

УДК 519.711.3:331.5 (571.150)

*А.В. Боговиз, И.А. Бушмин, Н.М. Оскорбин, А.Б. Панюкова*

**Методика и программный комплекс  
прогнозирования востребованности выпускников  
высшего профессионального образования**

*A.V. Bogoviz, I.A. Bushmin, N.M. Oskorbin, A.B. Panyukova*

**Technique and Program Complex for Forecasting  
Demand for Graduates of the Higher Vocational Training**

Решается задача оценки востребованности выпускников высшего профессионального образования на примере Алтайского края методами оптимизации с использованием современного программного инструментария.

**Ключевые слова:** моделирование, занятость, востребованность, высшее образование, методы оптимизации.

**Введение.** Структура общей модели содержит следующие основные блоки (см. рис.):

- Формирование сценарных условий развития экономики региона и определение прогнозной потребности экономики в кадрах с высшим профессиональным образованием.
- Прогноз численности абитуриентов, поступающих в высшие учебные заведения по выделенным профессиональным группам. Корректировка намерений выпускников школ (управление распределением школьников по вузам и специальностям).
- Прогноз численности выпускников высших учебных заведений по выделенным профессиональным группам. Показатели трудоустройства выпускников вузов.

В результате анализа достигнутого уровня социально-экономического развития Алтайского края, основных проблем и приоритетных направлений Главным управлением Алтайского края по экономике и инвестициям определены три основных сценария долгосрочного развития, являющиеся наиболее вероятными в прогнозируемых на перспективу экономических условиях.

В программе социально-экономического развития региона заложены темпы роста ВРП. Также в данной программе развития края заложены темпы роста инвестиций в основной капитал ( $I_l(t)$ ) по видам деятельности  $l$ . После проведения анализа этих показателей выявлена тесная связь производительности труда от инвестиций, что позволяет прогнозировать  $f_l(t)$  в зависимости от инвестиций в соответствующий вид экономической деятельности. Таким образом, с помощью следующего уравнения появляется возможность произвести расчет производительности труда [1]

$$f_l(t) = a^l I_l(t-1) + b^l. \quad (1)$$

The article solves a problem of estimating the demand for graduates of the higher vocational training on an example of the Altay Territory by methods of optimization using modern program toolkit.

**Key words:** modeling, employment, demand, higher education, methods of optimization.

В зависимости от сценария социально-экономического развития региона необходимо рассчитать прогнозные значения производительности труда в общем для экономики края, а также для каждого вида экономической деятельности, при которой возможно обеспечение прогнозного значения валового регионального продукта [2].

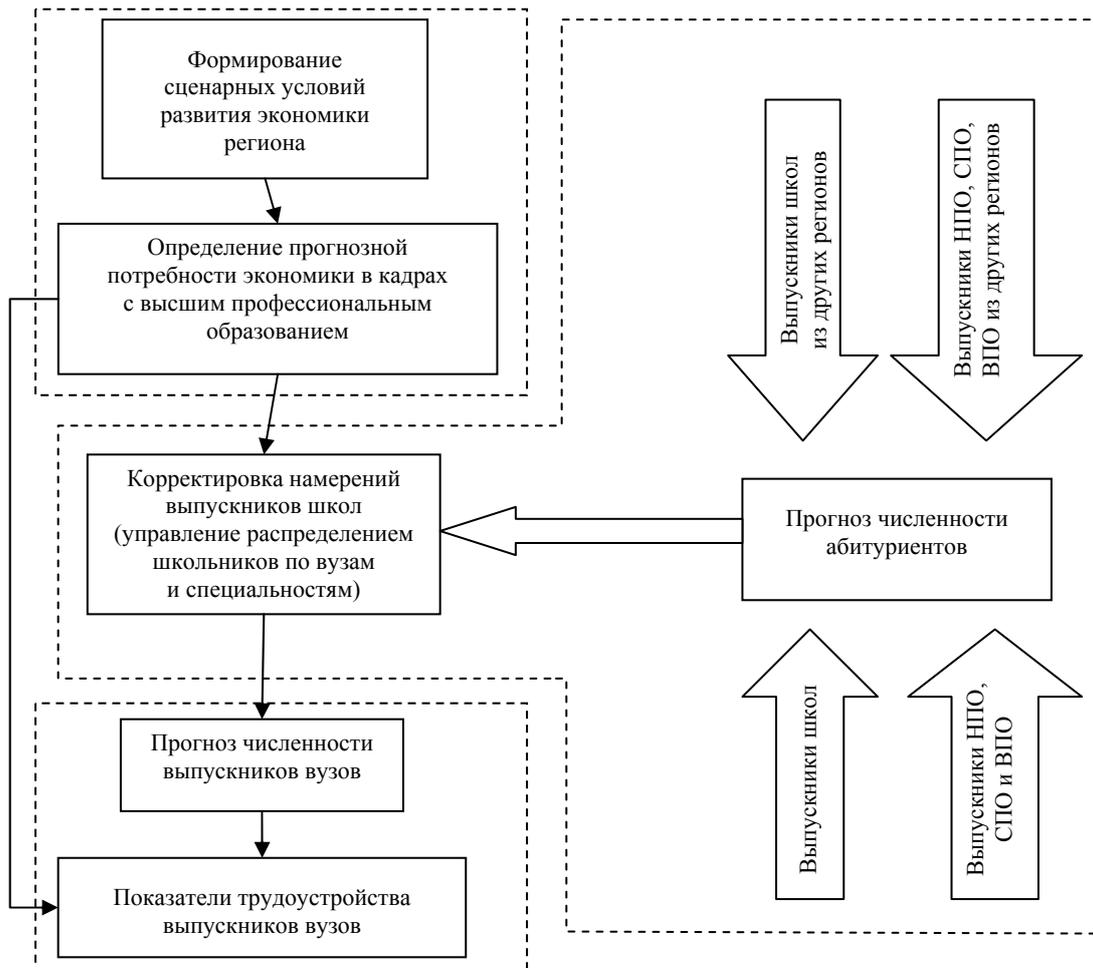
Прогноз потребности экономики Алтайского края в кадрах с высшим профессиональным образованием осуществляется следующим образом:

