

ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*А.А. Короновский, М.Н. Стриханов, Д.И. Трубецков,
А.Е. Храмов, И.В. Цуканова*

В работе делается попытка моделирования динамики численности профессорско-преподавательского состава высшей школы Российской Федерации. На основании анализа статистических данных разработана модель класса клеточных автоматов с дискретным временем. Представлены некоторые результаты анализа динамики возрастного состава высшей школы с помощью предложенной модели.

Введение

Анализ и прогноз поведения различных социально-экономических систем в настоящее время становится весьма актуальной задачей. Решение ее невозможно без построения моделей для описания процессов, происходящих в таких системах. Однако построение моделей социальных процессов наталкивается на значительные трудности, связанные, в первую очередь, с неразвитостью соответствующей методологии научного исследования и со сложностью исследуемых социальных систем. В естественных науках, и в первую очередь в физике и нелинейной динамике, соответствующая методология уже развита и дает хорошие результаты. Поэтому, очевидно, имеет смысл применять подходы, выработанные в естественных науках, к количественному анализу процессов в социальных системах с учетом всех особенностей, присущих объекту исследования. Следуя вышесказанному, любое моделирование социально-экономических систем следует начинать с простых моделей, которые тем не менее адекватно описывали бы анализируемую систему и находились бы в разумном соответствии с реальными (статистическими, экспериментальными и др.) данными. Построение модели позволяет выделить наиболее существенные факторы, влияющие на динамику процесса, и одновременно отсеять все малозначительное в данной ситуации. Вполне возможно, при этом потребуются дальнейшая корректировка и уточнение модели, что может привести к разумному усложнению модели. С другой стороны, опираясь на анализ полученной модели, можно выделить те данные и тот уровень их детализации, которые наиболее полно характеризовали бы исследуемую систему и механизмы ее развития. Именно такой

предварительный анализ позволяет уточнить структуру данных, необходимых для дальнейшего, более детального исследования. Последнее позволяет сэкономить средства и усилия на сбор ненужных (а иногда и вредных!) для исследования данных, а необходимые данные собирать и хранить в оптимальном для каждого конкретного случая виде.

В данной работе с помощью предложенной простой математической модели проводится анализ состояния профессорско-преподавательского состава (ППС) высшей школы (ВШ) Российской Федерации и на основе проведенных исследований делаются некоторые прогнозы дальнейшего состояния кадрового состава высшей школы. Большое внимание в представленном исследовании уделяется проблеме подготовки кадров высшей квалификации через аспирантуры и докторантуры, действующие в высших учебных заведениях. Данные исследования позволяют оценить научный потенциал вузов России, а также дать прогноз его динамики в ближайшие несколько лет.

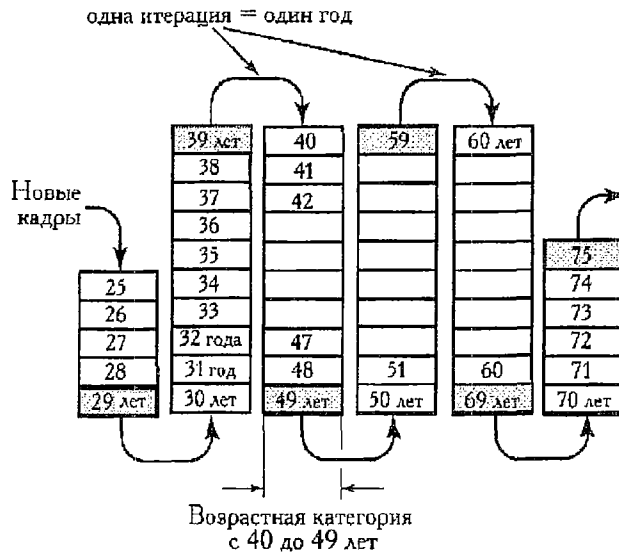
Для моделирования изменения численности ППС ВШ Российской Федерации был проведен анализ статистических данных за 1997-1999 годы, предоставленных Северо-Западным научным методическим центром [2]. Детальный анализ данных показал, что динамика численности и стратификация по возрастным группам кадрового состава высшей школы во многом совпадают по всем регионам России. На основании анализа статистических данных была разработана модель класса клеточных автоматов с дискретным временем, призванная смоделировать динамику развития кадрового состава высшей школы и дать прогноз на будущее.

