УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе и инновациям
ФГАОУ ВО
«Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники»,
д.т.н., профессор
_____С.П. Куксенко
«1» 10 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на диссертационную работу Губанова Кирилла Николаевича
«Модели и алгоритмы управления жизненным циклом проектной документации в производстве металлических конструкций»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4 – «Управление организационными системами», (технические науки) в диссертационный совет 24.2.401.03, созданный на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Актуальность темы диссертационной работы

Работа посвящена решению важной народно-хозяйственной задачи - повышению эффективности процесса управления производством металлических конструкций за счет формирования структуры жизненного цикла проектной документации и системы управления жизненным циклом, разработки и применения согласованного и эффективного механизма инвестирования в улучшение процесса управления проектной документацией, а также посредством унификации технологии производства на основе нечеткой кластеризации производимых элементов металлоконструкций.

Производственный процесс в данной сфере отличается высокой степенью сложности и многоэтапностью. Он включает разработку 3D-моделей, формирование и согласование чертежей, их архивирование и последующую передачу в производство. Каждый из этих этапов сопровождается обработкой значительных объёмов данных и требует точного отслеживания их статусов, согласованности версий и актуальности информации. Состав задач, операций и порядок их выполнения персоналом не всегда регламентирован. Отсутствие жесткой регламентации порядка функционирования организационной системы приводит к информационным разрывам, к дублированию работ, потере актуальных данных и замедлению производственного цикла.

Таким образом, разработка структуры и содержания стадий жизненного цикла проектной документации, а также построение системы управления жизненным циклом является **актуальной** научной задачей, решаемой в рамках диссертационного исследования.

Общая характеристика работы

Во введении обоснована актуальность, степень разработанности темы исследования, сформулированы объект и предмет исследования, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, определена степень достоверности результатов, указан личный вклад автора, соответствие паспорту специальности, список публикаций, описана структура и объем диссертации.

В первой главе проведён анализ действующего процесса обработки проектной документации при производстве металлических конструкций. Показано, что он характеризуется высоким уровнем трудоёмкости, значительной долей операций, выполняемых вручную и отсутствием целостного механизма управления жизненным циклом документации. Существенная часть действий персонала связана с поиском, проверкой, сопоставлением и передачей проектных данных между подразделениями. При этом операции контроля актуальности, согласования версий, сверки моделей и чертежей носят эпизодический характер и не опираются на формализованный алгоритм.

Во второй главе предложена структура жизненного цикла проектной документации как динамической системы последовательных преобразований проектных данных – от проектирования 3D-модели до регламентированного хранения и утилизации. Функциональное моделирование стадий жизненного цикла в нотации IDEF0 позволило формализовать состав операций и их причинно-следственные связи в едином информационном контуре. На основе разработанной структуры жизненного цикла сформирована функциональная структура системы управления. Применение алгоритма нечеткой кластеризации Fuzzy C-Means на основе введённого показателя различия обеспечивает унификацию элементов с учётом технологически допустимой вариативности параметров и размытых границ классов.

В третьей главе разработан согласованный механизм инвестирования в совершенствование процессов жизненного цикла проектной документации, который формализует взаимодействие между инвестиционным центром и подсистемами управления стадиями жизненного цикла. Для каждой стадии жизненного цикла введена система локальных показателей эффективности, разработан формальный аппарат определения потребности в инвестиционных ресурсах на уровне отдельной подсистемы. Предложен алгоритм поэтапного формирования и свёртки множеств альтернатив с последовательным отсечением доминируемых решений. Показано, что разработанный механизм обеспечивает согласование локальных решений подсистем с глобальными целями системы управления, повышает обоснованность инвестиционных решений и создаёт предпосылки для устойчивого и целенаправленного совершенствования процессов.

В четвертой главе предложена архитектура учёта чертежей, включающая централизованное хранение, контроль версионности, процедуры архивирования и механизмы оповещения/мониторинга целостности. Реализована формальная модель версионности проектной документации на основе системы нумерации версий и автоматизированного сравнения параметров, позволяющая однозначно идентифицировать актуальную ревизию, фиксировать причины обновлений и исключать повторное использование устаревших документов. Предложен и встроен в контур архивирования алгоритм автоматической обработки цифровых изображений чертежей с извлечением встроенных меток и верификацией

соответствия сканов исходным данным. Разработан механизм обработки 3D-модели, обоснована и реализована асинхронная модель интеграции с внешней ERP-системой. Сформулированы принципы проектирования и интеграции функциональных модулей комплекса на основе существующих CAD/ERP-решений и функционального моделирования IDEF0, реализована техническая архитектура комплекса.

