

В.Н. Малинин, И.Б. Шумакова

**О ПРОГНОЗЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

V.N. Malinin, I.B. Shumakova

**ON THE PREDICTION OF SCIENTIFIC POTENTIAL
PARAMETERS OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS
IN SAINT PETERSBURG**

Приводятся сведения о количественном составе профессорско-преподавательского состава (ППС) вузов Санкт-Петербурга. Предлагается комплексный подход к прогнозированию показателей ППС, состоящий в раздельном использовании 3 методов (экспертный, экстраполяционный, статистический) с последующим комплексированием полученных результатов. Даются прогностические оценки ряда показателей ППС с заблаговременностью 1–3 года.

Ключевые слова: прогнозирование, профессорско-преподавательский состав, научный потенциал, статистические методы.

Information on quantitative composition of higher-education teaching personnel (HETP) of St. Petersburg higher education institutions is given. Proposed is the integrated approach for prediction of HETP parameters consisting of separate use of 3 methods (Delphi, extrapolation and statistical methods) followed by integration of produced results. Prognostic estimates of a number of HETP parameters in 1-3 year advance are given.

Key words: prediction, teaching staff, scientific potential, statistical methods.

Санкт-Петербург обладает вторым по значимости научно-образовательным потенциалом в России. В городе в 2007 г. функционировало 50 государственных и более 20 негосударственных высших учебных заведений. С учетом того, что система высшего профессионального образования (ВПО) в России находится в настоящее время на этапе принципиальных перемен [Балыхин, 2003], реализация в Санкт-Петербурге федеральной Концепции развития сети образовательных учреждений, подведомственных Рособразованию [9], требует разработки механизмов концентрации ограниченных ресурсов и оптимизации структуры, основных параметров функционирования и развития системы ВПО. С этой целью необходим комплексный анализ закономерностей развития системы ВПО и прогноз ее изменений под воздействием социальных, экономических и иных факторов. При этом к числу важнейших задач относится анализ и прогнозирование состояния научно-образовательного потенциала высшего профессионального образования города по наиболее значимым показателям, получаемым по данным о мониторинге высших учебных заведений Санкт-Петербурга различных организационно-правовых форм. Результаты мониторинга, проводимого Комитетом по науке и высшего образования вот уже в течение 10 лет, служат основой для принятия управленческих решений и позволяют выработать мероприятия, направленные на развитие научной и научно-образовательной сферы города.

Общая численность профессорско-преподавательского состава (ППС) на уровень 2006 г. в Санкт-Петербурге для 50 государственных вузов составляла 26 443 человек, в том числе 4044 докторов и 12 297 кандидатов наук (табл. 1). Эти данные заимствованы с интернетовского сайта [www.edu.ru/vuz]. Все остальные сведения получены непосредственно в результате обработки форм 3-НК для 39 вузов города. Как следует из табл. 1, численность ППС 11 неучтенных в табл. 1 вузов составляет 2248 чел. штатного состава, или 8,5 %. Особенно мала доля докторов (7 чел.) и кандидатов (48 чел.) наук. Это означает, что выборка из 39 вузов является репрезентативной и достаточно надежно характеризует структуру ВПО города.

Таблица 1

Распределение численности основного (штатного) преподавательского персонала государственных вузов по ученым степеням и званиям

| | Ученая степень | | | Ученое звание | | |
|-----------------------------|----------------|---------------|-------------|---------------|--------|------------|
| | доктор наук | кандидат наук | без степени | профессор | доцент | без звания |
| Всего (50 вузов) | 4044 | 12 297 | 10 102 | 3561 | 8489 | 14 393 |
| Всего (39 вузов) | 4037 | 12 249 | 7909 | 3519 | 8442 | 12 234 |
| Ректор | 32 | 4 | 3 | 35 | 1 | 3 |
| Проректоры | 100 | 94 | 36 | 111 | 65 | 54 |
| Деканы факультетов | 219 | 175 | 56 | 160 | 148 | 30 |
| Заведующие кафедрами | 1029 | 429 | 128 | 981 | 460 | 145 |
| Профессора в составе кафедр | 2578 | 683 | 99 | 2198 | 939 | 223 |
| Доценты в составе кафедр | 137 | 9301 | 1008 | 34 | 6790 | 3622 |
| Старшие преподаватели | 4 | 762 | 3800 | 0 | 18 | 4548 |
| Преподаватели, ассистенты | 4 | 801 | 2825 | 0 | 21 | 3609 |

Как известно, в мониторинге ВПО используется довольно большое число разнообразных показателей ППС. Естественно, прогнозирование всех их представляет самостоятельную и весьма сложную задачу, которая в значительной степени затруднена отсутствием однородных данных за продолжительный период времени. Поэтому в данной работе мы ограничились разработкой методики прогнозирования следующих показателей: общая численность ППС, суммарное число профессоров и доцентов, а также распределение ППС по возрастным группам в процентах. Таким образом, число прогнозируемых параметров составило 8, а их общая продолжительность – 9 лет (1998–2006 гг.). Вся выборка была разделена на 2 неравные части: зависимую (1998–2005 гг.) и независимую (2006 г.). Зависимая выборка использовалась для построения прогностической модели, а показатели 2006 г. служили для проверки точности полученных прогностических оценок.