1. Формулировка математической модели

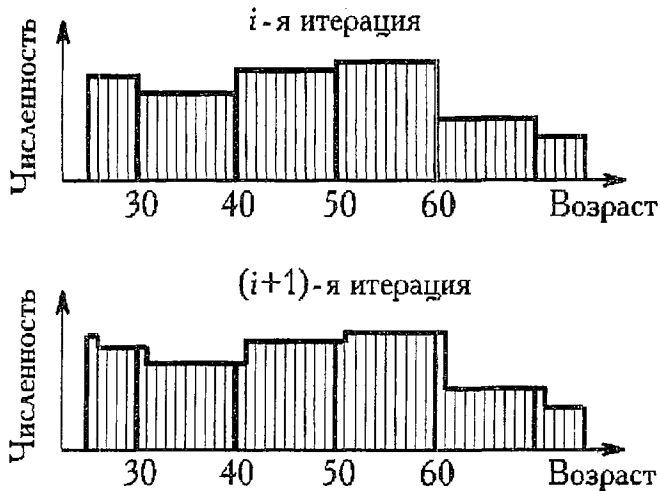
Модели типа клеточных автоматов в последнее время становятся все более востребованными в плане моделирования сложных систем, состоящих из большого числа элементов, какими являются социальные и социально-экономические системы [3-5]. В то же время, применение клеточных автоматов возможно и для моделирования динамики физических систем (см., например, [6-8]). Таким образом, клеточные автоматы являются мощным, гибким и эффективным инструментом для моделирования динамики сложных систем и прогнозирования развития ситуации.

В рамках предложенной модели каждая однородная возрастная категория ППС ВШ моделировалась одним элементом клеточного автомата, характеризующимся численностью этой категории. Эволюция элемента определяла изменение численности данной возрастной группы. Поскольку статистические данные, на основе которых проводился анализ кадрового состава высшей школы, строилась модель и делался прогноз динамики системы, были представлены для возрастных групп с интервалом в 10 лет (до 29 лет, от 30 до 39, от 40 до 49, от 50 до 59, от 60 до 65 и старше 65 лет для 1997 и 1998 годов; от 60 до 69 и старше 70 лет для 1999 года), модельные данные приводились к такой же структуре, для того чтобы можно было провести сопоставление результатов.

На рис. 1 представлено схематическое изображение модели. Каждый из «столбиков» на рис. 1, *a* представляет собой возрастную категорию длиной 10 лет. Каждая категория делится на «10 подкатегорий» (элементов клеточного автомата), соответствующих группе с одним возрастом: 35 лет, 36 лет, 44 года и т.п. Переход из одной возрастной подкатегории в другую происходит за один шаг дискретного времени, соответствующий временному интервалу $\Delta t=1$ год. Этому переходу соответствует сдвиг каждого элемента вдоль пространства клеточного



а



б

Рис. 1. Схематическое изображение модели типа «клеточный автомат», описывающей динамику численности профессорско-преподавательского состава высшей школы

автомата (см. рис. 1, б, который иллюстрирует одну итерацию во времени). Элемент, «возраст» которого соответствует границе группы (29, 39, 49, 59, 69 лет), переходит в следующую возрастную группу. При построении модели учитывались следующие факторы:

- старение каждого преподавателя с течением времени (за один интервал дискретного времени осуществлялся переход в следующую возрастную категорию каждого элемента модели);

- уход на пенсию преподавателей, достигших предельного возраста;
- уход активных сотрудников высшей школы в другие отрасли;
- появление новых молодых сотрудников из числа выпускников высших учебных заведений;

- защита кандидатских и докторских диссертаций с соответствующим переходом преподавателей в новую категорию (кандидаты наук или доктора наук).

Формализуем вышеперечисленные факторы, сформулировав правила клеточного автомата. Рассмотрим одномерное дискретное пространство с числом

элементов $j=1,2,\dots,N$, где $N=50$ (то есть $N=75 - 25$) лет. Здесь номер элемента соответствует категории возраста: $j=1$ соответствует возрасту 25 лет, $j=2$ - возрасту 26 лет и т.д.

В одномерном пространстве в начальный момент дискретного времени i задается множество клеток $\{x\}_j^{i=0}$. Каждая из клеток характеризуется своим значением X_j - численность данной возрастной категории, дискретная величина, определяющая число сотрудников с одинаковым возрастом. Положение клетки в пространстве (координата j) соответствует возрасту $(j+25)$ лет. В начальный момент времени $i=0$ распределение величин X_j задается на основании имеющихся статистических данных. Учитывая, что степень агрегации данных мала (возрастные группы приводятся с интервалом 10 лет), для получения интересующей нас численности групп с интервалом в 1 год используется предположение о равномерном распределении по возрастам сотрудников ВШ в начальный момент времени внутри одной группы с интервалом в 10 лет.

Динамика клетки («старение») на один год группы сотрудников с одинаковым возрастом) на каждом шаге во времени заключается в следующей процедуре:

$$X_j^{i+1} = X_{j-1}^i, \quad j = 2, \dots, N-1, \quad (1)$$

причем на границе пространства клеточного автомата $j=0$ используется граничное условие

$$X_0^{i+1} = X_0^i, \quad (2)$$

где величина X_0^i характеризует число молодых сотрудников (с возрастом 25 лет), пополняющих преподавательский состав каждый год. Величина X_0^i может быть функцией дискретного времени i . Учет ухода сотрудников высшей школы в другие сферы деятельности описывается процедурой

$$X_j^{i+1} = X_{j-1}^i - G(i,j), \quad j = 2, \dots, N-1. \quad (3)$$

В простейшем случае функция G имеет вид $G(i,j) = kX_j^{i+1}$, где коэффициент $k < 1$.

