

DOI: 10.24143/2072-9502-2017-3-117-127
УДК 519.2

А. С. Хасухаджиев

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ ТИПОВОГО ВУЗА

Рассматривается задача построения формализованной модели составления учебного расписания типового высшего учебного заведения. Первый этап формализации задачи (модели) – формирование набора требований, которые необходимо или желательно соблюдать при составлении расписания, и оценка важности каждого из этих требований. Все возможные требования разбиты на четыре группы, для каждой из групп сформирован набор основных требований, обусловленный нормативными ограничениями, внутривузовским опытом и необходимостью обеспечения высокого качества и эффективности образовательного процесса. Сформирован набор из двадцати четырех показателей, необходимых для выбора наиболее приемлемого варианта учебного расписания. На основе использования экспертных процедур выбраны интервалы оценки важности показателей каждой группы, проведена оценка этих показателей и после обработки получены результирующие оценки. Оценка проводилась на основе метода иерархий Саати. Для повышения степени согласованности оценок в диаграмму приоритетов был введен дополнительный уровень, описывающий связь каждого из показателей с критериями «знать», «уметь», «владеть навыками». Полученный набор показателей является основой построения формализованной модели составления учебного расписания вуза.

Ключевые слова: расписание занятий, вуз, требования к расписанию, экспертное оценивание, метод иерархий.

Введение

Среди множества различных задач, которые приходится решать в рамках учебного управления вузом, важное место отводится задаче формирования расписания занятий на каждый текущий семестр – расписания, которое максимально полно учитывает требования и потребности всех заинтересованных сторон: обучающихся (студентов), преподавателей, руководства вуза.

Данная задача, несмотря на ее важность и актуальность для многих вузов страны, до настоящего времени не нашла своего приемлемого решения. В ряде вузов расписание до сих пор формируется учебной частью вуза вручную. В большинстве вузов делаются попытки внедрять различные варианты информационных технологий для автоматизации процесса составления учебного расписания, но программных систем, которые смогли бы учесть весь набор требований к учебному расписанию, пока разработать не удалось. Использование компьютерной техники носит вспомогательный характер [1, 2]. Снижение уровня приема в вузы за последнее десятилетие практически во всех вузах страны, вызванное прежде всего демографическим спадом 90-х гг. XX в., по-видимому, скоро завершится. Это может привести к увеличению контингента студентов и порождаемому этим дефициту учебных аудиторий. Как следствие, ужесточатся требования к составлению учебного расписания в вузе. Кроме того, за последние годы существенно ужесточились требования к осуществлению образовательной деятельности со стороны государства, например требования к обучению лиц с ограниченными возможностями, что также порождает дополнительные сложности и проблемы при формировании учебного расписания. Все вышесказанное подтверждает актуальность решения задачи формирования учебного расписания с учетом всего состава существующих в настоящее время требований и ограничений к процессу обучения в высшей школе.

Проблемой разработки методов и алгоритмов для решения задачи составления учебного расписания занимаются уже достаточно давно. Первые работы появились еще в 70-е гг. XX в. [3, 4]. Нас будет интересовать формализованный подход к ее решению. Наиболее близкими являются исследования [5, 6]. В последние годы достаточно интенсивно развиваются приближенные и эвристические методы решения этой задачи [7]. Ниже предлагается вариант ее формализации, учитывающий современные требования к учебному процессу в вузе.

Формирование состава требований и ограничений в задаче составления расписания

Достаточно большой список возможных показателей, необходимых для автоматизации процесса формирования расписания, приведен в [4]. Однако этот список плохо систематизирован и, что еще более важно, – неполон с точки зрения современных требований (например, в нем отсутствуют требования, связанные с обучением лиц с ограниченными возможностями). В связи с этим ниже предлагается вариант классификации показателей, устраняющий указанные недостатки. Опираясь на результаты, полученные в [4], сформируем состав показателей, входящих в совокупность ограничений и требований, которые необходимо выполнять при формировании результирующего учебного расписания вуза.

Все множество требований и ограничений разобьем на следующие классы:

I. Ограничения и требования, которые *обязательны* к исполнению (результатирующее расписание обязательно должно удовлетворять этим требованиям). Эти требования связаны прежде всего с необходимостью соблюдать требования законодательства, нормативных документов вышестоящих организаций и регуляторов по различным направлениям (безопасность, санитарно-эпидемиологическая обстановка и т. п.), прежде всего министра образования и науки РФ, образовательных стандартов. Кроме того, в этот класс входят также обязательные требования руководства высшего учебного заведения, сформированные на основе многолетнего опыта деятельности вуза, – назовем эти требования технологическими.

