

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ

Нестеренков С.Н., Чудук А.В., Матвеев И.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь, s.nesterenkov@bsuir.by, chudakav@gmail.com, matveevilya1998@mail.ru

Abstract. Creation of a timetable for a higher education institution is a difficult task that requires a lot of time and effort. The article considers the ways to use mathematical models and math statistics methods for optimization of timetable creation process. More precisely, it will be about ways to speed up the process and make resulting timetable more convenient for students and professors/

Проблема составления расписания для высших учебных заведений очень сложна, так как необходимо учитывать множество факторов. Вот некоторые из них:

- количество преподавателей,
- их специализацию,
- их нагрузку,
- количество кафедр,
- количество преподавателей кафедры,
- количество аудиторий в здании,
- количество зданий с аудиториями,
- их расположение,
- особенности режима работы преподавателей,
- расположение специализированных аудиторий,
- расположение лекционных аудиторий.

Каждый из вышеописанных факторов имеет свой приоритет по важности, а значит свою степень влияния на конечный результат. [6]

Степень сложности построения расписания зависит от масштаба учреждения. При низком количестве преподавателей и студентов, а также небольшом количестве аудиторий решить задачу построения расписания может один человек, знающий все факторы для каждого из объектов, участвующих в процессе обучения. А с увеличением масштаба учреждения, количество значений факторов и их взаимосвязей уже не может быть обчислено одним человеком. Поэтому данная задача нуждается в оптимизации. Для этого можно использовать математические модели и методы математической статистики.

Проблему составления расписания можно разделить на две подзадачи:

1. задачу распределения нагрузки кафедры между профессорско-преподавательским составом
2. задачу распределения аудиторий по времени.

Задачу распределения нагрузки кафедры можно решить с помощью математической модели оптимального распределения часов нагрузки кафедры между преподавательским составом. [5]

Её смысл заключается в следующем: мы вводим ограничения и обозначения для получения возможности составления трёхмерной таблицы, где срезом таблицы по одной из координат является двухмерная матрица (таблица 1) с условными характеристиками конкретного преподавателя, где ячейки в строке содержат весовые коэффициенты, показывающие способности преподавателя выполнять различные

виды работ (преподавание конкретной дисциплины, консультация по дипломному проектированию и т.п.), а столбцы означают тип работы (лабораторное занятие, лекционное и т.п.).

Таблица 1 – Персональные весовые коэффициенты преподавателя

	Тип работ 1	...	Тип работ k
Вид работ 1	$\alpha_{11}$	...	$\alpha_{k1}$
...	...	...	...
Вид работ n	$\alpha_{1n}$	...	$\alpha_{kn}$

После этого создаётся матрица (таблица 2), содержащая общее количество часов кафедры, необходимых для распределения между конкретными преподавателями.

Таблица 2 – Общее количество часов кафедры

	Тип работ 1	...	Тип работ k
Вид работ 1	$t_{11}$	...	$t_{k1}$
...	...	...	...
Вид работ n	$t_{1n}$	...	$t_{kn}$

Далее задача сводится к решению комбинаторной задачи о ранце, которая имеет решение в случае, если объём работ может быть покрыт объёмом работы, который может быть выполнен всеми преподавательским составом.

После решения задачи распределения нагрузки кафедры мы получим количество рабочих часов в соответствии с видом и типом работы. Соответственно мы уже имеем данные для распределения преподавателей по аудиториям с учётом их нагрузки по видам и типам работ. [1]

Для определения оптимального времени работы со стороны студентов одним из лучших способов будет статистический опрос. Для примера, по результату выборочного опроса на основе репрезентативной выборки: студенты ФКСиС БГУИР первого и второго года обучения предпочитают проходить обучение в первой половине дня, в то время как студенты этого же факультета третьего и четвёртого года обучения предпочитают проходить обучение во второй половине дня. Соответственно мы можем разделить предметы на условно утренние и вечерние. Таким образом мы можем ввести условно ввести вечернюю и дневную смену для студентов соответствующих лет обучения. Поэтому мы можем разделить одну задачу распределения аудиторий на две, содержащие в два раза меньше факторов. Это оптимально, так как сложность данной задачи при линейном увеличении количественного значения факторов увеличивается экспоненциально. И разделив

одну задачу на две с меньшим количеством влияющих факторов можно добиться снижения сложности вплоть до 30%.

