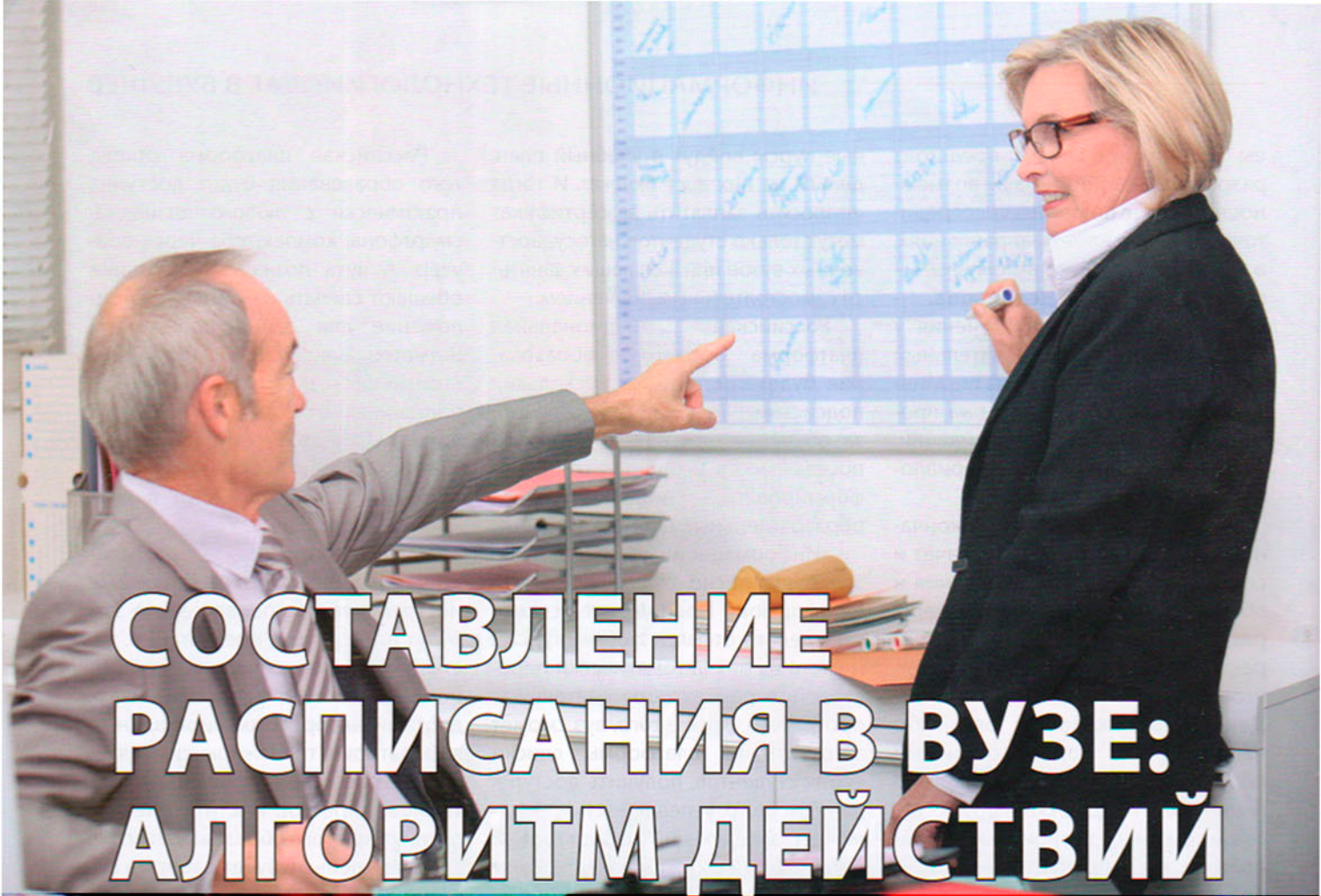




СОСТАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ: АЛГОРИТМ ДЕЙСТВИЙ

Надежда Бронникова,
специалист отдела автоматизации вузов компании «Первый БИТ»,
офиса «Москва Семёновская»

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при составлении расписания занятий, приводятся решения и описываются критерии составления расписания. Также приводится пример спроектированного алгоритма автоматического составления расписания занятий.

Составление расписания — одна из наиболее распространённых задач в планировании и оптимизации учебного процесса в учебных заведениях. От того, насколько хорошо составлено расписание, зависят эффективность работы преподавателей, усвоение учебного материала студентами, рациональное использование материальных ресурсов.

Автоматизация составления расписания — классическая задача в системах управления учебным заведением, но на данный момент нет единого, общепринятого способа её решения.

