Повышение эффективности эксплуатации ERP-систем на основе сквозной наблюдаемости

Немцов М.Л.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

mlnemtsov@stud.etu.ru

Аннотация. **Рассматривается проблема повышения эффективности эксплуатации ERP-систем на основе сквозной наблюдаемости. Предложен подход, объединяющий концепцию представления ERP-ландшафта через взаимосвязанные сущности, типизированную многослойную модель и метод контекстной корреляции наблюдений. Представлена архитектура системы сквозной наблюдаемости, обеспечивающая сбор, хранение и совместный анализ разнородных данных о функционировании ERP-систем. Применение предложенного подхода создаёт предпосылки для повышения эффективности выявления, локализации и анализа причин отклонений в работе ERP-систем.**

Ключевые слова: ERP-системы; сквозная наблюдаемость; ERP-ландшафт; сущность наблюдаемости; многослойная модель; контекстная корреляция; мониторинг

I. Введение

Современные ERP-системы представляют собой сложные распределённые программные комплексы, объединяющие прикладные информационные системы, технологические платформы, системы управления базами данных, средства межсистемной интеграции и вычислительную инфраструктуру [1]. Функционирование таких систем непосредственно связано с выполнением ключевых бизнес-процессов предприятия, поэтому нарушения в работе отдельных компонентов могут приводить к снижению производительности, задержкам выполнения операций и нарушению непрерывности производственной и хозяйственной деятельности.

После включения распоряжением Правительства РФ ERP-систем в перечень типовых отраслевых объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) [2] вопросы обеспечения их надёжной эксплуатации приобретают особую актуальность.

Традиционные средства мониторинга преимущественно ориентированы на контроль состояния отдельных аппаратных, инфраструктурных и программных компонентов. Несмотря на возможность регистрации технических отклонений, получаемые данные зачастую рассматриваются разрозненно, без установления их взаимосвязей с выполняемыми прикладными операциями и бизнес-процессами. В результате выявление и локализация причин нарушений, особенно возникающих при взаимодействии нескольких компонентов ERP-системы, требуют дополнительного анализа разнородной диагностической информации.

II. Концепция сквозной наблюдаемости ERP-систем

Современные ERP-системы целесообразно рассматривать не как отдельные программные продукты, а как ERP-ландшафт — совокупность взаимосвязанных аппаратных, инфраструктурных, технологических, прикладных и бизнес-компонентов, совместно обеспечивающих выполнение бизнес-процессов предприятия. Такой подход позволяет учитывать зависимости между компонентами различных уровней и рассматривать их функционирование в едином контексте.

В основе концепции сквозной наблюдаемости ERP-систем лежит понятие *сущности наблюдаемости* (Observability Entity) — объекта ERP-ландшафта, характеризуемого собственным состоянием, набором наблюдаемых характеристик и отношениями с другими сущностями [3]. В качестве сущностей могут выступать физические серверы, экземпляры СУБД, процессы технологической платформы, прикладные информационные системы, пользовательские сеансы, электронные документы и бизнес-операции.

На рис. 1 показана эволюция развития методов наблюдения за информационными инфраструктурами и системами.

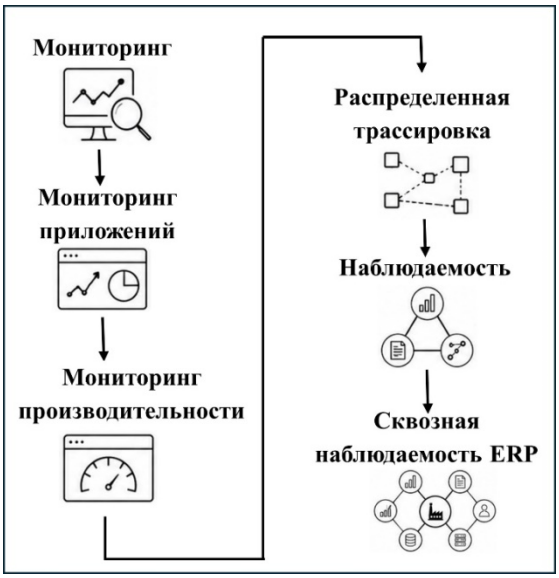


Рис. 1. Эволюция развития наблюдения в IT

Принципиальным отличием сквозной наблюдаемости от традиционного компонентного мониторинга является установление взаимосвязей между наблюдениями, относящимися к различным сущностям и уровням ERP-

