

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Сулейкина Александра Сергеевича на тему: «Методы анализа и синтез архитектуры цифровых производственных экосистем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)».

Актуальность темы диссертации

В настоящее время эффективность функционирования производственных предприятий напрямую зависит от того, насколько они внедрены в производственную экосистему - некоторую открытую систему взаимодействующих на разных уровнях (материальных, информационных) предприятий различного профиля. Устойчивость предприятия целиком зависит от устойчивости, стабильности всей производственной экосистемы. Ввиду открытости ее как системы, т.е. непостоянство состава, связей, и, в связи с этим, наличия большой неопределенности, возникают проблемы устойчивости и управляемости производственных экосистем.

Благодаря развитию информационных технологий, цифровизации производственных процессов, появляется возможность измерения состояния производственных систем на разных уровнях и автоматизации управления ими на основе результатов измерения. Однако открытость производственной экосистемы, самостоятельность, наличие собственных целей отдельных производственных объектов и подсистем экосистемы, с одной стороны, и наличие множества связей, взаимодействий на разных уровнях, с другой, не дает возможности применения известных методов управления. К тому же появляются большие потоки разнородных данных, требующих особых алгоритмов их обработки и методов хранения, что заставляет рассматривать цифровую экосистему уже как некоторую самостоятельную и достаточно сложную систему. Расширение возможностей, предоставляемых

современными информационными технологиями, решениями по хранению и обработке больших данных, цифровыми платформами предприятий, обуславливает возможность создания систем управления нового типа, способных на основе быстрой обработки разнородных потоков информации и прогнозирования в реальном времени формировать оптимальные управленческие решения цифровыми производственными экосистемами и, соответственно, непосредственно производствами.

Таким образом, проблема исследования цифровых производственных экосистем, разработки концептуальной и функциональной архитектур современных интегрированных систем управления производством как цифровых экосистем, рассматриваемая в диссертационной работе А.С. Сулейкина, в настоящее время становится все более актуальной.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные положения диссертации, выносимые на защиту, сформулированы следующим образом:

- формальное представление интегрированных систем управления производством как цифровых мультиконсортных экосистем;
- концепция управления цифровыми мультиконсортными производственными экосистемами на основе виртуальных цифровых предиктивных моделей, использующих индуктивные знания;
- интерпретация управления цифровой экосистемой как ситуационного управления сложной системой;
- обеспечение стабильного функционирования комплекса систем производственного управления;
- концептуальная и функциональная архитектура интегрированной системы управления производством на основе методов обработки больших данных;

- прототип системы управления цифровой экосистемой производства в ПАО «КАМАЗ» для задачи прогнозирования состояния серверного комплекса ресурсов.

Представленные положения обоснованы результатами анализа свойств объекта исследования, которым является совокупность производственных процессов промышленного предприятия, и соответствием разработанных диссертантом моделей этим свойствам и особенностям функционирования.

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается применением известных методов теории идентификации и управления, разработки и применения баз индуктивных знаний, основанных на интеллектуальном анализе данных, методов математического моделирования и машинного обучения. Результаты экспериментальных исследований и практического применения разработанных диссертантом моделей и методов также подтверждает достоверность полученных результатов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в получении следующих результатов:

- разработана архитектура системы управления цифровой экосистемой промышленного предприятия на основе цифровых предиктивных моделей;
- разработаны ассоциативные методы идентификации цифровой экосистемой как мультиконсортных систем;
- предложены методы ассоциативного прогнозирования производственных ситуаций;
- разработан метод создания цифровых двойников производственных процессов как идентификаторов в цепи обратной связи на основе цифровых идентификационных моделей;
- определены условия устойчивости мультиконсортных производственных систем.

Теоретическая значимость работы

Предложены концептуальная и функциональная архитектуры интегрированных систем управления производством для промышленного предприятия. Интегрированная система управления формализована как система управления мультиконсортной цифровой экосистемой на основе прогнозирующих моделей реального времени. Формализованы и определены условия стабильного функционирования системы управления производством как устойчивости системы управления цифровой экосистемой.

Практическая значимость работы

Создан прототип системы управления производственными ресурсами в цифровой экосистемой промышленного предприятия, используемый в ПАО «КАМАЗ». Система управления ресурсами обладает свойствами:

- в режиме реального времени создавать и корректировать прогнозирующие модели изменения состояния ресурсов производства;
- в режиме реального времени выявлять прогнозируемые критичные отклонения исследуемых показателей цифровой экосистемы для поддержки принятия превентивных управленческих решений;
- устойчиво функционировать и самостоятельно возобновлять работу в случае отказов оборудования;
- взаимодействовать с другими внешними экосистемами, обмениваясь данными через определенные консорт-сервисы в рамках системы управления.

