

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЙ PROCESS MINING: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

**A COMPARATIVE ANALYSIS OF PROCESS MINING METHODOLOGIES: ASSESSING THE EFFECTIVENESS AND EFFICIENCY OF DIFFERENT TECHNIQUES IN OPTIMIZING ENTERPRISE PROCESSES**

**V. Vorobyov**

*Summary.* The article discusses an overview of the various methodological processes of data mining and a brief comparative analysis of them in terms of the effectiveness and efficiency of each methodology. The article contains a discussion of the results and concludes on the most commonly used methodologies for various types of process use cases. This article gathers valuable information about various process mining methodologies and their impact on enterprise process optimization, and will also be useful to the process mining community by providing an overview of modern process mining methodologies.

*Keywords:* process mining, comparative analysis of methodologies, conformance checking, process discovery techniques.

**Воробьев Владислав Викторович**

Аспирант, Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика

М.Ф. Решетнева

vvlad1997@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается обзор различных методологий интеллектуального анализа процессов и краткий сравнительный анализ с точки зрения эффективности и результативности каждой методологии. Статья содержит обсуждение результатов и выводы о наиболее часто используемых методологиях для различных типов сценариев использования процессов. В статье собрана ценная информация о различных методологиях интеллектуального анализа процессов и их влиянии на оптимизацию процессов предприятия, а также она будет полезна сообществу специалистов по интеллектуальному анализу процессов, поскольку содержит обзор современных методологий интеллектуального анализа процессов.

*Ключевые слова:* анализ процессов, сравнительный анализ методологий, проверка соответствия, методы обнаружения процессов.

**Р**rocess mining — это быстро развивающаяся область, которая способна значительно повысить эффективность и результативность процессов предприятия. Это достигается путем анализа и визуализации данных о процессах, обнаружения закономерностей и тенденций, выявления неэффективности и возможностей для улучшения. Однако существует несколько различных методологий процессного анализа, каждая из которых имеет свои сильные стороны и ограничения.

В последние годы использование инструментов для интеллектуального анализа процессов становится все более важным, поскольку организации стремятся повысить свою эффективность и результативность. Эти инструменты, также известные как инструменты интеллектуального анализа процессов, помогают организациям понять и оптимизировать свои бизнес-процессы путем сбора данных и предоставления информации о том, как они выполняются в настоящее время [1].

Для того чтобы определить наилучший подход для конкретной ситуации, важно сравнить и оценить различные методологии на основе определенных критериев.

Одной из ключевых методологий, используемых при разработке данных инструментов, является обнаружение процессов. Методология предполагает анализ данных из систем организации для определения конкретных шагов и решений, составляющих определенный бизнес-процесс. Полученная информация может быть использована для создания визуального представления процесса, известного как карта процесса или блок-схема, которая может быть использована для выявления узких мест, неэффективности и возможностей для улучшения.

Другой важной методологией является соответствие процесса, которое предполагает сравнение фактического выполнения процесса с его запланиро-

ванным дизайном. Это может помочь организациям выявить отклонения от стандартного процесса, например, отклонения, вызванные человеческим фактором или сбоями в системе, и предпринять корректирующие действия для улучшения процесса.

Третья методология — это совершенствование процесса, в которой используются знания, полученные в ходе обнаружения и подтверждения соответствия процесса, для внесения изменений в процесс с целью повышения его эффективности. Это может включать внесение изменений в структуру процесса, внедрение новых технологий или систем, или изменение способа выполнения процесса.

Мониторинг и контроль процессов — это методология, которая помогает организациям отслеживать результативность своих процессов во времени и внести необходимые коррективы, чтобы гарантировать, что они продолжают соответствовать своим целям и задачам. Это может включать внедрение метрик для измерения эффективности процессов и использование инструментов визуализации данных для получения четкой и действенной информации о результатах работы процессов.

Разработка методологий использования инструментов для интеллектуального анализа процессов является важнейшим аспектом повышения эффективности и результативности организации. Используя такие методы, как обнаружение, соответствие, улучшение и мониторинг процессов, организации могут получить более глубокое понимание своих бизнес-процессов и принимать основанные на данных решения по их оптимизации.