ландшафта. Это позволяет переходить от регистрации отдельных технических событий к анализу их влияния на выполнение прикладных операций и бизнес-процессов. При этом анализ может выполняться как от выявленного технического отклонения к затронутым бизнес-операциям, так и в обратном направлении – от нарушения выполнения бизнес-операции к связанным с ней компонентам ERP-системы.

Под *сквозной наблюдаемостью ERP-системы* автором предлагается понимать свойство информационной системы обеспечивать получение, объединение, корреляцию и интерпретацию данных о состоянии взаимосвязанных сущностей наблюдаемости, принадлежащих различным уровням архитектуры ERP-системы, с целью оценки технического и функционального состояния системы и выполняемых в ней бизнес-процессов [3].

Таким образом, концепция сквозной наблюдаемости формирует основу для согласованного представления разнородных данных о функционировании ERP-системы и их последующего анализа с учётом межуровневых взаимосвязей [4].

III. Модель и метод сквозной наблюдаемости ERP-систем

Для формализованного представления ERP-ландшафта разработана типизированная многослойная модель сквозной наблюдаемости, объединяющая сущности различных уровней, отношения между ними, наблюдения и контексты их интерпретации.

Модель представляется в виде: $M = \langle G, X, K, V, F \rangle$, где (G) – типизированный многослойный граф сущностей ERP-ландшафта и отношений между ними; (X) – множество наблюдений; (K) – множество контекстов наблюдаемости; (V) – множество сущностей наблюдаемости; (F) – семейство функций интерпретации и установления связей наблюдений.

В графе (G) выделяются пять взаимосвязанных уровней: физический (*phys*), инфраструктурный (*infra*), технологический (*tech*), прикладной (*app*) и бизнес-уровень (*biz*). Каждая сущность характеризуется типом, принадлежностью определённому уровню и отношениями с другими сущностями. При этом ERP-ландшафт представляется не как линейная иерархия компонентов, а как граф, допускающий сложные межуровневые связи.

Множество (X) включает разнородные наблюдения, получаемые из компонентов ERP-системы: показатели использования вычислительных ресурсов, события СУБД, сведения о технологических процессах и сеансах, результаты выполнения прикладных операций. Одно наблюдение может быть связано с несколькими сущностями, что позволяет учитывать зависимости между компонентами различных уровней.

Типизация сущностей и отношений позволяет учитывать различия между компонентами ERP-ландшафта и характером их взаимодействия. Например, отношение между сервером и размещённым на нём технологическим процессом отличается от отношения между пользовательским сеансом и выполняемой прикладной операцией. Включение таких отношений в единую модель обеспечивает возможность анализа зависимостей между сущностями различных уровней.

При этом множество наблюдений рассматривается отдельно от множества сущностей. Такой подход позволяет связывать с одной сущностью несколько разнородных наблюдений, а отдельное наблюдение — с несколькими сущностями. Контексты наблюдаемости объединяют соответствующие сущности и наблюдения по признаку их принадлежности определённой операции или бизнес-объекту, формируя основу для сквозного анализа функционирования ERP-системы.

Особое значение в модели имеет контекст наблюдаемости, объединяющий сущности и наблюдения, относящиеся к определённой прикладной операции, бизнес-объекту или процессу. Например, контекст выполнения производственного заказа может включать документы ERP-системы, операции складской системы, сеансы пользователей, обращения к СУБД и задействованные вычислительные ресурсы.

Для формирования таких контекстов разработан метод контекстной корреляции наблюдений. Метод предусматривает обработку поступающих наблюдений, определение связанных с ними сущностей ERP-ландшафта, установление отношений и включение наблюдений в соответствующие контексты: $R_{XV} \subseteq X \times V$.

