



УДК 004.3; 536.7

А.А. Бубликов, Н.Ф. Денисова, Т.А. Сегеда
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ В РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ
РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИЙ КЛАСТЕРОВ В ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВАХ**

На сегодняшний день в теплоэнергетике, как и в любой другой области современной техники и технологии, успех развития инноваций связан в большей степени с подходом, предполагающим использование предварительных расчетов. Чем точнее модель, на основе которой проводится прогнозная расчетно-теоретическая работа, тем более адекватна оценка ожидаемого результата. Например, в области теплонасосных установок большое место занимает предварительный расчет энергоэффективности теплового насоса, так как в этих технологиях используются вещества при различных значениях давлений и температур [1]. В данном случае применяются модели газового и жидкого состояний, в которых свойства объясняются движением и взаимодействием структурных частиц термодинамических систем. В числе таких структурных частиц могут быть не только молекулы, но и полимолекулярные образования, сохраняющие химические свойства чистых веществ, – кластеры - поскольку оказывается, что модели на основе только молекул не могут отразить всех особенностей сложных тепловых процессов [2; 3]. Если изучается фазовый переход, например испарения или конденсации, или рассматривается процесс установления равновесия в газе, то модель идеального газа нельзя применять даже при давлениях в несколько миллиметров ртутного столба. Кроме того, провести измерения при всех условиях, которые могут встретиться на практике в теплоэнергетике невозможно, поэтому возникает потребность в теории, которая базируется на надежной модели [4].

Уточнение уравнения состояния для описания систем, которые намного сложнее идеального газа, приводит к возникновению поправок в уравнении состояния на основе идеального газа, которые, зачастую, не имеют ясно выраженного физического смысла [5]. Описание равновесных и неравновесных свойств плотных газов в настоящее время основывается на модели газового состояния, в которой уже учитывается, что молекулы газов образуют связанные или квазисвязанные состояния [2], и эти кластеры вносят свой специфический вклад в физические свойства [3; 4]. В такой кластерной модели всякий газ должен рассматриваться как многокомпонентная смесь, причем число таких компонентов и их концентрация изменяются с изменением макропараметров. Для описания процессов переноса применяется кинетическая теория, где коэффициенты переноса определяются по формулам, в которых роль компонентов смеси играют кластерные субкомпоненты [6-8].

В качестве первичного принципа в кластерной модели газов и жидкостей принимается пропорциональность потенциальной энергии кластера числу входящих в него молекул, что дает распределение их по размерам в виде [9; 10]:

$$C_g^{(c)} = C_1^{(c)} \exp[-\beta(g-1)], \quad (1)$$

где $C_g^{(c)}$ - числовая доля g - мерных кластеров (кластеров, состоящих из молекул в ко-

личестве g штук); $C_1^{(c)}$ - числовая доля мономеров (молекул), которые рассматриваются как кластеры размером 1; β - нормировочный множитель; g - размер кластера в числах входящих в него молекул.

Числовая доля играет роль концентрации кластерного субкомпонента, через нее выражаются аддитивные параметры кластерной смеси. Она вводится как доля по отношению к числовой плотности всех кластеров [10]:

$$C_g^{(c)} \equiv \frac{n_g}{\sum_{g=1}^r n_g}, \quad (2)$$

где n_g - числовая плотность g -мерных кластеров, $\sum_{g=1}^r n_g = n^{(c)}$ - числовая плотность всех кластеров, r - размер наибольшего учитываемого в данной задаче кластера.

Через эту концентрацию выражается средняя молярная масса кластерной смеси [10]:

$$\langle M \rangle = \sum_{g=1}^r C_g^{(c)} M_g, \quad (3)$$

где M_g - молярная масса g -мерных кластеров, $\langle M \rangle$ - средняя молярная масса кластерной смеси.

Наиболее приемлемой формой уравнения состояния в кластерной модели является уравнение, в котором отклонения от идеальности отражаются фактором сжимаемости z [10]:

$$p = zn^{(n)}kT, \quad (4)$$

где $n^{(n)}$ - числовая плотность молекул.

Фактор сжимаемости кластерной смеси выражается через концентрации кластерных субкомпонентов [10]:

$$z = \frac{1}{(1-b) \sum_{g=1}^r g C_g^{(c)}}. \quad (5)$$

Кроме того, существенную роль играет принцип применяемой модели среды, согласно которому частицы проходят последовательность локально-равновесных состояний: при переходе из одного домена в соседний они в нем максвеллизуются, встречая равновесные частицы и теряя принадлежность к прежнему домену [4]. Следующий шаг проходит по той же схеме, что делает последовательность состояний частиц цепочкой Маркова [4] и может быть использовано при описании процессов в газе. Это позволяет получить следующую систему уравнений (6)-(8) для расчета концентраций кластеров:

$$C_1^{(c)} \left(1 + \sum_{g=2}^r \exp[-\beta(g-1)] \right) - 1 = 0, \quad (6)$$

$$C_1^{(c)} \sum_{g=1}^r \{g \exp[-\beta(g-1)]\} - \frac{\rho RT}{pM_1(1-b)} = 0, \quad (7)$$

$$C_1^{(c)} \exp[-\beta(g-1)] - C_g^{(c)} = 0. \quad (8)$$

$$g = 1 \div r.$$

В этой системе учтен относительный собственный объем частиц, который выражается через эффективный диаметр столкновений по обычному правилу [2]:

$$b = \frac{2}{3} n^{(n)} \pi \sigma^3, \quad (9)$$

где σ - эффективный диаметр столкновений молекул.

В результате преобразования системы уравнений (6)-(8), путем замен и алгебраических преобразований, получаем однородное нелинейное алгебраическое уравнение степени $(g-1)$, например для расчета концентраций кластеров до пятимеров включительно [11]:

$$(2B - 1)x + (3B - 1)x^2 + (4B - 1)x^3 + (5B - 1)x^4 + (B - 1) = 0,$$

где $e^{-\beta} = x$, множитель B вычисляется по следующей формуле

$$B = \frac{\rho M_1 (1 - b)}{\rho R T}, \quad (10)$$

где ρ - плотность газа, T - температура газа, R - универсальная газовая постоянная.

Методы решения нелинейных уравнений делятся на прямые (аналитические, точные) и итерационные. Прямые методы позволяют записать решение в виде некоторого соотношения (формулы). При этом значения корней могут быть вычислены по этой формуле за конечное число арифметических операций. Подобные методы применимы для решения тригонометрических, логарифмических, показательных, а также простейших алгебраических уравнений.

Однако уравнение, полученное в данной задаче, не удастся решить прямыми методами. Даже для алгебраического уравнения выше четвертой степени не удастся получить аналитического решения в виде формулы с конечным числом арифметических действий. Во всех таких случаях приходится обращаться к численным методам, позволяющим получить приближенные значения корней с любой заданной точностью.

При численном подходе задача о решении нелинейных уравнений разбивается на два этапа: локализация (отделение) корней, т.е. нахождение таких отрезков на оси x , в пределах которых содержится один-единственный корень, и уточнение корней, т.е. вычисление приближенных значений корней с заданной точностью [12].

Рассмотрены следующие численные методы уточнения корней уравнения: метод половинного деления, метод хорд, метод итераций, метод касательных (метод Ньютона), метод Риддерса [13]. После сравнения результатов для реализации выбран метод Ньютона. На основе метода Ньютона был разработан алгоритм нахождения концентраций кластеров для кластеров больших (до 100) размеров:

- 1) ввод параметров расчета (размерность кластеров, точность приближения и т.п.) и исходных данных (температура газа, давление, объем и т.д.);
- 2) расчет поправки β по формуле (9) и множителя B по формуле (10);
- 3) нахождение интервала, в котором находится корень уравнения, методом отделения корней:
 - а) при достижении конца интервала корней цикл завершается;
 - б) вычисляется функция y для следующего аргумента x ;
 - в) если функция меняет знак - значение аргумента x обозначается как верхняя граница приближения x_2 , значение аргумента с предыдущего шага добавляется как нижняя граница приближения x_1 ;

г) к значению аргумента добавляется шаг h и происходит переход к шагу 3.а алгоритма;

4) для верхней границы интервала x_2 вычисляется значение функции и второй производной функции;

5) если значение и вторая производная функции имеет разные знаки, то за первое приближение в методе Ньютона принимается нижняя граница, если одинаковые знаки – верхняя;

б) вычисляется корень уравнения методом Ньютона:

а) вычисляется параметр h_2 путем деления значения функции на значение ее первой производной, используя в качестве аргумента найденное первое приближение;

б) высчитывается корень x путем вычитания из предыдущего значения корня x значения параметра h_2 ;

в) если параметр h_2 меньше или равен заданной точности, то цикл завершается, иначе – происходит переход к шагу 6.а;

7) вычисляются концентрации кластеров (система уравнений (формулы (6)-(8)), используя найденный корень x ;

8) вывод результатов (концентрации кластеров и поправки b (формула (9)).

Для проверки достоверности метода условия и входные данные выбирались такими, для которых существует решение аналитическим, то есть точным способом – такие данные имеются для водяного пара [11].

Относительная погрешность при использовании данного метода по сравнению с аналитическим составляет от 0,2 до 3 % при значимой концентрации кластеров. Это дает возможность использовать данный метод для расчетов концентраций кластеров различных размеров.

Список литературы

1. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с. (с приложением).
2. Гиршфельдер Дж. Молекулярная теория газов и жидкостей / Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд. – М.: ИЛ, 1961. – 930 с.
3. Немухин А.В. Ван-дер-ваальсовы кластеры // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7. – № 1. – С. 39-44.
4. Курлапов Л.И. Исследование процессов переноса в газах. – Алма-Ата, 1990. – 38 с. – Деп. в КазНИИТИ, 21.05.90, № 4035 – Ка – Д90.
5. Рид Р. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
6. Курлапов Л.И. Характеристики состава кластерного газа / Л.И. Курлапов, Е.А. Дьяченко. – Алматы, 2001. – 13 с. – Деп. в КазгосИНТИ, 21.03.2001, № 8871 – Ка01.
7. Сегеда Т.А. Особенности кинетических эффектов в молекулярно-кластерных смесях газов / Т.А. Сегеда, Л.И. Курлапов // Материалы V-й Междунар. науч. конф. «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент». – Астана, 2006. – Ч. 2. – С. 203-206.
8. Рыбин Е.Н. Термодинамика нуклеации пересыщенного пара на молекулярных ядрах конденсации / Е.Н. Рыбин, В.П. Валюхов, В.Д. Купцов // ЖТФ. – 2012. – Т. 82, вып. 8. – С. 22-27.
9. Мелихов И.В. О кластерной модели жидкости / И.В. Мелихов, В.М. Долгоносков // Журнал физической химии. – 1979. – Т. LIII, вып. 7. – отдельный оттиск.
10. Курлапов Л.И. Кластерная модель газа // ЖТФ. – 2003. – Т. 73. – Вып. 2. – С. 51-55.
11. Родионова А.М. Определение термодинамических свойств водяного пара с учетом молекулярно-кластерного состава: Автореф. дис. ... маг. теплоэнергетики. – Усть-Каменогорск, 2011. – 16 с.
12. Полянин А. Д. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев, А.И. Журов. – М.: Физматлит, 2005.

13. Рашиков В.И. Численные методы решения физических задач / В.И. Рашиков, А.С. Рощаль. – СПб.: Лань, 2005.

Получено 21.11.12

УДК 004:519.35

К.А. Жабский, Н.А. Байгазова

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Значение стратегического управления, позволяющего компаниям выживать в конкурентной борьбе в долгосрочной перспективе, резко возросло в последние десятилетия. Все компании в условиях жесткой конкуренции, быстро меняющейся ситуации должны не только концентрировать внимание на внутреннем состоянии дел в компании, но и выработать стратегию долгосрочного выживания, которая позволяла бы им адаптироваться к изменениям, происходящим во внешней среде. Если раньше считалось, что крупные компании имеют лучшие шансы победить в конкурентной борьбе по сравнению с небольшими компаниями, то теперь все более ясным становится факт, что преимущества получает более «быстрый», умеющий приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Сейчас все наиболее частой причиной неудач в хозяйственной деятельности предприятий называют мировой экономический кризис. Промышленность Казахстана обладает высоким потенциалом, и сложившаяся ситуация в мире создает благоприятные условия для «экономического рывка» Казахстана на мировой арене.

В данный период субъекты хозяйствования решают множество вопросов по поводу мобилизации внутреннего экономического потенциала для преодоления финансовых проблем, а также трудностей, связанных с оптимизацией собственного капитала, сокращением персонала, переходом на сокращенный рабочий день, нехваткой собственных оборотных средств и многими другими проблемами.

Особую проблему представляет состояние используемого оборудования, большая часть которого отработала свой срок службы, т.к. было выпущено еще в 60-80-х гг. прошлого столетия.

Основной целью при стратегическом управлении предприятием является повышение эффективности его работы на длительном интервале времени. Повышение эффективности работы предприятия во многом определяется эффективностью использования оборудования.

Эффективность использования оборудования связана с качеством выпускаемой продукции, бесперебойной работой оборудования, его качественным и постоянным обслуживанием, совершенством технологического обеспечения. Достичь повышения этих показателей эффективности производства можно путем внедрения современных информационно-аналитических систем управления процессом технического обслуживания и ремонта.

Одной из основных предпосылок повышения эффективности использования оборудования является нахождение оптимальных значений составляющих комплексного показателя эффективности.

Эффективность использования оборудования, в общем случае, можно представить следующим набором информации:

$$\langle G, P, K \rangle,$$

где G – готовность оборудования к выпуску продукции; P – производительность выпуска

продукции; K – качество выпущенной продукции.

Любой из элементов этого набора может служить классификационным признаком эффективности использования оборудования.

Стратегический подход к управлению производством предполагает использование многовариантных моделей развития объекта управления.

Для достижения оптимальных значений эффективности использования оборудования можно воспользоваться аппаратом математического моделирования.

Наиболее полно отражающим картину оценки использования оборудования может быть метод регрессионного анализа.

В качестве целевой функции оптимизации работы оборудования воспользуемся производственной функцией [8]

$$F = q_{\Gamma}^{\alpha_1} \cdot q_{\Pi}^{\alpha_2} \cdot q_K^{\alpha_3}, \quad (1)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты весомости $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$

Преимуществом предлагаемой функции является то, что она учитывает показатели эффективности работы оборудования, такие, как: Γ – готовность, Π – производительность, K – качество выпускаемых изделий, и позволяет установить силу влияния факторов на результативный признак (полезный эффект). Расчет коэффициентов механической готовности, производительности ед. оборудования, качества производится с помощью формул, составляющими которых являются статистические данные.

Расчет коэффициента механической готовности ед. оборудования, q_{Γ} :

$$q_{\Gamma} = \frac{T_{\text{календ}} - T_{\text{внеур}} - t_{\text{ппр}} - t_{\text{аварии}}}{T_{\text{календ}} - T_{\text{внеур}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{календ}}$ – календарное время; $T_{\text{внеур}}$ – время, не планируемое для работы рудника/участка (фактическое внеуровневое время); $t_{\text{ппр}}$ – фактическое время, затраченное на ППР ед. оборудования; $t_{\text{аварии}}$ – время простоя ед. оборудования в аварии.