### Методология обнаружения процессов

Методология обнаружения процессов является важным инструментом для понимания и оптимизации бизнес-процессов. Она предполагает сбор данных из систем организации, таких как журналы событий, и их анализ для определения конкретных шагов и решений, составляющих определенный бизнес-процесс. Полученная информация используется для создания визуального представления процесса, известного как карта процесса или блок-схема, которая может быть использована для выявления узких мест, неэффективности и возможностей для улучшения [2].

Методология обнаружения процессов обычно начинается с извлечения данных из систем организации и их очистки для удаления неактуальной или дублирующей информации. Затем эти данные используются для

создания журнала событий, который представляет собой хронологическую запись действий, составляющих процесс.

После того как журнал событий создан, к нему применяются алгоритмы поиска процессов, чтобы определить различные шаги и решения, составляющие процесс. Эти алгоритмы используют такие методы, как обнаружение процессов, поиск процессов, обнаружение и выравнивание процессов, для анализа данных и создания карты или блок-схемы процесса.

Карта процесса или блок-схема — это визуальное представление процесса, которое показывает различные шаги и решения, составляющие процесс, а также взаимосвязи между ними. Это визуальное представление можно использовать для выявления узких мест, неэффективности и возможностей для улучшения, а также для принятия основанных на данных решений по оптимизации процесса [3].

После создания карты процесса или блок-схемы ее можно использовать для более детального анализа процесса. Это может включать определение наиболее распространенных путей прохождения процесса, выявление наиболее трудоемких или подверженных ошибкам этапов, а также определение возможностей для автоматизации или упрощения.

Методология обнаружения процессов — это мощный инструмент для понимания и оптимизации бизнес-процессов. Собирая и анализируя данные из систем организации, она обеспечивает подробное и наглядное представление процесса, которое можно использовать для выявления узких мест, неэффективности и возможностей для улучшения. Это помогает организациям принимать решения на основе данных для оптимизации процессов и повышения их общей эффективности и результативности.

### Методология соответствия процессов

Методология соответствия процессов является важным инструментом для понимания того, как бизнес-процесс фактически выполняется, и сравнения его с задуманным. Это может помочь организациям выявить отклонения от стандартного процесса, например, отклонения, вызванные человеческим фактором или сбоями в системе, и предпринять корректирующие действия для улучшения процесса.

Методология соответствия процесса обычно начинается с извлечения данных из систем организации и их очистки для удаления неактуальной или дублирующей

информации. Затем эти данные используются для создания журнала событий, который представляет собой хронологическую запись действий, составляющих процесс.

После того как журнал событий создан, к нему применяются алгоритмы интеллектуального анализа процессов, чтобы сравнить фактическое выполнение процесса с его замыслом. Это можно сделать с помощью таких методов, как выравнивание процесса, при котором журнал событий сравнивается с заранее определенной моделью процесса, или анализ отклонений процесса, при котором выявляются отклонения от стандартного процесса [4].

Метод выравнивания процесса сравнивает журнал событий с предопределенной моделью процесса, которая представляет собой представление стандартного или предполагаемого процесса. Это может помочь организациям выявить отклонения от стандартного процесса, такие как отклонения, вызванные человеческими ошибками или системными сбоями. Выравнивание процесса может быть выполнено с использованием различных методов, таких как выравнивание журнала событий с моделью с помощью мер пригодности, точности и обобщения, или выравнивание журнала событий с моделью с помощью поведения процесса.

С другой стороны, метод анализа отклонений процесса используется для выявления отклонений от стандартного процесса, таких как отклонения, вызванные человеческой ошибкой или сбоями в системе. Это может быть сделано путем сравнения журнала событий с заранее определенной моделью процесса и выявления любых различий между ними. Анализ отклонений процесса может быть выполнен с использованием различных методов, например, выявление наиболее распространенных отклонений или выявление наиболее значительных отклонений.