На первоначальном этапе выполняется анализ признаков наблюдения, включая идентификаторы компонентов, сеансов, операций и бизнес-объектов. На их основе определяется множество сущностей, с которыми может быть связано наблюдение. Если соответствующие сущности не установлены, наблюдение сохраняется для последующего сопоставления при появлении дополнительных данных.

На следующем этапе анализируются отношения между установленными сущностями и существующие контексты наблюдаемости. При наличии достаточных признаков наблюдение связывается с соответствующим контекстом; в противном случае возможно формирование нового контекста или сохранение наблюдения без контекстной принадлежности. Такой подход позволяет обрабатывать как однозначные, так и неоднозначные связи между наблюдениями и компонентами ERP-ландшафта.

Результатом применения метода является формирование взаимосвязанного представления технических и прикладных данных, относящихся к определённой операции или бизнес-объекту.

Контекстная корреляция отличается от простого сопоставления наблюдений по времени возникновения. Основой установления взаимосвязей выступают сведения о сущностях ERP-ландшафта, отношениях между ними и признаках принадлежности наблюдений определённым операциям. В результате наблюдения, зарегистрированные различными источниками телеметрии, могут быть объединены в общий контекст даже при различии их форматов, состава атрибутов и уровня детализации.

Сформированный контекст позволяет выполнять анализ в двух направлениях: от обнаруженного технического отклонения к связанным прикладным операциям и от нарушения выполнения бизнес-операции

к задействованным компонентам ERP-ландшафта. Это особенно важно для распределённых ERP-систем, в которых выполнение одной операции может сопровождаться взаимодействием нескольких прикладных систем, технологических процессов и компонентов инфраструктуры.

Например, при увеличении времени проведения документа в системе «1С:Предприятие» контекстный анализ позволяет сопоставить длительность прикладной операции, активность соответствующего пользовательского сеанса, сведения о блокировках СУБД и показатели загрузки вычислительных ресурсов. При этом наличие взаимосвязей между наблюдениями само по себе не доказывает причинно-следственную зависимость, но позволяет определить связанные компоненты и сузить область дальнейшей диагностики.

Таким образом, совместное применение модели и метода обеспечивает переход от анализа отдельных технических показателей к контекстному анализу функционирования ERP-системы. Установление межуровневых взаимосвязей создаёт предпосылки для сокращения времени локализации отклонений и повышения обоснованности диагностических выводов.

IV. Архитектура системы сквозной наблюдаемости ERP-систем

Для практической реализации предложенных модели и метода разработана архитектура системы сквозной наблюдаемости ERP-систем, предусматривающая сбор, передачу, хранение, корреляцию и анализ разнородных данных о функционировании ERP-ландшафта.

Архитектура системы сквозной наблюдаемости должна обеспечивать последовательное преобразование разнородных наблюдений в связанное представление состояния ERP-ландшафта: *формирование наблюдений → сбор → транспортировка → хранение → корреляция → интерпретация → аналитическое представление*.

Архитектура включает пять основных функциональных подсистем: формирования и сбора наблюдений, транспортировки данных, хранения наблюдений и модели ERP-ландшафта, контекстной корреляции и интерпретации, аналитического представления результатов. Источниками наблюдений выступают компоненты всех пяти уровней ERP-ландшафта — от аппаратного обеспечения и инфраструктуры до прикладных систем и выполняемых бизнес-операций. Обобщённая архитектура системы сквозной наблюдаемости ERP-систем представлена на рис. 2.

Важнейшим архитектурным принципом является функциональная независимость контура наблюдаемости от наблюдаемой ERP-системы. Транспортировка, хранение и обработка телеметрии выполняются вне основного ERP-ландшафта, что позволяет сохранять возможность регистрации и анализа отклонений при нарушениях функционирования его отдельных компонентов. Для снижения влияния на производственную систему предусматриваются асинхронная передача наблюдений и их последующая обработка.



Рис. 2. Обобщённая архитектура системы сквозной наблюдаемости ERP-систем

Предложенная архитектура не устанавливает жесткой зависимости между функциональными компонентами и конкретными программными технологиями их реализации. Транспортировка телеметрии, ее хранение и аналитическая обработка могут выполняться различными программными средствами при условии выполнения сформулированных требований. Это обеспечивает технологическую заменяемость компонентов и возможность адаптации системы к используемой на предприятии программно-аппаратной инфраструктуре и допускает использование различных технологических средств.