Соответствующие параметры модели определялись на основе статистических данных. К сожалению, следует отметить, что, несмотря на большой объем имеющихся в нашем распоряжении данных, для эффективного построения адекватной модели их оказалось явно недостаточно. Во-первых, следует отметить короткий интервал времени, охватываемый данными - всего три года, вследствие чего невозможно оценить адекватность модели на больших временах; вполне возможна ситуация, когда процессы, характеризующиеся большими временными масштабами, попросту «выпали» из поля зрения модели. Во-вторых, предоставленные для анализа данные имеют все-таки большую степень агрегации, чем это необходимо для построения модели и анализа ситуации - одна возрастная категория, фактически, представляет собой интегральную характеристику за 10 лет. В-третьих, границы возрастных категорий меняются от года к году: так, в 1998 году границы старших возрастных категорий были «60-65 лет» и «более 65 лет», а в 1999 году уже «60-69 лет» и «более 70 лет». Все это заставляет с осторожностью относиться к долгосрочным прогнозам, полученным в рамках анализа построенной модели: на наш взгляд, достоверным может быть прогноз, составленный на интервал в 2-3 года. Прогнозируемые на более длительный срок данные должны корректироваться с течением времени. Следует также отметить, что прогнозируемая динамика ППС ВШ получена в рамках предположения о том, что никаких кардинальных изменений экономико-политической ситуации в Российской Федерации, политики развития высшей школы не произойдет, то есть «все остается как есть в данный момент».

2. Анализ численности и стратификации по возрастам профессорско-преподавательского состава

Для анализа достоверности предложенной модели было предпринято прогнозирование сегодняшней ситуации, исходя из данных, относящихся к прошедшему времени: так, основываясь на статистических данных 1997 года по количественному и качественному составу преподавателей высшей школы, был сделан прогноз на 1998 и 1999 годы, а затем полученные результаты были сопоставлены с уже имеющимися статистическими данными (рис. 2 и 3).

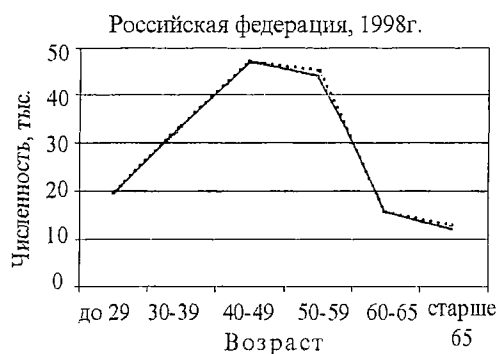


Рис. 2. Общая численность ППС ВШ РФ в 1998 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз, даваемый моделью (пунктирная линия) на основе данных 1997 года

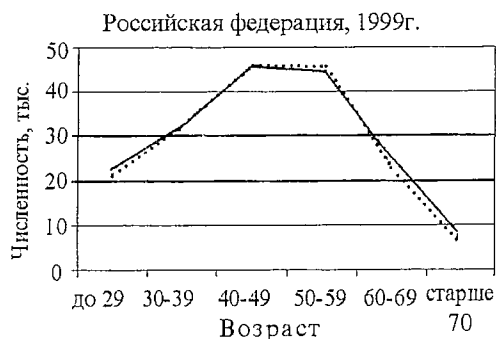


Рис. 3. Общая численность ППС ВШ РФ в 1999 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз, даваемый моделью (пунктирная линия) на основе данных 1997 года

Сопоставление реальных статистических данных по общей численности профессорско-преподавательского состава Российской Федерации с результатами моделирования позволяет сделать заключение о том, что предлагаемая модель способна обеспечить краткосрочный прогноз (на 2-3 года вперед) развития ситуации в высшей школе РФ с хорошей степенью точности. Аналогичный прогноз «настоящего из прошлого» был проведен и для ряда регионов России (рис. 4-7). Видно, что общая тенденция изменений кадрового состава высшей школы адекватно отражается предложенной моделью и является сравнительно одинаковой для всех регионов и страны в целом. Существующие отличия статистических данных от прогнозируемых (см. например, рис. 7, 8), по всей видимости, обуславливаются региональными особенностями, но не носят принципиального характера.

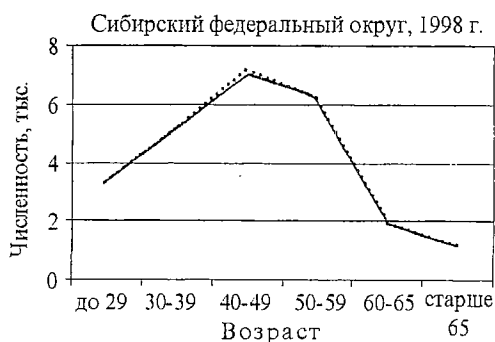


Рис. 4. Численность ППС ВШ по Сибирскому федеральному округу в 1998 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз (пунктирная линия), даваемый моделью на основе данных за 1997 год



Рис. 5. Численность ППС ВШ по Сибирскому федеральному округу в 1999 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз (пунктирная линия), даваемый моделью на основе данных за 1997 год

