

Оценка эффективности преподавательской деятельности путем определения выбросов при анализе данных автоматизированной системы управления качеством образовательного процесса

И.В. Дергачева, А.С. Сарьян, А.Н. Небаба

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Рассматривается методика оценки преподавательской деятельности в рамках эффективного контракта на основе анализа данных, накапливаемых электронной информационной образовательной средой Ростовского государственного университета путей сообщения. Предлагается использовать такие техники добычи данных, как кластерный анализ, сетевые графы, определение выбросов. Результаты исследования планируется применить при разработке автоматизированной системы управления качеством образовательного процесса в подсистеме поддержки принятия решений о продлении трудовых договоров с педагогическими работниками.

Ключевые слова: автоматизированная система управления образовательным процессом вуза, трудовой договор, эффективный контракт, должностные показатели качества преподавательской работы.

Данная работа является продолжением исследований [1-3] посвященным вопросам разработки автоматизированной системы контроля качества учебного процесса, и рассматривает проблему оценки значений должностных показателей эффективности деятельности педагогических работников на основе данных, накапливаемых электронной информационной образовательной средой Ростовского государственного университета путей сообщения.

Одним из важнейших элементов в процессе управления качеством персонала, является его оценка [4, 5]. На сегодняшний момент порядок заключения трудового договора с педагогическими работниками определяется существующим положением об эффективном контракте, где контроль деятельности сотрудников производится на основе подтверждения факта выполнения установленных должностных показателей [6, 7].

К показателям эффективности деятельности относятся:

– показатель наличия учебно-методических разработок, необходимых для выполнения работником преподавательской деятельности в соответствии с трудовым договором – F(УМ);

– показатель публикационной активности F(РИНЦ), отражающий наличие научных статей в изданиях, индексируемых российским индексом научного цитирования (РИНЦ);

– показатель публикационной активности F(ВАК), отражающий наличие научных статей в изданиях, включенных в перечень высшей аттестационной комиссии (ВАК) России;

– показатели публикационной активности F(SCOPUS) и F(WOS), отражающие наличие научных статей в изданиях, индексируемых информационными ресурсами Scopus и Web of Science соответственно;

– показатель эффективности подготовки научно-педагогических кадров – F(НПК), отражающий деятельность в качестве научного руководителя аспиранта или научного консультанта докторанта, по результатам защиты которого в отчетном периоде было принято решение о присуждении ему искомой ученой степени;

– показатель участия в научной и/или образовательной, дополнительно оплачиваемой, деятельности – F(НИР/ДОП);

– показатель эффективности выполнения работы по поручению заведующего кафедрой – F(КАФ).

При этом устанавливаются бинарные значения показателей, которые считаются либо выполненными, либо невыполненными.

Например, для выполнения показателей публикационной активности за отчетный период необходимо количество научных статей не менее, установленного для соответствующей должности.

За перевыполнение показателей эффективности свыше уровня пороговых должностных значений сотруднику назначается выплата стимулирующего характера.

Данная статья посвящена вопросу расчета норм показателей качества, не назначаемых «сверху», а отражающих реальное положение дел в каждом отдельно взятом коллективе и подстраивающихся под средний уровень деловой активности его сотрудников.

Подойдем к проблеме определения таких пороговых значений с позиции добычи данных путем определения сообществ и выделения выбросов на сетевом графе [8-10]. Для этого, на основании сведений о должностных показателях из электронной информационной образовательной среды университета, разобьем сотрудников на группы «ближайших соседей». Проанализируем состав полученных сообществ на предмет наличия общих признаков, а так же выделим сотрудников, находящихся вне групп, так называемые выбросы. Средние значения должностных показателей в группах будут являться нормативами для конкретных коэффициентов эффективности в зависимости от занимаемых должностей, а наличие выбросов будет служить причиной премирования или увольнения данных работников, исходя из их характеристик.

