

СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ ERP-СИСТЕМ

Резчиков А.Ф.,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
rw4cy@mail.ru

Кушников В.А., Богомолов А.С., Селютин А.Д.

Саратовский научный центр РАН, Саратов, Россия
kushnikoff@yandex.ru, alexbogomolov@yandex.ru, aseliutin@ya99.ru

Аннотация. В работе рассматривается управление качеством ERP-систем. Разработана математическая модель на основе системно-динамического подхода для анализа 21 параметра из ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 с использованием AnyLogic. Модель улучшает оценку реализуемости и сопровождения ERP-систем.

Ключевые слова: ERP-система, качество программного обеспечения, системная динамика, функциональность, надежность, обслуживаемость.

Введение

В настоящее время многие организации повсеместно используют интегрированные системы управления ресурсами предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP), которые играют ключевую роль в обеспечении надежной и эффективной работы в различных областях бизнеса. Эти системы позволяют автоматизировать и оптимизировать многочисленные бизнес-процессы, начиная от управления запасами и производством до финансового учета и управления персоналом. Однако важнейшим аспектом их успешного функционирования является высокое качество используемого программного обеспечения.

Управление качеством программного обеспечения является критически важным фактором для обеспечения бесперебойной и безопасной работы программных систем. Ошибки или сбои в ERP-системах могут привести к значительным финансовым потерям для организации, затрудняя выполнение ключевых бизнес-процессов и ставя под угрозу её финансовую устойчивость. В этом контексте становится очевидной необходимость разработки эффективных методологий и инструментов, направленных на улучшение качества ERP-систем.

Целью данного исследования является разработка комплексного математического и программного обеспечения, предназначенного для анализа и управления качеством ERP-систем на основе методов системной динамики. Такой подход позволит эффективно управлять рисками, возникающими в сферах производства, и обеспечивать надежность работы этих систем. В частности, в рамках исследования проводится углубленный анализ, направленный на выявление основных факторов, влияющих на качество ERP-систем. Это позволит разработать инновационные подходы и методы, обеспечивающие эффективное управление этими факторами, что, в свою очередь, приведет к повышению надежности и стабильности систем организации.

Таким образом, исследование не только обосновывает необходимость разработки новых методологий и инструментов, но и предлагает конкретные пути их реализации. Это включает в себя создание моделей и алгоритмов, которые помогут организациям более точно оценивать и улучшать качество своих ERP-систем. Результаты данной работы будут способствовать улучшению качества ERP-систем, что приведет к повышению общей эффективности и безопасности финансовых операций предприятий. Улучшенные ERP-системы позволят организациям более эффективно справляться с возникающими проблемами и адаптироваться к изменениям в бизнес-среде, обеспечивая долгосрочную устойчивость и конкурентоспособность на рынке.

1. Материалы и методы

Использование параметров качества, определенных в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015, является критически важным для создания и разработки модели оценки качества ERP-систем. Это необходимо для обеспечения систематической и всесторонней оценки различных аспектов производительности, надежности, безопасности и других ключевых характеристик ERP-систем, которые играют значимую роль в управлении рисками в производственной деятельности [1-4]. Такой стандарт позволяет более детально и комплексно анализировать, и оценивать качество ERP-систем, что способствует повышению их эффективности и устойчивости.

В рамках данного исследования будет использован аппарат системной динамики для моделирования различных сценариев эксплуатации ERP-систем [5]. Применение системной динамики как инструмента для моделирования позволяет учесть множество переменных и факторов, влияющих на работу ERP-системы. Это дает возможность более точно прогнозировать ее поведение в условиях изменяющихся требований и рисков.

Такой подход особенно важен в условиях динамически меняющейся внешней среды, где требования к ERP-системам могут существенно варьироваться в зависимости от различных факторов, таких как экономическая ситуация, изменения в законодательстве, технологические новшества и другие внешние воздействия. Моделирование с использованием системной динамики позволяет адаптировать ERP-систему к этим изменениям, обеспечивая ее стабильную и эффективную работу.

Кроме того, системная динамика позволяет выявлять потенциальные проблемы и узкие места в функционировании ERP-системы на ранних этапах, что способствует более своевременному их устранению и минимизации рисков, связанных с производственной деятельностью. Таким образом, использование стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 в сочетании с методами системной динамики представляет собой мощный инструмент для обеспечения высокого качества и надежности ERP-систем.