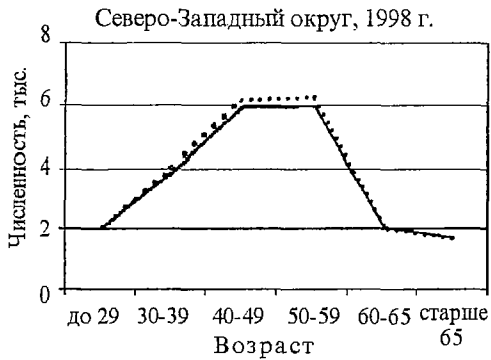


Рис. 6. Численность ППС ВШ по Северо-Западному федеральному округу в 1998 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз (пунктирная линия), даваемый моделью на основе данных за 1997 год

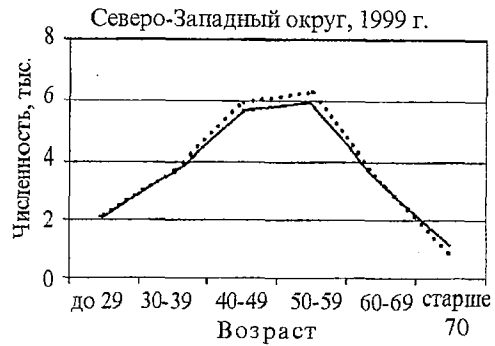


Рис. 7. Численность ППС ВШ по Северо-Западному федеральному округу в 1999 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз (пунктирная линия), даваемый моделью на основе данных за 1997 год

На основе предложенной модели было проведено прогнозирование дальнейшей динамики численности профессорско-преподавательского состава высшей школы Российской Федерации (рис. 8, табл. 1). В качестве исходных были взяты самые последние доступные нам данные по 1999 году.

Из диаграммы и таблицы видно, что по прогнозу с течением времени будет происходить возрастание доли ППС возрастных категорий от 60 до 69 лет и более 70 лет. Иными словами, число преподавателей высшей школы, возраст которых превышает пенсионный, увеличивается. Так, по результатам моделирования к концу 2003 года число сотрудников, возраст которых превышает 70 лет, возрастет по сравнению с концом 1999 года в 1.6 раза, а число преподавателей возрастной категории от 60 до 69 лет - в 1.3 раза. В то же время,

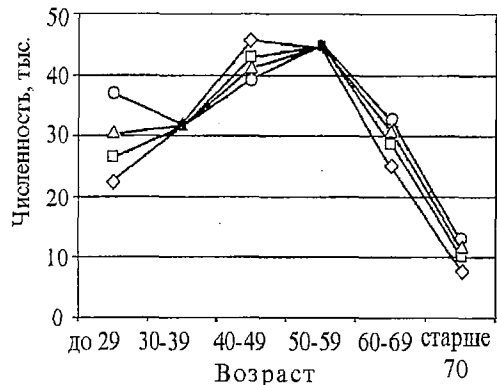


Рис. 8. Прогноз изменения численности ППС ВШ России по возрастным категориям на конец 2001 года (□), конец 2002 года (△) и конец 2003 года (○) на основе реальных статистических данных 1999 года (◇)

Таблица 1

Данные (1999 г.) и прогноз численности профессорско-преподавательского состава ВШ РФ

Возрастная категория	Численность профессорско-преподавательского состава (чел.)			
	1999	2001	2002	2003
до 29	22570	26238	30540	37047
от 30 до 39	32216	31622	31567	31653
от 40 до 49	45911	43011	41327	39498
от 50 до 59	44623	44881	45009	45138
от 60 до 69	25069	28980	30935	32891
старше 70	7966	10324	11504	12683

остаётся самой большой (и, практически, без изменений) доля возрастной категории от 50 до 59 лет. С другой стороны, доля возрастной категории от 40 до 49 лет к концу 2003 года уменьшится почти на шесть с половиной тысяч человек по сравнению с 1999 годом.

Результаты моделирования предсказывают увеличение числа молодых сотрудников высшей школы, возраст которых оказывается менее 29 лет. На наш взгляд, к этому прогнозу следует относиться с некоторой степенью осторожности, ибо он был получен в предположении, что общая ситуация не претерпит серьёзных изменений. В то же время, в связи со сложной демографической ситуацией следует прогнозировать уменьшение числа выпускников общеобразовательных школ, а следовательно, и уменьшение числа абитуриентов и студентов, что должно повлечь за собой сокращение численности ППС ВШ. Одновременно имеет место тенденция сокращения численности ППС, связанная с приведением соотношения «преподаватель/студент» к величинам 1:10, 1:12. Подобные сокращения в первую очередь приводят к ликвидации вакантных мест и, как следствие, к тому, что сокращается прием на работу новых (прежде всего, молодых) сотрудников. Таким образом, если вышеизложенные тенденции будут иметь развитие, то численность возрастной категории «до 29 лет» профессорско-преподавательского состава высшей школы Российской Федерации может быть меньше, чем предсказывает модель.