Все подходы к вопросу составления расписания основаны на эвристических методах, которые

приходят к человеку с опытом работы. Формализовать эти методы проблематично, так как они связаны с принятием решений оператором, составляющим расписание, который руководствуется опытом и интуицией. Зачастую сам сотрудник, составляющий расписание, не может ответить на вопрос, почему он выбрал определённый вариант размещения занятий, а не какой-нибудь другой среди допустимых. Но, несмотря на сложность формализации алгоритмов, можно выделить особенности таких эвристических подходов исходя из требований, предъявляемых к составлению расписания. Безусловно, для каждого учебного заведения эти требования различны, ведь они

исторически обусловлены особенностью организации самого учебного процесса. Однако даже при всех частностях можно выделить **общие требования, предъявляемые к расписанию:**

1. Минимальное количество занятий у обучающегося в день.
2. Максимальное количество часов учебной нагрузки в неделю на каждого обучающегося.
3. Максимальное количество занятий у обучающегося в день.
4. Минимизация окон у обучающихся.
5. Учёт временных расстояний между корпусами при смене корпуса обучающимся.
6. Учёт пожеланий преподавателей.

7. Цикл занятий по дисциплине не должен заканчиваться лекционным занятием, если есть семинарские (практические) занятия.

8. Цикл занятий по дисциплине не должен начинаться с семинарского (практического) занятия, если есть лекционные занятия.

9. К каждому лекционному занятию все группы потока должны подходить, получив одинаковое количество часов семинарских (практических) занятий.

10. Не проводить более двух лекций по одной и той же дисциплине в день и не более одного-двух семинарских занятий по одной и той же дисциплине в день.

11. Минимальное количество занятий у преподавателя в день.

12. Максимальное количество занятий у преподавателя в день.

13. Минимизация окон у профессорско-преподавательского состава (далее — ППС).

14. Минимизация переработок преподавателей согласно штатному расписанию.

15. Минимизация количества одновременно проводимых одинаковых дисциплин в учебном заведении в одно и то же время. Это напрямую влияет на количество выделяемого ППС для обеспечения учебной нагрузки.

16. Максимальное использование аудиторного фонда. Сюда можно отнести требования к максимально плотному размещению обучающихся по аудиториям согласно вместимости последних, а также минимизацию простоя помещений.

17. Учёт временных расстояний между корпусами при смене корпуса преподавателем.

Задача составления расписания напрямую зависит от начальных условий. Можно сгруппировать задачи составления расписания по таким условиям в определённые группы:

1. Составление расписания с априорно известной информацией о распределении групп между ППС.

2. Составление расписания без учёта ППС, используя лишь нагрузку кафедр.

3. Составление расписания без учёта нагрузки кафедр.

Рассмотрим более детально особенности каждой из вышеописанных групп задач.

В задачах с известной информацией о распределении групп между ППС возникает проблема учёта пожеланий преподавателя, контроля поездок при смене корпуса, накладок в расписании преподавателя (наличие нескольких занятий в одно и то же время). Сотруднику, составляющему расписание, необходимо при составлении вести сразу два опорных расписания: расписание групп и расписание ППС. Особенно сложной задачей становится, если преподаватели распределили нагрузку между собой с точностью до группы и оператор расписания не может изменить это распределение. Поэтому одним из подходов, позволяющих уменьшить жёсткие рамки ограничений, в которых оказывается оператор, является использование распределения преподавателей без групп: преподаватели указывают лишь факультет, курс и количество групп, которые они будут вести в течение семестра. Конкретную группу назначает оператор, составляющий расписание. Это позволяет получить ещё одну дополнительную степень свободы, которая позволит уменьшить количество типовых ситуаций.

В задачах, в которых используется лишь нагрузка кафедр, оператору уже не приходится учитывать пожелания ППС или пересечения их занятий, также оператору не требуется вести сразу два расписания: группы и преподавателя. Однако косвенно всё же оператор вынужден учитывать, что кафедра должна минимизировать требуемый ППС для обеспечения учебной нагрузки, поэтому становится очень важным выполнение требования № 15. Учёт этого требования приводит к появлению такой величины, как мощность кафедры, которая показывает, сколько занятий кафедра может вести по одной и той же дисциплине одновременно. После составления расписания кафедрам приходится расставлять преподавателей самим.

В задачах составления расписания без учёта кафедр степеней свободы гораздо больше, чем в других, поэтому весьма логичным подходом является движение от группы или потока. Однако в таком случае при составлении расписания нельзя учитывать требования, связанные с преподавателями (№ 6, 11–17).