Общая характеристика диссертационной работы и ее соответствие критериям научно-квалификационной работы

Диссертация Сулейкина Александра Сергеевича состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Диссертация

содержит 130 страниц основного текста, 23 иллюстрации, 1 таблицу; список литературы включает 170 наименований.

Во Введении приведено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, перечислены основные методы исследования, приведено краткое содержание работы по разделам.

Первая глава посвящена аналитическому обзору научной литературы по теме диссертации. Приведены результаты исследований в области создания ЦЭС в управлении цепочками поставок, в электроэнергетике, в промышленном производстве. Для элементов ЦЭС различных типов введено единое определение консортов (консорты-решатели целевых задач, интерпретируемых как задачи управления; консорты обработки данных; консорты инфраструктуры).

Отмечено, что для обеспечения стабильной работы мультиконсортной системы целесообразно прогнозировать состояние и работоспособность каждого отдельного консорта. Мультиконсортный подход к синтезу системы управления ЦЭС промышленного предприятия на основе цифровых алгоритмов идентификации и прогнозирования позволит оптимизировать процессы решения целевых задач на разных уровнях управления производством.

Во второй главе определяются условия устойчивости интегрированных систем управления производством как мультиконсортных систем с использованием алгоритмов идентификации на основе ассоциативного поиска и кратномасштабных вейвлет-разложений.

Для консортов первого типа (систем управления) предложено использовать идентификационные модели реального времени, основанные на индуктивных знаниях, получившие название ассоциативных. Отмечено, что эти модели демонстрируют высокую точность для широкого класса процессов. Определены условия устойчивости мультиконсортных

нестационарных систем в терминах кратномасштабных вейвлет-разложений отдельных подсистем.

Рассмотрен подход к формированию ассоциативной модели *производственной ситуации*. Разработаны алгоритмы прогнозирования производственных ситуаций. Вектор состояния сложной системы, определяемый состояниями консортов различных типов, а именно: консортов – подсистем решения целевых задач, консортов инфраструктуры и обслуживающих консортов, может быть интерпретирован как вектор, характеризующий текущую производственную ситуацию.

Осуществлена формализация ситуации с учетом возможного участия в ней консортов разных типов. Показано, что в определенных случаях целесообразно описывать ситуацию нечеткими переменными.

Предложено применять кодирование категориальных признаков различными способами и нормализацию их значений.

В третьей главе представлены модели концептуальной архитектуры системы управления ресурсами производства в ЦЭС предприятия, а также модели функциональной архитектуры консорт-сервисного слоя с описанием основных свойств и функций для различных слоев.

Отмечено, что применение технологий слияния данных (data fusion) разных уровней для построения интегрированной системы управления ЦЭС предприятия позволяет повысить точность моделей, в частности, на основе выявления зависимости между процессами и объектами различных уровней.

В четвертой главе представлено описание прототипа системы управления ресурсами производства в цифровой экосистеме ПАО «КАМАЗ». Система управления основана на применении предиктивных моделей состояния загрузки серверного комплекса ресурсов. Описаны характеристики основных программных средств, использованных при внедрении данного приложения.

Замечания по диссертационной работе и автореферату

1. Следовало более четко обосновать применение операций суммирования и произведения для вычисления стабильности совокупности консорт-сервисов (формула (15)).
2. Следовало бы привести конкретный пример формализации производственной ситуации, с участием консортов разных типов.
3. В диссертации декларируется возможность оптимизации управления на основе высокоточных прогнозирующих моделей реального времени, но результаты относятся только к определению условий стабильного функционирования.
4. В тексте встречаются стилистические погрешности и синтаксические ошибки.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки работы, содержащей новые научные, методологические и практические результаты.

Основные результаты диссертации изложены в 24 публикациях в рецензируемых изданиях и полностью соответствуют содержанию диссертации.

Содержание и структура автореферата диссертации полностью соответствуют основному содержанию диссертационной работы. Автореферат отражает основные положения и научные результаты диссертации и соответствует требованиям ВАК к авторефератам кандидатских диссертаций.

Заключение. Представленная диссертационная работа является законченным научно-квалификационным исследованием, в которой разработаны новые научно обоснованные методы анализа и синтеза

архитектуры цифровых производственных экосистем на основе цифровых предиктивных идентификационных моделей, имеющие существенное значение для развития производственных отраслей страны.

Работа удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, изложенных в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 01.10.2018), а соискатель СУЛЕЙКИН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент

Сиразетдинов Рифкат Талгатович,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры Динамики
процессов и управления,
rif-kat@inbox.ru



Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ
(КНИТУ КАИ),
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.
Тел. +7 (843) 231 01 09,
e-mail: kai@kai.ru

Подпись Сиразетдинова Р.Т.
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля



« 13 » января 2023 г.