Выплаты стимулирующего характера, назначаемые за перевыполнение установленных на данный момент нормативных показателей эффективности, должны быть довольно существенными, что позволит рассматривать коллектив как самоорганизующуюся систему, стремящуюся максимизировать свои премиальные и не допустить увольнений. С одной стороны сотрудникам не выгодно поднимать свои средние показатели, так как сложность их достижения в дальнейшем может привести к увольнению. С другой стороны наличие существенных премий за

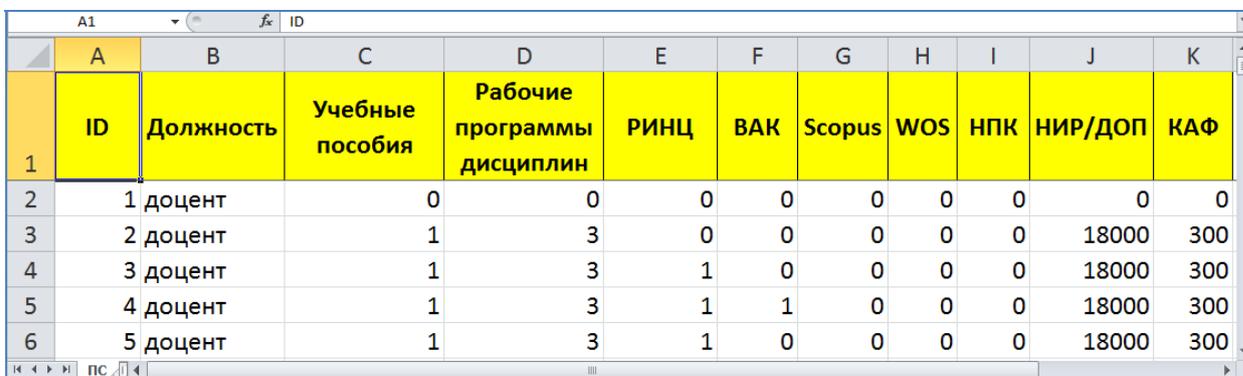
превышение верхних пороговых границ будет стимулировать сотрудников не сидеть «сложив руки».

Это позволит формировать новые, более эффективные инструкции, по окончании каждого отчетного периода и своевременно реагировать на изменения, происходящие в организации.

Для иллюстрации предлагаемого анализа в данной статье будет использован редактор электронных таблиц Excel и гипотетические исходные данные, включающие в себя:

- идентификационный номер и должность сотрудника;
- количество учебно-методических разработок, рабочих программ дисциплин и научных статей (по категориям), опубликованных сотрудником за отчетный период;
- количество аспирантов и докторантов, защитившихся под руководством рассматриваемого сотрудника;
- фактические выплаты работнику за участие в дополнительно оплачиваемой научной и/или образовательной деятельности;
- количество выполненных в отчетном периоде работ по поручению непосредственного руководителя (в часах).

Ограничимся набором данных 400 сотрудников, содержащимся в таблице, фрагмент которой представлен на рис. 1.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ID	Должность	Учебные пособия	Рабочие программы дисциплин	РИНЦ	ВАК	Scopus	WOS	НПК	НИР/ДОП	КАФ
2	1	доцент	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	доцент	1	3	0	0	0	0	0	18000	300
4	3	доцент	1	3	1	0	0	0	0	18000	300
5	4	доцент	1	3	1	1	0	0	0	18000	300
6	5	доцент	1	3	1	0	0	0	0	18000	300

Рис. 1. – Исходные данные

Для дальнейшего анализа данных построим граф k-ближайших соседей, вершинами которого будут являться сотрудники, а ребрами – расстояния между ними. Чем более сходными являются показатели эффективности двух сотрудников, тем ближе они находятся друг к другу.

Расстояние между двумя преподавателями рассчитывается путем вычисления разности между двумя точками в векторах набора их данных, возведении полученных значений в квадрат, сложении полученных результатов и извлечения из суммы квадратного корня. Для сотрудников с ID 1 и 2 формула расчета в Excel будет выглядеть следующим образом:

$$\{=\text{КОРЕНЬ}(\text{СУММ}((\text{C2:K2}-\text{C3:K3})^2))\}$$

Проблема заключается в том, что исходный набор данных не позволяет измерить расстояние между сотрудниками, потому, что каждый столбец с показателем имеет свои единицы измерения. Необходимо нормировать исходные данные. Для этого установим новые значения показателей. Показатель будет либо выполнен, либо не выполнен, либо превышен.

Для определения норм показателей качества применим метод внутренних границ Тьюки [10]. Показатель будет считаться выполненным (равным единице), если его исходное значение находится в пределах внутренних границ. Если значение показателя окажется меньше нижней границы исходных данных, то он будет считаться невыполненным (равным нулю). Если показатель окажется больше верхней внутренней границы, то следует вычислить, во сколько раз он ее превышает. Это отношение и станет его новым нормированным значением.

