

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 519.876.2:378

Математическое моделирование процесса системы качества как механизм улучшения его показателей

Ю.В. Планкова¹, Ю.А. Шичкина¹

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: strange.y@mail.ru
Статья поступила 14.11.2011, принята 16.08.2012

На формирование контрольных цифр приема граждан в образовательные учреждения профессионального образования оказывает влияние ряд факторов, таких как: демографический фактор, влияние мирового кризиса на рынок труда, переход системы высшего профессионального образования на уровневое образование. Чтобы преодолеть негативное влияние демографической ситуации на систему профессионального образования требуется разработка комплекса мер, одной из которых является оптимизация контрольных цифр приема в учреждения профессионального образования, обучающихся за счет средств федерального бюджета. В статье приводится описание метода по формированию контрольных цифр приема граждан в высшее учебное заведение на примере Братского государственного университета. На основе показателей процесса системы качества построена математическая модель, которая позволяет управлять процессом формирования контрольных цифр приема и прогнозировать конкурсную ситуацию.

Ключевые слова: показатель качества, математическая модель, уравнение регрессии.

Quality system modeling as mechanism of improving its indices

Yu. V. Plankova¹, Yu. A. Shichkina¹

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: strange.y@mail.ru
The article received 14.11.2011, accepted 16.08.2012

A number of factors influence the admission quotas forming for citizens entering the institutions of higher professional education, such as: the demography factor, the influence of the world crisis on the labour market, the transition of higher professional education to the system of level education. To overcome the negative influence of the demography situation on the professional education system, it is necessary to develop a comprehensive set of measures, one of them being the admission quotas optimization for citizens entering higher institutions of the professional education studying at the expense of federal budget resources. This article proposes the description of the optimal method of the admission quotas forming for citizens entering the institutions of higher professional education, Bratsk State University taken as an example. Based on the quality system process indices, the mathematical model which allows controlling the process of admission quotas forming and forecasting the competitive situation has been developed.

Keywords: quality index, mathematical model, regression equation.

С целью определения оптимального формализованного подхода к организации приемной кампании, в частности оптимальной заявки на контрольные цифры приема (КЦП), необходимо установить степени взаимосвязи между всеми параметрами, оказывающими влияние на итог приемной кампании. Следует также учитывать экономические требования вуза и различные варианты результатов приема, такие как недобор, слишком высокий конкурс или отсутствие конкурса. При этом возможны следующие варианты.

1. **Контрольные цифры приема значительно меньше числа потенциальных абитуриентов** – возможность у вузов осуществить качественный отбор, так как на бюджетные места попадут абитуриенты, имею-

щие более высокие показатели среднего и проходного баллов. Высокие показатели конкурса при зачислении.

1.1. *Направление популярно*, и существует возможность набрать договорников, что дает возможность увеличить объем внебюджетного финансирования при небольшом объеме бюджетного финансирования.

1.2. *Направление непопулярно*, маленькие группы и при этом небольшой объем как бюджетного, так и внебюджетного финансирования.

2. **Контрольные цифры приема больше числа потенциальных абитуриентов** – остаются «незакрытые» бюджетные места. Недобор или невыполнение государственного задания на подготовку специалистов влечет за собой, во-первых, применение со стороны учредителя административных мер по отношению к

вузу, вплоть до лишения лицензии, а во-вторых, уменьшение планового объема бюджетного финансирования. Кроме того, и объем внебюджетного финансирования невелик, так как практически нет абитуриентов, желающих обучаться за собственные средства. При этом варианты показатели конкурса, а именно средний и проходной баллы по ЕГЭ, значительно уменьшаются, т. е. качественный уровень студентов первого курса снижается, следствием чего являются сложности с сохранением контингента студентов.

2.1. *Направление популярно*, что позволяет привлечь большое количество абитуриентов и тем самым обеспечить конкурсный набор, но при этом на бюджетные места попадут абитуриенты, имеющие более низкие показатели среднего балла, небольшое количество абитуриентов, желающих обучаться на договорной основе. В этом случае объем бюджетного финансирования достаточный, но есть риск отсева на первых курсах студентов, находящихся в конце списка по рейтингу.

2.2. *Направление непопулярно* – отсутствие конкурса при приеме на бюджетные места, в отдельных случаях невыполнение контрольных цифр приема.

Анализ вышеперечисленных ситуаций показал, что наиболее оптимальным, с точки зрения экономических потребностей вуза, является вариант, когда КЦП попадают в определенный интервал $[x; y]$, где x – минимальное число студентов в группе, допустимое экономическими требованиями вуза, y – нижняя граница числа потенциальных абитуриентов на специальность.

