

СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

Получено: 03.09.2018; одобрено: 18.09.2018; опубликовано: 26.11.2018

УДК 65.011.56 JEL L86, P46, C61 DOI 10.26425/2658-3445-2018-1-60-69

Самсонова Наталья Владимировна

Студент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия
e-mail: samsonowa.n@bk.ru

Симонов Алексей Борисович

Канд. экон. наук, доцент кафедры информационных систем в экономике, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия
e-mail: absimonov@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Автоматизация составления учебного расписания в высшем учебном заведении – важная проблема. С математической точки зрения, это задача целочисленного программирования. Сложность ее решения связана со значительной размерностью решаемой задачи, большим количеством ограничений, возможной нелинейностью целевой функции, сложностью формализации отдельных требований к оптимальному плану. Для решения данной задачи были попытки применения самого широкого спектра методов оптимизации: методов линейного программирования, сокращения размерности задачи, кластеризации, агентного моделирования, разновидности генетического алгоритма, простейшего перебора планов. Все эти методы не гарантируют получения за разумное время эффективных планов, однако многие способны находить достаточно хорошие решения. Также существуют технические трудности, связанные с необходимостью обработки больших объемов данных. Значительной проблемой при автоматизации могут стать и организационные особенности конкретных высших учебных заведений, что создает высокие требования к переносимости и настройке программного продукта. Тем не менее, на рынке существует ряд программ, позволяющих в достаточной степени эффективно решать задачу автоматизации составления учебного расписания, функции которых рассмотрены в статье. Для всех программ характерно также решение вопросов документирования процессов, связанных с составлением расписания, возможность составления различных видов расписаний преподавателей, групп студентов и аудиторий, возможность экспорта расписаний в программы Word и Excel Microsoft Office, автоматической отправки по почте и др. Однако во всех программах имеется функция ручного ввода и корректировки созданного расписания, что косвенно указывает на возможность усовершенствования применяемых алгоритмов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Организация учебной работы, автоматизация составления расписания, математическое моделирование, целочисленное линейное программирование, программное обеспечение, автоматизация документирования.



SCHEDULING IN THE UNIVERSITY: MATHEMATICAL METHODS AND SOFTWARE

Received: 03.09.2018; approved: 18.09.2018; published: 26.11.2018

JEL CLASSIFICATION L86, P46, C61 DOI 10.26425/2658-3445-2018-1-60-69

Samsonova Natalia

Student, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
e-mail: samsonowa.n@bk.ru

Simonov Alexey

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department Information Systems in Economics, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
e-mail: absimonov@gmail.com

ABSTRACT

Automating of scheduling in a university is an important issue. From a mathematical point of view, this is an integer programming challenge. The complexity of its solution is associated with a significant dimension of the problem being solved, a large number of restrictions, possible nonlinearity of the objective function, the complexity of the individual requirements formalization. There were attempts to apply the widest range of optimization methods to automate scheduling in university: linear programming methods, reducing the dimensionality reduction methods, clustering, agent modeling, genetic algorithm, the simplest brute-force plans. All these methods do not guarantee efficient plans obtainment in a reasonable time but many are able to find fairly good solutions. There are also technical difficulties associated with the needs of the large amounts of data processing. Organizational characteristics of specific universities also can become a significant problem with automation, which creates high requirements for portability and customization of the software product. Nevertheless, there is a number of programs that allow solving the scheduling automating problem, and some of this programs functions are considered in this article. All programs are also characterized by solving issues of documenting the processes associated with scheduling, including the ability to compile various types of schedules, the ability to export schedules into Word and Excel, automatic mailing etc. However, all this programs have a function of manual adjustment of the created schedule, which indirectly indicates the possibility of improving the applied algorithms.

KEYWORDS

Organization of study; scheduling automation; mathematical modeling; integer linear programming; software; document automation.

