

Управление в социально-экономических системах

УДК 658.3

DOI: 10.14529/ctcr180110

МОДЕЛЬ КАЧЕСТВЕННОГО ОТБОРА КАДРОВ, ОСНОВАННАЯ НА МОДЕЛИ РАША ОЦЕНКИ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

С.А. Баркалов, Н.Ю. Калинина, С.И. Мусеев, Т.В. Насонова, Н.Н. Баркалов
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

Представлена модель, позволяющая осуществлять оценивание профессиональных качеств кандидатов на вакантные места при кадровом отборе. В основе модели лежит метод Раша оценки латентных переменных. Также предложена модель оценки эффективности при качественном отборе кадров.

Ключевые слова: кадровый отбор, математическая модель, оценивание качеств кандидатов, латентные переменные, метод Раша.

Введение

Одна из основных задач отдела кадров – организация качественного отбора кандидатов на вакантные места, что является основой эффективной работы организации. Важной составляющей этой работы является объективное оценивание степени профессиональной пригодности кандидатов на вакантные места с целью отбора наилучших работников. Особенно эта задача становится актуальной в настоящее время, ввиду вступивших в силу новых профессиональных стандартов и утверждения правил проведения независимой оценки квалификации соискателей (Федеральный закон от 3.07.2016 года № 238-ФЗ). Однако четких рекомендаций по методике оценивания количественных показателей профессиональной пригодности не существует, обычно для этих целей применяются стандартные методы экспертного оценивания. Профессиональная пригодность кандидатов на вакантные места определяется соотношением его индивидуальных особенностей к требованиям профессии – профилю должности, модели компетенций. Компетенции, согласно [1], основаны на базовых качествах индивидуума (мотивах, психофизиологических особенностях, я-концепции, знаниях и навыках), имеющих «причинное отношение к эффективному и/или наилучшему на основе критериев исполнению в работе или в других ситуациях». Компетенция, сформулированная в терминах поведения, наблюдаема и измерима по силе проявления. Однако, как показывает практика, оценка компетенций, для которой в настоящее время используются бальные поведенческие шкалы, носит качественный характер и зависит, во многом, от опыта и квалификации оценивающего.

Вышесказанное позволяет сделать вывод, что основная сложность в оценивании профессиональной пригодности кандидатов на вакантные места заключается в том, что понятие комплексной оценки профессиональной пригодности является, с точки зрения математики, латентной переменной, то есть качественным и субъективным показателем [2].

Латентными переменными в математическом моделировании называются такие показатели, которые в явном виде не могут быть измерены, но могут быть оценены с помощью математических моделей на основании измерения наблюдаемых переменных, которые называются индикаторными переменными. Примерами латентных переменных служат такие показатели, как качество, привлекательность, уровень подготовки и многие другие, в том числе профессиональная пригодность работников.

Адекватное и объективное измерение такого рода показателей является проблемой, и для ее решения разрабатываются разнообразные методики и подходы, которые составляют раздел науки измерений – теорию оценки латентных переменных.

В данной статье предлагается подход к организации качественного отбора кандидатов на вакантные места путем оценивания обобщенной оценки профессиональной пригодности работников, основанного на методе Раша оценки латентных переменных [3–5]. Предпосылки применения метода Раша к модели получения комплексной оценки профессиональной пригодности работников основаны на следующих свойствах метода:

1. Модель Раша позволяет преобразовать измерения, сделанные в дихотомических, атрибутивных или непрерывных шкалах, в линейные измерения, в результате чего качественные данные можно анализировать с помощью количественных методов.

2. Ввиду того, что шкала измерения оценок, полученных на основании модели Раша, является линейной, то к полученным результатам можно применять широкий спектр статистических процедур.

3. Оценка степени профессиональной пригодности кандидатов, полученная на основе модели Раша, не зависит от набора оценочных критериев и является индивидуальной характеристикой каждого кандидата.

4. Наряду с оценками профессиональной пригодности кандидатов, модель позволяет получать оценки выполнимости оценочных критериев, что дает возможность провести мониторинг основных показателей эффективности работы для всей группы кандидатов. Причем оценки критериев также не зависят от множества оцениваемых кандидатов и являются индивидуальными свойствами критериев.

5. Благодаря достаточно простой структуре модели оценивания, существуют удобные вычислительные процедуры для получения оценок, которые могут быть реализованы на ЭВМ в рамках доступных программных продуктов.

1. Математическая модель

Рассмотрим математическую модель решения поставленной задачи.

Пусть имеется N кандидатов на вакантные должности: A_1, A_2, \dots, A_N , из которых нужно отобрать n лучших. Для решения этой задачи необходимо провести количественное оценивание профессиональной пригодности всех кандидатов. Для оценивания определяются M критериев: K_1, K_2, \dots, K_M .

