

Масляев Дмитрий Андреевич

старший преподаватель кафедры экономики и управления, Коми республиканская академия государственной службы и управления, город Сыктывкар. ORCID: 0009-0003-4577-2266, SPIN-код: 2701-1866, Author ID: 872742

Электронный адрес: dmaslyaev@gmail.com

Dmitry A. Maslyaev

Senior Lecturer at the Department of economics and management, Komi Republican Academy of State Service and Administration, Syktyvkar. ORCID: 0009-0003-4577-2266, SPIN-code: 2701-1866, Author ID: 872742
E-mail address: dmaslyaev@gmail.com

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ

Аннотация. Актуальность задачи автоматического составления учебного расписания в вузе определяется тем, что требования к качеству учебного процесса увеличиваются со стороны всех его участников, а современные программные средства зачастую не могут учесть всех особенностей учебного заведения либо могут строить расписания в автоматическом режиме, которые оптимальны только по какому-то одному из критериев. Целью исследования является формулировка концептуальной модели в словесной форме задачи составления учебного расписания в вузе и сравнение ее с некоторыми моделями других авторов. Обязательные (жесткие) ограничения, которые выделены в задаче, должны быть гарантированно выполнены. Нарушение желательных (мягких) ограничений будет влиять на значение целевой функции. Критерием качества расписания для рассматриваемой в статье задачи составления учебного расписания будет целевая функция, которая является суммой произведений коэффициентов штрафа за невыполнение каждого желательного требования и оценки, определяющей степень невыполнения этого желательного требования. Особенности рассматриваемой задачи является наличие обязательного ограничения на компактность размещения занятий (занятия необходимо разместить как можно ближе друг к другу по времени), обязательное ограничение того, что лекции должны идти перед практикой, большое число потоков и множество внешних совместителей. Проведено сравнение представленной модели с некоторыми наиболее важными для исследования моделями других авторов.

Ключевые слова: учебные расписания, вуз, комбинаторная оптимизация, концептуальная модель, целевая функция.

Для цитирования: Масляев Д.А. Концептуальная модель задачи составления учебного расписания в вузе // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ, управление. 2025. № 3. С. 45 – 55. DOI: 10.18137/RNU.V9187.25.03.P45

CONCEPTUAL MODEL OF COMPILING ACADEMIC SCHEDULE AT HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Abstract. The relevance of the problem of automatic compilation of the academic schedule at higher education institution is determined by the fact that the quality requirements of the educational process are increasing on the part of all its participants, and modern software often cannot take into account all the features of the educational institution or can compile schedules in the automatic mode that are optimal

only by one of the criteria. The purpose of the study is to formulate a conceptual model in verbal form of the problem of compiling an academic schedule at higher education institution and compare it with some models of other authors. Mandatory (hard) constraints that are highlighted in the problem must be guaranteed to be met. Violation of desirable (soft) constraints will affect the value of the objective function. The criterion of the schedule quality for the problem of compiling an academic schedule will be the objective function, which is the sum of the products of the penalty coefficients for failure to fulfill each desirable requirement and the assessment determining the degree of failure to fulfill this desirable requirement. The peculiarities of the problem under consideration are the presence of a mandatory restriction on the compactness of the placement of classes (classes must be placed as close to each other in time as possible), a mandatory restriction that lectures must come before practice, a large number of streams and many external part-timers. A comparison of the presented model with some of the most important models of other authors for the study is carried out.

Keywords: academic schedule automatic compiling, higher education institution, combinatorial optimization, conceptual model, goal function.

For citation: Maslyayev D.A. (2025) Conceptual model of compiling academic schedule at higher education institution. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, analysis, management*. No. 3. Pp. 45 – 55. DOI: 10.18137/RNUV9187.25.03.P45 (In Russian).

Введение

Задача автоматического составления учебного расписания в вузе является актуальной в свете повышения требований к качеству учебного процесса со стороны всех его участников – преподавателей, студентов, учебного заведения. История задачи и возможные методы ее решения представлены в работах [1–6]. Современные программные средства часто составляют оптимальное расписание только по одному из критериев (например, отсутствию «окон»), чего недостаточно на практике. В реальных условиях требуется учитывать массу условий и требований, которые предъявляются участниками учебного процесса. Расписание в вузах часто составляется вручную [7; 8].

