

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 519.8

НЕСТЕРЕНКОВ
Сергей Николаевич

**ПЛАНИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В
УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЕТЕВЫХ
МОДЕЛЕЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации

Минск 2016

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Научный руководитель

Никульшин Борис Викторович, кандидат технических наук, доцент, проректор по учебной работе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты:

Ковалев Михаил Яковлевич, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе ГНУ «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

Железко Борис Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой экономической информатики учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

Оппонирующая организация

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»


Защита состоится 9 февраля 2017 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.01 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, e-mail: dissovvet@bsuir.by, тел. 293-89-89.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Автореферат разослан « 09 » января 2017 г.

Ученый секретарь

совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

 М.П. Ревотюк

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Для повышения качественного уровня организации образовательного процесса (ОП) многие учреждения высшего образования (УВО) прилагают немалые усилия для автоматизации внутренних бизнес-процессов. Однако комплексные решения, позволяющие целиком охватить организацию ОП, отсутствуют, имеются лишь отдельные элементы автоматизации некоторых узких задач. Адаптация же типовых решений, присутствующих на рынке услуг высшего образования, представляет значительные трудности из-за различий в структуре и организации ОП, специфике национального законодательства и сопоставима по затратам с разработкой нового программного средства.

Задачи распределения учебной работы между сотрудниками кафедры, разработки учебного расписания, с одной стороны, в значительной степени определяют эффективность организации образовательного процесса, с другой, – являются слабоформализуемыми задачами векторной оптимизации с необходимостью учета множества параметров и ограничений.

Диссертационное исследование направлено на анализ существующих подходов к организации ОП; формализацию процедур и постановку задач планирования ОП в УВО в комплексе с учетом взаимосвязей между различными задачами на основе принципов системного подхода; разработку моделей, алгоритмов и программного обеспечения системы поддержки принятия решений для планирования ОП. Разработанные модели и алгоритмы апробированы на реальных задачах планирования ОП.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям «Методы математического и компьютерного моделирования, компьютерные технологии и интеллектуальные системы поддержки принятия решений» (пункт 5.1), «Информационные ресурсы и сервисы, в том числе электронные библиотеки, интерактивные электронные услуги, системы электронной торговли, информационно-аналитические и справочные системы, программно-аппаратные средства телемедицины и дистанционного обучения» (пункт 5.3) Перечня приоритетных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г., № 585.

Диссертационная работа выполнена в рамках планов научно-исследовательских работ НИЛ 9.2 «Системные технологии» БГУИР.

Исследования по теме диссертационной работы проводились согласно заданиям тем и хозяйственных договоров:

1. Разработка макетного образца комплекса программных средств для информационного сопровождения основных этапов приемной кампании с возможностью участия в конкурсе на несколько специальностей на основе Общереспубликанского банка данных участников централизованного тестирования, договор № 10-3112 от 01.02.2010 г.

2. Разработать информационную систему автоматизированного расписания, договор № 12-1002 от 03.01.2012 г.

3. Разработать интегрированную информационную систему управления персоналом, договор № 12-1003 от 04.07.2012 г.

4. Разработка новых образовательных стандартов, учебных планов и программ подготовки специалистов в области ИКТ, договор № ЭО-11/80 (11-1053Б) от 01.12.2012 г.

5. Разработка информационной системы электронного зачисления в вузы, подпрограмма «Электронное обучение и развитие человеческого капитала» Национальной программы ускоренного развития услуг в сфере информационно-коммуникационных технологий на 2011–2015 гг., договор № ЭО-13/76(13-1065Б) от 12.09.2013 г.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка моделей и алгоритмов для повышения качества организации образовательного процесса в УВО.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие *задачи*:

1) исследовать современные подходы и методы в моделировании процессов планирования ОП в УВО в части распределения учебной работы кафедр УВО; составления расписания учебных занятий (УЗ);

2) разработать модель распределения учебной работы между преподавателями кафедры;

3) разработать модели и алгоритмы составления расписания УЗ в УВО;

4) разработать программное обеспечение системы поддержки принятия решений, реализующее указанные модели.

Объектом исследования является ОП в УВО.

Предметом исследования являются модели и алгоритмы распределения учебной работы кафедр и составления расписания УЗ.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке:

1) оригинальной математической модели и алгоритма распределения учебной работы кафедры между преподавателями с учетом условий реализации назначаемых работ и компетенций преподавательского состава, представленных матрицей персональных весовых коэффициентов по каждому блоку учебной работы;

2) оригинальных алгоритмов, позволяющих лицу, принимающему решения, выбрать рациональный вариант распределения учебной работы кафедры за счет оценок как потенциальной эффективности распределения учебной работы кафедры, так и эффективности возможных вариантов распределения;

3) оригинального подхода по составлению расписания УЗ в два этапа: поиск аналогий в библиотеке имеющихся вариантов расписаний под конкретные исходные данные с использованием принципов поиска изоморфизма сетей и выявление базового фрагмента в качестве опорного расписания; доработка варьируемой части составляемого расписания до рабочего вида с использованием модифицированной версии генетического алгоритма.

Положения, выносимые на защиту

1. Математическая модель распределения учебной работы кафедры, позволяющая формализовать процедуру ранжирования возможных вариантов за счет применения показателя потенциальной эффективности распределения и представления основных характеристик объектов модели в виде матриц персональных весовых коэффициентов.

2. Сетевая модель составления расписания, позволяющая найти общую базовую часть с данными из прошлых периодов за счет выявления изоморфных фрагментов сетей и тем самым уменьшить объем доработки варьируемой части составляемого под конкретные исходные данные расписания.

