

УДК 338.121

Е.С. Попова, В.К. Кирьянов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж,
email: evg83@inbox.ru; konst63224@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ «КАРТЫ-ПРОЦЕДУРЫ» ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Ключевые слова: интеллектуальный анализ, технологический поток, объем данных, производственный процесс, производительность, вариативность, улучшение.

Важность непрерывного улучшения производственных процессов, протекающих во внутренней среде организации, необходимы как для развития организации, так и для успешного функционирования всей страны. Учитывая постоянное развитие информационных систем, в статье рассматриваются производственные системы с высокой сложностью и разнообразием процессов. Таким образом, возникает вопрос о способах анализа производственных процессов. Рассматриваемый инструмент интеллектуального анализа предполагает динамическое отображение данных всей производственной системы. Карта-процедура состоит из трех этапов. Первый этап предполагает составление данной карты. На втором этапе происходит анализ полученных данных, а третий этап подразумевает улучшение процесса производства. Представленная карта-процедура обещает широкое применение в производственных условиях. Кроме того, в статье рассмотрены основные проблемы, связанные с внедрением интеллектуального анализа производственных процессов.

E.S. Popova, V.K. Kiryanov

Military Educational and Scientific Center of the Air Force
«N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh,
email: evg83@inbox.ru; konst63224@mail.ru

FORMATION OF THE «CARD-PROCEDURE» OF INTELLIGENT ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS

Keywords: intelligent analysis, technological flow, data volume, production process, productivity, variability, improvement.

The importance of continuous improvement of production processes occurring in the internal environment of the organization is necessary both for the development of the organization and for the successful functioning of the entire country. Taking into account the constant development of information systems, the article discusses production systems with high complexity and variety of processes. Thus, the question arises about the methods of analyzing production processes. The intellectual analysis tool in question assumes dynamic data display of the entire production system. The card procedure consists of three stages. The first stage involves drawing up this map. At the second stage, the analysis of the data obtained takes place, and the third stage implies the improvement of the production process. The presented procedure card promises wide application in production conditions. In addition, the article discusses the main problems associated with the introduction of intelligent analysis of production processes.

Изготовление готовой продукции, освоение новых технологий, улучшение процесса производства и, как следствие, формирование технологического суверенитета нашей страны, является важнейшей задачей на ближайшие годы. Используя последние достижения в области исследований информационных систем, в статье рассматриваются производственные системы с высокой сложностью и разнообразием процессов. В частности, предлагаемая карта-процедура использует интеллектуальный

анализ процессов для динамического отображения и анализа производственных процессов. Исходя из этого, производители могут использовать данные для преодоления ограничений существующих методов отображения процессов, которые предоставляют только статические снимки технологических потоков. Объединяя данные и науку о процессах, интеллектуальный анализ процессов может использовать имеющийся потенциал для повышения производительности.

Цель и методы исследования

Цель исследования заключается в определении этапов для проведения интеллектуального анализа процессов производства для дальнейшего совершенствования. На взгляд авторов, для достижения цели необходимо разработать такую карту для улучшения производственного процесса, которая включает в себя и этапы анализа и их содержание (процедуры). Формирование «карты-процедуры» позволит определить вариативность процесса производства и разработать дальнейшие мероприятия по улучшению деятельности всей производственной системы. В рамках данного исследования необходимо использовать методы аналитического характера, методы обработки информации и логико-интуитивный подход.

Материалы исследования

Центральной целью повышения производительности при производстве готовых изделий является увеличение скорости прохождения деталей через производственную систему. Улучшение системного потока может быть достигнуто за счет сокращения трех основных препятствий, а именно узких мест, изменений процесса и действий, не создающих добавленной стоимости. Поэтому производителям необходимы инструменты для выявления этих трех проблем в своих потоках создания ценности. Однако создание такой прозрачности в сложных производственных системах является трудной задачей. Как следствие, возможности повышения производительности зачастую остаются незамеченными.

Производители используют методы отображения процессов, чтобы понять текущее состояние своих операций. Многие существующие методы, такие как составление карт потоков создания ценности, направлены на выявление потенциальных улучшений путем предварительной визуализации процессов. Это обеспечивает моментальный срез технологического процесса, на основе которого производители могут анализировать неэффективность в данный момент времени. Однако, поскольку такие инструменты отображения процессов статичны, они менее эффективны, когда технологические потоки динамически

меняются с течением времени. Более того, существующие «ручные» методы требуют больших ресурсов, что ограничивает их применимость в ситуациях с высокой сложностью процесса. В то же время растущий объем данных, собираемых в эпоху промышленности 4.0, открывает новые возможности для изучения реальных технологических потоков в промышленности. Это мотивирует использование методов, основанных на данных, для использования имеющегося потенциала повышения производительности. Необходимо сделать акцент на четырех ключевых задачах для внедрения на уровне индустрии 4.0, а именно технологии, сотрудничество, управление и внедрение.