Целью исследования является формулировка концептуальной модели в словесной форме задачи составления учебного расписания в вузе и сравнение ее с некоторыми моделями других авторов. При построении концептуальной модели учитывались особенности составления учебного расписания в вузе автором статьи, и в то же время она сформулирована в достаточно общем стиле.

Материалы и методы

В данном исследовании сформулирована концептуальная модель в словесной форме задачи составления учебного расписания в вузе.

Допустим, что требуется составить расписание учебных занятий для вуза на две недели (с «числителем» и «знаменателем»). Расписание должно удовлетворять обязательным ограничениям, которые перечислены ниже, а нарушение желательных ограничений будет влиять на значение целевой функции: чем больше нарушений, тем больше значение целевой функции. В рассматриваемом вузе наблюдается нехватка аудиторий, большое количество потоков и множество внешних совместителей. Преподаватели (чаще всего это внешние совместители) могут потребовать, чтобы их занятия разместили в расписании компактно. Это значит, что такие занятия нужно поставить как

можно ближе друг к другу по временным интервалам. Более подробно про постановку задачи см. [8–10].

Предполагается, что аудитории учебного заведения могут располагаться в нескольких корпусах, между которыми студентам и преподавателям необходимо переходить и тратить на это время (время на переходы известно). Также предполагается, что в день может быть не более определенного количества пар занятий (5 пар).

Определены обязательные (жесткие) ограничения (в скобках указаны обозначения ограничений):

- (HA1) в расписании должны быть все занятия, которые находятся в учебной программе каждой группы;
- (HA2) в одно и то же время в одной и той же аудитории не могут проходить два различных занятия;
- (HA3) преподаватель в один временной интервал может проводить только одно занятие;
- (HA4) у группы (подгруппы или потока) в один временной интервал в расписании может быть только одно занятие; у подгрупп одной группы могут быть занятия в одно время; занятия у группы и у потока с ее участием или у группы и ее подгруппы не должны пересекаться;
- (HA5) все студенты группы (подгруппы или потока) должны помещаться в отведенную для занятия аудиторию;
- (HA6) для проведения некоторых занятий требуются определенные аудитории (например, физическая культура проводится в спортивном зале); аудитория должна соответствовать типу занятия;
- (HA7) какое-либо время на подготовку аудитории к занятию не требуется;
- (HA8) временные интервалы, в которые заняты преподаватели (это ограничение обозначим HA81), аудитории (HA82) и группы (HA83) использовать для проведения занятий нельзя; такие временные интервалы указаны заранее;
- (HA9) преподаватель может пожелать установить свои занятия по определенной дисциплине компактно;
- (HA10) лекционные занятия по определенной дисциплине могут идти перед практическими занятиями (и/или лабораторными работами) по желанию преподавателя;
- (HA11) расписание должно учитывать необходимое время на переход между корпусами для групп/подгрупп/потоков и преподавателей.

Желательные (мягкие) ограничения, относящиеся к учебным группам:

- (SB1) количество «окон» в расписании групп должно быть минимальным;
- (SB2) нагрузка на группы по дням должна быть равномерной в течение всего цикла планирования;
- (SB3) минимизация числа переходов между корпусами для учебных групп.

Желательные (мягкие) ограничения, относящиеся к преподавателям:

- (SC1) количество «окон» в расписании преподавателей должно быть минимальным;
- (SC2) должно быть удовлетворено как можно большее число требований преподавателя к аудиториям (например, наличие ноутбука, проектора и др.);
- (SC3) минимизация числа переходов между корпусами для преподавателей;

- (SC4) нагрузка на преподавателей должна быть равномерной в течение всего цикла планирования.
- Желательные (мягкие) ограничения, относящиеся к учебному заведению:
- (SD1) количество незанятых мест в аудиториях, в которых проводятся занятия, должно быть минимальным.