Следует отметить, что по оценкам некоторых ученых насчитывается более 150 методов прогнозирования экономических процессов, однако на практике

вряд ли их используется более 15–20. По степени формализации методы прогнозирования принято разделять на *интуитивные и формализованные* [Рабочая книга, 1982]. По существу, все интуитивные методы – это разновидности экспертного подхода. *Формализованные* методы связаны преимущественно с численным анализом информации и применением каких-либо математических методов их обработки. Естественно, что преобладающими являются статистические методы. В настоящее время известен целый ряд достаточно подробных схем классификации методов прогнозирования. Например, в работе [Антохонова, 2004] интуитивные методы разделены на 9 методов, а формализованные – на 17 методов. Еще более сложная классификация приводится в работе [Нейросетевой анализ], в которой они делятся на 37 методов. Очевидно, столь детальная классификация вряд ли имеет практический смысл.

С точки зрения практического использования, особенно для коротких выборок, все методы прогнозирования достаточно свести в три большие группы: экспертные, экстраполяционные и статистические модели. При этом следует иметь в виду, что разделение на экстраполяционные методы и статистические модели в определенной степени условно. Как известно, *экстраполяция* представляет собой продление на перспективу тенденций, наблюдавшихся в прошлом. Методы экстраполяции основаны исключительно на закономерностях внутренней структуры самого процесса и не требуют привлечения дополнительной информации. К этим закономерностям относится, прежде всего, учет инерционности и цикличности временного ряда. Естественно поэтому, что основой данных методов является аппарат одномерного статистического анализа.

Статистические модели обычно требуют привлечения дополнительной информации, в качестве которой используются какие-либо процессы (факторы), воздействующие на рассматриваемую переменную. Математическим аппаратом решения данной задачи в основном служит классический метод множественной линейной регрессии (МЛР) и его различные модификации. Помимо метода МЛР, в статистических прогнозах используются также такие методы, как дискриминантный анализ, кластерный анализ, метод нейронных сетей и др. Заметим, например, что даже хорошо известный на практике метод аналогов, по существу, реализует идеи кластерного анализа и поэтому может быть представлен как одно из его направлений. Таким образом, основой статистических моделей является аппарат многомерного статистического анализа.

Применительно к прогнозу показателей научного потенциала вузов реализованы все три подхода. В качестве экспертного подхода использовано сочетание аналитического метода и метода «комиссий». Первый выражает индивидуальную точку зрения эксперта, сформулированную им по поводу тенденций развития изучаемых явлений и процессов в публикациях, аналитических записках, научно-технических отчетах, экспертизах и т.п. Метод *комиссий* представляет коллективное мнение экспертов по выработке документов о перспективах развития объекта прогнозирования.

В общем случае экстраполяция может осуществляться на основе большого числа методов, имеющих различную степень сложности. Простейший способ экстраполяции заключается в задании по определенному закону изменений средних характеристик ряда: среднего уровня, среднего абсолютного прироста и среднего темпа роста, что позволяет оценить их прогнозные значения на 1-2 шага вперед. Методы скользящих средних и экспоненциального сглаживания заключаются в предварительном сглаживании исходного ряда с целью ослабления случайных колебаний и выявления закономерных тенденций его изменений.

Довольно широкое распространение на практике получили методы экстраполяции трендовой компоненты временного ряда [Афанасьев, 2001; Дуброва, 2007; Четыркин, 1977]. При этом тренд может быть представлен как в линейном, так и в нелинейном виде. Незвестные коэффициенты определяются с помощью метода наименьших квадратов или различных итеративных процедур. Особенно полезным данный подход представляется, когда тренд описывает преобладающую долю дисперсии исходной выборки.