3. Модифицированный генетический алгоритм адаптивного поиска рациональных вариантов расписания, имеющий скорость сходимости выше, чем при классической реализации за счет применения хэш-таблиц загруженности ресурсов, рецессивных признаков генов, улучшенной версии оператора мутации.

4. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений для планирования образовательного процесса, на основе разработанных моделей и алгоритмов.

Личный вклад соискателя ученой степени

Содержание диссертационной работы отражает личный вклад автора, который заключается в исследовании современных подходов в планировании ОП; разработке моделей и алгоритмов распределения учебной работы кафедр и составления расписания УЗ в УВО; разработке программного обеспечения системы поддержки принятия решений, реализующей разработанные модели и алгоритмы; обработке и анализе полученных результатов, формулировке и обосновании выводов и практических рекомендаций.

Диссертантом подготовлены ряд докладов на научных конференциях, научных публикаций, диссертация и автореферат к защите. Проведены апробация и внедрение в практику результатов диссертационной работы.

Совместно с научным руководителем Б.В. Никульшиным были определены цели и задачи исследования, проведены обобщение полученных результатов и подготовка отдельных научных публикаций по теме диссертационной работы.

Апробация результатов диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: VI Международная научно-методическая конференция «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века», Минск, 22–23 ноября 2007 г.; V Республиканская научная конференция молодых ученых и студентов «Современные проблемы математики и вычислительной техники», Брест, 28–30 ноября 2007 г.; Международная научно-техническая конференция, посвященная 45-летию МРТИ–БГУИР, Минск, 19 марта 2009 г.; 46-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19–23 апреля 2010 г.; VIII Белорусско-российская научно-техническая конференция «Технические средства защиты информации», Минск, 24–28 мая 2010 г.; V Международная научно-методическая конференция «Высшее образование: проблемы и пути развития», Минск, 24–25 ноября 2010 г.; VI Международная конференция «Информационные системы и технологии» (IST'2010), Минск, 24–25 ноября 2010 г.; II Международная научно-практическая конференция «Технологии информатизации и управления» (ТИМ-2011), Минск, 26–28 апреля 2011 г.; XVII Международная научно-методическая конференция «Современное образование: содержание, технологи, качество», Санкт-Петербург, 20 апреля 2011 г.; Международная конференция «Эффективный менеджмент: опыт и перспективы бизнеса и образования», Гродно, 7–8 апреля 2011 г.; VI Международная научно-методическая конференция «Высшее образование: проблемы и пути развития»,

Минск, 28–29 ноября 2012 г.; XIX Международная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии ИСТ-2013», Нижний Новгород, 19 апреля 2013 г.; Международная научная конференция «Информационные технологии и системы 2015» (ИТС 2015), Минск, 28 октября 2015 г.; X Международная научная конференция «Молодежь в науке – 2015», Минск, 1–4 декабря 2015 г.; IX Международная научно-методическая конференция «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века», Минск, 3–4 декабря 2015 г.

Опубликование результатов диссертации

Основные результаты диссертационных исследований опубликованы в 21 научной работе, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах, 17 статей и тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций.

Общий объем публикаций по теме диссертации, соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, составляет 1,56 авторского листа.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, библиографического списка и девяти приложений. Общий объем диссертации составляет 161 страницу, из них 74 страниц основного текста, 39 рисунков на 32 страницах, 24 таблицы на 20 страницах, библиографический список из 189 наименований на 18 страницах, включая список собственных публикаций автора из 21 наименований на 3 страницах, 15 приложений на 17 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во **введении** и в **общей характеристике работы** дано обоснование актуальности темы диссертационной работы; определены цель и задачи исследования; сформулированы основные положения, выносимые на защиту; обоснована научная новизна; приведены сведения об апробации и опубликовании основных результатов исследования в отечественных и зарубежных источниках.

В **первой главе** представлен аналитический обзор литературных источников по теме диссертационного исследования. Обозначены современные тенденции при решении задач планирования ОП.

Проведенный анализ существующих подходов к процессу распределения учебной работы между преподавателями позволил выявить недостаточную проработку и формализацию процедур планирования ОП в УВО, а также сложность применения рассмотренных подходов в силу специфики реальной работы в рамках национального законодательства.

При рассмотрении различных подходов к решению проблемы составления расписания УЗ УВО было выявлено, что использование классических подходов к решению данной проблемы при увеличении размерности задачи становится неэффективным и сделаны обоснованные выводы о перспективности решений, основанных на математическом аппарате теории графов и генетических алгоритмах.

В рамках обзора систем обработки и интерпретации данных, поддержки принятия решений, используемых в УВО, сделаны заключения об имеющихся место недостатках.

Определено место задач диссертационного исследования в общей задаче планирования ОП, рисунок 1.



Рисунок 1. – Общая задача планирования ОП

Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов для распределения учебной работы между преподавателями кафедры и составления расписания УЗ.

Сформулирована постановка задачи распределения учебной работы кафедры между профессорско-преподавательским составом (ППС) и показана ее *NP*-трудность. Для решения поставленной задачи разработана математическая модель и алгоритм распределения учебной работы кафедры между ППС на основе матриц персональных весовых коэффициентов каждого из преподавателей с заданными ограничениями. Также разработан алгоритм, позволяющий дать оценку эффективности закрепления учебной работы за преподавателями, для каждого из возможных вариантов. Оценка предлагается производить на основе значений показателя взвешенной оценки распределения планируемой учебной работы кафедры – Φ . В качестве наиболее рационального варианта закрепления учебной работы предлагается выбирать тот, при котором значение показателя Φ будет достигать максимума в условиях заданных ограничений.

