

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.656

Гилевский  
Павел Геннадьевич

Модели и программно-алгоритмическое обеспечение процесса распределения и учета педагогической нагрузки в учреждениях образования с интегрированной формой обучения

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание академической степени  
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Скудняков Ю.А.  
к.т.н., доцент

Минск 2014

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в разных сферах человеческой деятельности все в большей степени появляется потребность в средствах, позволяющих быстро и безошибочно перерабатывать большое количество информации. Современное развитие информационных технологий и применение таких средств позволяют облегчить и автоматизировать любую производственную задачу, повысить эффективность работы и существенно снизить затраты.

Рутинная работа требует постоянного внимания к большому количеству документов, поэтому значительная часть рабочего времени человека расходуется на рассмотрение однотипных данных. Этот фактор негативно влияет как на производительность, так и на качество выполняемых действий.

В каждом учебном заведении организация его деятельности связана с обработкой большого потока данных (студенты, преподаватели, учебные планы, расписание занятий и т.п.) и для того, чтобы снизить время обработки информации и облегчить работу сотрудникам учреждения образования, создается информационная система, использование которой может обеспечить решение данной задачи.

Преподавательский состав является главным инструментом стабильной и качественной работы учреждения образования. От уровня подготовки и профессионализма преподавателей зависит престижность и репутация учреждения образования. Итак, от недостатка сотрудников в преподавательском составе повышается нагрузка на каждого отдельно взятого человека, поэтому качество и эффективность обучения снижаются. Избыток преподавателей ведет к лишним расходам и не позволяет многим сотрудникам реализоваться.

Учитывая все факторы, автоматизация этой области лишает сотрудников кафедры и учебно-методического отдела необходимости заниматься шаблонной работой. Тем самым, это позволяет обеспечить экономию в материальных, человеческих и временных ресурсах.

В качестве примера, выбрано учреждение образования «Минский государственный высший радиотехнический колледж».

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

*Целью* диссертационной работы является разработка и использование математического и программно-алгоритмического обеспечения для организации и повышения эффективности процесса распределения и учета педагогической нагрузки в учреждениях образования с интегрированной формой обучения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих разработок по теме диссертации.
2. Сформулировать задачу, с учетом достоинств и недостатков, выявленных в ходе литературного обзора по теме исследования.
3. Разработать математическое обеспечение поставленной задачи.
4. Разработать методы и алгоритмы автоматизации процесса распределения и учета педагогической нагрузки.
5. Осуществить программную реализацию.
6. Осуществить испытание, внедрение и сопровождение разработанного программного средства.

*Объектом* исследования являются процесс формирования, распределения и учета педагогической нагрузки в УО.

*Предметом* исследования является математическое и программное обеспечение компьютерных систем для решения задач автоматизации процесса распределения и учета педагогической нагрузки в УО с интегрированной формой обучения.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность создания технологии автоматизированного распределения и учета выполнения учебной нагрузки, которая позволит значительно сократить время, затрачиваемое на распределение учебных часов преподавателям кафедры, позволит исключить огромное количество ошибок, а также, в случае необходимости, быстро вносить изменения в учебную нагрузку и получать оперативные сведения о её выполнении.

### **Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Работа выполнялась в соответствии научно-техническими заданиями и планами работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий»: «Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы» (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

## **Личный вклад соискателя**

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Ю. А. Скуднякова, заключается в формулировке целей и задач исследования.

## **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VII Международной научно-методической конференции «Высшее техническое образование: проблемы и пути развития» (Минск, Беларусь, 2014); XX международная НТК «Информационные системы и технологии» (Нижний Новгород, Российская Федерация, 2014); 50-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2014).

Материалы были представлены на республиканском конкурсе студенческих научно-исследовательских работ 2014. Работа получила 2-ую категорию.

Результаты исследований внедрены на кафедре информатики УО МГВРК.

## **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликовано 4 печатные работы, из них 3 работы в сборниках трудов и материалов международных конференций.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритма процесса распределения и учета учебной нагрузки. В третьей главе предложена практическая реализация ПО для автоматизированного распределения и учета учебной нагрузки в УО с интегрированной формой обучения. В четвертой главе приведено описание применения разработанного ПС и инструкция пользователя.