CITATION

Samsonova N.V., Simonov A.B. (2018). Scheduling in the university: mathematical methods and software. *E-Management*, vol. 1, № 1, pp. 60–69. DOI: 10.26425/2658-3445-2018-1-60-69



Учебный процесс в высшем учебном заведении достаточно сложен, и его эффективная организация требует значительных усилий. Один из ключевых факторов организации учебного процесса – составление расписания занятий, которое призвано обеспечивать равномерную нагрузку как для студентов, так и преподавателей, равномерно использовать аудиторный фонд с учетом специфики различных помещений (лаборатории для проведения занятий по конкретным предметам, точные аудитории, аудитории со специальным технологическим оборудованием и другие варианты специфики аудиторий), сократить затраты времени на переходы между аудиториями, учесть пожелания преподавателей и т. д. Особая задача при составлении расписания – его модификация, например в связи с заменой преподавателя (что важно в условиях высокой текучести кадров, вызванной, в том числе, изменениями в сфере высшего образования), когда к описанным выше требованиям добавляется требование минимизации изменений в ранее составленном расписании. Из этого следует более общая задача составления устойчивого расписания, т. е. такого расписания, которое может быть легко скорректировано в связи с появлением новых требований и/или заменой преподавателей.

Указанная выше задача является очевидным объектом для автоматизации. Ее неоднократно пытались решить и специалисты на уровне высших учебных заведений (далее – вуз), в частности, в ФГБОУ ВО «Волгоградский Государственный Технический Университет», и составители различных компьютерных программ. Однако ни одно решение не удовлетворяет в полной мере требованиям комплексной автоматизации, поэтому в большинстве программ предусмотрен режим ручного редактирования расписания, который позволяет изменить уже составленное автоматически. Существование такого режима показывает, что составленное автоматическое расписание априори рассматривают как черновое, не в полной степени удовлетворяющее запросам пользователя и требующее внесения коррективов.

Отметим, что с задачей составления расписания тесно связана задача его документирования, в том числе расчет нагрузки на основании учебных планов, создание расписания для отдельных групп и преподавателей, пересылка его конечным пользователям, распечатка, размещение на сайте. Эти задачи в той или иной степени решают многие коммерческие компьютерные программы.

Цель статьи – изучение на примерах российских программных продуктов, реализующих составление расписания, вопроса, почему на современном уровне развития вычислительной техники основная задача автоматизации составления расписания до сих пор эффективно не решена. Исходя из поставленной задачи, рассмотрим модель составления расписания, а также сделаем обзор методов решения задачи с обсуждением возможных проблем с применением отдельных методов на практике и дадим сравнительное описание российских программ, автоматизирующих составление расписания.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача составления расписания формируется описанием следующих множеств: групп G , занятий S , аудиторий A , преподавателей P и единиц времени (пар) W . Каждый из элементов этих множеств может иметь дополнительные характеристики (что можно учесть через отображение множеств), например: занятия можно разделить на лекционные $S_{л.}$, практические $S_{пр.}$ и лабораторные $S_{лаб.}$; аудитории можно разделить по численности и оснащенности оборудованием; группы можно разбить на подгруппы и объединять в потоки и т. д. Множество планов определяют как $X = G \cup S \cup A \cup P \cup W$. Каждый элемент данного множества принимает значения 1 (данная аудитория в данное время занята данной группой и преподавателем) или 0. Число элементов этого множества (которое может быть программно реализовано, например, в виде четырехмерного массива) зависит от количества элементов в множествах G , S , A , P , W . Если для средней школы с 40 классами, 50 аудиториями, 10 часами занятий ежедневно в течении 6 дней недели и педагогическим составом в условные 50 человек и 50 видов занятий число элементов множества X $300 \cdot 10^6$, то для среднего вуза эта величина в сотни раз больше, что создает сложности уже на этапе хранения информации в памяти компьютера. Размерность задачи может быть понижена техническими способами. Так, однотипные занятия относят только к небольшой части групп, что позволяет вначале сформировать множество, $G \cup S$ и на непустых элементах данного множества формировать X . Если имеется избыток аудиторного фонда, то множество A можно декомпозировать на части (корпуса), при этом занятия определенных групп будут вестись в конкретных