Расчет коэффициента производительности ед. оборудования, q_{Π} :

$$q_{\Pi} = \frac{v_{\text{факт}}}{(T_{\text{календ}} - T_{\text{внеур}} - t_{\text{ппр}} - t_{\text{технолог.простои(факт)}} - t_{\text{аварии}}) \cdot v_{\text{паспорт(расч.)}}}, \quad (3)$$

где $v_{\text{паспорт(расч.)}}$ – паспортная или расчетная производительность данной ед. оборудования; $v_{\text{факт}}$ – фактический объем продукции, выпускаемой ед. оборудования; $t_{\text{технолог.простои}}$ – время, нахождения ед. оборудования в технологическом простое (фактическое).

Расчет коэффициента качества q_K (коэффициент, учитывающий потери, связанные с низким качеством продукции):

$$q_K = \frac{Q_{\text{кач.изделий}}}{Q_{\text{вып.изделий}}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{кач.изделий}}$ – фактический объем произведенной продукции, соответствующей установленным параметрам (критериям); $Q_{\text{вып.изделий}}$ – фактический объем выпущенной продукции.

Показатель уровня качества, выполняемой оборудованием производственной работы, не связан с качеством руды, содержанием металлов и др. Качество выполняемой мобильным оборудованием производственной работы (погрузка, транспортировка руды, бурение скважин и шпуров, оборка кровли, очистка забоев, перевозка грузов и др.) заключается в ее своевременности и полноте выполнения. Поэтому основным показателем, определяющим уровень качества производственной работы мобильного оборудования, является отсутствие ее срыва (отказы, поломки, отсутствие фронта работ, загазованность и другие случаи внеплановых простоев).

Данная модель нелинейна относительно оцениваемых параметров, так как включает параметры q_{Γ} , q_{Π} и q_K неаддитивно. Однако ее можно считать внутреннелинейной, ибо

логарифмирование данного уравнения приводит его к линейному виду: $\ln F = \alpha_1 \ln q_I + \alpha_2 \ln q_{II} + \alpha_3 \ln q_K$. Заменяя переменные и параметры, получим линейную регрессию, оценки параметров которой $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ могут быть найдены с помощью МНК.

Важную роль при оценке влияния факторов играют коэффициенты регрессионной модели $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Для сопоставления влияния факторов на зависимую переменную и устранения различия в единицах измерения применяются коэффициенты эластичности \mathcal{E}_j . Эластичность F по отношению к q_j определяется как процентное изменение F , отнесенное к соответствующему процентному изменению q .

Для определения статуса коэффициентов весомости $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ используем метод попарного сравнения. Первым этапом построим матрицу парных сравнений A , отражающую значимость каждого коэффициента. A – квадратная матрица порядка n , в данном случае $n=3$, т.к. имеется всего 3 коэффициента.

Для построения матрицы парных сравнений используется шкала Саати. При использовании данной шкалы лицо, принимающее решение, сравнивая два коэффициента, должен поставить в соответствие этому сравнению число в интервале от 1 до 9 или обратное дробное значение чисел.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Оценка собственного вектора матрицы A :

$$r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где каждый элемент r_i можно определить по следующей формуле

$$r_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}. \quad (7)$$

Тогда нормированный вектор приоритетов находится как:

$$r_H = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1/r_\Sigma \\ r_2/r_\Sigma \\ r_3/r_\Sigma \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где

$$r_\Sigma = \sum_{i=1}^n r_i. \quad (9)$$

Максимальное собственное значение матрицы A находим как:

$$\lambda_{max} = \max_{i=1..n}(\lambda_i) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot \sum_{k=1}^n a_{ki}). \quad (10)$$

Поскольку человеческие суждения нельзя выразить точной формулой, то при сравнении нескольких объектов транзитивная (порядковая) и кардинальная (количественная) однородность могут быть нарушены. Для оценки однородности суждений в методе попарных сравнений используется индекс согласованности (ИС) или отношение однородности (ОО), которым соответствуют следующие выражения:

$$ИС = (\lambda_{max} - n)/(n - 1), \quad (11)$$

$$ОО = ИС/M(ИС), \quad (12)$$

где – математическое ожидание $M(ИС)=0,58$ (справочные данные) для случайным образом составленной матрицы попарных сравнений A порядка $n=3$; λ_{max} - максимальное собственное значение матрицы A .

Критерий проверки однородности суждений: $OO \leq 0,10$.

Если критерий не выполняется, то это свидетельствует о существенном нарушении логичности суждений, допущенных экспертом при заполнении матрицы, поэтому эксперту предлагается пересмотреть данные, использованные для построения матрицы, чтобы улучшить однородность.

Предлагаемые математические модели и количественные характеристики для эффективного использования производственного оборудования определяют потенциальные возможности процесса стратегического управления, реализация которых зависит от субъектов процесса. Качественная организация производственного процесса с научно обоснованными вариантами тенденций развития, с использованием информационных технологий позволит определить степень влияния факторов на результативные показатели деятельности.

Список литературы

1. Кеннеди Р. Взаимодействие 5S и TQM в системе TQM / Р. Кеннеди, Л. Мацца // «Методы менеджмента качества». - 2004. - № 8. - С. 9-15.
2. Момот А.И. Экономический механизм управления качеством. - Норд-Пресс, 2005. - 383 с.
3. Федина С.Ю. Внедрение системы TQM: продолжение следует / С.Ю. Федина, А.Ю. Бурашников // «Методы менеджмента качества». - 2006. - № 2. - С. 12-16.
4. Пшенников В.В. Качество через TQM, или О предельной эффективности промышленного оборудования // «Методы менеджмента качества». - 2001. - № 10. - С. 10-15.
5. Плотников А.Д. Математическое программирование. - 2006. - С. 171.
6. Карманов В.Г. Математическое программирование. - Изд-во физ.-мат. литературы, 2004. - 264 с.
7. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. - М.: Высшая школа, 1986. - 319 с.
8. Погожев И.В. Методы оптимизации системы показателей при управлении качеством продукции. - М.: Знание, 1972. - 59 с.
9. Основы современных компьютерных технологий: Учеб. / Под ред. проф. А.Д. Хомоненко. - СПб.: КОРОНА, 2005.
10. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш: Учеб. пособие для вузов. - М.: ЮНИТИ, 2000.

Получено 28.11.12

УДК 004.382.7

А.В. Залипятских, Т.Г. Балова
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ МНОГОФАКТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИЧНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЛЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Эффективность деятельности промышленного предприятия оценивается по степени достижения поставленных целей. Ключевой ресурс в достижении этих целей - человеческий, поэтому предприятия заинтересованы в регулярной и достоверной оценке его способностей и результатов деятельности. Основой для принятия ключевых решений в сфере управления человеческими ресурсами служат результаты оценки персонала. Создать полноценную точную, объективную и понятную систему оценки персонала непросто. По своей постановке задача подбора на должность относится к классу слабоструктурированных задач, для решения которых требуется привлечение специалистов-экспертов и использование современных моделей и методов оценки. На сегодняшний день существует

множество технологий, каждая из которых имеет свои сильные и слабые стороны [1].

Одним из современных методов оценки персонала является подход, основанный на понятии компетенции [2]. На практике под компетенцией понимается набор взаимосвязанных знаний, умений и способностей, необходимых для выполнения основной работы, которые могут быть оценены с точки зрения эффективности, сравниться с предварительно разработанными стандартами и совершенствоваться путём обучения. Это позволяет выяснить, насколько эффективно может работать человек в зависимости от занимаемой должности. Специалисты по управлению персоналом утверждают, что 20 % сотрудников приносят 80 % прибыли компании [3]. Высоких результатов эти специалисты добиваются за счет особенностей своего поведения, деловых качеств и опыта. Именно эти отличия, позволяющие сотруднику работать успешно, и называются компетенциями.

Оценка компетенций - это та технология, которая предоставляет наиболее широкие возможности для использования её результатов в различных кадровых программах и для управления персоналом в целом.

Несмотря на многочисленные исследования по проблемам оценки персонала, многие российские и зарубежные специалисты отмечают несовершенство оценочных процедур и недостаточную обоснованность многих рекомендаций [4]. Отсутствуют комплексные специализированные системы моделирования управленческой структуры, профилей компетенций и оценки персонала, обеспечивающие повышение эффективности деятельности персонала. В связи с чем, задача разработки комплексного подхода к оценке персонала с целью совершенствования системы управления человеческими ресурсами промышленного предприятия является достаточно актуальной. Для её решения предлагается разработать модель компетенций предприятия как эталонный набор взаимосвязанных знаний, умений и способностей для групп управленческих должностей и использовать её для оценки персонала с применением методик многофакторного исследования личности и анализа соответствия результатов оценки с «идеальным» профилем.

В разработанной структуре модели компетенции определены следующие основные блоки: теоретические знания по должности, оценка профессиональных действий, должностные характеристики сотрудника и профессиональные умения. Каждая из составляющих модели в свою очередь декомпозируется на кластеры. Каждая из компетенций, входящих в состав кластера, характеризуется группой индикаторов. Индикатор - конкретное проявление знания, умения или навыка. Именно с помощью индикаторов каждая компетенция подразделяется на уровни развития компетенций - степень проявления сотрудником конкретной компетенции.

Структура разработанной модели компетенции включает структуру профиля должности.

Профиль ключевых профессиональных компетенций включает в себя ряд критериев, описывающих личностно-деловые и профессиональные качества, которые необходимы для эффективной деятельности в конкретной должности. На нижнем уровне декомпозиции определяются уровни развития компетенции: негативный, понимания, базовый, опыта и уровень мастерства. Для каждого из уровней формируется свой набор индикаторов (рис. 1).

Разработанный алгоритм формирования экспертами профиля профессиональных компетенций должности основывается на применении метода баллов с учетом веса оценки каждого из экспертов. Эксперты оценивают компетенции по блокам: «Теоретические знания по должности», «Профессиональные умения» и «Оценка профессиональных действий».

Альтернативой предыдущему методу экспертизы служит метод, используемый для оценивания компетенций, входящих в состав блока «Должностные характеристики сотрудника», схема алгоритма которого представлена на рис. 2.

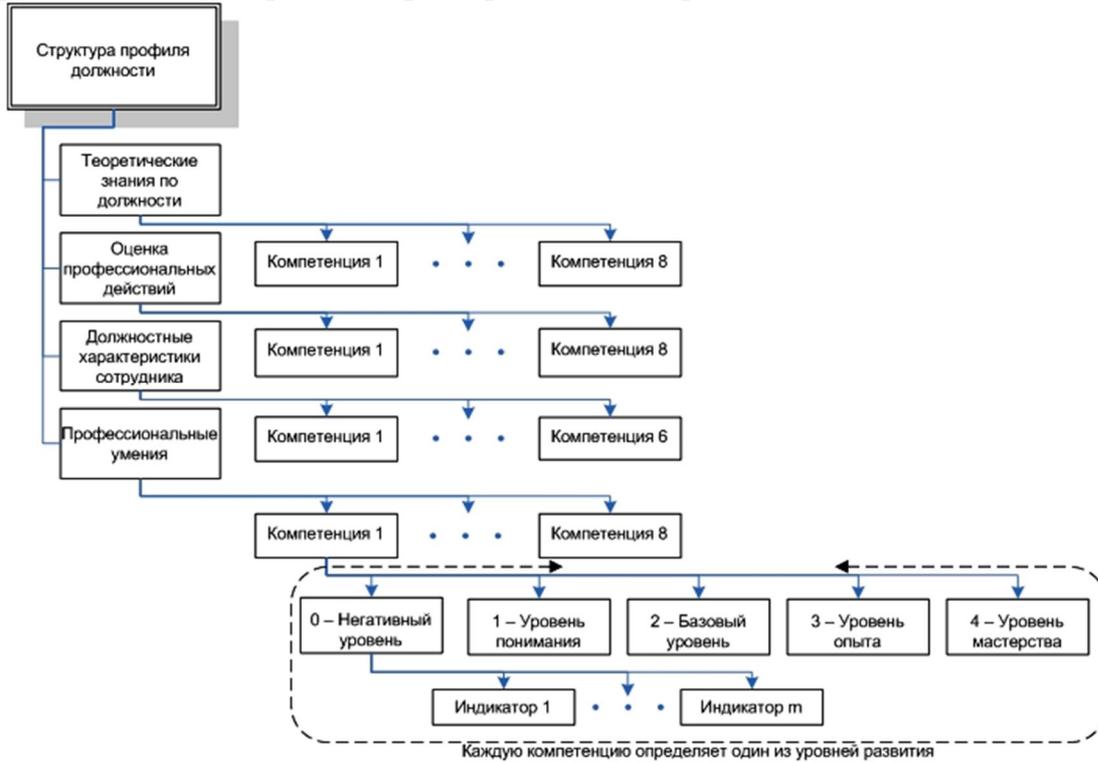


Рисунок 1- Структура профиля должности

Каждый эксперт методом парных сравнений оценивает в баллах компетенции, которые далее суммируются и ранжируются.

После ранжирования компетенций определяется степень согласованности экспертных оценок, для чего используется коэффициент конкордации Кендалла. Если мнения экспертов являются согласованными, осуществляется проверка однородности экспертных оценок с использованием показателей вариации. Если вариация признаётся слабой, совокупность экспертных оценок считается однородной.

По результатам использования алгоритма экспертного оценивания, описанного выше, для каждой группы управленческих должностей предприятия определяется степень обладания личностными качествами, комбинация которых составляет профиль «идеального» работника в данной должности, а также отражает меру важности того или иного качества личности для успешной работы в данной должности.

Для комплексной оценки должностных характеристик выбрана методика многофакторного исследования личности с помощью опросника Кеттелла [5]. Данный метод идеален для определения отличительных черт темперамента, мотивации, характера и т.д. Он является одним из наиболее популярных анкетных методов оценки индивидуально-психологических особенностей личности и диагностики профессионально важных качеств, признанных как зарубежными, так и отечественными экспертами.

Опросник Кеттелла включает в себя блок из 186 вопросов с тремя вариантами ответа в

каждом. Обработка полученных данных производится с помощью ключа. Полученное значение каждого фактора (из 16) переводится в стены (стандартные единицы) с помощью таблиц перевода.

