

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Гладкова Леонида Анатольевича на диссертационную работу Воронина Дмитрия Николаевича на тему «Модели и алгоритмы формирования производственных расписаний на основе эволюционных вычислений и нечёткой логики», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

1. Актуальность темы исследования

Актуальность диссертационной работы обусловлена высокими требованиями к производительности машиностроительных предприятий, выпускающих продукцию в рамках импортозамещения или для оборонно-промышленного комплекса. Обеспечить высокий уровень производительности возможно за счет сокращения всех видов простоев, для чего необходимо повысить эффективность процесса планирования при составлении производственного расписания работы участка или цеха. Задачи составления производственных расписаний имеют экспоненциальную сложность, что заставляет разработчиков соответствующего программного обеспечения искать менее затратные, с точки зрения вычислительной сложности, алгоритмы. При этом необходимо соблюдать баланс между скоростью сходимости алгоритма и качеством получаемых решений. Нарушение баланса может привести либо к увеличению количества вычислений, либо к попаданию алгоритма в локальный оптимум. В условия роста объёмов выпуска продукции, а также дефицита производственного оборудования и кадров, на первый план выходит задача сокращения времени невынужденных простоев оборудования. Поэтому задача разработки новых моделей и алгоритмов для решения задач оперативно-календарного планирования, которые позволяют находить компромиссное «квазиоптимальное» решение, удовлетворяющее предъявляемым требованиям, является актуальной.

Исходя из вышеизложенного, актуальность темы оппонируемой диссертационной работы не вызывает сомнения.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Соискателем изучено и критически проанализировано содержание

научных и прикладных работ, затрагивающих ключевые аспекты оперативно-календарного планирования и оптимизации производственных расписаний. Результаты литературного обзора изложены достаточно подробно, структурированы и проанализированы. Наряду с известными работами, затрагивающими вопросы оперативно-календарного планирования, проведён анализ научных публикаций, направленных на решение проблемы получения глобально оптимального производственного расписания.

Обоснованность и достоверность научных положений исследования, выводов и рекомендаций обеспечивается предлагаемым концептуальным подходом, позволяющим выстроить общую логику развития систем формирования производственных расписаний, направленную на достижение глобального оптимального значения заявленной целевой функции. Достоверность полученных результатов обеспечена за счёт корректной постановки задачи, ограничений и допущений, выбора в качестве метода оптимизации генетических алгоритмов, модифицированных с помощью математического аппарата нечёткой логики, использования репрезентативных объёмов выборок, тестированием разработанных моделей в реальных условиях функционирования цехов механообработки, подтверждены актами внедрения.

Полученные результаты построены на проверяемых данных, в полной мере отражены в соответствующих научных публикациях. К наиболее важным научным результатам исследования, характеризующим его **научную новизну**, могут быть отнесены:

1) модифицированный генетический алгоритм формирования производственных расписаний, отличающийся от известных последовательным использованием модели эволюции Ч. Дарвина и модели Г. де Фриза;

2) математическое обеспечение модели нечёткого контроллера для генетического алгоритма формирования производственного расписания, отличающееся от известных использованием в качестве управляемых значений таких параметров генетического алгоритма, как величина и вероятность редукции;

3) гибридный генетический алгоритм формирования производственных расписаний, отличающийся применением нечёткого контроллера управления параметрами операции редукции.

Итогом выполненных научных исследований являются модели и алгоритмы формирования производственных расписаний на основе эволюционных вычислений и нечёткой логики. Сформулированные автором выводы получены на основании обоснованных в диссертации новых научных положений.

Практическая значимость разработанных автором моделей, алгоритмов и программных средств заключается в возможности сократить невынужденные простои производственного оборудования, вызванные несогласованностью в процессе распределения работ. Подтверждением практической значимости диссертационной работы является наличие у соискателя актов внедрения в АО «ПО «Стрела» (г. Оренбург), АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение» (г. Королёв), а также свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основываясь на приведённых доводах, можно сделать заключение о высокой степени обоснованности научных положений и выводов, представленных в работе, их достоверности и новизны.

3. Оценка содержания диссертации и степени её завершенности

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка источников, включающего 106 наименований, и шести приложений. Объем диссертации составляет 137 стр. работа имеет логичную структуру, поясняющие рисунки и таблицы оформлены в соответствии с действующими требованиями ГОСТ.

В первом разделе диссертации автором приведён обзор научных работ, диссертаций и программных решений по следующим направлениям: теория расписаний, оперативно-календарное планирование, генетические алгоритмы, биоинспирированные алгоритмы, нечёткая логика, искусственные нейронные сети.