корпусах (например, проводить обучение студентов, обучающихся по химическим специальностям, в одном корпусе, а по экономическим – в другом). Правда, это ведет к увеличению простоя аудиторий, снижению гибкости расписания при, например, появлении новых специальностей и другим возможным негативным эффектам при решении задачи. Аналогичным образом, если преподаватели образовательной организации значительную часть времени заняты проведением однотипных занятий, то можно закрепить одну аудиторию за несколькими преподавателями, создав множество $\mathbf{A} \cup \mathbf{P}$. Однако такие технические приемы не всегда возможны, что обуславливает значительную размерность задачи.

На множество планов \mathbf{X} налагаются ограничения, связанные, в частности, с тем, что в одно и то же время в аудитории может быть не более одной группы или одного потока. Это ограничение можно формализовать как:

$$x_{1sapw} + x_{2sapw} + \dots + x_{Msapw} \leq 1. \quad (1)$$

Здесь x – элемент плана занятий, относящийся к группе $g = 1, 2 \dots M$, занятию с номером g , аудитории с номером a , преподавателю p и паре w ; значение $x = 1$ означает, что такое занятие в пару w проводится, а значение $x = 0$ означает, что не проводится.

Аналогично, аудитория не может быть занята одновременно несколькими группами:

$$x_{gs1pw} + x_{gs2pw} + \dots + x_{gsKpw} \leq 1 \text{ и т.д.}, \quad (2)$$

здесь значения x, g, s, a, p, w интерпретируют аналогично формуле (1). Большинство ограничений может быть представлено в линейном виде [Бабкина, 2008]. При этом ограничения, как правило, налагаются на одно из множеств (например, преподаватель $p1$, работающий заведующим кафедрой, не может вести занятия в понедельник во время еженедельного совещания), что увеличивает количество ограничений и значительно увеличивает время решения задачи.

Среди планов \mathbf{X} , удовлетворяющих поставленным ограничениям, необходимо выбрать оптимальный план. Для этого составляют целевую функцию \mathbf{F} , учитывающую, в частности, предпочтения преподавателей о времени занятий $f_1: \mathbf{P} \times \mathbf{W} \rightarrow [0 \dots 1]$, важности занятий и т. д. Очевидно, рассмотренные элементы функции предпочтения имеют линейный характер и могут быть объединены с другими элементами целевой функции при помощи сложения, что определяет ее общий вид как линейной функции. К сожалению, ряд критериев оптимальности может быть нелинейным. Например, пожелания о сокращении времени перехода преподавателей и групп между аудиториями, очевидно, имеет характер нелинейной зависимости $f_2: \mathbf{P} \times \mathbf{A} \times \mathbf{W} \times \mathbf{A} \times \mathbf{W} \rightarrow [0 \dots 1]$, $f_3: \mathbf{G} \times \mathbf{A} \times \mathbf{W} \times \mathbf{A} \times \mathbf{W} \rightarrow [0 \dots 1]$, так как должно учитывать положение группы как в данный момент времени, так и в предыдущий. Использование в модели нелинейных функций значительно усложняет решение задачи.

Отдельный вопрос для исследования – возможность включения в целевую функцию требования об устойчивости решения, которое может проверяться, в частности, экспериментальным способом через введение случайных возмущений и изучение изменений полученного нового оптимального плана по сравнению с первоначально составленным.

