



## Artificial societies. 2013-2020

ISSN 2077-5180

URL - <http://artsoc.jes.su>

All right reserved

Issue 1-2 Volume 12. 2017

# An overview of agent-based models, on the problems of development of the city

**T. Konkova**

*Cemi RAS*

*Russian Federation, Moscow,*

## Abstract

This review consists of two parts. The first part talks about the creative city model - an agent-based model exploring the theoretical interaction between land-use regulation, urban mobility and social tolerance as well as their impact on the economic performance of cities. The second part contains a cognitive model of the agent that created the system of feedback between the agent's physical space and its interaction in the social space.

**Keywords list (en):** agent-based modeling, geographic information systems, social network analysis, riots, social influence, urban, segregation, land use, transport

**Date of publication:** 14.09.2017

## Acknowledgment:

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант №14-18-01968).

## Citation link:

Konkova T. An overview of agent-based models, on the problems of development of the city // Artificial societies. 2017. V. 12. Issue 1-2 [Electronic resource]. Access for registered users. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000105-4-1/> (circulation date: 20.01.2020). DOI: 10.18254/S0000105-4-1

1 **Исследование творчества и развития города с помощью агентных моделей**

2 Во всем мире многие города являются движущей силой экономического роста и

центрами инноваций. В крупных городах наблюдается высокое "скопление человеческого капитала" в результате социально-экономического разнообразия жителей. На сегодняшний день более половины населения мира живет в городах. А к 2030 году во всех регионах, включая Африку и Азию, большинство населения будет городским. В то время как экономические возможности этой трансформации беспрецедентны, правительства должны обеспечить благоприятные политические условия для "повышения производительности", которая превратила бы города в "бойцов" с бедностью в развивающихся странах.

3 Некоторые из самых процветающих городов мира, например Лондон и Нью-Йорк, также являются передовыми центрами творчества и инноваций. Они привлекают талантливых людей, предлагая не только лучшие карьерные и образовательные возможности, но также высокое качество развлечений (театры, парки и художественные галереи) и государственных услуг (образование, здравоохранение и транспорт). Такие города обеспечивают жителям возможности для экономической и социальной ассимиляции параллельно с всеобщим доступом к основным городским службам. Такие города определяются как "творческие", являющиеся первичными двигателями устойчивого экономического роста. Но во многих развивающихся странах, не хватает подобных городов. В отличие от ведущих мировых городов, многие города в развивающихся странах движутся в сторону низкой плотности застройки, коттеджных поселков и, как правило, слабого развития общественного транспорта. Поэтому с целью проникнуть в суть динамичной городской системы была создана стилизованная виртуальная абстракция теоретического города, содержащего автономно взаимодействующих агентов при выполнении различных сценариев.

4



Рис. 1. Среда модели "творческого" города.

5 Более подробно рассматриваются следующие вопросы: 1) какие ключевые факторы мешают появлению творческих кластеров во многих городах развивающихся стран? 2) какой вид пространственных городских форм и социоэкономических условий могут содействовать их распространению? Некоторые эмпирически основанные теории предполагают, что для креативной городской среды необходимы следующие три условия: смешанные землепользование и плотность населения; доступные городская и региональная мобильность и высокий уровень социальной терпимости. Предполагается, что при прочих равных, благоприятная комбинация этих условий, скорее всего поддержит творческую городскую

среду, которая приводит к повышению экономической эффективности.

6 Ученые и градостроители предположили, что ключевой характеристикой ведущих мировых городов является хорошая возможность проявления человеческого таланта через образование и профессию. Они предлагают благоприятные условия для продуктивных межличностных взаимодействий и роста наукоемких отраслей, что в результате приводит к экономическому росту через инновации. Через инфраструктуру проходит физическая связь, способствующая творчеству человека, что приводит к более высокому уровню доходов. Когда комбинируются плотность населения, социально-экономическое разнообразие и социальная терпимость – высокая интенсивность взаимодействий повышает производительность. Однако, во многих городах развивающихся стран быстрая урбанизация увеличивает беспорядочную застройку и вызывает снижение стандартов государственных услуг. Для дальнейшего исследования этих идей была создана агент-ориентированная модель, где гетерогенные и независимые агенты принимают решение взаимодействовать в следующих случаях: (1) увеличение городских транспортных инвестиций; (2) комбинированные правила землепользования; (3) снижение жилой сегрегации. В результате были сделаны выводы, что любая комбинация сценариев, полученная в условиях интенсивных межличностных взаимодействий ведет к экономическому росту. Тем не менее, результаты модели также демонстрируют четкий компромисс между быстрым экономическим ростом и социально-экономическим капиталом, главным образом из-за вытеснения домохозяйств с низким и средним уровнем дохода из кластеров творчества.

