

Формализация нормативных и общесистемных требований к учебному расписанию типового вуза

А. С-А. Хусахаджиев

Чеченский государственный университет, Грозный

Аннотация: в работе автора был сформирован перечень требований и соответствующих им показателей, которые необходимо учитывать в процессе формирования учебного расписания вуза, а также получены оценки значимости каждого из этих показателей. Встает задача формирования непосредственно процедуры формирования учебного расписания на основе полученного перечня показателей и оценок их важности. Предполагается рассмотреть возможность решения указанной задачи на основе использования формализованной ее модели. Для формирования модели необходимо вначале формализовать все требования из полученного их перечня. Ниже на примере некоторых из этих требований кратко описывается процедура их формализации.

Ключевые слова: высшее учебное заведение, учебное расписание, требования к расписанию, формализация, исходные данные.

Используемые переменные

Ниже описывается процедура формализации требований к учебному расписанию, а также приводятся результирующие соотношения. Опишем вначале переменные, используемые при формализации задачи. Данная работа использует некоторые идеи работы [1], частично [2]. Однако, как отмечено в работе [2], число всех переменных при формализации, приведенной в этой работе, для типового вуза может достигать 1,5 миллионов, что практически не позволяет решить задачу с использованием современных компьютеров. Поэтому в данной работе предлагается некоторое упрощение задачи, позволяющее существенно уменьшить число переменных. Перейдем к описанию переменных. Все группы предполагаем разбитыми на две подгруппы (ПГ), и подгруппы перенумерованы в рамках вуза – «g» есть переменная, указывающая на номер подгруппы. Если подгруппа одна, то во второй подгруппе предполагаем число студентов равным нулю. Объединений ПГ в группы описывается бинарной матрицей G , а объединение в потоки нескольких групп описывается матрицей π . Пусть R_g - число студентов в g-ой подгруппе. Все аудитории в вузе, описываемые своей

вместимостью V_a и типом T_a (лекционная со средства презентации – Л, компьютерный класс – С, аудитория для семинарских, практических и лекционных занятий без средств презентации – D, специальная лаборатория – S), пронумерованы индексом a ; A_B – число всех аудиторий в вузе.

Все пары в течение заданной недели пронумерованы, и индекс « p » указывает на номер пары. Предполагая, что максимальное число пар в день не превышает C_p , получаем ограничение: $1 \leq p \leq C_p$.

Все преподаватели вуза пронумерованы индексом « t ». Пусть T_B – число всех преподавателей в вузе.

Далее, пусть $x_{pgat} = 1$, если у g -ой ПГ проводится занятие преподавателем t в a -ой аудитории на p -ой паре, и $x_{pgat} = 0$ в противном случае.

В соответствии с [3], все требования нормативно-ограничительного и внутривузовского характера разбиты на 4 класса: 1) нормативные и общесистемные – практически носят обязательный характер; 2) важные для образовательного процесса – крайне желательны для реализации; 3) повышающие эффективность образовательной деятельности – носят рекомендательный характер (целесообразно выполнять); 4) улучшающие условия ведения образовательной деятельности – желательно выполнять по мере возможностей. В данной статье будет рассмотрена формализация требований, входящих в первый класс.

Формализация нормативных и общесистемных требований

Рассмотрим каждое из требований, входящих в первый класс нормативных и общесистемных требований, и формализуем эти требования.

I. А) Законодательные и нормативные ограничения.

II. Недельная нагрузка по каждому направлению и каждой специальности не должна превышать величину, зафиксированном в

соответствующем образовательном стандарте или другом нормативном документе:

$$\sum_{p=1}^{C_{\Pi}} \sum_{a=1}^{A_{\Pi}} \sum_{t=1}^{T_{\Pi}} x_{p gat} \leq N(g) \quad (1)$$

где $N(g)$ - максимально допустимая недельная нагрузка у g -ой ПГ в соответствии с образовательными стандартами и/или другими нормативными документами.