Описанные выше особенности постановки задачи составления расписания вуза определяют сложность выбора инструментария для решения. Данная задача является NP -полной многоэкстремальной комбинаторной задачей с большим количеством ограничений [Тимиргалеева, Гришин, 2017]. В большинстве случаев ее можно рассматривать как задачу целочисленного линейного программирования. Существует несколько подходов к решению подобных задач, в частности, методы, основанные на лагранжевой декомпозиции модели на ряд одномерных задач [Лебедев, 1994], различные модификации симплекс-метода [Ху, 1974; Лебедев, 1994]. Все эти методы имеют очевидные достоинства и недостатки, в частности, требование о линейности и ограничений, и целевой функции. Распространены попытки найти общее решение данной задачи и при помощи других методов, таких как кластеризация, использование генетических алгоритмов и т. д. [Низамова, 2006]. Кроме того, развитие современной техники позволяет использовать метод перебора, однако для решения задачи в разумные сроки он подразумевает распараллеливание процесса перебора,

что создает, в том числе, технические сложности. Методы, основанные на декомпозиции модели (например, рассмотренный Т.С. Бабкиной [2008] подход агентного моделирования), в общем случае неэффективны, так как между различными частями модели имеется сильная синергетическая связь через остальные компоненты модели (например, оптимизация расписания одного преподавателя ухудшит расписание других преподавателей, так как займет наилучшее время и аудитории).

В целом и с теоретической, и с практической точек зрения развитие задачи о составлении расписания в настоящий момент продолжается. Все рассмотренные выше методы не гарантируют получение в разумное время наилучших планов, однако многие способны находить достаточно хорошие решения. Тем не менее, информационный рынок содержит большое количество относительно эффективных программных продуктов, способных автоматизировать процесс составления расписания на основе базовых требований к его оптимальности.

Рассмотрим несколько примеров таких программ.

ПРОГРАММА «РЕКТОР-ВУЗ»

Рассматриваемая компьютерная программа позволяет автоматизировать трудоемкий процесс составления расписания, получить единое электронное хранилище необходимой информации о нем. Интерфейс программы «Ректор – вуз»¹ для повышения эффективности работы имеет 4 раздела (вкладки): «Списки», «Нагрузки», «Расписание» и «Замены». В разделе «Списки» пользователь программы может вводить информацию, необходимую для составления расписания, редактировать ее и печатать. Это могут быть данные о кафедрах учебного заведения, имеющих специальности, группах, преподаваемых дисциплинах, аудиториях различных типов, видах занятий. Вкладка «Нагрузки» позволяет работать с информацией об учебных планах (в том числе, для каждой специальности отдельно), нагрузках как преподавателей, так и студентов, распределении часов на недельный период (в пределах одного семестра), отчетах о нагрузке как всего вуза, так и нагрузке кафедры и конкретного преподавателя. Здесь также подразумевается ввод, редактирование и печать данных. Раздел «Расписание» отражает главное содержание данной программы. В этом разделе можно составлять учебные расписания не только по группам учащихся, но и по преподавателям, аудиториям, а также по всему вузу в целом (рис. 1).

		Списки	Нагрузки	Расписание	Замены			
Группы		Преподаватели	Аудитории	ВУЗ				
		Понедельник, 30.08.10	Вторник, 31.08.10	Среда, 01.09.10	Четверг, 02.09.10	Пятница 03.09.10		
1		Общ. социология (семинар)	Общ. психология (семинар)	Отеч. история (лекция)	Общ. социология (лекция)	Соц. психология (лекция)		
2		Отеч. история (лекция)	Соц. психология (лекция)	Соц. психология (семинар)	Философия (семинар)	Общ. психология (лекция)		
3		Отеч. история (семинар)	Общ. социология (лекция)	Общ. психология (лекция)	Философия (лекция)	Философия (лекция)		
	Группа (поток)	Пар всего	Пар в неделю	Дисциплина	Преподаватель	Вид занятия	Аудитория	Спаривание
1	0213м	10/0	1/1	Отеч. история	Хрунов А.П.	Семинар	–	Нет
2	0213м	26/2	2/2	Общ. психология	Зеленов И.М.	Лекция	–	Нет
3	0213м	11/1	1/1	Философия	Потапов А.И.	Семинар	–	Нет
4	0213м	10/1	1/1	Соц. психология	Зеленов И.М.	Семинар	–	Нет
5	0213м	19/1	2/2	Соц. психология	Зеленов И.М.	Лекция	–	Нет
6	0213м	22/1	2/2	Отеч. история	Хрунов А.П.	Лекция	–	Нет
7	0213м	19/1	2/2	Общ. социология	Нещерет С.М.	Лекция	–	Нет
8	0213м	9/0	1/1	Общ. социология	Нещерет С.М.	Семинар	–	Нет
9	0213м	13/0	1/1	Общ. психология	Зеленов И.М.	Семинар	–	Нет
10	0701, 0213м	15/2	2/2	Философия	Потапов А.И.	Лекция	–	Нет