В пятой главе выполнена проверка адекватности разработанного механизма унификации проектных элементов, основанного на алгоритме нечеткой кластеризации Fuzzy C-Means с механизмом комплексной оценки разнородных признаков, проведена оценка эффективности внедрения программного комплекса «SZMK» на основе структурированного сравнительного анализа двух трёхмесячных периодов до цифровизации и после её внедрения. Рассчитан эффект ускорения прохождения заказа, зафиксировано снижение доли возвратов на доработку после прохождения конструкторского бюро, а также снижение случаев утраты или повторной печати чертежей, ошибок унификации проектных элементов, снижение среднего количества ручных операций на один чертёж и доли просрочек переходов между статусами.

В заключение приведены основные выводы и результаты работы.

Библиографический список включает 135 наименований.

Основные научные результаты

Новые научные результаты диссертации включают:

- Структуру жизненного цикла проектной документации и функциональная структура системы управления жизненным циклом, отличающиеся полным набором прямых и обратных связей между стадиями цикла, а также встроенными в процессы методами идентификации и верификации цифровых копий чертежей, позволяющих минимизировать количество ошибок
- Процедуру формирования множеств унифицированных элементов металлоконструкций, отличающаяся комплексированием алгоритма нечеткой кластеризации (метод Fuzzy C-Means) с механизмом комплексной оценки (МКО) числовых, категориальных и структурных признаков и применением критерия Fuzzy Partition Coefficient для выбора оптимального числа кластеров
- Согласованный и эффективный механизм управления инвестициями в совершенствование процесса управления проектной документацией, отличающийся тем, что задача, решаемая агентами, представляет собой модифицированную задачу о ранце и относится к классу обратных задач управления, а задача, решаемая центром - модифицированную задачу о ранце, относящуюся к классу прямых задачей управления.

Результаты диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.4. Управление в организационных системах: п. 3 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах»; п. 4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах»

Достоверность и обоснованность результатов

При проведении исследований соискателем в диссертационной работе корректно использованы методы системного анализа и функционального моделирования, методы сетевого программирования, методы институционального и механизмы согласованного и эффективного управления поведением персонала, аппарат нечеткой математики и подтверждаются

результатами натурно-экспертного и компьютерного моделирования, а также результатами внедрении в производственную среду.

Обоснованность изложенных результатов подтверждается проведенными анализом результатов внедрения программного комплекса «SZMK», что отражено в свидетельствах о регистрации программ для ЭВМ и акте внедрения, а также обсуждением результатов проведенных исследований на научных конференциях.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендации диссертации

Теоретическая значимость работы состоит в интеграции метода нечеткой кластеризации и механизма комплексного оценивания теории управления организационными системами для формирования подмножеств унифицированных элементов изготавливаемых металлоконструкций и разработанный механизм согласованного инвестирования.

Практическую значимость работы имеет разработанный механизм управления инвестициями в совершенствование процессов жизненного цикла проектной документации, позволяющий формализовать выбор мероприятий развития, согласовать локальные и глобальные цели подсистем и обеспечить рациональное распределение ограниченных ресурсов предприятия.

Внедрение программного продукта на предприятиях, выпускающих металлоконструкции, позволит получить значительный экономический эффект.

Экономический эффект от внедрения системы в работу на ООО «Сибирский завод металлических конструкций» составил 5 млн. руб. Этот результат достигнут за счет сокращения среднего времени проектирования чертежей с 11 до 7,7 суток, снижения доли возвратов чертежей на 40 %, снижения числа ошибок сотрудников на 70 %.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты исследований могут быть рекомендованы в широком тиражировании решений на предприятиях, выпускающих металлоконструкции, а также в использовании результатов в учебном процессе при подготовке специалистов в области информационных систем управления, автоматизации производственных процессов, цифрового инжиниринга и управления жизненным циклом изделий.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе:
3 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК; 6 – в сборниках всероссийских и международных конференций. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе

1) Жизненный цикл проектной документации представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов, результаты и эффективность каждого из которых влияют на последующий этап. В главе 3 при решении задачи распределения ресурсов между стадиями осуществляется согласование их развития с глобальными целями предприятия, то есть оценивается вклад различных стадий в конечный результат функционирования

системы управления (стадии рассматриваются как локальные подсистемы). Но при этом не учитывается влияние результатов изменений, происходящих на одной стадии, на другую. А оно может быть существенным, как в положительном, так и в отрицательном (что более важно) направлении.

