

БУГАЕНКО АНДРЕЙ

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

в анализе бизнес-процессов и Process Mining
(процессная аналитика)



МОСКВА

УДК 004.8:338
ББК 32.813:65.29
Б90

Бугаенко, Андрей.
Б90 Искусственный интеллект в анализе бизнес-процессов и Process Mining (процессная аналитика) / Андрей Бугаенко. — Москва : Эксмо, 2026. — 448 с.

ISBN 978-5-04-241749-8

Точка зрения автора может не являться официальной позицией его настоящих, бывших или будущих работодателей.

Андрей Бугаенко — эксперт-практик с более чем десятилетним опытом ИИ — трансформации компаний, а также анализа бизнес-процессов с помощью искусственного интеллекта и Process Mining проектов (процессной аналитики). Руководил подразделениями по искусственному интеллекту и машинному обучению в крупнейших компаниях России. Автор более десятка научных статей по машинному обучению (SCOPUS). Мастер черного пояса Lean Six Sigma. Приглашенный преподаватель ФКН НИУ ВШЭ.

Реальна ли ситуация, когда вы просто нажимаете одну кнопку — и искусственный интеллект (ИИ) за считанные секунды анализирует ваши бизнес-процессы и достоверно говорит на сколько и за счет чего вы можете снизить свои расходы? Эта книга доказывает: да, но только если за кнопкой стоит строгая методология, качественные event logs и трезвое понимание возможностей ИИ.

УДК 004.8:338
ББК 32.813:65.29

ISBN 978-5-04-241749-8

© **Андрей Бугаенко, текст, 2026**
© **Андрей Бугаенко, иллюстрации, 2026**
© **Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2026**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. Введение и обзор методов процессной аналитики.	5
Глава 2. Анализ прошлого. Анализ настоящего. Анализ будущего	28
Глава 3. Process Mining	29
Глава 4. Дашборд эффективности процессов	64
Глава 5. Цифровые двойники бизнеса	110
Глава 5.1. Цифровые двойники на основе AutoML . .	111
Глава 5.2. Цифровые двойники на основе Reinforcement Learning (RL)	134
Глава 5.3. Цифровые двойники на основе LLM	183
Глава 5.4. Теоретические цифровые двойники	212
Глава 6. Поиск неэффективностей в бизнес-процессах.	219
Глава 6.1. Поиск с помощью контрольных карт Шухарта.	219
Глава 6.2. Поиск с помощью классического ML + NLP + RL	232
Глава 6.3. Поиск с помощью LLM	349
Глава 6.4. Поиск с помощью потенциальных подходов.	371
Глава 7. Формирование описания данных журналов событий в базах. Конвейер анализа бизнес-процессов и создания дашбордов эффективности	374
Глава 8. Мультипроцессная аналитика	382

Глава 9. Отрисовка схемы процесса по регламенту. Написание регламента по схеме процесса	385
Глава 10. Интервью в схему процесса (STT)	393
Глава 11. Видеомайнинг	410
Глава 12. Перспективы развития процессной аналитики на основе ИИ	419
Список литературных источников	426

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ И ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОЦЕССНОЙ АНАЛИТИКИ

Представьте такую ситуацию: вы наняли подрядную организацию, чтобы проанализировать свои бизнес-процессы. Но по итогу стоимость проекта по анализу оказалась в разы выше, чем вы планировали. Сроки тянутся месяцы, и уже не очень понятно, когда проект завершится. Как думаете, реальна ли такая ситуация?

А реальна ли ситуация, когда вы просто «нажимаете одну кнопку» и искусственный интеллект (ИИ) за считанные секунды анализирует ваши бизнес-процессы и достоверно говорит, на сколько и за счет чего вы можете снизить свои расходы? Миф или реальность?

Эта книга раскроет вам ответ.

Книга будет полезна:

- руководителям и собственникам компаний, стремящихся автоматизировать с помощью ИИ функцию анализа и оптимизации бизнес-процессов;
- аналитикам бизнес-процессов и управленческим консультантам, готовым углубиться в новейшие AI-технологии;
- техническим специалистам в области Data Science и AI, которым интересно приложение своей экспертизы к задачам анализа бизнес-процессов.

В первой главе достаточно много теории, философских рассуждений и объяснения разных бизнес-терминов. Она предназначена для того, чтобы ознакомить с тем, какие классические подходы и методологии

в направлении процессной аналитики существуют. Собственно, куда мы планируем внедрять AI. Поэтому если у вас уже большой опыт и высокий уровень компетенций в области методологии анализа бизнес-процессов, то можете сразу перейти к следующей главе. Там вы узнаете о том, что помогает анализировать процессы на данных прошлого, настоящего и даже будущего. Однако рекомендую все-таки ее прочитать, чтобы понимать в каких вообще направлениях движется в мире методология процессного анализа.