#### 7 **Моделирование возникновения массовых беспорядков**

8 Сразу после объявления результатов выборов в Кении в 2007 году в стране вспыхнули акции протеста. Серьезные беспорядки были в Кибере, неформальном поселении, расположенном в столице страны Найроби. Представленная модель основана на эмпирических данных ландшафта Киберы, гетерогенном населении и повседневной деятельности его жителей. Для эффективного построения модели беспорядков нужно понимать человеческое поведение, особенно аспекты, связанные с потребностями личности в самоидентификации, а также какую роль играют слухи при принятии индивидуумом решения об участии в беспорядках. Кибера, неофициальный поселок, расположенный в Найроби, стал “эпицентром” беспорядков, которые обрушились на город. Кибера делится на четырнадцать кварталов (рис. 2). Слухи о том, что результаты выборов были сфальсифицированы, выступили в качестве внешнего триггера и сыграли значительную роль в возникновении массовых беспорядков. С помощью сотовых телефонов, текстовых сообщений и радио слухи быстро распространялись. Примерно через два месяца после начала беспорядков было достигнуто соглашение о разделении власти и насилие прекратилось практически сразу.

9



Рис. 2. Кибера разделена на 14 районов. Точки интереса, включая школы, медицинские и религиозные учреждения, выделены красным. Транспортная сеть обозначена черными линиями.

10 Возникновение беспорядков представляет собой сложную систему: они возникают от взаимодействия между людьми с разными индивидуальностями, интересами и потребностями в социальной сети через физическую среду. Была разработана теоретически обоснованная агентная модель, которая объединяет агентный подход с географическими информационными системами (ГИС) и анализом социальных сетей. Модель опирается на решение человека участвовать (или нет) в коллективных действиях, которые могут привести к бунтам. В целях упрощения в модель не введены дополнительные факторы (например, роль полиции).

11 Для удобства моделирования личность была разделена на четыре основных компонента: вход, стандарт индивидуальности, компаратор и выход. Кроме того, модель личности, как показано на рис. 3, имеет аспекты внутренней и внешней среды. Внутренней средой является сам человек; внешняя среда – среда, окружающая человека. Человек ищет определенную цель во внешней среде, в данном случае, найти стандарт индивидуальности, а это в свою очередь диктует процессы внутренней среды. Таким образом, внешняя среда выходит за пределы географического пространства и включает наше полное окружение, в том числе эффективную обратную связь от других людей (т. е. отраженные оценки) и другие восприятия наших действий. Внешняя среда определяет условия для достижения цели (целью является соответствие входных данных стандарту индивидуальности). Восприятие включает вход. На наше восприятие влияет наше окружение (т. е. внешняя среда). Роль компаратора - сравнение ощущения индивидуальности в данный момент со стандартом индивидуальности. Далее компаратор выдает сигнал ошибки: разница между восприятием и стандартом индивидуальности. Выход формирует поведение человека, которое происходит во внешней среде в зависимости от сигнала ошибки. Таким образом, отношения между восприятием и стандартом индивидуальности тоже прогнозируют поведение.