12. Необходимо выделить аудитории и учебное время для выполнения курсовых и дипломных работ и для самостоятельной работы студентов. Это означает, что необходимо для всех подгрупп $G(\text{кд})$, у которых запланированы курсовые и дипломные проекты, выделить группы аудиторий $A(\text{кд})$ и аудиторное время (пары) $P(\text{кд})$, когда там будут обучающиеся заниматься выполнением курсовых и дипломных работ, то есть выполнены условия:

$$x_{p gat} = 1 \text{ для всех } g \in G(\text{кд}), a \in A(\text{кд}), p \in P(\text{кд}) \text{ и любых } t. \quad (2)$$

Но при этом должны выполняться ограничения по вместимости аудиторий, выделенных для выполнения дипломных и курсовых работ, и у студентов, для которых выделены эти аудитории, не должно быть учебных занятий. Наличие или отсутствие занятий у g -ой группы на p -ой паре определяется значением выражения $\sum_{a \in A(\text{кд})} \sum_t x_{p gat}$: если это выражение равно 0, то занятий нет, если же оно не равно 0 (точнее равно 1), то есть занятия. Тогда последнее ограничение запишется в виде:

$$\sum_{g \in G(\text{кд})} (\sum_{a \in A(\text{кд})} \sum_t x_{p gat}) \leq V(a) \text{ для всех } a \in A(\text{кд}), p \in P(\text{кд}) \quad (3)$$

Кроме того, количество пар, выделенных конкретной ПГ для выполнения дипломных или курсовых работ, должно быть не меньше заданной величины $P_{\text{дк}}(g)$:

$$\sum_{a \in A(\text{кд})} \sum_{p \in P(\text{кд})} \sum_t x_{p gat} \geq P_{\text{дк}}(g) \quad (4)$$

13. Занятия с лицами с ограниченными возможностями должны проводиться в аудиториях, приспособленных для проведения занятий с ними. При этом, поскольку требования к учебным аудиториям по данной категории обучающихся существенно зависят от характера заболевания у лица с ограниченными возможностями, выделим четыре группы лиц с ограниченными возможностями: 1) лица, имеющие дефекты слуховой системы; 2) лица, имеющие дефекты зрения; 3) лица, имеющие дефекты опорно-двигательной системы; 4) лица, имеющие дефекты нервно-психологического характера. Формализуем ограничения по каждой из перечисленных категорий отдельно.

1) лица с дефектами слуховой системы (ЛДС): занятия должны проводиться в аудиториях, оснащенных специальной акустической аппаратурой и эффективными зрительными (видео-, фото- и другими наглядными) материалами, частично восполняющими данные, которые передаются с помощью акустической информации. Пусть D_A есть множество всех обучающихся с дефектами слуха; $g^A(v)$ есть номер подгруппы, в которой обучается v -ое лицо с ограничением слуха, $v \in D_A$; A_D – множество аудиторий, приспособленных для проведения занятий с ЛДС; $\rho^A(p)$ – указатель на необходимость проведения занятия на p -ой паре в специализированной аудитории для ЛДС (если таковые лица имеются), именно $\rho^A(p) = 1$ при наличии такой необходимости и $\rho^A(p) = 0$ в случае ее отсутствия. Тогда на каждой паре p , для которой $\rho^A(p) = 1$, каждое из ЛДС должно находиться ровно в одной из аудиторий, входящих в множество D_A . Формализованная модель:

$$\sum_{\alpha \in A_D} \sum_{t \in X_{p, g^A(v), \alpha t}} x_{p, g^A(v), \alpha t} = 1 \quad \text{для каждого } v \in D_A \text{ и каждой пары } p \text{ такой, что } \rho^A(p) = 1 \quad (5)$$

2) лица с дефектами зрительной системы (ЛДЗ). Вводятся обозначения, аналогичные случаю 1: D_V есть множество всех обучающихся с дефектами