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \sum_{t=1}^l x_{i,j,t} \alpha_{i,j,t} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $x_{i,j,t}$ – объемы учебной работы, закрепленной за ППС кафедры для каждой тройки (i – вид работ $i \in \{1, \dots, n\}$, j – тип работ $j \in \{1, \dots, k\}$, t – преподаватель $t \in \{1, \dots, l\}$);

$\alpha_{i,j,t}$ – персональные весовые коэффициенты, характеризующие различные аспекты деятельности преподавателей.

Разработана математическая модель расчета значений $\alpha_{i,j,t}$ для эффективного распределения кафедральной учебной работы. Предложенная математическая модель расчета персональных весовых коэффициентов преподавателей базируется на принципах системного анализа, в его основе лежат методы теории принятия решений. Персональные коэффициенты, сформированные с помощью предложенной математической модели, существенно упрощают процесс принятия решений при распределении учебной работы кафедр.

Достоинствами данной математической модели являются:

- 1) учет широкого спектра факторов, влияющих на качество ОП, в едином обобщенном персональном коэффициенте преподавателя;
- 2) обоснованное подразделение на частные и общие показатели;
- 3) нормировка различных показателей относительно некоторой шкалы и приведение их к сравнимым величинам.

Предложен оригинальный подход к составлению расписания УЗ в два этапа. Первый этап – это нахождение аналогий в составленных ранее

расписаниях с использованием принципов поиска изоморфизма сетей и выявление базового фрагмента в качестве опорного расписания. Второй этап – анализ и дополнение базового расписания до вида, удовлетворяющего текущим потребностям УВО, с использованием модифицированной версии генетического алгоритма.

В рамках разработанной математической модели построения расписания УЗ на основе данных прошлых периодов учебное занятие a_i представляет собой семикомпонентный кортеж, а множество A – учебное расписание:

$$A = \{a_i\}, a_i = \langle a_i^t, a_i^g, a_i^s, a_i^l, a_i^p, a_i^d, a_i^c \rangle, \quad (2)$$

где a_i^t – преподаватель, ведущий i -е занятие, $a_i^t = \overline{1, N_t}$;
 a_i^g – группа, в которой проводится i -е занятие, $a_i^g = \overline{1, N_g}$;
 a_i^s – дисциплина, по которой проводится i -е занятие, $a_i^s = \overline{1, N_s}$;
 a_i^l – тип проводимого занятия, $a_i^l = \overline{1, N_l}$;
 a_i^p – время проведения занятия, $a_i^p = \overline{1, N_p}$;
 a_i^d – день проведения занятия, $a_i^d = \overline{1, N_d}$;
 a_i^c – аудитория, в которой проводится i -е занятие, $a_i^c = \overline{1, N_c}$.

В данном случае N_t – количество возможных преподавателей, N_g – количество возможных групп, N_s – количество возможных дисциплин, N_l – количество возможных типов проводимого занятий, N_p – количество возможных периодов проведения занятий, N_d – количество дней проведения занятий, N_c – количество возможных аудиторий.

В классической интерпретации модель построения расписания УЗ имеет так называемые «жесткие» и «мягкие» ограничения. В предлагаемой модели данные типы ограничений учтены и дополнены. Модель имеет следующие типы ограничений: типовые ограничения, пожелания, ограничения конкретного УВО.

Модель базируется на математическом аппарате теории графов. При решении задачи предложено определить сеть как граф, в котором узлы имеют некоторые количественные характеристики. В основу модели положены принципы поиска изоморфизма сетей. Процесс поиска изоморфизма сетей описан в терминах реляционной алгебры. Для сетей, описывающих расписание занятий, удалось существенно уменьшить сложность за счет топологических ограничений на сети, позволяющих также сократить пространство поиска.

Приведем основную последовательность шагов по составлению расписания занятий на основе данных прошлых периодов:

Шаг 1. Заполнение первичных справочников перечнями учебных дисциплин, должностей, степеней и званий преподавателей, сформированными УП УВО и др.

Шаг 2. Ввод перечня учебных занятий, проводившихся в прошлые периоды времени.

Шаг 3. Ввод типовых ограничений (нормы времени, количество часов на тарифную ставку, принятое в УВО, требования СанПиН и т. д.). Ввод персональных предпочтений, пожеланий и ограничений для каждого из преподавателей.

Шаг 4. Применение операции «проекция» для исходных данных. На данном этапе происходит отсечение информации, такой, как номер аудитории или время проведения занятий, для получения данных в вершинах сети G_1 .

Шаг 5. Упорядочивание списка вершин сети G_1 .

Шаг 6. Представление данных, полученных на шаге 4, в виде сети G_1 .

Шаг 7. Построение матрицы смежности для сети G_1 .

Шаг 8. Представление информации о том, какую дисциплину, тип занятий, в какой группе каждый из преподавателей преподает в текущем учебном году в виде сети G_2 .

Шаг 9. Поиск изоморфизма сетей G_1 и G_2 .

Шаг 10. Получения базового фрагмента расписания на основании данных из прошлых периодов.

Приведем пример: пусть имеется некоторое расписание для периода времени в прошлом, таблица 1:

Таблица 1. – Пример расписания занятий

Преподаватель	Группа	Дисциплина	Тип	День	Время	Аудитория
Иванов И.И.	Группа1	Дисциплина1	Лекция	ПН	8.00–9.35	Аудитория1
Петров П.П.	Группа1	Дисциплина2	Лекция	ПН	9.45–11.20	Аудитория1
Петров П.П.	Группа1	Дисциплина2	Лекция	ПН	11.40–13.25	Аудитория3
Петров П.П.	Группа2	Дисциплина1	Лекция	ПН	8.00–9.35	Аудитория2
Иванов И.И.	Группа2	Дисциплина1	Лекция	ПН	9.45–11.20	Аудитория2

Построим сеть, в качестве вершин которой выступают УЗ, рисунок 2, и матрицу смежности вершин, таблица 2.