Выбор критериев зависит от рода профессиональной деятельности трудового коллектива, в который производится отбор кандидатов. Критерии могут быть произвольными, их можно изменять или дополнять с течением времени, при этом оценки кандидатов меняться не будут, это следует из третьей предпосылки применения метода Раша, которая указана выше. Оценки кандидатов, полученные по каждому критерию, могут измеряться по разным шкалам. Например, в качестве критериев могут выступать:

- наличие компетенций (поведенческие шкалы с градацией от 0 до 10 баллов);
- качество выполняемых работ (непрерывная шкала от 0 до 1);
- наличие базового образования (атрибутивная шкала: 0 – нет, 1 – частичное соответствие, 2 – полное соответствие);
- стаж работы по специальности (годы);
- наличие профессиональной переподготовки (дихотомическая шкала: 0 – нет, 1 – да);
- наличие повышения квалификации и т. д.

В дальнейшем будем приводить решение задачи в общем виде, без привязки к конкретным критериям.

Обозначим U_{ij} – оценку i -го кандидата по j -му критерию, $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, M$. Эти оценки могут быть разной природы и иметь различную размерность. Для приведения оценок к единой шкале необходимо провести процедуру их нормализации [6, 7], в результате которой все нормализованные оценки работников по критериям u_{ij} примут значения из интервала (0; 1).

В качестве алгоритма нормализации можно использовать критерий приведения разности между наибольшей и наименьшей оценкой на единичную шкалу. Для этого в случае максимизации критериев (чем больше показатель, тем больше степень профпригодности кандидата) воспользуемся формулой

$$u_{ij} = \frac{U_{ij} - \min_i(U_{ij})}{\max_i(U_{ij}) - \min_i(U_{ij})}. \quad (1)$$

Если же критерий минимизируется, то есть чем меньше оценка по критерию, тем больше степень профпригодности работника, то

$$u_{ij} = \frac{\max_i(U_{ij}) - U_{ij}}{\max_i(U_{ij}) - \min_i(U_{ij})}. \quad (2)$$

Можно использовать и иные алгоритмы нормализации, позволяющие перевести оценки на единичную шкалу [6, 8].

Перейдем теперь непосредственно к модели Раша оценки латентных переменных. В соответствии с [9, 10] введем латентные переменные:

θ_i – интегральный показатель степени профессиональной пригодности кандидата на вакантную должность A_i , чем выше этот показатель, тем более привлекательным является кандидат на вакантное место;

β_j – степень невыполнимости оценочного критерия K_j по всей группе кандидатов на вакантные места, чем меньше данный показатель, тем в большей степени все множество кандидатов в совокупности удовлетворяет критерию.

Тогда, в соответствии с моделью Раша, вероятность того, что кандидат A_i удовлетворяет работодателю по критерию K_j описывается логистической функцией

$$P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}. \quad (3)$$

Эти вероятности можно интерпретировать как нормализованные комплексные оценки кандидатов по критериям u_{ij} .

Для применения выражения (3) на практике необходимо найти оценки следующих латентных переменных: профессиональной пригодности кандидатов θ_i и степени невыполнения оценочных критериев β_j . Эти оценки рассчитываются на основании известных оценок этих кандидатов по частным оценочным критериям u_{ij} , которые получены эмпирически с помощью анкетирования или экспертного оценивания.

Ввиду того, что оценки u_{ij} измеряются в общем случае по непрерывной шкале из интервала [0; 1], для этих целей необходимо использовать модель Раша, основанную на методе наименьших квадратов, [9, 11, 12]: латентные переменные θ_i и β_j модели (3) выбираются таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений эмпирических данных u_{ij} от теоретических вероятностей (3) была наименьшей. Математически это сводится к решению оптимизационной задачи вида

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (u_{ij} - P_{ij})^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(u_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Оценки латентных переменных θ_i и β_j , рассчитанные из решения задачи (4), будут измеряться по интервальному и линейным шкалам, но начало отсчета в них будет неопределенным. Начальный уровень отсчета шкал можно выбрать так, чтобы значения всех оценок были неотрицательными. Тогда целевая функция (4) будет дополняться условиями:

$$\theta_i \geq 0; \beta_j \geq 0; i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M. \quad (5)$$

Для полученных интегральных оценок также можно провести нормализацию, например, их можно нормировать на шкалу, при которой значение обобщенного показателя профессиональной пригодности кандидата будет равно доли в единичной сумме всех оценок. Нормированные оценки $\tilde{\theta}_i$ получаются из полученных θ_i по формуле

$$\tilde{\theta}_i = \theta_i / \sum_{i=1}^N \theta_i. \quad (6)$$

На основании данных оценок можно провести ранжирование кандидатов по степени их профессиональной пригодности, а также провести оценку критериев по степени их выполнимости для всей группы кандидатов.

Описанная выше модель предполагает, что все оценочные критерии могут иметь одинаковую важность для работодателя. Однако очень часто для оценивания важность критериев выбирается

различная и степень важности нужно учитывать при оценке профпригодности кандидатов на вакантные должности. Классические модели экспертного оценивания [8] учитывают важность критериев для оценки некоторых показателей путем введения весов для каждого критерия.

Пусть w_j – вес j -го критерия. Будем считать, что вес измеряется по шкале от 0 до 1 (хотя это не обязательно), и чем больше вес, тем большую важность для работодателя имеет критерий и больший вклад в степень профпригодности кандидата он должен давать. Для учета весов предложим модель, в которой в остаточную сумму (4) каждое слагаемое будет входить пропорционально его весу. В результате, вместо (4), решается оптимизационная задача вида:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_j \cdot (u_{ij} - P_{ij})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_j \cdot \left(u_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (7)$$

Решение задач оптимизации (4) и (5) либо (7) и (5) можно проводить как с использованием специализированных программных продуктов, так и в MS Excel с помощью надстройки «Поиск решений» (Solver) [11, 12].