зрения; $g^V(v)$ есть номер подгруппы, в которой обучается v -ое лицо с дефектами зрения, $v \in D_V$; V_D – множество аудиторий, приспособленных для проведения занятий с ЛДЗ; $\rho^V(p)$ – указатель на необходимость проведения занятия на p -ой паре в специализированной аудитории для ЛДЗ (если такие лица имеются), именно $\rho^V(p) = 1$ при наличии такой необходимости и $\rho^V(p) = 0$ в случае ее отсутствия. На основе введенных обозначений формализованное описание данного условия записывает следующим образом:

$$\sum_{\alpha \in V_D} \sum_t x_{p g^V(v) \alpha t} = 1$$
 для каждого $v \in D_V$ и каждой пары p такой, что $\rho^V(p) = 1$ (6)

3) лица с дефектами опорно-двигательной системы (ЛДД). Введем обозначения: D_M есть множество всех обучающихся с дефектами опорно-двигательной системы; $g^M(v)$ есть номер подгруппы, в которой обучается v -ое лицо с дефектами опорно-двигательной системы, $v \in D_M$; M_D – множество аудиторий, приспособленных для проведения занятий с ЛДД; $\rho^M(p)$ – указатель на необходимость проведения занятия на p -ой паре в специализированной аудитории для ЛДД (если такие лица имеются), именно $\rho^M(p) = 1$ при наличии такой необходимости и $\rho^M(p) = 0$ в случае ее отсутствия. Формализованная модель:

$$\sum_{\alpha \in M_D} \sum_t x_{p g^M(v) \alpha t} = 1$$
 для каждого $v \in D_M$ и каждой пары p такой, что $\rho^M(p) = 1$ (7)

4) лица с дефектами нервно-психологического характера (ЛДН). Введем обозначения: D_N есть множество всех обучающихся с дефектами нервно-психологического характера; $g^N(v)$ есть номер подгруппы, в которой обучается v -ое лицо с дефектами нервно-психологического характера, $v \in D_N$; N_D – множество аудиторий, приспособленных для проведения занятий с ЛДН; $\rho^N(p)$ – указатель на необходимость проведения занятия на p -ой паре в

специализированной аудитории для ЛДН (если таковые лица имеются), именно $\rho^N((p)) = 1$ при наличии такой необходимости и $\rho^N((p)) = 0$ в случае ее отсутствия. Формализованная модель:

$$\sum_{a \in N_D} \sum_t x_{p g^N(v) a t} = 1 \quad \text{для каждого } v \in D_N \text{ и каждой пары } p \text{ такой,}$$

что $\rho^N((p)) = 1$ (8)

Б) Ограничения, связанные с работой руководства вуза.

1.4. Выполнение требований к учебному расписанию по должностным лицам, внешним совместителям и другим категориям сотрудников: члены Ученого совета университета (Ученых советов институтов, деканатов) должны быть свободны от занятий в промежутки времени, когда проводятся заседания соответствующих советов. Для членов руководства вуза должны выделяться для проведения занятий те интервалы времени, которые им удобны, а также в тех аудиториях, которые они предпочтут.

Для формализации данного требования введем параметры: каждому из преподавателей (с порядковым номером t) для проведения конкретного занятия (на p -ой паре) в конкретной аудитории (с номером a) сопоставим определенный уровень приоритетности предоставления ему данной аудитории на данной паре для проведения занятия π_{pat} . Более того, может быть и обратное пожелание преподавателя (например, входящего в состав руководства вуза либо внешнего специалиста) - не проводить определенное занятие на конкретной паре в конкретной аудитории. Исходя из этого, будем считать, что при $\pi_{pat} > 0$ речь идет о приоритетности предоставления аудитории, а при $\pi_{pat} < 0$ данный коэффициент указывает на степень нежелательности проведения указанного занятия. Отметим, что коэффициент π_{pat} может не зависеть от некоторых параметров (особенно, при отрицательных его значениях) [4]; например, члены Ученого совета вуза не должны иметь занятий на время проведения заседаний Ученого совета вне

зависимости от возможных аудиторий, то в данном случае π_{pat} не зависит от a .