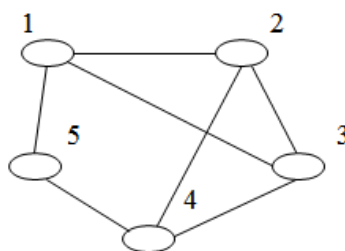


Рисунок 2. – Пример расписания, представленный в виде сети G_1

Таблица 2. – Матрица смежности сети G_1

Вершины	G_{1-1}	G_{1-2}	G_{1-3}	G_{1-4}	G_{1-5}
G_{1-1}	0	1	1	0	1
G_{1-2}	1	0	1	1	0
G_{1-3}	1	1	0	1	0
G_{1-4}	0	1	1	0	1
G_{1-5}	1	0	0	1	0

Аналогичным образом строим сеть и матрицу смежности для перечня УЗ, которые необходимо провести в текущем учебном году, без указания времени и места проведения занятий.

Сразу отметим, что при предлагаемом подходе отсутствуют заведомо различные кортежи отношений.

Кратко процедуру нахождения наибольшей общей подсети можно привести в соответствии со следующим алгоритмом. Выбирается основная сеть и сеть для сравнения. Произведя обход матрицы смежности основной сети G_1 , итерационно выбираем наибольшую по размеру область, идентичную области в сравниваемой сети G_2 .

Допустим, что для нашего примера пересечение сетей G_1 и G_2 происходит в вершинах 1–3, (таблица 3). Таким образом, очевидно, что в качестве базового расписания необходимо взять кортежи 1–3 $a_i = \langle a_i^t, a_i^g, a_i^s, a_i^l, a_i^d, a_i^p, a_i^c \rangle$ отношения A .

Таблица 3. – Пересечение сетей G_1 и G_2

Вершины	$G_{1,2-1}$	$G_{1,2-2}$	$G_{1,2-3}$	$G_{1,2-4}$	$G_{1,2-5}$
$G_{1,2-1}$	0	1	1	0	1
$G_{1,2-2}$	1	0	1	1	0
$G_{1,2-3}$	1	1	0	0	0
$G_{1,2-4}$	0	1	0	0	1
$G_{1,2-5}$	1	0	0	1	0

Дать оценку объема доработки расписания УЗ до рабочего вида предлагается следующим образом: пусть A – объем аудиторного фонда; T – количество преподавателей; G – количество учебных групп; P – количество временных интервалов для проведения занятий; D – количество дней, когда проводятся занятия; K – количество занятий, которые необходимо провести. Тогда максимальное количество занятий будет равно

$$V_{\max} = \min(A \cdot P \cdot D; T \cdot P \cdot D; G \cdot P \cdot D), \quad (3)$$

в силу того, что нельзя задействовать преподавателя, группу или аудиторию несколько раз.

При этом количество вариантов расстановки занятий равно

$$N = V_{\max} \cdot K. \quad (4)$$

При этом варьируемая часть V_{var} расписания рассчитывается следующим образом:

$$V_{var} = V_{\max} \cdot K - \Delta, \quad (5)$$

где Δ – количество найденных аналогий.

Для дополнения расписания до рабочего вида разработана модификация классической версии генетического алгоритма. В качестве основной структуры гена предлагается принять семикомпонентный кортеж (2). В предлагаемую основную структуру гена введем также дополнительную информацию: рецессивный признак гена – a_i^q , характеризующий соответствие отдельных УЗ ограничениям задачи и критериям оптимизации. Таким образом, структура, описывающая учебное занятие, представляет собой следующее:

$$A = \{a_i\}, a_i < a_i^t, a_i^g, a_i^s, a_i^l, a_i^p, a_i^d, a_i^c, a_i^q >. \quad (6)$$

Особенность предложенной модификации заключается в применении разработанной автором модифицированной операции мутации с использованием рецессивного признака генов, в соответствии с которым гены, имеющие наихудшие значения рецессивного признака, имеют наибольшую вероятность мутации, а также в применении хэш-таблиц для хранения загруженности ресурсов.

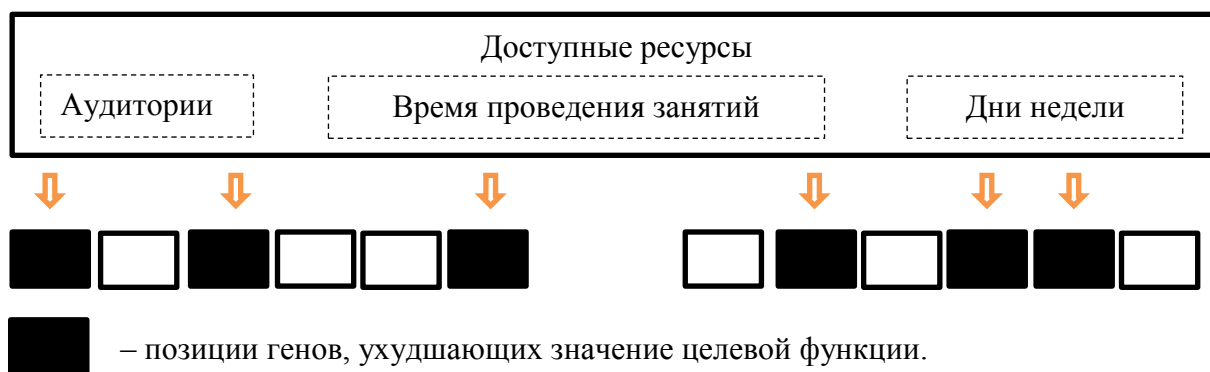
Суть модифицированного оператора мутации состоит в следующем:

- 1) выбирается коэффициент мутации;
- 2) определяется число генов, подвергающихся мутации;
- 3) случайным образом определяются номера хромосом и позиции генов для мутации, при этом наибольшую вероятность мутации имеют гены, имеющие наибольшее количество коллизий в рамках данной хромосомы;
- 4) новое значение замещающего гена формируется путем выбора свободных ресурсов для каждого из множеств, характеризующих конкретный ген, чтобы не сформировать заведомо конфликтное расписание УЗ, рисунок 3.

