

УДК 519.248**Е.А. Николаева, К.А. Васильев**

ИЗУЧЕНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА ИННОВАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Развитие инновационного сектора экономики в последние годы становится одной из актуальных проблем во всех странах мира. Становление инновационной экономики в России также определяет необходимость более глубокого исследования особенностей функционирования и регулирования инновационной сферы. Современная ситуация предъявляет повышенные требования к работникам данной сферы, к механизмам формирования, динамики, структуры и эффективности их занятости. В этой связи проблема исследования тенденций развития и определения путей совершенствования статистического учета занятости в инновационной сфере имеет особую актуальность.

В настоящее время одна из важнейших проблем, которая до сих пор не осознана и не решена высшими учебными заведениями заключается в том, что инновационные исследования происходят без учета актуальных тенденций развития рынков. Как показывает практика, инновационная стратегия, опирающаяся на анализ потребностей рынка, более эффективна. Из-за неразвитости кооперационных процессов в инновационном секторе наблюдается слабая ориентация вузов на реализацию научных достижений в сфере производства [2].

Результат инновационной деятельности, должен удовлетворять следующим целевым требованиям:

- являться реализацией объекта интеллектуальной собственности;
- соответствовать требуемому научно-техническому уровню;
- быть произведенным впервые, а если не впервые, то по сравнению с другим аналогичным продуктом он должен обладать более высокими научно-экономическими показателями;
- быть конкурентным.

Под инновационной сферой понимается область деятельности производителей и потребителей инновационной продукции, включающая создание и распространение инноваций. Важнейшим показателем инновационного потенциала страны выступает численность персонала, занятого исследованиями и разработками.

Ключевым условием достижения стратегических целей, включая усиление политической и экономической роли России в мировом сообществе, является обеспечение неуклонного роста ее конкурентоспособности.

Для построения современной экономики, основанной на знаниях, государство создает необходимые условия и стимулы для быстрой реализации научно-технических достижений в реальном секторе экономики.

За последние годы усилиями органов государственной власти, академий наук, научных фондов и организаций, научной общественности удалось добиться улучшения ресурсной и организационной поддержки государственного сектора науки.

Однако современное состояние российской науки не в полной мере отвечает условиям повышения конкурентоспособности и устойчивого экономического роста, которые обусловлены темпами внедрения новейших научно-технических решений и развития наукоемких отраслей экономики.

Целью данной работы является проведение комплексного статистического анализа численности персонала по стране, занятого исследованиями и разработками в образовании. Для достижения цели необходимо:

- изучить численность персонала как особую социально-демографическую категорию и объект исследования;
- подготовить статистические данные;
- провести анализ основной тенденции и прогнозирование численности персонала на основе метода временных рядов;
- провести анализ внутриокруговой структуры и выявить наиболее близкие по показателям численности персонала с помощью метода кластерного анализа;
- оценить численности персонала по достигнутому уровню развития с помощью рейтингового метода.

Для предвидения развития процессов в будущем необходимо исследовать динамические ряды прошлого. Это объясняется тем, что факторы, которые влияли в прошлом, продолжают влиять до какой-то степени в будущем.

Важной составляющей успеха использования статистического прогнозирования является достоверность статистической информации, на базе которой строится прогноз того или иного экономического показателя. Обычно для получения статистической информации об интересующих экономических показателях организуются регулярные наблюдения за ними через равные промежутки времени, и полученные данные представляются в виде временных рядов, которые в дальнейшем используются для статистического прогнозирования поведения исследуемых социально-экономических показателей [1].

В данной работе в качестве исследуемых временных рядов рассматриваются численность персонала, занятого исследованиями и разработками в России в течение 17 лет. Шагом ряда является 1 год. Данные временные ряды являются интер-

вальными, полными рядами относительных частных величин (табл. 1).

Таблица 1. Динамика численности персонала, занятого исследования и разработками в Кемеровской области за 1996-2012 гг.

Годы	Численность персонала	Годы	Численность персонала
1996	1061044	2005	839338
1997	990743	2006	813207
1998	934637	2007	807066
1999	855190	2008	801135
2000	872363	2009	761252
2001	887729	2010	742433
2002	885568	2011	736540
2003	870878	2012	735273
2004	858470		

Все методы прогнозирования используют аппарат математической статистики, который требует от исходных данных, чтобы они были сопоставимы, достаточно представительны для проявления закономерности, однородны и устойчивы.