Тогда данное требование может быть формализовано в виде следующей оптимизационной задачи [5]: составить такой вариант расписания. При котором суммарная приоритетность по всем проводимым занятиям была бы максимально большой:

$$\hat{Z}_1 = \sum_t \sum_p \sum_a \sum_g \pi_{pat} x_{pgat} \rightarrow \max \quad (9)$$

где максимизация осуществляется по введенным выше переменным $\{x_{pgat}\}$.

Коэффициенты $\{\pi_{pat}\}$ обычно могут быть представлены в виде произведения трех несвязанных между собой величин: $\pi_{pat} = \pi_t \cdot \pi_a(\lambda(t), g) \cdot \pi_p(t)$, где $\pi_t > 0$ - уровень приоритетности преподавателя – определяется руководством исходя из статуса преподавателя в вузе, $\pi_a(\lambda(t), g)$ – степень приемлемости a -ой аудитории для ведения дисциплины $\lambda(t)$, которую преподает t -ый преподаватель в g -ой подгруппе, – определяется кафедрой с участием преподавателя, ответственного за данную дисциплину; $\pi_p(t)$ - степень приемлемости p -ой пары для t -го преподавателя – определяется перечнем плановых мероприятий, в которых обязан участвовать преподаватель (заседаний Ученого совета вуза, комиссий и т.п.). Коэффициенты π_t и $\pi_p(t)$ формируются еще до начала составления учебного расписания; коэффициенты $\pi_a(\lambda(t), g)$ формируются непосредственно кафедрой, ведущей данную дисциплину.

I.5. Учет приоритетности выделения учебных аудиторий (специальных и профилированных лабораторий, компьютерных классов, кафедральных лабораторий) для ведения занятий по определенным дисциплинам. Приоритетность выбора аудитории определяется, прежде всего, тем, что

конкретная аудитория может в большей или меньшей степени приспособлена для проведения данного занятия; в частности, наличие специального оборудования при проведении лабораторных и практических занятий, проекционного оборудования при проведении лекционных занятий. Выше при анализе требования I4 был введен показатель $\pi_a(\lambda(t), g)$ степени приемлемости a -ой аудитории для ведения дисциплины $\lambda(t)$, которую преподает t -ый преподаватель в g -ой подгруппе. Тогда с учетом данного показателя данное требование может быть формализовано как задача минимизации суммарной величины показателей [6], приоритетностей всех вошедших в расписание аудиторий. Однако, целесообразно учесть ситуацию, когда только одна из аудиторий пригодна для проведения конкретного занятия (например, специализированная лаборатория), более резким скачком коэффициента приоритетности [7]. Поэтому, с учетом данного обстоятельства предлагается следующая формулировка указанной оптимизационной задачи:

$$\sum_p \sum_g \sum_{a,t} (1 + \varepsilon - \pi_a(\lambda(t), g))^{-1} x_{pgat} \rightarrow \max \quad (10)$$

где $\pi_a(\lambda(t), g) \in [0; 1]$ есть введенный выше коэффициент степени приемлемости a -ой аудитории для ведения дисциплины $\lambda(t)$ (читаемой t -ым преподавателем), $\varepsilon > 0$ – малый параметр такой, что $1/\varepsilon$ есть максимально допустимая величина коэффициента приоритетности аудитории. Когда аудитория имеет абсолютный приоритет для некоторой дисциплины, то $\pi_a(\lambda(t), g) = 1$ и коэффициент приоритетности в сумме в левой части (20) равен $1/\varepsilon$. Когда аудитория неприемлема для ведения некоторого занятия, то $\pi_a(\lambda(t), g) = 0$ и соответствующий коэффициент в (20) равен $\frac{1}{1+\varepsilon} < 1$. Наконец, можно допустить вариант, когда коэффициент $\pi_a(\lambda(t), g)$ принимает отрицательные значения, отображая степень противоположности той или иной аудитории для ведения конкретного занятия [8].