Общий объем работы составляет 85 страниц, из которых основного текста – 53 страницы, 26 рисунков на 18 страницах, 16 таблиц на 12 страницах, список использованных источников из 23 наименований на 2 страницах и 7 приложений на 7 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** проведен анализ существующих и применяемых моделей и программных средств автоматизации процесса распределения и учета педагогической нагрузки.

Сложность вычислений учебной нагрузки преподавателей в МГВРК заключается в том, что существует высшее и среднее специальное образование. Для каждой ступени образования существуют свои нормы времени для планирования педагогической нагрузки на условиях тарификации, а так же каждая из ступеней имеет собственную форму учебного плана.

Аналитический обзор существующих моделей распределения и учета учебной нагрузки позволил выявить их основные достоинства и недостатки. Большое количество выявленных существенных недостатков позволяет сделать вывод о необходимости и целесообразности создания новой модели.

Анализ существующих программных средств обучения показал, что они имеют в своей основе ряд существенных недостатков. Главным недостатком является то, что ни одна из существующих систем не позволяет учитывать особенность работы учреждения образования с интегрированной формой обучения. Данные автоматизированные системы способны обрабатывать учебные планы либо только среднего специального, либо только высшего образования. Для УО с данной формой обучения данные системы не подходят. Устранение недостатков позволит оптимально организовать процесс распределения и учета педагогической нагрузки, что позволит повысить эффективность деятельности учреждения образования.

Сформулирована задача и описаны требования к новой системе.

Результаты исследований, проведенных в этих направлениях, отражены в работах Н. Г. Баранова, П. И. Бригадина, С. А. Варламова, Е. И. Вештынецкого, А. В. Затонского, А. Л. Остенко, О. В. Ломаносова, М. Малибекова и др.

**Вторая глава** посвящена разработке моделей и алгоритма процесса распределения и учета учебной нагрузки.

Цель решения данной задачи – наиболее качественно и рационально распределить учебную нагрузку между преподавателями.

Определим математическую модель системы распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры. Пусть за кафедрой закреплено  $s$  дисциплин и на кафедре работают  $n$  преподавателей. Каждая дисциплина в свою очередь состоит из  $j$  видов учебных занятий. Известна для каждого преподавателя «полезность» (профессиональная подготовка преподавателя, квалификация, опыт работы, занимаемая должность)  $w_{ij}^t$ , связанная с выполнением  $t$ -го преподавателя  $j$ -го вида учебного занятия  $i$ -й дисциплины ( $i = \overline{1, s}, j = \overline{1, k}$ ).

Обозначим  $x_{ij}^t$  назначение  $j$ -го вида учебной нагрузки  $i$ -й дисциплины  $t$ -му преподавателю:

$$x_{ij}^t = \begin{cases} 1, & \text{если } t \text{ - му преподавателю назначается } j \text{ - й вид учебного} \\ & \text{занятия } i \text{ - й дисциплины,} \\ 0 & \text{– в противном случае} \end{cases} \quad (2.1)$$

где  $t = \overline{1, n}, j = \overline{1, k}, i = \overline{1, s}$ .

Требуется закрепить виды учебных занятий всех дисциплин за преподавателями так, чтобы при максимальной «полезности», максимальной приемственности и максимальном предпочтении минимизировать среднее квадратичное отклонение учебной нагрузки преподавателя при условии, что из каждой дисциплины виды учебных занятий могут закрепляться только за одним преподавателем.

Таким образом, математическая модель поставленной задачи имеет следующий вид:

$$F_1(\overline{X}) = \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^s w_{ij}^t x_{ij}^t \rightarrow \max, j = \overline{1, k}, \quad (2.2)$$

где  $w_{ij}^t$  – комплексная оценка, связанная с выполнением  $t$ -го преподавателя  $j$ -го вида учебного занятия  $i$ -й дисциплины;

$x_{ij}^t$  назначение  $j$ -го вида учебной нагрузки  $i$ -й дисциплины  $t$ -му преподавателю.