Если во временном ряду прослеживается хорошо выраженная инерционность, т.е. когда его изменения имеют однонаправленные тенденции в течение нескольких шагов подряд, то для аппроксимации временного ряда могут быть использованы статистические модели авторегрессии (АР), скользящего среднего (СС) и смешанные модели авторегрессии – скользящего среднего (АРСС) [Айвазян, 1998; Бокс, 1974]. В тех случаях, когда временной ряд представляет стационарную последовательность, состоящую из случайных колебаний, то полезным для его аппроксимации может быть аппарат спектрального анализа и дальнейшая аппроксимация значимых гармоник.

Весьма перспективными для прогнозирования одномерных временных рядов являются адаптивные модели [Айвазян, 1998; Дуброва, 2007; Лукашин, 2003], которые можно рассматривать как обобщение моделей экстраполяции тренда. Адаптивными называются методы прогнозирования, позволяющие строить самокорректирующиеся (самонастраивающиеся) экономико-математические модели, которые способны оперативно реагировать на изменение условий путем учета результата прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и учета различной информационной ценности уровней ряда. Благодаря указанным свойствам адаптивные методы особенно удачно используются при краткосрочном прогнозировании (при прогнозировании на один или на несколько шагов вперед).

Учитывая короткую продолжительность временных рядов показателей кадрового потенциала вузов города и сравнительно гладкий характер их межгодовых изменений, мы ограничились в данной работе моделью временного ряда в виде следующего разложения:

$$X(t) = T(t) + E(t), \quad (1)$$

где $T(t)$ – трендовая составляющая; $E(t)$ – остаточная часть, характеризующая нерегулярные (случайные) колебания.

Под трендовой составляющей временного ряда в разложении (1) мы понимаем некоторое медленное изменение процесса с периодом, превышающим длину исходной реализации [Малинин, 2008]. В тех случаях, когда тренд описывает большую часть дисперсии временного ряда, это может быть использовано для его прогноза на один или два шага. Естественно, такой прогноз является чисто инерционным и сохраняет свою значимость до тех пор, пока тенденция в случайном процессе не начинает меняться во времени. Временные ряды могут содержать тренды различного вида:

- по математическому ожиданию, когда выборочное среднее линейным или нелинейным образом изменяется во времени;
- по дисперсии, когда меняется размах колебаний;
- по математическому ожиданию и дисперсии, когда одновременно изменяются выборочные оценки среднего и дисперсии.

Для экономических рядов характерны в основном тренды по математическому ожиданию. Как уже указывалось выше, они могут быть линейного и нелинейного вида. В том случае, если неизвестными являются два параметра, которые входят линейно в формулу тренда, то для их определения может быть использован метод наименьших квадратов. Модели, нелинейные по оцениваемым параметрам, делятся на два типа:

- нелинейные модели внутренне линейные по параметрам,
- нелинейные модели внутренне нелинейные по параметрам.

Для первого типа моделей характерно то, что с помощью подходящих преобразований они могут быть приведены к линейному виду. Данная процедура называется *линеаризацией*. Коэффициенты линеаризованных моделей обычно определяются МНК. Для оценки параметров нелинейных моделей, которые не удается свести к линейному виду, используются, как правило, итеративные процедуры. К ним относятся квазиньютоновский метод, симплекс-метод, метод Хука-Дживса и др.

Отметим, что далеко не всегда точность описания исходных данных эмпирической формулой с двумя параметрами оказывается достаточной с практической точки зрения. Поэтому существуют программные комплексы, реализующие процедуру аппроксимации с помощью формул, имеющих три и более параметра. В данной работе использован программный комплекс «Аппроксимация», который позволяет оценивать параметры почти двух десятков нелинейных формул.

Наиболее важными характеристиками тренда являются его *величина* (Tr) и нелинейный (в частном случае линейный) *коэффициент детерминации* R^2 . Выборочная оценка Tr отражает изменение исходного процесса в единицу времени, а коэффициент детерминации R^2 показывает вклад тренда в дисперсию исходного процесса, т.е. $R^2 = D_{y(x)}/D_y$, где $D_{y(x)}$ – дисперсия тренда, D_y – дисперсия исходного процесса.

Кроме того, необходима оценка *значимости* тренда. Хотя известно большое число самых разнообразных приемов, но все же наиболее распространенным является использование параметрического критерия Стьюдента. Вначале записывается нулевая гипотеза о равенстве корреляционного отношения (для нелинейного тренда) или коэффициента корреляции (для линейного тренда) нулю. Далее рассчитывается выборочная оценка статистики Стьюдента t^* и сравнивается с ее критическим значением. Если выполняется неравенство $t^* > t_{кр}(\alpha, \nu = n - 2)$, где α – уровень значимости, ν – число степеней свободы, то нулевая гипотеза отвергается и тренд считается значимым, т.е. его величина отклоняется от нуля неслучайным образом.