12

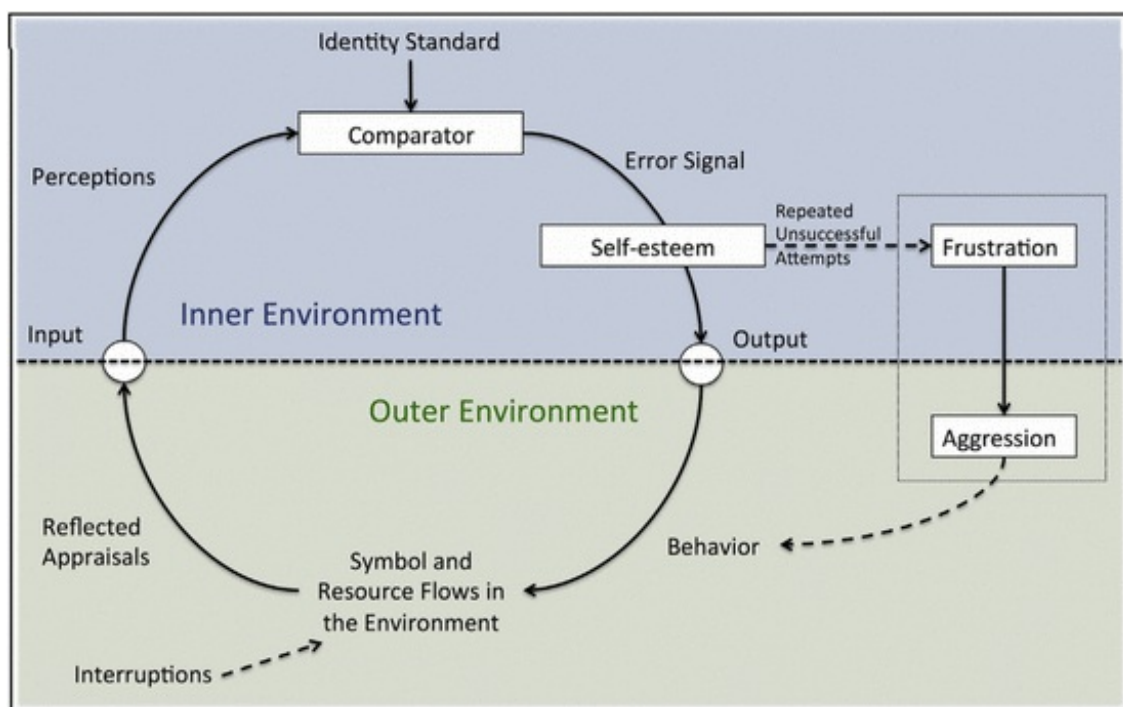


Рис. 3. Модель личности и гипотеза агрессии

13 Модель содержит следующие объекты, от низшего к высшему по иерархической

шкале: (1) житель (человек), (2) домохозяйство, (3) дом, бизнес и учреждение, (4) структура, (5) участок, (6) население и (7) среда. На рис. 4 представлена диаграмма модели на Унифицированном Языке Моделирования (UML). Существует два типа агентов в модели - жители и домохозяйства. Основным агентом является человек - житель, группа жителей составляет домохозяйство. Жители и домохозяйства характеризуются набором атрибутов (переменные состояния и параметры), такими как возраст, пол, этническая принадлежность и доходы. Атрибут этнической принадлежности служит двум целям в модели: (1) размещение жителей в домах при инициализации модели и (2) эффект сходства в социальной сети влияния. В модели каждый этнос представлен пропорционально этническому распределению в Кении. При этом в модели не учитывалась агрессия между различными этническими группировками.