Каждое требование, предъявляемое к составляемому расписанию, из вышеперечисленных (1–17) накладывает свои особенности на составление расписания. Например, при одновременном присутствии в задаче требований № 3, 4, 10, 11, 12 и 15 для оптимального размещения занятий для задач группы 1 в пределах преподавателя и потока приходится стараться размещать нагрузку, которая читается преподавателем для всех групп потока. Для оптимального размещения занятий для задач группы 2 из-за отсутствия сведений о преподавателе в пределах потока приходится стараться размещать сначала лекции, а потом, на следующих парах, семинарские занятия по дисциплинам, лекции которых были на предыдущих парах, что позволяет скомпоновать нагрузку по одной и той же дисциплине. Именно это позволяет косвенно учесть требования № 11, 12, 15, связанные с преподавателем.

Требование № 16 наиболее оптимально получается выполнить, если все занятия в учебном заведении проводятся в фиксированной сетке единого (общего) плана звонков. Если же в учебном заведении проводятся занятия, которые не принадлежат сетке плана звонков или сетке плана звонков, отличного от общего, то пересечение таких занятий с занятиями общего плана звонков приводит к простоям аудиторного фонда по 20–40 минут, и в течение всего семестра суммарное время простоя помещений накапливается.

Отдельной проблемой можно выделить размещение занятий по профильным дисциплинам (если группы потока не были укомплектованы по профилю), дисциплинам по выбору, иностранному языку, физкультуре и факультативным дис-

циплинам. Суть проблемы в том, что не всегда известно, из каких академических групп набрана та или иная группа для посещения вышеуказанных дисциплин, что может привести к накладкам для обучающихся, если в одно и то же время размещать занятия по дисциплинам обязательного изучения и вышеуказанным дисциплинам. Выходом из этой ситуации является либо выделение отдельных дней для таких дисциплин, либо размещение этих занятий первыми или последними парами.

Ещё одной проблемой в задаче составления расписания являются потоки. Потоки могут создаваться не только на лекции (пожалуй, самый простой случай), но и для других занятий, например семинарских. Использование потоков на семинарские занятия усложняет задачу, ведь размещать потоки всегда хлопотнее, чем занятия для одной группы. Также может присутствовать разбиение групп на подгруппы на лабораторные занятия, занятия, проводимые в спецпомещениях и т.д. При составлении расписания в таких случаях используют размещение занятий для одной подгруппы — на недели одной чётности, а для другой подгруппы — на другую чётность, при этом занятия размещаются в отдельно выделенный день или в начало/конец занятий в дне, чтобы у обучающихся другой подгруппы не образовались окна. К тому же рекомендуется размещать такие занятия в первую очередь.

Другой важной особенностью в задаче составления расписания является то, как учитываются требования оператор ввода расписания: вес (значимость) требований (1–17) может изменяться динамически в зависимости от локальных условий на каждом шаге составления расписания. Алгоритм изменения веса тоже эвристический.

Главная проблема, возникающая при автоматическом составлении расписания, — это оценка качества составления расписания. Здесь можно выделить следующие оценки:

1) количество часов размещённых занятий;

2) количество часов не полностью размещённых занятий;

3) количество часов полностью не размещённых занятий;

4) количество размещённых дисциплин и групп;

5) количество не полностью размещённых дисциплин и групп;

6) количество полностью не размещённых дисциплин и групп;

7) суммарная длительность окон обучающихся;

8) суммарная длительность окон преподавателей;

9) максимальная длительность окна обучающегося;

10) максимальная длительность окна преподавателя;

11) среднее количество занятий у преподавателя в день;

12) минимальное количество занятий у преподавателя в день;

13) максимальное количество занятий у преподавателя в день.

мизации, либо рассматривать многокритериальную задачу оптимизации с использованием принципа доминирования по Парето и последующим построением многокритериального компромисса. Для реализации такого алгоритма требуется использовать методы оптимизации.

Существует большое разнообразие и количество методов решения задач оптимизации. Наиболее распространённый класс алгоритмов для таких задач — это «жадные» алгоритмы. Их особенностью применительно к задаче составления расписания является принятие решения на каждой итерации исходя из текущих значений критериев, что приводит к преждевременным остановкам алгоритма и попаданию в локальные минимумы (тупиковые варианты размещения занятий). Можно комбинировать «жадные» алгоритмы локального поиска с алгоритмами глобального поиска, но

...наиболее правильным подходом является проектирование алгоритма автоматического составления расписания для потребностей и с учётом особенностей каждого конкретного учебного заведения с использованием эвристических подходов, наиболее приближенных к действиям оператора...

Если автоматическое составление расписания занятий используется для задачи группы 2, то оценки 11–13 целесообразно заменить на следующие:

- среднее количество занятий по дисциплине в день в учебном заведении;

- минимальное количество занятий по дисциплине в день в учебном заведении;

- максимальное количество занятий по дисциплине в день в учебном заведении.