Наконец, третий подход – это построение многофакторных регрессионных моделей, которые получили очень широкое применение в практике экономических исследований и прогнозов [Айвазян, 1998; Аффифи, 1982; Эконометрика, 2002 и др.]. В общем случае модель МЛР имеет вид:

$$y_j = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

где x_{ij} – независимая переменная (предиктор); ε_i – вектор остатков (ошибок), которые не описываются уравнением регрессии; m – число переменных, входящих в модель. Очевидно, нет необходимости останавливаться на вычислительных аспектах построения модели МЛР, которые достаточно хорошо известны и реализованы практически во всех пакетах прикладных статистических программ.

Отметим, что для решения конкретных задач разработаны сотни различных модификаций метода. В данной работе применение классической модели МЛР с учетом короткой длины рядов показателей кадрового потенциала вызывает серьезные затруднения. В связи с этим нами использован метод включения переменных пошаговой процедуры МЛР. При этом оценка оптимальной модели может быть осуществлена двумя способами. Первый основан на частном F -критерии, который представляет собой обычный F -критерий для каждой переменной при условии, что она оказывается последней переменной, включенной в регрессию. По умолчанию в пакете «Statistica» она обычно принимается $F_{кр} = 4,0$. Как только на k шаге величина F_k становится меньше $F_{кр}$, программа прекращает работу и последний шаг принимается за оптимальную модель регрессии [Аффифи, 1982; Дрейнер, 1987]. Однако, как показывает практика, частный F -критерий вряд ли следует считать универсальным и зачастую его использование еще не является гарантией получения наилучших результатов.

Совершенно очевидно, что нахождение оптимальной модели МЛР – задача неформальная. Во многих случаях целесообразнее рассчитывать основные параметры модели (коэффициент детерминации, стандартная ошибка модели, критерий Фишера, p -level коэффициентов регрессии), комплексный анализ которых позволяет более надежно определить оптимальный вид окончательной модели. Именно такой подход реализован в данной работе.

Для прогнозирования будем применять, по возможности, все три подхода: экспертные оценки, экстраполяцию и регрессионные модели. В последнем случае прогнозы основываются на использовании данных социально-экономического развития города до 2010 г. В качестве предикторов послужили следующие показатели: численность населения, численность занятых в экономике, численность трудовых ресурсов, численность учащихся средних общеобразовательных учреждений (на сентябрь года), выпуск вузов. На четыре года, т.е. до 2010 г., были выполнены прогнозы и на основе экстраполяции тренда. Однако следует иметь в виду, что точность их максимальна на один шаг (год), потом с каждым новым шагом точность снижается.

Важнейшее условие прогнозирования показателей ППС – это предположение о стационарности (неизменности) внешних условий на весь прогнозируемый период. Действительно, если на государственном уровне будут приняты какие-либо кардинальные решения об изменениях в системе ВПО, то полученные нами прогностические оценки ППС теряют смысл. Отметим также, что при существенном расхождении прогностических оценок различными методами возможно применение процедуры комплексирования. Если изначально нет предпочтения какому-либо подходу, то самый простой способ комплексирования заключается в осреднении всех вариантов прогноза с одинаковыми весами.

Прежде всего обратимся к результатам прогнозирования основного (штатного) персонала ППС и суммарного числа профессоров и доцентов в процентах от штатного состава ППС. Временной ход этих показателей представлен на рис. 1. Нетрудно видеть, что численность ППС имеет выраженную тенденцию к повышению. Наиболее быстро рост ППС происходил в 2002–2004 гг. Что касается суммарного числа профессоров и доцентов, то до 2000 г. оно несколько повышалось, но затем началось его довольно быстрое уменьшение. Это связано с тем, что рост штатного персонала без звания существенно превышал рост штатного персонала профессоров и доцентов.

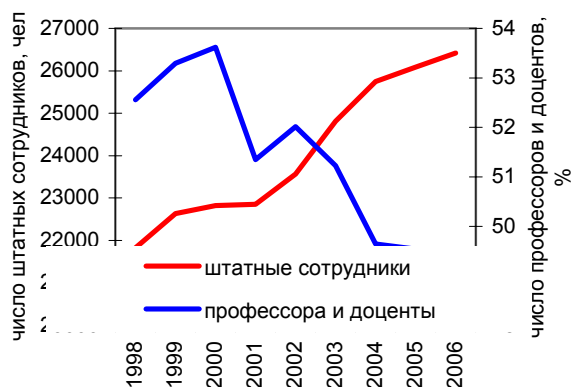


Рис. 1. Динамика числа штатных сотрудников вузов и доли в нем профессоров и доцентов за период с 1998 по 2006 г.