Следующим этапом анализа определим основную тенденцию уровня численности персонала, занятого исследования и разработками в России за 1996-2012 гг., используя различные методы.

Суть различных приемов, с помощью которых осуществляется сглаживание и выравнивание, сводится к замене фактических уровней динамического ряда расчетными, имеющими значительно меньшую колеблемость, чем исходные данные. Уменьшение колеблемости позволяет тенденции развития проявить себя более наглядно.

Одним из наиболее перспективных направлений исследования и прогнозирования одномерных временных рядов являются адаптивные методы.

При обработке временных рядов, как правило, наиболее ценной является информация последнего периода, так как необходимо знать, как будет развиваться тенденция, существующая в данный момент, а не тенденция, сложившаяся в среднем на всем рассматриваемом периоде. Адаптивные методы позволяют учесть различную информационную ценность уровней временного ряда, степень «устаревания» данных.

Базовыми адаптивными моделями являются:

- модель Брауна;
- модель Хольта;
- модель авторегрессии.

Первые две модели относятся к схеме скользящего среднего, последняя – к схеме авторегрессии.

Многочисленные адаптивные методы базируются на этих моделях и различаются между собой способом числовой оценки параметров, определения параметров адаптации и компоновкой.

При анализе динамических рядов в большинстве случаев обнаруживается, что значение отклика в некоторой точке временного ряда сильно

коррелировано с некоторыми предшествующими и/или последующими значениями. Действительно, для многих явлений их современное состояние функционально определяется предшествующими состояниями системы, в большей степени недавними, в гораздо меньшей – далеко отстоящими от заданного по временному ряду. Подобные связи принято называть автокорреляцией – корреляция ряда с самим собой [3].

Авторегрессионные модели разных порядков – первого, второго, в общем случае p -го – можно описать уравнениями следующего вида:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + E$$

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + E$$

:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + E,$$

где a_1, \dots, a_p – коэффициенты авторегрессии; y_t – величина отклика в некоторый момент времени; y_{t-1}, \dots, y_{t-p} – соответственно отклики одним, двумя, ..., p периодами ранее заданного; E – некоррелированная случайная компонента, присутствующая в отклике и связанная с ошибками наблюдения и погрешностями модели [2].

На практике часто используются частные случаи линейной авторегрессии: модель Маркова ($p=1$) и модель Юла ($p=2$):

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1}$$

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2}.$$

С помощью программы MS EXCEL (Сервис. Анализ данных. Регрессия) построим авторегрессионные модели Маркова и Юла для исследуемых временных рядов, используя статистические данные (табл. 2, рис.1).

Таблица 2 . Авторегрессионные модели для ряда «Численность персонала, занятого исследованиями и разработками в РФ»

Модель Маркова	$y_t = 19,31 + 0,79 y_{t-1}$
Модель Юла	$y_t = 25,06 + 1,2 y_{t-1} - 0,48 y_{t-2}$

Модель Хольта – модель прогнозирования, представляющая динамику временного ряда как линейную зависимость с постоянно изменяющимися параметрами. Прогнозная оценка $\hat{y}_l(t)$ значения ряда $y(t+l)$ вычисляется в момент времени t на горизонт l следующим образом:

$$\hat{y}_l(t) = \hat{a}_{0,t} + l\hat{a}_{1,t},$$

где $\hat{a}_{0,t}$ – оценка текущего (t -го) значения ряда; $\hat{a}_{1,t}$ – оценка текущего изменения.

В модели Хольта коэффициенты линейной

модели модифицируются по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned}\hat{a}_{0,t} &= \hat{a}_{0,t-1} + \hat{a}_{1,t-1} + \alpha_1 e_t; \\ \hat{a}_{1,t} &= \hat{a}_{1,t-1} + \alpha_1 \alpha_2 e_t,\end{aligned}$$

где α_1, α_2 – коэффициенты сглаживания (адаптации), изменяющиеся в пределах от 0 до 1;

$$e_t = y_t - \hat{y}_1(t-1)$$

e_t – ошибка прогноза.

Построим адаптивную модель Хольта для исследуемых временных рядов, используя статистические данные за 1996-2012 гг. (начальные значения параметров модели определим по МНК на основе первых пяти наблюдений).

Для ряда «Численность персонала, занятого исследованиями и разработками в Российской Федерации»: начальные параметры вычислим с помощью функций НАКЛОН и ОТРЕЗОК используя MS EXCEL. В результате

$$\hat{a}_{0,0} = 1118821; \hat{a}_{1,0} = -67367.$$

$$\alpha_1 = 0,53; \alpha_2 = 0,45.$$

(график полученной модели см. на рис. 2).