Итак, на современном рынке, где конкуренция становится всё более ожесточенной, побеждают компании, которые довели свои бизнес-процессы до совершенства. Каждая секунда неэффективности превращается в ускользающую прибыль. Некачественно организованные процессы — и огромная потеря денег, и удар по репутации. Когда компании оптимизируют свои процессы, это напрямую отражается на улучшении качества предлагаемых товаров и услуг, повышает удовлетворенность клиентов и усиливает рост доходов. Особенно остро эти задачи стоят в динамичных отраслях, таких как IT, финансы и розничная торговля. Там любой промах чреват значительными финансовыми потерями и возможной утратой лидерских позиций.

Эра классического бизнес-консалтинга, когда внешние эксперты приносили готовые решения на основе многодневных проектов, подходит к концу. Именно в этом месте управленческие консультанты должны начать «закидывать меня шапками». Однако еще рано :) ! Постараюсь аргументировать.

В мире, где скорость изменений измеряется не годами, а неделями и даже днями, традиционный консалтинг напоминает попытку настроить производство по фотографии: к моменту внедрения рекомендаций ситуация уже кардинально изменяется. Растущая стоимость консалтинговых услуг в сочетании с их ограниченной масштабируемостью делает классический подход применимым только для тех, кому некуда девать деньги. На смену приходят интегрированные решения на базе искусственного

интеллекта. Они, подобно опытному мастеру Kaizen — дальше в книге вы узнаете кто это, — непрерывно анализируют процессы и адаптируются к изменениям, предлагая своевременные решения без многомесячных консалтинговых проектов.

Заострю внимание, что речь не о вымирании индустрии управленческого консалтинга, а о революционной трансформации отрасли. Если раньше заказчик хотел проанализировать хотя бы один ключевой процесс и давал консультантам на это месяцы, то теперь заказчик хочет анализ сотен и даже тысяч процессов за год. Именно искусственный интеллект делает такие амбициозные запросы реальностью.

ИИ, по сути, ускоряет и упрощает задачи Lean Six Sigma: автоматизирует, дополняет экспертизу, облегчает масштабирование. Но нужно понимать, что нельзя просто прикрутить ИИ (читать: LLM) к вашей BPM-системе (ERP, CRM) и ожидать, что всё заработает. Требуется комплексный подход — от подготовки данных до конечной интеграции.

Сейчас методы на основе ИИ — я уже молчу о просто количественных методах — всё больше вытесняют традиционные подходы. Но на данном этапе пока еще лучше комбинировать цифровой подход с классическими методами Toyota или Lean Six Sigma. Да, за цифрой будущее. Но будущее в будущем, а мы в настоящем. Если еще несколько лет назад использование искусственного интеллекта для анализа бизнес-процессов фактически было достаточным условием для получения лидерской позиции на рынке, то теперь это необходимое условие для выживания компании.

Начнем рассмотрение существующих методов повышения эффективности с, вероятно, самых известных подходов — Lean и Six Sigma [1, 2, 3, 4, 5, 6]. По сути, это две методологии, традиционно используемые вместе: Lean фокусируется на устранении потерь и повышении скорости процессов, Six Sigma предлагает глубокий статистический контроль качества, включая детальный анализ данных, чтобы минимизировать дефекты

и вариации. Параллельно с этим Six Sigma использует мощные статистические инструменты для снижения вариативности процессов. Применяя цикл DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) [4] или PDCA [7], эта система обеспечивает более глубокий анализ и контроль.

Возможно выражение «Внедрить Lean Six Sigma» звучит несколько абстрактно. Скорее всего, так и есть. Попробую немного раскрыть это понятие. Опишу некоторые из множества инструментов операционной эффективности, которые вы сможете использовать у себя в компании.

С моей точки зрения, внедрить инструменты операционной эффективности, и Lean и Six Sigma в частности, — значит научить команду работать по-другому. Сначала выбирают процессы, где с наибольшей вероятностью теряется время или деньги. Потом собирают данные, смотрят цифры и ищут причины проблем. Дальше придумывают, как упростить работу: убирают лишние шаги, автоматизируют рутину. Обязательно обучают сотрудников новым методам. В итоге получается быстрее выполнять задачи, совершать меньше ошибок и получать довольных клиентов. Главное — постоянно измерять результаты и улучшать то, что уже работает.