II. Требования и ограничения, диктуемые их *важностью и опытом* функционирования вуза и необходимые для создания наиболее благоприятных условий при реализации всех образовательных процессов, научных исследований и воспитательной работы. Выполнение данных требований необязательно с точки зрения законодательных и нормативных документов, но крайне желательно для обеспечения эффективности работы вуза. Нарушение требований данной группы допустимо только в отдельных случаях, когда не удастся сформировать более приемлемый вариант расписания.

III. Требования и ограничения, *повышающие эффективность* осуществления образовательной деятельности. Выполнение требований данной группы создают более благоприятные условия для осуществления образовательной деятельности; их нарушение крайне нежелательно, но возможно.

IV. Требования и ограничения рекомендательного характера, которые *улучшают условия* ведения образовательной деятельности. Их невыполнение вполне допустимо, не влечет никаких неприятных последствий, если не удастся найти более приемлемый вариант. Желательно, по возможности, обеспечить их выполнение.

Укажем, что различия требований второго, третьего и четвертого класса, вообще говоря, достаточно условны, и в конкретном вузе их приоритетность может быть другой, чем та, которая приводится ниже.

Приведем более конкретный перечень показателей по каждой группе.

Показатели первого класса разобьем на группы показателей, относящихся к законодательным и нормативным ограничениям, требованиям руководства вуза.

I. А. *Законодательные и нормативные ограничения.*

I.1. Недельная нагрузка по каждому направлению и каждой специальности должна лежать во временном интервале, зафиксированном в соответствующем образовательном стандарте.

I.2. Необходимо выделить аудитории и учебное время для выполнения курсовых и дипломных работ и для самостоятельной работы студентов.

I.3. Занятия с лицами с ограниченными возможностями должны проводиться в аудиториях, приспособленных для проведения занятий с ними. При этом, поскольку требования к учебным аудиториям для данной категории обучающихся существенно зависят от характера заболевания у лица с ограниченными возможностями, выделим четыре группы лиц с ограниченными возможностями: лица, имеющие дефекты слуховой системы; лица, имеющие дефекты зрения; лица, имеющие дефекты опорно-двигательной системы; лица, имеющие дефекты нервно-психологического характера.

Б. *Ограничения, связанные с работой руководства вуза.*

I.4. Выполнение требований к учебному расписанию, в которое включены должностные лица, внешние совместители и другие категории сотрудников: члены ученого совета университета (ученых советов институтов, деканатов) должны быть свободны от занятий в промежутки

времени, когда проводятся заседания соответствующих советов. Членам руководства вуза должны выделяться для проведения занятий те интервалы времени, которые им удобны, а также те аудитории, которые они предпочитают.

В. Требования, выдвигаемые руководством вуза к расписанию.

I.5. В расписании каждой подгруппы студентов в течение дня не должно быть просветов («окон»).

I.6. В течение учебного дня число пар должно быть не более пяти; для первого курса – менее пяти пар.

I.7. Занятия первого курса должны начинаться как можно раньше – желательно с первой пары.

I.8. Необходимо учитывать временные затраты на передвижение студентов и преподавателей в места проведения выездных занятий (например, на базовых кафедрах).

I.9. Необходимо учитывать приоритетность выделения учебных аудиторий (специальных и профилированных лабораторий, компьютерных классов, кафедральных лабораторий) для ведения занятий по определенным дисциплинам.

II. Требования, диктуемые их важностью для образовательного процесса.

II.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут отличаться.

II.2. Занятия по каждой дисциплине в каждой подгруппе должны проводиться (быть в расписании) как на четной, так и на нечетной неделе.

II.3. Лекционные занятия по каждой теме должны проводиться раньше практических и лабораторных занятий.

II.4. В течение одного учебного дня в одной и той же подгруппе не должно быть двух или более практических занятий по физкультуре.

II.5. Каждый преподаватель в течение дня должен иметь не более пяти пар.

III. Ограничения, повышающие эффективность образовательной деятельности.

III.1. Необходимо минимизировать перемещения студентов из одних учебных помещений в другие, и прежде всего – из одних учебных корпусов в другие.

III.2. Необходимо обеспечить наличие дня самостоятельной работы в тех группах, где в данном семестре предусмотрены дипломные и (или) курсовые работы/проекты.

III.3. Занятия по некоторым дисциплинам (например, по математике) должны проводиться на первых парах дневных расписаний групп.

III.4. Если число пар больше двух в течение дня, то это не должны быть только лекционные занятия.

IV. Ограничения, улучшающие условия ведения образовательной деятельности (носят желательный характер).

IV.1. У преподавателей в течение рабочего дня не должно быть более четырех пар.

IV.2. Занятия у первокурсников должны начинаться с первой пары.

IV.3. В дневном расписании преподавателей суммарная длина всех незанятых пар между занятиями («окон») должна быть минимальной.

