

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Черешко Алексея Анатольевича «Методы управления технологическими процессами на основе ассоциативных прогнозирующих моделей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Актуальность темы диссертации

Сегодня одним из ключевых факторов эффективного функционирования промышленного предприятия, наряду с применением передовых информационных технологий, становится использование современных систем управления производственными и, прежде всего, технологическими процессами (ТП).

В течение последних лет управление с прогнозирующей моделью (Model Predictive Control – MPC) является одним из наиболее эффективных методов управления ТП в перерабатывающих отраслях промышленности: нефтепереработке, производстве удобрений, нефтехимии, обогащении полезных ископаемых и др. MPC-система содержит заранее построенную по экспериментальным данным прогнозирующую модель объекта, и осуществляет оптимизацию управления по заданному критерию в режиме реального времени. Эффективность управления в значительной степени определяется точностью модели. Как правило, в MPC-системах реализованы идентификационные модели показателей качества продукции. Программно-алгоритмические комплексы, формирующие эти модели и обеспечивающие их функционирование, получили название виртуальных анализаторов (ВА).

В схемах MPC чаще всего используются ВА на основе линейных регрессионных моделей: они хорошо зарекомендовали себя на практике. Однако для некоторых нелинейных процессов прогноз ВА на основе линейной модели не всегда дает удовлетворительные результаты. В диссертационной работе предлагается новый подход к разработке ВА: формирование идентификационной модели на основе индуктивных знаний об исследуемом ТП. Под индуктивными знаниями понимаются закономерности, получаемые восстановлением зависимостей по эмпирическим данным. Высокую точность идентификации для различных объектов показали алгоритмы ассоциативного поиска. ВА, разработанные автором на основе этих алгоритмов, названы ассоциативными. Представлены результаты разработки ассоциативных ВА в системах управления класса MPC, что особенно актуально для нелинейных и нестационарных ТП.

Для решения задачи управления нелинейными ТП диссертантом предложен подход к управлению с прогнозирующей моделью – так называемое «ассоциативное управление с прогнозирующей моделью» – на основе ассоциативных ВА. Применение высокоточных методов

прогнозирования в ВА МРС-систем на различных промышленных объектах позволит проектировать и разрабатывать более эффективные системы усовершенствованного управления ТП (СУУТП) и, благодаря этому, заметно повышать эффективность работы предприятий.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что тематика исследований диссертационной работы, направленных на разработку и совершенствование методов управления ТП с прогнозирующей моделью, представляется весьма важной и актуальной и соответствует заявленной специальности.

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

Вынесенные на защиту научные положения:

– метод построения ВА показателей качества продукции технологического объекта на основе ассоциативного поиска.

– метод автоматического управления с ассоциативными ВА – «ассоциативное МРС» (АМРС) непрерывных и полунепрерывных производств.

– алгоритм расчета глубины прогноза выхода объекта для АМРС, при задании которой гарантируется удовлетворение системы управления необходимым ограничениям

обоснованы соответствием используемых в работе моделей и методов, специфике и свойствам объекта исследования.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, базируется на:

– корректном использовании методов идентификации, теории автоматического управления, интеллектуального анализа данных;

– проведенных вычислительных экспериментах и программной реализации разработанных методов.

– эффективным практическим использованием результатов диссертации, что подтверждается приведенным в приложении диссертации Актом о внедрении.

Научная новизна диссертационной работы подтверждается следующими результатами:

– Разработан метод построения ВА показателей качества продукции перерабатывающих отраслей промышленности на основе алгоритма ассоциативного поиска, позволяющий повысить точность моделей ТП, в том числе для нелинейных процессов.

– Предложен метод автоматического управления с прогнозирующей моделью – «ассоциативное МРС» (АМРС), позволяющий повысить эффективность управления нелинейными нестационарными ТП непрерывных и полунепрерывных производств.

– Разработан алгоритм расчета глубины прогноза выхода объекта управления, при задании которой гарантируется достижение цели управления с учетом принятых ограничений.

– Предложены методы разработки программного обеспечения, реализующего управление ТП с ассоциативными прогнозирующими моделями нелинейных процессов и формирующего базу индуктивных знаний.

Результаты диссертационного исследования получили апробацию в рамках обсуждения на 3 международных и на 2 всероссийских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ: 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 из них – статьи в журналах, индексируемых в базах Scopus и Web of Sciences, и 2 – в других изданиях.

Таким образом, научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы характеризуются научной новизной.

Теоретическая значимость:

предложены методы разработки ВА ТП непрерывных и полунепрерывных производств на основе алгоритмов ассоциативного поиска, а также методы автоматического управления с прогнозирующей моделью ТП с использованием ассоциативных ВА.