После выявления отклонений организация может предпринять корректирующие действия для улучшения процесса. Это может включать внесение изменений в схему процесса, внедрение новых технологий или систем, или изменение способа выполнения процесса.

Методология соответствия процессов является важным инструментом для понимания того, как бизнес-процесс фактически выполняется, и сравнения его с задуманным. Это может помочь организациям выявить отклонения от стандартного процесса, например, отклонения, вызванные человеческим фактором или сбоями в системе, и предпринять корректирующие действия для улучшения процесса. Это помогает организациям убедиться, что их процессы выполняются так, как задумано, и принимать основанные на данных

решения для оптимизации процессов и повышения их общей эффективности и результативности [5].

## Методология совершенствования процессов

Методология совершенствования процессов — это систематический подход к определению и внедрению изменений в бизнес-процесс с целью повышения его эффективности, результативности и общей производительности. Она включает в себя анализ процесса, выявление областей для улучшения, внедрение изменений и оценку результатов этих изменений [6].

Методология совершенствования процессов обычно начинается с определения процесса, который необходимо улучшить. Это может быть сделано путем выбора процесса, который является критическим для деятельности организации, или процесса, который, как известно, является неэффективным или малоэффективным. После того как процесс определен, собирается команда для его анализа и выявления областей для улучшения.

Команда начинает с анализа процесса, чтобы понять, как он выполняется в настоящее время и каковы его текущие уровни эффективности. Это может быть сделано путем сбора данных из систем организации, таких как журналы событий, и их анализа для выявления узких мест, неэффективности и возможностей для улучшения. Команда также может провести интервью с сотрудниками, вовлеченными в процесс, и наблюдать за процессом в процессе его выполнения.

После того как команда получит хорошее представление о текущем процессе и его эффективности, она может приступить к определению областей для улучшения. Это можно сделать путем анализа собранных данных и поиска закономерностей или тенденций, которые указывают на области, где процесс может быть более эффективным или результативным. Команда также может использовать такие инструменты, как картирование процесса, которые помогут визуализировать процесс и определить области для улучшения.

После выявления областей для улучшения команда может приступить к внедрению изменений в процесс. Это может включать внесение изменений в структуру процесса, внедрение новых технологий или систем или изменение способа выполнения процесса. Команда также должна разработать план мониторинга и измерения результатов изменений, который будет использоваться для оценки эффективности изменений.

Последним шагом в методологии совершенствования процесса является оценка результатов внесенных

изменений. Это можно сделать, сравнив показатели процесса до и после изменений, и определить, стал ли процесс более эффективным, результативным и в целом более результативным. Команда также должна использовать результаты оценки для выявления дополнительных областей для улучшения и планирования дальнейших изменений в будущем.

Методология совершенствования процессов — это систематический подход к определению и внедрению изменений в бизнес-процесс с целью повышения его эффективности, результативности и общей производительности. Она включает в себя анализ процесса, выявление областей для улучшения, внедрение изменений и оценку результатов этих изменений. Данная методология помогает организациям выявлять возможности для улучшения, принимать решения, основанные на данных, и постоянно совершенствовать свои процессы для повышения их общей эффективности и результативности.

### Мониторинг и управление процессами

Данная методология направлена на автоматическое обнаружение моделей процессов из данных о событиях, без необходимости в предопределенной модели процесса или ручной аннотации.

Методология обнаружения процессов обычно начинается со сбора данных из систем организации, таких как журналы событий, и их очистки для удаления неактуальной или дублирующей информации. После очистки данных к ним применяются алгоритмы поиска процессов для автоматического обнаружения моделей процессов. Эти алгоритмы используют такие методы, как поиск процессов, поиск графов и машинное обучение для обнаружения моделей процессов из данных о событиях.

Одним из ключевых методов, используемых в методологии обнаружения процессов, является поиск процессов, который представляет собой метод извлечения знаний из журналов событий. Для этого могут использоваться различные методы поиска процессов, такие как обнаружение процессов, проверка соответствия и анализ производительности.