В качестве одного из вариантов реализации рассматриваются *Kafka* или *RabbitMQ* для транспортировки телеметрии, *ClickHouse* для хранения наблюдений, реляционная СУБД для представления модели и контекстов, а также специализированный сервис корреляции. Для ERP-систем на платформе «1С:Предприятие» аналитический интерфейс может быть реализован средствами той же платформы при сохранении независимости основных компонентов контура наблюдаемости.

Рассмотренные функциональные компоненты в совокупности обеспечивают последовательное преобразование исходных наблюдений в связанное представление состояния ERP-ландшафта. Взаимосвязь элементов формальной модели на различных этапах данного преобразования представлена на рис. 3. Каждый компонент архитектуры реализует определенный этап данного преобразования, сохраняя при этом логическую связь с элементами формальной модели.

На этапе формирования и сбора телеметрии из наблюдаемых компонентов ERP-ландшафта формируется множество наблюдений X. Транспортная подсистема обеспечивает асинхронную и независимую от прикладных систем передачу наблюдений в контур сквозной наблюдаемости. Подсистема хранения обеспечивает сохранение исходных наблюдений, структурного представления графа G, контекстов K, установленных связей и результатов интерпретации.

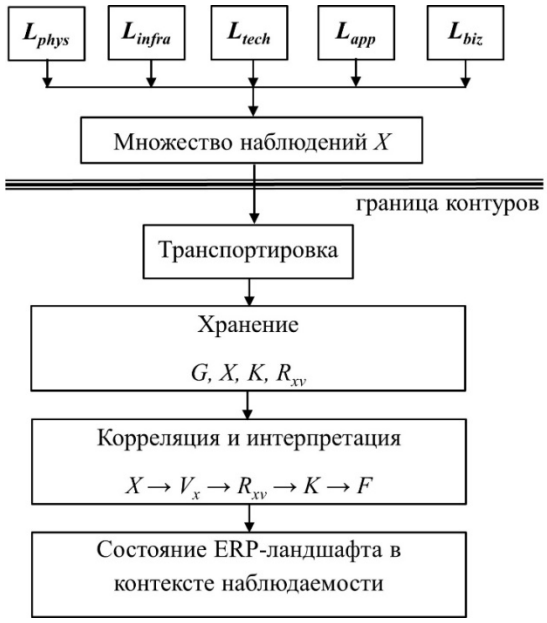


Рис. 3. Формирование сквозного представления состояния ERP-ландшафта

V. Заключение

Рассмотрен новый подход к повышению эффективности эксплуатации ERP-систем на основе сквозной наблюдаемости, объединяющий концепцию представления ERP-ландшафта через взаимосвязанные сущности, типизированную многослойную модель, метод контекстной корреляции наблюдений и архитектуру программной реализации.

Предложенные решения обеспечивают основу для совместного анализа разнородных данных о функционировании ERP-системы с учётом взаимосвязей между техническими компонентами, прикладными операциями и бизнес-процессами. Использование контекстной корреляции позволяет рассматривать возникающие отклонения не изолированно, а в связи с выполняемыми операциями, что создаёт предпосылки для повышения эффективности выявления, локализации и анализа причин нарушений.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности его применения при разработке и совершенствовании средств сопровождения крупных ERP-систем, в том числе функционирующих на платформе «1С:Предприятие».

Список литературы

[1] Немцов М.Л., Немцов Л.Б. Методология внедрения 1С:ERP на производственном предприятии // Системы управления и информационные технологии, №4(98), 2024. С. 48-51.

[2] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 февраля 2026 г. № 360-р «Об утверждении перечня типовых отраслевых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

[3] Белова Е.Ю., Немцов М.Л. Концепция сквозной наблюдаемости ERP-систем на основе сущностей // Системы управления и информационные технологии. 2026. № 3 (105). С. 43–49.

[4] Немцов Л.Б., Немцов М.Л. Сквозная наблюдаемость ERP-систем // Информационные технологии моделирования и управления, №3(145), 2026. С. 182-191.