

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Топоркова Виктора Васильевича на диссертационную работу Аничкина Антона Сергеевича на тему «ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СРЕДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ РАСПИСАНИЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы исследования. Разнообразие существующих и появляющихся математических моделей и вычислительных методов теории расписаний порождает серьезную проблему разработки и развития программных приложений составления расписаний на единой методологической и инструментальной основе.

Использование систем проектного планирования общего назначения, универсальных и специализированных математических библиотек для подобных целей зачастую невозможно из-за особенностей прикладных задач или крайне неэффективно из-за зависимости вычислительной сложности от частных условий.

В этой связи актуально создание единой инструментальной среды для программной реализации приложений теории расписаний на основе ранее реализованных компонентов.

Научная новизна. В диссертационной работе получены следующие оригинальные научные результаты:

1. Предложен класс задач обобщённого проектного планирования, охватывающий задачи теории расписаний и проектного планирования в расширенных постановках.

2. Доказаны теоремы о существовании решения задач обобщённого проектного планирования, о сводимости известных постановок теории расписаний к задачам данного класса, а также о возможности их точного и приближённого решения на основе разработанного обобщённого алгоритма.

3. Разработан и обоснован метод построения и инкрементального развития приложений теории расписаний на основе объектно-ориентированной среды.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в математической формализации класса задач обобщённого проектного планирования, доказательстве утверждений о существовании решения и о редукции известных постановок к задачам данного класса. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности применения инструментальной среды для разработки программных приложений теории расписаний в различных предметных областях. Объектно-ориентированная среда прошла апробацию в ходе создания, сопровождения и развития системы визуального моделирования и планирования промышленных проектов.

Достоверность и обоснованность основных выводов и результатов диссертации подтверждается корректным использованием методов теории расписаний. Проектирование и разработка инструментальной среды для реализации приложений теории расписаний осуществлялись в рамках методологии объектно-ориентированного программирования.

Апробации и публикации. Основные результаты работы опубликованы в 13 научных работах, из них: 6 статей в реферируемых научных журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК РФ. Одна работа опубликована в книге, индексируемой Web of Science.

Содержание диссертации. Материал диссертации логично распределен между введением, четырьмя главами и заключению. Общий объем диссертации 168 страниц, работа содержит список литературы из 207 наименований.

В **первой главе** приведён обзор современных моделей и методов, используемых при решении задач теории расписаний и, в частности, проектного планирования.

Рассмотрена известная постановка задачи проектного планирования с ограничениями на ресурсы. Проведен анализ моделей ресурсов, применяемых в задачах планирования проектов. Рассмотрены особенности моделей исполнения работ. Выделены важные факторы календарно-сетевое планирования, включая основные виды временных ограничений. Обоснован выбор целевой функции, необходимой для корректной постановки соответствующей оптимизационной задачи.

Вторая глава посвящена математической формализации задач проектного планирования и их обобщенной постановке.

Рассматриваются одна из известных постановок задач проектного планирования с ограничением на ресурсы и алгоритмы ее приближенного решения. Особое внимание уделяется вопросам структуризации проектного плана и моделям исполнения работ. Приводятся математическая формализация задачи обобщённого проектного планирования, а также доказательство утверждений о достаточных условиях существования решения. Описывается алгоритм приближенного решения задач обобщённого проектного планирования, который можно рассматривать как развитие известного алгоритма последовательной диспетчеризации. Формулируется утверждение об эквивалентности алгоритмов в случаях, когда задача обобщённого проектного планирования редуцируется к задаче проектного планирования с ограничением на ресурсы.

В **третьей главе** описывается объектно-ориентированная среда для разработки приложений теории расписания.

Приводятся требования, предъявляемые к объектно-ориентированному каркасу, а также общие принципы его построения. Рассмотрена организация классов прикладных данных для представления условий задач проектного планирования в расширенных постановках. Описываются классы математических объектов и вычислительных алгоритмов для редукции задач проектного планирования к задачам условной оптимизации. Рассмотрены методологические аспекты разработки программных приложений теории расписаний на основе модулей каркаса.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям разработанной среды.

Проведена оценка универсальности, эффективности и гибкости разработанной объектно-ориентированной среды на основе практического опыта эволюционной разработки перспективной системы визуального планирования проектов на базе существующего приложения Synchrono. Описывается процесс разработки целевой системы визуального планирования проектов. Представлены результаты вычислительных экспериментов для сравнения показателей эффективности построенной системы с известными системами управления проектами.

В **Заключении** представлены основные результаты диссертационной работы.

Замечания и недостатки.

1. В работе не дается примеров решения задачи обобщенного проектного планирования. Не приведен вид ограничений задачи (предикатов на подмножестве переменных). Следовало проиллюстрировать редукцию задачи обобщенного проектного планирования к задаче проектного планирования с ограничением на ресурсы. В частности, к построению кратчайшего расписания с ограниченным уровнем ресурсов (с. 49).

2. В диссертации отмечается, что план разрешения системы ограничений представляется в виде перестановки n переменных задачи

обобщенного планирования (с. 59). Это означает, что асимптотическая временная сложность точного решения составляет $O(n!)$. Далее утверждается, что приближенный алгоритм имеет квадратичную сложность (с. 68, 69). Однако не показано, за счет применения каких эвристик (с. 64, 65) достигается этот результат и как при этом изменяются показатели эффективности расписания (например, погрешность планирования, устойчивость плана к задержкам начала и завершения работ).

3. В главе 4 (раздел 4.2) приводится сравнительный анализ времени составления расписания с использованием разработанной среды и четырех других коммерческих систем. Показано, что целевая система по этому показателю не уступает известным продуктам. Однако отсутствует сопоставление по другим показателям эффективности расписания и функциональным возможностям систем.

4. Не приводятся выводы по главам диссертации, которые должны логически обобщать соответствующий материал. Это существенно затрудняет понимание как постановки задачи обобщенного проектного планирования (глава 2), так и преимуществ разработанной объектно-ориентированной среды (главы 3 и 4).

Заключение. В целом, отмеченные замечания не умаляют ценности полученных результатов, поскольку предложенный класс задач обобщенного проектного планирования обладает признаками научной новизны. Оригинальность заключается в охвате задач теории расписаний и проектного планирования в расширенных постановках, в также сводимости известных постановок задач теории расписаний к задачам данного класса.

Диссертация написана хорошим научным языком в соответствии с требованиями оформления, предъявляемыми ВАК, и представляет законченную научную работу, выполненную на высоком уровне. Стиль изложения соответствует уровню работ данного направления.

Работа Аничкина Антона Сергеевича полностью отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор

Топорков Виктор Васильевич

«30» марта 2018 г.

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Должность: заведующий кафедрой Вычислительной техники

Адрес места работы: Россия, 111250, Москва, Красноказарменная ул., 14

Телефон: +7 (495) 362 71 45

E-mail: ToporkovVV@mpei.ru

Web: <http://www.mpei.ru/>

Подлинность подписи и реквизитов д.т.н., проф. Топоркова В.В. заверяю.

Начальник управления по работе с персоналом ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Савин Н.Г.