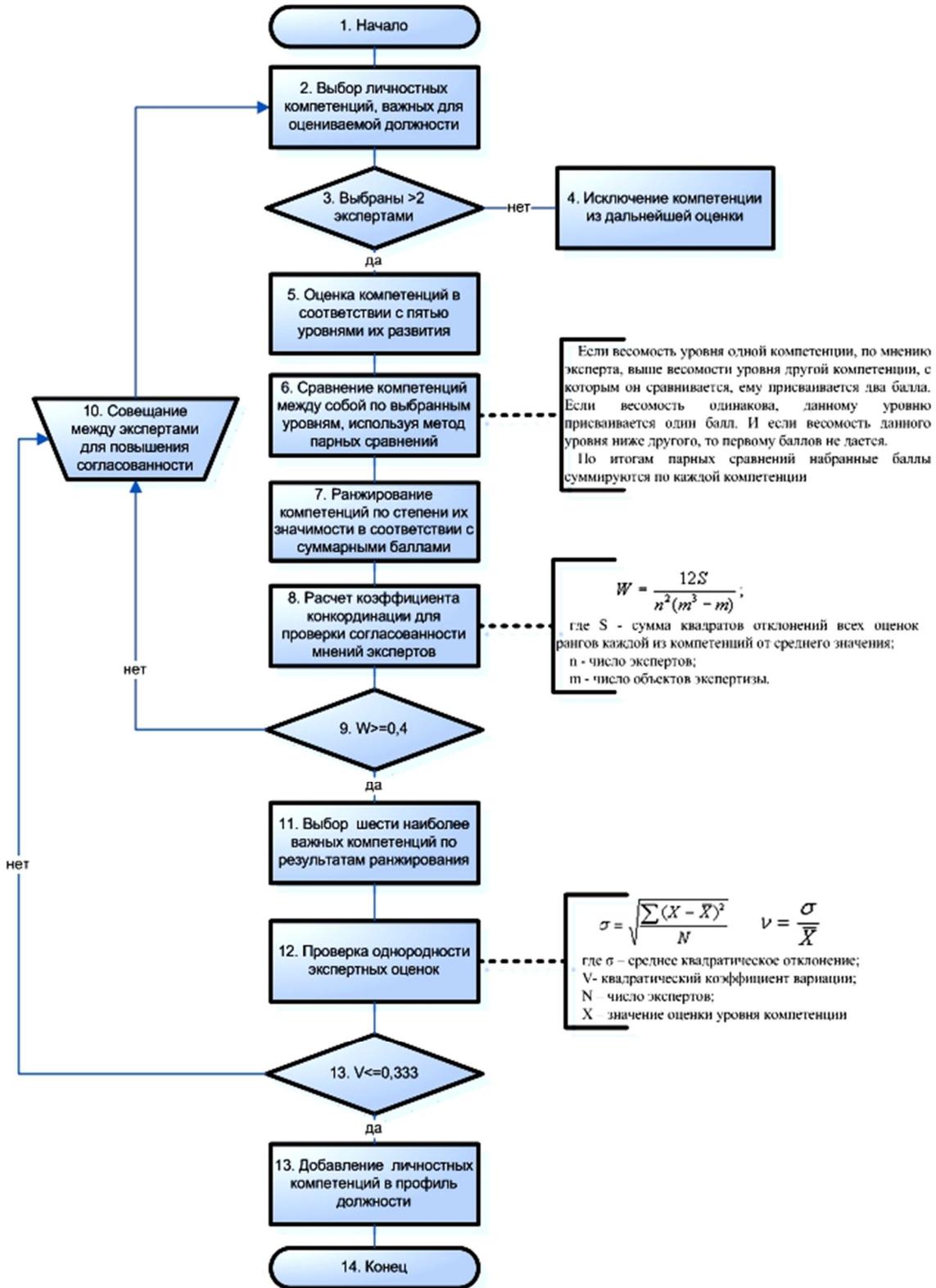


Рисунок 2 - Схема алгоритма оценки на основе метода попарных сравнений

Стены распределяются по биполярной шкале с крайними значениями в 1 и 10 баллов. Соответственно каждый из факторов имеет биполярный характер: с двумя крайними значениями, которые часто обозначаются как положительные (+) и отрицательные (-). Первой половине шкалы (от 1 до 5,5) присваивается знак «-», второй (от 5,5 до 10) - знак «+».

Из имеющихся показателей по всем 16 факторам строится «реальный» профиль личности (рис. 3) [5].

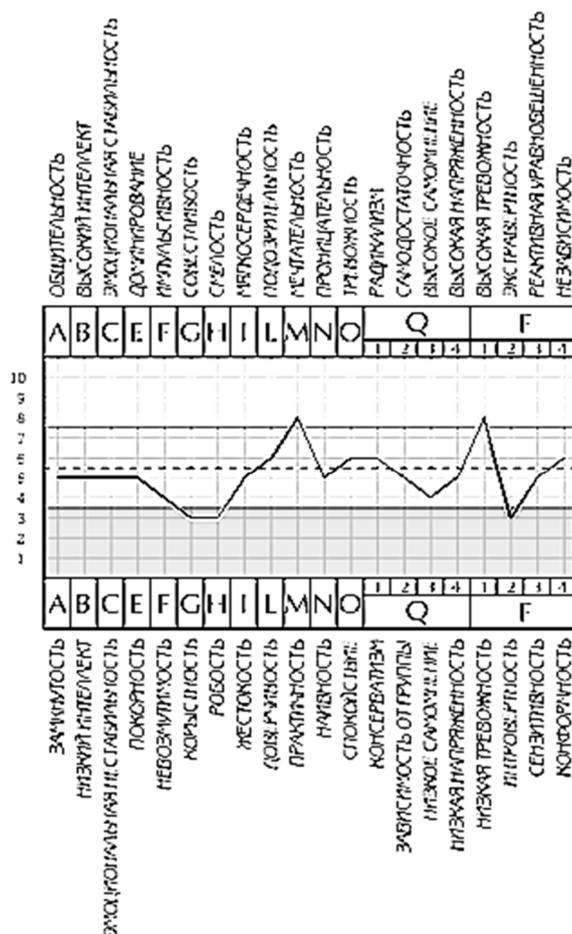


Рисунок 3 - Реальный профиль личности

В итоге отбираются 6 «пиковых» качеств, характеризующих сотрудника для последующего анализа.

На базе полученных результатов с использованием аппарата нечётких множеств производится сравнение реальных профилей персонала, полученных в результате оценки, с «идеальными» профилями должностей с учётом важности рассматриваемых качеств личности для данной должности.

Используя определенную экспертным методом степень обладания личностными факторами, формируем ограничения - нечеткие множества $R(j)$, являющиеся требованиями к специалисту на данную должность. Они ставят в соответствие каждому из возможных

значений личностных факторов j меру принадлежности подмножеству $R(j)$.

Обозначим определенные экспертным методом веса важности каждой личностной характеристики как W_j . Тогда степень соответствия «идеальному» работнику может быть рассчитана по формуле

$$ССИР = \sum_{j=1}^6 c_j(u)W_j,$$

где ССИР - степень соответствия «идеальному» работнику, заданная на интервале $[0;1]$; W_j – вес качества j идеального профиля сотрудника; $c_j(u)$ - мера соответствия значения j -го компонента нечёткому ограничению $R(j)$ на этот компонент.

Чем больше значение рассчитанного показателя ССИР, тем более соответствует оцениваемый сотрудник «идеальному» профилю.

В результате делается вывод о состоятельности специалиста и соответствии занимаемой должности, даются соответствующие рекомендации.

Данный подход к оценке персонала реализует функциональность экспертной системы оценки должностных характеристик и профессиональной компетенции управленческого персонала, которая может быть практически применена на промышленных предприятиях как действенная система оценки персонала.

Список литературы

1. Володина Н. и др. Оценка персонала: Метод. пособие. – М.: Междунар. центр финансово-экон. развития, 2005. – 63 с.
2. Иванова С. и др. Развитие потенциала сотрудников: профессиональные компетенции, лидерство, коммуникации / под ред. М. Савина. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 280 с.
3. Фролов Ю.В. Компетентностная модель как основа оценки качества подготовки специалистов / Ю.В. Фролов, Д.А. Махотин // Высшее образование сегодня. – 2004. – № 8. – С. 34-41.
4. Шмидт В.Р. Проблемы и технологии оценки персонала. – СПб.: Речь, 2008. – 160 с.
5. Капустина А.Н. Многофакторная личностная методика Р. Кеттелла. – СПб.: Речь, 2001. – 112 с.

Получено 29.11.12

УДК 004.383.5

А.А. Ильин, А.С. Глебалдинова, Н.Ф. Денисова
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА SURF

Многие отрасли техники, имеющие отношение к получению, обработке, хранению и передаче информации, в значительной степени ориентируются в настоящее время на развитие систем, в которых информация имеет характер изображений. Изображение, которое можно рассматривать как двумерный сигнал, является значительно более емким носителем информации, чем обычный одномерный (временной) сигнал [1].

Количество систем, использующих компьютерное зрение в качестве основного источника информации, с каждым днем увеличивается, что приводит к возникновению потребности в новых алгоритмах обработки и распознавания изображений. Цель компьютерного зрения заключается в формировании полезных выводов относительно объектов и сцен реального мира на основе анализа изображений, полученных с помощью датчиков

[2]. Исследование компьютерного зрения является научным направлением в области искусственного интеллекта и связанных с ним технологий считывания реальных объектов, их обработки и использования полученных данных для автоматизированного решения прикладных задач. Начало разработок, связанных с данным направлением, относится к 1950-м годам. Первый реальный успех в этой области был достигнут в Корнеллской лаборатории авионавтики в 1958-1960 годах в связи с реализацией на ЭВМ IBM-740 аппаратного варианта системы распознавания простейших зрительных образов - Mark I Perceptron (автор разработки – Фрэнк Розенблатт).

На текущий момент достаточно много различных подходов к реализации систем компьютерного зрения, начиная от различных вариаций на тему сравнения полученного изображения с шаблонным, до построения по изображениям сложных трехмерных моделей. Ввиду объемности темы распознавания объектов, в данном исследовании рассмотрен алгоритм обнаружения устойчивых признаков изображения с помощью метода Speeded up robust features (SURF).

Принцип работы алгоритма заключается в следующем: для изображения сцены и эталона с помощью метода SURF находят особые точки и уникальные дескрипторы для них. Сравнивая эти наборы дескрипторов, можно выделить эталонный объект на сцене [3].

SURF решает две задачи – поиск особых точек изображения и создание их дескрипторов, инвариантных к масштабу и вращению.

Первый этап - «Поиск особых точек», осуществляется с помощью матрицы Гессе. Детерминант матрицы Гессе (гессиан) достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Он хорошо детектирует пятна, углы и края линий. Гессиан инвариантен относительно вращения, но не инвариантен масштабу. Поэтому SURF использует разномасштабные фильтры для нахождения гессианов.

Для каждой ключевой точки считается направление максимального изменения яркости (градиент) и масштаб, взятый из масштабного коэффициента матрицы Гессе.

Градиент в точке вычисляется с помощью фильтров Хаара.

Второй этап - «Формирование дескрипторов». Дескриптор представляет собой набор из 64 (либо 128) чисел для каждой ключевой точки. Эти числа отображают флуктуации градиента вокруг ключевой точки. Поскольку ключевая точка представляет собой максимум гессиана, то это гарантирует, что в окрестности точки должны быть участки с разными градиентами. Таким образом, обеспечивается дисперсия (различие) дескрипторов для разных ключевых точек.

Флуктуации градиента окрестностей ключевой точки считаются относительно направления градиента вокруг точки в целом (по всей окрестности ключевой точки). Таким образом, достигается инвариантность дескриптора относительно вращения. Размер же области, на которой считается дескриптор, определяется масштабом матрицы Гессе, что обеспечивает инвариантность относительно масштаба. Флуктуации градиента также считаются с помощью фильтра Хаара. Остановимся на некоторых ключевых моментах алгоритма.

Интегральное представление. Для эффективного вычисления фильтров Гессе и Хаара используется интегральное представление изображений.

Интегральное представление является матрицей, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения, а элементы считаются по формуле

$$I(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j), \quad (1)$$

где $I(i, j)$ – яркость пикселей исходного изображения.

Имея интегральную матрицу, можно очень быстро вычислить сумму яркостей пиксе-

лов, произвольных прямоугольных областей изображения по формуле

$$\mathbf{SumOfRect}(ABCD) = \mathbf{II}(A) + \mathbf{II}(C) + \mathbf{II}(B) + \mathbf{II}(D), \quad (2)$$

где ABCD – интересующий нас прямоугольник.

Вычисление матрицы Гессе. Обнаружение особых точек в SURF основано на вычислении детерминанта матрицы Гессе (гессиана). Матрица Гессе для двумерной функции и ее детерминант определяется следующим образом:

$$\mathbf{H}(f(x, y)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\det(\mathbf{H}) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \right)^2. \quad (4)$$

Значение гессиана используется для нахождения локального минимума или максимума яркости изображения. В этих точках значение гессиана достигает экстремума.

На рис. 1 видно, что особые точки (очерченные цветными кругами) представляют собой локальные экстремумы яркости изображения. Мелкие точки не распознаны как особые из-за порогового отсечения по величине гессиана.

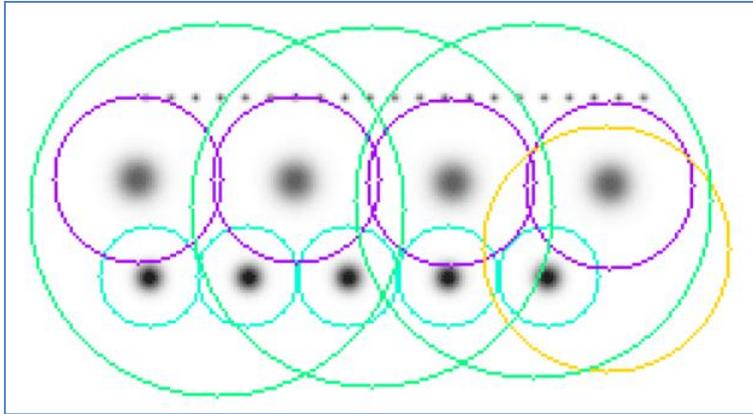


Рисунок 1 - Локальные экстремумы

На рис. 2 показаны концы отрезка, распознанные как ключевые точки, с помощью матрицы Гессе.

SURF использует бинаризованную аппроксимацию лапласиана гауссиана.

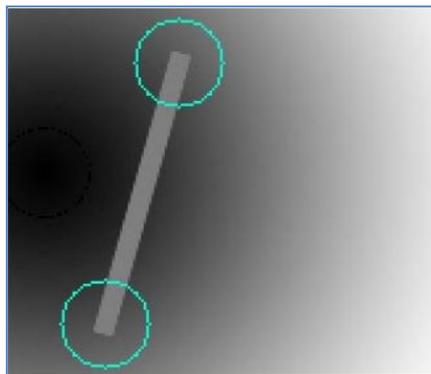


Рисунок 2 - Пример ключевых точек

На рис. 3 изображены фильтры, используемые для нахождения матрицы Гессе в SURF. Белые области соответствуют значению +1, черные -2 (на третьем фильтре -1), серые – нулевые. Пространственный масштаб – 9x9 пикселей. Этот фильтр более устойчив к вращению, и его можно эффективно вычислить с помощью интегральной матрицы.

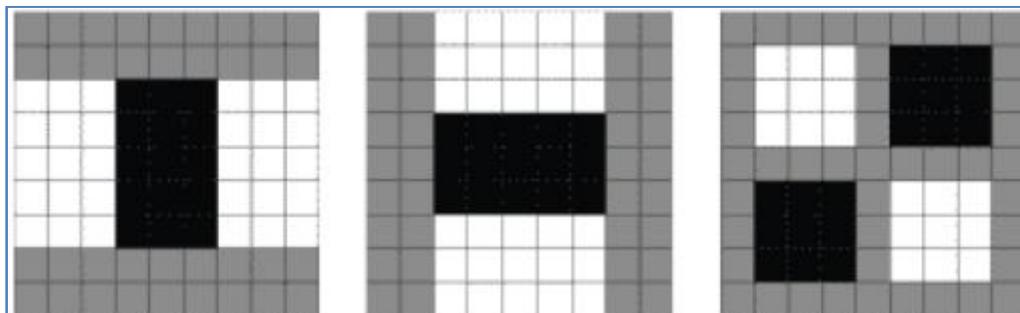


Рисунок 3 - Фильтры нахождения матрицы Гессе в SURF

Таким образом, в SURF гессиан вычисляется так:

$$\det(H_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (0,9D_{xy})^2, \quad (5)$$

где D_{xx} , D_{yy} , D_{xy} – свертки по фильтрам.

Коэффициент 0,9 имеет теоретическое обоснование и корректирует приближенный характер вычислений. Итак, для нахождения особых точек SURF пробегается по пикселям изображения и ищет максимум гессиана.

Для нахождения локального максимума гессиана, используется так называемый метод соседних точек 3x3x3 (рис. 4).