Обнаружение процессов — это техника, используемая для автоматического обнаружения моделей процессов из данных о событиях. Для этого могут использоваться различные методы обнаружения процессов, такие как индуктивный майнер, генетический майнер и эвристический майнер. Эти методы используют различные алгоритмы для обнаружения моделей процессов из данных о событиях, такие как кластеризация, древо решений и генетические алгоритмы [7].

Еще одним важным методом, используемым в методологии обнаружения процессов, является графовый майнинг, который представляет собой метод обнаружения паттернов и структур в графах. Это может быть сделано с помощью различных методов поиска графов, таких как поиск частых подграфов, кластеризация на основе графов и классификация на основе графов.

Методы машинного обучения также используются в методологии обнаружения процессов для повышения точности и производительности моделей процессов. Для этого могут быть использованы различные методы машинного обучения, такие как нейронные сети, глубокое обучение и обучение с подкреплением для улучшения результатов обнаружения процессов.

Методология обнаружения процессов направлена на автоматическое обнаружение моделей процессов из данных о событиях, без необходимости в предопределенной модели процесса или ручной аннотации. Данная методология использует такие методы, как поиск процессов, поиск графов и машинное обучение для обнаружения моделей процессов, что делает ее более точной, эффективной и действенной по сравнению с традиционными методами. Это помогает организациям улучшить видимость и понимание своих процессов, а также принимать решения на основе данных для оптимизации процессов и повышения их общей эффективности и результативности.

Выбор соответствующей методологии является критически важным фактором, определяющим успех любой инициативы по совершенствованию процессов. Конкретные критерии, выбранные для сравнения, будут зависеть от конкретных целей и потребностей сценария, а также от уникальных характеристик ситуации. Проведение сравнительного анализа методологий позволяет глубже понять компромиссы между различными подходами и принять обоснованные решения относительно выбора наиболее подходящей методологии. Это поможет обеспечить, чтобы процессы решения проблем и принятия решений были сосредоточены на правильных областях и с большей вероятностью привели к оптимальным результатам. Методики использования инструментов интеллектуального анализа процессов могут быть оценены по нескольким критериям, включая:

1. Эффективность: насколько быстро и эффективно методология способна анализировать и улучшать процесс.
2. Эффективность: степень, в которой методология способна выявить и устранить области улучшения в процессе.
3. Гибкость: насколько адаптируема методология к различным типам процессов и организаций.

Таблица 1. Сравнительный анализ методик по критериям оценки.

Методология	Критерии оценки		
	Эффективность	Гибкость	Автоматизация
Обнаружение процесса	Может быть высокоэффективной, поскольку использует передовые алгоритмы и методы для автоматического обнаружения моделей процессов из данных о событиях, что может помочь быстро и эффективно анализировать и улучшать процессы.	Относительно гибкая, поскольку может применяться к различным типам процессов и организаций, и может использоваться для обнаружения процессов из различных источников данных, таких как журналы событий, базы данных и данные датчиков.	Высокоавтоматизированная, использует передовые алгоритмы и методы, такие как поиск графов и машинное обучение, для автоматического обнаружения моделей процессов из данных о событиях.
Соответствие процессу	Может быть эффективной, поскольку в основном фокусируется на проверке правильности выполнения процесса в соответствии с заранее определенной моделью процесса, что позволяет быстро выявить любые отклонения от ожидаемого процесса.	Менее гибкая, чем обнаружение процесса, он в основном сосредоточен на проверке правильности выполнения процесса и его соответствия предопределенной модели процесса.	Высокоавтоматизированная, в основном сосредоточена на проверке правильности выполнения процесса и его соответствия предопределенной модели процесса.
Совершенствование процессов	Может быть менее эффективной, чем обнаружение процесса и соответствие процессу, поскольку требует участия человека для определения областей улучшения и внедрения изменений.	Фокусируется на выявлении и устранении областей улучшения в процессе, который может быть адаптирован к различным типам процессов и организаций.	Может быть в некоторой степени автоматизирована, но обычно требует участия человека для выявления областей улучшения и внедрения изменений.
Мониторинг и управление процессами	Может быть высокоэффективным, поскольку он сосредоточен на мониторинге и контроле производительности процесса в режиме реального времени, что позволяет быстро выявить любые вопросы или проблемы, требующие решения.	Относительно гибкий, поскольку может применяться к различным типам процессов и организаций. Сосредоточена на мониторинге и контроле производительности процесса в режиме реального времени.	Высокоавтоматизированная, в основном сосредоточена на проверке правильности выполнения процесса и его соответствия предопределенной модели процесса.