Практическая ценность работы заключается

- в программной реализации методов разработки ассоциативных ВА и управления с прогнозирующими моделями, подтвердившей эффективность предложенных методов посредством численных экспериментов;
- во внедрении разработанных методов на промышленном объекте с документальным подтверждением эффекта внедрения.

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

Диссертационная работа Черешко Алексея Анатольевича состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Диссертация изложена на 116 страницах.

В первой главе представлен аналитический обзор основных направлений развития методов управления с прогнозирующей моделью (МРС), описаны традиционно применяемые в МРС алгоритмы идентификации и управления. На основании проведенного анализа и исследований существующих методов управления с прогнозирующей моделью сформулированы цель и научные задачи работы. Последующие главы посвящены решению задачи МРС при помощи методов ассоциативного поиска с использованием базы индуктивных знаний.

Вторая глава посвящена методу разработки ВА качества продукции на основе идентификационных алгоритмов ассоциативного поиска. Представлена процедура построения ВА. Для МРС-системы в качестве ВА, формирующей модель такого типа, рассматривается цифровой двойник – идентификатор в цепи обратной связи («ассоциативный ВА»). Выявлены преимущества данного метода перед традиционными. Поскольку ассоциативный ВА функционирует в замкнутом МРС-контуре, существует статистическая зависимость между переменными в модели; для ее регуляризации предложено использовать процедуру Мура–Пенроуза.

Представлена процедура разработки ВА ТП непрерывных и полунепрерывных производств. Ассоциативные ВА формируют модели для МРС, используя специализированные базы индуктивных знаний, содержащие цифровые портреты и библиотеки формализованного описания различных ТП, технологических регламентов и дополнительных факторов, формирующих текущую ситуацию, включая формализованные мнения экспертов, а также нечеткие производственные правила.

В третьей главе представлен разработанный диссертантом метод управления с прогнозирующей моделью на основе ассоциативного поиска и базы индуктивных знаний. Разработан алгоритм МРС с использованием ассоциативных идентификационных моделей, названный «ассоциативным МРС» (Associative MРС – АМРС).

Введен критерий выбора глубины горизонта прогнозирования АМРС. Для построения АМРС-алгоритма на каждом временном такте формируется линейная дискретная модель системы управления методом ассоциативного поиска.

В четвертой главе представлен пример практического применения разработанных алгоритмов; их работоспособность и эффективность подтверждена численными экспериментами. Подробно описано применение данных методов в управлении ТП на фабрике обогащения железорудного концентрата АО «Стойленский ГОК», что обеспечило технико-экономический эффект в виде увеличения загрузки руды на вход головных мельниц на 2,3 % и снижение дисперсии лабораторных значений показателей качества железорудного концентрата на 34%. Эффект от внедрения подтвержден соответствующим Актом АО «Стойленский ГОК».

Замечания по диссертационной работе

1. Процедура разработки ВА показателей качества ТП на основе алгоритма ассоциативного поиска во второй главе диссертации изложена слишком подробно. Было бы достаточно ограничиться изложением основных концептуальных положений: создания ВА путем формирования на каждом такте новой ассоциативной модели. Именно это определяет оригинальность предлагаемого подхода к синтезу МРС. А вот стадии обработки данных можно было бы не описывать настолько детально.

2. Было бы желательно описать перспективу исследований по формированию критериев выбора глубины горизонта прогнозирования АМРС в зависимости от свойств исследуемых объектов, в частности – для нестационарных объектов.

3. В работе не приведены численные примеры сравнения эффективности применения традиционных и ассоциативных ВА для различных технологических процессов (помимо ТП, исследуемого в четвертой главе), тем более, что в публикациях диссертанта такие примеры приводятся.

4. В работе встречаются погрешности оформления и стилистически нечеткие выражения, например: «...обобщить задачу на объект с вектором

управляющих воздействий» (с.64), или: «...при приближении мощности к нижнему пределу».

Отмеченные замечания не снижают положительное впечатление о работе и не влияют на общую положительную оценку научной новизны и практической значимости диссертации.

Заключение. Диссертация является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой содержится научно обоснованное решение задачи управления с прогнозирующими ассоциативными моделями, основанными на индуктивных знаниях – закономерностях, выявляемых посредством интеллектуального анализа данных. Полученные результаты достоверны, приведенные выводы обоснованы, имеют научную новизну и практическую значимость.

Публикации и автореферат в достаточной степени отражают основное содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», № 842, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, с изменениями на 26 сентября 2022 года, а ее автор, Черешко Алексей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент

Торгашов Андрей Юрьевич,
доктор технических наук, доцент,
главный научный сотрудник,
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения
Российской академии наук

«19» декабря 2022 г.

Почтовый адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5

Тел.: +7 (423) 231-04-39

URL: <https://www.iacp.dvo.ru>

E-mail: director@iacp.dvo.ru