Отметим, что часть ограничений из списка обязательных может быть сформулирована в виде желательных (что и наблюдается в работах других авторов). Ограничение HA8 может звучать так: максимизировать количество пар, на которых удовлетворены требования занятости для преподавателей (обозначим SA81), групп и аудиторий.

Часть ограничений из списка желательных может быть сформулирована как обязательные. Ограничение SB1 может звучать так: не должно быть «окон» в расписании групп (обозначим HB1). Ограничение SC1 в форме обязательного ограничения: не должно быть «окон» в расписании преподавателей (обозначим HC1). Ограничение SC2 в обязательной форме: должны быть удовлетворены все требования преподавателей к аудиториям (обозначим HC2).

Результаты

Проведем сравнение нашей модели с некоторыми наиболее важными для исследования моделями других авторов. Обозначим задачу из диссертации М.Г. Маслова [11] буквой *A*, задачу из диссертации Амера Ю. Абухании [12] – *B*, задачу Г.Ф. Низамовой [13] – *C*, задачу Фираса М. Асвада [14] – *D* (по данным задачам также см. [15]). В Таблице приведено наличие тех или иных ограничений и частных критериев (желательных ограничений) в рассмотренных моделях. Обратим внимание на то, что одно и то же ограничение в разных задачах может быть отнесено к разным видам ограничений – обязательным либо желательным. Однако при этом будут различаться модели и алгоритмы построения оптимального расписания и сами оптимальные расписания. Отметим также, что потоки и подгруппы присутствуют во всех рассматриваемых моделях, кроме модели *D*.

Таблица

Наличие обязательных и желательных ограничений в различных моделях

Ограничения	Модели			
	A	B	C	D
Наличие потоков	+	+	+	–
Наличие подгрупп	+	+	+	–
Обязательные ограничения нашей модели				
HA1	+	–	+	–
HA2	+	–	+	+
HA3	+	+	+	+
HA4	+	+	+	+
HA5	+	+	–	–
HA6	+	+	+	+
HA7	+	+	+	–
HA81	+	+	–	–

Концептуальная модель задачи составления
учебного расписания в вузе

Продолжение таблицы

Ограничения	Модели			
	A	B	C	D
HA82	+	–	–	–
HA83	+	+	–	–
HA9	–	–	–	–
HA10	–	–	–	–
HA11	–	+	+	–
Обязательные ограничения, которых нет в нашей модели				
HB1	–	–	+	–
HC1	+	–	–	–
Желательные ограничения нашей модели				
SB1	+	+	–	–
SB2	+	–	+	+
SB3	–	+	–	–
SC1	+	+	+	+
SC2	–	–	+	+
SC3	–	+	–	–
SC4	–	–	–	–
SD1	+	+	–	–
Желательные ограничения, которых нет в нашей модели				
SA81	+	–	+	+

Источник: таблица составлена автором.

Стоит отметить, что ни в одной из рассмотренных моделей обязательные требования HA9 и HA10 не применяются.

В диссертационной работе М.Г. Маслова [11] перечислены различные виды критериев:

1) критерии требований перечислительного типа. Пример: максимизация числа требований преподавателей на временные интервалы для их занятий;

2) критерии требований логического типа двух видов: минимизирующие некоторое число и максимизирующие число или степень желательности выполненных требований. Примеры (оба подвиды): критерий, позволяющий уменьшить количество окон в расписании учебных групп; число дней, в которые удовлетворяются требования преподавателя о наличии или отсутствии окон, должно быть максимальным.

Ограничения и частные критерии, которые совпадают с нашей моделью, можно посмотреть в Таблице (столбец A). Модель предполагает наличие потоков и подгрупп.

К ограничениям, которых нет в нашей модели, относятся следующие:

- должно выполняться указанное распределение по неделям;
- у преподавателей должны отсутствовать «окна» (HC1) ;
- число пар в день у каждой группы не может превышать определенного количества;
- количество пар для преподавателя в определенный день ограничено;

К частным критериям, которых нет в нашей модели, относятся:

- число дней, в которые у учебных групп все занятия проходят в одном корпусе (без перехода между корпусами), должно быть максимальным;
- число дней, в которые удовлетворяются требования преподавателей на отсутствие или наличие окон в расписании, должно быть максимальным.