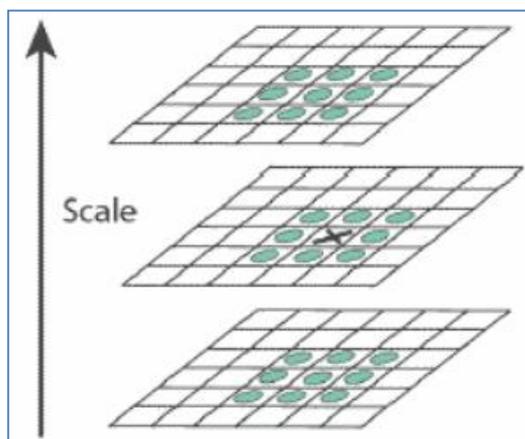


Рисунок 4 - Нахождение локального максимума

Пиксел, помеченный крестиком, считается локальным максимумом, если его гессиан больше, чем у любого его соседа в его масштабе, а также больше любого из соседей масштабом меньше и масштабом больше (всего 26 соседей).

Вычисление дескриптора особой точки. Дескриптор представляет собой массив из 64

(в расширенной версии 128) чисел, позволяющих идентифицировать особую точку. Дескрипторы одной и той же особой точки на образце и на сцене должны примерно совпадать. Метод расчета дескриптора таков, что он не зависит от вращения и масштаба.

Для вычисления дескриптора вокруг особой точки формируется прямоугольная область, имеющая размер $20s$, где s – масштаб, в котором была найдена особая точка. Квадрат ориентируется вдоль приоритетного направления, вычисленного для особой точки. Дескриптор считается как описание градиента для 16 квадрантов вокруг особой точки.

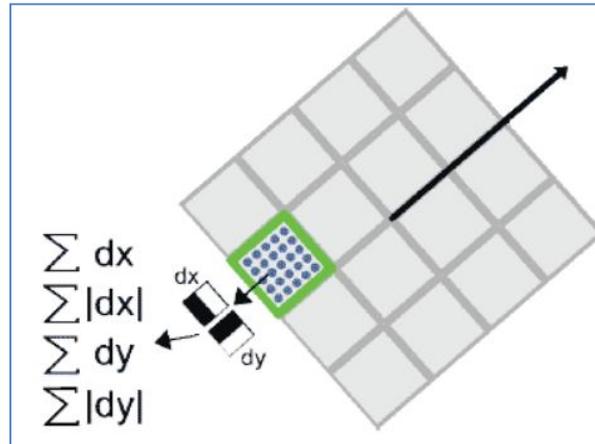


Рисунок 5 - Вычисление дескриптора

Далее квадрат разбивается на 16 более мелких квадрантов (рис. 5). В каждом квадранте берется регулярная сетка 5×5 и для точки сетки ищется градиент с помощью фильтра Хаара.

Следует отметить, что при расчёте фильтра Хаара, изображение не поворачивается, фильтр считается в обычных координатах изображения. А вот полученные координаты градиента (dX, dY) поворачиваются на угол, соответствующий ориентации квадрата.

Для вычисления дескриптора особой точки, нужно вычислить 25 фильтров Хаара, в каждом из 16 квадрантов. Итого 400 фильтров Хаара. Учитывая, что на фильтр нужно 6 операций, выходит, что дескриптор обойдется минимум в 2400 операций.

После нахождения 25 точечных градиентов квадранта, вычисляются четыре величины, которые собственно и являются компонентами дескриптора:

$$\sum dX, \sum |dX|, \sum dY, \sum |dY| \quad (6)$$

Две из них есть просто суммарный градиент по квадранту, а две других – сумма модулей точечных градиентов. На рис. 6 показано поведение этих величин для разных участков изображений.

Для равномерных 18 областей – все значения близки к нулю. Для повторяющихся вертикальных полосок – все величины, кроме второй, близки к нулю. При увеличении яркости в направлении оси X , две первые компоненты имеют большие значения.

Четыре компонента - на каждый квадрант из 16 квадрантов дают 64 компонента дескриптора для всей области особой точки. При занесении в массив значения дескрипторов взвешиваются на гауссиану, с центром в особой точке и с сигмой $3.3s$. Это нужно для большей устойчивости дескриптора к шумам в удаленных от особой точки областях.

Плюс к дескриптору, для описания точки используется знак следа матрицы Гессе, то

есть величина $\text{sign}(D_{xx}+D_{yy})$. Для светлых точек на темном фоне - след отрицателен, для темных точек на светлом фоне - положителен. Таким образом, SURF различает светлые и темные пятна.

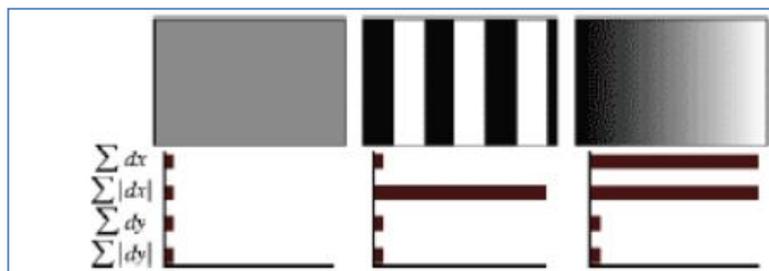


Рисунок 6 - Поведение компонентов дескриптора

Таким образом, применив SURF к изображению, мы получим набор дескрипторов, который будет уникально идентифицировать эталон на сцене.

В заключение хотелось бы отметить не только положительные, но и отрицательные стороны этого метода, которые были выявлены в ходе его использования для обнаружения устойчивых признаков изображений. Положительные стороны метода:

- инвариантен к поворотам и масштабированию;
- инвариантен к разнице общей яркости изображений;
- может детектировать более одного объекта на сцене.

Отрицательные стороны метода:

- достаточно сложен в реализации;
- относительно медленная работа алгоритма.

Список литературы

1. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учеб. пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л.Шапиро, Дж. Стокман; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
2. Bay H. SURF: Speeded Up Robust Features / H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool.

Получено 10.12.12

УДК 621.316.719

С.С. Исенов

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В АНАЛИЗЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРЕДПОСЫЛОК В РАЗРАБОТКЕ ОБОБЩЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕЖИМОВ ЕГО ТОРМОЖЕНИЯ

Эффективность работы многих производственных механизмов, в том числе и крановых, в значительной степени зависит от системы торможения электропривода. В настоящее время в связи с тем, что стали актуальными вопросы энергосбережения, особое значение придается таким системам электропривода, которые при торможении потребляют из сети минимальное

количество электроэнергии либо вообще не потребляют дополнительной электроэнергии, либо обеспечивают рекуперацию части энергии торможения в питающую сеть.

В работе [1] предложена математическая модель асинхронного двигателя в тормозных режимах, представляющая практический интерес. Подход при разработке модели позволил подробно рассмотреть работу электродвигателя переменного тока в тормозных режимах и учитывал основные процессы, происходящие в асинхронном двигателе. Однако необходимо внести дополнения в математический аппарат, позволяющий подробно рассмотреть работу электродвигателя в переходных процессах, что будет способствовать развитию теории тормозных режимов для асинхронных электродвигателей.

Развитие теории тормозных режимов асинхронных двигателей переменной частоты (АДПЧ) обусловлено расширением области применения систем преобразователь частоты-двигатель (ПЧ-Д) и интенсификацией технологических процессов [2]. В настоящее время ряд задач указанной проблемы решены: разработаны математические модели АДПЧ для некоторых способов торможения и методы расчета динамических и статических характеристик [2, 3]; исследована область надежного инверторного торможения АДПЧ [4]; предложена методика технико-экономического обоснования способа торможения АДПЧ [5]; исследовано влияние параметров АДПЧ на переходные процессы при инверторном торможении [6] и другие. Их решение создало предпосылки к разработке обобщенной математической модели АДПЧ при торможении.

Обобщенная математическая модель АДПЧ должна быть справедлива для всех способов электрического торможения; структур преобразователей частоты; параметров питающей сети; законов частотного управления при торможении; изменений момента статического сопротивления и момента инерции механизмов при торможении.

Сформулированные требования показывают, что обобщенная модель может быть разработана только с помощью многоаспектных исследований. Такой подход позволит получить более полное представление об АДПЧ в тормозных режимах, объяснить физические процессы, особенно при инверторном и комбинированных способах торможения, выявить влияние параметров двигателя, преобразователя, сети и механизма на динамические и статические характеристики и на энергетические показатели, а также установить единую связь АДПЧ с преобразователем, сетью, системой управления и механизмом.

В качестве методологической основы при создании обобщенной математической модели АДПЧ при торможении предлагается применить системный подход, позволяющий не только более строго сформулировать указанную задачу, но и решить ее методом системного анализа [3, 7].

Исследуемой системой является АДПЧ в тормозных режимах. К подсистемам относятся: асинхронный двигатель, преобразователь частоты, питающая сеть, система управления и механизм. Состояние каждой подсистемы может быть записано одним или несколькими уравнениями. Уравнения должны записываться с учетом принимаемых допущений, соответствующих каждой подсистеме.

Уравнения состояния, описывающие переходные процессы в асинхронном двигателе при изменяющихся частоте и напряжении, могут быть представлены в виде системы дифференциальных уравнений, матрицы или уравнений в векторной форме [2]. Наиболее целесообразно уравнения двигателя приводить в системе координат, вращающейся со скоростью результирующих векторов приложенного к двигателю напряжения (для непосредственных ПЧ и ПЧ с инверторами напряжения) или тока (для ПЧ с инверторами тока) при совмещении с ними вещественной оси [2, 3].

Уравнения, описывающие состояние или поведение преобразователя частоты, зависят от его структуры: непосредственный (НПЧ) или двухзвенный (ДПЧ). Двухзвенные ПЧ, в свою очередь, имеют ряд разновидностей структур: управляемый выпрямитель (УВ), автономный инвертор напряжения (АИН) или тока (АИТ), неуправляемый выпрямитель (НВ) – АИН с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), НВ – прерыватель – АИН или АИТ и другие. Кроме того, вид уравнений определяется и реализуемым способом торможения (рекуперативный, инверторный, постоянным током, противовключением, комбинированный). Описание состояния данной подсистемы предусматривает использование точных или чаще приближенных (переключающих функций, гармонического анализа, разностных уравнений, кусочно-припасовочной и других) математических методов. Например уравнения, описывающие переходные процессы в звене постоянного тока ДПЧ, имеют вид при рекуперативном торможении:

$$U_u = U_{bu} + L_\phi di_u / dt, \quad (1)$$

при инверторном торможении:

$$C_\phi / g_r \cdot dU_u / dt + U_u = -i_u / g_r - \text{АИН}, \quad (2)$$

$$L_\phi g_r \cdot di_u / dt + i_u = g_r U_u - \text{АИТ}. \quad (3)$$

Принятые обозначения: U_u, i_u – напряжение и ток на входе автономного инвертора; U_{bu} – напряжение ведомого инвертора; U_{gr}, i_{gr} – напряжение и ток, обусловленные наличием тормозной проводимости g_r ; U_L – падение напряжения на индуктивности фильтра L_ϕ ; C_ϕ – емкость фильтра в звене постоянного тока.

Уравнения, описывающие питающую сеть, содержат в общем виде зависимости напряжения U_c , тока i_c , частоты f_c , полной мощности S_c , полного сопротивления z_c от времени торможения t_r , нагрузки M_{ct} на валу двигателя, скорости двигателя ω , задержания вала двигателя α и от других факторов

$$U_c; i_c; f_c; S_c; z_c = f(t_r; M_{ct}; \omega; \alpha \dots). \quad (4)$$

Наибольшее влияние на режим торможения АДПЧ оказывается питающей сетью при ее ограниченной мощности, например автономные электроприводы, или при неустойчивом ее режиме, например изменяющихся показателях качества напряжения на входе ПЧ.

Уравнения, описывающие состояние сети, отсутствуют, если при торможении исключается электрическая связь между АДПЧ и сетью.

Анализ электромагнитных переходных процессов АДПЧ удобно проводить, когда уравнения состояния питающей сети и ПЧ приведены к зажимам обмотки статора двигателя.

Состояние системы управления воздействует на направление и скорость изменения магнитного поля статора, на величины тока и напряжения на зажимах статора двигателя, на величины напряжения ведомого инвертора и тормозной проводимости, а также оказывает влияние на их изменение при торможении

$$f_1; \omega_1 = f(t_r; U_u; i_u; M \dots). \quad (5)$$

Причем частота f_1 напряжения на статоре или скорость вращения магнитного поля статора ω_1 могут изменяться скачкообразно в большую или меньшую сторону или до нуля (торможение постоянным током), скачкообразно изменять направление (торможение противовключением), а также изменяться монотонно линейно или нелинейно (например экспоненциально) или комбинированно.

Напряжение ведомого инвертора или величина тормозного сопротивления также могут зависеть от ряда параметров:

$$U_{su}; g_m = f(t; U_u; i_u; \omega \dots), \quad (6)$$

или оставаться неизменными:

$$U_{\text{св}}, g_m = \text{const.} \quad (7)$$

Уравнения, описывающие состояние механизма при торможении, включают зависимости $M_{\text{ст}}$ и момента инерции J :

$$M_{\text{ст}}, J = f(t_m; \varphi; \omega \dots), \quad (8)$$

где φ – угол поворота вала двигателя.

Причем нагрузка может быть неизменной $M_{\text{ст}} = \text{const}$, плавноизменяющейся, резкопеременной или случайной.

Приведенные уравнения необходимо дополнить уравнением движения ротора АДПЧ и уравнением преобразования механической энергии в электромагнитную [2].

Таким образом, полученная обобщенная математическая модель АДПЧ при торможении явилась результатом сочетания системного подхода с обобщенной теорией асинхронных машин с теорией полупроводниковых преобразователей. Модель целесообразно использовать для решения широкого класса задач по исследованию и реализации тормозных режимов АДПЧ, оптимизации системы ПЧ-Д и режимов торможения по различным критериям, при проектировании специальной серии АДПЧ, предусматривающих переходные или установившиеся тормозные режимы и для решения многих других задач теории и реализации тормозных режимов частотноуправляемых асинхронных двигателей.

Список литературы

1. Копырин В.С. Системный подход в теории тормозных режимов асинхронных двигателей переменной частоты // Электрические машины и аппараты: Сб. науч. тр. КазПТИ. – Алма-Ата, 1989. – С. 110-114.
2. Копырин В.С. и др. Тормозные режимы системы преобразователь частоты – двигатель. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 72 с.
3. Копырин В.С. Интенсификация системы преобразователь частоты – двигатель при торможении / В.С. Копырин, М.М. Соколов // Проблемы оптимизации работы автоматизированных электроприводов. – Ленинград: НТО Э и ЭП, 1986. – С. 36.
4. Копырин В.С. Повышение надежности инверторного торможения асинхронных двигателей / В.С. Копырин, З.М. Куценко // Состояние и перспективы развития электротехнологии. – Иваново: ГКНТ, 1987. – Т.2. – С. 88.
5. Копырин В.С. Методика технико-экономического обоснования способа торможения асинхронных двигателей при частотном управлении // Электропривод и преобразовательная техника. – Алма-Ата: КазПТИ, 1984. – С. 54-59.
6. Копырин В.С. Влияние параметров асинхронного двигателя на режим инверторного торможения / В.С. Копырин, З.М. Куценко // Динамические режимы работы электрических машин и электроприводов. 4.1. – Каунас: КПИ. 1988. – С. 79.
7. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. – М.: Мысль, 1978. – 272 с.

