

Краковский Ю.М., Начигин А.В.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Анотація:

Розроблено алгоритми і програма, яка модулює, що дозволяють оцінювати показники фінансово-технологічного ризику, заснованого на випадковому процесі динамічного ризику, стосовно перевізного процесу залізничним транспортом. Створена і апробована моделююча програма по обчисленню показників фінансово-технологічного ризику. Апробація проведена за даними служби колії Східно-Сибірської дирекції інфраструктури ВАТ «РЖД».

Аннотация:

Разработаны алгоритмы и моделирующая программа, позволяющие оценивать показатели финансово-технологического риска, основанного на случайном процессе динамического риска, применительно к перевозочному процессу железнодорожным транспортом. Создана и апробирована моделирующая программа по вычислению показателей финансово-технологического риска. Апробация проведена по данным службы пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД».

Abstract:

Developed the algorithms and modeling program allowing to estimate financial and technological risk, based on a random process of dynamic risk applied to rail transportation process. Created and tested a modeling program for the calculation of indicators of financial and technological risk. Approbation conducted according to data service of the railway East Siberian Infrastructure Directorate of JSC "Russian Railways".

Введение

Перевозочный процесс, осуществляемый железнодорожным транспортом, является сложной системой, что затрудняет его моделирование и исследование, особенно в период структурных и функциональных изменений. В целях совершенствования системы обеспечения безопасности движения и реализации Функциональной стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в ОАО «РЖД» и Министерстве транспорта РФ разработаны различные стандарты, положения, приказы и распоряжения, создающие нормативную базу по этим основополагающим вопросам.

Важное место в этом направлении занимает система «Управления рисками, ресурсами на этапах жизненного цикла на основе анализа надежности» (УРРАН) и, в частности, ее подсистема, посвященная системе поддержки принятия решений по транспортным происшествиям и чрезвычайным ситуациям. Система УРРАН построена на основе комплексного применения модифицированных методологий RAMS (безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности) и LCC (стоимости жизненного цикла), а также новых информационных технологий поддержки принятия решений, распределенных информационных систем оперативного сбора и анализа данных и новой нормативной базы [1].

Для реализации задач этой системы используется множество взаимосвязанных процедур и средств, например: 1) модели и алгоритмы вычисления показателей опасности и риска; 2) поиск мероприятий и ресурсов для ликвидации последствий транспортных происшествий; 3) поиск мероприятий и средств их реализации по снижению частоты транспортных происшествий и др. Эти задачи в той или иной мере направлены на повышение эффективности системы поддержки принятия решений по транспортным происшествиям.

В работе [2] предложены показатели процесса динамического риска, которые, по мнению авторов, более адекватны для оценки уровня безопасности движения, чем применяемые сейчас статические модели. Вычисление показателей опасности приведено в работе [3].

Постановка задачи

Случайным процессом динамического риска назовем процесс

$$R(t) = X_0 + Y1(t) - Y2(t), \quad (1)$$

где X_0 – средства аварийного фонда на момент времени T_0 ; $Y1(t)$ – суммарные накопления платежей за время t в страховой фонд; $Y2(t)$ – потери от аварийных ситуаций за время t или средства, необходимые для проведения ремонтно-восстановительных работ. Процесс динамического риска широко используется в страховой математике [4].

Суммарные накопления платежей

$$Y1(t) = \sum_{i=1}^{N_1(t)} X_i, \quad (2)$$

где X_i – размер платежей в страховой фонд, предназначенный для восстановления объектов службы пути после аварийной ситуации; $N_1(t)$ – количество платежей в страховой (аварийный) фонд за время t . Предположим, что эти средства равномерно распределяются по месяцам, величина выделенных средств на один месяц по службе пути равна X_m . Примем, что

$$X_i = g \cdot X_m, \quad (3)$$

где g – значение случайной величины, равномерно распределенной на интервале (a, b) , $0 < a, b < 1$; $g = a + (b-a) \cdot u$; u – значение случайной величины, равномерно распределенной на интервале $(0, 1)$. Математическое ожидание размера платежей

$$M_x = X_m(a+b)/2, \quad (4)$$

Потери от аварийных ситуаций

$$Y_2(t) = \sum_{i=1}^{N_2(t)} Z_i, \quad (5)$$

где Z_i – затраты на ремонтно-восстановительные работы для i -й аварийной ситуации; $N_2(t)$ – количество аварийных ситуаций за время t . Интервал времени между аварийными ситуациями является случайной величиной с известным законом распределения, t_i – ее значение.