Таким образом, общая тенденция выглядит следующим образом: увеличение доли старших возрастных категорий, уменьшение доли активной возрастной категории «от 40 до 49 лет» и некоторое увеличение доли молодых сотрудников. Ещё раз следует подчеркнуть, что результаты получены в предположении, что общая ситуация в стране и высшей школе не претерпевает существенных изменений.

3. Результаты моделирования динамики численности и возрастного состава докторов наук

С помощью предложенной модели клеточного автомата было проведено рассмотрение качественного состава преподавателей высшей школы на примере анализа численности и возрастного состава сотрудников, имеющих ученую степень доктора наук.

На рис. 9 представлены зависимости доли докторов наук (в процентах) в общей численности профессорско-преподавательского состава для различных возрастных категорий для 1997, 1998 и 1999 года. Из анализа данных, представленных на рисунке, можно видеть, что число докторов наук в возрастной

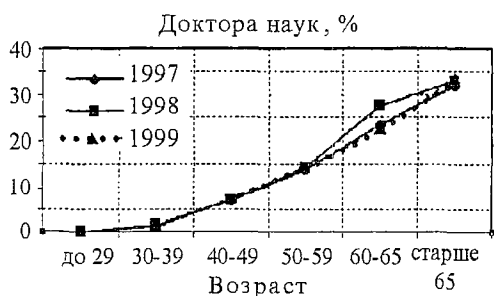


Рис. 9. Процентное содержание числа докторов наук среди всего профессорско-преподавательского состава высшей школы РФ для различных возрастов в 1997, 1998 и 1999 годах (данные взяты из [2])

группе «до 29 лет» крайне незначительно (меньше 1%). Число докторов наук в возрастных группах «30-60 лет» и «свыше 60 лет» зависит от возраста линейно, но с различными коэффициентами пропорциональности для каждой из групп. Вид графика слабо зависит от года, для которого он построен. Это позволяет определить число докторов наук D_j в различных возрастных категориях j по результатам моделирования общей численности ППС следующим образом:

$$D_j^i = d(j)X_j^i, \quad (4)$$

где функция $d(j)$ вводится феноменологически и имеет вид

$$d(j) = \begin{cases} 0, & j \leq 8, \\ 0.69(j - 33.5), & 8 < j \leq 35, \\ 0.013(j - 15.7), & j > 35. \end{cases} \quad (5)$$

Как и в предыдущем случае, чтобы определить параметры модели и убедиться в достоверности полученных результатов, был проведен прогноз числа докторов наук на 1998 и 1999 годы по данным 1997 года и результаты были сопоставлены с реальными статистическими данными (рис. 10 и 11). Соответствие результатов моделирования и реальных статистических данных позволяет

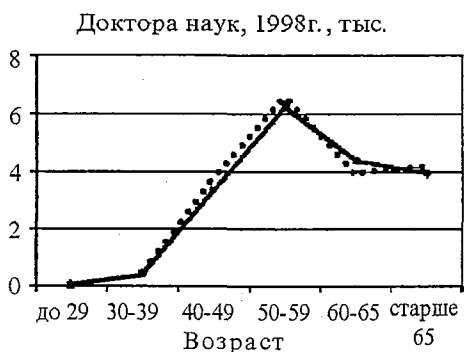


Рис. 10. Общая численность докторов наук среди ППС ВШ РФ в 1998 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз, даваемый моделью (пунктирная линия) на основе данных 1997 года

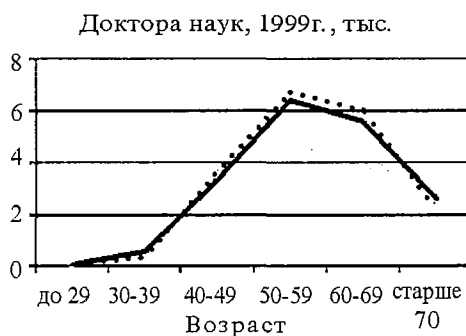


Рис. 11. Общая численность докторов наук среди ППС ВШ РФ в 1999 году. Реальные статистические данные (сплошная линия) и прогноз, даваемый моделью (пунктирная линия) на основе данных 1997 года

говорить о том, что модель достаточно адекватно описывает и данный аспект динамики ППС ВШ.

Исходя из предложенной модели, был сделан прогноз динамики численности докторов наук среди профессорско-преподавательского состава высшей школы. Вновь в качестве исходных были взяты статистические данные 1999 года. Результаты моделирования приведены на рис. 12 и в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что, как и в случае общей численности ППС (см. табл. 1), среди докторов наук увеличивается доля возрастных категорий «от 60 до 69 лет» и «старше 70 лет». Так, по прогнозу, получаемому на основе анализа моделирования системы, к концу 2003 года число докторов наук в возрасте старше 70 лет возрастет почти в два раза (точнее говоря, в 1.8 раза) по сравнению с концом 1999 года. Точно также увеличится и число докторов наук

адекватно описывает и данный аспект динамики ППС ВШ.