Далее приведем методику получения оценок на некотором общем примере.

2. Методика получения оценок по модели

Пусть имеется 10 кандидатов на вакантную должность, степень профессиональной пригодности которых оценивается по 8 критериям. В общем случае критерии могут иметь разные оценочные шкалы, возьмем для примера наиболее распространенные, в соответствии с табл. 1. Важность критериев будем считать разными, значения весов по шкале от 0 до 1 также указаны в табл. 1.

Оценочные шкалы, используемые для примера и веса критериев

Таблица 1

Критерий	Шкала	Возможные значения	Вес
K_1	Непрерывная интервальная	[0; 1]	0,7
K_2	Дихотомическая	{0, 1} (да/нет)	0,5
K_3	Политомическая	{1, 2, 3, 4, 5}	0,6
K_4	Непрерывная интервальная	[1; 10]	0,4
K_5	Дихотомическая	{-1, 1} (хуже/лучше)	0,7
K_6	Непрерывная полуинтервальная	(0; +∞)	0,8
K_7	Непрерывная	(-∞; +∞)	0,3
K_8	Политомическая, атрибутивная	{0, 1, 2} (высокий/средний/низкий)	0,9

В результате критериального оценивания каждого кандидата на вакантную должность получены оценки по соответствующим критериальным шкалам, которые представлены в табл. 2.

Частные оценки работников по оценочным критериям

Таблица 2

Кандидат на вакантную должность	Оценки профессиональной пригодности кандидатов по критериям							
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
A_1	0,69	0	1	4,7	1	36	1,5	2
A_2	0,96	1	1	4,0	1	32,5	-43	2
A_3	0,10	1	3	0,2	1	37	-26	2
A_4	0,05	1	4	2,8	-1	9	2,5	0
A_5	0,81	1	5	4,5	-1	4,7	41	2
A_6	0,31	1	4	5,8	1	10	-46	1
A_7	0,56	0	1	0,7	-1	35	17	0
A_8	0,36	1	4	6,7	-1	1,5	15,5	1
A_9	0,06	0	2	6,6	-1	25	26	2
A_{10}	0,30	1	1	6,7	1	21	-37	0

Найдем обобщенные оценки профпригодности кандидатов и характеристики оценочных критериев. Для применения метода, основанного на модели Раша оценки латентных переменных, необходимо в соответствии с (1) провести нормирование исходных данных. Результаты нормирования приведены в табл. 3.

Таблица 3

Нормированные оценки работников по критериям

Кандидат	Нормированные оценки профпригодности кандидатов по критериям							
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
A_1	0,69	0	0	0,69	1	0,97	0,55	1
A_2	0,96	1	0	0,58	1	0,87	0,03	1
A_3	0,10	1	0,5	0	1	1	0,23	1
A_4	0,05	1	0,75	0,40	0	0,21	0,56	0
A_5	0,81	1	1	0,65	0	0,09	1	1
A_6	0,31	1	0,75	0,86	1	0,24	0	0,5
A_7	0,56	0	0	0,08	0	0,94	0,72	0
A_8	0,36	1	0,75	1	0	0	0,71	0,5
A_9	0,06	0	0,25	0,98	0	0,66	0,83	1
A_{10}	0,30	1	0	0,99	1	0,55	0,10	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Исходные данные								
2	Кандид\Критер	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
3	A_1	0,69	0	0	0,69	1	0,97	0,55	1
4	A_2	0,96	1	0	0,58	1	0,87	0,03	1
5	A_3	0,1	1	0,5	0	1	1	0,23	1
6	A_4	0,05	1	0,75	0,4	0	0,21	0,56	0
7	A_5	0,81	1	1	0,65	0	0,09	1	1
8	A_6	0,31	1	0,75	0,86	1	0,24	0	0,5
9	A_7	0,56	0	0	0,08	0	0,94	0,72	0
10	A_8	0,36	1	0,75	1	0	0	0,71	0,5
11	A_9	0,06	0	0,25	0,98	0	0,66	0,83	1
12	A_{10}	0,3	1	0	0,99	1	0,55	0,1	0
13	Вес	0,7	0,5	0,6	0,4	0,7	0,8	0,3	0,9
14	Расчет слагаемых целевой функции								
15	Латен. перем	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	0,02527	0,125	0,15	0,01444	0,175	0,17672	0,00075	0,225
17	1	0,14812	0,125	0,15	0,00256	0,175	0,10952	0,06627	0,225
18	1	0,112	0,125	0	0,1	0,175	0,2	0,02187	0,225
19	1	0,14175	0,125	0,0375	0,004	0,175	0,06728	0,00108	0,225
20	1	0,06727	0,125	0,15	0,009	0,175	0,13448	0,075	0,225
21	1	0,02527	0,125	0,0375	0,05184	0,175	0,05408	0,075	0
22	1	0,00252	0,125	0,15	0,07056	0,175	0,15488	0,01452	0,225
23	1	0,01372	0,125	0,0375	0,1	0,175	0,2	0,01323	0
24	1	0,13552	0,125	0,0375	0,09216	0,175	0,02048	0,03267	0,225
25	1	0,028	0,125	0,15	0,09604	0,175	0,002	0,048	0,225
26	Целевая	8,40787							