При работе оператора мутации применяется несколько хэш-таблиц для увеличения скорости работы алгоритма. Суть данных хэш-таблиц заключается в следующем. В них помещаются ресурсы, уже задействованные в определенное время, например преподаватель, и если в данной таблице уже имеется вхождение данного ключа, его значение инкрементируется на единицу, таким образом, для уменьшения количества коллизий в расписании УЗ необходимо стремиться к уменьшению количества ключей со значением больше единицы.

Пример данной реализации приведен на рисунке 4.

Предложено использовать следующие условия прекращения работы алгоритма: определенное количество поколений; отсутствие разнообразия в популяции; минимальное значение функции соответствия, при соответствии заданным ограничениям, т.е. отсутствию коллизий в расписании.



Разработана архитектура информационной системы поддержки принятия решений для организации ОП в УВО, отличительной особенностью которой является унификация и консолидация информации на едином информационном уровне в общей базе данных, разделяемой между различными подсистемами.

Разработана функциональная модель для задач планирования ОП в УВО на основе методологии функционального моделирования IDEF0. Предложенная модель позволяет определить границы и формализовать процессы распределения кафедральной учебной работы и составления расписания УЗ, а также выделить основные процедуры, которые необходимо провести для того, чтобы данные процессы происходили наиболее рациональным образом. Данная модель построена с точки зрения лица, принимающего решения, с достаточной степенью детализации для построения автоматизированной системы поддержки принятия решений по распределению учебной работы кафедры и подготовки учебного расписания.

Разработана семантическая модель данных для функционирования программного обеспечения системы поддержки принятия решений для планирования ОП в УВО. Особенностью разработанной модели является представление множества реальных и абстрактных объектов, реализующих процессы принятия решений, как сущностей базы данных, обладающих атрибутами или характеристиками, необходимыми для описания объектов планирования ОП в УВО.

Проведен эксперимент по распределению учебной работы между преподавателями на примере одной из кафедр УВО. В ходе эксперимента была получена как оценка потенциальной эффективности распределения учебной работы, так и оценка вариантов распределения учебной работы в условиях дополнительных ограничений. Эксперимент показал возможность использования данных оценок для ранжирования вариантов распределения относительно показателя взвешенной оценки распределения планируемой учебной работы кафедры.

При проведении экспериментальных исследований было выявлено, что процент аналогий с составленными ранее расписаниями УЗ в УВО на примере БГУИР в зависимости от факультета составляет 36–44 %; сделан вывод о возможности использования шаблонов учебного расписания прошлых лет для построения базового варианта расписания и значительном сокращении количества вносимой вручную информации при построении учебного расписания.

Также было показано, что наибольший фрагмент совпадений базового расписания УЗ для факультета «В» наблюдается с ним самим. Достаточно большой процент пересечений выявлен и с факультетами «РЭ» и «ТК», что объясняется наличием на данных факультетах родственных с факультетом «В»

специальностей. Это говорит о том, что в качестве базового расписания для факультета «В» логично принять расписание факультета «В» предыдущего года.

Реализован алгоритм генерации учебного расписания УВО. На рисунке 5 представлены результаты работы двух реализаций алгоритма на примере БГУИР, где *C* – классическая реализация генетического алгоритма, *M* – модифицированная версия алгоритма.