Для расчета нижней внутренней границы следует для каждого столбца исходных данных рассчитать значение медианы и межквартильного размаха. А затем найти разность между медианой и, увеличенным в полтора раза, межквартильным размахом. Верхняя внутренняя граница – это сумма медианы и увеличенного в полтора раза межквартильного размаха.

При этом если в целом по организации какой-то из показателей имел за отчетный период очень низкие значения, например, было выпущено мало учебно-методической литературы, то это приведет к тому, что нижняя граница нормы станет отрицательной (рис. 2) и, полное отсутствие у сотрудника указанных пособий, не приведет к невыполнению рассматриваемого показателя. Но и причин для премирования такого работника не будет.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ID	Должность	Учебные пособия	Рабочие программы дисциплин	РИНЦ	ВАК	Scopus	WOS	НПК	НИР/ДОП	КАФ
400	399	доцент	1	0	6	2	1	1	6	50000	10
401	400	доцент	1	8	1	1	0	0	0	18000	100
402		Медиана	1,00	5,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18000,00	350,00
403		межквартильный размах	1,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	36000,00	200,00
404		нижняя граница	-0,50	0,50	1,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	-36000,00	50,00
405		верхняя граница	2,50	9,50	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	72000,00	650,00

Рис. 2. – Расчет норм должностных показателей качества

Нормализованный набор исходных данных представлен на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ID	Должность	Учебные пособия	Методички	РИНЦ	ВАК	Scopus	WOS	НПК	НИР/ДОП	КАФ
2	1	доцент	1	0	0	1	1	1	1	1	0
3	2	доцент	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	3	доцент	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	4	доцент	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	5	доцент	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	6	доцент	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 3. – Нормализованный набор данных о работе персонала

Основываясь на нормированных исходных данных о выполнении должностных показателей, создадим матрицу расстояний (дистанций) между преподавателями, фрагмент которой представлен на рис. 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1		0	1	2	3	4	5
2		ID	1	2	3	4	5	6
3	0	1	0,0	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8
4	1	2	1,5	0,0	1,1	1,1	1,1	1,1
5	2	3	1,8	1,1	0,0	0,1	0,1	0,1
6	3	4	1,8	1,1	0,1	0,0	0,1	0,1
7	4	5	1,8	1,1	0,1	0,1	0,0	0,1

Рис. 4. – Матрица расстояний между сотрудниками

Следующим шагом будет ранжирование каждого работника в соответствии с его расстояниями до других членов коллектива. Так мы сможем определить ближайших соседей. Фрагмент таблицы ранжирования и формула для расчетов представлены на рис. 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	1	0	1	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
3	2	387	0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
4	3	397	305	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	4	397	305	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	5	397	305	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	6	397	305	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 5. – Нумерация сотрудников относительно их расстояния друг от друга

Можно заметить, что хотя сотрудник с ID 1 и считает своим первым «ближайшим соседом» коллегу с ID 2, но для последнего он находится на 387 месте по удаленности.

Для того чтобы построить граф k-ближайших соседей, используя матрицу расстояний и таблицу ранжирования, достаточно удалить все ребра из матрицы (обнулить ячейки), чей ранг окажется больше, чем k. Определить выбросы на таком графе можно, оценив количество ребер, входящих в каждую вершину графа, так называемую «полустепень захода» вершины.

Чем ниже полустепень захода у сотрудника, тем больше он похож на выброс. Выбор значения k зависит от общего числа сотрудников.

Рассчитаем полустепень захода для преподавателей на графе 5, 10 и 20 ближайших соседей (рис. 6). Будем считать выбросами тех из них, которых никто не считает своими ближайшими соседями.

Яркими представителями выбросов в рассматриваемом примере стали сотрудники с ID 1 и 399. Причем, если первый сотрудник представляет собой образец самых низких результатов по должностным показателям качества (см. рис. 1), то 399 напротив является одним из лучших работников, несколько показателей качества которого превышают верхнюю границу нормы (см. рис. 1).

B402		=СЧЁТЕСЛИ(B\$2:B\$401;"<=5") - 1																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1		
395		394	315	315	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1		
396		395	397	305	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
397		396	397	310	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
398		397	397	305	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
399		398	314	314	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		
400		399	317	319	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	1		
401		400	397	305	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
402	5 ближайших	0	82	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	29		
403	10 ближайших	0	82	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	31		
404	20 ближайших	0	82	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	316	31		

Рис. 6. – Полустепени захода трех разных графов

Оценить величину «выбросовости» можно, сравнив расстояния от рассматриваемых сотрудников до их k -тых ближайших соседей (так называемое k -расстояние). Чем больше сравниваемое значение, тем с большей уверенностью можно говорить о наличии выброса в ту или иную сторону.