2. Литературный обзор

Проведен сравнительный анализ ряда исследований, которые касаются анализа качества ERP-систем в финансовом секторе. В каждом из этих исследований использовались различные методы и подходы для оценки качества ERP-систем, и каждый из них имеет свои сильные и слабые стороны:

- В исследовании [6] был применен метод анализа иерархий (АИР) для оценки качества ERP-систем. В результате данного исследования были выявлены основные факторы, оказывающие значительное влияние на качество ERP-систем. Однако, несмотря на полезные выводы, данное исследование имеет определенные недостатки. Во-первых, отсутствует подробное описание процедуры анализа иерархий, что затрудняет воспроизведение результатов и проверку их достоверности. Во-вторых, объем обрабатываемых данных был ограничен, что может снизить общую точность и представительность полученных результатов;
- В исследовании [7] был проведен сравнительный анализ качества ERP-систем на основе экспертных оценок. Этот подход позволил выявить ключевые параметры, влияющие на качество ERP-систем, а также определить взаимосвязи между ними. Однако, существенным недостатком данного метода является его зависимость от субъективных оценок экспертов. Субъективность может привести к искажению реальной картины качества ERP-систем, так как мнения экспертов могут не всегда точно отражать объективное состояние систем;
- В исследовании [8] анализ качества ERP-систем в финансовом секторе был выполнен на основе статистических данных и использования метрик качества. Это позволило выявить основные проблемы и недостатки ERP-систем, а также предложить рекомендации по их улучшению. Тем не менее, данный подход также имеет свои ограничения. Использование ограниченного объема статистических данных может снизить точность и надежность выводов. Кроме того, использование универсальных метрик качества, которые не всегда учитывают специфические особенности финансового сектора, может привести к неполной оценке качества ERP-систем;
- В исследовании [9] был проведен анализ качества ERP-систем с использованием метода машинного обучения для предсказания отказов и анализа производительности. В данном исследовании использовались большие объемы данных, собранных из различных источников, что позволило получить более детальную картину функционирования ERP-систем. В результате были выявлены ключевые индикаторы, сигнализирующие о возможных проблемах, и разработаны модели для прогнозирования отказов. Основным преимуществом данного исследования является использование передовых технологий и большой объем данных, что повышает точность и надежность результатов. Однако, сложность моделей машинного обучения и необходимость в значительных вычислительных ресурсах могут ограничивать их применение на практике.

По итогам проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод, что каждое из рассмотренных исследований имеет свои уникальные преимущества, но также и определенные недостатки. Основные проблемы, выявленные в существующих исследованиях, связаны с ограниченностью данных, субъективностью экспертных оценок и недостаточной детализацией применяемых методов анализа. Для более точного и всестороннего анализа качества ERP-систем в финансовом секторе необходимо разработать модель, которая будет учитывать разнообразные аспекты

и факторы качества программного обеспечения. Такая модель должна опираться на комплексный подход, включающий как объективные данные, так и структурированные методики оценки, чтобы обеспечить более достоверную и полную картину состояния ERP-систем.

3. Разработка модели

При разработке математической модели для оценки качества ERP-систем был выбран обширный набор параметров, основанный на стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Из этого стандарта было выделено и применено 21 параметр, характеризующий качество программного обеспечения. Эти параметры включают в себя различные аспекты, такие как функциональная пригодность, производительность, надежность, удобство использования, безопасность, совместимость, переносимость и другие критически важные характеристики.

Кроме того, для более точной и реалистичной оценки работы ERP-системы в условиях реальной эксплуатации, были также выбраны и учтены 5 ключевых возмущений. Эти возмущения представляют собой различные внешние и внутренние факторы, которые могут оказывать значительное влияние на функционирование и производительность ERP-системы.

Все данные переменные и возмущения подробно описаны в исследованиях, где приводятся их характеристики, методы измерения и влияния на общую производительность и надежность ERP-системы [10]. Этот всесторонний подход к выбору параметров и возмущений позволяет разработать более точную и эффективную математическую модель, которая способна учитывать широкий спектр факторов и условий, влияющих на качество ERP-систем. Таким образом, обеспечивается комплексная и многогранная оценка, что является залогом создания высококачественных и надежных ERP-систем, способных удовлетворять современные требования и выдерживать различные нагрузки и изменения в условиях реального использования.

3.1. Модель нечеткой логики

Для сбора и анализа данных о качестве программного обеспечения была разработана и использована модель нечеткой логики. Эта модель была тщательно спроектирована для того, чтобы учитывать множество факторов и переменных, влияющих на качество программного обеспечения, что позволяет получать более точные и объективные оценки.