IV.4. Необходимо минимизировать перемещения преподавателей по расписанию между парами.

IV.5. Занятия по физкультуре должны быть на последних парах дневного расписания групп и подгрупп.

IV.6. Необходимо учесть индивидуальные пожелания отдельных преподавателей: по свободным дням, по времени начала и (или) окончания занятий по отдельным дням недели, по числу пар в течение дня и т. п.

Приведенные выше требования и ограничения имеют разную значимость для обеспечения высокого качества ведения образовательной деятельности, поэтому ниже оценим их важность, которая будет учитываться в процессе формирования учебного расписания.

Оценка степени важности сформированных требований

Отметим, прежде всего, что важность отдельных требований из вышеприведенного перечня, вообще говоря, может отличаться для разных вузов ввиду специфических особенностей их вузов. В связи с этим те оценки для требований, которые будут получены ниже, следует рас-

смаатривать как базовые, начальные варианты оценок, т. е. в конкретных условиях они должны быть проанализированы и при необходимости уточнены.

Оценка важности отдельных требований была выполнена на основе экспертной процедуры, для реализации которой была сформирована группа из семи экспертов, представлявших учебное управление (два сотрудника учебного управления, непосредственно связанные с составлением и корректировкой учебного расписания и имеющие достаточно большой опыт работы по формированию расписания), деканат и выпускающие кафедры (пять представителей) Грозненского государственного технического нефтяного университета.

Процедура проведения экспертизы была организована на основе метода иерархий Саати [8] и состояла из двух этапов. Ввиду относительно узкой направленности профессиональной деятельности экспертов применительно к теме экспертизы, а также для обеспечения высокой степени согласованности мнений экспертов *на первом этапе* было организовано совместное обсуждение экспертами темы экспертизы, высказаны мнения по отдельным аспектам и особенностям оценки отдельных показателей. Эксперты проставили границы для каждой из зон в рамках столбальной шкалы, т. е. важность показателей оценивалась в интервале от 0 до 100. После обработки результатов была сформирована зона возможных оценок для каждой из четырех групп показателей. *На втором этапе* была оценена важность каждого из показателей групп внутри зоны. Все эксперты выставляли оценки, не контактируя друг с другом. В качестве результирующих оценок были взяты средние арифметические значения по оценкам показателя, рассматриваемого экспертами (ниже приведено выражение для вычисления среднего значения m), и эти средние значения были округлены до ближайшего целого значения.

Оценки всех экспертов были усреднены и полученные средние значения были взяты в качестве результирующих оценок степени важности отдельных показателей. По результатам оценивания была определена степень согласованности мнений экспертов, которая по всем показателям оказалась приемлемой.

На первом этапе, после проведения экспертного оценивания и обработки результатов, формировались интервалы оценки показателей каждой группы. Предлагалось три варианта выбора интервалов: первый вариант – задавались только верхние границы интервалов для каждой группы, нижние могли быть даже нулевыми; второй вариант – допускалось использование пересекающихся интервалов для разных групп; третий вариант – предлагалось формирование непересекающихся интервалов с учетом приоритетности групп. Экспертами большинством голосов был выбран третий вариант – как наиболее соответствующий политике приоритетов показателей деятельности вуза. Затем были получены следующие интервалы оценивания для показателей каждой из групп: группа I (обязательные для выполнения нормативных показателей) – от 62 до 100 баллов; группа II (обязательные для выполнения внутривузовских требований) – от 38 до 61 балла; группа III (требования, способствующие повышению эффективности и качества образовательной деятельности) – от 16 до 37 баллов; группа IV (ограничения, улучшающие ведение образовательной деятельности) – от 0 до 15.

На втором этапе была проведена непосредственно оценка важности каждого из вышеприведенных показателей с учетом выделенных на первом этапе интервалов возможных оценок для каждой группы. Как отмечалось выше, для получения оценок по каждому показателю был использован метод иерархий.

В соответствии с методом иерархий вначале строится иерархия качества учебного плана. Как показал опыт использования метода иерархий, часто введение дополнительного уровня иерархий, который тесно связан с основными уровнями («Качество учебного процесса» и «Требования к расписанию»), позволяет увеличить степень согласованности оценок показателей и тем самым повысить улучшить результаты экспертизы. С учетом этого был добавлен промежуточный уровень – «Требования к результату обучения», включающий требования по освоению знаний, развитию навыков и умений (рис. 1).

Оценка проводилась для каждой группы отдельно. Ниже детально описана процедура применительно к требованиям второй группы. Диаграмма иерархий по качеству учебного процесса применительно ко второй группе требований приведена на рис. 2. Для остальных групп оценка проводилась аналогично.