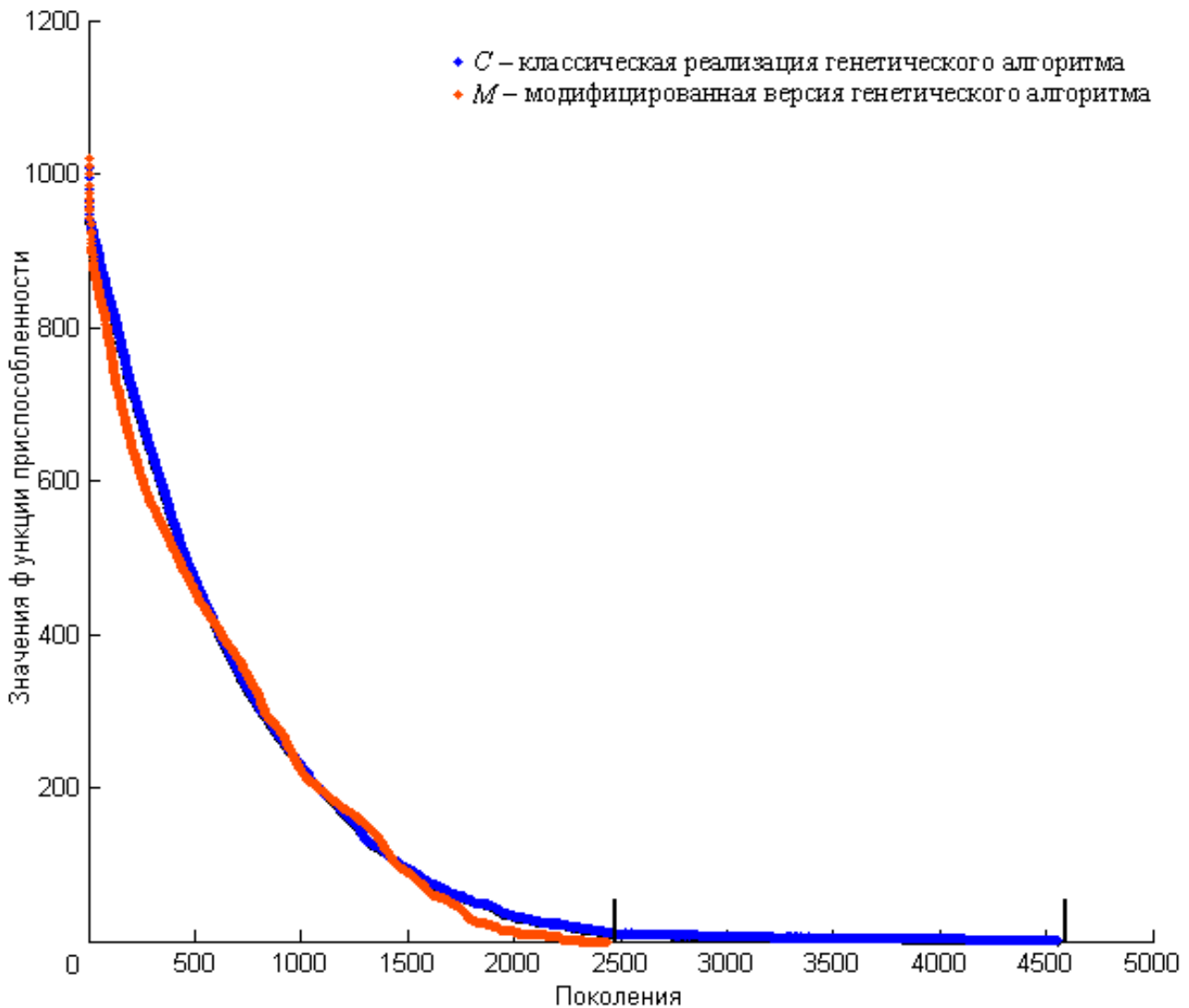


Рисунок 5. – Динамика сходимости генетического алгоритма

Результаты эксперимента на примере нескольких запусков с различными исходными данными показали, что предложенная модификация генетического алгоритма позволила получить скорость сходимости алгоритма по количеству поколений на 42,2–65,3 % выше, а по времени на 38–61,1 % меньше, чем его классическая реализация.

В приложениях представлены документы об использовании и внедрении результатов диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана оригинальная математическая модель и алгоритм распределения учебной работы кафедры между преподавателями с учетом их квалификации и условий реализации нагрузки. Учебная работа кафедры представляется набором различных по размеру блоков, включающих виды и типы учебной работы. Квалификация преподавателей отражается матрицей персональных весовых коэффициентов преподавателей по каждому блоку нагрузки. Условия реализации учебной работы определяются нормативным объемом учебной работы преподавателей и дополнительными ограничениями при ее распределении [1, 2, 9, 16, 18].

2. Разработан оригинальный алгоритм оценки потенциальной эффективности распределения спланированной учебной работы кафедры с учетом квалификации преподавателей и условий распределения нагрузки, а также оценки вариантов распределения учебной работы с учетом дополнительных ограничений [1, 2].

3. Предложен оригинальный подход к составлению расписания УЗ в два этапа. На первом этапе осуществляется поиск аналогий в имеющихся вариантах расписаний УЗ и выявление базового фрагмента в качестве базового опорного расписания под конкретные исходные данные с использованием принципов поиска изоморфизма сетей. На втором этапе осуществляется доработка варьируемой части составляемого расписания УЗ до рабочего вида с использованием модифицированной версии генетического алгоритма [4, 21].

4. Разработана сетевая модель составления расписания УЗ и алгоритм поиска общей базовой части с данными из прошлых периодов за счет выявления изоморфных фрагментов сетей, что позволяет уменьшить объем доработки варьируемой части составляемого под конкретные исходные данные расписания в зависимости от факультета на 36–44 % [4, 21].

5. Разработан модифицированный генетический алгоритм адаптивного поиска рациональных вариантов расписания УЗ, скорость сходимости которого по количеству поколений на 42,2–65,3 % выше, а по времени на 38–61,1 % меньше, чем у классической реализации генетического алгоритма [3, 4].

6. Реализовано и внедрено программное обеспечение системы поддержки принятия решений для планирования ОП. Внедрение разработанного программного обеспечения позволяет сократить временные затраты на подготовку расписания УЗ на 14–19 % и повысить качество планирования ОП на организационно-техническом уровне за счет его автоматизации [3, 4, 14, 15, 19, 20, 21].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные модели и алгоритмы могут использоваться при построении систем поддержки принятия решений для планирования ОП в учреждениях образования, организующих ОП на I и II ступенях высшего образования.

Результаты диссертационной работы внедрены и используются:

- 1) в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» филиал «Минский радиотехнический колледж» для организации образовательного процесса;
- 2) в учреждении образования «Минский государственный лингвистический университет» для организации образовательного процесса;
- 3) в текущей практической работе по внедрению информационных технологий в организацию образовательного процесса УВО в Центре информатизации и инновационных разработок учреждения образования «Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных рецензируемых журналах

1. Нестеренков, С.Н. Математическая модель оптимального распределения часов работ кафедры между профессорско-преподавательским составом / С.Н. Нестеренков, Б.В. Никульшин // Доклады БГУИР. – 2013. – № 6. – С. 42–47.
2. Нестеренков, С.Н. Метод определения персональных весовых коэффициентов преподавателей при распределении их нагрузки / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний. – 2015. – № 1. – С. 74–80.
3. Нестеренков, С.Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний. – 2015. – № 2. – С. 67–74.
4. Нестеренков, С.Н. Модель построения расписания на основе прецедентов / С.Н. Нестеренков // Информатизация образования. – 2015. – № 1. – С. 61–73.

