

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ШКОЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКЕ

**(на примере агентной модели социального взаимодействия
«Гражданские традиции в современной Италии»)**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование является общепризнанным средством познания действительности. Этот процесс состоит из двух больших этапов: разработки модели и анализа разработанной модели. Моделирование позволяет исследовать суть сложных процессов и явлений с помощью экспериментов не с реальной системой, а с ее моделью. Известно, что для разумного принятия решения по организации работы системы не обязательно знание всех характеристик системы, всегда достаточен анализ ее упрощенного, приближенного представления.

В области создания новых систем моделирования этот анализ является средством исследования важных характеристик будущей системы на самых ранних стадиях ее разработки. С помощью моделирования возможно исследовать узкие места будущей системы, оценить производительность, стоимость, пропускную способность – все главные ее характеристики еще до того, как система будет создана. С помощью моделей разрабатываются оптимальные операционные планы и расписания функционирования существующих сложных систем и процессов. В организационных системах имитационное моделирование становится основным инструментом сравнения различных вариантов управляющих решений и поиска наиболее эффективного из них как для решений внутри цеха, организации, фирмы, так и на макроэкономическом уровне. В последнее время так называемый «агентный» подход к моделированию стал

использоваться для исследования социальных, экономических и даже исторических процессов. Задавая правила функционирования активных компонент (агентов) и их взаимодействие друг с другом и со средой, исследователь может получить интегральные характеристики динамики всей системы, включающей, возможно, многие тысячи активных агентов. Еще Адам Смит определил экономику как интегральный результат деятельности огромного числа отдельных участников производства и потребления. В данной работе показывается, как подход, основанный на моделировании многих активных агентов может быть применен к изучению частной социально-исторической проблемы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВОЗНИКАЮЩАЯ В СВЯЗИ С ЭТИМ СЛОЖНОСТЬ

В современную эпоху, когда компьютерные технологии и математическое моделирование стали катализаторами прогресса во многих областях научного знания, их использование в исторической науке остается еще очень ограниченным. По существу, математические методы активно используются лишь для статистической обработки и анализа социологических и исторических данных. Математические модели, столь широко применяемые в естествознании, в исторических исследованиях являются редкостью. Причина этого заключается в сложности моделирования социально-исторических процессов, слабой формализуемости

многих понятий и факторов социальной эволюции. Тем не менее, в последние годы достигнуты существенные успехи в области создания моделей социальной истории. Имеющиеся к настоящему времени модели можно условно разделить на три группы:

- *Модели – концепции*, основанные на выявлении и анализе общих исторических закономерностей и представлении их в виде когнитивных схем, описывающих логические связи между различными факторами, влияющими на исторические процессы. Такие модели обладают высокой степенью обобщения, но имеют не математический, а чисто логический, концептуальный характер.

- *Частные математические модели имитационного типа, посвященные описанию конкретных исторических событий и явлений.* В подобных моделях основное внимание уделяется тщательному учету и описанию факторов и процессов, оказывающих влияние на рассматриваемые явления. Применимость таких моделей, как правило, ограничена достаточно узким пространственно-временным интервалом; они «привязаны» к конкретному историческому событию и их невозможно экстраполировать на протяженные периоды времени.

- *Математические модели, являющиеся промежуточными между двумя указанными типами.* Эти модели описывают некоторый класс социальных процессов без претензии на детальное описание особен-

ностей для каждого конкретно-исторического случая. Их задачей является выявление базовых закономерностей, характеризующих протекание процессов рассматриваемого вида. В соответствии с этим данные математические модели называются базовыми.

Из сказанного ясно, что с точки зрения моделирования тенденций и направленности социальной эволюции, анализа причин и последствий тех или иных исторических событий, наибольший интерес представляют базовые модели, поскольку они обладают способностью к обобщению и вместе с тем позволяют учесть историческую конкретику. Основой создания таких моделей является математическое описание социальной самоорганизации и эволюции с учетом сложившихся конкретно-исторических условий в рассматриваемом регионе.

МОДЕЛЬ: ГРАЖДАНСКИЕ ТРАДИЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ИТАЛИИ

В своей работе «Как сделать так, чтобы демократия заработала: традиции гражданского общества в современной Италии» Роберт Путнэм исследует причины неполного успеха эксперимента с региональными правительствами, проводившегося в Италии в 1970-х годах (рис. 1).