Успешное внедрение Lean Six Sigma требует четкого определения целей, анализа процессов, детального плана улучшений и постоянного мониторинга результатов для достижения конкурентоспособности. Это философия непрерывного совершенствования. Она развивает у сотрудников аналитическое мышление и становится критически важной для устойчивого роста компании в эпоху цифровой трансформации.

Применение ИИ в Lean Six Sigma открыло совершенно новые горизонты для оптимизации производственных процессов. Раньше многие виды потерь оставались в тени: их было невозможно рассчитать без колоссальных временных затрат, и бизнес-аналитики их просто игнорировали. Теперь же модели машинного обучения способны выявлять микропотери, всё то, что раньше терялось в общем шуме данных.

ИИ сделал возможным появление методики, которая по качеству анализа значительно превосходит традиционные контрольные карты Шухарта. Они бессильны, когда в процессе много переменных, сложные зависимости между факторами и/или нужна конкретика и детализация.

Возьмем оптимизацию логистических потоков на складе. ИИ обрабатывает данные о тысячах действий грузчиков, анализирует паттерны заказов и перестраивает размещение товаров, существенно сокращая общее расстояние перемещений. Вручную такие расчеты занимали бы месяцы, а результат всё равно был бы менее точным.

Машинное обучение заметно повысило точность статистических расчетов вариабельности процессов. Модели учитывают сотни факторов одновременно — от износа инструмента до смены оператора — и выдают прогнозы с минимальной погрешностью. Это позволяет удерживать процесс в жестких границах допусков даже в сложных условиях многономенклатурного производства, где классический DMAIC работает с большими допущениями. Кто-то может сказать: «Мы раньше это и без ИИ анализировали». Но подумайте, сколько сил затрачивали бизнес-аналитики или сколько денег вы платили управленческим консультантам, на которых благодаря ИИ теперь можете сэкономить;) !

В условиях современного динамичного бизнеса компаниям требуются эффективные инструменты для управления и оптимизации процессов. Например, Hoshin Kanri, Kaizen, Kaikaku и Teian — их логично объединить в одну группу, потому что это элементы единой Lean-логики управления улучшениями: от постановки и каскадирования целей (Hoshin Kanri) до вовлечения сотрудников в поток идей (Teian) и реализации изменений как через непрерывные малые шаги (Kaizen), так и через редкие радикальные прорывы (Kaikaku). Вместе они закрывают полный цикл улучшений: стратегии → инициатива/предложения → внедрение → закрепление результатов — в одной совместимой системе принципов

и инструментов [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Объединение в такую подгруппу — моя личная логика. В целом инструменты анализа и улучшения процессов будут разделены по небольшим логичным подгруппам. Однако это не канон. В основной литературе по Lean Six Sigma такого деления нет, и никто не мешает вам придумать свою классификацию.

Рассмотрим коротко сами методы и подходы.

Hoshin Kanri — методика стратегического согласования целей. Фактически подход основан на визуализации краткосрочных и долгосрочных целей, KPI и приоритетов в виде согласованной матрицы. Есть еще вариант what → how far → how → how much → who. Такой подход формирует единое понимание вектора развития организации.

C Kaizen немного по-другому. Это уже скорее не какая-то конкретная методика, а больше именно философия. Она работает примерно так: вместо того чтобы устраивать революцию и всё переделывать, вы просто каждый день что-то чуть-чуть улучшаете. Сегодня повесили один крючок, завтра покрасили ящик в яркий цвет, послезавтра подписали полки. И вот через какое-то время оказывается, что инструменты больше не теряются, люди работают быстрее и вообще перестали раздражаться.

Следующая методология — Teian — по сути вариант практического применения Kaizen. Часто прямо можно увидеть выражение Kaizen Teian.

Teian представляет собой сбор предложений от рядовых сотрудников по улучшению процессов. В ней каждый может предлагать идеи для улучшений, создавая культуру непрерывного развития и повышая вовлеченность персонала. В Советском Союзе было что-то похожее — называлось «ящик для рационализаторских предложений». Сейчас тоже такое есть. Например, в некоторых банках работают целые ИТ-системы, где любой желающий может прислать предложения по улучшению процессов.

В отличие от эволюционного Kaizen, Kaikaku сосредоточивается на революционных трансформациях, предлагая подход к кардинальным изменениям, способным

полностью переформатировать существующие бизнес-процессы. Этот подход оказывается на высоте в ситуациях, где требуется немедленная оптимизация, а постепенные улучшения не в силах удовлетворить текущие потребности.