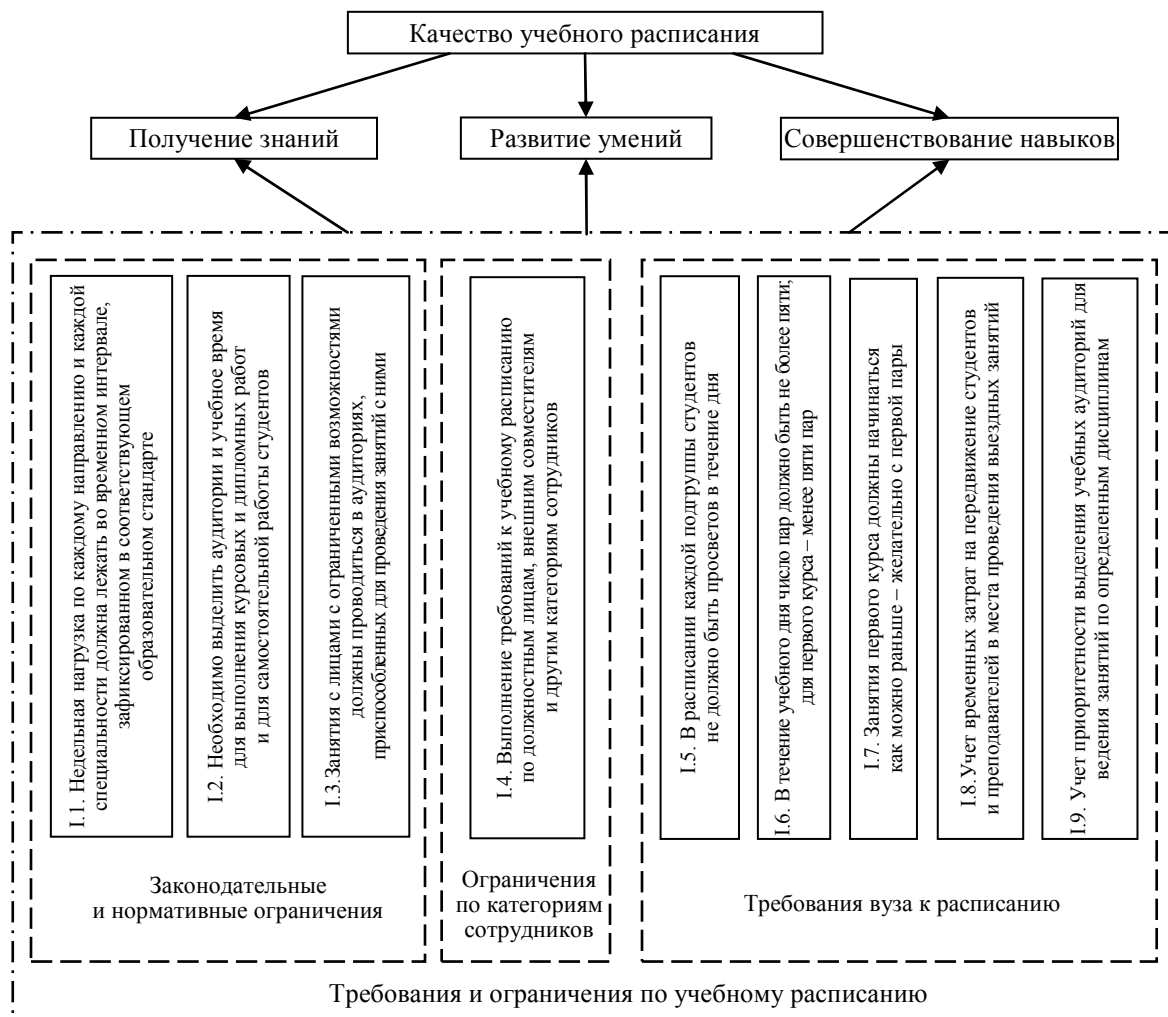


Рис. 1. Иерархия требований к качеству расписания учебного процесса вуза

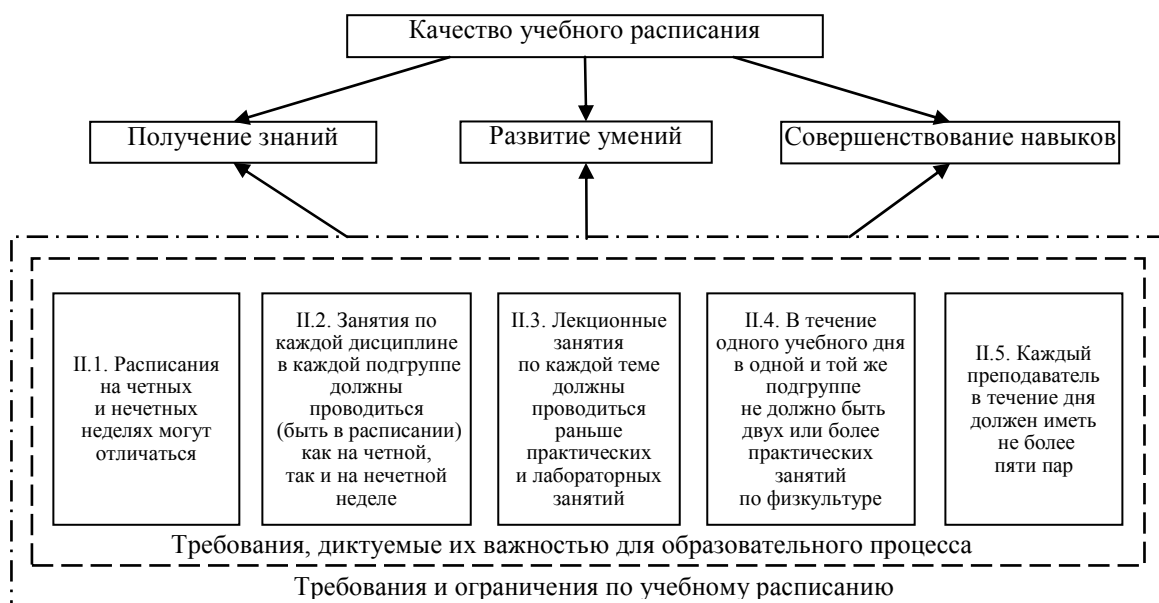


Рис. 2. Иерархия качества учебного процесса по второй группе требований

Далее необходимо было сформировать серию матриц, отображающих степень важности одного объекта по отношению к другому для всех пар объектов. Первая из указанных матриц требует сравнения по важности значений требований к качеству подготовки обучающихся, т. е. критериев «знать», «уметь» и «владеть навыками». Результаты сравнения после усреднения оценок всех экспертов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение требований к результату обучения

Критерий	Знать	Уметь	Владеть
Знать	1	1,4	1,6
Уметь	0,71	1	1,3
Владеть	0,63	0,77	1

Отметим, что, в отличие от многих классических примеров, оценки в таблице оказались нецелочисленными, поскольку значение в каждой клетке табл. 1 было получено на основе усреднения оценок, проставленных каждым из экспертов, а последние оценки оказались в целом различными у разных экспертов.

В соответствии с процедурой метода иерархий находим максимальное собственное значение λ_0 матрицы, задаваемой табл. 1. Вычисления в среде математического пакета MathCad дают следующее значение для λ_0 : $\lambda_0 = 3,002$. Это значение, близкое к минимально возможному его значению, равному 3 (число рассматриваемых объектов), говорит об очень высокой степени согласованности оценок в табл. 1. Соответствующий собственный вектор v_0 задает относительные веса важности каждого из трех критериев качества подготовки обучающихся: $v_0 = (0,723; 0,539; 0,433)$. Ниже нам