Таким образом, все требования, входящие в классы нормативных, общесистемных и внутривузовских требований формализованы [9]. Продолжение исследований предполагает решение следующих четырех задач: 1) формализация остальных классов требований; 2) построение формализованной модели для нахождения оптимального варианта расписания, учитывающего все из перечисленных требований; 3) выбор метода (или методов) решения полученной задачи; 4) анализ способов и источников формирования исходных данных, требуемых для решения задачи [10].

Заключение

В работе проведена формализация основной группы из двенадцати требований к учебному расписанию, состав которых сформирован в предыдущей работе автора [3]. Построенные формализованные соотношения по каждому требованию зависят от общей совокупности переменных, которые могут принимать только значения: ноль или единица. Проведен анализ исходных данных, требуемых для реализации полученных соотношений. Дальнейшие исследования связаны с формализацией остальных требований, представленных в работе [3], и разработкой формализованной постановки задачи поиска наиболее приемлемого варианта учебного расписания.

Литература

1. Хасухаджиев А.С. Формирование системы показателей для автоматизации учебного расписания типового вуза. // Вестник астраханского государственного технического университета, 2017, №3, 117-127 с.
2. Попов Г.А. Формализация задачи составления учебного расписания в вузе. // Вестник астраханского государственного технического университета, 2016, № 1, 120-140 с.

3. Астахова И.Ф., Фирас А.М. Составление расписания учебных занятий на основе генетического алгоритма. // Вестник Воронежского государственного университета, 2013, № 2, 93-99 с.
4. Магомедов И.А, Сравнительный анализ современного программного обеспечения для нелинейного анализа. // Инженерный вестник Дона, 2019, №6. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_43__5y2019_Magomedov.pdf_9113166328.pdf
5. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. // Перевод с англ. под ред. Цыбакова Б.С. – М.: Мир. – 1979. – 600с.
6. Buzen J.P. Computational Algorithms for Closed Queueing Networks with Exponential Servers. Commun. ACM. 1983. Vol.16, №9. – pp. 527-531.
7. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Физматлит, 2007. 584 с.
8. Мальсагов М.Х. Учреждение высшего образования как активная система. // Инженерный вестник Дона. 2018. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5122.
9. Новиков Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. М.: Эгвес, 2009. 156 с.
10. Везилов Т.Г. Педагогические основы использования информационных и коммуникационных технологий в системе непрерывного образования. Махачкала: Монография. 2000. 228 с.

References

1. Xasuxadzhiev A.S. Vestnik astraxanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2017, №3, 117-127 p.
 2. Popov G.A. Vestnik astraxanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2016, № 1, 120-140 p.
-



3. Astaxova I.F., Firas A.M. Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, №2 93-99 pp.
4. Magomedov I.A., Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №6. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_43__5y2019_Magomedov.pdf_9113166328.pdf
5. Klejnrok L. Vy`chislitel`ny`e sistemy` s ocheredyami [Queuing computing systems]. 1979. 600 p.
6. Buzen J.P. Computational Algorithms for Closed Queueing Networks with Exponential Servers. Commun. ACM. 1983. Vol.16, №9. 527 p.
7. Novikov D.A. Teoriya upravleniya organizacionny`mi sistemami [Organizational systems management theory]. M.: Fizmatlit, 2007. 584 p.
8. Mal`sagov M.X. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5122.
9. Novikov D.A. Vvedenie v teoriyu upravleniya obrazovatel`ny`mi sistemami [Introduction to the theory of educational systems management]. M.: E`gves, 2009. 156 p.
10. Vezirov T.G. Pedagogicheskie osnovy` ispol`zovaniya informacionny`x i kommunikacionny`x texnologij v sisteme neprery`vnogo obrazovaniya [Pedagogical basis for the use of information and communication technologies in the system of continuing education]. Maxachkala: Monografiya. 2000. 228 p.