Источник: [rector.spb.ru]

Рис. 1. Вид интерфейса программы «Ректор-вуз». Раздел «Расписание»

¹Программа «Ректор-Вуз». Режим доступа: <http://rector.spb.ru/> (дата обращения: 01.09.2018).

Также в программе имеется раздел «Замены», который подразумевает оперирование заменами преподавательского состава без нарушения оптимальности расписания.

Программа позволяет работать в автоматическом, ручном и комбинированном режимах, причем переход между ними возможен на любом этапе составления расписания. Автоматический режим способен учитывать различные требования по распределению, а ручной режим, в свою очередь, имеет функцию подсказок.

Готовое расписание занятий можно сохранить в форматах doc (Microsoft Word), xls (Microsoft Excel) или html.

ПРОГРАММА «ЭКСПРЕСС-РАСПИСАНИЕ»

Эта программа² предназначена для автоматизации деятельности сотрудников различных вузов относительно процесса составления расписания и работы с ним. Она позволяет учитывать аспекты очного и заочного отделения, проводимых практик, экзаменов, консультаций или других дополнительных занятий, возникающих замен преподавателей или же изменение нагрузки в течение семестра.

Здесь также имеются три способа составления расписания: автоматический, ручной, комбинированный. Учитываются различные ограничения, методические дни, совмещенные графики участников учебного процесса. Автоматически составленное расписание может подвергаться обработке в ручном режиме, если необходимо что-то скорректировать, исправить, дополнить. Или, наоборот, можно начать с ручного ввода, а после чего продолжить в автоматическом режиме. На рисунке 2 показан вариант созданного в программе «Экспресс-расписание» расписания занятий.

Планшет занятий 1											
Пн 11 Сентября 2017		Вт 12 Сентября 2017		Ср 13 Сентября 2017		Чт 14 Сентября 2017		Пт 15 Сентября 2017		Сб 16 Сентября 2017	
Никифоров В.А. Безопасн. жизн. 404 Лек.	Долматова Г.И. Микроэкономика 404 Лек.	Паршаков О.А. Физкультура 404 Лек.	Тюфякова Л.А. 411	Лысова Г.А. Международ. станд. 404 Лек.	Лысова Г.А. Бух. учет 404 Лек.						
Тупицын С.Ю. Правов. регулир. 404 Лек.	Суворова В.С. Анализ хоз. деятельн. 404 Лек.	Опарина Р.Н. 411	Зонова Н.А. Маркетинг 404 Лек.	Лысова Г.А. Бух. учет 404 Лек.	Суворова В.С. Анализ хоз. деятельн. 404 Лек.						
Кожевникова З.Н. 404	Малкова О.А. Налоги и налогообл. 404 Лек.	Суворова В.С. Анализ хоз. деятельн. 404 Лек.	Паршаков О.А. Физкультура 116 Лек.	Горева О.В. Фин. ден. обр. и кред. 404 Лек.	Лысова Г.А. Международ. станд. 404 Лек.						
			Суворова В.С. Анализ хоз. деятельн. 404 Лек.								
Текущее: Б 34 0 Никифоров В.А. Безопасн. жизн. (Лек.) 404		Всего: <input type="text" value="34"/> План: <input type="text" value="4"/> Факт: <input type="text" value="4"/>		Основное: Б 34 0 Никифоров В.А. Безопасн. жизн. (Лек.) 404		Реком-ся в день: <input type="text" value="0,3"/> Запреты: <input type="text" value=""/>					

Источник: [pbprog.ru]

Рис. 2. Вид интерфейса программы «Экспресс расписание»

Система поддерживает возможность составления различных отчетов, например, о фактически проведенных занятиях за какой-либо период. Содержащиеся в программе данные можно легко переносить с одного компьютера на другой. Составленное расписание можно сохранять в форматах Microsoft Word и Excel.