Представьте, что ваш цех десятилетиями собирал продукцию на конвейере, где каждый стоит на своем месте. Работа идет, но скорость уже не та. Можно, конечно, по методике Kaizen каждый день по чуть-чуть улучшать процесс — подвинуть стол, оптимизировать движение. Но проблема может быть в самом принципе. И вот наступает время Kaikaku. Это философия взрыва, а не шлифовки. Суть в том, чтобы одним мощным рывком перекрыть всё. Например, полностью снести старые линии и внедрить модульные островки, где один человек собирает целый узел от начала до конца. Это революция, а не эволюция.

А что будет, если на эти методологии просто забить? Насколько они нужны? Приведу реальный пример. Лично знаю одну IT-компанию в Москве — лет пять назад они были на коне, делали классные продукты. Но когда этап стартапа по Адизесу переходил уже в более зрелую фазу [179], собственник решил, что методологии управления ему не нужны. Зачем какой-то Hoshin Kanri, если и так всё работает? В итоге отделы начали тянуть одеяло каждый на себя: маркетингологи продвигали одно, разработчики пилили совсем другое, а продавцы вообще жили в параллельной реальности. Никто толком не понимал, куда компания движется. Через год почти все лучшие специалисты просто ушли к конкурентам или в свои стартапы: людям надоело работать вхолостую.

Про Kaizen еще очевиднее. Когда ваши сотрудники перестают искать способы делать всё лучше и быстрее, вы просто застываете на месте. Рынок идет вперед. Конкуренты выкатывают обновления каждый месяц, а вы годами сидите с одним и тем же уровнем процессов (читать: продуктом), который постепенно превращается в динозавра. Kaikaku — это вообще про выживание.

Есть классический кейс MBA — не буду здесь его подробно описывать, только суть. Он про компанию, которая делала отличные DVD-плееры. Реально отличные. Только они так увлеклись постепенными улучшениями своих плееров, что проспали революцию стриминга. Сейчас их нет на рынке.

Ну и упомяну про Teian. Вы — руководитель. У вас сотня умных людей, которые каждый день видят косяки в процессах, знают, как всё улучшить. Но если вы не дадите им высказаться или просто игнорируете идеи, то получаете армию молчаливых роботов. Конкуренты в это время внедряют гениальные решения от своих работников и обгоняют вас по всем фронтам. В это же время ваши гениальные дата-саентисты и бизнес-аналитики разочаровываются, выгорают и уходят. В итоге всё это скатывается в снежный ком: потеря фокуса, отсутствие развития, пропущенные прорывы, демотивированная команда. И однажды вы просыпаетесь банкротом, недоумевая, что вообще произошло. Занавес.

А сейчас к этому коктейлю японских методологий добавился ИИ, и это невероятно мощное сочетание. Согласованность целей по Hoshin Kanri может происходить автоматически с помощью LLM и комбинации RL и NLP. LLM и NLP могут кластеризировать заявки по улучшению Kaizen Teian, которые подали сотрудники, чтобы они не дублировались. И заодно автоматически их приоритизировать. RL или комплекс ML-моделей может промоделировать последствия Kaikaku. В общем, это улучшения процессов «здорового человека» ;).

Теперь поговорим о методологии 5S [16, 17, 18, 19]. Она представляет собой универсальный подход к организации рабочего пространства, нацеленный на значительное повышение эффективности, а также безопасности и комфорта в рабочей среде. Методология включает в себя пять последовательных этапов на букву S, каждый из которых вносит свой вклад в создание упорядоченной и продуктивной рабочей системы. Оптимизация процессов посредством 5S не только рационализирует рабочие процессы, но и способствует формированию

дисциплинированной и мотивированной команды, что, в свою очередь, усиливает общий потенциал организации.

Вы бывали на заводе? У меня был в жизни период, когда я по заводам ездил. Видел, что на стене висят плакаты про порядок и чистоту, при этом под ногами валяются обрезки металла, а нужный ключ рабочему приходится искать минут двадцать. Про 5S я узнал позже, но сразу понял, что этот подход работает, только если перестать относиться к нему как к красивой картинке из презентации или плакату на стене. Так что значит 5S?

Seisō — содержание в чистоте. Это когда рабочее место регулярно чистится, а любая грязь или неисправность сразу бросается в глаза. Вот только на практике всё выглядит иначе. Уборщицы упорно обходят зоны у станков: мол, не наша территория. Рабочие кивают на уборщиц. А грязь копится. Знаю интересный кейс. На одном предприятии поставили камеры с ИИ-распознаванием (CV). Система автоматом фиксирует, кто за какой участок отвечает. Угадываете, какой эффект? Грязь испарилась. Потому что стало понятно: спихнуть ответственность не на кого.