Рис. 1. Исходные данные для расчета по методу Раша

Решаем задачу в MS Excel. В область В3–I12 вводим исходные данные в соответствии с табл. 3. В диапазон В13–I13 вводим веса критериев, как показано на рис. 1. Под значения оценок латент-

ной переменной θ , выделяем ячейки A16–A25, под оценки латентной переменной β_j выделяем ячейки B15–I15. Вводим в эти ячейки некоторые значения, равные начальному приближению при расчетах, это могут быть произвольные числа, для примера это единицы. Для расчета целевой функции вводим в диапазон B16–I25 слагаемые целевой функции (7). Для этого в B16 вводим формулу $=B\$13*(B3-EXP(\$A16-B\$15)/(1+EXP(\$A16-B\$15)))^2$ и с помощью автозаполнения распространяем ее на диапазон B16–I25. Далее рассчитываем критерий (7). Вводим в B26 значение целевой функции в виде формулы $=СУММ(B16:I25)$. Лист Excel с исходными данными изображен на рис. 1.

Вызываем надстройку «Поиск решения» (Solver) программы MS Excel. В поле «Оптимизировать целевую функцию» ставим ссылку на B26, переключатель направления оптимизации устанавливаем на «минимум», а в поле «Изменяя ячейки переменных» делаем ссылку на диапазоны A16–A25 и B15–I15. Для нормализации оценок на неотрицательные значения (5) устанавливаем флажок напротив «Сделать переменные без ограничений неотрицательными». После выполнения вычислений получаем результат, указанный на рис. 2.

14	Расчет слагаемых целевой функции								
15	Латен. перем	1,83464	0,31116	1,9478	0,56575	1,37199	1,26942	1,67784	1,00147
16	2,17094	0,007971	0,374348	0,185185	0,00815	0,067378	0,053556	0,001505	0,050531
17	2,37640	0,075207	0,006633	0,220008	0,031235	0,050305	0,011221	0,122063	0,03666
18	2,06475	0,146369	0,010892	0,000512	0,267274	0,077818	0,07739	0,040085	0,059298
19	0,30613	0,011507	0,125629	0,207279	0,000503	0,045944	0,003508	0,038376	0,099707
20	1,96080	0,054295	0,012986	0,148056	0,009169	0,289497	0,265672	0,0554	0,069063
21	1,59263	0,011792	0,02361	0,068494	0,00612	0,138657	0,092537	0,068748	0,018566
22	0	0,124844	0,089394	0,009344	0,031859	0,028647	0,415462	0,094962	0,064956
23	1,04062	0,00166	0,052914	0,1283	0,058817	0,122253	0,157033	0,039776	8,62E-05
24	1,16279	0,05413	0,245636	0,0024	0,044896	0,140423	0,027866	0,062379	0,190241
25	1,11970	0,000569	0,047494	0,055467	0,050395	0,221674	0,006106	0,020905	0,252354
26	Целевая	6,689649							

Рис. 2. Результаты расчета в MS Excel

Оценки показателей профессиональной пригодности кандидатов на вакантные места на рис. 2 находятся в ячейках B16–B25, они же приведены в табл. 4. В этой же таблице приведены нормализованные оценки, полученные по формуле (6), и ранги кандидатов, в порядке которых нужно осуществлять их отбор. Графики оценок привлекательности кандидатов для работодателя приведены на рис. 3.

Оценки невыполнимости критериев приведены в строке 15 листа с расчетами Excel (см. рис. 2). Чем меньше оценка для критерия, тем более выполнимым он считается и соответственно более строгим. Для данного примера самым невыполнимым является критерий K_3 , а самым выполнимым – K_2 . Данные оценки характеризуют то, как вся группа кандидатов соответствует каждому критерию, то есть по критерию K_3 все кандидаты оцениваются хуже всего (с учетом веса) и это можно учитывать при формировании трудового коллектива.

Таблица 4

Оценки показателей привлекательности кандидатов на вакантные места

Кандидат	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
Оценка	2,171	2,376	2,065	0,306	1,961	1,593	0,000	1,041	1,163	1,120
Нормализованная оценка	0,157	0,172	0,150	0,022	0,142	0,115	0,000	0,075	0,084	0,081
Ранг	2	1	3	9	4	5	10	8	6	7



Рис. 3. Нормализованные оценки профпригодности кандидатов на вакантные места

3. Оценка эффективности качественного отбора кандидатов

Ранее рассмотрена методика осуществления качественного отбора кандидатов на вакантные места путем оценивания их профессиональной пригодности. Рассмотрим теперь вопрос, насколько эффективным является качественный отбор кандидатов, то есть как повысится общая оценка трудовой эффективности всего коллектива выбранных кандидатов при проведении такого отбора по сравнению с ситуацией, когда отбор не проводился. При этом сделаем предположение о том, что трудовая эффективность каждого кандидата пропорциональна его оценке профпригодности.