Основным элементом модели является функция принадлежности, которая определяет степень принадлежности различных значений выходной переменной к разным качественным категориям. График функции принадлежности выходной переменной, который наглядно демонстрирует распределение и градацию качества, представлен на рисунке 1.

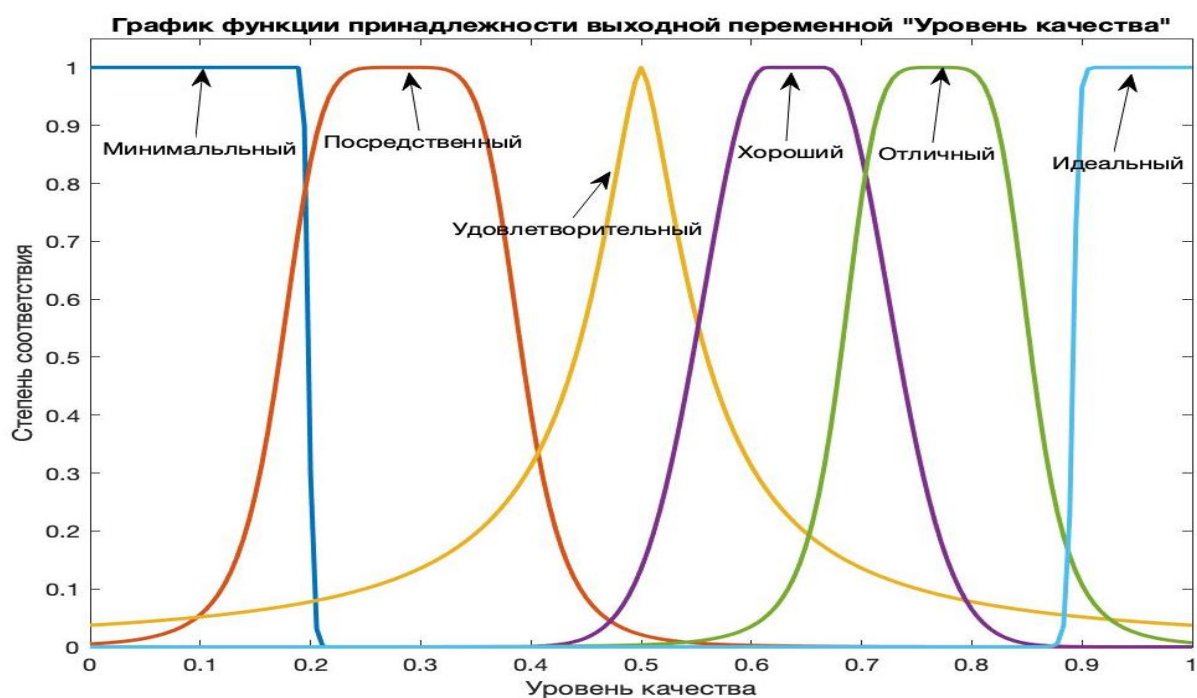


Рис. 1. График функции принадлежности выходной переменной «Уровень качества» модели нечеткой логики

Этот график иллюстрирует, как различные значения параметров качества программного обеспечения интерпретируются моделью нечеткой логики и как они влияют на общую оценку качества.

Модель нечеткой логики была выбрана для данной задачи благодаря ее способности работать с неточными и неопределенными данными, что особенно важно при оценке сложных систем, таких как ERP-системы. Нечеткая логика позволяет учитывать не только точные значения, но и их диапазоны, что делает модель более гибкой и адаптивной к реальным условиям эксплуатации программного обеспечения.

Кроме того, для построения и настройки модели были использованы экспертные оценки и эмпирические данные, собранные в ходе эксплуатации различных ERP-систем. Это позволило создать более точную и надежную модель, которая учитывает широкий спектр факторов, влияющих на качество программного обеспечения. В результате, полученные данные и их анализ обеспечивают более глубокое понимание текущего состояния качества программного обеспечения и позволяют выявить области, требующие улучшения.

Таким образом, разработанная модель нечеткой логики и соответствующий график функции принадлежности выходной переменной являются важными инструментами для сбора и анализа данных о качестве программного обеспечения. Эти инструменты помогают более эффективно оценивать и улучшать качество ERP-систем, что в конечном итоге способствует повышению их производительности, надежности и удовлетворенности пользователей.

3.2. Системно-динамическая модель

Далее был разработан графа причинно-следственных связей. На основе этого графа и собранных статистических данных были построены уравнения регрессии, выражающие зависимости между различными параметрами и показателями качества ERP-систем. Этот шаг позволил более детально и точно определить влияние каждого параметра на общую производительность и надежность системы.