понадобятся веса этих критериев, для чего каждую из оценок разделим на их сумму, равную 1,695. Получим следующие оценки для весов каждого из критериев: для критерия «знать» вес равен 0,427; для критерия «уметь» – 0,318; для критерия «владеть навыками» – 0,255.

Затем эксперты сравнили требования отдельно по всем трем критериям качества обучения («знать», «уметь», «владеть навыками»). Результаты оценивания приведены в табл. 2–4.

Таблица 2

Попарное сравнение требований к расписанию для критерия обучения «знать»

Знать	П.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут различаться	П.2. Занятия по каждой дисциплине – на каждой неделе	П.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	П.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	П.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар
П.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут различаться	1	½	1/3	1/2,5	1/3,5
П.2. Занятия по каждой дисциплине на каждой неделе	2	1	1/1,5	1/1,3	1/2
П.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	3	1,5	1	1/1,1	1,1
П.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	2,5	1,3	1,1	1	1,3
П.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар	3,5	2	1/1,1	1/1,3	1

Максимальное собственное значение $\lambda_{зн}$ матрицы, составленной из элементов табл. 2, равно $\lambda_{зн} = 5,049$, что близко к его минимально значению 5 (число строк и столбцов в табл. 2), и указывает на высокую согласованность оценок в табл. 2. Соответствующий вектор собственных значений $v_{зн} = (0,176; 0,342; 0,524; 0,534; 0,54) =$ вектор относительных весов отдельных требований в табл. 2 по критерию «знать».