Экстраполяция тренда. С помощью описанного выше программного комплекса «Аппроксимация» для каждого показателя ППС рассчитаны модели тренда, из которых выбрана одна модель, имеющая наименьшую среднеквадратическую ошибку аппроксимации. Для общей численности штатного состава ППС наилучшей оказалась дробно-рациональная модель вида

$$y_{\text{ППС}} = (a_0 + a_1t + a_2t^2) / (a_3 + a_4t) + \varepsilon, \quad (3)$$

где t – время; ε – абсолютная ошибка, определяемая как $\varepsilon = y - y_{\text{выч}}$.

Суммарное число профессоров и доцентов (СПД) лучше всего описывается четырехчленной полиномиальной моделью:

$$y_{\text{СПД}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + \varepsilon. \quad (4)$$

В табл. 2 представлены статистические оценки этих прогностических моделей и ошибки независимого прогноза на 2006 г. Именно по ней можно судить о точности вероятностных моделей. Коэффициент корреляции показывает меру линейной связи фактических и вычисленных значений исходных рядов.

Нетрудно видеть, что обе модели почти полностью описывают дисперсию исходных рядов, причем относительная ошибка их прогноза по независимым данным на 2006 г. находится в пределах нескольких процентов. Это означает, что они обе могут быть использованы в прогностических целях.

Таблица 2

Оценки статистических параметров моделей (3) и (4) показателей ППС и ошибки их прогноза по независимым данным на 2006 г.

| Показатель ППС | Модель | Коэффициент детерминации | Стандартная ошибка модели | Ошибка прогноза на 2006 г., % | |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|
| | | | | абсолютная | относительная |
| Штатный персонал ППС, чел. | дробно-рациональная | 0,98 | 326, 1 | 73 | 0,00 |
| Численность профессоров и доцентов, % | полиномиальная | 0,90 | 0,73 | -0,29 | 0,01 |

Регрессионная модель. В качестве предикторов использовались указанные выше пять макроэкономических показателей. Как оказалось, уже на первом шаге (ступени) точность описания функции отклика регрессионной моделью была достаточно высокой, вследствие чего дальнейшее ее уточнение уже не имело смысла. В обоих случаях главным предиктором послужила численность занятых в экономике (ЗЭ). Для модели штатного состава ППС на втором шаге дополнительным предиктором стала численность учащихся общеобразовательных (школьных) учреждений (УШ):

$$y_{\text{ППС}} = a_0 + a_1\text{ЗЭ} - a_2\text{УШ} + \varepsilon; \quad (5)$$

$$y_{\text{СПД}} = a_0 - a_1\text{ЗЭ} + \varepsilon. \quad (6)$$

Стандартная ошибка этих моделей составляет соответственно 281,6 чел и 0,63 %, т.е. даже несколько ниже, чем для моделей тренда. Прогностические

оценки показателей ППС на 2007–2010 гг. различными методами приводятся в табл. 3 и на рис. 2. Отметим, что экспертная оценка осуществлялась по инерционному варианту. Как видно из табл. 3, прогностические оценки параметров ППС весьма близки друг другу, особенно для численности профессоров и доцентов. Однако следует иметь в виду, что регрессионная модель дает некоторое систематическое занижение оценок штатного персонала ППС по сравнению с другими методами. Впрочем, это занижение даже для 2010 г. составляет менее 3 %.

Таблица 3

Прогностические оценки показателей ППС на 2007–2010 гг., полученные различными методами

| Год | Штатный персонал ППС, чел. | | | | Численность профессоров и доцентов, % | | | |
|------|----------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| | Модель тренда | Регрессионная модель | Экспертная оценка | Комплексный прогноз | Модель тренда | Регрессионная модель | Экспертная оценка | Комплексный прогноз |
| 2007 | 26 718 | 26 474 | 26 600 | 26 597 | 49,0 | 49,4 | 49,0 | 49,1 |
| 2008 | 26 858 | 26 570 | 26 700 | 26 709 | 49,0 | 48,9 | 48,8 | 48,9 |
| 2009 | 26 947 | 26 462 | 26 800 | 26 736 | 48,9 | 49,0 | 48,6 | 48,8 |
| 2010 | 27 004 | 26 262 | 26 900 | 26 722 | 48,6 | 49,0 | 48,4 | 48,7 |

Как видно из рис. 2, разброс между крайними оценками, означающий степень неопределенности прогноза параметров ППС, незначителен, поэтому проведение процедуры комплексирования, вообще говоря, нецелесообразно.

