



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.4

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКА НАРУШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ БАНКОВСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫПУСКЕ РЕЛИЗА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (MONTE CARLO)

Зюзин А.О.

ФГАОУ ВО "САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА", Самара, Россия (443086, Самарская область, город Самара, Московское ш., д. 34), e-mail: yuzin.ao@ya.ru

В статье предложена вероятностная методика количественной оценки риска нарушения стабильности банковских информационных систем при выпуске релиза программного обеспечения. Методика основана на факторной модели релиза, включающей параметры объема и сложности изменений, качества тестирования, дефектности до выпуска, сжатия релизного окна, репрезентативности тестовых сред, наличия нерешенных замечаний информационной безопасности и готовности процедур отката. Для каждого фактора задаются распределения вероятностей с учетом ограничений области допустимых значений и формируется правило наступления неблагоприятного исхода. Интегральная оценка риска вычисляется методом имитационного моделирования Монте-Карло как доля реализаций, в которых фиксируется нарушение стабильности. Рассмотрены подходы к параметризации и калибровке распределений по экспертным оценкам и историческим данным, а также предложена интерпретация вероятности риска в виде управленческой метрики релизного гейта. Показан демонстрационный расчет для трех сценариев релиза и выполнен анализ чувствительности, позволяющий ранжировать факторы по влиянию на итоговую вероятность. Полученные результаты подтверждают применимость методики для риск-ориентированного управления релизами и обосновывают необходимость калибровки модели под контекст конкретной информационной системы.

Ключевые слова: Релиз программного обеспечения, операционный риск, банковские информационные системы, имитационное моделирование, метод Монте-Карло, калибровка модели, управление качеством, анализ чувствительности.

PROBABILISTIC METHOD FOR ASSESSING THE RISK OF BANKING INFORMATION SYSTEM STABILITY VIOLATION DURING A SOFTWARE RELEASE USING MONTE CARLO SIMULATION

Zyuzin A.O.

"SAMARA NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY NAMED AFTER ACADEMICIAN S.P. KOROLEV", Samara, Russia (443086, Samara region, city of Samara, Moskovskoye sh., d. 34), e-mail: yuzin.ao@ya.ru

The paper proposes a probabilistic method for quantifying the risk of stability violation in banking information systems during a software release. The method relies on a release factor model that captures the scale and complexity of changes, testing quality, pre-release defectiveness, release window compression, representativeness of test environments, unresolved information security remarks, and rollback readiness. For each factor, probability distributions are specified within feasible bounds, and an adverse outcome rule is defined. The integrated risk is estimated by Monte Carlo simulation as the share of trials in which a stability violation is observed. The paper outlines a reproducible procedure for distribution parameterization and calibration based on expert elicitation and historical release data, and interprets the resulting probability as a managerial metric for release gating. A demonstration experiment for three release scenarios is presented along with a sensitivity analysis

used to rank the most influential drivers. The results indicate that the approach is suitable for risk-oriented release governance, provided that calibration is performed for each system context.

Keywords: Software release, operational risk, banking information systems, simulation modeling, Monte Carlo method, model calibration, quality management, sensitivity analysis.

Введение

Банковские информационные системы относятся к критически важным элементам инфраструктуры, а выпуск релизов программного обеспечения является одним из основных источников операционного риска. Практика релиз-менеджмента традиционно опирается на регламенты, чек-листы и экспертные согласования, однако такие инструменты слабо выражают неопределенность и затрудняют сопоставление релизов между собой. [1] В результате управленческое решение о выпуске, переносе или расширении мер контроля часто принимается без количественной оценки вероятности неблагоприятного исхода. Дополнительным фактором сложности является многопричинность инцидентов: нарушения стабильности обусловлены комбинацией объема и сложности изменений, качества тестирования, характеристик релизного окна, репрезентативности тестовых сред и организационных условий внедрения. В этих условиях целесообразен вероятностный подход, который позволяет формализовать инженерные факторы и получать интегральную оценку риска, пригодную для внедрения в релизную политику.