- оценка сценарных условий развития (оценка ВРП и объема инвестиций);
- оценка производительности труда;
- оценка численности занятого населения в экономике края;
- оценка выбытия кадров по возрастному цензу, миграция населения;
- оценка дополнительной потребности экономики края в специалистах с высшим профессиональным образованием.

Применительно к рассматриваемой проблеме указанная постановка задачи требует модификации. Рассмотрим систему ВПО и соотнесем задачи оптимизации и имеющиеся целевые постановки. В постановках задачи не учитывается «консерватизм» ВПО, который не допускает резких изменений. В данной статье предложена постановка задачи структурной оптимизации в следующем виде.

Пусть  $H_k^0(t)$ ,  $k = \overline{1, 25}$  – существующий уровень приема студентов в базовый год  $t = 2009$  г.

Учитывая период прогноза и регулирования 10 лет, задержку подготовки специалистов 5 лет, можем изменять структуру подготовки ВПО в период с  $(t + 5)$  года, т.е. прием в высшие учебные заведения в период  $t$ .



Блок-схема математической модели востребованности выпускников ВПО на региональном рынке труда

Оптимальная структура набора в год  $t \in I$ , где  $I = \{2011, 2015\}$ . Можно искать оптимальное значение по каждой специальности  $H_k(t)$ . Степень «консервативности» системы оцениваем, ограничивая динамику показателя.

Учитывая выбранную нами высокую размерность задачи и трудности в формализации условий приема  $H_k(t)$ ,  $k = \overline{1, 25}$ , интерпретируем это решение как рекомендацию государственным органам власти по сокращению (увеличению) приема на те или иные специальности. Его детализация, с учетом сложившейся системы ВПО, может служить обоснованием структуры изменений ВПО в Алтайском крае.

Учитывая ограничения по «консерватизму» тем, зададим экспертную оценку  $\alpha_k$  допустимого уровня структурных изменений. Оценка коэффициентов  $\alpha$  определяется исходя из мнений экспертов в составе 5 человек – специалистов в области системы высшего профессионального образования и на основе рассчитанного коэффициента вариации.

Коэффициент вариации  $v_k$  рассчитывается следующим образом. Для оценки  $v_k$  проанализированы данные о приеме студентов на специальность

$k = \overline{1, 25}$  с 2006 по 2010 г. Для каждой специальности определен максимальный и минимальный набор студентов за данный период.

$$v_k = \frac{\max_t R_k(t)}{\min_t R_k(t)}. \quad (2)$$

Таким образом, для увеличения или уменьшения набора нет необходимости проводить существенные реорганизационные мероприятия.

Тогда искомое решение можно ограничить

$$\underline{H}_k \leq H_k(t) \leq \overline{H}_k, \quad (3)$$

где  $\overline{H}_k = \alpha_k H_k^0$ ;  $\underline{H}_k = \frac{1}{\alpha_k} H_k^0$ ;  $H_k^0$  – среднее число

студентов, выпускаемых системой ВПО региона по профессиональным группам в базовый период времени.