Математическое ожидание потер

$$M_z = \sum_{k=1}^K q_k \cdot M_k, \quad M_k = \sum_{l=1}^{L_k} p_{lk} \cdot C_{lk}, \quad (6)$$

где q_k – вероятность аварийной ситуации категории k , $k=1, \dots, K$, $\sum q_k = 1$; M_k – математическое ожидание затрат для k -ой аварийной ситуации. Каждая аварийная ситуация имеет несколько разновидностей по затратам; C_{lk} – затраты для случая l , $l=1, \dots, L_k$; p_{lk} – вероятность этих случаев; L_k – число возможных случаев по затратам для k -й категории, $\sum p_{lk} = 1$ для каждого k .

В работе [2] и в данной работе процесс (1) реализуется методом имитационного моделирования, поэтому этот процесс заменяется его реализациями.

Финансово-технологический риск и его показатели

Для процесса динамического риска (1) определим момент τ , когда первый раз выполняется условие $R(t) < 0$,

$$\tau = \inf \{t: R(t) < 0\}. \quad (7)$$

В работе предлагается назвать момент (7) финансово-технологическим риском (ФТР), который характеризует возможность проведения ремонтно-восстановительных работ, исходя из наличия финансовых ресурсов.

Показателем этого риска (r_τ) является вероятность события ($\tau < T_\tau$)

$$r_\tau = P(\tau < T_\tau) = F_\tau(T_\tau), \quad (8)$$

где T_τ – заданное значение (квантиль); $F_\tau(T_\tau)$ – значение функции распределения в точке T_τ .

Подчеркнем, что предлагаемый нами финансово-технологический риск (7) и его показатель (8) учитывают одновременно и риски от негативных ситуаций, и риски финансового обеспечения ремонтно-восстановительных работ от этих ситуаций.

При имитационном моделировании процесса (1) создается выборка моментов τ (7) объема n

$$X_\tau = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n). \quad (9)$$

Далее выборка (9) обрабатывается стандартными методами обработки данных.

При использовании выборки (9) показатель (8) измеряется:

а. а) оценкой

$$\tilde{R}_\tau = k \tau / n, \quad (10)$$

б) б) доверительным интервалом (τ_1, τ_2) при доверительной вероятности γ ; $k\tau$ – число выборочных значений, для которых $\tau < T_\tau$.

Имитационная модель процесса динамического риска

На рисунке 1 приведена блок-схема моделирующей программы «Вычисление показателей динамических рисков» (МП «ВПДР»). Дадим ее описание.

1. Ввод исходных данных.

1.1. Общие данные:

а) признак режима работы: $PP=1$, вычисление показателей процесса динамического риска (ПДР), иначе вычисление показателей финансово-технологического риска (ФТР);

б) время моделирования;

в) наименование функции распределения интервалов между аварийными ситуациями, а также математическое ожидание (M) и коэффициент вариации (KV) для нее. Признак функции распределения и числовые характеристики передаются в модуль вычисления параметров. Результатом модуля являются параметры функции распределения;

г) размер средств для капитального ремонта и восстановительных работ X_m (3);

д) интервал для коэффициента g (a, b) (3);

е) начальные средства фонда X_0 ;

ж) размер выборки для второго режима;

з) число интервалов в гистограмме и другие вспомогательные величины.

1.2 Число категорий аварийных ситуаций (K); дискретный закон распределения вероятностей для категорий аварийных ситуаций, а также число возможных случаев по затратам для категорий.

1.3 K дискретных законов распределения вероятностей затрат по категориям аварийных ситуаций.

2. Выбор режима работы программы: $PP=1$? Да – вычисление показателей процесса динамического риска (ПДР), иначе вычисление показателей ФТР.

3. Вычисление показателей (ПДР или ФТР):

3.1.1. Создание двухмерного вектора – (R_j, t_j) , $j=0, 1, \dots, J$. Используется модуль имитационного моделирования динамического риска (МИМ);

3.1.2. Вычисление показателей ПДР;

3.1.3. Вывод результатов, связанных с этим режимом работы: реализация ПДР, значения показателей и другая информация.