В диссертации Ю.А. Амера Абухании [12] рассматривается задача составления расписания учебных занятий вуза (University Course Timetabling Problem – UCTP). Помимо математической, разработаны реляционная (информационная) и формально-языковая модели (алгоритмическая).

Ограничения в задаче разделены на статические и динамические. Статические можно учесть до оставления расписания, а динамические должны проверяться в процессе его составления.

Все статические жесткие ограничения, перечисленные в рассматриваемой модели, присутствуют также в представленной модели. Динамические ограничения также есть в нашей модели (HA3, HA4, HA11).

«Жесткие» ограничения: запрет на размещение в одном таймслоте двух учебных единиц; невозможность студентам переместиться из одной аудитории в другую между парами из-за нехватки времени.

Качество расписания оценивается по степени нарушения «мягких» ограничений. Для подсчета качества расписания применяется метод аддитивной свертки частных критериев с нормирующими коэффициентами.

В качестве частных критериев, которых нет в нашей модели, выступают:

- количество занятий лекционного типа, которые поставлены не в утренние часы;
- максимально допустимое количество пар в день для преподавателей и учебных групп и суммарное число превышений количества пар относительно этого максимального количества.

Обязательное ограничение HA7, видимо, подразумевается. Ограничения HA9 и HA10 в рассматриваемой модели отсутствуют. В модели [12] не учитывается такой важный критерий, как равномерность учебного расписания для групп (SB2). Также не учитываются требования преподавателей к аудиториям (SC2). Кроме того, в модели учитывается тот факт, что лекции лучше ставить в утреннее время и что можно превысить максимально допустимое количество пар в день. Обязательное требование HA8 присутствует только в вариантах HA81 и HA83 (возможная занятость учебной группы не рассматривается).

В диссертационном исследовании Г.Ф. Низамовой [13] рассматривается задача составления учебного расписания в образовательных системах массового обучения. Ограничения и частные критерии, которые совпадают с нашей моделью, можно посмотреть в Таблице (столбец C). Из таблицы видно, что достаточно много ограничений нашей модели – HA5, HA81-HA10, SB1, SB3, SC3-SD1 – отсутствует в рассматриваемой модели. Ограничение HA8 присутствует только в плане учета пожеланий преподавателей (H81), но не студентов (HA82) и занятости аудиторий (HA83). Ограничение HA7 явно не прописано, но оно подразумевается в модели.

К ограничениям, которых нет в нашей модели, относится:

- отсутствие «окон» в расписании групп (HB1); при этом для преподавателей отсутствие «окон» в модели – желательный критерий (SC1).

К частным критериям, которых нет в нашей модели, относится следующий:

- различные виды занятий должны проводиться в разные по времени (более ранние или более поздние) временные интервалы; например, лекции желательно проводить в начале учебного дня и др. по другим видам занятий.

В рассматриваемой модели присутствует только желательное ограничение равномерности в течение недели для расписания групп, а в нашей модели – и для групп, и для преподавателей. Стоит обратить внимание на то, что среди ограничений (обязательных требований) выступает «отсутствие окон» (НВ1), чего нет в нашей модели (в нашей модели есть только желательное требование на минимизацию числа окон для групп и преподавателей).

Математическая модель учитывает наличие потоков и подгрупп. Аудитории делятся на большие, средние, малые и лабораторные.

Математическую модель расписания учебных занятий можно представить в виде двух последовательностей: последовательности, состоящей из аудиторий, и последовательности, состоящей из блоков занятий. Такое представление необходимо в дальнейшем для разработки генетического метода решения.

Целевая функция выражает общие потери качества «расписания», является аддитивной и состоит из сумм по всем желательным критериям произведений коэффициентов штрафа и оценки степени невыполнения желательного ограничения.

Для решения задачи разработан *агрегативный генетический алгоритм*. В качестве особи выступает готовый вариант расписания занятий.