4. Автоматизация: степень, в которой методология способна автоматизировать процесс анализа и улучшения процесса.
5. Требования к данным: тип и объем данных, необходимых для проведения анализа и улучшения.
6. Вовлеченность человека: Уровень участия человека, необходимый для применения методологии.
7. Масштабируемость: способность методологии обрабатывать большие объемы данных и процессов.
8. Необходимые ресурсы: ресурсы, такие как время, деньги, персонал и т.д., необходимые для внедрения методологии.

Для того чтобы выбрать наиболее подходящую методологию оптимизации процессов предприятия, критерии оценки различных методологий можно свести к трем наиболее важным:

1. Эффективность: насколько быстро и эффективно методология способна анализировать и улучшать процесс. Это важно, поскольку организации стремятся улучшить свои процессы как можно

быстрее и эффективнее, чтобы получить конкурентное преимущество.

2. Гибкость: насколько адаптируема методология к различным типам процессов и организаций. Это важно, потому что у разных организаций разные типы процессов и разные потребности. Гибкая методология может применяться в различных ситуациях, что делает ее более полезной для более широкого круга организаций.
3. Автоматизация: Степень, в которой методология способна автоматизировать процесс анализа и улучшения процессов. Это важно, поскольку автоматизация может помочь ускорить процесс анализа и улучшения, уменьшить необходимость участия человека и повысить общую эффективность.

Эти критерии считаются важными, поскольку они являются ключевыми факторами, побуждающими организации совершенствовать свои процессы. Эффективность и автоматизация важны, поскольку они помогают организациям оптимизировать свои ресурсы и быстро улучшить свои процессы, что может привести к конку-

рентному преимуществу. Гибкость, с другой стороны, важна, поскольку она позволяет организациям использовать методологию в различных ситуациях, что делает ее более полезной для более широкого круга организаций.

Если говорить о первой методологии, картировании процессов, то ее относительно легко понять и внедрить, но она может потребовать значительного участия человека и может быть не такой эффективной или действенной, как другие методологии. Вторая методология, совершенствование процессов, является более эффективной и действенной, чем картирование процессов, но для ее внедрения может потребоваться больше ресурсов, таких как время и деньги. Третья методология, обнаружение процессов, является высокоавтоматизированной и эффективной, но для ее внедрения может потребоваться больше технических знаний и ресурсов.

Методология обнаружения процессов является более адаптируемой и гибкой к различным типам процессов и организаций, и она способна обрабатывать большие объемы данных. Она также требует меньшего участия человека. Однако она может быть сложной в реализации и может потребовать больше технических знаний.

В целом, выбор оптимальной методологии зависит от конкретных потребностей и ресурсов организации. Картирование процессов может быть хорошим выбором для небольших организаций с ограниченными ресурсами, в то время как совершенствование процессов и обнаружение процессов лучше подходят для крупных организаций с большим количеством ресурсов и технических знаний.

Критерии эффективности, гибкости и автоматизации считаются важными при оценке методологии, поскольку они оказывают значительное влияние на успех инициатив по совершенствованию процессов.

Эффективность относится к способности методологии выполнять задачу своевременно и с минимальными затратами ресурсов. Эффективная методология минимизирует количество времени и ресурсов, необходимых для выполнения задачи, позволяя организациям экономить время и деньги.