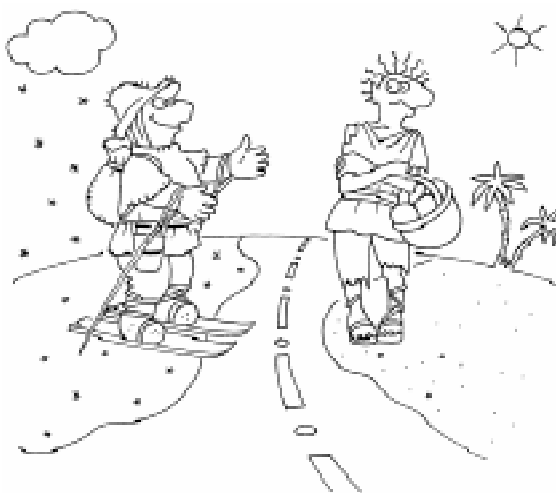
Он обнаруживает, что северные регионы Италии характеризуются более эффективными, чутко реагирующими и репрезентативными институтами, в то время как институты юга страны являются неэффективными, не столь чутко реагирующими и менее репрезентативными. Далее Путнэм отмечает, что различия в деятельности институтов напрямую связаны с различиями в уровне гражданского развития, то есть политическое партнерство и опыт, равно как общественное доверие и толерантность, ассоциируются с Севером, демонстрирующим очевидно более высокую гражданскую культуру по отношению к лишенному этих черт Югу. Чтобы объяснить эти различия, имеющее место в настоящее время, Путнэм проводит параллель с различиями политичес-



Рис. 1. Карта Италии

ких режимов, которые характеризовали Италию XIV века. Эти режимы были различны по той степени, в которой они проводили в жизнь культуру гражданских свобод. Режим феодальной монархии, установленный норманнами в южной Италии и Папское государство (центральная Италия) были наименее гражданскими из четырех режимов. Бывшие общинные (северо-восток) и общинные (северо-запад) республики были наиболее гражданскими. Путнэм высказывает предположение о том, что «черты социальной жизни, легко прослеживаемые в истории Италии с периода раннего средневековья до настоящего времени оказываются решающими в процессе объяснения, почему отдельные общества проявляют большую степень адаптируемости к коллективным формам жизни и имеют более эффективную систему институтов».

Данная модель преследует цель заполнить пробел между историческими и современными данными посредством раскрытия рационального механизма создания и распространения общественного капитала в форме математической модели агентного базирования. Она включает в себя агентов с разнородными культурными признаками, проживающих в местах наличия различных институциональных структур. Агенты контактируют со своими соседями, и процесс таких периодических контактов ведет к формированию обществ гражданского и негражданского типа. Данная модель дает возможность оценить, каким образом изменения в деятельности институтов, исторические потрясения и политические границы влияют на формирование различных регионов в культурном отношении – «гражданского» Севера и «негражданского» Юга в излагаемом Путнэмом случае. Результаты исследований показывают, что формирование гражданских (или негражданских) обществ не является детерминированным, что их возникновение является результатом реакции на исторические потрясения, и что отсутствие политических границ влияет на добавочный уровень гражданского развития в регионах, характеризующихся эффектив-



...общественное доверие и толерантность, ассоциирующиеся с Севером, демонстрирующим очевидно более высокую гражданскую культуру по отношению к ишечному зтих герт Югу.

ными институтами. Кроме того, попытки малейшего улучшения деятельности неэффективных институтов вызывают собой установившегося равновесия с самыми нежелательными социальными последствиями. Хочется отметить, что данная модель является упрощенной интерпретацией социальных процессов, давших толчок к возникновению гражданских обществ, и один из многочисленных методов, посредством которого аргументация Путнэма может быть представлена в полном и развернутом виде.