Seiketsu — стандартизация. Это создание единых правил для поддержания порядка, чтобы все всё делали одинаково верно. На бумаге, возможно, звучит занудно. Помню тоже реальный случай с завода: технолог принес мне какую-то невообразимо огромную папку со словами: «Вот тебе полная техническая документация, но можешь не читать. Ее никто никогда не читает». Спрашиваю: «Тогда зачем вы мне это принесли?» Ответ: «Так получается». А ведь можно было распознать всю эту «макулатуру» с помощью computer vision (CV), суммаризировать LLM и выпустить удобные короткие описания или чек-листы. Люди бы начали пользоваться.

Shitsuke — совершенствование или дисциплина. Это когда улучшения становятся привычкой, частью культуры, а не разовой акцией. Приведу два примера.

Был на небольшом проекте в одной торговой компании. Оказался я там по задачам ИИ, но кейс абсолютно

не про ИИ. У них в процессе работы с клиентом нужно было распечатать договор. Сам процесс продажи занимал несколько минут, а распечатка договора — больше пятнадцати минут, потому что сотрудницы ходили забирать распечатанные листы с принтера на другой этаж. На вопрос «Почему у вас принтер так далеко?» ответ был: «Он всегда там стоял». Банально, но простая переноска принтера ближе ускорила процесс в три раза. И даже без ИИ! А вот с распознаванием с помощью CV траекторий перемещений сотрудников, представлением этих перемещений по «Диаграмме спагетти» и оценке с помощью RL их оптимальности можно было бы все физические процессы проанализировать.

Более 80 лет назад, когда братья Макдоналд проектировали свой первый ресторан, они много раз «передвигали» на плане мебель и оборудование, чтобы определить оптимальную расстановку. Сейчас с помощью RL это можно сделать за секунды.

И второй пример — ситуация «горшочек не вари». Если руководители привязывают к стадии Shitsuke мотивацию, то может появиться зашкаливающий поток предложений. Я такие списки видел, и среди них бывает откровенная дичь. Так вот с помощью LLM или NLP можно фильтровать предложения и не перегружать аналитиков по оптимизации процессов — зеленых/черных поясов.

Seiri — сортировка. Это может быть в прямом смысле сортировка инструментов по задачам, весу или частоте использования. По сути, та же задача классификации, иногда кластеризации. Здесь ускорить ее поможет компьютерное зрение CV + классический machine learning (ML), NLP + ML или LLM. То есть система способна автоматически отслеживать, какими инструментами пользуются постоянно, а какие пылятся, и соответственно рассортировывать их, показывая текстом или изображением идеальное состояние рабочего места. Ну или хотя бы давая рекомендации: «убрать»/«оставить»/«добавить». Но это я уже немного залез в еще одну S.

Seiton — систематизация — наведение порядка, когда у каждой вещи свое место.

Только не думайте, что ИИ всё решит сам. Можно закупить умных камер, датчиков и прочих девайсов. Но через полгода всё это запылится, потому что люди продолжат работать по-старому. Технология не заменит желание что-то менять. Она его усилит, если оно есть.

Еще подсвечу, что нередко компании внедряют 5S для галочки. Делают аудиты, заполняют чек-листы, отчитываются наверх. А по факту — «потемкинские деревни». Настоящий эффект начинается, когда вы перестаете оптимизировать отдельные участки и меняете саму логику работы команды. Когда механик не ждет указания навести порядок, а сам это делает, потому что ему так удобнее, — вот тогда система вырастает в культуру. А ИИ делает реализацию этого желания простым.

Еще раз повторюсь: 5S, как и все методы совершенствования процессов, — не про японские слова и красивые схемы. Это про то, готовы ли вы признать, что у вас бардак. И готовы ли с этим возиться каждый день. Потому что порядок — не событие, а процесс. Грязный, эмоциональный, иногда конфликтный. Но именно в этой грязной работе и рождается настоящая эффективность.

Теперь рассмотрим подходы к визуализации показателей компании или «системы визуального управления», такие как Kanban, Andon, Kamishibai и Yamazumi [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Они также очень важны и реально полезны для улучшения процессов.

С ходу вы, скорее всего, сразу вспомнили доски с табличками to do, in progress, done, которые есть в каждой второй IT-команде. Все называют их Kanban и думают, что это просто модный способ раскидать задачи. На самом деле люди взяли мощный производственный инструмент и сократили его до логики трех колонок. А ведь изначально Kanban — целая система управления потоком работы, которая помогает видеть, где застревают задачи, и не давать команде захлебнуться в незакрытых задачах.

Kanban строится на пяти принципах: визуализация, ограничение на количество незавершенных задач, управление потоком, ясность процесса, непрерывное