Индустрия 4.0 предлагает многообещающие возможности для улучшения производственных операций. Начавшись, как государственная политика по внедрению инноваций в производство в Германии, индустрия 4.0 стала важной областью теоретических и практических исследований. Этот термин объединяет различные новые технологии, которые превращают производственные системы в киберфизические системы, генерирующие большие объемы данных. Для того, чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами этих информационных ресурсов, они должны быть проанализированы [4].

Авторами предлагается трехэтапная процедура использования интеллектуального анализа процессов для повышения производительности при производстве готовой продукции, которую следует назвать картой. Представленная карта затрагивает три компонента, которые влияют на поток работы производственной системы, а именно узкие места, вариативность процесса и действия, не создающие добавленной стоимости.

Узким местом является процесс, который больше всего ограничивает пропускную способность. Методы выявления узких мест включают статистическое вычисление среднего времени технологического цикла или времени ожидания. Ограничением традиционных методов обнаружения узких мест является их неспособность справиться с динамичными производственными средами с высоким уровнем изменений.

Изменение (вариативность) процесса – это вторая концепция, влияющая на производительность системы. Теория массового обслуживания математически показывает, что увеличение вариаций снижает производительность процесса. Процессы могут различаться по множеству различных характеристик, таких как время технологического цикла, обрабатываемые материалы, решения оператора, перемещения оператора или параметры оборудования (машины).

Наконец, концепция действий, не создающих добавленной стоимости, так называемые отходы, занимает центральное место в производительности. Чем больше отходов присуще производственному процессу, тем менее производительным он окажется. Отходы снижают как скорость, так и равномерность процессов. Примерами появления отходов являются излишняя транспортировка, перемещение или ожидание, перепроизводство, чрезмерная обработка и образование дефектов. Бережливое управление уделяет особое внимание сокращению различных видов отходов в производственном процессе [5]. Однако эти попытки сократить отходы часто ограничиваются отдельными процессами и не учитывают весь поток создания ценности. Популярной процедурой отображения и анализа отходов в системе является отображение потока создания ценности (метод VSM). Однако метод VSM – это метод статического моментального снимка, создание и обслуживание которого требует значительных усилий.

Предлагаемая карта использует журналы событий, обычно хранящиеся в информационных системах производства, для отображения фактических технологических потоков на предприятии. Обеспечивая автоматическое отображение фактических технологических потоков с минимальными затратами усилий, интеллектуальный анализ процессов предоставляет потенциал для преодоления проблем, упомянутых выше. Целью интеллектуального анализа процессов является обнаружение фактических технологических потоков, которые наблюдались в системе и разработка дальнейших рекомендаций по повышению производительности на производстве.

По сути, это устраняет разрыв между наукой о данных и наукой о процессах. В отличие от традиционных инструментов управления, таких как управление бизнес-процессами, интеллектуальный анализ процессов позволяет проводить динамический анализ фактически выполненных технологических потоков.

Интеллектуальный анализ процессов использует данные журнала событий, которые записываются при выполнении процесса. Эти журналы событий могут состоять из различных функций, описывающих контекст записанных событий. Минимально необходимые функции включают идентификатор обращения, описание операции и временную метку. Идентификатор обращения – это уникальный идентификатор, относящийся к единичному экземпляру, например, номеру бронирования партии. Действие описывает выполненное мероприятие (операцию). Временная метка описывает конкретное время выполнения операции. На основе этих входных данных интеллектуальный анализ процесса генерирует модель процесса, которая воспроизводит наблюдаемые технологические потоки. Следует учитывать, что вышеуказанные функции представляют собой только минимально необходимую информацию. Можно получить дополнительную информацию о ресурсах, с помощью которых выполнялся процесс, или о стоимости процесса.

Как обсуждалось ранее, на время обработки в производственной системе влияют узкие места, вариации процесса и действия, не добавляющие ценности. Сокращение времени обработки требует понимания того, как отдельные детали фактически проходят через производственную систему [6]. Традиционные методы отображения процессов в основном выполняются вручную и не позволяют динамически моделировать фактические технологические потоки, то есть они не могут отображать, как технологические потоки меняются с течением времени. Предлагаемая карта, основанная на интеллектуальном анализе процессов, устраняет эти ограничения путем автоматического извлечения модели процесса по мере реализации из данных журнала событий.