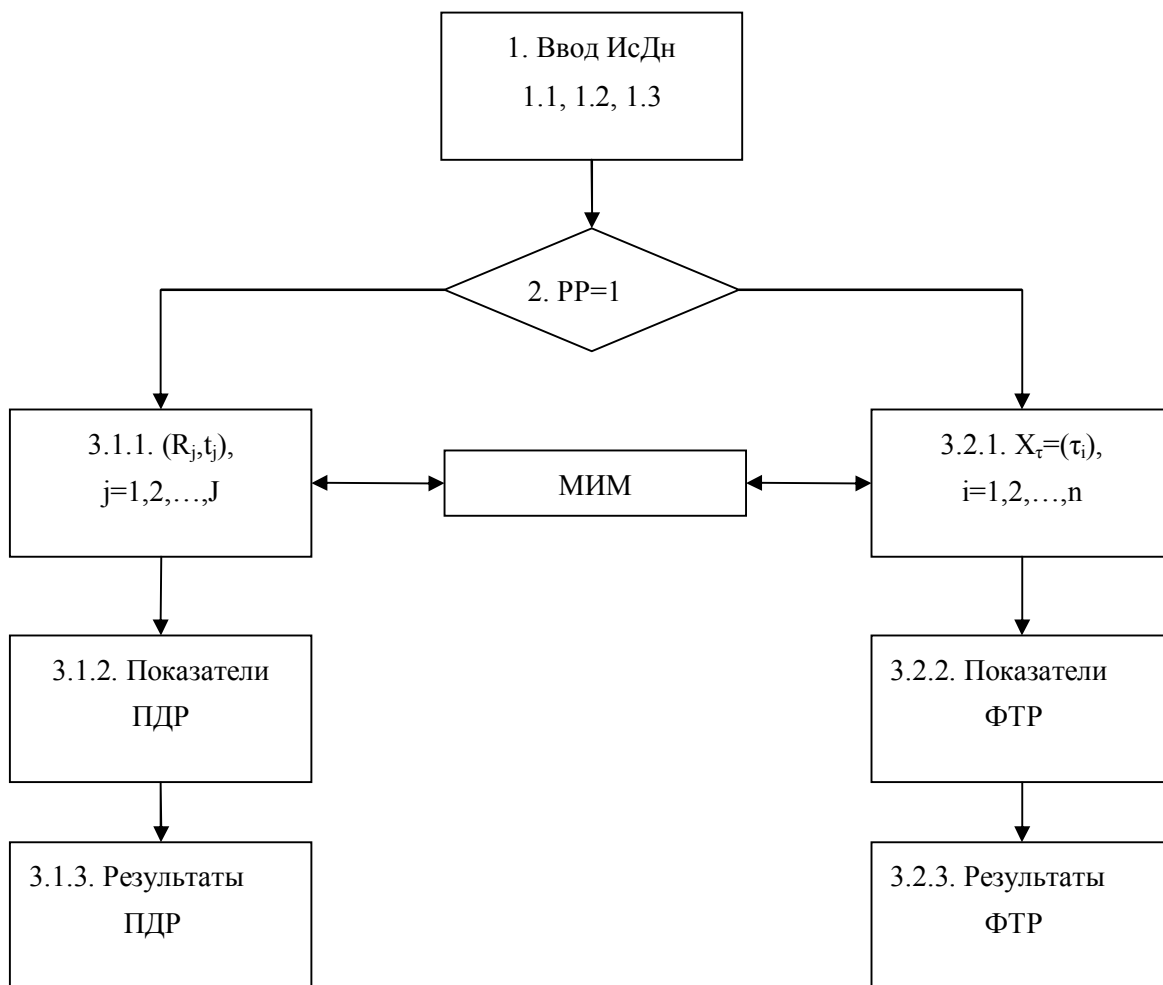


Рис. 1 Блок-схема МП «ВПДР»

3.2.1. Создание выборки (9). Используется модуль имитационного моделирования динамического риска (МИМ);

3.2.2. Вычисление показателей ФТР (10) и доверительные интервалы;

3.2.3. Вывод результатов, связанных с этим режимом работы: оценки числовых характеристик, гистограммы, эмпирические функции распределения, значения показателей и другая информация.

Результаты вычислений

Вычисление показателей ФТР проведено по исходным данным службы пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры. Эти данные основаны на статистической информации, которая накапливается комплексной автоматизированной системой анализа надежности (КАСАНТ), подразделениями службы пути и экономическими службами. Дополнительно используется информация экспертов.

На рисунке 2 приведена гистограмма частот ФТР, оценка математического ожидания равна 1662 сут.