Исходя из предложенной модели, был сделан прогноз динамики численности докторов наук среди профессорско-преподавательского состава высшей школы. Вновь в качестве исходных были взяты статистические данные 1999 года. Результаты моделирования приведены на рис. 12 и в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что, как и в случае общей численности ППС (см. табл. 1), среди докторов наук увеличивается доля возрастных категорий «от 60 до 69 лет» и «старше 70 лет». Так, по прогнозу, получаемому на основе анализа моделирования системы, к концу 2003 года число докторов наук в возрасте старше 70 лет возрастет почти в два раза (точнее говоря, в 1.8 раза) по сравнению с концом 1999 года. Точно также увеличится и число докторов наук

адекватно описывает и данный аспект динамики ППС ВШ.

Исходя из предложенной модели, был сделан прогноз динамики численности докторов наук среди профессорско-преподавательского состава высшей школы. Вновь в качестве исходных были взяты статистические данные 1999 года. Результаты моделирования приведены на рис. 12 и в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что, как и в случае общей численности ППС (см. табл. 1), среди докторов наук увеличивается доля возрастных категорий «от 60 до 69 лет» и «старше 70 лет». Так, по прогнозу, получаемому на основе анализа моделирования системы, к концу 2003 года число докторов наук в возрасте старше 70 лет возрастет почти в два раза (точнее говоря, в 1.8 раза) по сравнению с концом 1999 года. Точно также увеличится и число докторов наук

адекватно описывает и данный аспект динамики ППС ВШ.

Исходя из предложенной модели, был сделан прогноз динамики численности докторов наук среди профессорско-преподавательского состава высшей школы. Вновь в качестве исходных были взяты статистические данные 1999 года. Результаты моделирования приведены на рис. 12 и в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что, как и в случае общей численности ППС (см. табл. 1), среди докторов наук увеличивается доля возрастных категорий «от 60 до 69 лет» и «старше 70 лет». Так, по прогнозу, получаемому на основе анализа моделирования системы, к концу 2003 года число докторов наук в возрасте старше 70 лет возрастет почти в два раза (точнее говоря, в 1.8 раза) по сравнению с концом 1999 года. Точно также увеличится и число докторов наук

Таблица 2

Возрастная категория	Численность докторов наук среди профессорско-преподавательского состава			
	1999	2001	2002	2003
от 30 до 39 лет	483	361	343	326
от 40 до 49 лет	3445	3345	3250	3136
от 50 до 59 лет	6483	6496	6513	6530
от 60 до 69 лет	5687	7571	8060	8549
старше 70	2670	3923	4371	4820

в возрасте от 60 до 69 лет. В то же время доля докторов наук, принадлежащих к возрастным категориям от 30 до 39 и от 40 до 49 лет уменьшается, хотя и незначительно.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что процесс старения профессорско-преподавательского состава высшей школы Российской Федерации продолжается и становится все более острым. Так, по прогнозу, в 2003 году средний возраст доктора наук достигнет 60 лет и, соответственно, среднестатистический доктор наук станет пенсионером.

4. Результаты моделирования некоторых возможных ситуаций развития высшей школы

Рассмотрим с помощью разработанной модели некоторые возможные ситуации дальнейшей эволюции численности и возрастного состава профессорско-преподавательского состава высшей школы.

Одной из современных тенденций эволюции высшей школы является ограничение роста и даже сокращение численности профессорско-преподавательского состава вузов. Число преподавателей в вузе жестко «привязывается» к численности студентов в соотношении «преподаватель/студент» 1:10 или даже 1:12. Обеспечение такого соотношения неизбежно приводит к сокращению численности сотрудников высшей школы, которое в первую очередь затрагивает возрастную категорию «до 29 лет»: происходит вынужденное уменьшение притока молодых кадров из числа закончивших аспирантуру, или прямо со студенческой скамьи.

Такую ситуацию уменьшения числа молодых сотрудников, приходящих в высшую школу, возможно феноменологически моделировать путем задания начального условия в виде

$$X_0^{i+1} = \gamma X_1^i, \quad (6)$$

где коэффициент $\gamma < 1$.

Рассмотрим результаты моделирования динамики профессорско-преподавательского состава с учетом граничного условия (6) с коэффициентом $\gamma=0.95$. Все остальные условия, влияющие на динамику кадрового состава, оставались неизменными. В качестве начальных условий были взяты данные по распределению числа сотрудников ВШ по возрастам за 1999 год. На рис. 13 показаны рассчитанные зависимости общей численности (а), среднего возраста (б) и числа молодых сотрудников (с возрастом до 35 лет) (в) профессорско-преподавательского состава на период с 1999 по 2013 года. Расчеты проводились



Рис. 13. Прогноз изменения численности ППС в случае уменьшения притока молодых специалистов в высшую школу

без учета рекомендуемого соотношения «преподаватель/студент», равного 1:10. Учтем эти данные. Предположим, что численность контингента студентов не изменяется и остается на уровне 1999 года. В 1999 году общая численность студентов очной и вечерней формы обучения по всем вузам России составляла 1766281 человек, что дает возможную численность профессорско-преподавательского состава на уровне 176600 человек. Если учитывать студентов только очной формы обучения, то их число в 1999 году составляло 1578210 человек. При этом общая численность преподавателей не может превысить 157800 человек.