Введем некоторую оценку трудовой эффективности группы отобранных кандидатов S_i и найдем ее для случая применения методики качественного отбора, по сравнению с ситуацией, когда качественный отбор не проводится. Пусть имеется некоторое количество N кандидатов, каждый из которых обладает некоторой степенью трудовой эффективности S_i , $i = 1, 2, \dots, N$, которая равна или пропорциональна оценке его профпригодности θ_i . Для случайного кандидата будем считать, что его значение трудовой эффективности является случайной величиной.

В соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей [13] имеется основание предполагать, что случайные величины S_i распределены по нормальному закону. Действительно, обобщенный показатель трудовой эффективности складывается аддитивно из достаточно большого числа частных показателей, необходимых для получения оценки S_i , которые тоже являются случайными величинами. А это соответствует предпосылкам Центральной предельной теоремы.

Обозначим математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение [13, 14] величин S_i как m_s и σ_s соответственно.

Рассмотрим две ситуации.

1. Качественный отбор не проводится, то есть работники из числа кандидатов отбираются случайно. Обозначим средний уровень трудовой эффективности в такой отобранной группе как \bar{S}_1 . Очевидно, что

$$\bar{S}_1 = m_s. \quad (8)$$

2. Среди отбираемых кандидатов проводится качественный отбор, заключающийся в том, что из N кандидатов отбираются n с лучшими показателями степени соответствия S_i . Обозначим средний уровень трудовой эффективности в такой отобранной группе как \bar{S}_2 . В этом случае $\bar{S}_2 > m_s$.

Под эффективностью качественного отбора будем понимать отношение среднего уровня трудовой эффективности в группе при отборе и без него:

$$E = \frac{\bar{S}_2}{\bar{S}_1}. \quad (9)$$

На рис. 4 приведены уровни трудовой эффективности для 100 кандидатов. Данные получены случайной генерацией по нормальному закону в результате проведенного вычислительного эксперимента. Если отбирать случайно долю $t = n/N$ из них в трудовой коллектив обоими способами (выделены прямоугольником на рисунке), то видно, что при случайном отборе средний уровень трудовой эффективности в группе будет ниже, чем при упорядочении и отборе лучших.

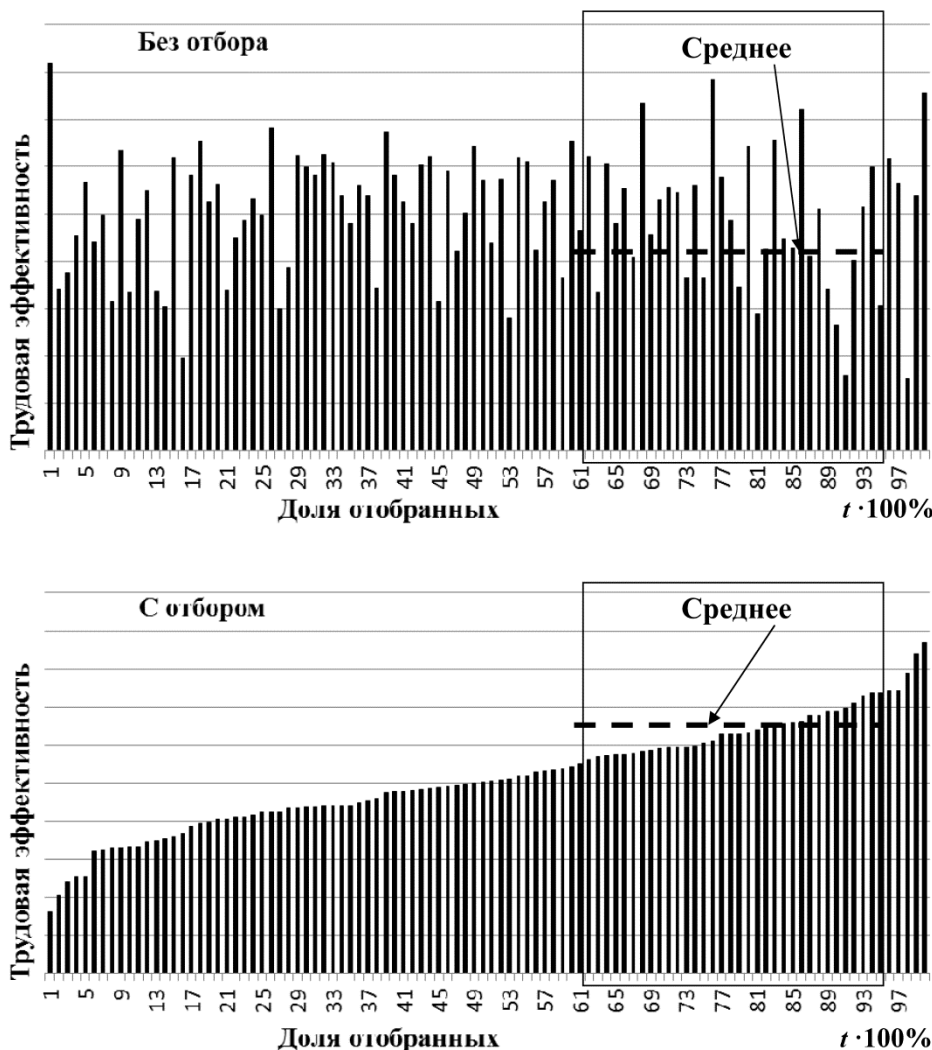


Рис. 4. Средний уровень трудовой эффективности в группе при качественном отборе и без него, полученные в результате вычислительного эксперимента

