

УДК 519.81

DOI 10.25559/SITITO.2017.4.514

Подвесовский А.Г., Лагереv Д.Г., Егорова И.Г.

Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПО РУКОВОДИТЕЛЯМ
ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИ
ДВУСТОРОННЕГО МАТЧИНГА****Аннотация**

В статье предлагается подход к моделированию и программной поддержке распределения студентов по руководителям выпускных квалификационных работ в условиях крупной выпускающей кафедры. Подход использует модель двустороннего матчинга по схеме «многие к одному», основанную на решении задачи об устойчивых паросочетаниях с применением алгоритма Гейла-Шепли, и учитывающую предпочтения как студентов, так и руководителей. Приводится формализованное описание модели распределения, и описываются результаты ее проверки на практике. Обсуждаются преимущества и недостатки предлагаемого подхода, рассматривается проблема манипулирования предпочтениями со стороны руководителей ВКР, и обсуждаются меры противодействия ему. Описывается архитектура автоматизированной системы распределения и особенности ее реализации в виде Web-сервиса в составе комплексной информационной системы выпускающей кафедры.

Ключевые слова

Выпускная квалификационная работа; двусторонний матчинг; устойчивое паросочетание; алгоритм отложенного принятия предложения; манипулирование предпочтениями.

Podvesovskii A.G, Lagerev D.G., Egorova I.G.

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

**AUTOMATION OF DISTRIBUTION OF STUDENTS BETWEEN GRADUATE SUPERVISORS
WITH APPLICATION OF TWO-SIDED MATCHING MODEL****Abstract**

The article deals with an approach for modeling and software support of distribution of students between graduate supervisors at large graduate department. The approach is based on the stable matching problem and the Gale-Shapley deferred acceptance algorithm, and takes into account both students and supervisors' preferences. The formalized description of distribution model is given, and the results of its practical verification are described. The advantages and disadvantages of the proposed approach are discussed, and the problem of preferences manipulation of graduate supervisors are examined. The architecture of the distribution support software system is presented, and some features of its implementation as a Web-service within the complex information system of the graduate department are described.

Keywords

Graduate work; two-sided matching; stable matching, deferred acceptance algorithm; preferences manipulation.

Введение

Подготовка и защита выпускной квалификационной работы (ВКР) является важным завершающим этапом освоения образовательной программы студентами любого уровня образования. Распределение

студентов старших курсов по руководителям ВКР происходит на выпускающих кафедрах не реже одного раза в год, а в ряде случаев, при наличии на кафедре нескольких форм и уровней образования – несколько раз в год. При этом в процессе распределения необходимо учитывать множество факторов, в той или иной степени

определяющих соответствие студента и преподавателя и, как следствие, возможность и эффективность совместной работы. Так, каждый студент характеризуется определенным уровнем успеваемости, ответственности, и активности. К моменту распределения у большинства студентов уже, как правило, имеются определенные предпочтения относительно тематики ВКР, а у некоторых – желание работать под руководством конкретного преподавателя. Преподаватель, в свою очередь, имеет определенный круг профессиональных интересов, способен эффективно руководить ограниченным числом студентов (при этом для каждого преподавателя такое ограничение является индивидуальным) и зачастую демонстрирует различную эффективность руководства студентами разного уровня успеваемости и ответственности.

В подобной ситуации обеспечить эффективное распределение, которое бы учитывало многообразие перечисленных выше критериев и удовлетворяло как студентов, так и преподавателей, представляет собой весьма непростую задачу. Особенно ярко это проявляется в условиях крупной выпускающей кафедры, реализующей несколько образовательных программ характеризующейся большим количеством студентов и многочисленным преподавательским составом. Так, на кафедре «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета (БГТУ) к руководству дипломным проектированием привлекаются более 20 преподавателей, среди которых ежегодно распределяются два потока студентов. Общее количество распределяемых студентов обычно превышает 70 человек (более 50 студентов-бакалавров и более 20 магистрантов), а в отдельные годы доходит до 100 человек. Как показывает практика, распределение в «ручном» режиме не позволяет в полной мере учесть все критерии соответствия и пожелания обеих сторон и, как следствие, порождает волну неудовлетворенности как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей, что приводит в дальнейшем к многочисленным переходам студентов от руководителя к руководителю, и в конечном итоге негативно отражается на организации процесса выполнения ВКР в целом.

Таким образом, было принято решение создать систему программной поддержки распределения студентов по руководителям ВКР, для которой разработать модель оптимизации распределения. Были выработаны следующие базовые требования к данной модели:

1) распределение должно выполняться на основе информации о предпочтениях студентов и преподавателей, полученной непосредственно от них самих;

2) ключевым показателем эффективности распределения является его устойчивость, под которой понимается отсутствие у студента желания и возможности перехода от назначенного ему руководителя к другому (при этом без наложения административных запретов на подобные переходы).

Указанным требованиям удовлетворяет модель двустороннего матчинга, основанная на решении задачи о формировании набора паросочетаний между элементами двух непересекающихся множеств, где для каждого элемента первого множества существует свое распределение предпочтений между элементами второго множества, и наоборот. Также могут быть заданы дополнительные ограничения. С содержательной точки зрения двусторонний матчинг описывает оптимальное поведение агентов в ситуации одновременного и взаимно парного выбора и входит в круг вопросов, изучаемых теорией кооперативных игр [1].

Применительно к рассматриваемой задаче, имеются множества студентов и преподавателей, и для формирования паросочетаний используется схема «многие к одному»: каждый студент работает под руководством одного преподавателя, но каждый преподаватель может руководить несколькими студентами. В основе соответствующей модели матчинга лежит оптимизационная задача, названная в работе [2] задачей о приеме в колледжи.

Представление задачи распределения в виде модели двустороннего матчинга

Пусть $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ – множество студентов, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ – множество преподавателей, осуществляющих руководство ВКР (предполагается, что $k < n$). Для каждого преподавателя t_i задано значение q_i ($i = 1, \dots, k$), определяющее максимальное число студентов, которыми он может руководить. Будем называть q_i *объемом квоты* руководителя.

Каждому студенту s_j соответствует подмножество $T_j \subseteq T$ преподавателей, под руководством которых он хотел бы выполнять ВКР. Руководителей из множества T_j , назовем *допустимыми* для студента s_j . Будем обозначать $t_i \succ_{s_j} t_l$, если заинтересованность s_j в работе под руководством преподавателя t_i выше, чем под руководством t_l ($t_i, t_l \in T_j$). Таким образом, каждый студент s_j имеет предпочтения на множестве допустимых руководителей T_j , и эти

предпочтения будем считать транзитивными и линейными. Также для простоты будем считать предпочтения строгими, т.е. если два или более руководителя для студента равноценны, то они все равно определенным образом упорядочиваются между собой (например, случайно). Тем самым, предпочтения студента s_j можно представить в виде упорядоченного по убыванию предпочтительности списка $P(s_j)$ элементов множества T_j .

В свою очередь, каждому преподавателю t_i ставится в соответствие подмножество студентов $S_i \subseteq S$, для которых данный преподаватель является допустимым руководителем (т.е. включивших его в списки своих предпочтений. По аналогии, назовем студентов из множества S_i *допустимыми* для преподавателя t_i . Будем обозначать $s_j \succ_{t_i} s_r$, если заинтересованность t_i в работе с s_j выше, чем в работе с s_r ($s_j, s_r \in S_i$). Таким образом, на множестве S_i задаются предпочтения преподавателя t_i , которые также будем считать транзитивными, линейными и строгими, т.е. их можно представить в виде упорядоченного списка $P(t_i)$.

Распределением в рассматриваемой задаче будем называть бинарное отношение $M \subseteq T \times S$, удовлетворяющее следующим условиям:

- 1) $M(s_j) \subseteq T_j$ ($j = 1, \dots, n$), при этом $|M(s_j)| \leq 1$;
- 2) $M(t_i) \subseteq S_i$ ($i = 1, \dots, k$), при этом $|M(t_i)| \leq q_i$.

Первое условие означает, что каждому студенту может быть назначен не более, чем один руководитель из множества допустимых для него (случай $|M(s_j)| = 0$, т.е. $M(s_j) = \emptyset$, соответствует ситуации, когда при заданных предпочтениях назначить студенту руководителя не удастся). Аналогично, второе условие означает, что каждый преподаватель получает для руководства только допустимых для него студентов, число которых не превышает q_i .

Очевидно, распределение является неустойчивым, если хотя бы для одного студента s_j существует возможность перейти к более предпочтительному для него руководителю t_i . Возможность перехода означает, что t_i заинтересован в работе с s_j и имеет незаполненную квоту, либо s_j занимает более высокую позицию в списке предпочтений $P(t_i)$, чем один или несколько студентов, руководимых t_i , т.е. принадлежащих множеству $M(t_i)$. В этом случае будем говорить, что пара (t_i, s_j) *блокирует* распределение M .

Формально, назовем пару $(t_i, s_j) \in T \times S$ *блокирующей* распределение M , если $(t_i, s_j) \notin M$, и выполняются следующие условия:

- 1) $t_i \in T_j$, при этом если $M(s_j) = \{t_i\}$, то $t_i \succ_{s_j} t_i$;
- 2) $s_j \in S_i$, при этом $|M(t_i)| < q_i$, либо $\exists s_r \in M(t_i) s_j \succ_{t_i} s_r$.

Будем говорить, что распределение *устойчиво*, если отсутствуют блокирующие его пары. Руководителя t_i будем называть *достижимым* для студента s_j , если существует устойчивое распределение M , для которого $(t_i, s_j) \in M$. С учетом того, что для одной и той же системы предпочтений в общем случае может существовать несколько устойчивых распределений [2], будем называть устойчивое распределение *оптимальным*, если каждый студент получает наилучшего из достижимых для него руководителей.

Описание процедуры распределения

Процедура распределения основана на алгоритме Гейла-Шепли, называемом также алгоритмом «отложенного принятия предложения» [2]. Рассмотрим ее основные этапы.

1. Каждый студент s_j свой упорядоченный список предпочтений $P(s_j)$, содержащий преподавателей, под руководством которых он хотел бы работать.

2. Каждому преподавателю t_i предъявляется множество студентов, указавших его на первом месте в своих списках предпочтений. Из этого множества, при наличии таковых, исключаются студенты, руководить которыми данный преподаватель не может ни при каких обстоятельствах, а оставшиеся студенты образуют буферное множество W_i , которое, следуя [2], будем называть *списком ожидания* преподавателя t_i .

3. Если число студентов в данном списке превышает объем квоты q_i , то преподаватель упорядочивает его по убыванию предпочтительности, и в списке остаются первые q_i студентов, а остальные получают отказ.

4. Студенты, получившие на предыдущем шаге отказ от преподавателей своего первого выбора, попадают в списки ожидания преподавателей второго выбора, т.е. стоящих на втором месте в соответствующих списках $P(s_j)$. Дополненные таким образом списки ожидания W_i , если их объем превышает q_i , вновь упорядочиваются по убыванию предпочтительности и усекаются до объема q_i .

5. Аналогичные шаги повторяются до тех пор, пока каждый студент не закрепится в списке ожидания у одного из преподавателей, либо не будет отклонен всеми преподавателями. Полученное в результате распределение будет иметь вид:

$$M(t_i) = W_i \quad (i = 1, \dots, k);$$

$M(s_j) = \{t_i\}$, если $s_j \in W_i$ для некоторого i , иначе $M(s_j) = \emptyset$.

Можно показать [2], что полученное распределение является устойчивым и оптимальным (в указанном ранее смысле).

Приведем простой пример, демонстрирующий работу описанной процедуры. Пусть имеются 3 преподавателя: A, B, C и 7 студентов: a, b, c, d, e, f, g . Пусть для преподавателей A, B объем квоты равен 3, а для преподавателя C – 2. Далее, пусть списки предпочтений студентов выглядят следующим образом:

$$a: A > B > C;$$

$$b: C > A;$$

$$c: B > C > A;$$

$$d: C > A;$$

$$e: A > C > B;$$

$$f: C > A;$$

$$g: A > B > C.$$

Итерация 1. Первоначальные списки ожидания преподавателей выглядят следующим образом:

$$A: \{a, e, g\}; \quad B: \{c\}; \quad C: \{b, d, f\}.$$

Поскольку квота преподавателя C равна 2, а его список ожидания содержит трех студентов, он должен отказать одному из них – пусть это будет студент f .

Итерация 2. Студент f попадает в список ожидания к преподавателю своего второго выбора – A , результате чего списки ожидания будут иметь вид:

$$A: \{a, e, g, f\}; \quad B: \{c\}; \quad C: \{b, d\}.$$

Получившаяся длина списка ожидания преподавателя A (равная 4), превысила объем его квоты (равный 3), поэтому он должен отказать одному из студентов. Пусть он отказывает студенту e и выходит досрочно из процесса распределения, поскольку оставшиеся студенты a, g и f его устраивают.

Итерация 3. Студент e переходит в список ожидания к преподавателю C :

$$A: \{a, g, f\}; \quad B: \{c\}; \quad C: \{b, d, e\}.$$

Пусть преподаватель C отказывает студенту d . Для студента d преподавателем второго выбора является A , для которого процедура распределения уже завершена. Поскольку студент d не указал в своем списке предпочтений других преподавателей, он остается нераспределенным (что не противоречит требованиям к модели распределения).

Таким образом, итоговое распределение имеет вид:

$$A: \{a, g, f\}; \quad B: \{c\}; \quad C: \{b, e\}.$$

Далее студент d может быть административным путем распределен

к преподавателю B , поскольку это единственный преподаватель, у которого осталась незаполненной квота.

Экспериментальная проверка и обсуждение разработанного подхода

Рассмотренная процедура прошла апробацию на кафедре «Информатика и программное обеспечение» БГТУ в 2016-2017 учебном году при распределении по руководителям ВКР студентов-бакалавров. Требовалось распределить 44 студента между 18 преподавателями, у большинства из которых объем квоты был равен трем.

В соответствии с описанной выше процедурой, на первом этапе каждый студент формировал список своих предпочтений. У большинства студентов такой список включал трех либо четырех преподавателей, хотя были отклонения как в меньшую, так и в большую сторону. Так, четверо студентов указали только одного преподавателя, что, по-видимому, объяснялось наличием предварительной взаимной договоренности. Трое студентов указали в своих списках более шести преподавателей, что можно интерпретировать как низкую оценку студентами своей привлекательности для потенциальных руководителей.

Сама процедура распределения потребовала четыре итерации (из девяти теоретически возможных). Примерно у половины преподавателей квота была заполнена уже после двух итераций. 24 студента, что составляет примерно 55% от общего числа, попали под руководство преподавателей своего первого выбора. В предыдущие годы число таких студентов не превышало 30%. И только двое студентов, что составляет менее 5%, получили отказ от всех преподавателей, указанных ими в списках предпочтений, и были впоследствии распределены административным путем. До использования рассматриваемой процедуры распределения к преподавателям, указанным в списках предпочтений, попадали не более 60% студентов.

Таким образом, апробацию предложенного подхода следует признать удачной. Общая удовлетворенность полученным распределением как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей, стала значительно выше, при сравнительно небольшом увеличении трудозатрат на выполнение распределения.

Укажем основные преимущества подхода. Во-первых, как уже отмечалось, модель распределения явным образом учитывает пожелания обеих сторон. Во-вторых, данный

подход стимулирует преподавателей вести активную работу по привлечению студентов в свою «команду», начиная с младших курсов, что в конечном итоге положительно сказывается на уровне научно-исследовательской работы студентов в целом. Наконец, еще одним важным преимуществом является «прозрачность» механизма распределения: как студент, так и преподаватель видит уровень своей «популярности» у противоположной стороны, что, помимо прочего, исключает какие-либо претензии к лицу, ответственному за выполнение распределения.

Вместе с тем, подход не лишен недостатков. Как уже отмечалось, после завершения процедуры распределения некоторые студенты могут остаться нераспределенными. Такая ситуация может иметь место, например, в случае, если основная масса студентов будет стремиться попасть к наиболее «популярным», востребованным руководителям, указывая в своих списках предпочтений только их. Кроме того, как следует из общей теории матчинга, для распределительной модели характерна так называемая проблема манипулирования предпочтениями [3, 4]. Рассмотрим ее более подробно, применительно к нашей задаче распределения студентов по руководителям ВКР.

Проблема манипулирования предпочтениями со стороны преподавателей

В общем случае под манипулированием понимается намеренное искажение агентом своих предпочтений для получения лучшего результата в ходе процедуры распределения. Невозможность построения неманипулируемого механизма для задачи о приеме в колледжи (лежащей в основе нашей распределительной модели) теоретически доказана в работе [3]. Применительно к нашей задаче это означает, что в ряде случаев отдельным преподавателям выгодно исказить свои истинные предпочтения для того, чтобы получить более выгодное для себя распределение.

Более конкретно, возможными целями манипулирования могут являться:

- а) получение желаемого студента;
- б) вытеснения нежелательного студента.

Приведем пример манипулирования с целью получения желаемого студента.

Пусть имеются преподаватели (для каждого в скобках указаны объемы квот): $A(2)$, $B(1)$, $C(1)$ и студенты: a, b, c, d .

Пусть списки предпочтений студентов имеют следующий вид:

- $$a: B > A > C;$$
- $$b: B > A > C;$$

$$c: A > B > C;$$

$$d: A > C > B.$$

Истинные предпочтения преподавателей A и B для данного множества студентов имеют вид:

$$A: a > b > c > d;$$

$$B: c > a > b > d.$$

Предпочтения преподавателя C в данном случае не имеют значения. Результатом работы алгоритма будет следующее распределение:

$$A: \{c, a\}; \quad B: \{b\}; \quad C: \{d\}.$$

Преподавателю A достался студент c , но он хотел бы вместо него получить студента b . Для этого в процессе распределения он может исказить свои предпочтения следующим образом:

$$A: a > b > d > c \text{ (вместо } A: a > b > c > d).$$

Рассмотрим работу алгоритма по шагам (подчеркнуты студенты, получившие на соответствующей итерации отказ от преподавателя).

$$1: \quad A: \{c, d\} \quad B: \{\underline{a}, b\} \quad C: \{ \};$$

$$2: \quad A: \{\underline{c}, d, a\} \quad (!)B: \{b\} \quad C: \{ \};$$

$$3: \quad A: \{d, a\} \quad B: \{\underline{b}, c\} (!) \quad C: \{ \};$$

$$4: \quad A: \{\underline{d}, a, b\} \quad B: \{c\} \quad C: \{ \};$$

$$\text{итог: } A: \{a, b\} (!) \quad B: \{c\} (!) \quad C: \{d\}.$$

Таким образом, на второй итерации преподаватель A получил возможность отказать студенту c , благодаря чему обеспечил себе получение желаемого студента b . Помимо этого, возможность улучшить ситуацию появилась и у преподавателя B (итерация 3), в результате чего он получил наиболее предпочтительного для себя студента c .

Теперь рассмотрим пример манипулирования с целью вытеснения нежелательного студента.

Пусть имеются преподаватели A, B, C и студенты a, b, c, d, e, f . Пусть объемы квоты у всех преподавателей равны 2. Наконец, пусть предпочтения студентов имеют следующий вид:

$$a: A > B > C;$$

$$b: B > C > A;$$

$$c: B > C > A;$$

$$d: A > C > B;$$

$$e: B > A > C;$$

$$f: B > A > C.$$

Предпочтения (истинные) преподавателей имеют вид:

$$A: a > e > c > b > f > d;$$

$$B: a > c > b > f > d > e;$$

$$C: b > d > c > a > f > e.$$

Преподаватель A не хочет работать со студентом d и готов на все, лишь бы не получить его, в том числе готов «пожертвовать» наиболее предпочтительным для себя студентом a .

Первоначальные списки ожидания преподавателей будут иметь вид:

$A: \{a, d\}; B: \{c, b, e, f\}; C: \{ \}$.

Далее, в соответствии с алгоритмом отложенного принятия предложения, преподаватель *B* откажет студентам *e* и *f*, и этих студентов получит преподаватель *C*. В итоге будет получено следующее распределение:

$A: \{a, d\}; B: \{c, b\}; C: \{e, f\}$.

Преподавателя *A* такое распределение не устраивает, и он обещает преподавателю *B* студента *a*, если тот в свою очередь откажет студентам *b* и *c* вместо того, чтобы отказать студентам *e* и *f* (в соответствии со своими истинными предпочтениями). Таким образом, после завершения первой итерации, списки ожидания преподавателей получают вид:

$A: \{a, d, c, b\}; B: \{e, f\}; C: \{ \}$.

Соответственно, в список ожидания преподавателя *A* попадают студенты *c* и *b*, и *A* сможет отказать студенту *d*. Но ему также придется расстаться со студентом *a*, обещанным преподавателю *B*. Распределение, полученное в результате манипулирования, будет иметь следующий вид:

$A: \{c, b\}; B: \{a, f\}; C: \{e, d\}$.

Укажем некоторые особенности процесса манипулирования.

В работе [4] показано, что возможность манипулирования предпочтениями имеют только те агенты z с объемом квоты $q(z)$, которые получают более $q(z)$ предложений при применении алгоритма отложенного принятия предложения с истинными предпочтениями. В нашем случае это означает, что возможность искажать предпочтения имеется только у тех преподавателей, у которых хотя бы на одной итерации длина списка ожидания превышает объем квоты. Иными словами, манипулировать могут только те преподаватели, которые пользуются популярностью и востребованностью у студентов. При этом, как было показано в примерах выше, возможно совместное манипулирование со стороны двух или более преподавателей на основе предварительных договоренностей, если, например, их целью является взаимный обмен на более предпочтительного для каждого из них студента.

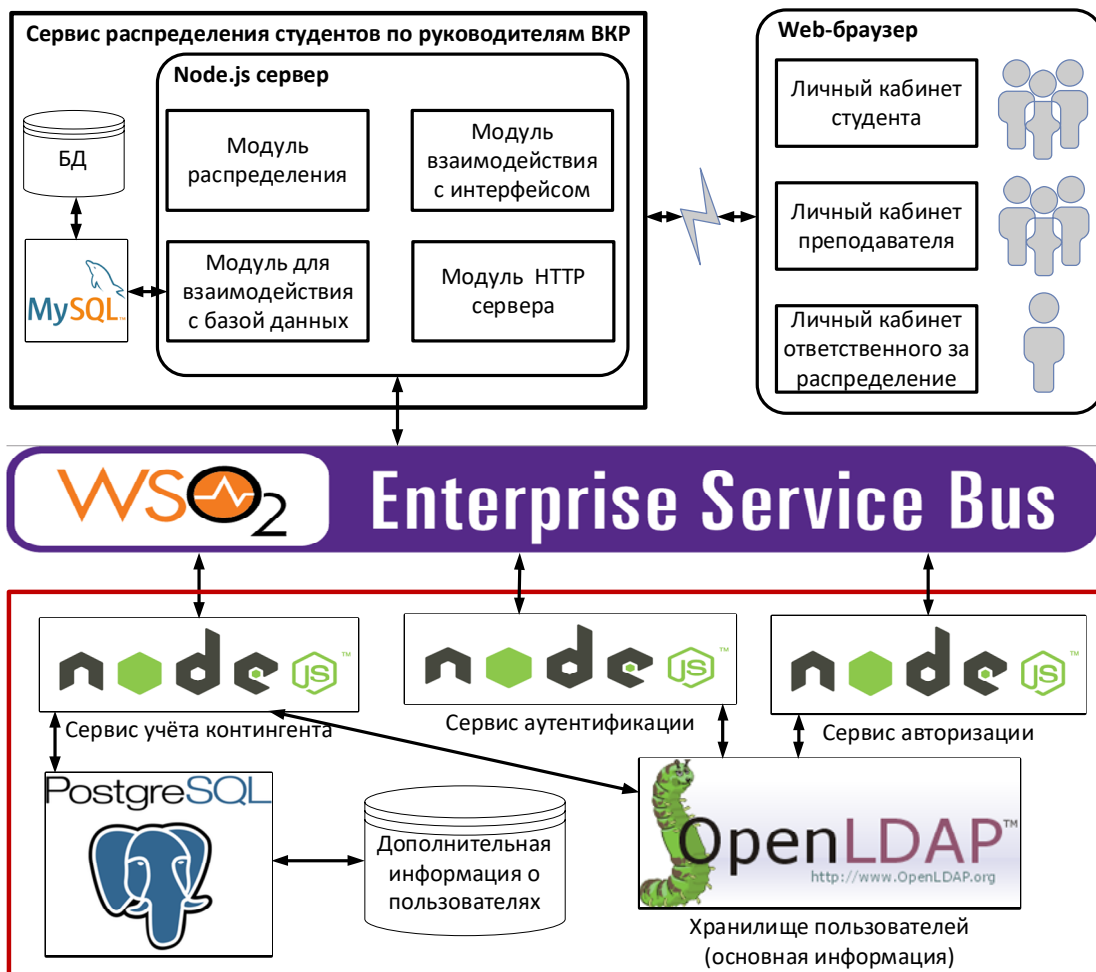


Рис. 1. Архитектура автоматизированной системы распределения

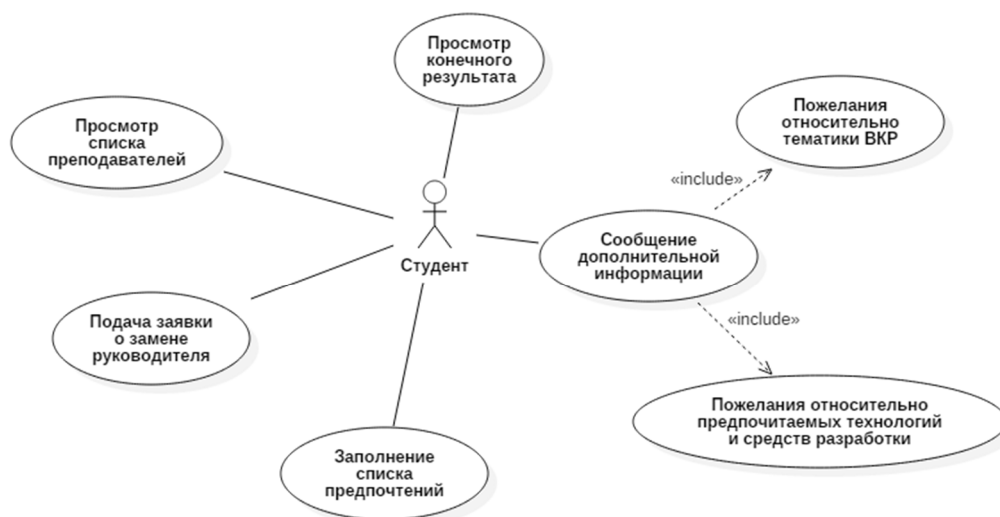


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования для студента

Наконец, несмотря на то, что теоретически доказанную невозможность построения неманипулируемого механизма распределения, на практике возможно противодействие манипулированию путем внешних по отношению к механизму распределения мер. В частности, манипулирование значительно осложняется с увеличением объема квоты у преподавателей и становится практически невозможным при недоступности информации о списках предпочтений студентов.

Более детальное изучение возможных способов манипулирования и выработка мер противодействия им представляет собой отдельную задачу, входящую в число направлений дальнейших исследований.

Автоматизация и программная поддержка процедуры распределения

Автоматизированная система распределения студентов по руководителям ВКР с поддержкой модели двустороннего матчинга реализована в виде Web-сервиса в составе комплексной информационной системы кафедры «Информатика и программное обеспечение». Архитектура системы представлена на рис. 1. На уровне серверной части реализована описанная выше процедура распределения, на клиентском уровне – система личных кабинетов для различных ролей пользователей. Предусмотрены следующие роли: студент, преподаватель, ответственный за распределение. Основные функции для каждой роли представлены на рис. 2-4 в виде диаграмм

вариантов использования. Общий принцип работы системы представлен на рис. 5 в виде диаграммы активности.

В качестве центрального звена информационной системы кафедры используется сервисная шина предприятия Enterprise Service Bus от компании WSO2. Для разработки сервисов была выбрана платформа Node.js, поскольку с ее помощью можно разрабатывать сервисы с существенно меньшими трудозатратами, по сравнению с платформой ASP.NET, что позволяет сократить время на проверку различных архитектурных решений. Рассматриваемый сервис распределения получает актуальные списки групп и преподавателей из сервиса учета контингента, а в процессе работы для доступа пользователей в личный кабинет используются сервисы аутентификации и авторизации, которые определяют тип пользователя и его права, что позволяет сервису распределения автоматически открывать соответствующий личный кабинет.

Отметим, что разработанную систему распределения можно использовать изолированно, вне кафедральной информационной системы. Однако следует понимать, что тогда значительно вырастет трудоемкость, поскольку придется вручную регистрировать всех участников, выдавая им учетные данные, и вручную загружать в систему актуальные списки групп и информацию о преподавателях.



Рис. 3. Диаграмма вариантов использования для преподавателя

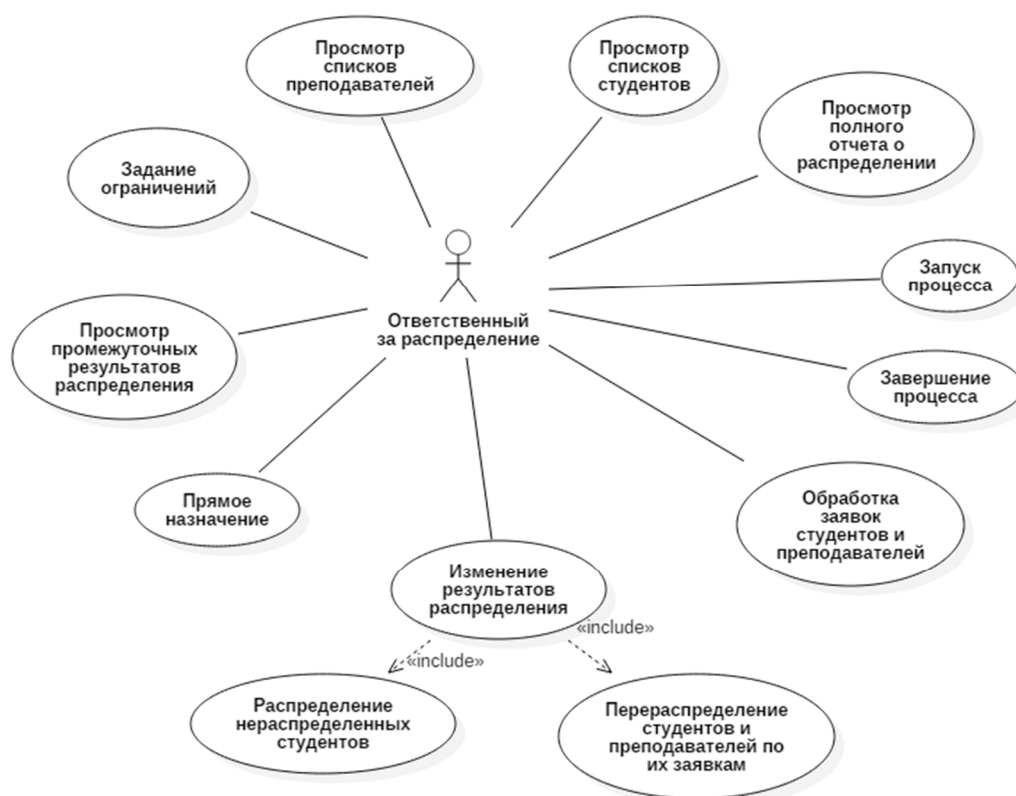


Рис. 4. Диаграмма вариантов использования для ответственного за распределение

Приведем некоторые пояснения к диаграмме активности на рис. 5.

Если на очередной итерации длина списка ожидания преподавателя превышает объем его квоты, но преподаватель готов работать со всеми студентами из данного списка, он может запросить у ответственного увеличение квоты. На свойства результирующего распределения это не влияет. Уменьшение квоты в общем случае не допускается;

Количество итераций процедуры распределения, т.е. количество циклов обращения к преподавателям с целью ранжирования студентов в списке ожидания, как правило, не превышает длины наибольшего из списков предпочтений студентов, при этом на каждой следующей итерации задействуется меньшее число преподавателей, чем на предыдущей.

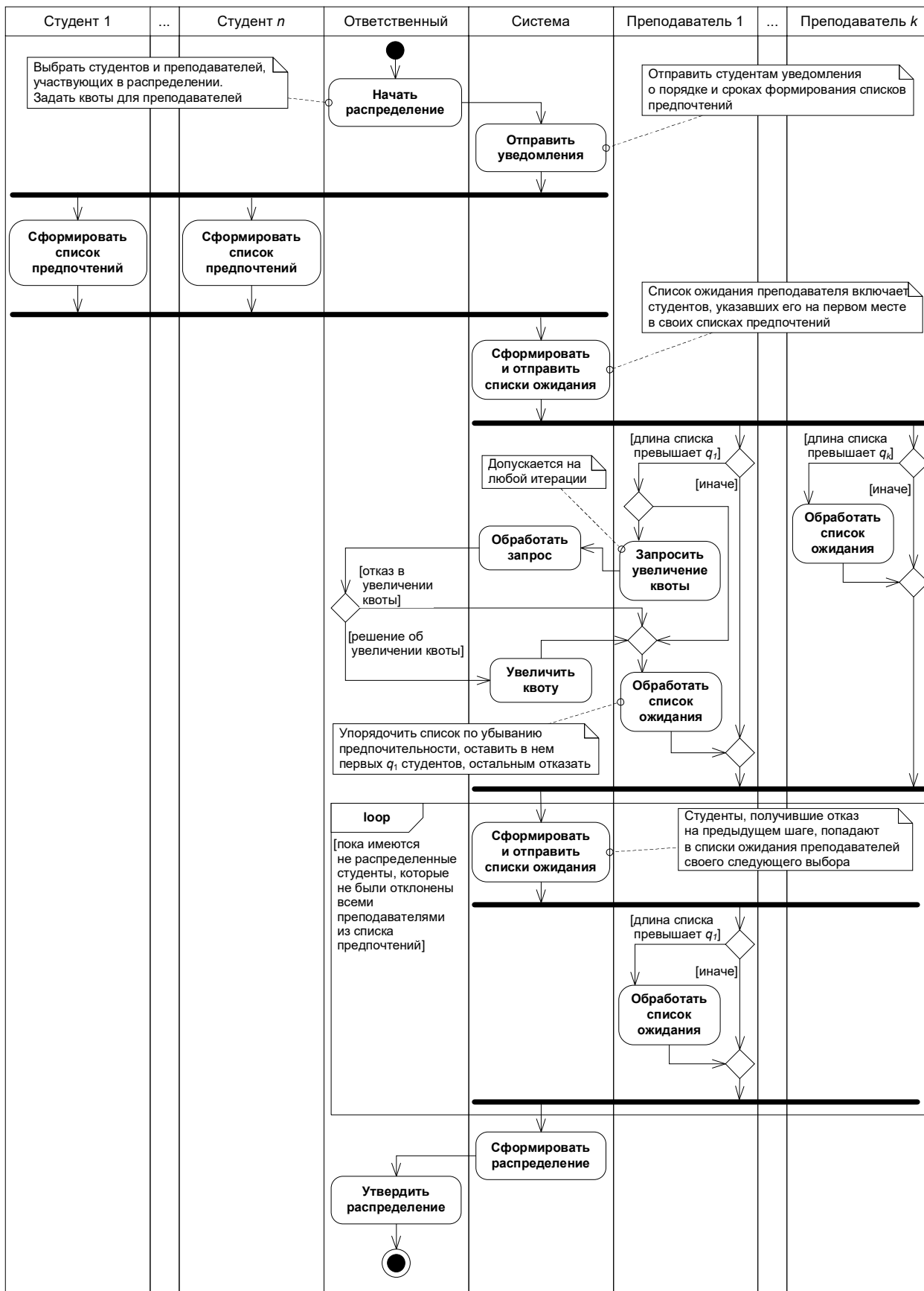


Рис. 5. Представление процесса распределения студентов по руководителям ВКР в виде диаграммы активности

Кроме того, если по результатам очередной итерации преподаватель имеет заполненную квоту и удовлетворен составом своего списка ожидания, то он вправе сообщить об этом ответственному, в результате чего распределение для данного преподавателя считается выполненным, и в дальнейших итерациях он не участвует;

Студенты, получившие отказ от всех преподавателей, распределяются повторно между преподавателями с незаполненной квотой, с применением аналогичной процедуры либо административным путем.

Заключение

В статье описан подход к оптимизации и программной поддержке распределения студентов по руководителям ВКР в условиях крупной выпускающей кафедры. Рассмотренная оптимизационная модель относится к классу моделей двустороннего матчнга по схеме «многие к одному» и основана на решении задачи об устойчивых паросочетаниях с использованием алгоритма Гейла-Шепли. Исследована проблема манипулирования предпочтениями применительно к указанной задаче распределения. Результаты применения предложенного подхода в условиях кафедры

«Информатика и программное обеспечение» БГТУ позволяют говорить как о повышении устойчивости получаемого с его помощью распределения по сравнению с традиционным, «ручным» способом, так и о повышении удовлетворенности как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей, осуществляющих руководство ВКР.

Дополнительно отметим, что известно множество успешных и востребованных на практике приложений модели матчнга при регулировании рынков спроса и предложения в социальных ситуациях, для которых характерна невозможность использования ценовых механизмов. При этом большинство таких приложений освещены в зарубежной литературе (подробный обзор можно найти, например, в [5]). В русскоязычной среде подход на основе матчнга известен, главным образом, благодаря работам научной школы НИУ ВШЭ под руководством проф. Ф.Т. Алескерова (см., например, работы [6, 7]). И любые исследования, направленную на дальнейшую популяризацию данного подхода в отечественной, русскоязычной среде, по мнению авторов, являются актуальными.

Литература

1. Roth A.E., Sotomayor M. Two-Sided Matching: A Study in Game-Theoretic Modeling and Analysis // *Econometric Society Monograph Series*, Cambridge University Press, 1990.
2. Gale D., Shapley L.S. College Admissions and the Stability of Marriage // *American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1, 1962, P. 9-15.
3. Roth A.E. The college admissions problem is not equivalent to the marriage problem // *Journal of Economic Theory*, 1985, Vol. 36, Issue 2, P. 277-288.
4. Aziz H., Seedig H.G., Wedel J.K. On the Susceptibility of the Deferred Acceptance Algorithm // *AAMAS'15: Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, Istanbul, Turkey, P. 939-947.
5. Roth A.E. What Have We Learned from Market Design? // *Innovation Policy and the Economy*, Vol. 9, P. 79-112.
6. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. – М.: Физматлит, 2012. – 341с.
7. Алескеров Ф.Т., Кисельгоф С.Г. Лауреаты Нобелевской премии – 2012: Ллойд Шепли и Элвин Рот // *Экономический журнал ВШЭ*, 2012, Т. 16, № 4. – С. 433-442.
8. Кисельгоф С.Г. Выбор вузов абитуриентами с квадратичной функцией полезности // *Проблемы управления*, 2012, № 5. – С. 33-40.

References

1. Roth A.E., Sotomayor M. Two-Sided Matching: A Study in Game-Theoretic Modeling and Analysis // *Econometric Society Monograph Series*, Cambridge University Press, 1990.
2. Gale D., Shapley L.S. College Admissions and the Stability of Marriage // *American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1, 1962, P. 9-15.
3. Roth A.E. The college admissions problem is not equivalent to the marriage problem // *Journal of Economic Theory*, 1985, Vol. 36, Issue 2, P. 277-288.
4. Aziz H., Seedig H.G., Wedel J.K. On the Susceptibility of the Deferred Acceptance Algorithm // *AAMAS'15: Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, Istanbul, Turkey, P. 939-947.
5. Roth A.E. What Have We Learned from Market Design? // *Innovation Policy and the Economy*, Vol. 9, P. 79-112.
6. Aleskerov F.T., Habina Je.L., Shvarc D.A. Binarnye otnosheniya, grafy i kollektivnye resheniya. – M.: Fizmatlit, 2012. – 341 s.
7. Aleskerov F.T., Kisel'gof S.G. Laureaty Nobelevskoj premii – 2012: Llojd Shepli i Jelvin Rot // *Jekonomicheskij zhurnal VShJe*, 2012, T. 16, № 4. – S. 433-442.
8. Kisel'gof S.G. Vybory vuzov abiturientami s kvadratichnoj funkciej poleznosti // *Problemy upravleniya*, 2012, № 5. – S. 33-40.

Поступила: 14.10.2017

Об авторах:

Подвесовский Александр Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика и программное обеспечение», Брянский государственный технический университет, apodv@tu-bryansk.ru

Лагерев Дмитрий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение», Брянский государственный технический университет, lagerevdg@mail.ru

Егорова Ирина Геннадьевна, аспирант кафедры «Информатика и программное обеспечение», Брянский государственный технический университет, irishka-egorova14@yandex.ru

Note on the authors:

Podvesovskii Aleksandr G., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, head of Informatics and Software Engineering department, Bryansk State Technical University, apody@tu-bryansk.ru

Lagerev Dmitri G., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Informatics and Software Engineering department, Bryansk State Technical University, lagerevdg@mail.ru

Egorova Irina G., postgraduate student of Informatics and Software Engineering department, Bryansk State Technical University, irishka-egorova14@yandex.ru