Таблица 3

Попарное сравнение требований к расписанию для критерия обучения «уметь»

Уметь	П.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут различаться	П.2. Занятия по каждой дисциплине – на каждой неделе	П.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	П.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	П.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар
П.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут различаться	1	1/2,5	1/2	1/2	1/3
П.2. Занятия по каждой дисциплине на каждой неделе	2,5	1	1/1,8	1/1,5	1/1,5
П.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	2	1,8	1	1,1	2
П.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	2	1,5	1/1,1	1	1,7
П.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар	3	1,5	1/2	1/1,7	1

Максимальное собственное значение $\lambda_{ум}$ матрицы, составленной из элементов табл. 3, равно $\lambda_{ум} = 5,152$, что тоже близко к его минимально значению 5 (число строк и столбцов в табл. 3), хотя и в меньшей степени. Соответствующий вектор собственных значений $v_{ум} = (0,206; 0,359; 0,601; 0,535; 0,426)$ – вектор относительных весов отдельных требований в табл. 3 по критерию «уметь».

Таблица 4

Попарное сравнение требований к расписанию для критерия обучения «владеть навыками»

Владеть навыками	П.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут различаться	П.2. Занятия по каждой дисциплине – на каждой неделе	П.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	П.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	П.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар
П.1. Расписания на четных и нечетных неделях могут различаться	1	1/3	1/1,8	1/2	1/3
П.2. Занятия по каждой дисциплине – на каждой неделе	3	1	1/1,5	1/2,5	1/2
П.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	1,8	1,5	1	1,3	3
П.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	2	2,5	1/1,3	1	1,6
П.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар	3	2	1/3	1/1,6	1

Максимальное собственное значение $\lambda_{вн}$ матрицы, составленной из элементов табл. 4, равно $\lambda_{вн} = 5,53$, что тоже близко к его минимально значению 5, хотя и в меньшей степени, чем в табл. 2 и 3. Соответствующий вектор собственных значений $v_{вн} = (0,222; 0,331; 0,623; 0,532; 0,412)$ – вектор относительных весов отдельных требований в табл. 4 по критерию «владеть навыками».

Найдем значения коэффициентов отношений согласованности (ОС) k_{OC} , описывающих степень приемлемости результатов оценивания, для всех четырех таблиц оценок. Напомним, что в соответствии с [8, с. 25], $k_{OC} = k_{ИС} / k_{СИ}$, где индекс согласованности $k_{ИС} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, λ_{\max} – максимальное собственное значение матрицы оценок; n – число рассматриваемых объектов; $k_{СИ}$ – случайный индекс, значения которого при разном числе объектов приведены в [8, с. 25]. В случае табл. 2 число объектов $n = 3$, $\lambda_0 = 3,002$, $k_{СИ}^{(0)} = 0,58$, $k_{ИС}^{(0)} = (3,002 - 3) / (3 - 1) = 0,001$ и $k_{OC}^{(0)} = 0,001 / 0,58 = 0,0017 < 0,1$, где 0,1 считается пороговым значением для высокого уровня приемлемости значений коэффициента k_{OC} .

Для оценок, полученных в табл. 2–4, аналогично получаем следующие значения коэффициентов ОС:

– табл. 2: $n = 5$, $k_{СИ}^{(зн)} = 1,12$, $\lambda_{зн} = 5,049$, $k_{ИС}^{(зн)} = (5,049 - 5) / (5 - 1) = 0,01225$ и $k_{OC}^{(зн)} = 0,01225 / 1,12 = 0,011$ – высокий уровень приемлемости оценок;

– табл. 3: $n = 5$, $k_{СИ}^{(ym)} = 1,12$, $\lambda_{ym} = 5,152$, $k_{ИС}^{(ym)} = (5,152 - 5) / (5 - 1) = 0,038$ и $k_{OC}^{(ym)} = 0,038 / 1,12 = 0,034$ – высокий уровень приемлемости;

– табл. 4: $n = 5$, $k_{СИ}^{(вн)} = 1,12$, $\lambda_{вн} = 5,53$, $k_{ИС}^{(вн)} = (5,53 - 5) / (5 - 1) = 0,1325$ и $k_{OC}^{(вн)} = 0,1325 / 1,12 = 0,118$ – значение, близкое к пороговому, которое будем считать приемлемым для целей исследования.

Таким образом, по всем трем рассматриваемым критериям результаты оценивания оказались приемлемыми, и поэтому процедуры оценивания повторно не проводились.

Используя полученные выше собственные векторы, описывающие относительную важность всех оцениваемых объектов (критериев и требований), оценим важность каждого из требований с приведением оценок к промежутку значений для требований второй группы. Воспользуемся соотношением ($1 \leq i \leq 5$):

$$V(II.i) = 0,427 v_{зн}(II.i) + 0,318 v_{ym}(II.i) + 0,255 v_{вн}(II.i).$$

Для удобства вычислений запишем в виде таблицы полученные выше оценки требований для каждого критерия (табл. 5).