Получено 24.10.12

УДК 311:37

М.Н. Матабаева, Е.М. Турганбаев
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СТАТИСТИКИ

В работе [1] указывалось на необходимость разработки системы мониторинга качества образования Республики Казахстан на основе создания информационной системы образовательной статистики со встроенными элементами интеллектуального анализа данных. В [2] приведен пример такого анализа на примере кластеризации регионов Казахстана на

основе данных образовательной статистики.

Очевидно, что интеллектуальный анализ данных образовательной статистики должен основываться на индикаторах и показателях системы образования. Индикаторы и показатели широко используются органами управления различных уровней для оценки функционирования систем, в том числе и для оценки качества образования [3].

Но многие показатели взаимосвязаны и в значительной мере дублируют друг друга. В то же время нередко показатели лишь в косвенной форме отражают наиболее существенные, но неподдающиеся непосредственному наблюдению и измерению внутренние, скрытые свойства явлений. К тому же для системы образования характерно наличие неочевидных закономерностей в группах показателей, которые невозможно обнаружить описательными статистическими методами (исчисление средних величин, индексов и т.п.).

Таким образом, встает задача: сконцентрировать информацию, выражая большое число исходных косвенных признаков через меньшее число более емких внутренних характеристик явления, т.е. выявления на основе существующих показателей, латентных факторов, характеризующих исследуемые объекты. Далее на основе этих латентных факторов установить скрытые зависимости, характеризующие состояние и развитие системы образования.

В работе предложен один из вариантов интеллектуального анализа данных образовательной статистики, реализующего сформулированную выше задачу. В статье описываются данные образовательной статистики, использованные для анализа; проводится факторный анализ методом главных компонент для снижения размерности пространства признаков; реализуется регрессионно-корреляционный анализ на главных компонентах, для выявления скрытых зависимостей между показателями состояния образовательной системы и результатов обучения.

Обрабатывались и анализировались данные образовательной статистики среднего общего образования в разрезе районов ВКО (17 районов, кроме городов Усть-Каменогорск и Семей) за 2010 г. [4]. Назовем эти переменные первичными, поскольку они отражают первичные данные. Всего рассматривается 22 переменных:

- количество общеобразовательных школ;
- количество классов в общеобразовательных школах;
- численность учащихся;
- число учителей;
- число выпускников;
- число учителей с высшим образованием;
- число учителей, имеющих высшую категорию;
- число учителей, имеющих первую категорию;
- число учителей, имеющих вторую категорию;
- число учителей старше 60 лет;
- количество школ, расположенных в типовых зданиях;
- количество школ в аварийном состоянии;
- количество школ, ведущих занятия во вторую смену;
- количество компьютеров;
- количество школ, полностью использующих выделенный трафик Интернет;
- число школ, имеющих интерактивное оборудование;

- численность учащихся, занимающихся в организациях дополнительного образования;
- численность учащихся, охваченных школьной кружковой работой;
- затраты на приобретение и доставку учебников;
- затраты местных бюджетов на заработную плату работников образования;
- численность руководителей;
- численность руководителей, прошедших курсы повышения квалификации.

Далее необходимо провести их нормировку с получением данных, не зависящих от количественного показателя. Назовем эти переменные вторичными. Так были получены следующие 17 переменных:

- соотношение учащихся и учителей в общеобразовательных школах;
- средний размер школы;
- наполняемость классов;
- доля общеобразовательных школ, находящихся в аварийном состоянии, - в процентном соотношении от общего количества школ;
- доля общеобразовательных школ, расположенных в типовых зданиях, - в процентном соотношении от общего количества школ;
- доля общеобразовательных школ, ведущих занятия во вторую смену, - в процентном соотношении от общего количества школ;
- доля учителей с высшим образованием, - в процентном соотношении от их общей численности;
- соотношение учителей 1-й, 2-й и высшей категорий;
- доля учителей старше 60 лет - в процентном соотношении от их общей численности;
- численность учащихся в расчете на один компьютер;
- доля школ, полностью использующих выделенный трафик Интернета от их общей численности;
- доля школ, имеющих лингафонно-мультимедийные кабинеты от их общей численности;
- доля затрат на приобретение и доставку учебников - в процентном соотношении;
- доля учащихся, получающих дополнительное образование, - в процентном соотношении от общей численности учащихся общеобразовательных школ;
- доля учащихся, охваченных школьной кружковой работой, - в процентном соотношении от общей численности учащихся общеобразовательных школ;
- доля руководителей организаций среднего общего образования, прошедших курсы повышения квалификации, - в процентном соотношении от их общей численности;
- доля расходов местных бюджетов на заработную плату работников образования, - в процентном соотношении.

Факторный анализ – это процедура, с помощью которой большое число переменных, относящихся к имеющимся наблюдениям, сводят к меньшему количеству независимых влияющих величин, называемых факторами. При этом в один фактор объединяются переменные, сильно коррелирующие между собой. Переменные из разных факторов, напротив, слабо коррелируют между собой. Таким образом, целью факторного анализа является нахождение таких комплексных факторов, которые как можно более полно объясняют наблюдаемые связи между переменными, имеющимися в наличии [5].

В результате проведения операции факторизации (уменьшения данных) с использованием прикладного статистического пакета SPSS выделено 6 ведущих факторов, объясняющих 80,5 % совокупной дисперсии (табл. 1).

Попытаемся интерпретировать данные, используя матрицу повернутых компонент (табл. 2).

Таблица 1

Анализ главных компонент. Полная объясненная дисперсия

Компонента	Начальные собственные значения	Суммы квадратов нагрузок извлечения		
	Кумулятивный %	Итого	% дисперсии	Кумулятивный %
1	21,070	3,582	21,070	21,070
2	38,864	3,025	17,794	38,864
3	53,305	2,455	14,441	53,305
4	65,507	2,074	12,202	65,507
5	73,993	1,443	8,486	73,993
6	80,531	1,111	6,538	80,531

Таблица 2

Матрица повернутых компонент

	Компонента					
	1	2	3	4	5	6
Доля школ, находящихся в аварийном состоянии	-0,342	0,177	0,063	0,847	0,071	-0,272
Доля школ, ведущих занятия во вторую смену	0,171	0,462	-0,076	0,762	-0,077	-0,007
Доля учителей с высшим образованием	0,332	0,572	0,512	-0,053	0,218	-0,241
Соотношение доли учителей 1-й, 2-й и высшей категорий	-0,544	0,300	-0,097	0,133	0,123	-0,458
Доля учителей старше 60 лет	0,479	0,767	-0,087	-0,132	-0,086	-0,103
Численность учащихся в расчете на один компьютер	0,086	-0,521	0,221	0,327	0,648	0,154
Охват дополнительным образованием	0,276	-0,132	0,142	-0,169	0,163	0,573
Охват учащихся школьной кружковой работой	-0,122	0,140	-0,273	-0,074	0,117	0,808
Доля расходов местных бюджетов на заработную плату работников	-0,007	0,013	0,929	0,023	-0,044	-0,039
Соотношение учащихся и учителей	0,908	0,082	0,037	0,120	-0,209	0,027
Средний размер школы	0,854	0,391	0,072	-0,062	0,046	0,137
Наполняемость классов	0,719	-0,066	-0,026	0,072	0,501	-0,199
Доля школ, расположенных в типовых зданиях	-0,026	-0,175	-0,110	0,867	0,142	-0,056
Доля школ, использующих выделенный трафик Интернета	-0,287	-0,210	0,125	-0,319	0,544	0,447

Доля школ, имеющих лингафонно-мультимедийные кабинеты	0,021	0,165	0,099	0,076	0,839	0,220
Доля затрат на приобретение и доставку учебников	0,221	-0,412	0,699	0,148	0,173	0,107
Доля руководителей, прошедших курсы повышения квалификации	0,065	-0,086	-0,895	0,120	-0,025	0,047

Фактор 1 наиболее тесно связан с такими показателями, как Соотношение учащихся и учителей; Средний размер школы; Наполняемость классов. Его можно охарактеризовать как Сетевой фактор.

Фактор 2 связывает такие показатели, как Доля учителей с высшим образованием; Соотношение учителей 1-й, 2-й и высшей категории; Доля учителей старше 60 лет. Назовем его Фактором ресурсов.

Фактор 3 включает в себя следующие показатели: Доля расходов местных бюджетов на заработную плату работников образования; Доля затрат на приобретение и доставку учебников; Доля руководителей организаций среднего общего образования, прошедших курсы повышения квалификации. Назовем его Фактор управления.

Фактор 4 включает показатели: Доля общеобразовательных школ, находящихся в аварийном состоянии; Доля общеобразовательных школ, расположенных в типовых зданиях; Доля общеобразовательных школ ведущих занятия во вторую смену. Это – Фактор условий.

Фактор 5 содержит показатели: Доля школ, полностью использующих выделенный трафик Интернета; Доля школ, имеющих лингафонно-мультимедийные кабинеты; Численность учащихся в расчете на один компьютер. Назовем его Фактором информатизации.

Фактор 6 объединяет показатели: Доля учащихся, получающих дополнительное образование; Доля учащихся, охваченных школьной кружковой работой. Назовем его Фактором наличия условий для удовлетворения индивидуальных запросов учащихся (Фактор дополнительного образования).

Важной характеристикой факторного анализа является то, что получаемые факторы, в отличие от исходных признаков, являются независимыми. Более рациональным в условиях мультиколлинеарности можно считать построение уравнения регрессии на главных компонентах, которые являются линейными функциями всех исходных показателей и не коррелированы между собой.

В качестве зависимой переменной возьмем средний балл Единого национального тестирования (ЕНТ) выпускников общеобразовательных школ как показатель качества результатов обучения [6]. Уравнение регрессии на главных компонентах строится по данным вектора значений результативного признака Y и матрицы F значений главных компонент. Некоррелированность главных компонент между собой и тесноту их связи с результативным признаком Y показывает матрица парных коэффициентов корреляции (табл. 3, 4).

Таблица 3

Матрица парных коэффициентов корреляции Пирсона

	Средний балл по ЕНТ	Сетевой фактор	Фактор ресурсов	Фактор управления	Фактор условий	Фактор информатизации	Фактор доп. образования
Средний балл по ЕНТ	1	-0,150	-0,012	0,740**	-0,032	0,409	0,189
Сетевой фактор	-0,150	1	-0,193	0,010	0,037	-0,254	-0,106
Фактор ресурсов	-0,012	-0,193	1	0,064	0,015	-0,003	-0,197

Фактор управления	0,740 [~]	0,010	0,064	1	0,000	-0,016	0,031
Фактор условий	-0,032	0,037	0,015	0,000	1	0,023	0,008
Фактор информатизаций	0,409	-0,254	-0,003	-0,016	0,023	1	-0,009
Фактор доп. образования	0,189	-0,106	-0,197	0,031	0,008	-0,009	1

**Корреляция значима на уровне 0,01 (1-сторон)

Анализ матрицы корреляции Пирсона (табл. 4) свидетельствует о том, что результативный признак: Средний балл ЕНТ наиболее тесно связан с фактором управления ($r_{yf3} = 0,74$). Корреляция значима на уровне 0,01.

Таблица 4

Матрица парных коэффициентов корреляции Спирмена

	Средний балл по ЕНТ	Сетевой фактор	Фактор ресурсов	Фактор управления	Фактор условий	Фактор информатизаций	Фактор доп. образования
Средний балл по ЕНТ	1,000	-0,275	0,058	0,424*	-0,212	0,438*	0,199
Сетевой фактор	-0,275	1,000	-0,172	0,074	0,078	-0,189	-0,074
Фактор ресурсов	0,058	-0,172	1,000	0,051	-0,127	0,208	-0,172
Фактор управления	0,424*	0,074	0,051	1,000	0,007	0,005	0,061
Фактор условий	-0,212	0,078	-0,127	0,007	1,000	0,240	0,243
Фактор информатизаций	0,438*	-0,189	0,208	0,005	0,240	1,000	0,054
Фактор доп. образования	0,199	-0,074	-0,172	0,061	0,243	0,054	1,000

* Корреляция значима на уровне 0,05 (1-стороня)

Между тем анализ матрицы корреляции Спирмена свидетельствует о том, что результативный признак: Средний балл ЕНТ наиболее тесно связан со следующими главными компонентами: фактором управления ($r_{yf3} = 0,42$) и фактором информатизаций ($r_{yf5} = 0,44$). Корреляция значима на уровне 0,05.

Можно предположить, что только эти главные компоненты войдут в регрессионную модель.

Первоначально в регрессионную модель включаем все главные компоненты, т.е. факторы:

$$y = a + x_1f_1 + x_2f_2 + x_3f_3 + x_4f_4 + x_5f_5 + x_6f_6. \quad (1)$$

Качество модели характеризуют: множественный коэффициент корреляции - R, множественный коэффициент детерминации - R^2 , средняя относительная ошибка аппроксимации.

Коэффициент множественной корреляции является линейной корреляцией между наблюдаемыми и предсказанными значениями зависимой переменной модели. Его большое значение указывает на сильную связь.

Коэффициент детерминации - это квадрат значения коэффициента множественной корреляции. Он показывает, что 75 % изменения среднего балла ЕНТ объясняется моделью (табл. 5).

Таблица 5

Сводка для модели

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки
1	0,870 ^a	0,757	0,612	7,00427

Регрессионная модель значима, поскольку $F_{набл} = 5,202 > F_{кр} = 3,01$.

Учитывая, что главные компоненты не коррелированы между собой, можно сразу исключить из уравнения все незначимые коэффициенты и уравнение примет вид:

$$y = a + x_3 f_3 + x_5 f_5. \quad (2)$$

Проведем регрессионный анализ пошаговым методом. Использование пошагового метода в линейной регрессии дает возможность выбрать «лучшую» модель регрессий.

Таблица 6

Сводка для модели (пошаговый метод)

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки
1	0,740 ^a	0,548	0,518	7,80689
2	0,851 ^b	0,725	0,685	6,30486

^a Предикторы: (конст) Фактор управления

^b Предикторы: (конст) Фактор управления, Фактор информатизации

Качество новой модели отличается от предыдущей модели. Посмотрим в частности, на скорректированный R-квадрат (табл. 5, 6), который почти идентичен R-квадрату. Модель с дополнительными предикторами всегда будет иметь больший R-квадрат, но скорректированный R-квадрат компенсирует сложность модели, чтобы обеспечить более справедливое сравнение эффективности модели. Пошаговый алгоритм выбирает факторы управления и информатизации в качестве предикторов (табл. 7). Фактор управления и фактор информатизации положительно влияют на средний балл по ЕНТ.

Таблица 7

Коэффициенты

Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Sig.		
		B	Стд. ошибка	Бета				
1	(Константа)	82,199	1,893		43,412	0,000		
	Фактор управления	7,891	1,851	0,740			4,263	0,001
2	(Константа)	82,822	1,543		53,669	0,000		
	Фактор управления	7,964	1,495	0,747			5,327	0,000
	Фактор информатизации	4,877	1,626	0,421			3,000	0,010

Таким образом, «лучшей» моделью регрессии можно считать уравнение, которое имеет следующий вид:

$$y = a + x_3 f_3 + x_5 f_5, \quad (3)$$

где f_3 – фактор управления, f_5 – фактор информатизации.

Таким образом, из большого массива показателей образовательной статистики с помощью факторного анализа было выделено 6 факторов, описывающих ресурсы и условия системы среднего образования. С помощью регрессионно-корреляционного анализа были выявлены скрытые зависимости результатов обучения от этих факторов. Можно сделать вывод, что на результаты обучения влияют факторы, связанные с управлением и информатизацией образования.

Предлагаемый подход к интеллектуальному анализу показателей образовательной статистики позволяет осуществлять поддержку принятия решений для целей управления качеством образования.

