

АННОТАЦИЯ

**диссертационной работы представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D06101 – Информационные системы (по отраслям)»
Федькина Евгения Михайловича**

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ, МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ ТРАДИЦИОННОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Актуальность исследования. Задача синтеза расписаний является предметом научных исследований с середины 20 века. Область применения таких задач включает в себя различные сферы деятельности, в том числе и составление расписаний занятий. Для большинства задач нахождение оптимального расписания является трудноразрешимой задачей так как данные решения должны удовлетворять многочисленным ограничениям многие из которых могут иметь конфликты между собой.

Решение задач составления различных видов расписаний относится к специальной области прикладной математики – теории расписаний. Данное направление берет свое начало от работы Генри Гантта, который предложил то, что на данный момент называют «диаграммы Гантта». Сам термин «теория расписаний» ввел в оборот Р. Беллман в 1956 году.

Одним из главных вопросов «теории расписаний» является классификация и определение сложности задач составления расписания. Наиболее устоявшаяся классификация была предложена Р.Грэхэмом. Имеющиеся на данный момент задачи составления расписания могут быть отнесены к следующим классам:

- NP-полные задачи;
- Полиномиальные задачи.
- Для некоторых видов задач, связанных с составлением расписания, так и не удалось определить класс задач, к которому они могут быть отнесены.

Для решения задачи составления расписания применяются различные методы и алгоритмы на основе различных математических моделей. Указанные математические модели строятся на применении целевой функции и набора ограничений, которые накладываются на итоговое расписание. Построенные таким образом математические модели в дальнейшем используются для дискретной оптимизации для построения оптимального расписания.

Развитие информационных технологий привело к их широкому применению в обучении и появлению такого вида обучения как дистанционное обучение. Применение данного вида обучения в вузах может применяться как для проведения отдельных видов занятий совместно классических очным обучением, так и является основной формой обучения, когда обучение проводится полностью дистанционно. Расширение применения дистанционного обучения требует учитывать его в учебном процессе, в том числе и при составлении расписаний занятий.

Развитие информационных систем управления в ВУЗах ставит задачу автоматизации составления расписания занятий на основе универсальных алгоритмов, которые могут учитывать специфику конкретного учебного заведения для различных форм обучения.

Проблеме составления расписаний посвящены многочисленные исследования как в СНГ (Клеванский Н.Н., Маслов М.Г., Галузин К.С., Низамова Г.Ф., Милехина Т.В., Асвад Фирас М. и др.), так и за рубежом (R. Lewis, M. Marte, H. Larget, M.T. Jensen, C. Mihaila и др.). Публикации по данной теме предлагают использовать различные методы и модели: классические методы, метаэвристические, мультиагентные системы, методы решения по прецедентам. Рынок автоматизированных систем также находится в развитии и многие известные ИТ-компании предлагают своих разработки в данной области

Актуальность темы данной диссертационной работы определяется необходимостью создания таких методов, моделей и алгоритмов, которые возможно применять для составления расписаний в высших учебных заведениях на основе специфики образовательного процесса конкретного учебного заведения. Разработке таких методов, моделей и алгоритмов, их теоретическое обоснование и практическое применение посвящена данное диссертационная работа.

Объектом исследования является процесс и его информационное сопровождение, которое имеет место при составлении расписаний для различных видов обучения (очное, заочное, дистанционное, смешанное и др.) в высших учебных заведениях.

Предметом исследования являются модели, методы и алгоритмы применяемые в процессе составления расписаний для различных видов обучения (очное, заочное, дистанционное, смешанное и др.) в высших учебных заведениях.

Целью исследования является разработка моделей, методов и алгоритмов для составления расписаний в высших учебных заведениях для различных видов обучения (очное, заочное, дистанционное, смешанное и др.) в высших учебных заведениях, а также создание автоматизированной информационной системы для составления расписаний занятий на основе разработанных моделей, методов и алгоритмов.