Таблица 5

Относительные оценки важности каждого из требований для каждого из критериев

Критерий	II.1. Расписания на четных и нечетных неделях	II.2. Занятия по каждой дисциплине на каждой неделе	II.3. Лекционные занятия – раньше практических и лабораторных занятий	II.4. В течение одного учебного дня – не более одного занятия по физкультуре	II.5. У каждого преподавателя в течение дня – не более пяти пар
Знать	0,176	0,342	0,524	0,534	0,54
Уметь	0,206	0,359	0,601	0,535	0,426
Владеть	0,222	0,331	0,623	0,532	0,412

На основе последнего соотношения получаем следующие оценки для каждого из требований: $V(II.1) = 0,197$; $V(II.2) = 0,344$; $V(II.3) = 0,574$; $V(II.4) = 0,534$; $V(II.5) = 0,471$. Полученные оценки переведем в интервал от 38 до 61, полученный выше для оценок второй группы, на основе следующего соотношения: $Z(II.i) = 38 + (61 - 38) V(II.i)$ и полученное значение округлим до ближайшего целого значения. Окончательно получаем:

$$Z(II.1) = 43; Z(II.2) = 46; Z(II.3) = 57; Z(II.4) = 50; Z(II.5) = 49.$$

Аналогично проводится оценка важности требований по остальным группам.

Результаты оценивания после их обработки на основе вышеописанной процедуры усреднения приведены в табл. 6.

Результаты оценивания важности требований к расписанию

№	Номер в группе	Показатель (требование)	Оценка
1	I.1	Ограничения по недельной нагрузке в соответствии с ФГОС	96
2	I.2	Наличие аудиторий и учебного времени для выполнения курсовых и дипломных работ и для самостоятельной работы студентов	69
3	I.3	Занятия с лицами с ограниченными возможностями	87
4	I.4	Выполнение требований к учебному расписанию по должностным лицам, внешним совместителям и другим категориям сотрудников	98
5	I.5	Отсутствие «окон» в расписании студентов	79
6	I.6	Число учебных пар в течение дня – не более пяти; для первого курса – не более четырех	83
7	I.7	Занятия первого курса должны начинаться как можно раньше	72
8	I.8	Минимизация временных затрат на передвижение студентов и преподавателей в места проведения выездных занятий	68
9	I.9	Учет приоритетности выделения учебных аудиторий по дисциплинам	88
10	II.1	Расписания на четных и нечетных неделях могут отличаться	43
11	II.2	Занятия по каждой дисциплине должны быть в расписании на каждой неделе	46
12	II.3	Лекционные занятия по каждой теме должны проводиться раньше практических и лабораторных занятий	57
13	II.4	В течение одного учебного дня в одной и той же группе не должно быть двух или более практических занятий по физкультуре	50
14	II.5	Каждый преподаватель в течение дня должен иметь не более пяти пар	49
15	III.1	Минимизировать перемещения студентов из одних учебных помещений в другие	37
16	III.2	Обеспечить наличие дня самостоятельной работы для выполнения дипломных и (или) курсовых работ/проектов	25
17	III.3	Занятия по некоторым дисциплинам проводить только на первых парах	21
18	III.4	Если число пар больше двух, то не должны проходить только лекционные занятия	34
19	IV.1	Не более четырех пар в дневном расписании преподавателей	13
20	IV.2	Занятия у первокурсников должны начинаться с первой пары	14
21	IV.3	Суммарная длина всех «окон» в расписании преподавателей должна быть минимальной	15
22	IV.4	Минимизировать перемещения преподавателей между парами по расписанию	12
23	IV.5	Занятия по физкультуре проводить на последних парах	8
24	IV.6	Учет индивидуальных пожеланий преподавателей	10

Приведенные оценки важности показателей следует рассматривать как начальный вариант их значений, который может быть изменен с учетом особенностей, приоритетов и политики конкретного вуза на основе описанной выше экспертной процедуры. Данный перечень показателей может быть дополнен новыми; ненужные показатели могут быть выброшены либо могут получить минимально возможные баллы (вплоть до нулевого) и не влиять на процесс формирования расписания.

Заключение

В ходе решения задачи по построению формализованной модели составления учебного расписания типового высшего учебного заведения получены следующие результаты:

- сформирован набор требований (двадцать четыре показателя), которые необходимо или желательно соблюдать при составлении расписания, что позволит выбрать наиболее приемлемый вариант учебного расписания;
- проведена оценка важности каждого из требований;
- все требования разбиты на четыре группы, для каждой из групп сформирован набор основных требований в соответствии с нормативными ограничениями, внутривузовским опытом и для обеспечения высокого качества и эффективности образовательного процесса;

– на основе использования экспертных процедур выбраны интервалы оценки важности показателе каждой группы, проведена оценка этих показателей на основе метода иерархий Саати.