Из условия  $\overline{H}_k \geq \underline{H}_k$  следует, что  $\alpha_k \geq 1$ . При  $\alpha_k = 1$  структурных изменений не происходит, при  $\alpha_k > 1$  возникает возможность указанных структурных изменений. Полученные согласованные экспертные оценки  $\alpha_k$  и коэффициенты вариации  $v_k$  представлены в таблице 1.

Таблица 1

Экспертные оценки показателя  $\alpha_k$  допустимых структурных изменений ВПО Алтайского края

УГС	$V_k$	$\alpha_k$
010000-Физико-математические науки	1,54	1,54
020000-Естественные науки	1,62	1,62
030000-Гуманитарные науки	1,16	1,99
040000-Социальные науки	1,49	1,49
050000-Образование и педагогика	1,16	1,99
060000-Здравоохранение	1,08	1,08
070000-Культура и искусство	1,42	1,42
080000-Экономика и управление	1,09	2,00
090000-Информационная безопасность	2,29	2,29
100000-Сфера обслуживания	1,64	1,64
110000-Сельское и рыбное хозяйство	1,23	1,23
120000-Геодезия и землеустройство	1,83	1,83
140000-Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника	1,08	1,08
150000-Металлургия, машиностроение и материалобработка	1,17	1,17
160000-Авиационная и ракетно-космическая техника	1,50	1,50
170000-Оружие и система вооружения	1,67	1,67
190000-Транспортные средства	1,50	1,50
200000-Приборостроение и оптотехника	1,16	1,16
220000-Автоматика и управление	1,77	1,77
230000-Информатика и вычислительная техника	1,35	1,35
240000-Химическая технология и биотехнология	1,15	1,15
250000-Воспроизводство и переработка лесных ресурсов	1,33	1,33
260000-Технология продовольственных продуктов и потребительских товаров	1,14	1,14
270000-Строительство и архитектура	1,31	1,31
280000-Безопасность жизнедеятельности, природообустройство и защита окружающей среды	1,20	1,20

Введем  $p_k^h(t)$  – оценка востребованности специалистов с ВПО по специальности  $k$ .

Тогда решение  $H_k^*$  – оптимальное значение выпуска из вузов.

Можно найти решение следующей задачи оптимизации с ограничениями (3, 5):

$$z = \sum_{t \in I_p} \sum_{k=1}^{25} \left[ \frac{H_k}{s^k(t) p_k^h(t)} - 1 \right]^2 \rightarrow \min_{H_k \leq H_k \leq H_k}, \quad (4)$$

где  $s^k(t)$  – коэффициент сохранности контингента студентов за период обучения по каждой специальности  $k$ ;  $s^k(t) \leq 1$ . Данный коэффициент определяет долю выпускников вузов, приступающих к работе по своей специальности.

В модели учитываются ограничения по количеству поступающих в вузы:

$$\sum_{k=1}^{25} H_k \leq M, \quad (5)$$

где  $M$  – среднее по годам число абитуриентов прогнозного периода по всем «каналам» их формирования.

Рассмотренная задача оптимизации (2)–(5) структуры ВПО в регионе относится к классу задач выпуклого программирования и решается с использованием известного инструментария.

Согласно данной задаче, одинаково неблагоприятными считаем рассогласование по всем специальностям в каждый год  $t$  на период планирования  $t \in I_p$ , где  $I_p = \{2015, 2019\}$  прогнозного периода.

Нет никаких технических сложностей установить приоритеты в оценке степени рассогласования прогнозных и расчетных потребностей и дальнейшем уточнении модели. Однако в данном случае мы ограничены моделью (2–4), так как модификация требует дополнительной экспертной информации и может создать трудность в использовании.

Общий набор по специальностям по вузам края нормативными документами не ограничивается, так как подготовку специалистов осуществляют разные вузы, меняется стратегия развития вузов, поэтому, если окажется, что общий набор превышает возможности вузов (по площадям, ресурсным ограничениям и т.д.), то это может быть учтено при разработке планов их развития и проанализировано по результатам модели.

Для исходных данных базовой модели решение представлено в таблице 2.

Рассматривая структуру подготовки ВПО в Алтайском крае, видно, что по некоторым специальностям наблюдается избыток, а по другим требуется увеличение выпуска.

Решение задачи оптимизации, на 2009 г.