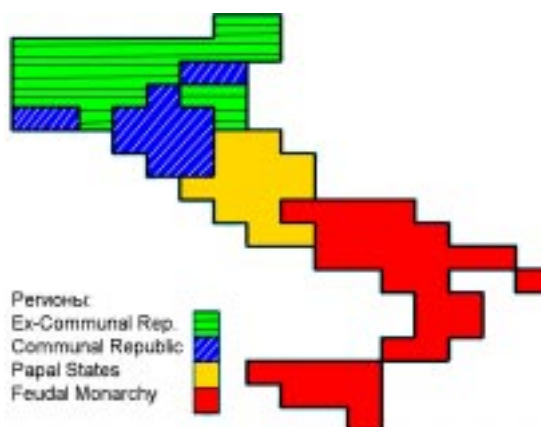


Рис. 2. Модель Италии, разделенная на четыре региона

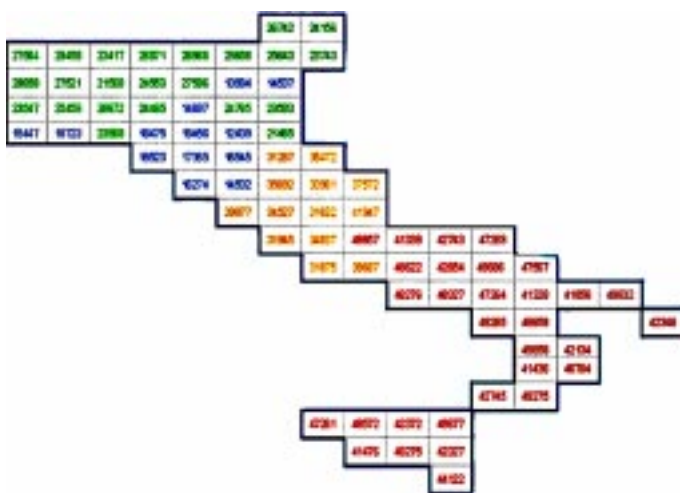


Рис. 3. Отображение агентов на карте в числовом виде

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Разработанная модель состоит из трех компонент¹:

1. Среды обитания, представляющей собой упрощенную модель Италии, разделенную на четыре региона с различными политическими структурами (рис. 2).
2. Агентов, населяющих среду обитания и имеющих некое поведение, выражающееся в способности общаться и изменять уровень своих культурных особенностей (рис. 3).

Таблица 1. Пример распределения культурных особенностей

Культурные особенности				
	a_1	a_2	a_3	a_4
	↓	↓	↓	↓
3	2	9	4	4
↑				
a_0				

Агент представляет индивидуального гражданина в каждом из четырех исторических политических режимов и имеет пять особенностей (a_0, a_1, a_2, a_3, a_4) (табл. 1).

a_0 – геополитическое местонахождение агента; (1 – общинная республика, 2 – бывшая общинная республика, 3 – папская область, 4 – феодальная монархия).

a_1, a_2, a_3, a_4 – культурные особенности (обязательство, политическое равенство, уровень доверия, членство в ассоциациях); (1...9: 1 – низкий уровень, 9 – высокий уровень).

3. Модельного эксперимента, который заключается в некотором поведении агентов в среде обитания с заданными параметрами.

АНИМАЦИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Анимация логически разделена на две части: часть отображения результатов (справа) и часть управления моделью (слева) (рис. 4).

Часть отображения результатов включает в себя отображение значений особенностей агентов на карте Италии (предусмотрено два вида отображения: в цветовом и в числовом режиме).

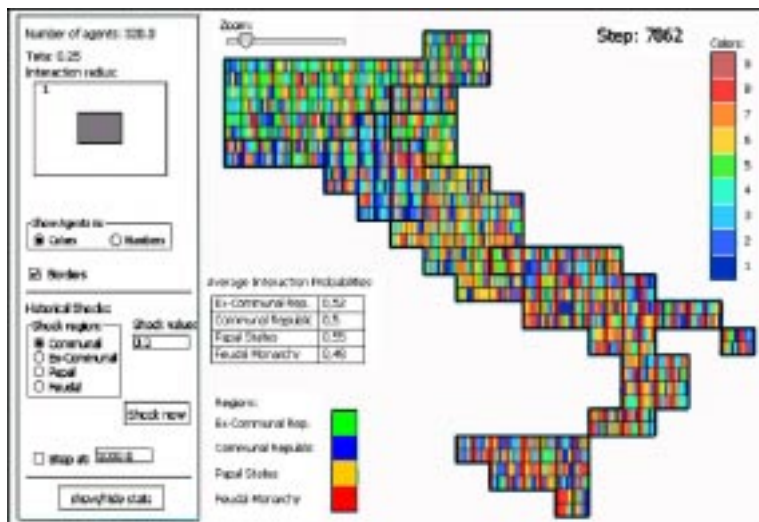


Рис. 4. Графическое представление анимации класса «Environment» в среде моделирования AnyLogic

¹ Идея моделирования, и результаты анализа основаны на работе Ravi Bhavnani. Adaptive Agents, Political Institutions and Civic Traditions in Modern Italy // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2003, vol. 6, no. 4

На графическом изображении карты Италии также отображается наличие, либо отсутствие границ. Данная часть также содержит изображение цветowych шкал для регионов и значений особенностей. Во время моделирования в табличной форме отображаются средние значения вероятностей общения по каждому региону. В правом верхнем углу анимации указан номер текущего шага моделирования. Существует возможность изменения размера отображаемой анимации. Дополнительно (по нажатию кнопки) существует возможность отображения результатов моделирования в виде графиков (зависимости значения параметров от времени) (рис. 5).