Частным случаем модели Хольта является модель Брауна.

В модели Брауна модификация (адаптация) коэффициентов линейной модели осуществляется следующим образом:

$$\begin{aligned}\hat{a}_{0,t} &= \hat{a}_{0,t-1} + \hat{a}_{1,t-1} + (1 - \beta^2) e_t; \\ \hat{a}_{1,t} &= \hat{a}_{1,t-1} + (1 - \beta)^2 e_t,\end{aligned}$$

где $0 < \beta < 1$ – коэффициент дисконтирования данных; $e_t = y_t - \hat{y}_1(t-1)$ – ошибка прогноза.

Построим адаптивную модель Брауна для исследуемых временных рядов, используя статистические данные за 1996-2012 гг. Начальные значения параметров модели определим по МНК на основе первых пяти наблюдений.

Для ряда «Численность персонала...» начальные параметры с помощью функций MS EXCEL НАКЛОН и ОТРЕЗОК получаем

$$\hat{a}_{0,0} = 1118821; \hat{a}_{1,0} = -67367. \beta = 0,62$$

График полученной модели см. на рис. 3.

Используя модели, построенные по статистическим данным 1996 - 2012 гг., найдем значение уровня искомой численности в 2012 году. Сравним полученные значения показателей с имеющимися статистическими данными. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что наилучшие результаты дает модель Хольта. Следовательно, для прогнозирования значений исследуемых показателей в 2011-2012 гг. будем использовать эту модель.

Построим модель Хольта для ряда «Численность персонала...», используя все имеющиеся статистические данные (за 1996-2011 гг.). Построенные модели используем для прогнозирова-

ния на будущее (2012-2013 гг.). Результат прогноза отражен на рис. 2.

Таблица 3. Отклонение прогнозных значений уровня численности персонала, занятого исследованиями и разработками по России в 2012 г

Название модели	Отклонение прогнозных значений
Полином 1-го порядка	7,185 %
Полином 2-го порядка	7,394 %
Полином 3-го порядка	7,081 %
Простая экспоненциальная кривая	6,576 %
Модифицированная экспонента	6,491 %
Кривая Гомперца	9,024 %
Модель Маркова	3,456 %
Модель Юла	1,5453 %
Модель Хольта	0,0988 %
Модель Брауна	0,1231 %

В системе комплексного анализа численности персонала, занятых исследованиями и разработками по стране важны данные не только в целом по России, но и информация в разрезе округов, которая чаще всего приводится в усредненных показателях.

В данной работе была проведена сравнительная оценка положения округов по показателям численности персонала в сопоставлении с данными по стране.

В основу многомерного анализа положен информационный массив, включающий годовые значения двух показателей численности персонала 7 округов России в 2011 г. и 2012 г.

Для анализа внутренней структуры и выявления наиболее близких по показателям численности персонала, занятого исследованиями и разработками по округам был применен кластерный анализ.

Кластерный анализ является одним из методов исследующих многомерные классификации округов. В результате применения данного метода исходная совокупность объектов разделяется на кластеры или группы схожих между собой объектов.

Исходными данными для анализа являются объекты и их параметры. Данные для анализа могут быть также представлены матрицей расстояний между объектами, в которой на пересечении строки с номером i и столбца с номером j записано расстояние между i -м и j -м объектом. Если расстояния не даны сразу, то агломеративные алгоритмы начинаются с вычисления расстояний между объектами.

Проведем кластерный анализ, используя метод группировки k -средних (k -means clustering), округов Российской Федерации по показателям численности в программе Statistica.