С учетом этого численность профессорско-преподавательского состава в предыдущем расчете достигает необходимого уровня (176600 человек) только в 2010 году (см. рис. 13, а). Поэтому необходим иной, более жесткий сценарий развития кадрового состава высшей школы.

Рассмотрим вначале «идеальный» сценарий: в каждом году находится отклонение от числа сотрудников, определяемых отношением «преподаватель/студент», и в соответствии с ним рассчитывается доля сотрудников s (в относительных единицах), которая должна быть уволена, причем из каждой возрастной группы увольняется одинаковое относительное число сотрудников, равное sX_j . На рис. 14 представлены результаты расчетов, соответствующие таким правилам эволюции высшей школы.

Как видно из рис. 14, а, на котором показан средний возраст преподавателей за период с 1999 по 2013 год, - это сценарий медленного старения ППС ВШ. Однако на ближайшие два-три года такой сценарий развития обеспечивает некоторую стабилизацию ситуации и даже позволяет несколько увеличить число молодых сотрудников, приходящих в высшую школу. Поэтому такую динамику ППС ВШ можно рассматривать как не самый плохой сценарий переходного периода (назовем его «мягким» сценарием). Если соотношение «преподаватель/



Рис. 14. Прогноз изменения численности ППС в случае стабилизации числа сотрудников высшей школы в соответствии с отношением «преподаватель/студент», равным 1:10, по «мягкому» сценарию развития



Рис. 15. Прогноз изменения численности ППС в случае стабилизации числа сотрудников ВШ в соответствии с отношением «преподаватель/студент», равном 1:10, по «жесткому» сценарию развития

студент» будет установлено на уровне 1:12, динамика ППС качественно подобна предыдущему случаю, однако «старение» среднестатистического преподавателя происходит значительно быстрее. Также существенно возрастает доля преподавателей пенсионного возраста с одновременным уменьшением скорости роста числа молодых специалистов.

Более реалистичным в плане практической реализации в вузах требуемого соотношения «преподаватель/студент» представляется сценарий, при котором уменьшение численности ППС достигается путем частичного увольнения лиц пенсионного возраста (особенно, не имеющих ученых степеней) и резкого ограничения числа приема на работу молодых сотрудников (то есть ситуация, аналогичная первой из рассмотренных в данном разделе статьи, но с более жестким контролем за числом преподавателей - «жесткий» сценарий развития).

В этом случае модель предсказывает (рис. 15) существенно более быстрый рост числа сотрудников пенсионного возраста, чем в предыдущем случае, и быстрое (можно даже сказать, катастрофическое) уменьшение притока молодых кадров, в отличие от предыдущего случая, где наблюдался хоть и небольшой, но все же рост этого показателя (ср. рис. 15, в и 14, б).

Так, за 10 лет число молодых сотрудников уменьшается более чем в 2 раза (см. рис. 15, в). Одновременно средний возраст сотрудника высшей школы стремится к шестидесяти годам (см. рис. 15, а), то есть в отличие от предыдущего раздела, в котором получено, что среднестатистический доктор наук через несколько лет будет иметь пенсионный возраст, при «жестком» варианте развития через 15-20 лет среднестатистический преподаватель высшей школы станет пенсионером.

Заметим, что к описанным возможным сценариям прогноза следует относиться осторожно, так как они предполагают неизменными социально-политические условия в стране в течение прогнозируемого периода. Тем не менее, из полученных результатов можно делать те или иные качественные выводы, а также судить о последствиях выбора той или иной кадровой политики в высшей школе. Можно лишь сделать неутешительный вывод, что любое сокращение ППС приведет к ухудшению и так достаточно непростой ситуации, сложившейся с кадровым составом высшей школы РФ.

Заключение

В представленной работе предложена модель класса клеточных автоматов, описывающая динамику численности и распределения по возрастам профессорско-преподавательского состава высшей школы. Параметры модели выбирались из

анализа реальных статистических данных [2]. Сравнение результатов моделирования с уже имеющимися данными показало высокую достоверность предсказываемых с помощью модели результатов. Так, например, для 1999 года погрешность прогноза составила всего 3.2%.

Проведенное исследование показало, что для эффективного анализа состояния профессорско-преподавательского состава высшей школы Российской Федерации и качественного прогноза на будущее (а следовательно, и прогноза динамики научного потенциала высшей школы России), необходимы статистические данные с более высоким уровнем детализации, например, число преподавателей в определенном возрасте с точностью до года. Также очень важно научиться измерять величины, которые характеризуют качество деятельности профессорско-преподавательского состава. Поэтому важным направлением дальнейших исследований является сбор и анализ статистических данных по динамике профессорско-преподавательского состава хотя бы в одном вузе, например, Саратовском госуниверситете. Это позволит уточнить и апробировать предложенную математическую модель на существенно более полных и менее агрегированных данных (см. Введение).