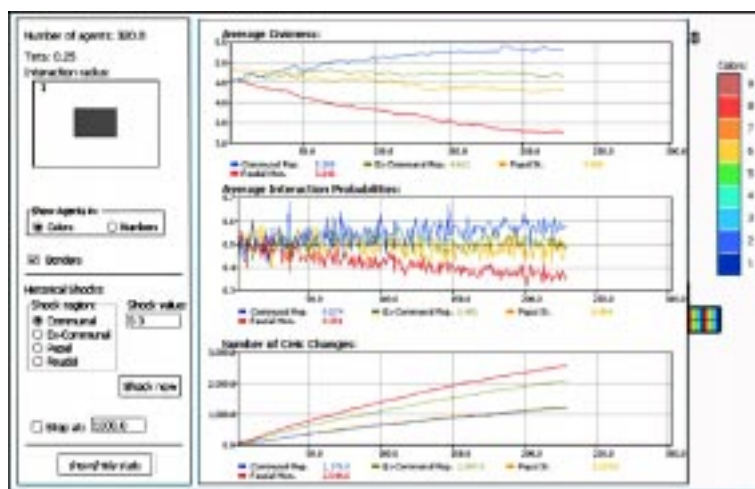


Рис. 5. Отображение результатов моделирования в виде графиков

Предусмотрено отображение трех графиков: среднего значения особенностей агентов по каждому из регионов, средней вероятности общения по каждому из регионов и количества изменений значений особенностей по каждому региону с начала моделирования.

Часть управления моделью состоит из элементов управления, позволяющих изменить параметры модели или выполнить управляющие воздействия до начала моделирования и в процессе моделирования (рис. 6).

Перед началом моделирования возможны следующие действия:

Изменение количества агентов в модели. Возможные варианты – 80, 160, 320, 640, 1280, 2560, 5120, 10240 агентов.

Изменение радиуса общения агентов. Возможно задание радиуса общения от одного до десяти агентов.

Задание значения параметра teta (одинакового для всех регионов).

Запуск модели нажатием кнопки «Start».

В процессе моделирования:

- отображается текущее число агентов в модели;
- отображается значение параметра teta;

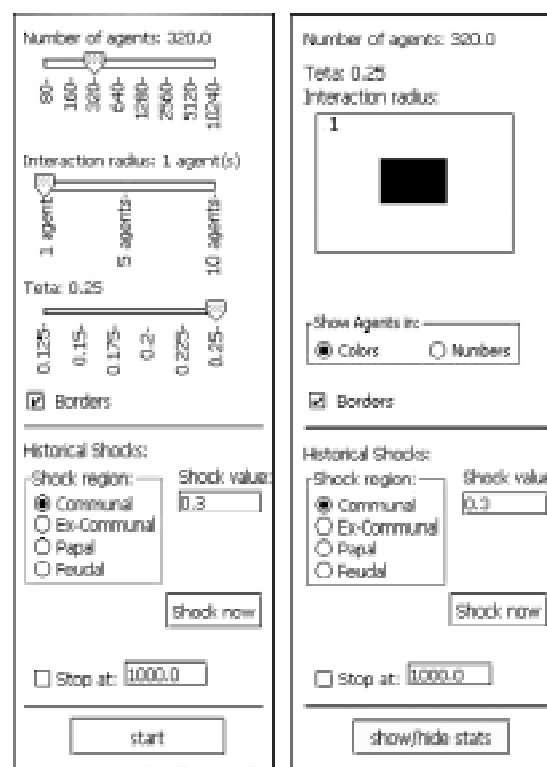
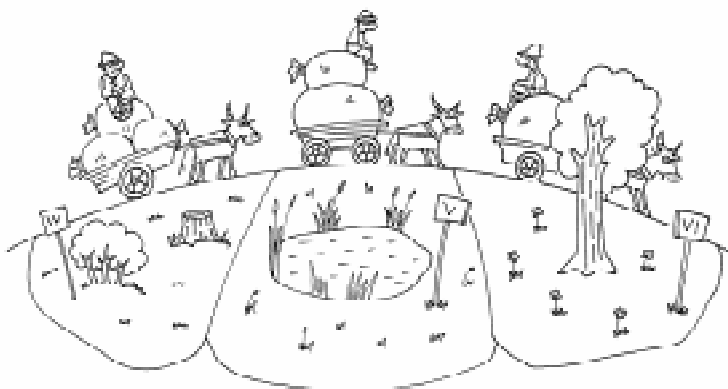