Список литературы

1. Жумагулов Б.Т. Разработка информационной системы образовательной статистики Республики Казахстан / Б.Т. Жумагулов, Н.М. Темирбеков, Н.Ф. Денисова, А.Б. Нугуманова, О.В. Архипова, Е.М. Турганбаев // Вестник НИА РК. – 2012. – № 2 (44). – Алматы, 2012. – С.75-80
2. Турганбаев Е.М. Применение кластеризации для интеллектуального анализа данных образовательной статистики / Е.М. Турганбаев, А.Б. Нугуманова, А.А. Ауганбаев // Тр. III Междунар. науч.-практ. конф. «Информатизация общества». – Астана, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2012. – С.253-256.
3. Управление качеством образования в регионе на основе показателей и индикаторов: Сб. инструктивно-методических материалов. – М.: Логос, 2008.
4. Доклад о состоянии и развитии образования в ВКО. – Усть-Каменогорск, 2011.
5. Жуковская В.М. Факторный анализ в социально-экономических исследованиях / В.М. Жуковская, И.Б. Мучник. – М.: Статистика, 1976.
6. Ефремова Н. Тестовый контроль в образовании: Университетская книга. – М: Логос, 2007.

Получено 10.12.12

УДК 681.2 (075.8): 681.5(075.8): 006.91(075.8)

А. П. Парамзин, О.Е. Акболин
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АЛГОРИТМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССОМ В ДВУХКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

В статье рассмотрен механизм управления переходным процессом в двухканальной линейной непрерывной автоматической системе с активным корректором, содержащим в своём составе коммутатор (рис. 1).

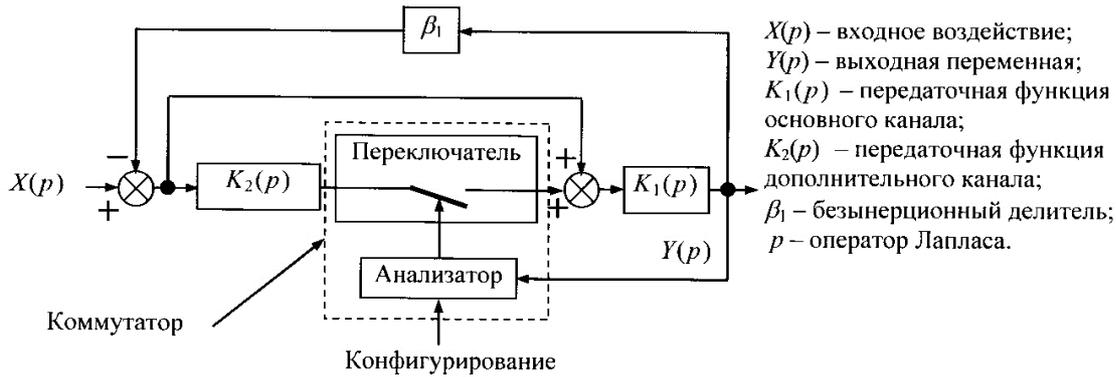


Рисунок 1 – Структура двухканальной автоматической системы

Ставится та же цель, что и в [1, 2], а именно: найти такое структурно-алгоритмическое решение для системы с активным корректором [3], которое бы обеспечивало компромисс между требованиями к показателям качества в статическом и переходном режимах работы системы.

В упомянутых работах [1, 2] для достижения поставленной цели было предложено встроить в структуру системы адаптивный регулятор, а также исследовано два алгоритма его функционирования. Результаты численного моделирования процесса управления системой с адаптивным регулятором дают основания утверждать, что цель была достигнута лишь частично (смотри выводы в упомянутых работах), да и то в пределах выполненного объёма исследований. Кроме того, варианты рассмотренных алгоритмов, с учётом результатов моделирования, можно рекомендовать для практического применения только избирательно, основываясь на специфике объекта управления. Обоснованием таких результатов служит то, что в основе предложенных алгоритмов функционирования адаптивного регулятора лежит изменение значения статического коэффициента передачи K_{20} активного корректора, в то время как порядок передаточной функции системы остаётся неизменным.

Коммутатор, встроенный в структуру системы рис. 1, позволяет изменять порядок передаточной функции системы. В частности, когда переключатель замкнут, структура системы принимает вид рис. 2,а. Когда переключатель разомкнут, то структура системы принимает вид рис. 2,б. Как видно, в обеих структурах контур управления остаётся замкнутым.

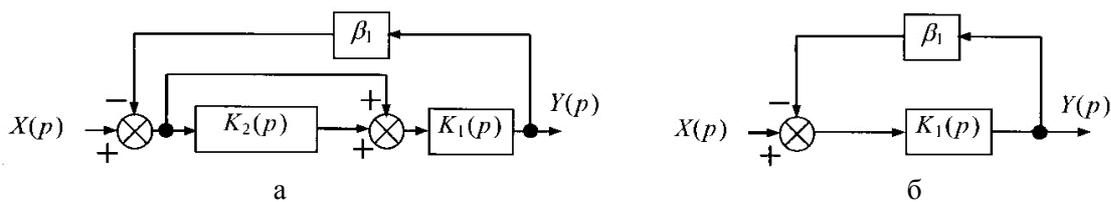


Рисунок 2 – Структуры системы, получаемые в результате переключений коммутатора

Передаточные функции представленных на рис. 2 структур имеют вид:

$$\text{– на рис. 2,а} \quad W_{Y/X}(p) = \frac{K_1(p)[K_2(p)+1]}{1 + \beta_1 K_1(p)[K_2(p)+1]} ; \quad (1)$$

– на рис. 2,б
$$W_{Y/X}(p) = \frac{K_1(p)}{1 + \beta_1 K_1(p)}, \quad (2)$$

где $K_1(p) = \frac{K_{10}}{(\tau p + 1)^2}$; $K_2(p) = \frac{K_{20}}{(\tau p + 1)^2}$ – частный вариант. (3)

Очевидно, что система со структурой рис. 2,б устойчива при любых значениях параметров.

Рассмотрим алгоритм функционирования коммутатора, работающего в трёх режимах, которым соответствуют временные области (рис. 3):

1) в режиме разгона продолжительностью $0 - t_1$ структура системы соответствует рис. 2,а; верхняя граница t_1 соответствующей области устанавливается значением параметра ρ как точка пересечения данной константы с переходной функцией $h(t) = y(t)$;

2) в режиме успокоения продолжительностью $t_1 - t_2$ структура системы соответствует рис. 2,б; верхняя граница t_2 соответствующей области определяется точкой окончательного входа переходной функции в допустимую зону $\{y(\infty) - \delta\} - \{y(\infty) + \delta\}$;

3) в статическом режиме продолжительностью $t_2 - \infty$ структура системы соответствует рис. 2,а. Верхняя граница соответствующей области определяется условиями функционирования объекта управления и может отличаться от бесконечности.

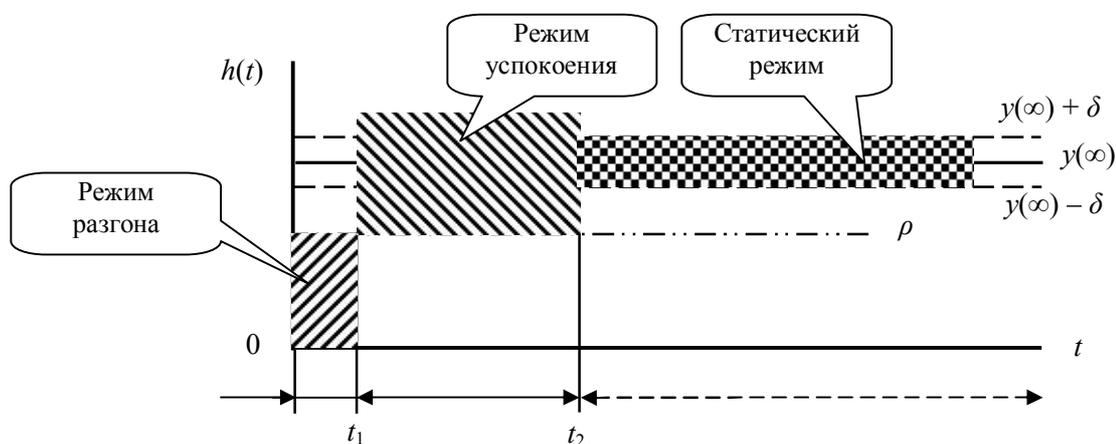


Рисунок 3 – Иллюстрация алгоритма функционирования коммутатора

На рис. 4 показана гипотетическая переходная функция. Пунктирный участок этой функции получен в предположении, что, начиная с момента t_1 и до момента t_2 (примерно), переходный процесс в системе протекает по закону, характерному для замкнутой системы второго порядка. Одним из оптимизационных параметров качества переходного процесса следует принять нулевое перерегулирование (на рис. 4 показано ненулевое перерегулирование).

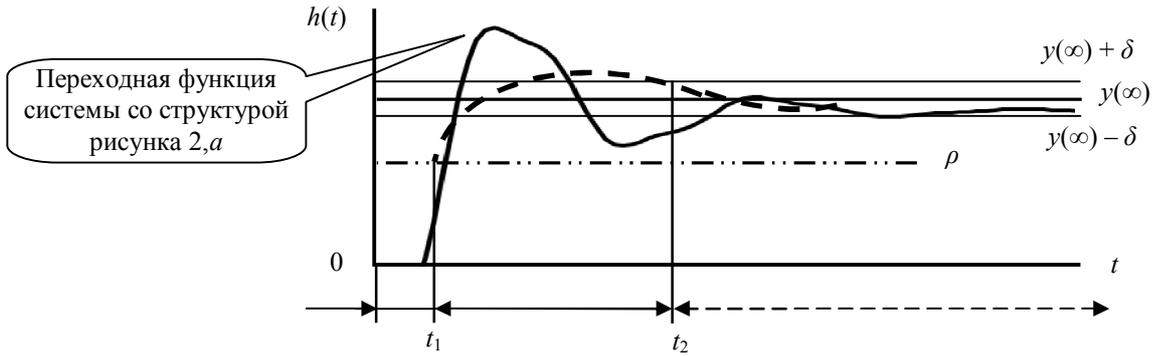


Рисунок 4 – Форма гипотетической переходной функции

Критериальные показатели качества переходного процесса при реакции системы на входное единичное ступенчатое воздействие взяты те же, что и в [1, 2], это: быстроедействие, перерегулирование, длительность переходного процесса, величина статической ошибки управления. Входным воздействием анализатора является выходная переменная системы $y(t)$, а в качестве конфигурационного параметра – значение ρ .

Моделирование предложенного алгоритма функционирования коммутатора было выполнено с использованием программы Simulink, являющейся приложением к пакету MATLAB. Эта программа реализует принцип визуального программирования, базирующегося на коммуникационной среде из стандартных блоков структурных схем систем управления. На рис. 5 показано основное диалоговое окно программы.

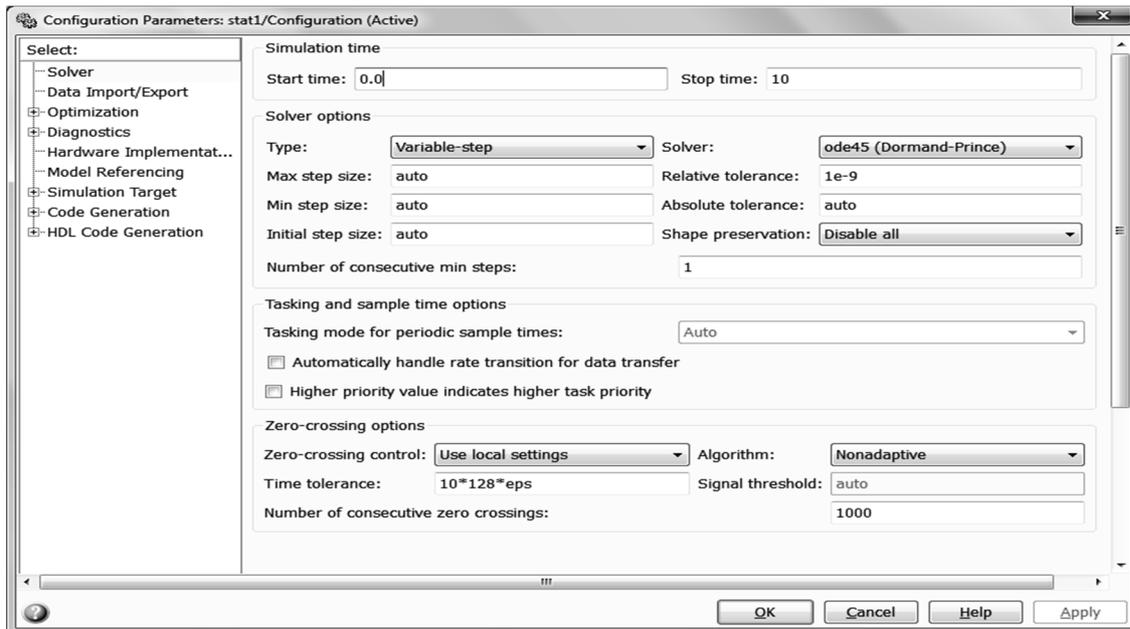


Рисунок 5 – Диалоговое окно программы моделирования Simulink

Выполним моделирование при таких условиях (являются частным вариантом):

1) передаточные функции каналов системы имеют вид (3), их постоянные времени $\tau = 1$ с;

2) статический коэффициент передачи системы $y(\infty)/x(\infty) = 1$;

3) $\beta_1 K_{10} = 100$, $K_{20} = 10$ – согласно положениям общей теории [3];

4) коэффициент передачи основного канала $K_{10} = 100$;

5) коэффициент обратной связи $\beta_1 = 1$.

Первоначально проведём оценку качества переходного процесса системы на рис. 2,б, то есть основного канала без активного корректора. Модель системы представлена на рис. 6, а переходная функция – на рис. 7 (сплошная линия).

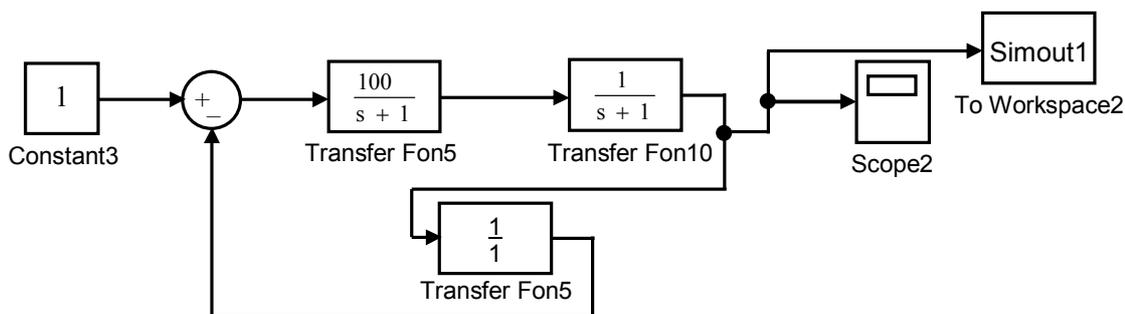


Рисунок 6 – Модель системы со структурной схемой рисунка 2,б

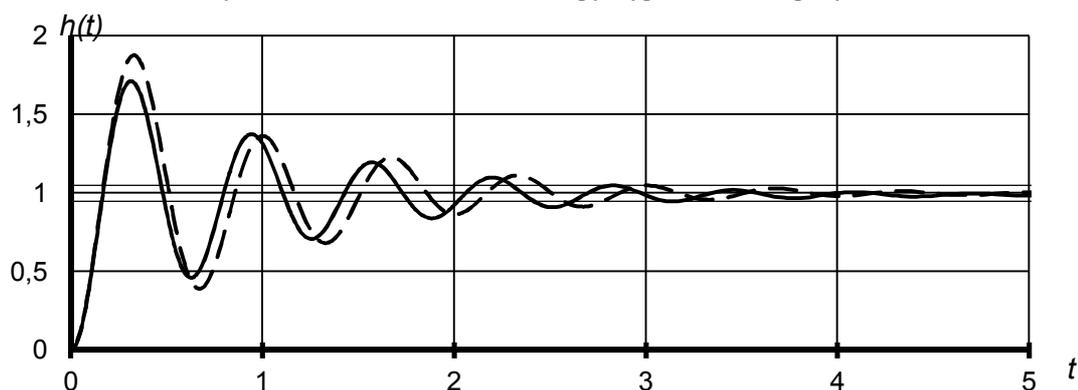


Рисунок 7 – Переходная функция системы без активного корректора

В результате моделирования получено: быстродействие $t_p = 0,162$ с; перерегулирование $R_d = 63\%$; длительность переходного процесса $t_{III} = 3,210$ с; статическая ошибка $\Delta_{CT} \cong 0,01$.