Статьи и тезисы докладов в сборниках материалов конференций

5. Нестеренков, С.Н. Применение языка Java для разработки корпоративных распределенных приложений / С.Н. Нестеренков // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 22–23 ноября 2007 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2007. – С. 368–370.

6. Нестеренков, С.Н. Построение современных корпоративных систем / С.Н. Нестеренков // Международная научно-техническая конференция, посвященная 45-летию МРТИ – БГУИР : тез. докл., Минск, 19 марта 2009 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2009. – С. 274–275.

7. Нестеренков, С.Н. Защита информации в приложениях масштаба предприятия / С.Н. Нестеренков, Б.В. Никульшин // Технические средства защиты информации : тез. докл. VIII Белорус.-рос. науч.-техн. конф., Браслав, 24–28 мая 2010 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 60–61.

8. Нестеренков, С.Н. Повышение качества взаимодействия подразделений вуза путем внедрения АСУ / С.Н. Нестеренков, И.А. Гусаревич // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы V Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 24–25 ноября 2010 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Е.Н. Живицкая, Ц.С. Щикова. – Минск, 2010. – С. 164–165.

9. Нестеренков, С.Н. Методика автоматического расчета кафедральной учебной нагрузки / С.Н. Нестеренков // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы V Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 24–25 ноября 2010 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Е.Н. Живицкая, Ц.С. Щикова. – Минск, 2010. – С. 165.

10. Нестеренков, С.Н. Автоматизации планирования учебного процесса вуза с использованием web-технологий / С.Н. Нестеренков // Информационные системы и технологии IST'2010 : материалы VI Междунар. конф., Минск, 24–25 ноября 2010 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А.Н. Курбацкий (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – С. 621.

11. Нестеренков, С.Н. Построение эффективной информационной среды организации средствами ERP / С. Н. Нестеренков, Б.В. Никульшин // Информационные системы и технологии IST'2010 : материалы VI Междунар. конф., Минск, 24–25 ноября 2010 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А.Н. Курбацкий (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – С. 619.

12. Нестеренков, С.Н. Предпосылки и преимущества внедрения ERP-систем в организационных системах / С.Н. Нестеренков, Б.В. Никульшин // Технологии информатизации и управления : сб. науч. ст. / Ин-т технологий информатизации и упр. Белорус. гос. ун-та; редкол.: А.М. Кадан (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Вып. 2. – С. 63–64.

13. Нестеренков, С.Н. Управление расчетом учебной нагрузки в высшем учебном заведении / С.Н. Нестеренков, Б.В. Никульшин // Современное образование: содержание, технологии, качество : тез. докл. XVII Междунар. науч.-метод. конф., Санкт-Петербург, 20 апреля 2011 г. : в 2 ч. / С.-Петерб. гос. электротехн. ун-т «ЛЭТИ». – СПб., 2011. – Ч. 1. – С. 129.

14. Нестеренков, С.Н. Информационная модель планирования и расчета учебной нагрузки вуза / С.Н. Нестеренков // Эффективный менеджмент: опыт и перспективы бизнеса и образования : сб. науч. ст. / Гродн. гос. ун-т ; редкол.: Е.А. Ровба (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2012. – С. 95.

15. Нестеренков, С.Н. Построение и эффективное использование АСУ для управления высшими учебными заведениями / С.Н. Нестеренков, И.А. Гусаревич // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 28–29 ноября 2012 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Е.Н. Живицкая [и др.]. – Минск, 2012. – С. 264–265.

16. Нестеренков, С.Н. Планирование и распределение учебной нагрузки преподавателей кафедры в высшем учебном заведении / С.Н. Нестеренков // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 28–29 ноября 2012 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Е.Н. Живицкая [и др.]. – Минск, 2012. – С. 263–264.

17. Нестеренков, С.Н. Методика планирования и распределения учебной нагрузки преподавателей кафедры в высшем учебном заведении / С.Н. Нестеренков, Б.В. Никульшин // Информационные системы и технологии (ИСТ – 2013) : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф., Нижний Новгород, 19 апреля 2013 г. / Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2013. – С. 341.

18. Нестеренков, С.Н. Алгоритм распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры / С.Н. Нестеренков // Информационные технологии и системы – 2015 (ИТС 2015) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 28 октября 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2015. – С. 272–273.

19. Нестеренков, С.Н. Функциональное моделирование планирования и управления учебным процессом на основе IDEF0 / С.Н. Нестеренков // Информационные технологии и системы – 2015 (ИТС 2015) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 28 октября 2015 г. / Белорус. гос. ун-т

информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2015. – С. 274–275.

20. Нестеренков, С.Н. Функциональное моделирование планирования и управления учебным процессом на основе IDEF0 / С. Н. Нестеренков // Молодежь в науке – 2015 : материалы X Междунар. науч. конф., Минск, 1–4 декабря 2015 г. / НАН Беларуси, Совет молодых ученых. – Минск, 2015. – С. 205.

21. Нестеренков, С.Н. Семантическая модель данных системы поддержки и принятия решений при управлении учебным процессом / С.Н. Нестеренков // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 3–4 декабря 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Б.В. Никульшин [и др.]. – Минск, 2015. – С. 164–165.