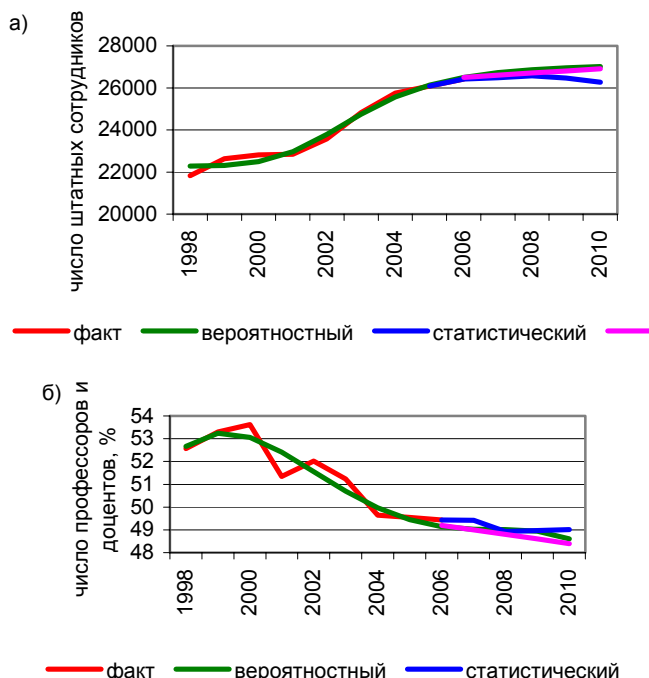


Рис. 2. Прогностические оценки показателей ППС на 2007–2010 гг. различными методами: а – численность штатного состава, чел; б – число профессоров и доцентов, %

Обратимся теперь к прогнозу численности ППС по возрастным группам. На рис. 3 приводится временной ход численности ППС по отдельным возрастным группам в процентах. Отчетливо видны противоположные тенденции: численность самой молодой группы (до 30 лет) и двух самых старых групп (60–65 и более 65 лет) за рассматриваемый период увеличивается. Численность двух средних по возрасту групп (40–49 и 50–59 лет) уменьшается. Увеличение численности ППС старшего возраста обусловлено двумя причинами. Главная – это процесс общего старения преподавательских кадров, т.е. постепенный переход их из одной возрастной категории в другую. А уменьшение численности средних по возрасту групп может быть вызвано выходом сотрудников из сферы высшего образования и переходом в другие сферы экономики. Кроме того, в связи с открытием новых специальностей, кафедр и высоким приростом числа студентов в вузах города по контракту происходит пополнение ППС кадрами высокой квалификации из научных организаций города.

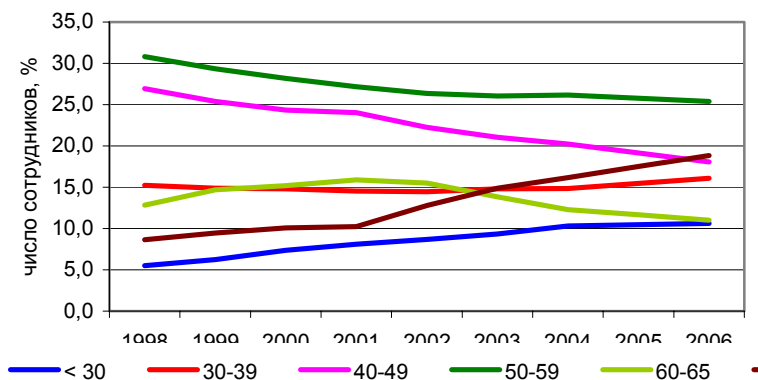


Рис. 3. Динамика численности ППС по отдельным возрастным группам (%)

Учитывая довольно монотонный характер межгодовых изменений указанных характеристик, ограничимся построением моделей тренда. Первичные статистические характеристики числа ППС по возрастным категориям даются в табл. 4. Наибольшая изменчивость характерна для возрастной группы старше 65 лет, а наименьшая – для группы 30–39 лет.

Таблица 4

Первичные статистические характеристики числа ППС по возрастным группам за 1998–2006 гг.

| Возрастная группа ППС | Среднее значение, % | Стандартное отклонение, % |
|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| Менее 30 лет | 8,52 | 1,87 |
| 30–39 лет | 15,01 | 0,52 |
| 40–49 лет | 22,38 | 3,01 |
| 50–59 лет | 27,25 | 1,84 |
| 60–65 лет | 13,66 | 1,78 |
| Более 65 лет | 13,19 | 3,80 |

Далее для каждой возрастной группы ППС рассчитаны модели тренда, из которых выбрана модель, имеющая наименьшую среднеквадратическую ошибку аппроксимации.