ПРОГРАММА MAGELLAN

Существующая система управления учебным процессом Magellan³ содержит в себе отдельный модуль для составления расписания, который позволяет:

- формировать расписание в различных режимах на различные периоды;
- учитывать отдельные от общего расписания занятия (как для преподавателей, так и для студентов);
- учитывать тематические планы по дисциплинам, последовательность их преподавания;

² Программа «Экспресс-расписание». Режим доступа: <http://pbprog.ru/> (дата обращения: 01.09.2018).

³ Программа «Magellan». Режим доступа: <https://magellanius.ru> (дата обращения: 01.09.2018).

– создать и сравнивать несколько редакций расписания и выбрать наиболее оптимальный вариант;

– учитывать возможность занятий в подгруппах, потоках.

На рисунке 3 представлена экранная форма работы с расписанием в модуле системы Magellan.

Группы			Аудиторный фонд			Ограничения			Расписание		
Вид занятий			Дисциплины			Группы					
Доступность аудиторий для видов занятий											
Аудитория				Вид занятий				Приоритет			
Аудитория: Корпус № 1 / 1 этаж / 1 (Лекционный) (3)											
Корпус № 1 / 1 этаж / 1 (Лекционный)				Лекция				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 1 (Лекционный)				Практическое занятие				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 1 (Лекционный)				Семинарское занятие				1			
Аудитория: Корпус № 1 / 1 этаж / 20 (Учеб. ауд.) (3)											
Корпус № 1 / 1 этаж / 20 (Учеб. ауд.)				Лекция				2			
Корпус № 1 / 1 этаж / 20 (Учеб. ауд.)				Практическое занятие				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 20 (Учеб. ауд.)				Контрольная работа				3			
Аудитория: Корпус № 1 / 1 этаж / 22 (факультет) (3)											
Корпус № 1 / 1 этаж / 22 (факультет)				Лекция				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 22 (факультет)				Практическое занятие				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 22 (факультет)				Контрольная работа				1			
Аудитория: Корпус № 1 / 1 этаж / 34 (Ин. яз.) (3)											
Корпус № 1 / 1 этаж / 34 (Ин. яз.)				Лекция				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 34 (Ин. яз.)				Практическое занятие				1			
Корпус № 1 / 1 этаж / 34 (Ин. яз.)				Контрольная работа				1			

Источник: [magellanius.ru]

Рис. 3. Модуль «Расписание» в системе Magellan, вид пользовательского интерфейса

1С: АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ. УНИВЕРСИТЕТ

Индивидуальность учебного заведения, дополнительные учеты, помимо основного расписания занятий, аудиторный состав и многое другое учитывает программа «1С: Автоматизированное составление расписания. Университет»⁴.

Данная система включает такие же возможности, как и программы, рассмотренные выше. Однако ее отличие состоит в том, что она более гибкая в отношении особенностей конкретного вуза.

«1С: Автоматизированное составление расписания. Университет» имеет следующие возможности:

1. Для быстрого управления расписанием в ручном режиме предусмотрена, так называемая «шахматка» (см. рис. 4).

2. Можно составлять различные варианты «сценариев» расписаний, после чего сравнивать их.

3. Имеются режимы расписаний по группам, преподавателям, аудиториям.

4. Учебное расписание можно оптимизировать, например, относительно количества используемых аудиторий или сокращения «окон».

5. Существует возможность выбора периодичности расписания: какой-либо фиксированный период, неделя, месяц и так далее; возможность ограничения по максимальному количеству допустимых занятий.

6. Расписание можно составлять также и для времени сессии.

7. Возможен учет обучения в подгруппах, потоках или параллельных занятиях.