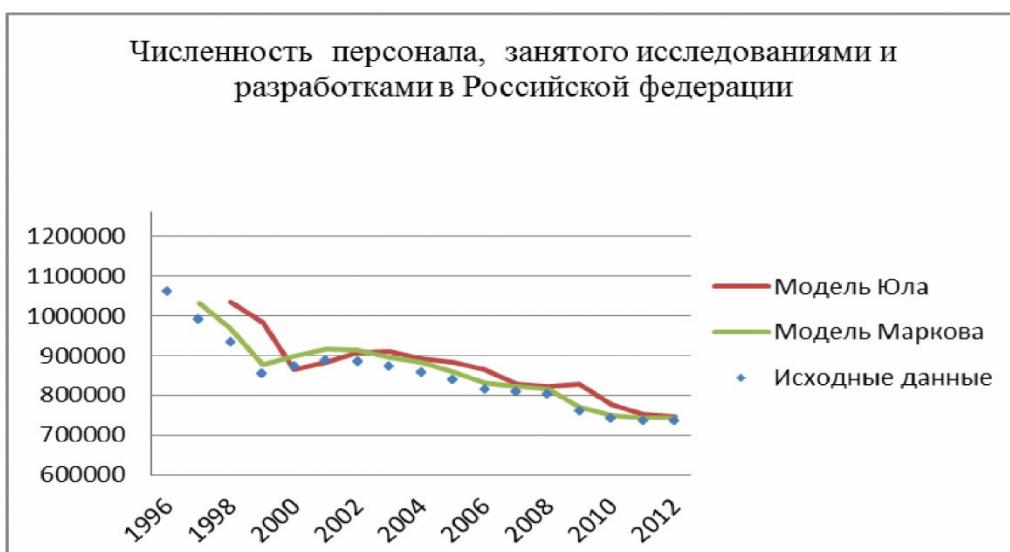


Рис. 1. Автoreгессионные модели

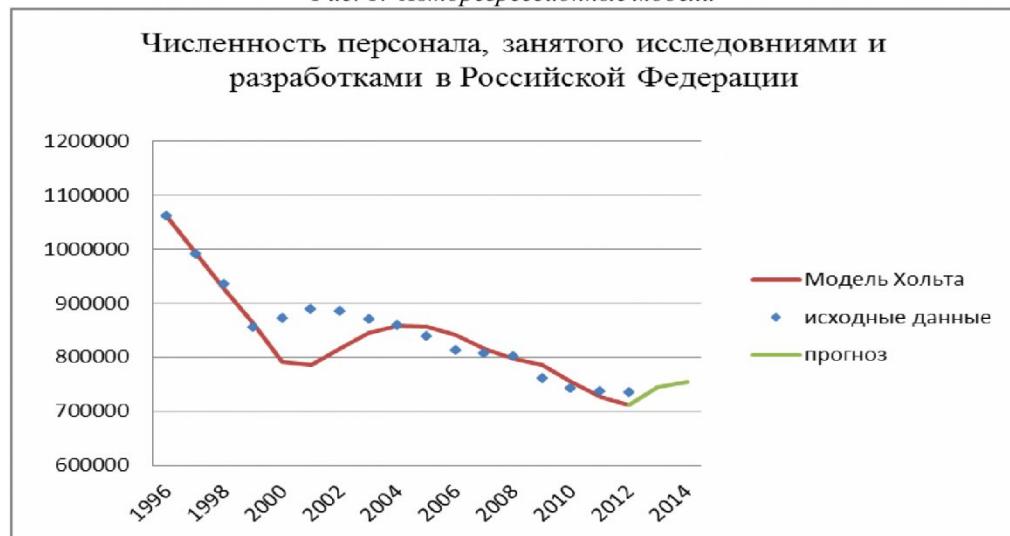


Рис. 2 – Модель Хольта



Рис. 3 – Модель Брауна

Классификацию проведем на основе двух показателей:

X_1 – отношение числа организаций, выполнивших исследования и разработки к численности

населения, по округам РФ (выраженное в процентах);

X_2 – отношение численность аспирантов к численности населения, по округам РФ (выраженное в процентах);

Данные, подвергаемые классификации, предварительно стандартизированы.

Распределение округов по показателям численности персонала в 2011–2012 гг. по кластерам представлено в табл. 4.

Третий кластер представляют округа страны с неблагоприятным состоянием по показателям численности персонала занятого исследованиями и разработками, ситуация в которых требует особого внимания со стороны органов власти. Показатели: число организаций, выполнявших исследования и разработки по округам, численность аспирантов по округам значительно ниже показатели первого и второго кластеров.

Второй кластер представляют округа страны с умеренно благополучным состоянием по всем показателям.

Первый кластер представляют округа страны, которые находятся в более благоприятном положении по всем показателям.

Сравнивая состав кластеров 2011 г. и 2012 г. можно сказать:

- Южный федеральный округ из числа районов с умеренно благоприятным положением по показателям переместился в группу округов с благополучным положением;

- Уральский федеральный округ из числа округов с неблагополучным положением по показателям переместился в группу округов с умеренно благополучным состоянием.