Для возрастной группы ППС до 30 лет наилучшей оказалась экспоненциальная модель Гаусса, которая описывает нормальный закон распределения с нисходящей и восходящей ветвями кривых. Она имеет следующий вид

$$y_{(<30)} = a_0 \exp[-(a_1 - t)^2 / 2a_2^2] + \varepsilon. \quad (7)$$

Для возрастной группы ППС 30–39 лет была выбрана трехчленная полиномиальная модель:

$$y_{(30-39)} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \varepsilon, \quad (8)$$

для группы ППС 40–49 лет линейная модель:

$$y_{(40-49)} = a_0 + a_1 t + \varepsilon, \quad (9)$$

для групп ППС 50–59 и 60–65 лет наилучшей оказалась четырехчленная полиномиальная модель:

$$y_{(50-59)} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \varepsilon. \quad (10)$$

Наконец, для самой старшей группы ППС более 65 лет выбрана дробно-рациональная модель:

$$y_{(>65)} = (a_0 + a_1 t + a_2 t^2) / (a_3 + a_4 t). \quad (11)$$

В табл. 5 представлены статистические оценки прогностических моделей. Как видно из таблицы, все модели имеют малые стандартные ошибки и близкий к единице коэффициент корреляции. Это свидетельствует о высокой степени аппроксимации исходных рядов.

Таблица 5

Оценки статистических параметров трендовых моделей численности ППС для различных возрастных групп и ошибки их прогноза по независимым данным на 2006 г.

| Возрастная группа ППС | Модель | Коэффициент детерминации | Стандартная ошибка модели, % | Ошибка прогноза на 2006 г., % | |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------|
| | | | | абсолютная | относительная |
| Менее 30 лет | экспоненциальная | 0,99 | 0,16 | 0,13 | 0,01 |
| 30–39 лет | полиномиальная | 0,98 | 0,11 | 0,01 | 0,00 |
| 40–49 лет | линейная | 0,99 | 0,28 | –0,04 | 0,00 |
| 50–59 лет | полиномиальная | 0,99 | 0,12 | 0,12 | 0,00 |
| 60–65 лет | полиномиальная | 0,98 | 0,33 | 0,05 | 0,00 |
| Более 65 лет | дробно-рациональная | 0,99 | 0,45 | –0,07 | 0,00 |

Результаты прогноза численности ППС для различных возрастных групп (в процентах) по 2010 г. включительно представлены в табл. 6 и в сравнении с фактическими данными за 2000 г. – на рис. 4.

В последней графе табл. 6 дается сумма численности ППС для различных возрастных групп. Отличие ее от 100 % показывает результирующую ошибку прогноза. Как и следовало ожидать, наиболее точными являются прогнозы на 2007 г. Однако даже в 2010 г. суммарная ошибка не превышает 3 %, что свидетельствует о высокой точности прогностических оценок. Именно поэтому использование статистического метода было признано нецелесообразным.

Таблица 6

Прогностические оценки численности ППС для различных возрастных групп (в процентах) на 2007–2010 гг. по трендовым моделям

| Год | Менее 30 лет | 30–39 лет | 40–49 лет | 50–59 лет | 60–65 лет | Более 65 лет | Сумма |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------|
| 2007 | 10,7 | 17,0 | 16,9 | 25,3 | 11,4 | 19,4 | 100,7 |
| 2008 | 10,9 | 18,2 | 15,8 | 25,3 | 12,1 | 19,9 | 102,2 |
| 2009 | 11,3 | 19,7 | 14,7 | 25,2 | 11,9 | 20,3 | 103,1 |
| 2010 | 11,9 | 21,5 | 13,6 | 25,2 | 10,2 | 20,5 | 102,9 |

Из табл. 6 видно, что должно происходить увеличение численности самых молодых групп ППС (до 30 и 30–39 лет), причем особенно заметное для группы 30–39 лет. В то же время довольно существенно может снизиться численность ППС в возрастной группе 40–49 лет. Возможно некоторое увеличение численности ППС самой старшей группы. Практически не меняется численность ППС для группы 50–59 лет.

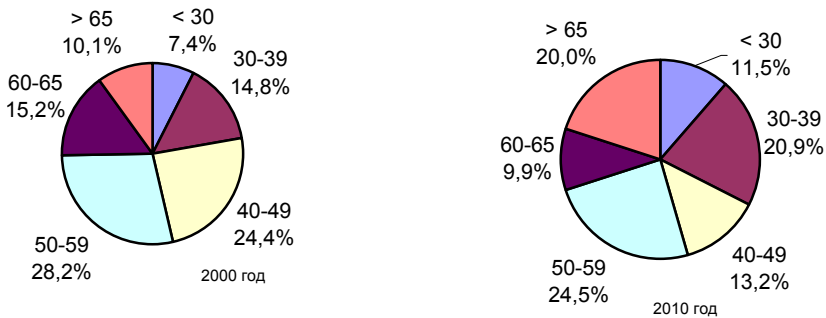


Рис. 4. Соотношение между возрастными группами ППС: фактическое в 2000 г. и прогнозируемое в 2010 г.