После построения уравнений регрессии была составлена система дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши в частном виде. Эта система уравнений описывает динамические процессы в ERP-системе и позволяет моделировать их поведение во времени. Такой подход позволяет более реалистично представить динамику изменения различных параметров качества и эффективности ERP-системы под воздействием различных факторов и условий.

На основе разработанной математической модели была затем реализована системно-динамическая модель в программной среде AnyLogic. Эта модель позволяет визуализировать и анализировать сложные взаимосвязи и влияния между различными компонентами ERP-системы. Структура реализованной системно-динамической модели представлена на рисунке 2, который наглядно демонстрирует взаимосвязи между различными элементами ERP-системы и способы их взаимодействия.

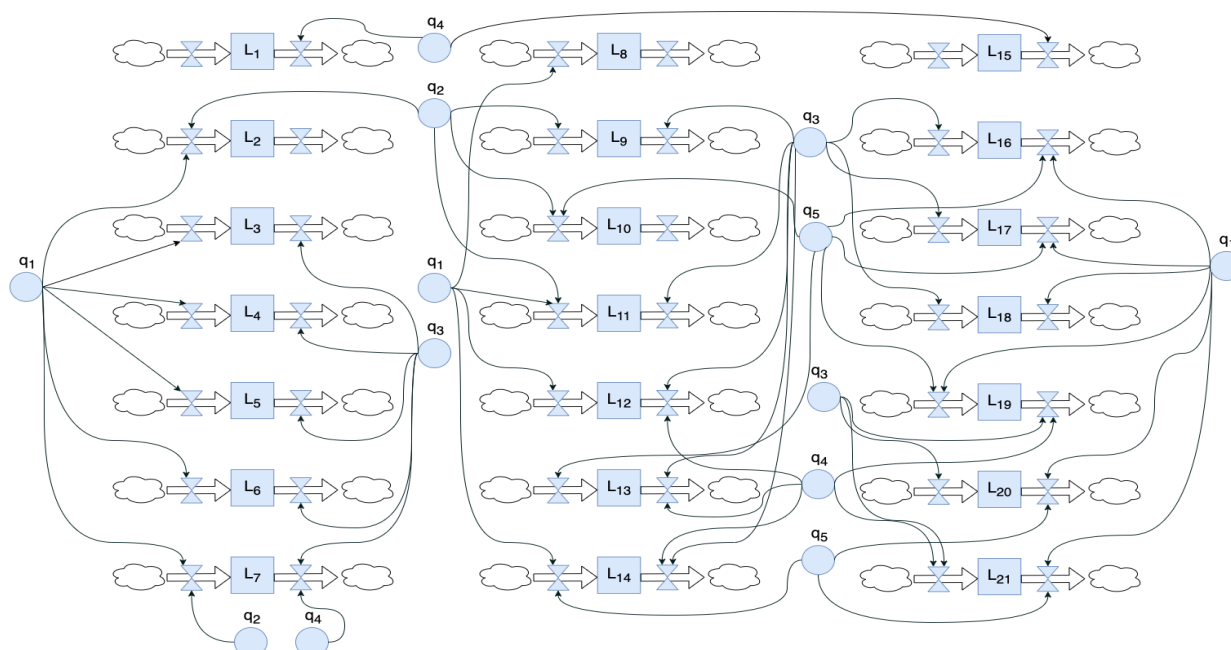


Рис. 2. Структура системно-динамической модели

3.3. Модельный эксперимент

В результате модельного эксперимента на ERP-системе Odoo было обнаружено, что в момент времени $t=0,38$ не обеспечивается надлежащий уровень качества программного обеспечения, как показано на рисунке 3.