Работа поддержана программой Минобразования РФ «Государственная поддержка региональной научно-технической политики высшей школы и развитие ее научного потенциала» (подпрограмма 2, раздел 4, проект 148).

Библиографический список

1. Дежина И.Г. Наука в российских вузах: что делается сегодня для ее поддержания и развития? // Науковедение. 1999. № 4.
2. Научный потенциал вузов и научных организаций Минобразования России. Статистический сборник. М., 1998; М., 1999.
3. Анфиногентов В.Г., Короновский А.А., Храмов А.Е. Некоторые модели класса решеточных газов, связанные с описанием численности популяций // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2000. Т. 8, № 4. С. 74.
4. Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Динамика численности населения как процесс, подчиняющийся уравнению диффузии // Докл. РАН. 2000. Т. 372, № 3. С. 397.
5. Короновский А.А., Храмов А.Е. Самоорганизованная критичность в иерархических структурах управления // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2000. Т. 8. № 6. С. 27.
6. Frish U., d'Humieres D., Hasslacher B., Lallemand P., Pomeau Y., Rivet J.-P. Lattice gas hydrodynamics in two and three dimensions // Complex Systems. 1987. Vol. 1. P. 469.
7. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality: An explanation of $1/f$ noise // Phys. Rev. Lett. Vol. 59. 1987. P. 381.
8. Короновский А.А., Храмов А.Е., Анфиногентов В.Г. Феноменологическая модель электронного потока с виртуальным катодом // Изв. РАН. Сер. Физическая. 1999. Т. 63, № 12. С. 2355.

Саратовский государственный
университет
Министерство Образования РФ,
Управление развития и планирования
научных исследований, Москва

Поступила в редакцию 15.10.01

APPLICATION OF CELLULAR AUTOMATA FOR MODELLING OF THE TEACHING STAFF DYNAMICS IN HIGHER SCHOOL OF RUSSIAN FEDERATION

A.A. Koronovskii, M.N. Strikhanov, D.I. Trubeckov,
A.E. Hramov, I.V. Tsukanova

The attempt was made of modelling of the teaching staff dynamics in Higher School of Russia. On the base of statistical data analysis the cellular automata class model with discrete time was constructed. Some results of the age-structure dynamics analysis by this model are presented.



Короновский Алексей Александрович - родился в Саратове (1972). Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (1995). Кандидат физико-математических наук (1997). Доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ. Область научных интересов - нелинейная динамика и ее проявления в различных сферах человеческой деятельности, в том числе нелинейная динамика социально-экономических процессов. Опубликовал в соавторстве с Д.И. Трубецковым монографию «Нелинейная динамика в действии» (Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 1996). Автор ряда статей в центральной печати.



Стриханов Михаил Николаевич - родился в Краснодаре (1952). Окончил Московский инженерно-физический институт (1974). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в МИФИ (1978) и доктора физико-математических наук в МИФИ (1992) в области ядерной физики. Профессор Московского инженерно-физического института, начальник управления развития и планирования научных исследований Министерства Образования РФ.

E-mail: strikhanov@ministry.ru



Трубецков Дмитрий Иванович родился в Саратове в июне 1938 года. Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (1960). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в СГУ (1965) и доктора физико-математических наук в СГУ (1978) в области радиофизики. Ректор СГУ, заведующий кафедрой электроники и волновых процессов СГУ, профессор, член-корреспондент Российской Академии наук, заслуженный деятель науки РФ. В Саратовском государственном университете в разное время подготовил и прочитал общие курсы лекций «Основы электроники сверхвысоких частот», «Квантовая электроника», «Методы математической оптимизации», «Теория волновых процессов», а также специальные курсы «Введение в специальность (радиофизика и электроника)», «Теория СВЧ электронных приборов О и М-типа», «Вакуумная микроэлектроника», «Высокочастотная релятивистская

электроника», «Хаос и структуры», «Линейные волны», «Нелинейные волны». Некоторые из спецкурсов читал в Санкт-Петербургском государственном техническом университете и Ростовском государственном университете. Научный руководитель Лицея прикладных наук СГУ. Соросовский профессор (1994, 1995). Автор учебных пособий «Введение в теорию колебаний и волн» (М.: Наука, 1984; The Netherland: Kluwer Academic Publishers, 1989; М.:Наука, 1992; совместно с М.И. Рабиновичем); «Нелинейная динамика в действии» (Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 1995; совместно с А.А. Короновским) «Колебания, волны, электроны» и «Лекции по сверхвысокочастотной вакуумной микроэлектронике» (Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 1996; совместно с А.Г. Рожневым и Д.В. Соколовым).



Храмов Александр Евгеньевич - окончил Саратовский госуниверситет (1996). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности радиофизика (1999). Доцент кафедры электроники, колебаний и волн СГУ. Область научных интересов - нелинейная динамика распределенных систем, методы анализа и моделирования динамических систем, мощная СВЧ-электроника.

E-mail: aeh@cas.ssu.runnet.ru



Цуканова Ирина Владимировна - студентка второго курса факультета нелинейных процессов Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.