Цель исследования

Целью исследования является разработка воспроизводимой вероятностной методики количественной оценки риска нарушения стабильности банковской информационной системы при выпуске релиза, основанной на методе имитационного моделирования Монте-Карло, а также определение правил интерпретации получаемой вероятности как управленческой метрики релизного гейта. Для достижения цели решаются следующие задачи:

- 1) формирование факторной модели релиза и определение доменов факторов;
- 2) выбор семейств распределений и правил ограничения (усечения) значений;
- 3) разработка алгоритма расчета интегральной вероятности риска и доверительного интервала;
- 4) описание процедуры параметризации и калибровки модели;
- 5) демонстрация расчетов на типовых сценариях и выполнение анализа чувствительности.

Материал и методы исследования

Материал исследования включает:

- а) сведения о релизах, извлекаемые из системы учета задач и изменений, системы управления тестированием и ITSM/мониторинга;
- б) экспертные оценки, используемые при отсутствии достаточной статистики;
- в) синтетические сценарии, позволяющие продемонстрировать работу модели в условиях ограниченного набора наблюдений. [2]

Методологически работа опирается на риск-ориентированную постановку задачи: требуется оценить вероятность события S , где S означает нарушение стабильности в пострелизном окне наблюдения. Под нарушением стабильности в статье понимается

наступление хотя бы одного из событий: критический инцидент в заданном окне, выполнение отката, либо нарушение регламентного окна внедрения. Факторная модель задается в виде набора случайных величин $F = F_{size}, F_{complex}, F_{test}, F_{def}, F_{window}, F_{env}, F_{is}, F_{rb}$, соответствующих объему релиза, сложности изменений, качеству тестирования, дефектности до релиза, сжатию релизного окна, репрезентативности тестовых сред, наличию нерешенных замечаний информационной безопасности и готовности отката.

Для вычисления вероятности $P(S)$ используется имитационное моделирование Монте-Карло. На k -й итерации ($k = 1..N$) генерируется реализация факторов $F^{(k)}$, далее вычисляется риск-скор $R^{(k)}$ и индикатор события $I^{(k)} = 1R^{(k)} \geq \tau$. Интегральная оценка риска определяется как:

$$p_{risk} = (1/N) * \sum_{k=1..N} I^{(k)}. \quad (0.1)$$

Для p_{risk} вычисляется доверительный интервал по биномиальной модели, что позволяет количественно учитывать статистическую неопределенность оценки.

Риск-скор R рассчитывается как нормированная взвешенная сумма факторных вкладов:

$$R = \sum w_i * g_i(F_i), \quad (0.2)$$

где $g_i(\dots)$ – функции приведения факторов к единой шкале $[0;1]$ (например, линейная нормализация или кусочно-линейные функции), w_i – веса факторов. В качестве альтернативы применяется логистическая модель:

$$P(S|F) = 1 / \left(1 + \exp \left(- (a + \sum b_i * g_i(F_i)) \right) \right), \quad (0.3)$$

в которой параметры a, b_i калибруются на исторических релизах. В обоих случаях порог τ или уровень вероятности $P(S|F)$ служит релизным гейтом.[3]

Параметризация распределений факторов выполняется в два этапа. На первом этапе формируются априорные распределения на основе экспертной элицитации, включая указание ожидаемого значения, диапазона и формы распределения (например, Triangular для объема релиза, Beta для долевых характеристик в интервале $[0;1]$, Poisson для счетных величин). На втором этапе проводится калибровка по данным: параметры уточняются путем минимизации ошибки вероятностного прогноза (например, по Brier score) и проверки калибровки (reliability).[4]

Результаты исследования и их обсуждение

Демонстрационный эксперимент выполнен на трех сценариях релиза, отражающих типовые условия внедрения:

- S1 – малый релиз с высокой репрезентативностью сред и достаточным релизным окном;
- S2 – средний релиз при умеренном сжатии окна;
- S3 – крупный релиз с повышенной сложностью, умеренно сниженным качеством тестирования и более выраженным сжатием окна. [5]

В Таблице 1 приведен пример параметризации ключевых факторов для сценария S3.