2) Отсутствует сравнение Fuzzy C-Means с альтернативными методами кластеризации (гауссовы смеси, exclust, нейросетевые подходы).
3) Отсутствует обоснование выбора числа кластеров только по Fuzzy Partition Coefficient. Не приведены диапазон перебора числа кластеров, график значений критерия, результаты повторных запусков с различной инициализацией.
4) В модели распределения инвестиций не учтены синергетические эффекты, предполагается, что эффект от вложений в каждую стадию аддитивен и независим.
5) Неопределенность механизма кодирования категориальных и структурных признаков. В формуле (2.3) вводится обобщенный показатель различия, комбинирующий числовые, категориальные Dcat) и структурные Dstr) метрики. При этом в диссертации не раскрыт конкретный механизм кодирования категориальных и структурных признаков при их приведении к единому метрическому пространству. Неясно, используется ли бинарное кодирование (совпадение/несовпадение), матрица попарных расстояний между категориями или иерархический подход. Без описания этой схемы (например, как именно вычисляется расстояние между близкими марками стали, такими как 09Г2С и 09Г2С-12, или между стыковыми и угловыми швами при одинаковом их количестве) математическая модель становится невоспроизводимой, а адекватность метрик вызывает сомнения.
6) Сильное допущение о линейной зависимости затрат от улучшений. В разделе 3.4 (формула 3.9) затраты на улучшение показателя аппроксимируются как линейная функция от прироста балла. В реальных организационных системах ресурсная емкость последовательных улучшений, как правило, возрастает (закон убывающей отдачи). Принятие линейной модели без обсуждения допустимости такого упрощения снижает аналитическую строгость разработанного механизма.
7) Методологическая неопределенность в описании объектов анализа (3D vs 2D). В тексте диссертации декларируется верификация и анализ структурированных данных 3D-моделей (через Tekla Open API), однако далее подробно описываются алгоритмы автоматической обработки растровых 2D-изображений чертежей (построчный пиксельный проход, распознавание DataMatrix-кодов). Эти два процесса принципиально различны по своей природе. Их совместное упоминание без четкого разграничения ролей (например, что кластеризация работает со структурированными данными 3D-модели, а распознавание изображений является лишь вспомогательным гигиеническим инструментом для работы с бумажным архивом) создает методологическую неопределенность.

В диссертации имеется ряд замечаний, касающихся стиля изложения, неточностей, опечаток. Отметим здесь некоторые из них:

1) В защищаемых положениях не указано, какое преимущество дают отличия от существующих подходов, приведенные в научной новизне.
2) Стр. 48. В формуле(3.8) и (3.9) что означает z?

3) Стр. 63. В формуле (3.21) в каких единицах измеряется показатель $Qreq$ (заданный целевой уровень эффективности системы управления)? Где используется бюджет Z? (в формуле 3.21 показатель Z не фигурирует).
4) Стр.75 рис 4.1 Непонятно, куда уходит новая модель чертежа.
5) Стр. 79 рис. 4.3 Нет конца алгоритма.
6) На стр. 13 название пункта 1.2 *Анализ недостатков действующей системы управления документацией* совпадает с названием главы 1
7) На стр. 37 не указано значение коэффициента конкордации.

Заключение

Диссертационное исследование Губанова К.Н. является актуальной и завершенной научно-квалификационной работой, содержит новые научные результаты по специальности. Указанные выше замечания не снижают научной значимости и практической ценности диссертационной работы. Диссертационная работа К.Н. Губанова выполнена на высоком научно-техническом уровне. Автор продемонстрировал глубокое понимание предметной области, разработал работающий программный продукт и получил подтвержденные производственной практикой положительные результаты.

Автореферат корректно отражает содержание диссертации. Оформление автореферата и диссертации соответствует требованиям ВАК РФ.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кирилл Николаевич Губанов, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4 – Управление в организационных системах.

Отзыв и диссертационная работа Губанова Н.К. рассмотрены, обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры «Автоматизированные системы управления» (АСУ) «10 сентября» 2026 года, протокол № 9. Результаты голосования: за – 8, против – 1, воздержались – 4.

И.о. зав. кафедрой АСУ,
д.т.н., доцент А.А. Захарова

Профессор кафедры АСУ,
д.т.н., профессор А.А. Мицель

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
Адрес 634050, г. Томск, проспект Ленина, 40
Тел: (382 2) 510-530
Факс: (382 2) 513-262, 526-365
E-mail: office@tusur.ru
Сайт: http:// www.tusur.ru