РЭЗІЮМЭ

Несцярэнкаў Сяргей Мікалаевіч

Планаванне адукацыйнага працэсу ва ўстановах вышэйшай адукацыі на аснове сеткавых мадэляў і генетычных алгарытмаў

Ключавыя словы: вучэбная работа, расклад вучэбных заняткаў, сеткавая мадэль, генетычны алгарытм, інфармацыйная сістэма, сістэмны аналіз, метады прыняцця рашэння.

Мэта працы: распрацоўка мадэляў і алгарытмаў для павышэння якасці арганізацыі адукацыйнага працэсу ва ўстановах вышэйшай адукацыі.

Метады даследавання: метады пошуку ізамарфізму сетак, генетычныя алгарытмы, метады размеркавання абмежаваных рэсурсаў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: прапанаваная арыгінальная матэматычная мадэль працэсу размеркавання вучэбнай работы кафедры; распрацаваны арыгінальны алгарытм ацэнкі патэнцыйнай эфектыўнасці размеркавання сфарміраванай вучэбнай працы кафедры з улікам кваліфікацыі прафесарска-выкладчыцкага складу і ўмоў размеркавання вучэбнай працы; прапанаваная арыгінальная мадэль складання раскладу вучэбных заняткаў на аснове выяўлення ізаморфных фрагментаў сетак бібліятэкі раскладаў у якасці базавых элементаў распрацоўванага раскладу; прапанаваная матэматычная мадэль і алгарытм адаптыўнага пошуку варыянтаў раскладу вучэбных заняткаў з выкарыстаннем мадыфікаванага генетычнага алгарытму; распрацавана праграмае забеспячэнне сістэмы падтрымкі прыняцця рашэнняў для планавання адукацыйнага працэсу, якія рэалізуюць прапанаваныя мадэлі.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: вынікі дысертацыйнай працы ўкаранёны ва ўстанове адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» філіял «Мінскі радыётэхнічны каледж»; ва ўстанове адукацыі «Мінскі дзяржаўны лінгвістычны ўніверсітэт»; у Цэнтры інфарматызацыі і інавацыйных распрацовак установы адукацыі «Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта інфарматыкі і радыёэлектронікі».

Вобласць ужывання: установы адукацыі арганізуюць адукацыйны працэс на I і II ступенях вышэйшай адукацыі.

РЕЗЮМЕ

Нестеренков Сергей Николаевич

Планирование образовательного процесса в учреждениях высшего образования на основе сетевых моделей и генетических алгоритмов

Ключевые слова: учебная работа, расписание учебных занятий, сетевая модель, генетический алгоритм, информационная система, системный анализ, метод принятия решения.

Цель работы: разработка моделей и алгоритмов для повышения качества организации образовательного процесса в учреждениях высшего образования.

Методы исследования: методы поиска изоморфизма сетей, генетические алгоритмы, методы распределения ограниченных ресурсов.

Полученные результаты и их новизна: предложена оригинальная математическая модель процесса распределения учебной работы кафедры; разработан оригинальный алгоритм оценки потенциальной эффективности распределения сформированной учебной работы кафедры с учетом квалификации профессорско-преподавательского состава и условий распределения учебной работы; предложена оригинальная модель составления расписания учебных занятий на основе выявления изоморфных фрагментов сетей библиотеки расписаний в качестве базовых элементов разрабатываемого расписания; предложена математическая модель и алгоритм адаптивного поиска вариантов расписания учебных занятий с использованием модифицированного генетического алгоритма; разработано программное обеспечение системы поддержки принятия решений для планирования образовательного процесса, реализующие предложенные модели.

Рекомендации по использованию: результаты диссертационной работы внедрены в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» филиал «Минский радиотехнический колледж»; в учреждении образования «Минский государственный лингвистический университет»; в Центре информатизации и инновационных разработок учреждения образования «Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники».

Область применения: учреждения образования организующих образовательный процесс на I и II ступенях высшего образования.

SUMMARY

Nesterenkov Sergey

Planning of the educational process in the higher education institutions on the basis of network models and genetic algorithms

Keywords: educational work, teaching timetable, network model, genetic algorithm, information systems, systems analysis, decision-making methods.

The purpose of this thesis: development of models and algorithms to improve the quality of educational process in higher education institutions.

Research methods: methods of networks isomorphism search, genetic algorithms, methods of allocation of scarce resources.

The obtained results and their novelty: the original mathematical model of the distribution of educational work of the department is offered; developed an original algorithm for estimating the potential effectiveness of distribution formed educational work of the department with regard to the qualifications of the teaching staff and the conditions of allocation of educational work; the original model of curriculum timetable based on the identification of isomorphic fragments schedules library networks as basic elements of the developed schedules is offered; mathematical model and algorithm of adaptive search options schedules training sessions using a modified genetic algorithm are offered; software a decision support system for the planning of the educational process, implementing the proposed model are developed.

Recommended use: the results of the thesis introduced in education institutions Minsk Radio Technical College; Minsk State Linguistic University; the Center of information and innovations of Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics.

Field for application: educational institutions which organize the educational process in the I and II levels of higher education.

Научное издание

Нестеренков Сергей Николаевич

**ПЛАНИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В
УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЕТЕВЫХ
МОДЕЛЕЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации

Подписано в печать 30.12.2016. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура "Таймс".
Отпечатано на ризографе. Усл.-печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 60. Заказ 1.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 2/113 от 07.04.2014, № 3/615 от 07.04.2014.

ЛП №02330/264 от 14.04.2014.

220013, Минск, П. Бровки, 6