Таблица 1 – Пример параметризации распределений для ключевых факторов

Фактор	Обозначение	Распределение (ограничения)	Смысл / интерпретация
Размер релиза (число задач)	F_{size}	Triangular(70; 95; 130)	Объем изменений; прокси нагрузки и разнообразия
Сложность изменений	$F_{complex}$	Poisson($\lambda=6$), ограничение 0..10	Техническая сложность и интеграционность
Качество тестирования	F_{test}	Beta(6;4), диапазон 0..1	Доля обеспеченности тестированием/покрытием
Дефектность до релиза	F_{def}	Poisson($\lambda=3$), ограничение 0..10	Нагрузка дефектов, выявленных до выпуска
Сжатие релизного окна	F_{window}	Normal($\mu=0,25$; $\sigma=0,08$), усечение [0;0,40]	Относительное сжатие окна по сравнению с планом
Репрезентативность сред	F_{env}	Beta(18;2), диапазон 0..1	Сходство тестовой/предпрод среды с продуктивом
Нерешенные замечания ИБ	F_{is}	Bernoulli($p=0,25$)	Наличие критических/значимых замечаний безопасности
Готовность отката	F_{rb}	Beta(8;2), диапазон 0..1	Готовность плана отката и технических процедур

Источник: разработано автором.

В ходе моделирования выполнено $N = 100\ 000$ прогонов для каждого сценария. Полученные оценки вероятности нарушения стабильности представлены на Рисунке 1.