Полученный набор показателей является основой для построения формализованной модели составления учебного расписания вуза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Теория расписаний и вычислительные машины* / под ред. Э. Г. Коффмана. М.: Наука, 1984. 335 с.
2. *Рубальская О. Н., Рубальский Г. Б.* Автоматизированные системы составления расписаний // Аналитические обзоры по основным направлениям развития высшего образования. Вып. 1. М.: НИИВО, 2001. 68 с.
3. *Конвей Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В.* Теория расписаний. М.: Наука, 1975. 360 с.
4. *Танаев С. В., Шкурба В. В.* Введение в теорию расписаний. М.: Наука, 1975. 257 с.
5. *Безгинов А. Н., Трегубов С. Ю.* Обзор существующих методов составления расписаний // Информационные технологии и программирование: межвуз. сб. ст. Вып. 2 (14). М.: МГИУ, 2005. 60 с.
6. *Попов Г. А.* Формализация задачи составления учебного расписания в вузе // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2006. № 1 (30). С. 120–140.
7. *Астахова И. Ф., Фирас А. М.* Составление расписания учебных занятий на основе генетического алгоритма // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. 2013. № 2. С. 93–99.
8. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

Статья поступила в редакцию 14.04.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Хасухаджиев Апти Сауг-Ахмадович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры высшей и прикладной математики; apti.has@gmail.com.



A. S. Khasukhadzhiev

DEVELOPING THE SYSTEM OF INDICATORS FOR SCHEDULING PROCESS AUTOMATION AT HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Abstract. The article considers the problem of constructing a formalized model for compiling academic schedule for a typical higher education institution. The first stage of formalization of this task is developing a set of requirements that are necessary or desirable to follow when scheduling, as well as an assessment of the importance of each of these requirements. All possible requirements are divided into four groups, for each group a set of basic requirements is formed in accordance with regulatory constraints, university experience and providing the high quality and effectiveness of the educational process. A set of twenty-four indicators has been formed, they all are necessary for choosing the most appropriate variant of the academic schedule. According to the use of expert procedures, intervals for assessing the importance of the indicator of each group were selected, direct evaluation of these indicators was made, and after processing the resulting estimates were obtained. The evaluation was carried out using of Saati hierarchy method. To increase the degree of consistency of the assessments, an additional level was introduced in the priority chart, describing the relationship of each indicator with the criteria "know", "be able", "own skills". The obtained set of indicators is the basis for constructing a formalized model for compiling the educational schedule of the university.

Key words: timetable, university, requirements for the timetable, expert evaluation, hierarchy method.

REFERENCES

1. *Teoriia raspisanii i vychislitel'nye mashiny* [Scheduling theory and computing machines]. Pod redaktsiei E. G. Koffmana. Moscow, Nauka Publ., 1984. 335 p.
2. Rubal'skaia O. N., Rubal'skii G. B. Avtomatizirovannye sistemy sostavleniia raspisanii. *Analiticheskie obzory po osnovnym napravleniiam razvitiia vysshego obrazovaniia*. Iss. 1. Moscow, NIIVO, 2001. 68 p.
3. Conway R. W., Maxwell W. L., Miller L. W. Theory of Scheduling. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1967. 304 p. (Russ. ed.: Konvei R. V., Maksvell V. L., Miller L. V. Teoriia raspisanii. M.: Nauka, 1975. 360 p.).
4. Tanaev S. V., Shkurba V. V. *Vvedenie v teoriuu raspisanii* [Introduction into theory of scheduling]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 257 p.
5. Bezginov A. N., Tregubov S. Iu. Obzor sushchestvuiushchikh metodov sostavleniia raspisanii [Modern scheduling methods review]. *Informatsionnye tekhnologii i programmirovaniie: mezhvuzovskii sbornik statei*. Iss. 2 (14). Moscow, MGIU, 2005. 60 p.
6. Popov G. A. Formalizatsiia zadachi sostavleniia uchebnogo raspisaniiia v vuze [Formalizing the scheduling problem at the university]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2006, no. 1 (30), pp. 120-140.
7. Astakhova I. F., Firas A. M. Sostavlenie raspisaniiia uchebnykh zaniatii na osnove geneticheskogo algoritma [Scheduling using a genetic algorithm]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 2, pp. 93-99.
8. Saaty Th. L. *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Wadsworth, Belmont, Calif., 1982. 291 p. (Russ. ed.: Saati T. Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii. M.: Radio i sviaz', 1993. 278 p.).

The article submitted to the editors 14.04.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Khasukhadzhiev Aпти Said-Akhmadovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of the Higher and Applied Mathematics; apti.has@gmail.com.