Исследование данных о выполнении должностных показателей на предмет наличия выбросов значительно облегчит процедуру премирования

или продления трудовых договоров. Рассмотренный алгоритм целесообразно включить в подсистему поддержки принятия решений электронной информационной образовательной среды университета.

Литература

1. Дергачева И.В. Организация управления учебным процессом с использованием методов теории игр // Международная научно-практическая интернет конференция «Преподаватель высшей школы в XXI веке». Ростов н/Д: Рост. Гос. Ун-т путей сообщения, 2008. С. 77-79.

2. Дергачева И.В., Линденбаум Т.М., Потанина Т.В. Проблема объективной оценки уровня знаний студентов при создании автоматизированной системы управления качеством учебного процесса // В мире научных открытий. 2013. №12.1(48). С. 36-46.

3. Дергачева И.В., Калинина Г.К. Проблема мотивации учебной деятельности при создании автоматизированной системы управления качеством учебного процесса // Казанская наука. 2015. №6. С. 191-193.

4. Джинчарадзе Г.Р. Методические аспекты организации процедуры оценки персонала // Инженерный вестник Дона, 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/795.

5. Скорев М.М., Скорев М.М. Человеческий капитал сквозь призму сертификации квалификаций // Инженерный вестник Дона, 2013, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1513.

6. Сухов Э.В., Ганиева И.Н., Пуляева В.Н. Система управления эффективным контрактом вуза в условиях внедрения профессиональных стандартов // Университетское управление: практика и анализ. 2016. № 4 (104). С. 82-95.

7. Боровская М.А., Масыч М.А., Кобец Е.А., Каплюк Е.В. Эффективные контракты с научно-педагогическими сотрудниками: отечественный опыт //



Инженерный вестник Дона, 2015, №2-2 URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3026.

8. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: a survey. Journal ACM Computing Surveys (CSUR), 2009, vol. 41, no. 3 URL: doi.org/10.1145/1541880.1541882 (accessed 12/05/19).

9. Chernov A.V., Savvas I.K., Butakova M.A. Detection of Point Anomalies in Railway Intelligent Control System Using Fast Clustering Techniques. Springer Nature Switzerland AG 2019 A. Abraham et al. (Eds.): IITI 2018, AISC 875, vol. 875, 2019, pp. 267-276. URL: doi.org/10.1007/978-3-030-01821-4_28 (accessed 12/05/19).

10. Foreman J. Data Smart: Using Data Science to Transform Information into Insight. New York: Wiley, 2013. 432 p.

References

1. Dergacheva I.V. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja internet konferencija «Prepodavatel' vysshej shkoly v XXI veke» [International Scientific and Practical Internet Conference "Higher School Teacher in the XXI Century"]. Rostov n/D, 2008, pp. 77-79.

2. Dergacheva I.V., Lindenbaum T.M., Potanina T.V. V mire nauchnyh otkrytij [In the world of scientific discoveries]. 2013. № 12.1 (48), pp. 36-46.

3. Dergacheva I.V., Kalinina G.K. Kazanskaja nauka. 2015. №6, pp. 191-193.

4. Dzhincharadze G.R. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/795.

5. Skorev M.M., Skorev M.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1513.

6. Suhov Je.V., Ganieva I.N., Puljaeva V.N. Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz. 2016. № 4 (104). pp. 82-95.



7. Borovskaya M.A., Masych M.A., Kobets E.A., Kaplyuk E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, № 2-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3026

8. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Journal ACM Computing Surveys (CSUR), 2009, vol. 41, № 3. URL: doi.org/10.1145/1541880.1541882 (accessed 12/05/19).

9. Chernov A.V., Savvas I.K., Butakova M.A. Detection of Point Anomalies in Railway Intelligent Control System Using Fast Clustering Techniques. Springer Nature Switzerland AG 2019 A. Abraham et al. (Eds.): IITI 2018, AISC 875, vol. 875, 2019, pp. 267-276. URL: doi.org/10.1007/978-3-030-01821-4_28 (accessed 12/05/19).

10. Foreman J. Data Smart: Using Data Science to Transform Information into Insight. New York: Wiley, 2013. 432 p.