Ставится задача найти среднее значение трудовой эффективности \bar{S}_2 . Пусть производится отбор кандидатов, степень соответствия которых не менее некоторого уровня U , то есть $S_i \geq U$. Учитывая то, что величины S_i распределены по нормальному закону и используя формулу для математического ожидания [13] с учетом нормирования на интервал $(U; \infty)$, получаем:

$$\bar{S}_2 = \frac{\int_a^b xf(x)dx}{\int_a^b f(x)dx} = \frac{\int_U^\infty \frac{s}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(s-m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right) ds}{\int_U^\infty \frac{1}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(s-m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right) ds}. \quad (10)$$

В формуле (10) функция $f(x)$ – произвольная функция распределения случайной величины, для которой вычисляется математическое ожидание на интервале (a, b) , вместо которой затем выбирается функция нормального распределения. Вычисляя полученные в (10) интегралы, получаем:

$$\bar{S}_2 = \frac{\frac{\sigma_s}{\sqrt{2\pi}} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(U - m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right) + \frac{m_s}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{U-m_s}{\sigma_s}}^{\infty} e^{-s^2/2} ds}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{U-m_s}{\sigma_s}}^{\infty} e^{-s^2/2} ds}. \quad (11)$$

Используя функцию Лапласа: $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-y^2/2} dy$ и учитывая, что $\Phi(-x) = 1 - \Phi(x)$, можно (11) записать в виде

$$\bar{S}_2 = \frac{\frac{\sigma_s}{\sqrt{2\pi}} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(U - m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right) + m_s \left(1 - \Phi\left(\frac{U - m_s}{\sigma_s}\right)\right)}{1 - \Phi\left(\frac{U - m_s}{\sigma_s}\right)} = m_s + \frac{\frac{\sigma_s}{\sqrt{2\pi}} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(U - m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{U - m_s}{\sigma_s}\right)}. \quad (12)$$

На основании (9), (8) и (12) можно найти выражение для эффективности качественного отбора с точки зрения среднего уровня трудовой эффективности в формируемой группе новых работников:

$$E = 1 + \frac{\frac{\sigma_s}{m_s \sqrt{2\pi}} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{(U - m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{U - m_s}{\sigma_s}\right)}. \quad (13)$$

Далее, встает вопрос о практическом применении формулы (13) для реальных условий. Эффективность зависит от трех параметров: m_s , σ_s и U . Для получения оценок математического ожидания m_s и среднеквадратического отклонения σ_s можно использовать статистические методы [2], получив их выборочные точечные оценки:

$$m_s = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l S_i; \quad \sigma_s = \sqrt{\frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^l (S_i - m_s)^2},$$

где l – объем выборки. Для параметра U , имеющего смысл нижнего уровня трудовой эффективности в группе при качественном отборе, можно воспользоваться свойствами нормального распределения.

Пусть $t = \frac{n}{N}$ – доля отбираемых кандидатов (вакантных мест) относительно всех кандидатов. Тогда, используя метод качественного отбора, вероятность (доля) того, что отберутся лучшие с уровнем не ниже U равна $P(S > U) = \Phi\left(\frac{U - m_s}{\sigma_s}\right) = 1 - t$. Отсюда

$$U = m_s + \sigma_s \cdot u_{1-t}, \quad (14)$$

где u_t – квантиль нормального распределения [15], то есть решение уравнения $\Phi(u_t) = t$.

В заключение приведем упрощенную методику расчета эффективности, позволяющую достаточно точно проводить экспресс-оценивание. Введем следующие предположения:

1. Все значения степени соответствия S_i лежат на интервале $(0; L)$, то есть $S_{\min} = 0$, $S_{\max} = L$.
2. Математическое ожидание тогда равно середине этого интервала: $m_s = L/2$.
3. Используя правило «трех сигм» [13], вероятность отклонения от интервала случайной величины S_i от интервала $(m_s - 3\sigma_s; m_s + 3\sigma_s)$ составляет менее 0,003. Исходя из этого, можно приближенно считать среднеквадратическое отклонение $\sigma_s = L/6$.

Подставляя оценки в (13), а также учитывая (14) и то, что $\Phi(u_t) = t$, можно получить выражение для оценки эффективности вида

$$E = 1 + \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{3\sqrt{2\pi}(1-t)}. \quad (15)$$

График зависимости эффективности качественного отбора от доли отобранных кандидатов представлен на рис. 5. Видно, что даже для больших групп при отборе эффективность достаточно высокая и она значительно возрастает при малых группах отбора самых лучших кандидатов.