К задачам данного научного исследования относятся:

- а) Анализ существующих подходов к составлению расписаний
- б) Разработка моделей формирования расписания занятий
- в) Разработка методов и алгоритмов составления расписания на основе заданных критериев
- г) Разработка автоматизированной информационной системы, которая включает в себя
 - Базу данных для хранения данных, необходимых для составления расписания
 - Программные модули, реализующие поддержку работу с базой данных и реализующие разработанные модели, методы и алгоритмы для составления расписания

д) Апробация разработанной автоматизированной информационной системы для составления расписаний занятий.

Методы исследования. В работе были использованы различные методы из теории расписаний, теории графов, математического моделирования, системного анализа, теории сложности вычислений, метода динамического программирования, а также современных методов программирования

Научная новизна научного исследования заключается в применении модификации генетического алгоритма для составления расписания занятий с использованием функции приспособляемости на базе выполнения ограничений с использованием весовых коэффициентов.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенного алгоритма для составления расписания занятий в ВУЗах, за счет ускорения составления и обеспечения оптимальности расписания.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

а) математическая модель задачи составления расписания занятий на основе целевой функции оценки расписания на основе весовых коэффициентов выполнения ограничений, которые накладываются на расписание и разделяемых на «жесткие» и «мягкие» ограничения;

б) алгоритм генерации начальной популяции расписаний для генетического алгоритма на основе кластеризации входных данных по академическим потокам и применении целевой функции для определения оптимального включения академического потока в начальное расписание;

в) алгоритмы генетических операторов (мутации и скрещивания) для формирования новой популяции и селекции особей для формирования нового поколения, а также условие для завершения поиска решения

г) алгоритм построения функций для реализации оценки выполнения ограничений с возможностью оптимизации вычислений;

д) архитектура информационной системы и программная реализация предложенных методов и алгоритмов составления расписания занятий.

Внедрение результатов работы. Исследование проводилось на базе Восточно-Казахстанского технического университета им.Д.Серикбаева. На основе данных образовательного портала была произведена апробация предложенного алгоритма составления расписания. Предложенный алгоритм был использован для составления расписания занятий на 3-й триместр 2022-2023 учебный год. Предложенная программная реализация составления расписания была внедрена в программный комплекс образовательного портала, и будет использоваться в учебном процессе.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на следующих международных конференциях:

- CITech-2018 - Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан.

- SIBIRCON 2019 - International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences, г. Новосибирск, Российская федерация (индексируется в базе данных Scopus).

- The 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, г. Краков, Польша (индексируется в базе данных Scopus).

На разработанный в рамках научного исследования программный комплекс составления расписания было получено авторское свидетельство №20431 от 23 сентября 2022 г. «Программа для составления расписания семестровых занятий для ВУЗов», авторы Кумаргажанова С.К., Денисова Н.Ф., Рахметуллина С.Ж., Смаилова С.С., Федькин Е.М.

Публикации. По теме научного исследования опубликовано 6 научных публикаций:

а) 2 научные статьи, индексируемые в базе данных Scopus:
- в журнале Acta Polytechnica Hungarica (75-й процентиль, 1-й квартиль)
- в журнале Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (47-й процентиль, 3-й квартиль).

б) научная статья в журнале «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия Математика. Информатика. Механика» входящий в список рекомендованных ККСОН для публикации научных результатов.

в) монография «Разработка модели on-line образования для высших учебных заведений РК», С.К. Кумаргажанова, С.С. Смаилова, Н.Ф. Денисова, С.Ж. Рахметуллина, Е.М. Федькин, В.Н. Зуев, Л.Ж. Какишева, Усть-Каменогорск: ВКТУ, 2022. 146 с. ISBN 978-601-208-800-7.

г) 2 научные статьи в научных вестниках «Вестник академии гражданской авиации» и Совместном выпуске научных журналов «Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д.Серикбаева» и «Вычислительные технологии».

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем диссертации включает 234 страницу.