Как следует из рис. 4, структура возрастного состава ППС претерпевает определенные изменения по сравнению с 2000 г. Прежде всего резко возрастает, практически в 2 раза, доля ППС старше 65 лет. В 2010 г. она будет уже составлять одну пятую от ППС. Это означает, что тенденция старения преподавательских кадров вступает в критическую фазу. Одновременно с этим отмечается тенденция к существенному росту молодых преподавателей. Так, доля ППС в возрастных группах моложе 30 лет и 30–39 лет возрастает к 2010 г. на 10 % по сравнению с 2000 г. Более чем на 10 % может уменьшиться доля ППС в группе

40–49 лет. Это связано с отсутствием притока молодых кадров в вузы в течение 90-х годов.

Еще раз подчеркнем, что полученные прогностические оценки ППС и его возрастного состава характеризуют их динамику только в условиях стационарности (неизменности) внешних условий. Возникает вопрос: отвечают ли возможные изменения ППС потребностям города и страны в целом?

Если исходить из прогноза социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2010 г., разработанного Комитетом экономического развития, промышленной политики и торговли, то опережающие темпы роста экономики города по сравнению со среднероссийскими сохранятся и в ближайшие годы. При этом наибольший вклад в обеспечение высоких темпов роста ВРП Санкт-Петербурга внесут такие отрасли экономики, как строительство, торговля, наука, связь, предоставление услуг (в сфере образования, здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства, страхования, операций с недвижимостью и др.).

Более медленными ожидаются темпы роста промышленности. В целом в 2010 г. прирост промышленного производства в Санкт-Петербурге составит порядка 8–14 % к 2007 г. при среднегодовых темпах роста на уровне 102–104 %. Естественно, это потребует необходимости увеличения численности трудовых ресурсов, занятых в экономике, которое за период 2008–2010 гг. составит 0,24 %.

Таким образом, можно сделать однозначный вывод, что прогностические оценки ППС в целом хорошо соответствуют темпам роста экономики города и, следовательно, отвечают потребностям города. При этом, учитывая сложную демографическую ситуацию в городе, проявляющуюся в сохранении тенденции к убыли населения, в соответствии со статистическими прогнозами возможно некоторое уменьшение общей численности ППС в 2010 г. и особенно заметное уменьшение суммарного числа профессоров и доцентов.

Анализ возрастной структуры ППС со всей очевидностью подтверждает, что тенденция старения преподавательских кадров будет усугубляться и в ближайшие годы. Так, в 2010 г. ожидается, что возраст примерно 30 % численности ППС будет превышать 60 лет. С учетом того, что возраст женщин, уходящих на пенсию, составляет 55 лет, то оказывается, что около 40 % работников ППС превысит пенсионный возраст. Это означает, что процесс старения ППС вступает в критическую фазу. Данный фактор явно противоречит потребностям динамично развивающейся экономике города.

Литература

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
2. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов. – Улан-Удэ: изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с.

3. *Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М.* Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228 с.
4. *Афифи А., Эйзен С.* Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
5. *Балыхин Г.А.* Управление развитием образования: организационно-экономический аспект. – М.: Экономика, 2003. – 428 с.
6. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. Вып. 1 и 2.
7. *Дрейпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1, 2. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с. – 1987. – 351 с.
8. *Дуброва Т.А.* Прогнозирование социально-экономических процессов. – М.: Маркет ДС, 2007. – 192 с.
9. Концепция развития сети образовательных учреждений, подведомственных Рособразованию. Электронный ресурс: [http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_07/pra921-1.htm].
10. *Лукашин Ю.П.* Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика. 2003. – 415 с.
11. *Малинин В.Н.* Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2008. – 406 с.
12. Нейросетевой анализ и прогнозирование. Электронный ресурс: <http://www.netneuro.ru/>
13. Рабочая книга по прогнозированию / Отв. ред. И.В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982.
14. Статистическое моделирование и прогнозирование. / Под ред. А.Г. Гранберга. – М.: Финансы статистика, 1990.
15. *Четыркин Е.М.* Статистические методы прогнозирования. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
16. Эконометрика / Под ред. *И.И. Елисейевой.* – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.