Если со значением x существует определенность, продиктованная экономикой вуза, то значение y зависит от многих параметров, например, таких, как популярность специальности, демографическая ситуация в регионе, состояние экономики в регионе, которое влияет на платежеспособность населения. Проведенные исследования показали, что при удовлетворительном экономическом состоянии региона абитуриент, не прошедший на желаемое направление по конкурсу, в 8 из 9 случаев пойдет учиться на это же направление на коммерческой основе. В то время как при неудовлетворительном состоянии экономики в регионе абитуриент не в состоянии учиться платно и будет вынужден выбрать другое направление, с меньшим проходным баллом, что приведет к перераспределению потенциальных абитуриентов среди направлений подготовки. Это является косвенным влиянием экономики региона на распределение абитуриентов по направлениям.

Существует и прямое влияние экономики на контрольные цифры приема. Многолетнее анкетирование учащихся 11-х классов средних образовательных учреждений показало, что 90 % выпускников школ выбирают направление с учетом успешного трудоустройства в будущем.

Для поиска формализованного метода подбора КЦП все параметры, предполагаемо влияющие на КЦП, были проанализированы с помощью методов однофакторного корреляционно-регрессионного анализа.

С целью наглядного представления взаимосвязей между параметрами были отобраны только те из них, между которыми существует значимая ранговая корреляционная связь, и после модификации получен кор-

реляционный граф (рис. 1), где Аб – число абитуриентов, БМЗ – количество бюджетных мест, выданных министерством образования и науки РФ, БММ – число бюджетных мест, включенных в заявку министерства образования и науки РФ, Зв – количество поданных заявлений, Дв – число договорников, Вп – число выпускников, Бл – проходной балл, Тр – число трудоустроенных по специальности выпускников.

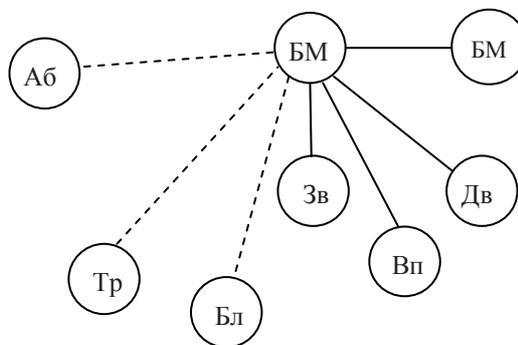


Рис. 1. Граф зависимостей параметров КЦП.

Еще одним важным аспектом при установке контрольных цифр приема является то, что количество бюджетных мест, включенные в заявку, часто не совпадает с количеством бюджетных мест, которые выделяет министерство образования.

Диаграмма рассеяния и коэффициент линейной корреляции, рассчитанный с помощью табличного процессора Microsoft Excel, показывают, что тесная связь между количеством мест, включенных в заявку, и бюджетными местами, которые выделяет министерство образования и науки РФ, хотя и значима, но далека от оптимального значения – единицы. Коэффициент линейной корреляции равен: $r = 0,888703$. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 1,197x - 7,08.$$

Возникает вопрос: что, с точки зрения экономики вуза, должно быть максимально приближено к оптимальным контрольным цифрам приема – количество бюджетных мест, которые выделяет министерство образования и науки, или количество бюджетных мест, которое вуз включает в свою заявку?

Если с помощью построенной модели КЦП можно получить значение количества бюджетных мест, включенных в заявку, то только в 20 % случаев полученные бюджетные места от министерства образования и науки РФ будут полностью соответствовать желаемым. Поэтому возникает естественное решение выбрать результативным фактором то количество бюджетных мест, которое выделяет министерства образования и науки РФ.

Но, так как количество бюджетных мест, которые выделяет министерство образования и науки РФ, не может быть получено, минуя заявку вуза, то можно предложить следующий алгоритм получения количества бюджетных мест.

1. Найти значение количества бюджетных мест, которые выделяет Министерство образования и науки РФ

(далее БММ), из множественной однофакторной регрессионной модели БММ (заявление, количество договоров, предпочтения будущих абитуриентов, проходной балл, волна, выпускники, труд).

2. Найти значение БМЗ из модели обратной линейной регрессии БММ(БМЗ), т. е. $БМЗ = f^{-1}(\text{БММ})$.

В этом случае при отправке в Москву запроса в соответствии со значением БМЗ с большой вероятностью будут получены КЦП, равные БММ и наиболее выгодные для вуза с точки зрения закрытия бюджетных мест и экономики вуза.

В соответствии с этим алгоритмом были проведены расчеты и получены следующие результаты.