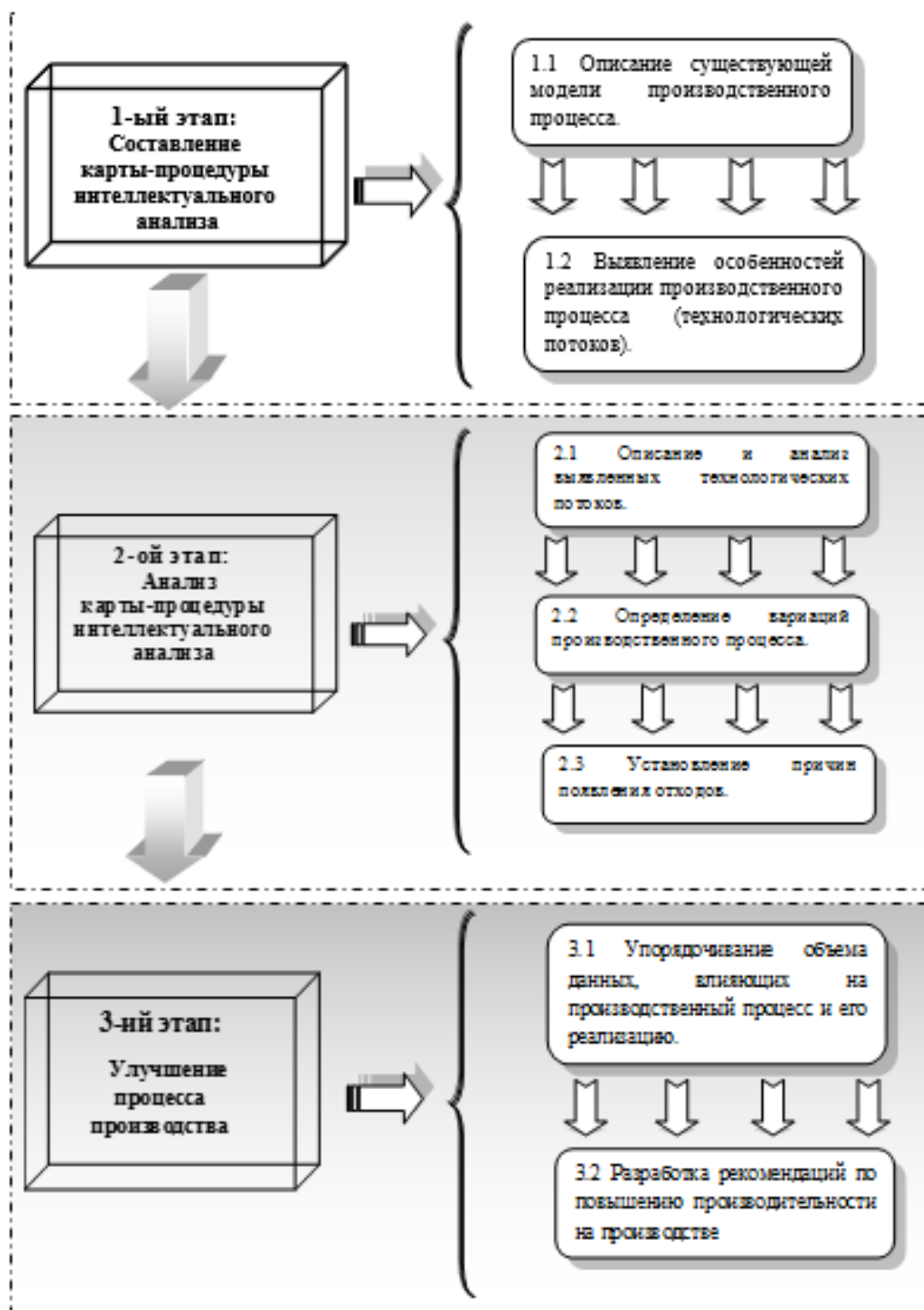


Рис. 1. Формирование карты-процедуры интеллектуального анализа производственного процесса в целях его улучшения

Источник: составлено авторами

Формирование карты-процедуры интеллектуального анализа состоит из трех этапов. На первом этапе описывается существующая модель процесса производства и используется интеллектуальный анализ для получения фактического результата реализации производственной системы за заданный период времени. На втором этапе выполняется аналитические мероприятия, направленные на установление технологических потоков для определения соответствия процесса и факторов, ограничивающих общую производительность. На третьем этапе разрабатываются подходящие действия по улучшению процесса производства и при необходимости обновляются основные данные.