При проектировании алгоритма автоматического составления расписания часть этих оценок можно рассматривать как критерии, требующие оптимизации, а часть можно рассматривать как ограничения. Также при составлении расписания для критериев можно использовать различного рода свёртки, чтобы прийти к однокритериальной задаче опти-

это значительно увеличивает количество вариантов, которые алгоритму придётся рассмотреть в процессе размещения занятий.

Поведение оператора при составлении расписания больше подходит на поведение «жадных» алгоритмов: оператор последовательно размещает занятия, не пытается построить или рассмотреть более одного варианта размещения занятий, ведь очень редко ему приходится удалять размещённые занятия и выбирать другой вариант размещения. Но оператор исходя из своего опыта и интуиции в процессе каждого принятия решения о выборе варианта размещения занятий переоценивает важность каждого из критериев/ограничений, что позволяет очень эффективно и качественно добиваться требуемого результата.

Именно по причине того, что формализовать все требования,

предъявляемые к составляемому расписанию, весьма сложно, а также сложно учесть уникальность бизнес-процессов каждого учебного заведения, использование «жадных» алгоритмов оптимизации без использования эвристических подходов приводит к результату, не удовлетворяющему каждое конкретное учебное заведение. То есть не получится разработать алгоритм, который бы учитывал все особенности всех учебных заведений.

Таким образом, наиболее правильным подходом в таких ситуациях является проектирование алгоритма автоматического составления расписания для потребностей и с учётом особенностей каждого конкретного учебного заведения с использованием эвристических подходов, наиболее приближенных к действиям оператора. Это приводит к выводу: алгоритм автоматического составления расписания в каждом учебном заведении всё-таки свой.

Чтобы учесть изменчивость принятия решений оператором при составлении расписания в зависимости от ситуаций, можно разбить процесс составления расписания на этапы, в каждом из которых принцип принятия решений не меняется. То есть этап — это группа условий, в которых оператор принимал бы решения по одному и тому же алгоритму.

Рассмотрим пример одного из эвристических алгоритмов, спроектированных для конкретного учебного заведения по многоэтапной схеме.

В рассматриваемом учебном заведении задача составления расписания по начальным условиям относится к группе 2: преподаватели не известны, однако требуется косвенным путём их учитывать через требование № 15.

Состав ограничений следующий: окон у обучающихся не должно быть, минимально одно занятие в день для обучающегося, максимально — четыре, не более двух лекционных занятий в день по дисциплине для обучающегося, не более одного нелекционного занятия по дисциплине в день для обучающегося. Критерии оценки качества составляемого расписания: 1–6.



Алгоритм составления фронтального расписания многоэтапный, где каждый этап оптимизируется «жадным» алгоритмом размещения на основе дерева решений с различным составом ограничений. Состав этапов следующий:

1. Ручное размещение занятий физкультуры, занятий в компьютерных классах, иностранного языка.

2. Размещение лекций непрерывными циклами на весь период расписания в пятидневку. Причём при размещении день недели становится лекционным. При этом учитываются требования № 2, 3, 4, 5, 10, 15, 16. Требование № 1 учитывать на этом этапе не имеет смысла, ведь комплектация занятий в днях ещё не завершена.

3. Размещение нелекционных занятий непрерывными циклами на весь период расписания только в нелекционные дни в пятидневку. Причём при размещении день недели становится лекционным. При этом учитываются требования № 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 16.

4. Принятие решения для каждой группы о выделении дополнительного, шестого дня. День выделяется, если есть хоть одно лекционное занятие, которое можно разместить непрерывным циклом на весь период расписания. Если таковой день выделяется, то для таких групп заполняется шестой день недели под лекционные занятия. При этом учитываются требования № 2, 3, 4, 5, 10, 15, 16.

5. Размещение остатков лекций в лекционные дни. При этом можно за-

действовать новые лекционные дни, но не более пяти дней под все занятия группы. При этом учитываются требования № 2, 3, 4, 5, 10, 15, 16.

6. Размещение остатков лекций в нелекционные дни. При этом можно задействовать новые нелекционные дни, но не более пяти дней под все занятия группы. При этом учитываются требования № 2, 3, 4, 5, 10, 15, 16.

7. Размещение остатков нелекций в нелекционные дни. При этом можно задействовать новые нелекционные дни, но не более пяти дней под все занятия группы. При этом учитываются требования № 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 16.

8. Размещение остатков нелекций в лекционные дни. При этом учитываются требования № 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 16.

9. Все оставшиеся неразмещённые занятия остаются на ручную обработку. При этом по усмотрению лица, принимающего решение, можно удалить все занятия, не удовлетворяющие требованию № 1 в результате работы предыдущих этапов.

Таким образом, для оптимального использования автоматического составления расписания необходимо проектировать эвристические алгоритмы, учитывающие специфику каждого учебного заведения в отдельности, а использование этапов придаёт эвристическому подходу большую гибкость в принятии решений. Только так можно достичь хорошего результата.