В диссертационном исследовании [14] рассматривается задача составления расписания занятий вуза с использованием генетического алгоритма. Отмечено, что задача планирования и распределения ресурсов является многокритериальной, поскольку интересы участников учебного процесса многообразны. Ограничения и желательные требования, которые совпадают с нашей моделью, можно посмотреть в Таблице (столбец D). В рассматриваемой модели отсутствуют некоторые важные ограничения и критерии, которые присутствуют в нашей модели, например, НА5, НА7-НА11, SB1, SC3, SC4, SD1. Присутствует ограничение на максимальное количество пар в день для группы. В модели, представленной в [14], также имеются специфические ограничения, которые характерны для вузов Ирана. Отметим также, что в этой модели отсутствуют потоки и подгруппы (студенты организованы только в группы).

Ограничения на учебное расписание в вузах Ирана, аналогов которым нет в нашей модели:

- периодом планирования является неделя, «числитель» и «знаменатель» в расписании отсутствуют;
- женщины и мужчины занимаются отдельно, у них разные занятия.

Существенным отличием рассматриваемой модели от нашей является то, что в ней нет деления на «числитель» и «знаменатель».

Значение целевой функции увеличивается, если нарушаются приведенные выше ограничения или желательные требования. При этом у каждого требования есть коэффициент значимости.

Ни в одной из рассмотренных работ не представлен весь набор ограничений нашей задачи, не представлено ограничение компактного размещения занятий (НА9) и ограничение на то, что лекции должны предшествовать практическим и лабораторным занятиям

(НА10). Однако в работах других авторов есть ограничения, которые полностью отсутствуют в нашей задаче, либо есть ограничения нашей задачи, но в другой форме (у нас в обязательной, у них – в желательной, и наоборот).

Обсуждение

В статье рассмотрены задачи из диссертации М.Г. Маслова [11], Амера Ю. Абухании [12], Г.Ф. Низамовой [13], М. Асвада Фираса [14]. Нами были проанализированы ограничения схожих задач других авторов и составлена Таблица их сравнения с ограничениями нашей модели.

В задаче М.Г. Маслова существует ограничение на отсутствие «окон» в расписании преподавателя (НС1); ограничение выполнения указанного распределения занятий по неделям; ограничение на количество пар в день для группы, которых нет в нашей задаче. Также присутствуют частные критерии, которых нет в нашей модели. Однако в нашей задаче достаточно много ограничений (НА9–НА11, SB3, SC2–SC4), которых нет в задаче М.Г. Маслова.

В задаче Ю.А. Амера Абухании содержатся статические ограничения (их можно учесть до составления расписания), которые также присутствуют в нашей задаче. Но в нашей модели есть ограничения (НА1, НА2, НА82, НА9, НА10), которых нет в модели автора. Не все желательные ограничения нашей задачи присутствуют в задаче Ю.А. Амера Абухании (см. Таблицу). Кроме того, в рассматриваемой задаче есть частные критерии, которых нет в нашей модели, такие как количество лекционных пар не в утреннее время; суммарное превышение количества пар в день относительно максимального.

Достаточно много ограничений нашей модели (НА5, НА81–НА10, SB1, SB3, SC3–SD1) отсутствуют в модели Г.Ф. Низамовой. В модели есть ограничение НВ1 (отсутствие «окон» в расписании групп), которое у нас сформулировано в желательной форме (SB1); а также ограничение на максимальное количество пар для группы в день. Кроме того, есть желательное ограничение на то, что некоторые виды занятий нужно проводить в определенное время (например, лекции в начале учебного дня).

В задаче М. Асвада Фираса отсутствует достаточно много ограничений (НА5, НА7–НА11, SB1, SC3, SC4, SD1), которые есть в нашей задаче. Есть и специфические ограничения, которые присущи учебным заведениям Ирана.

Ни в одной из представленных для сравнения задач не встречается ограничение на компактное размещение занятий (НА9), а также ограничение, при котором лекции по дисциплине должны проходить раньше, чем практические занятия (НА10).