Рис. 6. Часть управления моделью до начала моделирования и в процессе моделирования



...территория, состоящая из множества сопредельных участков, изначально населяется агентами...

Включение/отключение режима отображения графиков нажатием кнопки.

Как перед началом моделирования, так и в процессе работы модели, возможно:

- введение/отключение границ в модели;
- введение в модель исторического удара в заданном регионе на заданную величину;
- введение/отключение останова модели на заданном шаге.

Итак, территория, состоящая из множества сопредельных участков, изначально населяется агентами, черты культурного облика которых, их склонность к контактам и взаимодействию с другими агентами, подобраны произвольно. Каждый агент селится на территории действия одного из четырех политических режимов, которые различаются между собой по степени институциональной эффективности – передачи информации личностно-репутационного характера. Местонахождение агента, таким образом, определяет степень, до которой он полагается на собственное доверие репутационной информации относительно разумности вступления в контакт с потенциальным партнером.

Как было отмечено ранее, институты каждого из четырех политических режимов

различаются по той степени, в которой они обеспечивают жизнь в условиях гражданского общества. В контексте модели, институциональная эффективность определяется точностью репутационной информации, которой обеспечиваются агенты, ищущие возможности контакта с другими агентами. Там, где институты эффективны, агенты более уверенно полагаются на репутационную информацию, и в меньшей степени – на свое личное дове-

рие в целях определения разумности взаимодействия с потенциальным партнером. В случае же с неэффективными институтами данная ситуация меняется на прямо противоположную.

ВЛИЯНИЕ ГРАНИЦ

Рассмотрим влияние границ на возникновение гражданских и негражданских обществ. При условии наличия закрытых политических границ агент имеет возможность контакта лишь с агентом, находящимся с ним на территории одного политического региона. В отсутствие границ агент может контактировать также с агентами соседних регионов, проживающими на территории действия любого из четырех политических режимов.

Результаты моделирования, приведенные в таблице 2, показывают, что добавочный уровень изменений гражданского развития – количество раз, когда агент претерпевает изменение значений какой-либо своей характеристики – становится выше, когда контакты агента не ограничены региональными границами. При наличии больших возможностей для взаимодействия такой результат должен быть вполне закономерен.

Таблица 2. Влияние границ на уровень гражданственности

Границы	Communal Republics	Ex- Communal Republics	Papal States	Feudal Monarchy	Civic Change
Нет	5.3369	5.3242	4.3479	3.4736	16971
Да	5.8091	5.1734	4.3672	3.3728	13011

Менее очевидным является вывод о том, что в отсутствие границ добавочный уровень гражданского развития существенно ниже в общинных республиках, лишь незначительно выше в бывших общинных республиках, однако он остается неизменным в папском государстве и в феодальной монархии. Это означает, что, когда агенты с территорий различных режимов вступают во взаимодействие, различия институциональной эффективности становятся еще более заметными. Из этого возможно сделать вывод, что межрегиональную интеграцию лучше всего проводить, когда институциональные различия сведены к минимуму.

ИСТОРИЧЕСКИЕ УДАРЫ

Практической реализацией исторических ударов могут выступать войны, нашествия, изменения политического режима. В рассмотренной модели исторические удары в регионе вводятся как уменьшение среднего значения особенностей агентов данного региона (то есть значения каждой из особенностей каждого агента) на некоторую долю. Введение исторических ударов позволяет исследовать возможность восстановления уровня особенностей агентов к «шоковому» состоянию.

АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

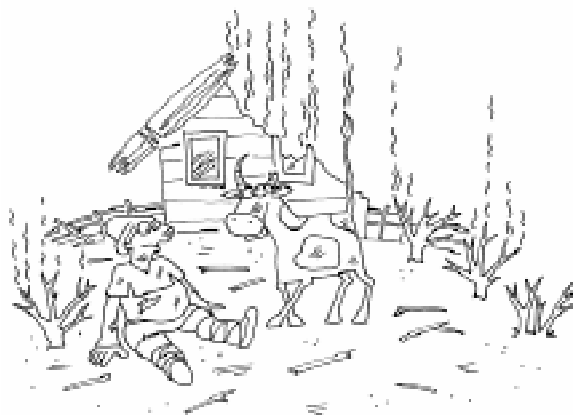
Данная модель позволяет отслеживать процесс возникновения гражданского образа жизни во времени. Во-первых, анализируя, каким образом различные институты взаимодействуют с разнородными индивидуумами, модель дает понимание того, почему современная Италия характеризуется наличием гражданского Севера и негражданского Юга. Исследования показывают, что данный результат едва ли имеет детерминистический характер, поскольку незначительные изменения курса исторического развития, что подтверждается анализом исторических потрясений, могут значительно влиять на развитие гражданских обществ. Результаты проведенного моделирования также показывают, что небольшие измене-



...влияние границ на возникновение гражданских и негражданских обществ.

ния институциональной эффективности могут вести к значительному улучшению качества репутационной информации и, таким образом, к более позитивному характеру взаимодействий между агентами.

Во-вторых, моделирование показывает, что отсутствие политических границ повышает активность взаимодействия агентов, но снижает уровень гражданского развития, так как доверяющие и заслуживающие доверия агенты – представители гражданских режимов, контактируют с агентами – представителями негражданских режимов, которым эти характеристики присущи в меньшей степени. Один из выводов данного результата состоит в том, что региональную интеграцию следует проводить только тогда, когда уровень институциональной эффективности будет единым по всем регионам. Как



Введение исторических ударов ...

показывает пример Европейского Союза, процесс гармонизации дает больший эффект, если между гармонизируемыми частями заранее существует институциональная симметрия.

В-третьих, анализ исторических потрясений, произошедших в общинных республиках, показывает, что высокоразвитые гражданские общества, пережившие такие потрясения на более позднем этапе своей истории, с меньшей степенью вероятности способны вернуться к своему прежнему

уровню гражданского развития. Вполне возможно, что они окажутся среди обществ, ранее обладавших более низким уровнем гражданского развития, но переживших потрясения раньше по времени. Таким образом, чем раньше общество переживает потрясение, тем лучше его перспективы по дальнейшему гражданскому строительству. Безошибочными иллюстрациями этого могут служить параллели со странами – бывшими колониями, особенно западно-африканскими и южноамериканскими.

Литература

1. *Аникеев И.А., Брановский Ю.С.* Количественные методы и информационные технологии в обучении истории. Ставрополь: изд-во СГПУ, 1996.
2. *Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.* Практическое моделирование сложных динамических систем. СПб.: БХВ, 2001.
3. *Гуц А.К., Коробицын В.В., Лаптев А.А., Паутова Л.А., Фролова Ю.В.* Математическое моделирование социальных систем. Омск: ОмГУ, 2000.
4. *Карнов Ю.Г.* Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
5. *Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.* Занятия по компьютерному моделированию // «Компьютерные инструменты в образовании», 2003.
6. *Макарова Н.В.* Информатика. Базовый курс. Практикум-задачник по моделированию. СПб.: Питер, 2003.
7. *Малков С.Ю.* Математическое моделирование исторических процессов. М.: Наука, 2002.
8. *Ноутон П., Шилдт Г.* Java 2. Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
9. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: Наука, Физматлит, 1997.
10. *Robert Putnam.* Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy. Ad Marginem, 1996.
11. <http://www.xjtek.ru/> – Имитационное моделирование для бизнеса и науки.
12. <http://informika.ru/> – Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций.
13. <http://www.mon.gov.ru/> – Министерство образования и науки Российской Федерации.
14. <http://vn.belinter.net/istdem.html> – Моделирование историко-демографических процессов.
15. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/4/1.html> – Journal of Artificial Societies and Social Simulation.



Наши авторы, 2007
Our authors, 2007

*Жирнова Наталья Михайловна,
сотрудник редакционно-
издательской группы
РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров,*

*Карнов Юрий Глебович,
доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
Распределительных вычислений и
компьютерных сетей СПбГПУ.*