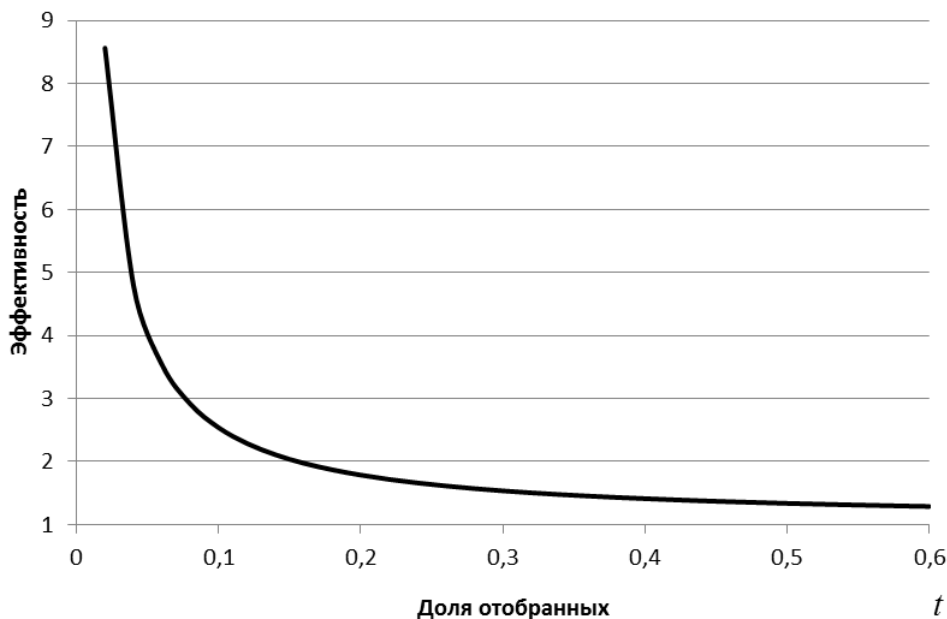


Рис. 5. Зависимость эффективности качественного отбора от доли отбираемых

Выводы

Таким образом, в работе представлена модель получения комплексной оценки профессиональной пригодности кандидатов на вакантные места при кадровом отборе, основанная на методе Раша оценки латентных переменных. Показано, что данная модель имеет следующие основные преимущества:

1. Оценки профессиональной пригодности кандидатов являются их уникальными свойствами и не зависят от набора критериев, по которым проводится их оценка.
2. Оценки профессиональной пригодности кандидатов измеряются по линейной безразмерной шкале, которую можно легко перевести в любую другую оценочную шкалу.
3. Кроме оценок профессиональной пригодности кандидатов удастся получить оценки критериев β , которые также являются их уникальными свойствами и линейны. Эти оценки позволяют осуществлять мониторинг оценочных критериев по всему трудовому коллективу, формируемому из выбранных кандидатов, выявляя те критерии, по которым группа кандидатов удовлетворяет работодателя в той или иной степени.

Описанная модель позволит кадровой службе осуществлять качественный отбор кандидатов на вакантные места.

Предложена модель оценки эффективности качественного отбора, показывающая, что качество трудового коллективе при отборе намного выше, чем при его отсутствии. Эффективность тем больше, чем меньше доля отобранных в группе кандидатов.

Литература

1. Спенсер, Л.М. Компетенции на работе / Л.М. Спенсер, С.М. Спенсер. – М. : HIPPO, 2005. – 384 с.
2. Математические модели подготовки и проверки качества освоения компетенций в образовательном процессе / С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, Н.С. Кочерга, Е.В. Соловьева // Открытое образование. – 2014. – № 2. – С. 9–16.
3. Rasch, G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests / G. Rasch. – Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research, 1960. – 160 p.
4. Andrich, D. Rasch Models for Development / D. Andrich. – London, Sage Publications, inc., 1988. – 94 p. DOI: 10.4135/9781412985598
5. Маслак, А.А. Модель Раша оценки латентных переменных и ее свойства: моногр. / А.А. Маслак, С.И. Моисеев. – Воронеж: НПЦ «Научная книга», 2016. – 177 с.
6. Моисеев, С.И. Методы принятия оптимальных решений: учеб. пособие / С.И. Моисеев, А.А. Зайцев. – Воронеж: АОНО ВО «Институт менеджмента, маркетинга и финансов», 2016. – 144 с.
7. Баркалов, С.А. Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS Excel / С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, В.Л. Порядина. – Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015. – 265 с.
8. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002.
9. Моисеев, С.И. Методы принятия решений, основанные на модели Раша оценки латентных переменных / С.И. Моисеев, А.Ю. Зенин // Экономика и менеджмент систем управления. – 2015. – № 2.3 (16). – С. 368–375.
10. Смотровая, Т.И. Маркетинговая модель оценки привлекательности торговых центров / Т.И. Смотровая, С.И. Моисеев // Интернет-журнал «Науковедение», 2015, Т. 7, № 6. – <http://naukovedenie.ru/PDF/21EVN615.pdf>. DOI: 10.15862/21EVN615
11. Моисеев, С.И. Модель Раша оценки латентных переменных, основанная на методе наименьших квадратов / Моисеев С.И. // Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал. – 2015. – № 2.1 (16). – С. 166–172.
12. Модель оценивания привлекательности альтернатив в подходе Раш-анализа / С.А. Баркалов, Ю.В. Киреев, В.С. Кобелев, С.И. Моисеев // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – Т. 57, № 3.2. – С. 209–213.
13. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов / Е.С. Вентцель. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
14. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
15. Справочник по прикладной статистике. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 526 с.