Необходимо минимизировать среднее квадратичное отклонение учебной нагрузки преподавателя:

$$F_2(\overline{X}) = \sqrt{\sum_{t=1}^n \left( \left( \frac{\gamma_t}{2} - \gamma_{\text{осен},t} \right)^2 + \left( \frac{\gamma_t}{2} - \gamma_{\text{весен},t} \right)^2 \right)} \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

где  $\gamma_t$  – нагрузка  $t$ -го преподавателя на учебный год;

$\gamma_{\text{осен},t}$  – нагрузка  $t$ -го преподавателя в осенний семестр (период);

$\gamma_{весен,t}$  – нагрузка t-го преподавателя в осенний семестр (период).

Если преподаватель читал эту дисциплину, желательно чтобы он продолжал ее читать (*преемственность*):

$$f_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } x_{ij}^{прошл} = x_{ij}^{буд} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases} \quad (2.4)$$

где  $x_{ij}^{прошл}$  – j-ый вид учебной нагрузки i-й дисциплины проводимый в прошлом периоде;

$x_{ij}^{буд}$  – j-ый вид учебной нагрузки i-й дисциплины распределяемый в текущем периоде.

$$F_3(\bar{X}) = \sum f_{ij} \rightarrow \max. \quad (2.5)$$

Для того чтобы максимизировать предпочтения преподавателей введем в рассмотрение степень предпочтения t-го преподавателя -  $l_t$  :

$$l_t = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k K_{tij} \alpha_t \beta_{ij}, t = \overline{1, n}, \quad (2.6)$$

где  $K_{tij}$  – весовой коэффициент возможности t-го преподавателя вести j-й вид

учебного занятия i-й дисциплины;

$\alpha_t$  – показатель индивидуальных особенностей t-го преподавателя;

$\beta_t$  – показатель желания вести j-й вид учебного занятия i-й дисциплины.

$$F_4(\bar{X}) = \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k l_t x_{ij}^t \rightarrow \max. \quad (2.7)$$

Дополнительно необходимо описать ограничения. Применяемые ограничения представлены ниже.

1) «Из каждой дисциплины виды учебных занятий могут закрепляться только за одним преподавателем»:

$$x_{j_1 i}^t = x_{j_2 i}^t = 1 \Rightarrow j_1 = j_2 \quad (2.8)$$

2) «Каждый преподаватель может вести нагрузку, не превышающую максимальной нагрузки допустимой трудовым законодательством»:

$$\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k x_{ij}^t \alpha_{ij} \leq \gamma^{max}, t = \overline{1, n}, \quad (2.9)$$

где  $\alpha_{ij}$  – норматив соответственно для чтения лекций, проведения практических занятий, лабораторных работ, зачета, экзамена, курсовой работы,

дипломной работы и др.  $i$ -й дисциплины;

$\gamma^{max}$  – рекомендуемая максимально допустимая нагрузка преподавателя по трудовому законодательству.

3) «Доля нагрузки  $t$ -го преподавателя  $s$ -й категории должна находиться исходя из диапазонов минимальной и максимальной нагрузки»:

$$\gamma_c^{min} \leq \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k \sum_{\beta=1}^{\beta_0} \gamma_{ij}^{\beta t_c} x_{ij}^t \leq \gamma_c^{max}, t = \overline{1, n}, \gamma_{ij}^{\beta t_c} \geq 0, \quad (2.10)$$

где  $\gamma_c^{min}$  – рекомендуемая минимальная нагрузка преподавателя  $s$ -й категории;

$\gamma_c^{max}$  – рекомендуемая максимальная нагрузка преподавателя  $s$ -й категории;

$\gamma_{ij}^{\beta t_c}$  – доля нагрузки  $t$ -го преподавателя  $s$ -й категории.

4) «Один и тот же лекционный курс на одном потоке читается только одним преподавателем»:

$$\sum_{t=1}^n x_{ipj}^t = 1, i = \overline{1, s}, p = \overline{1, P}, j = 1, \quad (2.11)$$

где  $p$  – индекс потока.