УГС	Прием, чел.	$A_k$	Прогнозная потребность	Нижние $h_k$	Верхние $h_k$	Решение задачи оптимизации
010000-Физико-математические науки	253	1,54	383	164	390	271
020000-Естественные науки	336	1,62	373	207	545	320
030000-Гуманитарные науки	2759	1,99	718	1386	5490	1386
040000-Социальные науки	301	1,49	182	202	449	202
050000-Образование и педагогика	2553	1,99	813	1283	5080	1 283
060000-Здравоохранение	863	1,08	565	801	930	801
070000-Культура и искусство	563	1,42	342	396	800	396
080000-Экономика и управление	4875	2,00	1414	2438	9750	2438
090000-Информационная безопасность	42	2,29	261	18	96	96
100000-Сфера обслуживания	343	1,64	274	209	563	280
110000-Сельское и рыбное хозяйство	972	1,23	388	789	1198	789
120000-Геодезия и землеустройство	171	1,83	166	94	312	166
140000-Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника	429	1,08	543	396	465	465
150000-Металлургия, машиностроение и материалобработка	349	1,17	227	297	410	297
160000-Авиационная и ракетно-космическая техника	30	1,50	74	20	45	45
170000-Оружие и система вооружения	30	1,67	37	18	50	37
190000-Транспортные средства	445	1,50	381	297	666	379
200000-Приборостроение и оплотехника	151	1,16	137	130	175	137
220000-Автоматика и управление	46	1,77	249	26	81	81
230000-Информатика и вычислительная техника	286	1,35	574	212	385	295
240000-Химическая технология и биотехнология	214	1,15	183	186	246	186
250000-Воспроизводство и переработка лесных ресурсов	105	1,33	127	79	140	127
260000-Технология продовольственных продуктов и потребительских товаров	285	1,14	108	251	324	251
270000-Строительство и архитектура	494	1,31	463	377	648	480
280000-БЖД, природообустройство и защита окружающей среды	337	1,20	210	282	403	282
Всего	17 232		9 193	10 558	29 642	11 489

Анализ решения показывает, что по структурной переменной  $H_k$  при  $\alpha = 2$  только две специальности выходят на верхние границы, это говорит о том, что сложившаяся структура ВПО адекватна экономике Алтайского края. Специальности, структуру которых необходимо корректировать в сторону повышения приема:

090000-Информационная безопасность;

160000-Авиационная и ракетно-космическая техника.

Данный результат говорит о том, что нужно приложить усилия для развития учреждений высшего профессионального образования, в которых готовят специалистов по данным специальностям.

Тем не менее по некоторым специальностям надо ввести существенные корректировки.

Уменьшения набора требуют следующие специальности:

030000-Гуманитарные науки;

080000-Экономика и управление;

050000-Образование и педагогика.

Увеличения набора требуют также специальности:

090000-Информационная безопасность;

220000-Автоматика и управление;

230000-Информатика и вычислительная техника.

По результатам расчетов нами рекомендуется ввод новой специальности для ВПО в Алтайском крае – 210000-Электронная техника, радиотехника и связь.

Полученные решения носят рекомендательный характер для органов государственной власти и руководителей вузов.

Оценим эффективность оптимизации, сравним показатели трудоустройства выпускников с найден-

ной оптимальной и существующей структурой  $H_k^0$ ,  $t = 2009$ .

Таблица 3

Сравнение выпускников 2009 г. с прогнозной потребностью экономики и оптимальным приемом

Всего выпускников	Трудоустроены	Из них по специальности	Прогнозная потребность экономики	Отклонение прогнозной потребности от трудоустроенных по своей специальности	Оптимальный выпуск
14 798	11 582	9 352	9 779	-4%	11 489

Из данной таблицы видно, что результаты оптимального выпуска наиболее соответствуют потребностям экономики.

**Заключение.** Исследование базовой модели выполнено как теоретическими методами, так и путем вычислительных экспериментов с помощью современного программно-математического инструментария. В работе обоснованы алгоритмы оценки оп-

тимального полинома интервального прогнозирования используемых временных рядов; разработаны численные методы и алгоритмы оценки приема абитуриентов в высшие учебные заведения с учетом оптимальных решений по структуре набора, прогнозов выпуска школьников, их предпочтений, стратегий профориентации с горизонтом планирования на 10 лет.

### Библиографический список

1. Панюкова А.Б. Проблемы моделирования востребованности выпускников с высшим профессиональным образованием в Алтайском крае // Наука. Технологии. Инновации: мат. Всерос. науч. конф. молодых ученых. – Новосибирск, 2010. – Ч. 3.

2. Панюкова А.Б. Исследование математической модели динамики показателей регионального рынка труда // Известия АлтГУ. – 2011. – №1/1 (67).