8. Система позволяет устанавливать ограничения по переходам из корпусов или аудиторий.

⁴Программа «1С: Автоматизированное составление расписания. Университет». <https://solutions.1c.ru/> [дата обращения: 30.08.2018].

9. С расписанием можно работать в режиме web-интерфейса.

10. Программа позволяет уведомлять об изменениях расписания по e-mail.

На рисунке 4 представлена основная форма для составления расписания («шахматка», строки – дни недели, пары, колонки – помещения) в рассматриваемой программе.

Обработка Составление расписания					
День	Интервал	K2 10 (30 чел.)	K2 11 (56 чел.)	K2 23 (30 чел.)	C 3 1 (50 чел.)
1	08:00-09:35	9006 Мат. анализ Петров	резерв под кафедру		
	09:50-11:25	9006 Мат. анализ Петров	резерв под кафедру		
	11:40-13:15	9006 Мат. анализ Петров	901а МСФО Иванов		
	14:00-15:35	901а МСФО Иванов	резерв под кафедру		
	15:45-17:20				
	17:30-19:05				
2	08:00-09:35			905а Бухгалтерски учет	9006 Физическая культура
	09:50-11:25			905а Бухгалтерски учет	
	11:40-13:15	901а МСФО Иванов			
	14:00-15:35				
	15:45-17:20				
	17:30-19:05				
3	08:00-09:35	9006 Мат. анализ Петров			
	09:50-11:25				
	11:40-13:15				
	14:00-15:35				
	15:45-17:20				
	17:30-19:05				
4	08:00-09:35	9006 Мат. анализ Петров			9006 Физическая культура
	09:50-11:25			905а Бухгалтерски учет	9006 Физическая культура
	11:40-13:15			905а Бухгалтерски учет	
	14:00-15:35				
	15:45-17:20				
	17:30-19:05				

Источник: [magellanius.ru]

Рис. 4. Окно «шахматки» в программе «1С: Автоматизированное составление расписания. Университет»

Сравним рассмотренные программы по определенным критериям для полного их анализа (табл. 1, 2).

Таблица 1. Стоимость программ для составления расписания

Программа	Стоимость
Ректор-ВУЗ	Лицензия на один компьютер: для физических лиц – 8 000 руб., для юридических лиц – 9 000 руб. Аренда на один год на один компьютер (только для физических лиц) – 3 000 руб. Аренда на один месяц на один компьютер (только для физических лиц) – 1 500 руб.
Экспресс-расписание	Полная версия не имеет ограничений по функциональности программы и устанавливается на один рабочий компьютер – 21 000 руб. Сетевая версия предназначена для работы по локальной сети и позволяет нескольким пользователям (до 10) одновременно работать с одной базой данных – 41 000 руб. Сетевая версия для MS SQL Server не имеет ограничений по числу пользователей и функционалу программы – 360 000 руб. Обучение – 3 100 руб.
1С: Автоматизированное составление расписания. Университет	Стоимость лицензии: 70 000 руб. После истечения льготного периода для получения обновлений, консультаций и сервисов необходимо заключить договор регулярного сопровождения программ 1С: Предприятие.
Magellan	Цена рассчитывается индивидуально после связи с потенциальным клиентом специалистами компании.

Источник: составлено авторами по материалам исследования: [rector.spb.ru, pbprog.ru, magellanius.ru, solutions.1c.ru]