Переходная функция системы с встроенным активным корректором (рис. 2,а) имеет вид пунктирной линии (рис. 7). Применение активного корректора позволило уменьшить статическую ошибку до значения $\Delta_{CT} \cong 0,001$, сохранив практически неизменными быстродействие $t_p = 0,160$ с и длительность переходного процесса $t_{III} = 2,783$ с, а перерегулирование существенно увеличилось до значения $R_d = 80\%$.

В результате моделирования системы с коммутатором (рис. 1) был получен переходный процесс (рис. 8).

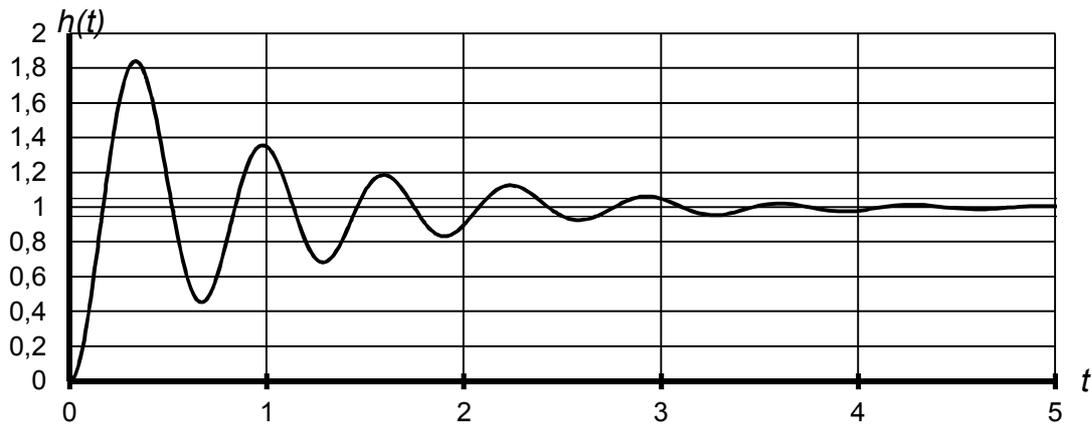


Рисунок 8 – Переходная функция системы с коммутатором

Параметры переходного процесса: быстродействие $t_p = 0,162$ с; длительность переходного процесса $t_{\text{ин}} = 3,010$ с; перерегулирование $R_d = 75\%$ (статическая ошибка осталась неизменной $\Delta_{\text{ст}} \cong 0,001$). Из этого следует, что предложенный выше алгоритм управления качеством переходного процесса путём адаптивного изменения порядка передаточной функции системы не позволил достичь желаемой цели. Сопоставляя полученные в результате моделирования результаты, можно констатировать, что изменение порядка передаточной функции слабо влияет на показатели качества переходного процесса.

Далее рассматривается алгоритм управления качеством переходного процесса в системе с активным корректором путём адаптивного варьирования значениями статических коэффициентов передачи обоих каналов. С этой целью в оба канала встраиваются высокочастотные аттенюаторы A_1 и A_2 с коэффициентами передачи, изменяемыми в диапазоне $0 \div 1$. При таком условии структурная схема системы будет иметь вид рис. 9.

Алгоритм управления аттенюаторами основывается на свойствах рассматриваемой системы, которые иллюстрируются с помощью номограммы устойчивости – зависимости $K_{20} = f(\beta_1 K_{10})$, приведённой на рис. 10. Область устойчивого состояния расположена под номограммой.

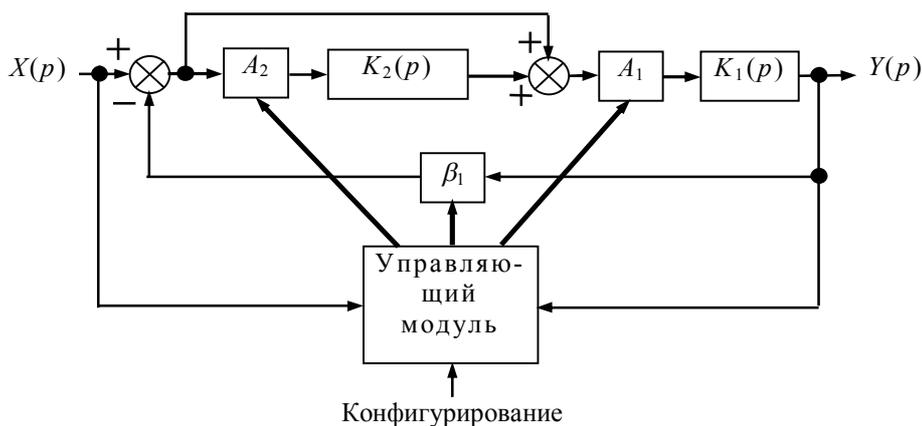


Рисунок 9 – Структура системы с адаптивными аттенюаторами

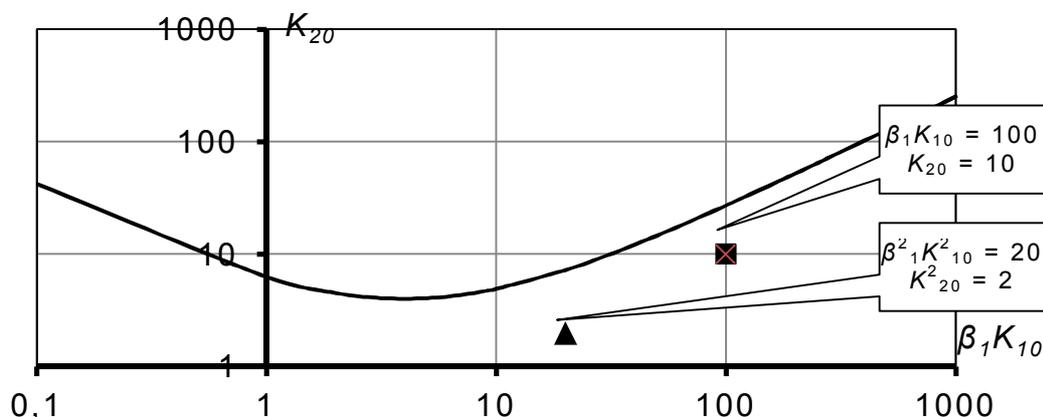


Рисунок 10 – Номограмма устойчивости системы с активным корректором

На номограмме помечена точка с исходными значениями статических коэффициентов передачи каналов: $\beta_1 K_{10} = 100$, $K_{20} = 10$, при этом введён необходимый запас устойчивости по модулю. В упомянутых выше первоисточниках показано, что рассматриваемая система относится к типу условно устойчивых. Это означает, что уменьшение $\beta_1 K_{10}$ по тем или иным причинам при неизменном значении K_{20} может привести к потере устойчивости. Поэтому в алгоритм управления аттенюаторами должна быть заложена такая траектория изменения значений статических коэффициентов передачи каналов, которая бы обтекала снизу экстремум номограммы устойчивости. Одна из промежуточных точек такой траектории показана на рисунке 10: $\beta^2_1 K^2_{10} = 20$, $K^2_{20} = 2$ (введён надстрочный индекс). Кроме этого, во избежание потери устойчивости в процессе управления аттенюаторами необходимо осуществлять корректировку величины обратной связи β_1 . В результате моделирования рассматриваемой системы была получена переходная функция (рис. 11, сплошная линия) с такими параметрами: быстродействие $t_p = 0,41$ с; длительность переходного процесса $t_{пп} = 2,030$ с; перерегулирование $R_d = 31\%$ (статическая ошибка осталась неизменной $\Delta_{CT} \cong 0,001$).

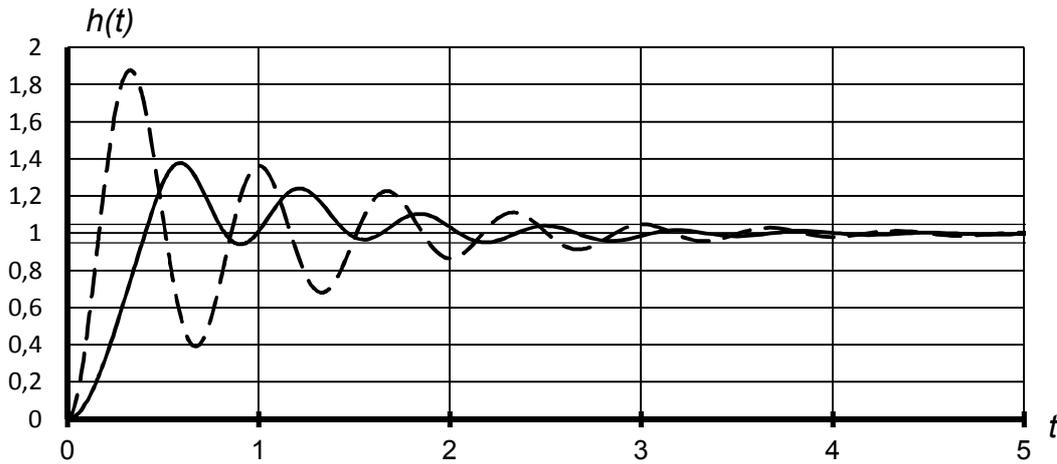


Рисунок 11 – Переходная функция системы с адаптивными аттенюаторами

Для сравнительной оценки качества переходных процессов на рис. 11 помещена переходная функция (пунктирная линия) системы со структурой рис. 2,а.

В сводную таблицу помещены значения показателей качества переходных процессов, полученные в результате моделирования.

Показатели качества	Рисунок 7	Рисунок 8	Рисунок 9	Рисунок 11
t_p , с	0,162	0,160	0,162	0,41
R_d , %	63	80	75	31
$t_{пв}$, с	3,21	2,783	3,01	2,03
$\Delta_{ст}$	0,01	0,001	0,001	0,001

Данные таблицы свидетельствуют о том, что алгоритм управления качеством переходного процесса с адаптивным изменением статических коэффициентов передачи каналов системы с активным корректором позволяет достичь поставленной цели. Однако необходима детализация данного алгоритма в части выбора оптимальной вариации значений статических коэффициентов передачи каналов, с тем чтобы минимизировать переуправление до предельно допустимой величины.

Список литературы

1. Парамзин А.П. Адаптивное управление переходным процессом в двухканальной системе / А.П. Парамзин, С.Ж. Рахметуллина // Вестник ВКГТУ. – 2011. – № 3. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011.
2. Парамзин А.П. Адаптивное управление переходным процессом в двухканальной системе 2 / А.П. Парамзин, О.Е. Акболин // Вестник ВКГТУ. – 2012. – № 2. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2012.
3. Парамзин А.П. Оптимизация частотных характеристик в замкнутых системах аддитивной коррекции погрешностей по входу / А.П. Парамзин, В.М. Сергеев // Проблемы технического прогресса и экологии в строительстве и других отраслях экономики Казахстана: Сб. науч. тр. – Усть-Каменогорск: ВКГУ, 1998.

Получено 20.11.12

И.М. Увалиева, Е.М. Турганбаев
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СТАТИСТИКИ

Сегодня казахстанское образование вступает в новый этап развития. Происходит становление современной модели образования, в рамках которой агрегируются направления развития образования, успешно реализованные в рамках Государственной программы развития образования в Республике Казахстан на 2005-2010 годы. В этот период система образования Казахстана вышла на уровень стабильного функционирования и развития.

В соответствии с Государственной программой развития образования в Республике Казахстан на 2011-2020 годы, с целью унификации информационно-технологической основы системы оценки качества образования, на республиканском уровне создана единая «База данных образовательной статистики», которая включает 1659 показателей и 1227 индикаторов по всем уровням образования.

Характеристикой системы образования, отражающей степень соответствия реально достигаемых образовательных результатов и условий обеспечения образовательного процесса нормативным требованиям, социальным и личностным ожиданиям, является качество образования.

Одним из методов управления качеством образования является количественный анализ, который основывается на данных образовательной статистики.

Использование образовательной статистики дает следующие преимущества:

- проведение анализа состояния системы образования Республики Казахстан;
- выявление качественных и количественных изменений в образовании;
- оценка тенденций развития всей системы образования в контексте международного сравнения;
- мониторинг качества образования по различным направлениям и уровням;
- выработка предложений и рекомендаций для принятия решений по повышению качества образования;
- подготовка ежегодного Национального доклада о состоянии и развитии образования в РК.

Реализация эффективной образовательной политики должна опираться на активное использование образовательной статистики и создание специализированных информационно-аналитических систем, позволяющих отслеживать текущее состояние отрасли и оценивать качество образования.

На сегодняшний день в Республике Казахстан с целью анализа и оценки состояния системы образования по индикаторам качества образования на областном уровне ведется работа по ранжированию областей на основе следующих показателей:

- доступность образования;
- качество финансовых и материально-технических ресурсов;
- качество кадровых ресурсов;
- результаты деятельности организаций образования. [1]

Каждый из этих показателей определяется наиболее значимыми индикаторами, влияющими на рейтинг регионов. По 44 отобраным индикаторам рейтинговые баллы рассчитаны с учетом весовых коэффициентов значимости показателей, определенных методом экспертной оценки.

В опросе по определению значимости весового коэффициента приняло участие более

ста работников образования из разных регионов республики. Весовой коэффициент значимости каждого показателя оценивался по двухбалльной шкале. В результате обработки полученных данных определены усредненные весовые коэффициенты значимости всех показателей и индикаторов. Рейтинговый балл в разрезе каждого региона рассчитывался по формуле

$$R_{итог} = R_{до} + R_{фмтр} + R_{кр} + R_{р\delta}, \quad (1)$$

где $R_{итог}$ – итоговый рейтинговый балл региона; $R_{до}$ – рейтинговый балл по доступности образования; $R_{фмтр}$ – рейтинговый балл по качеству финансовых и материально-технических ресурсов; $R_{кр}$ – рейтинговый балл по качеству кадровых ресурсов; $R_{р\delta}$ – рейтинговый балл по результатам деятельности организаций образования.

Рейтинговый балл по доступности образования рассчитывался по формуле (2):

$$\begin{aligned} R_{до} &= \sum_{i=1}^7 (K_i \cdot R_i); \\ R_{фмтр} &= \sum_{i=1}^9 (K_i \cdot R_i); \\ R_{кр} &= \sum_{i=1}^{11} (K_i \cdot R_i); \\ R_{р\delta} &= \sum_{i=1}^{17} (K_i \cdot R_i), \end{aligned} \quad (2)$$

где R_i – рейтинговый коэффициент региона по i -му индикатору; K_i – весовой коэффициент значимости i -го индикатора, определяемый путем экспертного опроса [1].