Данная карта призвана определить потенциал интеллектуального анализа в целях улучшения процессов на производстве. Карта-процедура интеллектуального анализа производственного процесса представлена на рисунке 1.

Рассмотрим каждый из этапов более подробно. На первом этапе предполагается описание существующей модели производственного процесса, которая основана на существующих рабочих планах с основными данными и наблюдениями за производством. Входные данные для реализованной модели процесса представлены идентификаторами обращений, действиями и временными метками. В контексте производства идентификатор обращения может описывать уникальный идентификатор для конкретной детали, произведенной на предприятии. Переменная, связанная с деятельностью, указывает, какой конкретный процесс был выполнен с деталью. Временная метка указывает, когда процесс запущен и (или) завершен. Эта информация обычно хранится в информационных системах производства и должна быть предварительно обработана в соответствии с форматом, требуемым для интеллектуального анализа процессов. В результирующем журнале событий указывается, какой процесс над какой деталью выполнялся в данный момент времени. На основе этих входных данных автоматически создается модель процесса по мере реализации путем применения алгоритма интеллектуального анализа процессов. Выходные данные

обеспечивают динамическое представление реализованных технологических потоков. Как разработанные, так и реализованные технологические модели служат основой для последующего этапа анализа.

На втором этапе происходит анализ карты-процедуры. Реализованная модель процесса дает представление о том, как отдельные детали проходят через производственную систему. Это позволяет выявлять изменения производственного процесса, избыточные запасы и излишние перемещения материалов, что приводит к увеличению производственного цикла. В отличие от аналитического отображения процессов, интеллектуальный анализ процессов позволяет динамически определять продолжительность цикла с течением времени. Таким образом, предлагаемая процедура также учитывает узкие места. Избыточные запасы могут быть обнаружены путем анализа реконструированных потоков к отдельным процессам, в то время как излишние перемещения материалов определяются отклонениями от запланированного технологического процесса.

На третьем этапе разрабатываются меры для улучшения процесса производства. На основе предыдущего этапа могут быть разработаны два различных сценария. Во-первых, соответствие процесса предоставляет информацию, которая упрощает исходные данные по мере их разработки. Во-вторых, результаты, полученные в результате анализа отходов, используются для повышения производительности реальной производственной системы. В конечном счете, оба сценария являются основой для первого этапа предлагаемой карты-процедуры путем обновления процессов по мере их разработки и реализации.

Представленная карта-процедура обещает широкое применение в производственных условиях с автоматизированным сбором данных и ограничениями производительности. Однако, несмотря на то, что потенциал предлагаемой карты достаточно весомый, существует ряд проблем, связанных с ее внедрением.

Одна из общих проблем связана с определением подходящих процессов, подходящих для проведения интеллектуального анализа. Для большинства пред-

приятый внедрение технологий сбора данных может стать серьезным препятствием. Кроме того, необходимо приобрести программное обеспечение для интеллектуального анализа процессов, что зачастую сопряжено со значительными затратами. Выявление положительного обоснования для инвестирования может быть затруднено в условиях, ограничивающих деятельность производственных систем.

Вторая проблема заключается в том, что данные на производстве часто являются неполными и хранятся в разных форматах и местоположениях. Точность извлеченных моделей процессов сильно зависит от «полноты» журналов событий. Достаточно большое количество пропущенных наблюдений может привести к неправильным выводам, поскольку смоделированные технологические потоки не соответствуют фактическим технологическим потокам. По этой причине интеллектуальный анализ процессов больше подходит для производственных установок с высокой степенью автоматизации. Несмотря на то, что объем данных, генерируемых на производстве, резко возрастает, он часто недоступен в подходящем формате. Таким образом, предварительная обработка данных для анализа может потребовать значительных усилий. Кроме того, требуемые данные могут еще не быть получены из физического процесса. В процессе производства замена старых машин и оборудования, обладающих ограниченными возможностями, обходится дорого. Поэтому многие производители постепенно внедряют автоматизированный сбор данных путем модернизации существующих производственных линий. Все это может ограничить объем анализа и действий по улучшению, которые могут быть получены в результате интеллектуального анализа процессов.