Литература

1. Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворякин А.М. Методы автоматизации составления расписания занятий. Часть 1. Классические методы // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2009. № 12 (60). С. 116–120. EDN KYAKUF.
2. Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворякин А.М. Методы автоматизации составления расписания занятий Часть 2. Эвристические методы оптимизации // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2009. № 12 (60). С. 120–123. EDN KYAKUP.
3. Безгинов А.Н., Трегубов С.Ю. Обзор существующих методов составления расписаний // Информационные технологии и программирование : сборник статей. Вып. 2 (14). М. : РИЦ МГИУ, 2005. С. 5–17. ISBN 5-276-00708-X. EDN QJKYEL.

4. Завьялов А.Н., Новиков А.В. Автоматизация задачи составления учебного расписания // Системный анализ в науке и образовании. 2009. № 1. С. 1–20. EDN KNNWPB.
5. Клеванский Н.Н. Формирование расписания занятий высших учебных заведений // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 1 (9). С. 34–44. EDN TNDTSR.
6. Клеванский Н.Н. Основные концепции реализации задач формирования расписаний // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2 (5). С. 9–21. EDN SFOGRT.
7. Щербинина О.В., Кожевникова Н.Ю. Оперативное управление аудиторным фондом в задаче составления расписания учебных заведений в вузе // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2008. № 8 (48). С. 127–129. EDN KTYZGZ.
8. Масляев Д.А. Эвристический метод построения начального допустимого расписания // Математическое моделирование и информационные технологии : сборник материалов VI Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию профессора Е.И. Михайловского и 70-летию профессора В.А. Никитенкова, Сыктывкар, 10–12 ноября 2022 г. / Отв. ред. А.В. Ермоленко. Сыктывкар : Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, 2022. С. 97–98. EDN CFBMDN.
9. Масляев Д.А. Современное состояние задачи автоматизации составления оптимального учебного расписания в вузе // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2022. № 1 (42). С. 23–40. DOI: https://doi.org/10.34130/1992-2752_2022_1_23. EDN KGUMLX.
10. Масляев Д.А. Искусственный интеллект как инструмент решения задачи составления оптимального учебного расписания в вузе // Политические, экономические и социокультурные аспекты регионального управления на Европейском Севере : Материалы XV Всероссийской научной конференции (с международным участием), Сыктывкар, 20–22 апреля 2022 г. Сыктывкар : Коми Республиканская академия государственной службы и управления. С. 194–198. EDN TUTWRW.
11. Маслов М.Г. Разработка моделей и алгоритмов составления расписаний в системах административно-организационного управления : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18. М., 2004. 217 с. EDN NMRZQV.
12. Абухания Амер Ю.А. Модели, алгоритмы и программные средства обработки информации и принятия решений при составлении расписания занятий на основе эволюционных методов : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01. Новочеркасск, 2016. 231 с.
13. Низамова Г.Ф. Математическое и программное обеспечение составления расписания учебных занятий на основе агрегативных генетических алгоритмов : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.11. Уфа, 2006. 132 с. EDN NOAYNP.
14. Асвад Фирас М. Модели составления расписания занятий на основе генетического алгоритма на примере вуза Ирака : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.17. Воронеж, 2013. 134 с. EDN SUXHZL.
15. Аль-Габри В.М. Обзор литературных источников по теме «Автоматизация составления расписания занятий и экзаменов в высших учебных заведениях» // Вестник Донского государственного технического университета. 2017. Т. 17. № 1 (88). Рр. 132–143. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-1-132-143. EDN YINJSH.

References

1. Sidorin A.B., Likhacheva L.V., Dvoryankin A.M. (2009) Methods of automation of drawing up of the schedule of employment. Part 1. Classical methods. *Izvestiya Volgograd State Technical University*. No. 12 (60). Pp. 116–120. (In Russian).