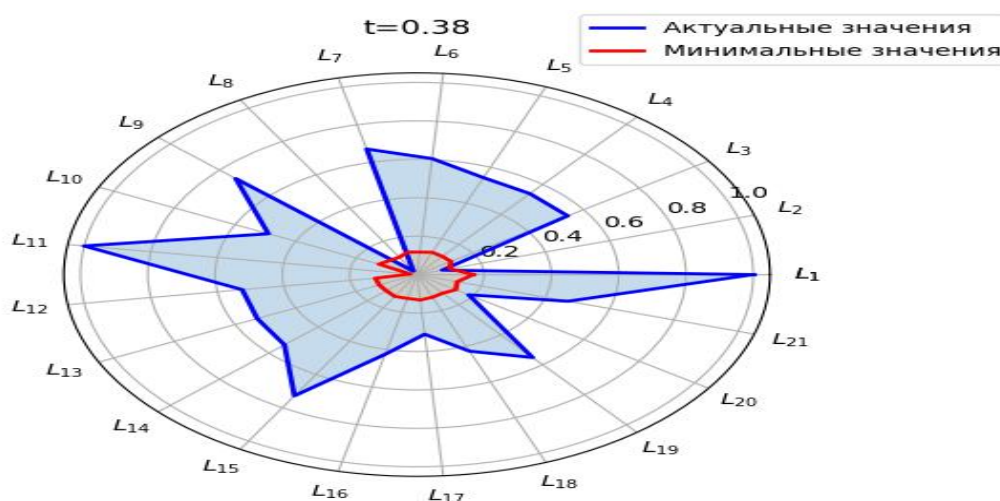


Рис. 3. Критическая ситуация необеспечения надлежащего уровня качества ERP-системы в момент времени

На основе данной критической ситуации были сформированы правила продукции для исправления ситуации и ее переконфигурации. С учетом изменений в следующем модельном эксперименте не возникло критических ситуаций.

4. Заключение

В заключение можно отметить, что была создана модель системной динамики для оценки качества ERP-систем в рамках исследования. Эта модель учитывает различные аспекты, влияющие на качество ERP-систем, такие как функциональность, надежность, производительность и удовлетворенность пользователей, а также другие параметры из стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015.

Для проверки эффективности модели был проведен модельный эксперимент, в котором использовались данные по реальным ERP-системам в виде различных сценариев и входных параметров. Результаты эксперимента показали, что созданная модель системной динамики является эффективным инструментом для оценки качества ERP-систем. Она помогает выявить слабые стороны системы и предложить рекомендации по их улучшению.

В дальнейшем исследовании будут рассмотрены возможности расширения разработанной модели системной динамики, включая более точные математические модели и учет дополнительных факторов, влияющих на качество ERP-систем.

Литература

1. Селютин А.Д., Большелатов М.А., Зайцев Е.П. Моделирование системы повышения качества программного обеспечения с использованием модели ISO 9126 // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: Материалы XVII Международной научно-практической конференции, Саратов, 08–09 апреля 2021 года. Саратов: ИЦ "Наука", 2021. С. 177-187.
2. Селютин А.Д., Большелатов М.А., Кушников В.А. Анализ качества Oracle ERP Cloud // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 4-2. С. 118-121.
3. Селютин А.Д., Кушников В.А. Анализ качества ERP-систем с открытым исходным кодом с использованием модели нечеткого вывода // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: Материалы XIX Международной научно-практической конференции, Саратов, 13–14 апреля 2023 года. Саратов: ИЦ "Наука", 2023. С. 654-664.
4. Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Богомолов А.С. [и др.]. Математические модели и методы анализа выполнимости планов управления сложными системами в условиях критических комбинаций событий. Саратов: Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, 2023. 128 с.

5. *Selyutin, A.D. et al.* Models and Algorithms for Analysis the Software Quality of the System of Automatic Segmentation and Pathology Analysis of the Lumbar Spine MRI Images. In: Silhavy, R. (eds) Software Engineering Perspectives in Systems. CSOC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 501. Springer, Cham, P. 112-121.
6. *Артамонова Т.Е., Овсянникова А.В., Воробьева А.В., Попович А.Э.* ERP-системы. Эффективность и проблематика внедрения ERP-систем // *Естественные и технические науки*. 2016. № 4(94). С. 173-174.
7. *Любенко Д.В.* Обзор и сравнительный анализ ERP-систем // *Студенческая наука для развития информационного общества: сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции, Ставрополь, 22–26 мая 2017 года. Том Часть 1.* Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2021. С. 222-224.
8. *Ягант Т.В.* Использование ERP-систем в финансовых организациях // *Электронный бизнес. Управление интернет-проектами. Инновации: Сборник трудов участников IX Международной студенческой научно-практической конференции, Москва, 14–16 марта 2017 года / Ответственный редактор В.В. Корнилов.* Москва: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", 2023. С. 102-106.
9. *Делдошпоева С.В.* ERP-системы как инструмент интеграции IT-архитектуры и бизнес-архитектуры предприятия // *Наука молодых - будущее России: сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах, Курск, 15–16 декабря 2016 года / Юго-Западный государственный университет. Том 2.* Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2020. С. 274-277.
10. *Севастьянова, Д. С.* Технология ERP-систем как средство цифровой трансформации // *ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 26 мая 2022 года.* Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. С. 39-43.