Во введении приводится обоснование актуальности темы исследования, цель, объект и предмет исследования, определены задачи и методы исследования, научная новизна, научные положения, выносимые на защиту, практическая ценность исследования.

В первом разделе диссертации представлен обзор методов и алгоритмов, применяемых для решения задачи составления расписаний занятий. Условно описанные методы могут быть разделены на 2 большие группы: точные и приближенные методы алгоритма. Точные методы и алгоритмы предполагают полный перебор всех возможных комбинации решений и выбор из них оптимального. К точным методам относятся методы ветвей и границ, методы отсечения, методы теории графов и др. Приложенные методы ориентированы на получение расписания близкого к оптимальному за приемлемое время на основе разнообразных эвристик. К данной группе относятся такие методы как метод муравьиной колонии, алгоритм имитации отжига, методы, основанные на ограничениях, нейронные сети и генетические алгоритмы.

Во втором разделе описана разработка математической модели для составления расписания занятий. Данная модель включает в себя входные данные для расписания: учебные группы и подгруппы, преподаватели, аудитории, дисциплины, виды занятий, дни, временные интервалы и учебные потоки. Выходными данными для предложенной модели является список картежей со следующим набором значений: учебный поток, аудитория, день и временные интервалы. На составляемое расписание накладываются ограничения, которые делятся на «жесткие» (обязательные) и «мягкие» (рекомендации). Для поиска решения задачи был использован модифицированный генетический алгоритм на основе функции приспособляемости на основе весовых коэффициентов и оценки выполнения ограничений. В качестве особи, представляющей расписание, была выбрана особь с одной хромосомой, которая имеет набор генов, представляющих отдельные занятия. Каждый ген имеет неизменяемую часть (академический поток), представляющую описание занятия в расписании, и изменяемую часть, представляющую как описываемое занятие должно быть включено в расписание (день, время, аудитория). Работа предложенного генетического алгоритма строится на генерации начальной популяции с учетом кластеризации входных учебных потоков на их семантической схожести, затем цикл применения генетических операторов мутации и скрещивания, формирования новой популяции и проверки условия завершения поиска решения. Так же в данном разделе предложена схема создания функций для оценки ограничений позволяющее оптимизировать объем вычислений.

В третьем разделе данной работы приведена схема разработки базы данных для хранения исходных данных для составления расписания. Данная база данных включает в себя таблицы для хранения описанных во втором разделе исходных данных для составления расписания. Физическая реализация базы данных произведена на основе СУБД Microsoft SQL Server 2017. Также в данном разделе приведено описание программной реализации динамической библиотеки, в которой реализован предложенный во втором разделе генетический алгоритм для составления расписания. Данная библиотека включает поддержку входных и выходных данных для расписания, компоненты для реализации проверки ограничений и сохранения итоговых результатов в формате XML. Указанная библиотека является расширяемой, что позволяет использовать её для реализации составления расписания для различных учебных заведений.

В четвертом разделе приведено описание архитектуры образовательного портала ВКТУ им.Д.Серикбаева и описаны его компоненты для расписания занятий и данные используемые для составления расписаний. На основе проведенного анализа в данном разделе была произведена реализация выборки данных из базы данных образовательного портала в базу данных для составления расписания разработанной в третьем разделе. Для апробации реализованной динамической библиотеки в третьем разделе на основе данных образовательного портала была произведена генерация расписания для 3-го триместра 2022-2023 учебного года. Также был произведен вычислительный эксперимент для оценки предложенного генетического алгоритма. Указанный вычислительный

эксперимент показал следующие результаты: предложенный алгоритм имеет полиномиальную зависимость от количества элементов в итоговом расписании, предложенный алгоритм генерации начальной популяции позволяет получить близкое к оптимальному решение, что позволяет получить более качественное итоговое решение за счет работы циклической части генетического алгоритма.

В заключении приводится перечень достигнутых теоретических и практических результатов исследования подтверждающие новизну и практическую значимость полученных результатов.

Завершается диссертация списком источников, использованных при написании текста данной диссертации