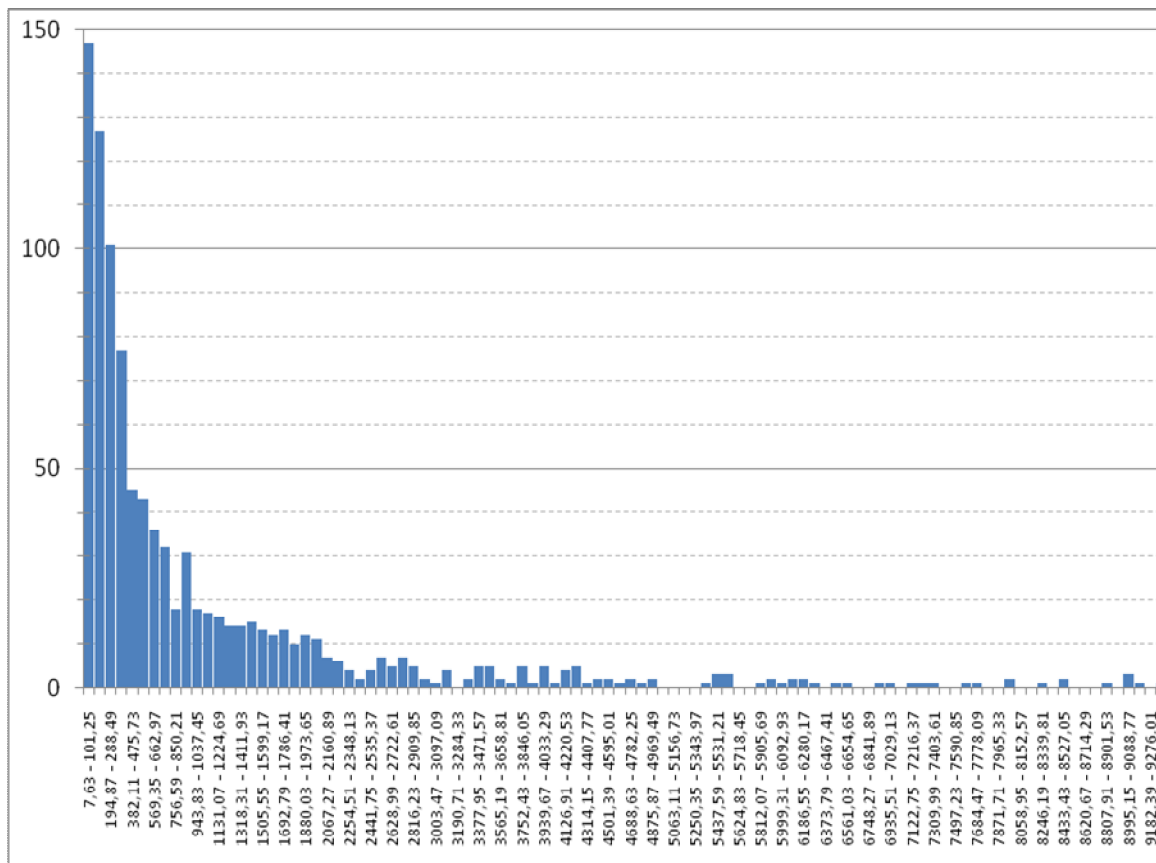


Рис. 2 Гистограмма частот для ФТР

Внешне гистограмма напоминает показательный закон, но он не подходит по значению коэффициента вариации (для данного случая оценка коэффициента вариации момента времени τ равна 214%). У показательного закона коэффициент вариации равен 100%.

В таблице 1 приведены значения показателя ФТР (10) и значения доверительного интервала для различных значений времени T_r (8). С увеличением времени T_r значения показателя ФТР увеличиваются.

Величина (7) является несобственной, т.к. $P(\tau < \infty) < 1$. Для наших исходных данных методом имитационного моделирования получена оценка этой вероятности ($\approx 0,75$).

Имитационное моделирование отвечает на вопрос: «Что будет, если...?». Вводя в созданную моделирующую программу исходные данные, мы получаем значения показателей ФТР, которые в дальнейшем используются специалистами при разработке мероприятий для повышения уровня безопасности движения.

Таблица 1

T_r , сут	30	60	120	180
\tilde{R}_τ	0,042	0,083	0,136	0,184
τ_1	0,032	0,068	0,115	0,160
τ_2	0,054	0,100	0,157	0,208

Выводы

Приведены модели финансово-технологического риска и его показателей применительно к перевозочному процессу железнодорожным транспортом. Создана и апробирована моделирующая программа по вычислению показателей ФТР.

Литература:

1. Гапанович В.А. Математическое и информационное обеспечение системы УР-РАН / В.А. Гапанович, А.М. Замышляев, И.Б. Шубинский // Надежность. – 2013. – №1. – С. 3–11.
2. Краковский Ю.М. Исследование показателей динамических рисков, характеризующих безопасность движения на транспорте / Ю.М. Краковский, А.В. Начигин, Д.А. Лукьянов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – №3. С. 12–18.
3. Краковский Ю.М. Оценка факторов, влияющих на возникновение транспортных происшествий / Ю.М. Краковский, А.В. Начигин // Путь и путевое хозяйство. – 2011. – № 11. – С. 2–4.
4. Королев В.Ю. Математические основы теории риска / В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. – М.: Физматлит, 2011. – 620 с.