., Ризакулов Ш. Ш. Построение системы управления безопасностью движения в железнодорожной компании с учетом экономических факторов // Бюлл. результатов научных исследований. — 2017. - Вып.4. — с.15–25.
6. Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах ОАО «РЖД» в 2014 году (утверждено 21.02.2015). — М.: ОАО «РЖД». — 2015. — 509 с.
7. Методика нормирования и оценки риска транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушениями правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта. — М.: ОАО «РЖД». — 2016. — 60с.
8. Методика оценки рисков в области функциональной безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД». — М.: ОАО «РЖД». — 2016. — 72 с.
9. Махмутов Н. А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. — Новосибирск: Наука. — 2017. — 724с.
10. Приказ Ростехнадзора от 11.01.2016 № 144 об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», <http://docs.cntd.ru/document/420347908> (дата обращения: 25.04.2020).
11. Покровская О. Д., Титова Т. С. Инструментарий логического нормирования для проведения аудита транспортно-складских систем // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2019. - № 2. т. 16. - с.175–190. DOI: 10.20295/1815–588X-2019–2–175–190.
12. Покровская О. Д. Система логистического нормирования как прикладной инструмент теории терминалистики // Бюлл. результатов научных исследований. — 2019. - Вып.4. — с.5–26. DOI: 10.20295/2223–9987–2019–4–5–26.
13. Покровская О. Д. Классификация узлов и станций как компонентов транспортной логистики // Вестник транспорта Поволжья, Самарский ГУПС. — 2016. - № 5(59). — с.77–86.

14. Самуйлов О.Б., Покровская О.Д., Практика и эффективность формирования транспортно-логистических кластеров // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. —2016. -№ 4(32). -с.76–88.
15. Маликов О. Б. Перевозки и складирование товаров в целях поставок: монография / О. Б. Маликов. —М.: УМЦО ЖДТ. —2014. —536 с.
16. Покровская О.Д. Логистическое руководство: математические основы терминалистики, маркировка, классификация и идентификация логистических объектов железнодорожного транспорта: монография / О. Д. Покровская. -Казань: Бук. —2017. —281с.
17. Sustainable economic development of regions: Monograph, vol.3 / ed. by L. Shlossman. —Vienna: "East–West" Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. —2014. —р.2016.
18. Замышляев А. М. Автоматизация процессов комплексного управления техническим состоянием инфраструктуры железнодорожного транспорта: диссертация д.т.н. (05.13.06). —М.: Московский госуниверситет путей сообщения (МГУПС, МИИТ). —2013. —340 с.
19. Kaziev, V., Tyutrin, N., Khizbullin, F., Takhumova, V., Medvedeva, L. Improvement and modeling of the company's activity based on the innovative KPI system // J. Fundam. Appl. Sci. —2018. -Vol.10(5S), -pp.1406–1415. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i5s.117>
20. Герасименко П. В. Методика моделирования риска при прогнозировании результатов инвестирования производственной деятельности предприятий // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. —2012. -№ 2. -с.142–147.

---

© Тарасенко Василий Анатольевич ( pantsuit@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Восточно-Сибирский институт Министерства внутренних дел