Проведя кластерный анализ, мы выделили в отдельные группы округов по приблизительно одинаковому положению по показателям численности персонала. Далее определим место регионов в общем ряду распределения, т.е. проведем рейтинговый анализ и проверим результаты кластерного анализа. При правильности расчетов округа, попавшие в первый кластер в 2011–2012 гг., должны занимать первые места в итоговом рейтинге, и соответственно округа, попавшие в третий кластер в 2011, 2012 должны занять последние места в итоговом рейтинге.

Рейтинговый метод основан на ранжировании территориальных единиц по значениям показателей численности от 1 до n (число территориальных единиц) (для показателей – дестимулянт (минимизирующих показателей) порядок упорядочи-

Таблица 4. Распределение округов РФ по показателям численности персонала по кластерам

Округа, вошедшие в кластер в 2011 г.	Округа, вошедшие в кластер в 2012 г.
1 Центральный-федеральный	1 Центральный-федеральный, Южный
2 Северо-западный, Южный, Приволжский, Сибирский	2 Северо-западный, Приволжский, Уральский, Сибирский
3 Уральский, Дальневосточный	3 Дальневосточный

ния обратный). Ранги отражают место территории в общем ряду распределения по данному показателю. На основе значений рангов определяется средний ранг территории по каждому показателю. Средний ранг выполняет функцию рейтинга:

$$R_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m R_{ij},$$

где R_i – рейтинг i -й территориальной единицы; m – число показателей; R_{ij} – ранг i -й территориальной единицы по j -му показателю.

Чем меньше значение R_i , тем более благоприятное положение занимает территория с точки зрения совокупности рассматриваемых характеристик.

Преимуществом рейтингового метода является возможность изучения на его основе различных зависимостей в системе «трудовой потенциал – факторы реализации потенциала».

В работе проведен рейтинговый анализ федеральных округов РФ по показателям численности персонала за 2011, 2012 гг. Рассматривались следующие показатели численности:

- X_1 – отношение числа организаций, выполнивших исследования и разработки к численности населения, (в процентах);

- X_2 – отношение численность аспирантов к численности населения (в процентах).

Результаты рейтингового анализа отражены в табл. 5.

Таблица 5. Рейтинговые оценки

Округа РФ	Итоговый рейтинг	
	2011 г.	2012 г.
Центральный-федеральный	1	1
Северо-западный	2	4
Южный	3	2
Приволжский	2	3
Сибирский	4	6
Уральский	6	5
Дальневосточный	7	7

По сравнению с 2011 г. итоговый рейтинг значительно повысился у Южного и Уральского округов и значительно снизился у Северо-западного, Приволжского, Уральского.

Сравнивая результаты, полученные при кластеризации районов региона по показателям занятости с итоговым рейтингом районов, видим соот-

ветствие результатов.

Образование – сфера, где рождались новые идеи, знания, формировался человеческий капитал. На начало 2011 г. здесь было занято 5944,5 тыс. чел (на 94 тыс. чел. меньше, чем пять лет назад).

Занятость в инновационной сфере и ее различные аспекты представляют собой обширное поле для исследования. В данной работе проведен комплексный статистический анализ численности персонала по стране, занятого исследованиями и разработками в образовании. Статистические данные показывают, что в целом по России за по-

следние 5 лет наблюдается снижение занятости в данной сфере примерно на 1,56 %. При этом количество кандидатов наук медленно, но неуклонно снижается. Связано это с тем, что далеко не все аспиранты успешно защищают кандидатскую диссертацию и идут работать в научно-исследовательский сектор. Важной негативной тенденцией является ослабление притока молодых ученых. Это происходит под влиянием множества причин, среди которых наиболее важные, на наш взгляд, низкий уровень оплаты труда, падение престижа профессии научного работника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишнев, С.М. Основы комплексного прогнозирования / С.М. Вишнев. – М.: Наука, 1977. – 289 с.
2. Миронова, Д. Ю. Влияние маркетинговых и форсайт-исследований на конкурентоспособность инновационных вузовских разработок / Миронова Д. Ю., Павлова Е. А. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 336.
3. Четыркин, Е.М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин. – М.: Статистика, 1977. – 200 с

Авторы статьи

Николаева
Евгения Александровна,
к.ф.-м.н., зав. каф. математики
КузГТУ,
Email: nikolaeva@yandex.ru

Васильев
Константин Александрович,
к.э.н., доцент, зав. кафедрой «Финансы и кредит» КГСХИ,
e-mail: K_Vasiliev@mail.ru