Третья проблема возникает, когда требуется проанализировать поток нескольких продуктов, собранных вместе, что требует объединения идентификаторов обращений. В данном случае, нетривиальная и актуальная область исследований требует дальнейшей разработки алгоритмов интеллектуального анализа производственных процессов. Это особенно сложно для производственных

процессов, где уровень анализируемого объекта меняется. К примеру, когда производственный заказ состоит из нескольких заказов на сборку для нескольких изделий или когда детали возвращаются к предыдущим процессам. Установлено, что, интеллектуальный анализ данных о серийном номере продукта уже позволяет получить ценную информацию для повышения производительности на производстве.

Четвертая проблема заключается в том, что интеллектуальный анализ процессов может потребовать значительных усилий по координации между владельцами производственных систем. Это обстоятельство особенно актуально для более длинных потоков создания ценности. Несмотря на то, что алгоритм интеллектуального анализа производственных процессов автоматически извлекает модель процесса из журналов событий, предлагаемая процедура предполагает и традиционный анализ. Примечательно, что третий этап предлагаемой карты может потребовать глубоких знаний в предметной области для устранения основных причин существующих отклонений.

Пятая проблема заключается в поддержании дисциплины управления данными. При сборе и хранении данных в централизованных системах решающее значение имеет информация о том, какие данные и каким образом следует хранить. Интеллектуальный анализ процессов производства помогает производителям решить эту проблему, предоставляя простые и понятные требования к данным. Владельцам производственных систем становится очевидным, какие данные являются релевантными. Эти инструкции важны для руководства сбором данных в цехе. Помимо повышения производительности на предприятии, существует широкий спектр других перспективных применений интеллектуального анализа процессов в области производства. К примеру, в цепочку создания стоимости можно включить процессы поставки для сквозного интеллектуального анализа процессов. В данном случае, возникают особые проблемы, связанные с адаптацией алгоритмов для объединения журналов событий разных уровней применения.

Традиционное отображение технологических процессов требует значительных аналитических усилий и дает статический обзор производственной системы. В этой статье предложена карта-процедура, основанная на интеллектуальном анализе процессов производства, которая преодолевает ограничения традиционных методов картографирования. Динамическое обнаружение

фактических технологических потоков на производстве позволит выявить ограничения производственных мощностей, изменчивость технологических процессов и количество отходов. Очевидно, что производственные приложения технологического «майнинга» обладают большим потенциалом, что также оставляет богатые возможности для дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Антал М.А. Особенности планирования в современном производстве / М.А. Антал // В сборнике: Приоритетные направления развития экономики и менеджмента: теоретические и практические аспекты. Сборник научных статей. Уфа, – 2021. – С. 98-101.
2. Воробьева, И. П. Экономика и организация производства: учеб. пособие для СПО / И.П. Воробьева, О.С. Селевич. – М.: Издательство «Юрайт», 2019. – 191 с.
3. Иванов И.Н. Производственный менеджмент. Теория и практика в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / И.Н. Иванов [и др.]; под редакцией И.Н. Иванова. – 2-е изд. – Москва: Издательство «Юрайт», 2022. – 376 с.
4. Попова Е.С. Ключевые проблемы оперативного планирования промышленных предприятий / Е.С. Попова, К.А. Кирьянов, В.Е. Шевырев // *Управленческий учёт*. – 2023. – N 7. – С.333-339.
5. Попова Е.С. Факторы внедрения бережливого производства / Е.С. Попова, И.Н. Щегленко // *Заметки ученого*. – 2023. – № 2. – С.233-236.
6. Сидоров, М. Н. Стратегический и производственный менеджмент: учебник для СПО / М.Н. Сидоров. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство «Юрайт», 2018. – 158 с.
7. Стражник, В.П., Попова, Е.С. Теоретические и методические основы формирования системы диагностики потенциала организации: монография / В.П. Стражник, Е.С. Попова, – Ростов-на-Дону: Издательство «Параграф», 2022. – 132 с.
8. Тебекин А. В. Стратегический менеджмент: учебник для вузов / А.В. Тебекин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство «Юрайт», 2022. – 333 с.
9. Чалдаева Л. А. Экономика предприятия: учебник и практикум для вузов / Л.А. Чалдаева. – 5-е изд., перераб. и доп. -Москва: Издательство «Юрайт», 2022. – 435 с.
10. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко [и др.]; под ред. О.В. Логиновского. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 450 с.
11. Терехов М.В. Повышение эффективности производства на основе разработки автоматизированной системы планирования производства / М.В. Терехов // *Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении*. – 2021. – № 2 (12). – С. 49-57.