5) «Желательно, чтобы практические занятия и лабораторные работы на одном потоке назначались одному преподавателю»

$$\sum_{t=1}^n x_{ipj}^t = 1, i = \overline{1, s}, p = \overline{1, P}, j = 2, 3. \quad (2.12)$$

Можно предоставить преподавателю возможность самому задавать весовой коэффициент своих возможностей по каждому виду учебного занятия той или иной дисциплины. За него это может сделать лицо, принимающее решение в данном случае это заведующий кафедрой (заместитель по учебной работе). Хотя в принципе, возможно, что какие-то распределения получатся в ущерб некоторым субъективным интересам преподавателей, отражающие интересы кафедры.

Алгоритм принятия решения при наличии многих критериев можно представить так:

1. Уяснение цели принятия решения.
2. Определение множества допустимых альтернатив.
3. Сравнение допустимых альтернатив и выбор наилучшего варианта решения.

Определим множество альтернативных вариантов решений  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ , из которых выберем оптимальное решение  $Y^*$ .

Для осуществления выбора среди альтернативных вариантов сформулируем множество целей  $F = (F_1, F_2, \dots, F_k)$ . Характеристиками целей являются критерии достижения целей и показатели достижения целей, например,  $F_1$ -максимальная



«полезность», F2 – минимальное среднее квадратичное отклонение учебной нагрузки преподавателя, F3 - максимальная преемственность, F4 – максимальное предпочтение преподавателей и т.д.

Принятие решения по выбору преподавателя всегда осуществляется в условиях различных ограничений. Поэтому мы сформулировали четко множество ограничений (2.8)-(2.12) ( $A = (A_1, A_2, \dots, A_5)$ ), позволяющее еще на этапе формирования вариантов решений отбросить те из них, которые явно неприемлемы с точки зрения поставленных целей. Ограничения могут носить как качественный, так и количественный характер. Таким образом, множество альтернативных решений сужается до множества допустимых решений.

Для решения данной математической модели необходимо определить опорный план  $X = \{x_{ij}^t\} \rightarrow \max (\min)$ . Для того чтобы некоторый план полученной задачи распределения был оптимальным, будем использовать методы многокритериальной оптимизации и метод ветвей и границ. Для задач такого типа такие методы наиболее эффективны.

Метод ветвей и границ позволяет выбирать из множества альтернативных решений по определенным признакам наиболее перспективные варианты распределения, отбросив бесперспективные. На основе них, используя методы многокритериальной оптимизации и эвристические процедуры, лицо, принимающее решение (эксперт), находит компромиссные, и наиболее приемлемые с его точки зрения, варианты распределения учебной нагрузки. На основе чего и выбирается наиболее качественное, рациональное решение.

В третьей главе рассмотрена практическая реализация ПО для автоматизированного распределения и учета учебной нагрузки.

Одним из наиболее удобных инструментов унифицированного представления данных, независимого от реализующего его программного обеспечения, является модель "сущность-связь". Данная модель основывается на некой важной семантической информации о реальном мире и предназначена для логического представления данных. Она определяет значения данных в контексте их взаимосвязи с другими данными. Важным является тот факт, что из модели "сущность-связь" могут быть порождены все существующие модели данных (иерархическая, сетевая, реляционная, объектная), поэтому она является наиболее общей. Так же приведено подробное описание сущностей реализуемой базы данных построенной на основании сформулированных требований к ПС.

Разработана диаграмма вариантов использования программного средства, отражающие его основные возможности работы в двух режимах: пользователь и администратор. Диаграмма вариантов использования (use case) очень удобна для описания функциональности автоматизированной системы. Каждый вариант использования - определенный сервис, который должна обеспечить автоматизированная система. В этих понятиях удобно описывать, что должна

делать автоматизированная система, что нужно тестировать, что принимать у исполнителя. Также обеспечивается трассировка реализации исходных требований к автоматизированной системе.

Диаграммы вариантов использования показывают взаимодействия между вариантами использования и действующими лицами, отражая функциональные требования к системе с точки зрения пользователя.

На основании установленных требований к программному средству разработана его структура, определены требования к интерфейсу.

Приведено обоснование выбора среды разработки Borland Delphi и СУБД FireBird в силу наличия у них определенных достоинств для решения поставленных задач, а именно: быстрота разработки приложения, его высокая производительность, низкие требования к ресурсам компьютера, возможность полного доступа к функциям ОС Windows.