Баркалов Сергей Алексеевич, д-р техн. наук, заведующий кафедрой управления строительством, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; barkalov@vgasu.vrn.ru.

Калинина Наталия Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры управления строительством, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; kalinina@vgasu.vrn.ru.

Моисеев Сергей Игоревич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры управления строительством, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; mail@moiseevs.ru.

Насонова Татьяна Владимировна, старший преподаватель кафедры управления строительством, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; tnasonova@vgasu.vrn.ru.

Баркалов Николай Николаевич, аспирант кафедры управления строительством, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж.

Поступила в редакцию 4 декабря 2017 г.

THE MODEL OF QUALITATIVE SELECTION OF PERSONNEL BASED ON RASCH MODEL ESTIMATES OF LATENT VARIABLES

S.A. Barkalov, barkalov@vgasu,
N.Yu. Kalinina, kalinina@vgasu.vrn.ru,
S.I. Moiseev, mail@moiseevs.ru,
T.V. Nasonova, tnasonova@vgasu.vrn.ru,
N.N. Barkalov

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

There is a model under consideration at this article. This model let us to estimate professional features for each candidate at the staff selection period. This model based on Rush's method for latent variables. Also the model of estimation of efficiency for quality staff selection was defined.

Keywords: staff selection, mathematical model, staff estimation, latent variables, Rush's method.

References

1. Spencer L.M., Spencer S.M. *Kompetenyyi na Rabote* [Competencies at Work]. Moscow, HIPPO Publ., 2005. 384 p.
2. Barkalov S.A., Moiseev S.I., Kocherga N.S., Solov'yova E.V. [Mathematical Models for the Preparation and Testing the Quality of Competence in the Educational Process]. *Open Education*, 2014, no. 2, pp. 9–16. (in Russ.)
3. Rasch G. *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. Copenhagen, Denmark, Danish Institute for Educational Research, 1960. 160 p.
4. Andrich D. *Rasch Models for Development*. London, Sage Publications, inc., 1988, 94 p. DOI: 10.4135/9781412985598
5. Maslak A.A., Moiseyev S.I. *Model' Rasha ocenki latentnykh peremennykh i ee svoystva. Monografiya* [The Rush Model for Estimating Latent Variables and its Properties. Monograph]. Voronezh, SRC "Scientific Book" Publ., 2016. 177 p.
6. S.I. Moiseev, A.A. Zaitsev *Metody prinyatiya optimalnykh resheniy: ucheb. posobie* [Methods for Making Optimal Decisions: proc. textbook]. Voronezh, AONO VO "Institute of Management, Marketing and Finance" Publ., 2016. 144 p.
7. Barkalov S.A., Moiseev S.I., Poryadina V.L. *Matematicheskie metody i modeli v upravlenii i ih realizaciya v MS Excel* [Mathematical Methods and Models in Management and Their Implementation in MS Excel]. Voronezh, SUACE Publ., 2015. 265 p.
8. Larichev O.I. *Teoriya i metody prinjatija reshenij* [Theory and Methods of Decision Making]. Moscow, Logos Publ., 2002. 392 p.
9. Moiseev S.I., Zenin A.Yu. [Methods of Decision-Making Based on the Rush Model of Estimation of Latent Variables]. *Economics and Management of Control Systems*, 2015, no. 2.3 (16), pp. 368–375. (in Russ.)
10. Smotrova T.I., Moiseev S.I. [A Marketing Model for Assessing the Attractiveness of Trade Centers]. *Internet-Journal "Naukovodenie"*, 2015, vol. 7, no. 6. Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/21EVN615.pdf>. DOI: 10.15862/21EVN615
11. Moiseev S.I. [Rush Model for Estimating Latent Variables, Based on the Method of Least Squares]. *Economics and Management of Control Systems. Scientific and Practical Journal*, 2015, no. 2.1 (16), pp. 166–172. (in Russ.)
12. Barkalov S.A., Kireev Yu.V., Kobelev V.S., Moiseev S.I. [A Model for Evaluating the Attractiveness of Alternatives in the Rash-Analysis Approach]. *Control Systems and Information Technology*, 2014, vol. 57, no. 3.2, pp. 209–213. (in Russ.)
13. Wentzel' E.S. *Teoriya veroyatnostey: ucheb. dlja vuzov* [Theory of Probability. Textbook for High Schools]. Moscow, Higher Education School Publ., 1999. 576 p.

14. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Moscow, Higher Education School Publ., 2003. 479 p.

15. *Spravochnik po prikladnoy statistike* [Handbook of Applied Statistics]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 1990. 526 p.

Received 4 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Модель качественного отбора кадров, основанная на модели Раша оценки латентных переменных / С.А. Баркалов, Н.Ю. Калинина, С.И. Моисеев и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 83–95. DOI: 10.14529/ctcr180110

FOR CITATION

Barkalov S.A., Kalinina N.Yu., Moiseev S.I., Nasonova T.V., Barkalov N.N. The Model of Qualitative Selection of Personnel Based on Rasch Model Estimates of Latent Variables. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 83–95. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr180110