Общее число бюджетных мест, выделяемых министерством образования и науки РФ, определяется как:

$$БММ = \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1)$$

где $i = \overline{1, n}$, n – количество специальностей, y_i – количество бюджетных мест по i -й специальности. Подставив в уравнение (1) теоретические значения бюджетных мест по специальности, получим формулу для определения БММ в целом по вузу в зависимости от параметров КЦП.

$$БММ = \sum_{i=1}^n \left(14,16 + 0,013x_{i1} + 0,59x_{i2} + 8,13x_{i3} - \right. \\ \left. - 0,01x_{i4} - 0,16x_{i5} - 0,13x_{i6} \right),$$

$$БММ = 14,16n + 0,013 \sum_{i=1}^n x_{i1} + 0,59 \sum_{i=1}^n x_{i2} + 8,13 \sum_{i=1}^n x_{i3} - \\ - 0,01 \sum_{i=1}^n x_{i4} - 0,16 \sum_{i=1}^n x_{i5} - 0,13 \sum_{i=1}^n x_{i6}$$

где $i = \overline{1, n}$, n – количество специальностей, x_{ij} – значение j -го параметра по i -й специальности, $j = \overline{1, m}$, $m = 6$ – число параметров. С учетом того, что:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = x_j,$$

где x_j – значение j -го параметра в целом по вузу, $j = \overline{1, 6}$, уравнение для БММ можно переписать в следующем виде:

$$БММ = 14,16n + 0,013x_1 + 0,59x_2 + 8,13x_3 - \\ - 0,01x_4 - 0,16x_5 - 0,13x_6. \quad (2)$$

Для того чтобы найти зависимость БММ (выпуск, волна, договор, будущий, труд, балл), найдем декомпозицию уравнений (1) и (2):

$$\begin{cases} БММ = 14,16n + 0,013x_1 + 0,59x_2 + 8,13x_3 - \\ - 0,01x_4 - 0,16x_5 - 0,13x_6 \\ БММ = \frac{0,0004x_7^2 + 1,11919x_7 + 1495,209}{k} \end{cases}$$

Сложим два уравнения и найдем БММ:

$$БММ = \frac{1}{2} \left(\begin{aligned} &14,16n + 0,013x_1 + 0,59x_2 + 8,13x_3 - 0,01x_4 - \\ &- 0,16x_5 - 0,13x_6 + \frac{0,0004x_7^2 + 1,11919x_7 + 1495,209}{k} \end{aligned} \right),$$

где n – число специальностей, x_j – значение j -го параметра в целом по ВУЗу, $j = \overline{1, 7}$: x_1 – количество договоров, x_2 – количество абитуриентов, выдержавших 1-й экзамен, x_3 – конкурс при зачислении, x_4 – количество выпускников, трудоустроенных по данной специальности, x_5 – количество абитуриентов, недостающих для закрытия бюджетных мест на 1 этапе, x_6 – проходной балл по специальности, x_7 – количество выпускников средних образовательных учреждений.

После приведения подобных слагаемых и упрощения уравнения БММ получим окончательную форму зависимости БММ от семи параметров:

$$БММ = 0,0065x_1 + 0,299x_2 + 4,065x_3 - 0,005x_4 - 0,08x_5 - \\ - 0,065x_6 + \frac{0,0002}{k}x_7^2 + \frac{0,5596}{k}x_7 + 7,08n + 747,605$$

В дальнейшем при исследовании параметров, влияющих на «количество бюджетных мест», планируется ввести новые коэффициенты, характеризующие, к примеру, демографическую ситуацию в городе. Предварительные исследования показали, что распределение абитуриентов по специальностям напрямую зависит от числа выпускников средних образовательных учреждений в текущем году. Тем не менее, добавить данный показатель в совокупность показателей, представленных выше, не представляется возможным. Число выпускников будет продублировано в матрице X для каждой специальности, и как следствие, в уравнении (3) появится нулевой определитель и будет отсутствовать решение. Одним из вариантов решения данной проблемы является поиск уравнения регрессии числа бюджетных мест по демографическим данным и его декомпозиции с уравнением (4).

Литература:

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика: Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
2. Справка по вопросу «О планировании объемов подготовки специалистов и научных работников (контрольные цифры приема граждан)» К заседанию коллегии Минобрнауки России 23 декабря 2009 г. //М-во образования и науки Рос. Федерации: сайт.URL. <http://old.mon.gov.ru/files/materials/6500/09.12.23-spravka1.pdf> (дата обращения 21.09.2011).
3. Багаутдинова Н.Г. Менеджмент качества в вузе // Стандарты и качество. 2003. № 1. С. 86-88.

References

1. Kobzar' A.I. Applied mathematical statistics: Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. M.: FIZMATLIT, 2006. 816s.
2. Information on the issue "On the training capacity planning for specialists and scholars (admission quotas)". K zasedaniyu kollegii Minobrnauki Rossii 23 dekabrya 2009 g. // <http://old.mon.gov.ru/files/materials/6500/09.12.23-spravka1.pdf> (access date: 21.09.2011).