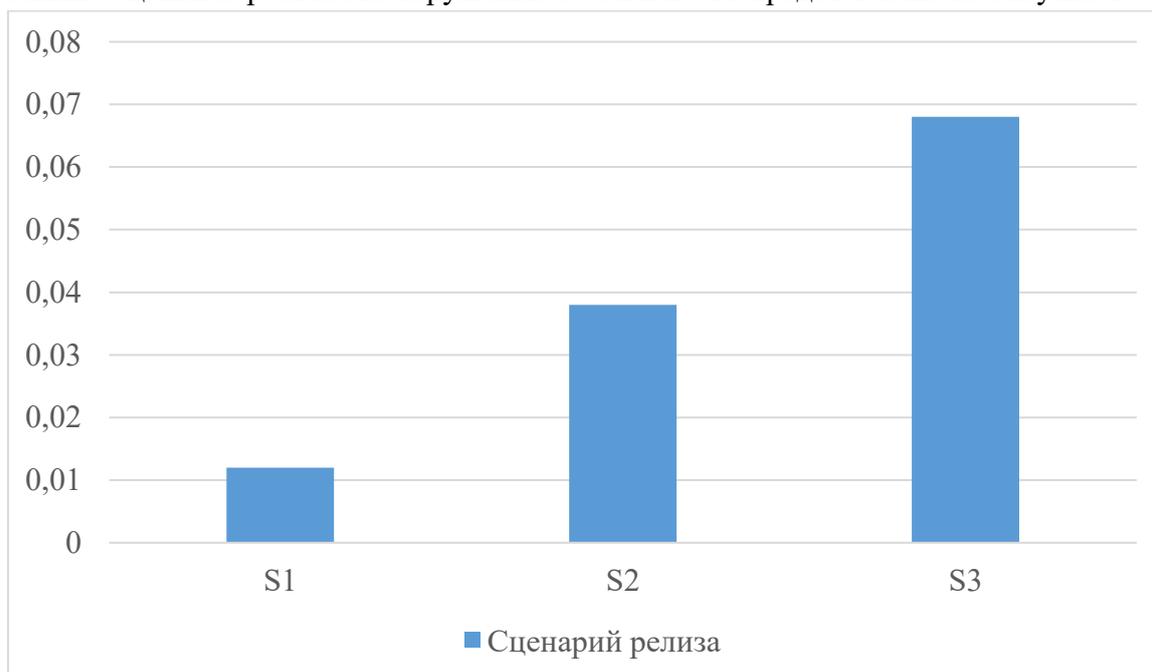


Рисунок 1- Оценка вероятности нарушения стабильности по сценариям релиза

Для сценариев S1–S3 получены следующие демонстрационные оценки p_{risk} : 0,012, 0,038 и 0,068 соответственно. Интерпретационно значение 0,068 означает, что при сопоставимых условиях примерно один из пятнадцати релизов может завершиться нарушением стабильности в заданном пострелизном окне. Для систем высокой критичности такая частота может быть признана неприемлемой и требует либо усиления мер контроля, либо переноса релиза.

Анализ чувствительности выполнялся методом последовательной вариации факторов при фиксировании остальных параметров на медианном уровне. Наибольшее влияние на p_{risk} в демонстрационном эксперименте показали репрезентативность сред F_{env} , качество тестирования

F_{test} и готовность отката F_{rb} . Рост объема и сложности релиза (F_{size} , $F_{complex}$) усиливал риск прежде всего через ухудшение распределения F_{test} и увеличение дефектности F_{def} в сценарных настройках. Наличие нерешенных замечаний информационной безопасности ($F_{is} = 1$) выступало как фактор с дискретным скачком риска, что отражает практику запретов/ограничений на внедрение при неустранимых замечаниях.

Отдельно отмечается роль ограничений распределений. Усечение нормального распределения для F_{window} на интервале $[0; 0,40]$ предотвращает получение нефизических значений и стабилизирует итоговую оценку p_{risk} при небольших изменениях параметров. Таким образом, ограниченная параметризация повышает воспроизводимость и интерпретируемость модели, что особенно важно при ограниченном объеме исторических данных.

Выводы

1) Предложена вероятностная методика оценки риска нарушения стабильности банковской информационной системы при выпуске релиза, основанная на моделировании Монте-Карло и факторной параметризации условий релиза.

2) Сформирован воспроизводимый порядок задания распределений факторов, включая домены и ограничения, позволяющий применять методику при дефиците статистики за счет экспертных априорных оценок и последующей калибровки по данным.

3) Показано, что интегральная вероятность риска может использоваться как управленческая метрика релизного гейта и как основание для выбора мер снижения риска, а анализ чувствительности позволяет ранжировать приоритетные направления улучшений (тестирование, репрезентативность сред, готовность отката).

4) Для практического внедрения методики необходимы: формализация целевого события нарушения стабильности, обеспечение качества данных о релизах и инцидентах, а также регулярная перекалибровка параметров с учетом изменения процессов и технологического ландшафта.

Список литературы

1. ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models.

2. Brier G.W. Verification of forecasts expressed in terms of probability. *Monthly Weather Review*, 1950.
3. Goessling H.F., Jung T. A probabilistic verification score for contours: methodology and application to ensemble forecasts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2018.
4. Janssen H. Monte-Carlo based uncertainty analysis: Sampling efficiency and error. *Reliability Engineering & System Safety*, 2013.
5. Lysytsia D.O., Bulba S.S. Classification of methods assessment and management risk development software. (UDC 004.422), 2016.

References

1. ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models.
 2. Brier G.W. Verification of forecasts expressed in terms of probability. *Monthly Weather Review*, 1950.
 3. Goessling H.F., Jung T. A probabilistic verification score for contours: methodology and application to ensemble forecasts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2018.
 4. Janssen H. Monte-Carlo based uncertainty analysis: Sampling efficiency and error. *Reliability Engineering & System Safety*, 2013.
 5. Lysytsia D.O., Bulba S.S. Classification of methods assessment and management risk development software. (UDC 004.422), 2016.
-