Методология обнаружения процессов считается наиболее эффективной из всех четырех методологий. Она высоко автоматизирована и эффективна, и требует меньшего участия человека. Однако для ее внедрения может потребоваться больше технических знаний и ресурсов. Совершенствование процессов считается бо-

лее эффективным, чем соответствие процессам, но для его внедрения может потребоваться больше ресурсов. Мониторинг и контроль процессов считаются эффективными в плане выявления и решения проблем в режиме реального времени, однако для их реализации может потребоваться больше технических знаний и ресурсов. Методология обнаружения процессов считается наиболее эффективной из всех трех методологий. Она высоко автоматизирована и эффективна, и требует меньшего участия человека. Однако для ее внедрения может потребоваться больше технических знаний и ресурсов. Совершенствование процессов считается более эффективным, чем картирование процессов, но для его реализации может потребоваться больше ресурсов.

Гибкость относится к способности методологии адаптироваться к изменениям в среде процесса. Гибкая методология может быть легко модифицирована в соответствии с изменениями в процессе, что позволяет организациям быстро реагировать на меняющиеся требования.

Методология совершенствования процессов считается наиболее гибкой из всех четырех методологий. Ее можно применять к различным типам процессов и организаций, и она сосредоточена на выявлении и устранении областей, требующих улучшения в процессе. Обнаружение процессов также считается относительно гибкой методологией, но она может потребовать больше технических знаний для настройки процесса обнаружения под различные организации и процессы. Соответствие процесса считается менее гибким, чем обнаружение процесса и улучшение процесса, поскольку оно в основном сосредоточено на проверке правильности выполнения процесса и его соответствия предопределенной модели процесса. Мониторинг и контроль процессов считаются относительно гибкими, но они могут потребовать больше технических знаний для настройки процесса мониторинга и контроля под различные организации и процессы.

Автоматизация относится к степени, в которой методология опирается на технологию для своей реализации. Автоматизированные методологии могут выполняться быстро и последовательно, снижая риск ошибок и повышая надежность процесса.

Методология обнаружения процессов считается наиболее автоматизированной из всех четырех методологий. Методологии соответствия процессов, мониторинга и управления процессами также считаются высокоавтоматизированными. Методология улучшения процессов требует большего участия человека для выявления областей улучшения и внедрения изменений.

В целом, методология обнаружения процессов считается наиболее эффективной и автоматизированной среди всех четырех методологий. Соответствие процессам также считается эффективной. Методология улучшения процессов требует большего участия человека, она считается менее эффективной, чем другие, но более гибкой. Методология мониторинга и управления процессами

считается высокоэффективной и гибкой и может быть в некоторой степени автоматизирована. В совокупности эти критерии важны для обеспечения успеха инициатив по улучшению процессов. Организации должны выбирать такие методологии, которые являются эффективными, гибкими и автоматизированными, чтобы максимизировать их влияние на процесс в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Van Der Aalst W. et al. Process mining manifesto //Business Process Management Workshops: BPM 2011 International Workshops, Clermont-Ferrand, France, August 29, 2011, Revised Selected Papers, Part I 9. — Springer Berlin Heidelberg, 2012. — С. 169–194.
2. Tiwari A., Turner C.J., Majeed B. A review of business process mining: state-of-the-art and future trends //Business Process Management Journal. — 2008.
3. Hunt V.D. Process mapping: how to reengineer your business processes. — John Wiley & Sons, 1996.
4. Van der Aalst W., Adriansyah A., Van Dongen B. Replaying history on process models for conformance checking and performance analysis //Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. — 2012. — Т. 2. — № . 2. — С. 182–192.
5. Van der Aalst W.M. P. Process mining: a 360 degree overview //Process Mining Handbook. — Cham: Springer International Publishing, 2022. — С. 3–34.
6. Kasim T., Haracic M., Haracic M. The improvement of business efficiency through business process management //Economic Review: Journal of Economics and Business. — 2018. — Т. 16. — № . 1. — С. 31–43.
7. Van der Aalst W.M. P. et al. Process discovery using localized events //Application and Theory of Petri Nets and Concurrency: 36th International Conference, PETRI NETS 2015, Brussels, Belgium, June 21–26, 2015, Proceedings 36. — Springer International Publishing, 2015. — С. 287–308.

© Воробьев Владислав Викторович (vlad1997@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва