

Алгоритм проведения конкурсного отбора претендентов при приеме в вуз на второй и последующие курсы в условиях указания множества упорядоченных по приоритету направлений подготовки в заявлении*

В работе формализована задача конкурсного отбора и зачисления на второй и последующий курсы на примере приёмной кампании в Юго-Западном государственном университете, составлен алгоритм решения задачи.

Ключевые слова: зачисление на второй и последующий курсы, высшее образование, алгоритм.

ALGORITHM FOR COMPETITIVE SELECTION OF CANDIDATES FOR ADMISSION TO THE UNIVERSITY FOR THE SECOND AND SUBSEQUENT YEARS OF STUDY TO THE CONDITION THAT THE SET OF ORDERED PRIORITY AREAS FOR THE PREPARATION OF THE STATEMENT

In this paper the problem is formalized competitive selection and admission to the following courses 2 and the example of the admission campaign in Southwest State University, an algorithm of solving the problem.

Keywords: admission to the second and subsequent years, high education, the algorithm.

В различных социально-экономических системах могут возникнуть задачи распределения множества претендентов на ограниченное число вакансий. Решение такого рода проблем происходит с помощью организации конкурсного отбора. Примером таких задач является процесс переводов и зачисления лиц на второй и последующие курсы в вузы на различные специальности по результатам сданных ими аттестационных испытаний (далее АИ). Для случая небольшого количества вакансий и претендентов задача не представляет трудностей, так как может быть решена без привлечения вычислительной техники, а вся сложность ее решения сводится к примене-

нию наиболее эффективного метода оценки квалифицированности кандидатов для занятия ими вакантных мест. Но для вышеуказанного примера с приемной кампанией в высшем учебном заведении количество и мест, и претендентов может быть велико. Кроме того, в связи с демократизацией конкурсного отбора в вузы все большее распространение получает методика приема заявлений от претендентов не на одну специальность или направление, а на упорядоченную по приоритетам совокупность специальностей. Такой способ подачи заявлений реализован с помощью программного обеспечения в Юго-Западном государственном университете (ЮЗГУ) [1, 2]. Проведение

конкурсного отбора без использования специализированных автоматизированных информационных систем (АИС) в подобных условиях не представляется возможным, так как решение задачи вручную может привести к недопустимым ошибкам распределения претендентов, что, в свою очередь, является нарушением их прав и может привести к ряду негативных последствий, например к снижению авторитета образовательного учреждения.

Итак, составим математическое описание проблемы. Пусть имеется множество вакансий из N элементов $V = \bigcup_{i=1}^N V_i$. Каждое подмножество V_i представляет собой совокупность одинаковых вакан-

*Работа выполнена в рамках государственного задания ЮЗГУ на 2013 год в части проведения научно-исследовательских работ, проект 8.8356.2013 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение для управления процессом переводов и зачисления в вуз на второй и последующие курсы».



Олег Викторович Овчинкин,
программист
Тел.: (919) 214-90-45
Эл. почта: ovchinkin_o_v@mail.ru
Юго-Западный государственный
университет
<http://ee.swsu.ru/>, www.swsu.ru

Oleg V. Ovchinkin,
programmer,
Tel.: (919) 214-90-45
E-mail: ovchinkin_o_v@mail.ru
Southwestern State University
<http://ee.swsu.ru/>, www.swsu.ru



Алексей Иванович Пыхтин,
к.т.н., начальник отдела
Тел.: (4712) 52-38-01
Эл. почта: sephiroth_kstu@mail.ru
Юго-Западный государственный
университет
<http://ee.swsu.ru/>, www.swsu.ru

Aleksey I. Pykhtin,
Candidate of Science (Engineering),
Head of the department
the Southwestern State University
Tel.: (4712) 52-38-01
E-mail: sephiroth_kstu@mail.ru
Southwestern State University
<http://ee.swsu.ru/>, www.swsu.ru

сий $V_i = \bigcup_j V_{ij}, j = 1..|V_i|, v_{il} = v_{im}$ для любых элементов с индексами l и m . Также должно выполняться условие $V_i \cap V_j = \emptyset$ для любых $i \neq j$. Далее подмножество одинаковых вакансий V_i будем называть просто вакансией. Каждая вакансия входит в одну и только одну из N групп вакансий $G = \bigcup_{j=1}^{N_G} G_j$, т.е. $G_j = \bigcup_k V_k$, $G_l \cap G_m = \emptyset$ для любых $l \neq m$. Каждой группе вакансий G_i соответствует некоторая совокупность требований $U_i = \bigcup_j u_{ij}$, $\bigcup_i U_i = \bigcup_i \bigcup_j u_{ij} = U$. При этом может выполняться соотношение $U_i \subset U_j$ для некоторых $i \neq j$, но $U_i \neq U_j$ для любых $i \neq j$. Пусть также имеется множество кандидатов P из K элементов. Каждый из кандидатов претендует на некоторое подмножество вакансий V_i^P из множества V ($V_i^P \subseteq V, i = 1..K$). Претендент упорядочивает вакансии из V_i^P в соответствии со своими предпочтениями, т.е. каждой $V_K \subset V$ ставит-

ся в соответствие ее приоритет – целое неотрицательное число $s(p_i, V_k)$, где p_i – i -й элемент P . Отметим, что $s(p_i, V_k) = 0$ для всех $V_k \notin V_i^P$ и $1 \leq s(p_i, V_k) \leq |V_i^P|$, $s(p_i, V_l) \neq s(p_i, V_m)$ для $V_K \subset V_i^P$ и любых $l \neq m$ ($V_K \subset V_i^P$ и $V_m \subset V_i^P$). Функция $s(p_i, V_k)$ может быть наглядно представлена в виде матрицы предпочтений (табл. 1).

В табл. 1 также представлены 2 строки с рассчитанными конкурсными коэффициентами $c(V_j)$ и $c^*(V_j)$, равными соответственно:

$$c(V_j) = \sum_i c(p_i, V_j) / |V_j|,$$

$$\forall p_i : c(p_i, V_j) = 1,$$

$$c^*(V_j) = \sum_i c(p_i, V_j) / |V_j|.$$

Претенденту p_m необходимо выполнить все требования U_m^P , соответствующие подмножеству групп вакансий $G_m^P \subset G$, к которым относятся вакансии V_m^P . В общем случае будем считать, что претендент смог выполнить лишь совокупность некоторых условий $U_m^* \subseteq U_m^P$, позволяющих ему участвовать в дальнейшем распределе-

Таблица 1

Пример задания матрицы предпочтений претендентов при переводах или зачислении на второй и последующий курсы в некоторое образовательное учреждение

Претенденты	Группа G_1 , химический факультет		Группа G_2 , юридический факультет
	V_1 , специальность «Химия», 4 места, 2-й курс	V_2 , специальность «Химическая технология», 4 места, 2-й курс	V_3 , специальность «Юриспруденция», 5 мест, 2-й курс
p_1	1	0	2
p_2	3	2	1
p_3	0	0	1
p_4	1	2	3
p_5	0	1	0
p_6	1	0	0
p_7	0	0	1
p_8	1	0	2
p_9	0	2	1
p_{10}	2	1	0
p_{11}	0	0	1
p_{12}	2	3	1
p_{13}	0	1	0
p_{14}	1	3	2
p_{15}	0	1	2
p_{16}	2	0	1
Конкурс на специальности, человек на место			
$c(V_j)$	1,25	1	1,4
$c^*(V_j)$	2,25	2,25	2,4

нии мест из всех групп G_i , таких, что $U_i \subseteq U_m^*$.

Пусть также определено множество всех возможных дополнительно учитываемых условий $M = \bigcup_k m_k$. Выполнение условий множества M может быть рассмотрено как преимущество (или, наоборот, недостаток) кандидата при прочих равных условиях.

Для случая перевода или восстановления в образовательное учреждение:

P – множество претендентов;

V – множество бюджетных (или внебюджетных) мест;

V_i – множество мест i -й специальности (направления или факультета);

G – множество специальностей, сгруппированных в зависимости от различия АИ, необходимых для зачисления на второй и последующий курсы;

U – формализованное представление правил приема в учебное заведение.

Участие кандидата p_i в конкурсе на вакансию V_k группы вакансий G_j будем называть конкурсной позицией.

Чтобы ранжировать кандидатов, для каждой конкурсной позиции

претендента p_i рассчитывается значение оценочной функции:

$$z(p_i, G_j) = \left(\sum_{k=1}^{|U_j|} r(p_i, u_{jk}) \cdot q(u_{jk}) + \sum_{k=1}^{|M|} r^*(p_i, m_k) \cdot q^*(m_k) \right) \cdot \prod_{k=1}^{|U_j|} h(p_i, u_{jk}),$$

где $r(p_i, u_{jk})$ – количественная оценка выполнения претендентом p_i требования u_{jk} из множества U_j , $r(p_i, u_{jk}) \geq 0$;

$q(u_{jk})$ – весовой коэффициент k -го показателя из множества требований U_j ; $r^*(p_i, m_k)$ – количественная оценка k -го дополнительно заявленного претендентом p_i показателя из множества M . В случае наличия негативных факторов, влияющих на снижение приоритета кандидата, при прочих равных условиях (например, наличие зарегистрированных за претендентом правонарушений) $r^*(p_i, m_k) < 0$;

$q^*(m_k)$ – весовой коэффициент k -го из дополнительно заявляемых претендентами показателей M ;

$h(p_i, u_{jk})$ – признак выполнения или невыполнения кандидатом p_i k -го условия из множества U_j . Если условие выполнено претендентом, то $h(p_i, u_{jk}) = 1$ и $h(p_i, u_{jk}) = 0$ в противном случае.

Отдельно стоит отметить, что коэффициенты $r(p_i, u_{jk})$ и $r^*(p_i, m_k)$ следует выбирать таким образом, чтобы для любых p_i и p_m из P выполнялось условие: если

$$\sum_{k=1}^{|U_j|} r(p_i, u_{jk}) \cdot q(u_{jk}) > \sum_{k=1}^{|U_j|} r(p_m, u_{jk}) \cdot q(u_{jk}),$$

то $z(p_i, g_j) > z(p_m, g_j)$.

Иначе говоря, наличие любого количества факторов, учитываемых при прочих равных условиях, не должно давать преимущества перед более высокой количественной оценкой выполнения претендентом требований U_j .

Для определения значений коэффициентов $q(u_{jk})$ и $q^*(m_k)$ можно воспользоваться методикой непосредственного оценивания объектов группой экспертов.

При невыполнении хотя бы одного из обязательных условий u_{ik} участия в конкурсе на вакансию группы G_i значение оценочной функции равно нулю, следовательно, претендент не может рассчитывать на вакансию данной группы.

Значение оценочной функции $z(p_i, G_j)$ соответствует всем вакан-

Таблица 2

Пример расчета оценочной функции

	Индекс претендента p_i															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$r(p_i, u_{11})$	38	41	0	40	45	43	0	42	37	41	0	35	39	42	28	50
$h(p_i, u_{11})$	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
$r(p_i, u_{12})$	50	55	48	39	51	34	38	42	40	35	50	51	60	44	49	33
$h(p_i, u_{12})$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$r(p_i, u_{13})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$h(p_i, u_{13})$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
$r(p_i, u_{21})$	60	62	55	54	0	0	65	58	59	0	54	53	0	60	52	55
$h(p_i, u_{21})$	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
$r(p_i, u_{22})$	46	50	52	48	0	0	47	53	48	0	50	46	0	51	47	45
$h(p_i, u_{22})$	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
$r(p_i, u_{23})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$h(p_i, u_{23})$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$r^*(p_i, m_1)$	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
$r^*(p_i, m_2)$	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$r^*(p_i, m_3)$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$r^*(p_i, m_4)$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z(p_i, G_1) = z(p_i, V_1) = z(p_i, V_2)$	88,03	96,01	0,00	93,00	96,01	76,95	0,00	84,03	0,00	76,00	0,00	86,00	99,03	86,00	0,00	83,01
$z(p_i, G_2) = z(p_i, V_3)$	106,03	112,01	107,00	102,00	0,00	0,00	112,01	111,03	0,00	0,00	104,03	109,00	0,00	111,00	99,00	100,01

сиям $V_k \subset G_j$, поэтому имеет место запись $z(p_i, V_k)$.

Продemonстрируем расчет оценочной функции на примере претендентов, участвующих в конкурном отборе при переводе в ЮЗГУ. Для упрощения возьмем для рассмотрения данные из табл. 1. Множества требований U_1 и U_2 , выполнение которых необходимо при поступлении на специальности группы G_1 и G_2 соответственно, имеют вид:

$$U_1 = \left\{ \begin{array}{l} u_{11} = \text{Балл по АИ №1} \geq 31, \\ u_{12} = \text{Балл по АИ №2} \geq 31, \\ u_{13} = \text{Представлены оригиналы документов} \end{array} \right\},$$

$$U_2 = \left\{ \begin{array}{l} u_{21} = \text{Балл по АИ №3} \geq 50, \\ u_{22} = \text{Балл по АИ №4} \geq 45, \\ u_{23} = \text{Балл по АИ №5} \geq 31, \\ u_{24} = u_{13} = \text{Представлены оригиналы документов} \end{array} \right\}.$$

Количественной оценкой выполнения условий u_{11} , u_{12} , u_{21} , u_{22} , являются набранные баллы по соответствующим АИ, оцененные по 100-балльной шкале. Весовые коэффициенты количественной оценки выполнения условий множества U_1 и U_2 : $q(u_{11}) = q(u_{12}) = q(u_{21}) = q(u_{22}) = 1$, $q(u_{13}) = q(u_{23}) = 0$.

Множество преимуществ при прочих равных условиях M (используем для упрощения всего 4 условия):

$$M = \left\{ \begin{array}{l} m_1 = \text{Наличие научных публикаций} \\ m_2 = \text{Профессиональное занятие спортом} \\ m_3 = \text{Наличие побед на олимпиадах} \\ m_4 = \text{Низкая успеваемость в университете} \end{array} \right\}.$$

В реальных условиях конкурсного отбора в вузах в качестве преимуществ при прочих равных условиях могут быть использованы: степень соответствия претендента выбранной вакансии, выявленная по результатам тестов профессиональной ориентации, обучение на подготовительных программах, средний балл по документу о предыдущем уровне образования и т.д.

Весовые коэффициенты количественной оценки выполнения условий множества M : $q^*(m_1) = 0,02$; $q^*(m_2) = 0,01$; $q^*(m_3) = 0,03$; $q^*(m_4) = -0,05$.

В табл. 2 приведем пример расчета оценочной функции для всех

Пример рейтинг-списков

Место, v_{ij}	Претендент, p_i	Оценочная функция, $z(p_i, V_j)$	Приоритет, $z(p_i, V_j)$	Примечание
Группа G_1, химический факультет				
Вакансии V_1 , специальность «Химия», 4 места				
	p_2	96,01	3	Рекомендация на V_3
v_{11}	p_4	93,00	1	Рекомендация к зачислению
v_{12}	p_1	88,03	1	Рекомендация к зачислению
	p_{12}	86,00	2	Зачислен на V_3
v_{13}	p_{14}	86,00	1	Рекомендация к зачислению
v_{14}	p_8	84,03	1	Рекомендация к зачислению
	p_{16}	83,01	2	Не зачислен
	p_6	76,95	1	Не зачислен
	p_{10}	76,00	2	Зачислен на V_2
Вакансии V_2 , специальность «Химическая технология», 4 места				
v_{21}	p_{13}	99,03	1	Рекомендация к зачислению
	p_2	96,01	2	Зачислен на V_3
v_{22}	p_5	96,01	1	Рекомендация к зачислению
	p_4	93,00	2	Рекомендация на V_1
	p_{12}	86,00	3	Рекомендация на V_1
	p_{14}	86,00	3	Рекомендация на V_1
v_{23}	p_{10}	76,00	1	Рекомендация к зачислению
	p_9	0,00	2	Не представил оригиналы документов
	p_{15}	0,00	1	Балл по АИ № 1 < 31
v_{24}				Не зачислен
Группа G_2, юридический факультет				
Вакансии V_3 , специальность «Юриспруденция», 5 мест				
v_{31}	p_2	112,01	1	Рекомендация к зачислению
v_{32}	p_7	112,01	1	Рекомендация к зачислению
	p_8	111,03	2	Рекомендация на V_1
	p_{14}	111,00	2	Рекомендация на V_1
v_{33}	p_{12}	109,00	1	Рекомендация к зачислению
v_{34}	p_3	107,00	1	Рекомендация к зачислению
	p_1	106,03	2	Рекомендация на V_1
v_{35}	p_{11}	104,03	1	Рекомендация к зачислению
	p_4	102,00	3	Рекомендация на V_1
	p_{16}	100,01	1	Не зачислен
	p_{15}	99,00	2	Не зачислен
	p_9	0,00	1	Не представил оригиналы документов

конкурсных позиций претендентов из табл. 1.

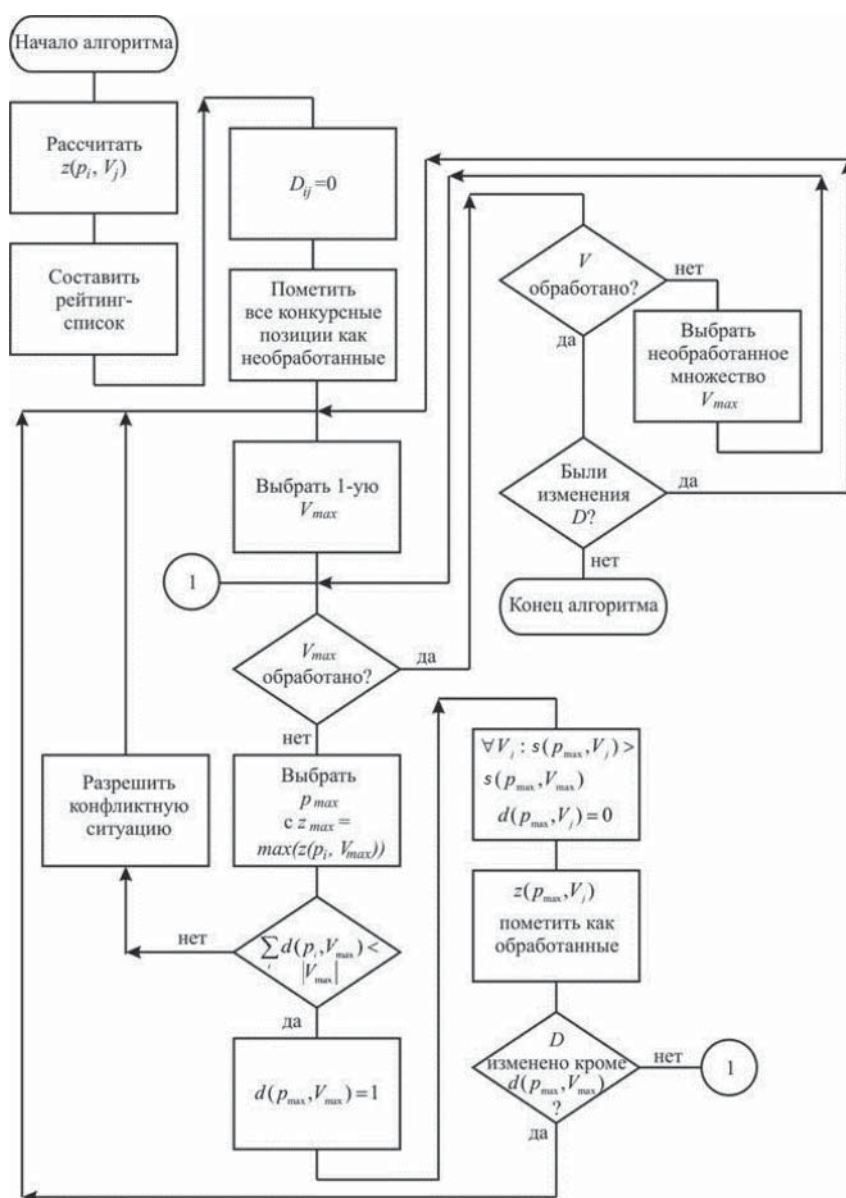
Результатом конкурсного отбора должна стать матрица зачислений D размерностью K на N , каждый элемент которой $D_{ij} = d(p_i, V_j)$ равен единице, если в результате конкурсного отбора претендент p_i был распределен на вакансию подмножества V_j и $D_{ij} = d(p_i, V_j)$, и равен нулю в противном случае. Матрицу D назовем планом распределения. Матрица D должна обладать следующими свойствами:

$$\sum_j D_{ij} = \{1; 0\}, \text{ т.е. сумма эле-}$$

ментов по i -й строке должна быть равна либо единице, либо нулю (так как претендент p_i может быть распределен либо на одну-единственную вакансию, либо ни на одну из вакансий);

$\sum_i D_{ij} \leq V_j$ – сумма элементов по j -му столбцу должна быть меньше либо равна мощности множества V_j .

Для конкурсного отбора в вузы представляет интерес множество величин: $b(V_j) = \min_i (z(p_i, V_j) \cdot d(p_i, V_j))$, которые назовем проходными баллами на вакансии мно-



Блок-схема алгоритма конкурсного отбора

жества V_j . Значение $b(V_j)$ имеют следующий смысл: если претендент p_i заявил вакансию V_j и значение его оценочной функции для этой конкурсной позиции $z(p_i, V_j)$ больше либо равно $b(V_j)$, то он должен быть распределен на эту вакансию, в случае если приоритет всех остальных заявленных им вакансий ниже.

Интересы образовательного учреждения, проводящего конкурсный отбор, выражаются целевой функцией:

$$F_C = \sum_i \sum_j d(p_i, V_j) \cdot z(p_i, V_j) \cdot w(V_j),$$

где $w(V_j)$ – весовой коэффициент значимости вакансии V_j . Для

случая с вузом будем считать, что $w(V_j) = 1$ для всех $V_j \in V$. Данный коэффициент характеризует важность заполнения вакансии V_j наилучшими кандидатами.

Интересы каждого кандидата представляются целевой функцией:

$$F_C(p_i) = \sum_j d(p_i, V_j) \cdot s(p_i, V_j),$$

$$\forall j : s(p_i, V_j).$$

Каждый претендент должен быть распределен на вакансию с наибольшим возможным приоритетом в соответствии со значениями оценочных функций его конкурсных позиций. Если претендент распределен на вакансию с наивысшим приоритетом, то значение $F_C(p_i)$ равно единице.

Таким образом, задача конкурсного отбора сводится к проблеме многоцелевой оптимизации плана распределения D при заданных ограничениях. Множеством целей задачи являются: достижение максимума целевой функции F_C при минимальных (наиболее близких к единице) значениях целевых функций претендентов $F_C(p_i)$.

В процессе конкурсного отбора данные представляются в форме так называемых рейтинг-списков, представляющих собой ранжированных по убыванию оценочных функций претендентов, сгруппированных по группам вакансий G и множеств одинаковых вакансий V_j . Сформируем такие списки для рассматриваемого в табл. 1 и 2 примера (табл. 3).

Для данной таблицы задача конкурсного отбора уже решена вручную с использованием следующего алгоритма (рис.).

1. Для всех конкурсных позиций вычисляется $z(p_i, V_j)$.
2. Составляется общий рейтинг-список.
3. Обнуляется матрица рекомендаций.
4. Все конкурсные позиции помечаются как необработанные.
5. Из рейтинг-списка выбирается первая совокупность одинаковых вакансий V_{max} . Очередность обработки вакансий может быть установлена в соответствии с убыванием $w(V_j)$.

6. Выбирается необработанная конкурсная позиция и соответствующий ей претендент p_{max} с оценочной функцией $z_{max} = \max(z(p_i, V_{max}))$. Если все позиции обработаны, то пометить V_{max} как обработанную и перейти к пункту 9.

7. Если $\sum_i d(p_i, V_{max}) < |V_{max}|$, т.е. имеются свободные вакансии и отсутствует коллизия ситуация, то распределить на одну из них p_{max} , т.е. $d(p_{max}, V_{max}) = 1$. Для всех V_j , таких что $s(p_{max}, V_j) > s(p_{max}, V_{max})$, установить $d(p_{max}, V_j) = 0$, а все конкурсные позиции $z(p_{max}, V_j)$ пометить как обработанные с примечанием, что p_{max} распределен на V_{max} . Текущую конкурсную позицию также пометить как обработанную. Если произошли измене-

ния матрицы зачислений кроме как в позиции $d(p_{\max}, V_{\max})$, то перейти к пункту 5, иначе – перейти к пункту 6.

8. Если возникла коллизийная ситуация, то применить текущие правила разрешения коллизийных ситуаций. Перейти к пункту 5.

9. Из рейтинг-списка выбирается следующая необработанная совокупность одинаковых вакансий $V_{\max}$, переход к пункту 6. Если V обработано и не было ни одного изменения матрицы D , то конец алгоритма, иначе переход к пункту 5.

Отметим, что алгоритм не позволяет разрешить коллизийные

ситуации, сущность которых сводится к тому, что на некоторое множество одинаковых вакансий $V_i^* \subset V_i$ претендует множество претендентов $P^* \subset P$ с одинаковым значением оценочной функции, причем $|V_i^*| < |P^*|$. Поэтому требуется вмешательство эксперта, который, используя определенную методику, сможет найти компромисс в сложившейся ситуации за счет изменения граничных условий, оценочных коэффициентов и т.п. В качестве эксперта может выступать либо уполномоченный человек (или группа лиц), либо автоматизированная система (экспертная система).

Таким образом, в работе формализована задача конкурсного отбора и зачисления на второй и последующий курсы, предложен алгоритм ее решения, который реализован в программном обеспечении, используемом в Юго-Западном государственном университете [3].

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮЗГУ на 2013 год в части проведения научно-исследовательских работ, проект 8.8356.2013 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение для управления процессом переводов и зачисления в вуз на второй и последующие курсы».

Литература

1. Пыхтин А.И. Метод и алгоритм решения задачи конкурсного отбора и зачисления в вуз / А.И. Пыхтин, Е.А. Спирин, И.С. Захаров // Телекоммуникации. – М., 2008. – № 5. – С. 12–19.
2. Овчинкин О.В. Алгоритм процесса управления приемом лиц на второй и последующие курсы в вузах / О.В. Овчинкин, А.И. Пыхтин, И.П. Емельянов // Известия ЮЗГУ. – Курск, 2013. – № 1(46). – С. 34–39.
3. А.с. 2013611295 Российская Федерация. Программа для управления документооборотом и поддержки принятия решений при приеме граждан на второй и последующий курсы / О.В. Овчинкин, А.И. Пыхтин // Роспатент. – № 2013611295; заявл. 13.12.2012; опубл. 09.01.2013.