В **четвертой главе** приведено описание созданного программного средства, определено его назначение, требования к аппаратным и программным ресурсам ПК.

Главное предназначение программы - автоматизированный расчет учебной нагрузки. Для реализации этой задачи организован ввод входной информации, которая используется для вычислений. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу пользователь без проблем может вводить, редактировать, а так же удалять данные в справочниках.

В общей сложности, программа организует работу с одиннадцатью справочниками. После чего происходит непосредственно вычисление нагрузки для каждого преподавателя и учебной группы. После заполнения справочников пользователю предоставляется возможность создания различных отчетов с экспортом в MS Excel, что позволит ему оформить нужную документацию с дальнейшим выводом на печать.

Приведено руководство пользователя разработанного программного средства.

Испытание и внедрение разработанной программной системы автоматизированного распределения и учета педагогической нагрузки осуществлено на кафедре информатики УО МГВРК.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых исследований и разработки получены следующие результаты.

### **Предложены:**

- математические модели описания процесса распределения и учета учебной нагрузки;
- алгоритм распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры;
- предложенные модели и алгоритмы позволяют автоматизировать процесс анализа учебных планов, формирования общей нагрузки всего учебного заведения и построения вариантов распределения нагрузки между преподавателями кафедры;

### **Разработано:**

- программное обеспечение решения поставленной задачи;

### **Обеспечены:**

- простота и удобство использования программного средства;
- защита данных от некорректных обновлений, от разрушений при сбоях оборудования и от несанкционированного доступа;
- централизованное хранение данных в памяти ЭВМ;

### **Достигнуты:**

- минимальное время ответа на запросы пользователя, ограниченные только конфигурацией компьютеров пользователей;
- простота освоения приемов работы с программой, надежность и простота обслуживания;
- возможность работы в составе вычислительной сети.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки ПО компьютерных систем для решения задач автоматизированного распределения и учета педагогической нагрузки. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем.

2. Разработанные методы и алгоритмы позволяют автоматизировать процесс анализа, распределения и учета педагогической нагрузки и тем самым обеспечить современный образовательный процесс, что даёт возможность обеспечивать гибкость, комфортность, оперативность, глубину и всесторонность обучения.

3. Практическая реализация результатов работы позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на распределение учебных часов преподавателям кафедры, позволит исключить огромное количество ошибок, а также, в случае необходимости, быстро вносить изменения в учебную нагрузку и получать оперативные сведения о её выполнении. Тем самым, обеспечивается экономия в материальных, человеческих и временных ресурсах, что позволяет повысить эффективность деятельности учреждения образования.

Библиотека БГУИР

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Гилевский, П.Г. Технология процесса автоматизации распределения и учета учебной нагрузки преподавателей в учреждениях образования с интегрированной формой обучения / П.Г. Гилевский, Ю.А. Скудянков // Компьютерные системы и сети: материалы 50-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. – Минск: БГУИР, 24-28 марта 2014 года. – с.47-49

2. Гилевский, П.Г. Автоматизация процесса распределения и учета учебной нагрузки преподавателя в учреждениях образования с интегрированной формой обучения. / П.Г. Гилевский, Ю.А. Скудняков, Н.А. Мораев. // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: материалы VII международной научно-методической конференции – Минск: БГУИР, 20-21 ноября 2014 года, с.134-135.

3. Морев, Н.А. Некоторые проблемы высшего технического образования. / Н.А. Мораев, Ю.А. Скудняков, П.Г. Гилевский // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: материалы VII международной научно-методической конференции – Минск: БГУИР, 20-21 ноября 2014 года, с.71-72.

4. Скудняков, Ю.А. Автоматизация процесса распределения и учета учебной нагрузки преподавателя в учреждениях образования с интегрированной формой обучения. / Ю.А. Скудняков, П.Г. Гилевский // Информационные системы и технологии ИСТ-2014; материалы XX международной научно-технической конференции – Нижний Новгород: НГТУ им.Р.Е.Алексеева, Российский фонд фундаментальных исследований, 18 апреля 2014 года, с.192-193.