Таблица 2. Сравнение программ для автоматизированного составления расписания

Показатель	«Ректор-вуз»	«Экспресс-расписание»	«1С: Автоматизированное составление расписаний. Университет»	Magellan
Разработчик	Смыкалов П. Ю.	Программный центр «Помощь образованию»	Фирма «1С»	ООО «РУТ АйТи»
Клиент-серверная архитектура	Нет	Да	Да	Нет
Программная платформа	Windows	Windows	Windows	Windows
Работа через web-интерфейс	Нет	Нет	Да	Нет
Интеллектуальная поддержка процесса составления расписания (режимы)	Да	Да	Да	Да
Учет географических факторов корпусов, факторов переходов из аудиторий	Нет	Нет	Да	Нет
Планирование экзаменов, консультаций и т.д.	Да	Да	Да	Да
Варианты расписаний в различных разрезах (студентов, преподавателей, занятости аудиторий)	Да	Да	Да	Да
Разграничение прав доступа	Да	Да	Да	Да
Возможность импорта/экспорта данных	Да	Да	Да	Да
Удобный интерфейс	Нет	Да	Да	Нет
Отчетность	Да	Да	Да	Нет
Учет групповых, потоковых, подгрупповых занятий	Нет	Да	Да	Да
Учет нагрузки студентов и преподавателей	Да	Да	Да	Да
Справочные списки	Да	Да	Да	Да
Уведомления об изменениях в расписании	Нет	Нет	Да	Нет

Источник: составлено авторами по материалам исследования: [rector.spb.ru, pbprog.ru, magellanius.ru, solutions.1c.ru]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из анализа имеющихся программных средств для составления расписания в высших учебных заведениях, можно сказать, что все рассмотренные программы справляются со своей основной задачей. Они позволяют работать в автоматическом, ручном и смешанном режимах, формировать расписание преподавателей, студентов, занятости аудиторий, учитывать нагрузку объектов расписания, сохранять расписание в различных форматах. Однако не все программы способны выполнять более сложные функции уведомлений, учета различных форм занятий, учета конкретных особенностей расположения корпусов вуза, его аудиторий и т. д. Соответственно, стоимость такого программного обеспечения зависит от степени автоматизации процесса составления расписания. Из рассмотренных выше систем можно выделить «ИС: Автоматизированное составление расписаний. Университет», так как она включает более сложные аспекты процесса составления расписания, а также имеет возможность подстраиваться под конкретное учебное заведение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бабкина Т.С. (2008). Составление расписаний: решение на основе многоагентного подхода. // Бизнес-информатика. № 1. С. 23–28.
- Лебедев С.С. (1994). Модификация метода Бендерса частично целочисленного линейного программирования // Экономика и математические методы. Т. 30. Вып. 2. С. 107–126.
- Низамова Г.Ф. (2006). Математическое и программное обеспечение составления расписания учебных занятий на основе агрегативных генетических алгоритмов: автореф. дис. канд. техн. наук. Уфа, 2006. 17 с.
- Тимиргалеева Р.Р., Гришин И.Ю. (2017). Новый подход к решению задачи составления расписания // NovaINFO. 2017. № 63-2. С. 284–287. Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/12381> (дата обращения: 03.09.2018).
- Ху Т. (1974). Целочисленное программирование и потоки в сетях. Пер. с англ. М.: Мир, 1974. 520 с.

REFERENCES

- Babkina T.S. (2008), “Scheduling: multi-agent approach solution” [“Sostavleniye raspisaniy: resheniye na osnove mnogoagentnogo podkhoda”], *Business Informatics*, № 1, pp. 23–28.
- Hu T.Ch. (1969), *Integer programming and network flows*, Addison-Wesley Pub. Co.
- Lebedev S.S. (1994), “Benders method modification of partially integer linear programming” [“Modifikatsiya metoda Bendersa chastichno tselochislenno lineynogo programmirovaniya”], *Economics and math methods*, vol. 30, № 2, pp. 107–126.
- Nizamova G.F. (2006), *Scheduling issues: mathematical and software based on aggregate genetic algorithms* [Matematicheskoye i programmnoye obespecheniye sostavleniya raspisaniya uchebnykh zanyatiy na osnove agregativnykh geneticheskikh algoritmov], Ufa.
- Timirgaleeva R.R. & Grishin I.Yu. (2017), “A new approach to solving the scheduling problem” [“Novyy podkhod k resheniyu zadachi sostavleniya raspisaniya”], *NovaINFO*, №. 63-2, pp. 284–287, available at: <https://novainfo.ru/article/12381> (accessed 03.09.2018).