Изучен опыт внедрения результатов научных работ, направленных на повышение эффективности управления производственными цехами и участками за счёт внедрения систем оптимизации производственных расписаний.

Выполненный анализ позволил сформулировать цель и задачи исследования и разработать концептуальный подход, обеспечивающий её достижение.

Во втором разделе рецензируемой диссертационной работы содержится описание задачи оптимизации производственных расписаний на основе структурированного клеточного генетического алгоритма. Представлены результаты сравнения эффективности работы клеточного и традиционного генетических алгоритмов на основе выполненного автором дисперсионного однофакторного анализа. Приведены результаты экспериментов, направленных на оценку сходимости процесса поиска к квазиоптимальному решению. Предложена модификация генетического алгоритма оптимизации

производственного расписания, основанная на комбинации эволюционных моделей Ч. Дарвина (модель «выживает сильнейший») и Г. де Фриза (модель «катастроф»). Приведены результаты работы модифицированного генетического алгоритма, сделан вывод о значительном увеличении длительности составления производственного расписания.

Методы проведения исследовательской части работы, включающие обоснование функций принадлежности нечётких лингвистических переменных, описание правил, определяющих нечёткое значение переменной, архитектуру системы оптимизации производственных расписаний, приведены в третьем разделе работы.

Четвёртый раздел диссертации содержит результаты верификации предложенных моделей и алгоритмов решения задачи составления оптимальных производственных расписаний, включающие: обработку изделий партиями, правила составления производственных расписаний, формирование производственных расписаний на основе приоритетов и по минимальной трудоёмкости изготовления.

Результаты верификации, представленные в четвёртом разделе, позволяют сделать вывод об адекватности предложенных моделей и алгоритмов составления оптимальных производственных расписаний исходным данным.

Структура и логика изложения работы соответствуют поставленным в диссертации задачам исследования. Цель, сформулированная в диссертационном исследовании, достигнута.

Оформление текста диссертации и автореферата соответствует требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а также ГОСТ Р 7.0.11-2011 г.

4. Замечания по диссертационной работе

1. Во втором разделе автором предложен модифицированный генетический алгоритм составления расписаний на основе комбинации двух моделей эволюции (модели Ч. Дарвина и модели Г. де Фриза), однако не приведен пример практического применения данного алгоритма для решения задачи построения расписания.

2. Автор не совсем корректно использует термин «операция редукции». В классическом варианте данная операция применяется для уменьшения размера популяции в случае, когда её размер после выполнения генетических операторов превышает заданный.

3. В работе не представлено обоснование приведенных функций

принадлежности лингвистических переменных.

4. При оценке эффективности поиска оптимального производственного расписания не приведено затрачиваемое время.

Следует отметить, что приведённые замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокого качества исследований, выводов, результатов диссертации, её научной новизны и практической значимости.

Заключение

Диссертация Воронина Дмитрия Николаевича на тему «Модели и алгоритмы формирования производственных расписаний на основе эволюционных вычислений и нечёткой логики» является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, имеющей практическую и теоретическую значимость, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача разработки алгоритма формирования производственных расписаний, изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Представленные научные результаты способны обеспечить повышение эффективности управления производством на уровне цехов и участков.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Материалы работы апробированы на международных и национальных научных конференциях, а также реализованы на практике. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в числе которых 3 статьи в журналах из Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В опубликованных работах, автору принадлежат теоретические и расчётно-прикладные разработки, анализ, интерпретация и обобщение полученных результатов, заключения и выводы, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Диссертация имеет прикладной характер, предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Наряду с описанием новых научных результатов, работа содержит сведения об их практическом использовании.

Диссертация оформлена грамотно, на высоком научно-техническом уровне. Автореферат соответствует основному содержанию текста диссертационной работы.

Диссертация по своей актуальности, объёму выполненных исследований, качеству, научной новизне и практической значимости полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а её автор, Воронин Дмитрий Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Официальный оппонент:

доцент кафедры «Систем автоматизированного проектирования им. Виктора Михайловича Курейчика» Института информационных технологий и компьютерной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», кандидат технических наук (н.с. 05.13.12), доцент



Гладков Леонид Анатольевич

Дата составления отзыва: «23» апреля 2025 г.

Сведения о месте работы:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, кафедра «Системы автоматизированного проектирования им. Виктора Михайловича Курейчика»

347928 г. Таганрог, ул. Энгельса 1, корпус «Г», ауд. Г-436

(+7 863) 438-34-51, lagladkov@sfedu.ru,

<https://sfedu.ru/>

+7(903) 438-18-88

Подпись Гладкова Леонида Анатольевича заверяю:

Директор ИКТИБ ЮФУ д.т.н., проф.



Г. Е. Веселов