Для эффективной оценки качества образования необходимо разработать систему показателей качества образования на основе образовательной статистики. Проведенный анализ современных подходов к понятию качества образования и его оценке позволил сформировать структуру системы показателей качества образования на региональном и республиканском уровнях для целей управления. Структура системы показателей качества образования должна включать следующие показатели:

- результаты обучения;
- показатели условий обучения и ресурсы;
- внешние факторы.

Структура системы показателей качества образования приведена на рис. 1. Каждая образовательная система существует в определенных условиях. Эти условия необходимо учитывать и при оценке системы, и при ее анализе. Отсюда возникает необходимость включения блока внешних показателей, которые охватывают демографические показатели; социально-экономические характеристики; показатели, характеризующие научно-культурную и образовательную инфраструктуру.

Кроме этого, необходимо учитывать разделение полномочий по уровням управления, поэтому требуется дифференцировать показатели качества по уровням: районным, областным, республиканским.

Перечисленные характеристики можно описать системой показателей, формирование

которой и являлась одной из основных задач разработки модели оценки качества образования на основе образовательной статистики.

Методической основой разработанного подхода к использованию индикаторов для оценки качества образования является сравнительный анализ.



Рисунок 1 - Структура системы показателей качества образования

Для качественной оценки образовательной системы необходимо использовать динамический и сопоставительный анализы. Динамический анализ позволяет оценить изменения образовательных показателей во времени, а сопоставительный – сравнить характеристики системы с аналогичными характеристиками других образовательных систем.

Динамический анализ качества образовательной системы отслеживает изменения, произошедшие внутри системы, а также позволяет:

- 1) дать оценку системе;
- 2) оценить результативность целенаправленного управленческого воздействия на те или иные характеристики системы;
- 3) выявить связи и зависимости результатов от ресурсов, условий и внесистемных факторов;
- 4) идентифицировать сложившиеся тенденции, модели и соотношения;
- 5) выявить отклонения от сложившихся тенденций и соотношений и на этой основе

(идентифицировать сильные и слабые стороны территориальной образовательной системы);
б) определить целевые значения индикаторов. [2]

При сопоставительном анализе (межрайонном, межобластном, межорганизационном) анализируемая система рассматривается в сравнении с другими образовательными системами, близкими по структуре и масштабам к анализируемой, или имеющими характеристики, которые представляются желательными. Сопоставительный анализ позволяет, например, выявлять наибольшие отклонения от средних значений по группам территорий (учебных заведений) как в лучшую, так и в худшую сторону для последующего анализа причин этих отклонений и принятия решений по использованию удачного опыта или разработке мер по улучшению положения в «отстающих» образовательных системах. Кроме того, показатели лучших территорий могут быть приняты в качестве целевых значений в программах и проектах различного уровня. При оценке системы образования методом сопоставительного анализа также рассматривается и динамика произошедших изменений – насколько быстро рассматриваемая образовательная система по тем или иным характеристикам приближается к принятым целевым значениям. [3]

Информационно-аналитическое обеспечение оценки и управления качеством образования на основе индикаторов и показателей с использованием количественных характеристик и оценок позволяет решить комплекс задач:

- во-первых, оценить состояние системы, уровень качества образования, которое она обеспечивает;
- во-вторых, выявить сильные и слабые стороны системы и, соответственно, определить приоритеты развития, индикаторы и их целевые значения;
- в-третьих, идентифицировать те факторы и условия, которые определяют сложившийся уровень качества образования и на этой основе выбрать необходимые управленческие действия для повышения качества образования [4].

Первые две задачи решаются с помощью сопоставительного анализа индикаторов и показателей. Третья задача - выявление зависимостей между ресурсами и условиями обучения, с одной стороны, и результатами обучения - с другой. В соответствии с предложенной методологией необходимо:

- 1) рассчитать индикаторы;
- 2) выявить зависимости показателей и индикаторов для целей межобластных сравнений;
- 3) сравнить областные (районные, организационные) образовательные системы по показателям результатов;
- 4) провести ранжирование регионов по значениям индикаторов результатов;
- 5) сформировать сводный рейтинг результатов;
- 6) выявить зависимость между ресурсами и условиями.

Для сравнения образовательных систем по показателям результатов необходимо рассчитать отклонения значений индикаторов от теоретического значения. При формировании сводного рейтинга результатов (суммировании частных рейтингов по группе показателей) можно, в зависимости от приоритетов образовательной политики, менять значение отдельных составляющих и таким образом влиять на управленческие решения на республиканском уровне. Выявление зависимостей между ресурсами и условиями позволяет сделать выбор путей решения имеющихся проблем. Анализ основных зависимостей и соотношений на массиве по всем регионам подтвердил возможность выявления устойчивых зависимостей результатов образования от условий и ресурсов, которые могут выступать в качестве объектов управленческого воздействия.

Таким образом, существующий подход к оценке образования в Республике Казахстан имеет ряд недостатков, таких, как привлечение более ста работников образования из разных регионов республики, определение усредненных весовых коэффициентов значимости всех показателей и индикаторов и др. Поэтому был предложен новый подход оценки образовательной системы с использованием образовательной статистики, методической основой которого является сравнительный анализ. Данный подход позволяет оценить уровень качества образования, выявить сильные и слабые стороны системы, идентифицировать факторы и условия, которые необходимы для управленческих действий по повышению качества образования.

Список литературы

1. Национальный доклад о состоянии и развитии образования. – Астана, 2011. – 75 с.
2. Методические рекомендации по применению системы показателей и индикаторов для управления качеством образования на региональном и муниципальном уровнях. – М.: Прометей: МПГУ, 2006.
3. Агранович Л. Индикаторы в управлении образованием: что показывают и куда ведут. – // Вопросы образования. – 2008. – № 1. – М., 2008. – С. 120-145.
4. Константиновский Д.Л. От сбора статистических данных – к информационному обеспечению принятия решений / Д.Л. Константиновский, М.Л. Агранович, О.Я. Дымарская. – 2-е изд., доп. и перераб. – М: Логос, 2006. – 160 с.

Получено 20.11.12

УДК 004.94

Ж.А. Чурбанова, Н.Ф. Денисова

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ
ЕДИНОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

В современном постиндустриальном и информационном обществе, основанном на знаниях, образование является фундаментальной основой, ресурсом развития всех сфер жизни и одним из главных факторов, от которого зависит конкурентоспособность страны.

Президент Казахстана не раз отмечал, что «...образование из категории национальных приоритетов переходит в категорию мировых приоритетов». Мы живем в переломный момент развития человеческой цивилизации. В этих условиях к образованию предъявляются более жесткие требования в вопросах подготовки специалистов высокой квалификации для различных областей профессиональной деятельности. Сегодня необходимо готовить специалистов новой формации, обладающих творческим мышлением, нестандартным взглядом на проблемы, способных самостоятельно генерировать знания и творчески преобразовывать их в новые технологии, наукоемкие производства и продукты, что неоднократно подчеркивал в своих выступлениях Глава государства: «Образование должно давать молодежи не только знания, но и умение их использовать в процессе социальной адаптации...». В своем послании народу Казахстана в январе 2012 года Нурсултан Назарбаев одним из ключевых приоритетов страны назвал качественный рост человеческого капитала в Казахстане и, прежде всего, повышение качества образования.

Одним из показателей качества образования служит ежегодное проведение единого

национального тестирования (ЕНТ).

ЕНТ стало не только формой итоговой государственной аттестации обучающихся средних общеобразовательных учебных заведений, но и формой вступительных экзаменов в средние профессиональные и высшие профессиональные организации образования.

ЕНТ решает следующие задачи:

- обеспечение государственного контроля и управления качеством образования с помощью единых измерительных материалов;
- повышение объективности, достоверности оценки качества образования;
- обеспечение социальной справедливости в доступе к высшему и среднему профессиональному образованию.

На сегодняшний день ЕНТ наряду с решением многих педагогических проблем оценки качества образования, информатизации образования и формирования студенческого контингента превратилось в общегосударственное мероприятие, имеющее большое общественно-политическое и социальное значение.

За годы проведения ЕНТ удалось получить достаточно объективную оценку уровня учебных достижений выпускников школ и мониторинговый материал, позволяющий провести оценку качества подготовки учащихся в системе общего среднего образования.

Опираясь на накопленные данные по результатам ЕНТ, можно выявить социально-экономические факторы влияния на образование в целом по Казахстану.

Целью данного исследования является применение методов факторного анализа для оценки влияния определенных социально-экономических факторов на результаты ЕНТ. Определим ряд факторов как наиболее значимых:

- уровень квалификации учителей-педагогов;
- техническую оснащенность школ;
- здоровье учащихся;
- уровень жизни населения;
- качество учебных материалов.

Количественно измерив эти показатели (косвенно), математическими методами можно выявить степень влияния внешних факторов на результаты ЕНТ. Определим, как можно количественно измерить эти факторы (табл. 1).

Для комплексного анализа зависимости результатов ЕНТ от вышерассмотренных факторов необходимо использовать методы математического моделирования.

Результатом моделирования является производственная функция, устанавливающая влияние каждого фактора на результат ЕНТ.

Таблица 1

Количественные показатели социально-экономических явлений

№ п.п.	Социально-экономическое явление	Количественный показатель
1	Уровень квалификации педагогов	Результаты аттестации учителей
2	Техническая оснащенность школ	Единица обучающей техники на учащегося и наличие интернета в школах
3	Здоровье учащихся	Статистика по заболеваемости детей болезнями: - кровеносной системы (например анемия); - ОРВИ; - позвоночника и др.

4	Уровень жизни населения	Статистика уровня дохода по регионам Казахстана
5	Качество учебных материалов	Количественно трудно отслеживаемый фактор

Определим входные численные данные (табл. 2):

Таблица 2

Численные статистические данные

№ п.п.	Количественный показатель	Численные данные
1	Уровень квалификации педагогов	Средние значения результатов аттестации педагогических работников
2	Техническая оснащенность школ	Единица обучающей техники на учащегося и наличие интернета в школах
3	Здоровье учащихся	Отношение количества болевших учащихся к здоровым
4	Уровень жизни населения	Доход на душу населения по регионам
5	Качество учебных материалов	Результаты социологического опроса

Каждый из факторов можно представить в виде функций:

$$f(X_1) = f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n});$$

$$f(X_2) = f(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n});$$

$$f(X_3) = f(x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3n});$$

$$f(X_4) = f(x_{41}, x_{42}, \dots, x_{4n});$$

$$f(X_5) = f(x_{51}, x_{52}, \dots, x_{5n}),$$

где переменные x_{ij} – численные данные для выделенных факторов.

С помощью замены переменных $v_i = f(X_i)$, $i=1, 2, \dots, m$ сформируем многофакторную функцию линейного вида (универсальная форма):

$$U = a_0 + a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + a_4 v_4 + a_5 v_5,$$

где v_1, v_2, \dots, v_5 – функции одного аргумента.

Перед моделированием данной функции полезно проверить совокупность исходных факторов v_1, v_2, \dots, v_5 на отсутствие коллинеарности (мультиколлинеарности). Это достигается нахождением парных коэффициентов корреляции, которые показывают уровень взаимосвязи исходных факторов друг с другом и уровень влияния исходных факторов на результат.

Для определения коэффициентов уравнения регрессии $U = a_0 + a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + a_4 v_4 + a_5 v_5$ методом наименьших квадратов составим систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} \sum U = n a_0 + a_1 \sum v_1 + a_2 \sum v_2 + a_3 \sum v_3 + a_4 \sum v_4 + a_5 \sum v_5, \\ \sum U \cdot v_1 = a_0 \sum v_1 + a_1 \sum v_1^2 + a_2 \sum v_2 v_1 + a_3 \sum v_3 v_1 + a_4 \sum v_4 v_1 + a_5 \sum v_5 v_1, \\ \sum U \cdot v_2 = a_0 \sum v_2 + a_1 \sum v_1 v_2 + a_2 \sum v_2^2 + a_3 \sum v_3 v_2 + a_4 \sum v_4 v_2 + a_5 \sum v_5 v_2, \\ \sum U \cdot v_3 = a_0 \sum v_3 + a_1 \sum v_1 v_3 + a_2 \sum v_2 v_3 + a_3 \sum v_3^2 + a_4 \sum v_4 v_3 + a_5 \sum v_5 v_3, \\ \sum U \cdot v_4 = a_0 \sum v_4 + a_1 \sum v_1 v_4 + a_2 \sum v_2 v_4 + a_3 \sum v_3 v_4 + a_4 \sum v_4^2 + a_5 \sum v_5 v_4, \\ \sum U \cdot v_5 = a_0 \sum v_5 + a_1 \sum v_1 v_5 + a_2 \sum v_2 v_5 + a_3 \sum v_3 v_5 + a_4 \sum v_4 v_5 + a_5 \sum v_5^2. \end{cases}$$

В результате решения задачи должны быть получены числовые значения коэффициентов $a_0 \dots a_5$.

После получения результатов определим погрешности моделирования и пригодности полученной производственной функции.

В качестве критериев, оценивающих качество модели, воспользуемся четырьмя показателями: абсолютной погрешностью ($S_{ост}$), коэффициентом детерминации (D), множественным коэффициентом корреляции (R), критерием Фишера ($F_{расч}$).

В математической статистике все величины усредняются по количеству степеней свободы. Усредненные оценки размеров объектов будем называть дисперсиями и обозначать буквами $S_{сист}^2$, $S_{модель}^2$, $S_{остатка}^2$. Таким образом, можно говорить о трех дисперсиях, полученных в результате измерения системы, модели и остатка.

$$S_{сист}^2 = \frac{\sum (\bar{y} - y_j^\phi)^2}{n-1}, S_{модели}^2 = \frac{\sum (\bar{y} - y_j^м)^2}{m}, S_{ост}^2 = \frac{\sum (y_j^\phi - y_j^м)^2}{n-m}.$$

На основе найденных дисперсий можно установить вышеприведенные показатели:

$$S_{остатка} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j^\phi - y_j^м)^2}{n-m}}, D = 1 - \frac{S_{ост}^2}{S_{сист}^2}, R = \sqrt{D} = \sqrt{1 - \frac{S_{ост}^2}{S_{сист}^2}},$$

$F_{расч} = \frac{S_{мод}^2}{S_{ост}^2}$, для оценки расчетного критерия Фишера служит табличный критерий

Фишера $F_{таб}$.

На основании вычисленных показателей можно будет судить о качестве модели.

Основная цель данного исследования - выявить основные рычаги в современной системе образования и степени их влияния. Иоганн Вольфганг Гёте писал: «Числа не управляют миром, но показывают, как управляется мир». Попытка выразить математически этот сложный процесс будет толчком для внесения корректив в существующую систему оценки качества образования РК и дальнейшим подспорьем для проведения научных исследований фундаментального и прикладного характеров.

Список литературы

1. Дарменова Д. Гранит науки // Газета «Литер». - 2012. - № 105.
2. Балыкбаев Т.О. Система внешней оценки качества образования как элемент НСОКО / Т.О. Балыкбаев, Г.С. Примбетова // Журнал «Білім - Образование». - 2010. - № 1.
3. Чернявский В.С. Системные понятия математического моделирования. Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2009.
4. Чернявский В.С. Моделирование систем рыночной экономики / В.С. Чернявский, М.В. Чернявский. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2001.

Получено 21.11.12