Далее, для снижения сложности данной задачи можно ввести коэффициенты влияния факторов на результат распределения помещений во времени. К примеру, одними из факторов с наивысшим коэффициентом будут являться нагрузка конкретного преподавателя, количество специализированных аудиторий конкретного типа, количество аудиторий конкретного здания. После этого факторы с наименьшим влиянием можно отсеять и не учитывать при распределении аудиторий по времени. [2]

Для решения этой задачи можно воспользоваться алгоритмом имитационного моделирования. В данном случае будем имитировать действия диспетчера при составлении расписания. Сам алгоритм заключается в итерационном составлении расписания.

Схема этого алгоритма следующая:

1. есть незаконченное расписание (изначально пустое).

2. Выбирается занятие, ещё не состоящее в расписании по методу анализа «узких мест». Узкие места здесь – наиболее дефицитные ресурсы: специализированные аудитории, преподаватели с узким промежутком рабочего времени, преподаватели с узким спектром аудиторий и т.д.

3. Определяется все существующие способы размещения выбранного занятия в расписании, которые удовлетворяют жёстким требованиям. Каждая позиция оценивается с помощью специальной эвристической целевой функции, и занятие помещается в максимально удобную позицию.

4. Если на предыдущем шаге возник конфликт, то конфликтующие занятия удаляются из расписания и возвращаются в список не распределённых.

Данные этапы выполняются циклически до момента завершения составления расписания. Здесь нужно уделить наибольшее внимание приоритету выбора узких мест и выбору целевой функции оценивания максимальной удобности расположения занятия в расписании. [4]

Главной положительной особенностью данного алгоритма является то, что в нём довольно просто учесть все ограничения, относящиеся к специфике преподавателя и аудитории. Однако данный алгоритм сильно зависит от изменений в количестве и качестве узких мест, а потому требует довольно высокой степени взаимодействия с диспетчером. [7]

Так же можно воспользоваться методом имитации отжига. Его суть заключается в переработке уже существующего расписания для дальнейшей оптимизации. Данный метод полезен для небольших расписаний (например, расписания экзаменов) и для оптимизации других расписаний (например, расписаний, созданных с применением вышеописанных методов и принципов). Данный метод выдаёт высокую степень оптимальности расписаний, но, при повышении сложности расписаний, может занимать существенное количество времени. [3]

Также широкое распространение в решении задачи о оптимальном составлении расписания имеют

генетические алгоритмы. Процесс генетического алгоритма заключается в следующем: изначально генерируются случайные расписания (особи), затем выбираются наиболее приспособленные (удобные) особи, после этого идёт процесс скрещивания двух случайно выбранных особей выбираются случайные гены и меняются местами. Учитывая тот факт, что при выборе номера аудитории и номера пары строго учитывался вид занятия, после скрещивания не требуются дополнительные проверки. За скрещиванием следует мутация. Здесь под этим подразумевается изменение значения гена на другое допустимое значение этого гена. В результате произведённых действий получится популяция потомков, которая заменит популяцию родителей. Алгоритм необходимо повторять до тех пор, пока некоторое количество особей (60-80%) не будут иметь одинаковые признаки. После этого нужно только выбрать наиболее приспособленное расписание из оставшихся. [8]

Как можно понять из вышеописанного, использование математического моделирования и методов математической статистики имеет широкое распространение в процессе составления расписания. С их помощью можно добиться повышения качества образования за счёт оптимизации времени пребывания в стенах учреждений образования студентов и профессорско-преподавательского состава.

#### Литература

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. Функциональная модель процедур планирования и управления образовательным процессом как основа построения информационной среды учреждения высшего образования / С.Н. Нестеренков, Н.В. Лапицкая // Вести Института современных знаний. - 2018. - № 1. - С. 97-105.
4. Абухания Амер Ю. А. Модели, алгоритмы и программные средства обработки информации и принятия решений при составлении расписаний занятий на основе эволюционных методов: автореф. дисс....канд. тех. наук. – Новочеркасск, 2016. – 19 с
5. Минаев, Ю.Л. Автоматизированное составление школьного учебного расписания / Ю.Л.Минаев: Тезисы конф. ИТО – 98/99.
6. Аббакумов, А.А., Байнев, В. В., Пырякина, К.А. Алгоритм составления расписания занятий для высших учебных заведений // Огарев-online. Раздел "Технические науки". – 2015. – №20.
7. Кабальнов, Ю.С. Композиционный генетический алгоритм составления расписания учебных занятий / Ю.С. Кабальнов, Л.И. Шехтман, Г.Ф. Низамова, Н.А. Земченкова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2016. – Т. 7, №2