2. Sidorin A.B., Likucheva L.V., Dvoryakin A.M. (2009) Methods of automation of drawing up of the schedule of employment. Part 2. Heuristic methods of optimization. *Izvestiya Volgograd State Technical University*. No. 12 (60). Pp. 120–123. (In Russian).
3. Bezginov A.N., Tregubov S.Yu. (2005) Review of existing methods of drawing up receipts. In: *Informatsionnye tekhnologii i programmirovaniye* [Information technologies and programming]. No. 2 (14). Moscow : Moscow State Industrial University Publ. Pp. 5–17. ISBN 5-276-00708-X. (In Russian)
4. Zavyalov A.N., Novikov A.V. (2009) Automation of the task of timetable making. *System Analysis in Science and Education*. No. 1. Pp. 1–20. (In Russian).
5. Klevansky N.N. (2015) High school and university timetabling. *Educational resources and technologies*. No. 1 (9). Pp. 34–44. (In Russian).
6. Klevansky N.N. (2014) Basic concepts for the implementation of schedule formation tasks. *Educational resources and technologies*. No. 2 (5). Pp. 9–21. (In Russian).
7. Shcherbinina O.V., Kozhevnikova N.Yu. (2008) Auditorium fund operating control in the task of university timetable. *Izvestiya Volgograd State Technical University*. No. 8 (48). Pp. 127–129. (In Russian).
8. Maslyaev D.A. (2022) Heuristic method of constructing an initial allowable schedule. In: Ermolenko A.V. (Ed) *Matematicheskoe modelirovaniye i informatsionnye tekhnologii* [Mathematical Modeling and Information Technologies] : Proceedings of the VI All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the 85th anniversary of Professor E.I. Mikhailovsky and the 70th anniversary of Professor V.L. Nikitenkov. Syktyvkar, November 10–12, 2022. Syktyvkar : Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin Publ. Pp. 97–98. (In Russian).
9. Maslyaev D.A. (2022) Current state of the higher school timetabling problem. *Bulletin of Syktyvkar University. Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics*. No. 1 (42). Pp. 23–40. DOI: https://doi.org/10.34130/1992-2752_2022_1_23 (In Russian).
10. Maslyaev D.A. (2022) Artificial intelligence as a tool for solving the problem of creating an optimal academic schedule at a university. In: *Politicheskie, ekonomicheskie i sotsiokul'turnye aspekty regional'nogo upravleniya na Evropeiskom Severe* [Political, economic and socio-cultural aspects of regional management in the European North] : Proceedings of the XV All-Russian Scientific Conference (with international participation), Syktyvkar, April 20–22, 2022. Syktyvkar : Komi Republican Academy of State Service and Administration Publ. (In Russian)
11. Maslov M.G. (2004) *Razrabotka modelei i algoritmov sostavleniya raspisaniy v sistemakh administrativno-organizatsionnogo upravleniya* [Development of models and algorithms for scheduling in systems of administrative and organizational management] : Ph.D. Diss. (Engineering) : 05.13.18. Moscow. 217 p. (In Russian).
12. Abukhaniya Amer Yu.A. (2016) *Modeli, algoritmy i programmnye sredstva obrabotki informatsii i prinyatiya reshenii pri sostavlenii raspisaniya zanyatii na osnove evolyutsionnykh metodov* [Models, algorithms and software tools for information processing and decision making in scheduling classes based on evolutionary methods] : Ph.D. Diss. (Engineering) : 05.13.01. Novocherkassk. 231 p. (In Russian).
13. Nizamova G.F. (2006) *Matematicheskoe i programmnnoye obespecheniye sostavleniya raspisaniya uchebnykh zanyatii na osnove agregativnykh geneticheskikh algoritmov* [Mathematical and software for scheduling training sessions based on aggregative genetic algorithms] : Ph.D. Diss. (Engineering) : 05.13.11. Ufa. 132 p. (In Russian).
14. Aswad Firas M. (2013) *Modeli sostavleniya raspisaniya zanyatii na osnove geneticheskogo algoritma na primere vuza Iraka* [Models for scheduling classes based on a genetic algorithm on the example of a university in Iraq] : Ph.D. Diss. Abstract (Engineering) : 05.13.17. Voronezh. 16 p. (In Russian).

15. Al-Gabri W.M. (2017) Literature review for the topic of automation of scheduling classes and exams in higher education institutions. *Vestnik of Don State Technical University*. Vol. 17. No. 1 (88). Pp. 132–143. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-1-132-143. (In Russian).

Поступила в редакцию: 27.07.2025

Received: 27.07.2025

Поступила после рецензирования: 28.08.2025

Revised: 28.08.2025

Принята к публикации: 11.09.2025

Accepted: 11.09.2025