14

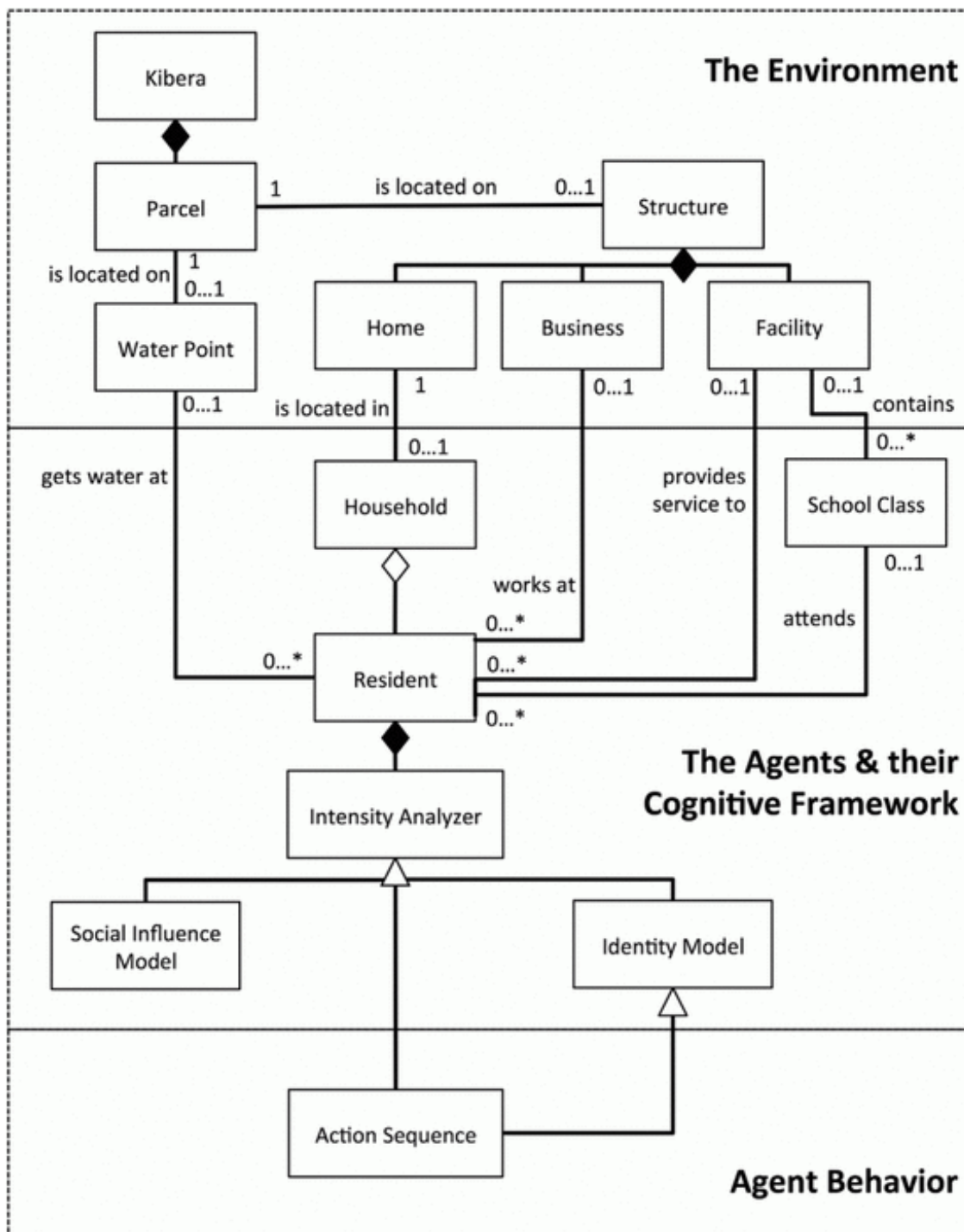


Рис. 4. UML-диаграмма модели

15

Домохозяйства должны выбрать дом для проживания на основе заданных

предпочтений (этнической принадлежности района) и доступности. В модели используется упрощенный подход, основанный на понятии жилой сегрегации для размещения семей в домах. У каждого дома есть ежемесячная арендная плата и набор услуг, включающий электричество, воду и канализацию. Учреждение может быть, например, школой, медицинским и религиозным учреждением. Участок представляет собой участок земли в области моделирования и характеризуется уникальным расположением. Структура, точки водоснабжения и транспортная сеть расположены на участках.

16       Общее население Киберы составляет 235 – 270 тыс. человек. Размер окружающей среды 3,9 на 1,5 км. Размер участка 12,5 м на 12,5 м. Он создается путем импорта набора ГИС-данных: границы моделирования, транспортная сеть (дороги и пешеходные дорожки), расположение сети учреждений. Временной шаг в модели – одна минута. Учитывая важность социальных сетей в модели и влияние повседневной деятельности на создание этой сети, было необходимо явно задать, когда и где агенты выполняют эти действия, каждый раз определяя шаг. Шаг в минуту был выбран, так как распространение слухов, решение участвовать (или нет) и мобилизация жителей происходило крайне быстро после объявления результатов выборов.

17       В начале моделирования жители запускают планировщик ежедневной деятельности, определяющий их активность. Они будут выполнять последовательность действий, в том числе с использованием транспортной сети для перемещения к месту действия (например, ходьба из дома в школу). В процессе деятельности, жители будут создавать новые и/или укреплять существующие отношения с другими жителями; запускается модель индивидуальности. И если житель узнал слухи, запускается модель распространения слухов и социального влияния. Кроме того, жители, узнавшие слухи, случайным образом выбирают другого жителя, выполняющего одновременно те же действия в том же месте в своей социальной сети, чтобы поделиться слухами. Таким образом, эти процессы выполняются один раз при каждом изменении деятельности жителя. Отметим, что пока жители не ищут жителей с аналогичной этнической принадлежностью для налаживания отношений. Тот факт, что жители более склонны делиться связями с жителями, принадлежащими той же этнической группе используется при инициализации модели. Выходные данные модели индивидуальности и модели распространения слухов и социального влияния будут определять, присоединится житель к беспорядкам или останется мирным. Если житель решает протестовать, то он объединяется с другими протестующим. По завершении каждого вида деятельности, в том числе участия в массовых беспорядках, житель возвращается домой. В результате переменные жителя и домохозяйства, такие как занятость и доходы, будут обновлены. Далее житель оценивает свои следующие действия, повторно запуская планировщик ежедневной деятельности, модель индивидуальности и модель распространения слухов и социального влияния.

18       Процесс принятия решений моделируется на двух уровнях: жителя и домашнего хозяйства. Жители принимают решения о том, какова будет их ежедневная деятельность на этот день (например, идти на работу или получать воду) и будут ли они присоединяться к беспорядкам или останутся мирными. Домашние хозяйства принимают решения о своих ежедневных расходах (например, квартплата, расходы на питание и воду). В зависимости от доходов домашнего хозяйства динамически будут регулироваться его расходы. Сумма, которую домохозяйство может потратить на бытовые расходы, пропорциональна его общему доходу. Жители стремятся получать достаточный доход. Если водоснабжение домохозяйства недостаточно, то житель будет обязан приобрести больше воды. Также жителям известно, кто из их социальной сети примкнул к беспорядкам.

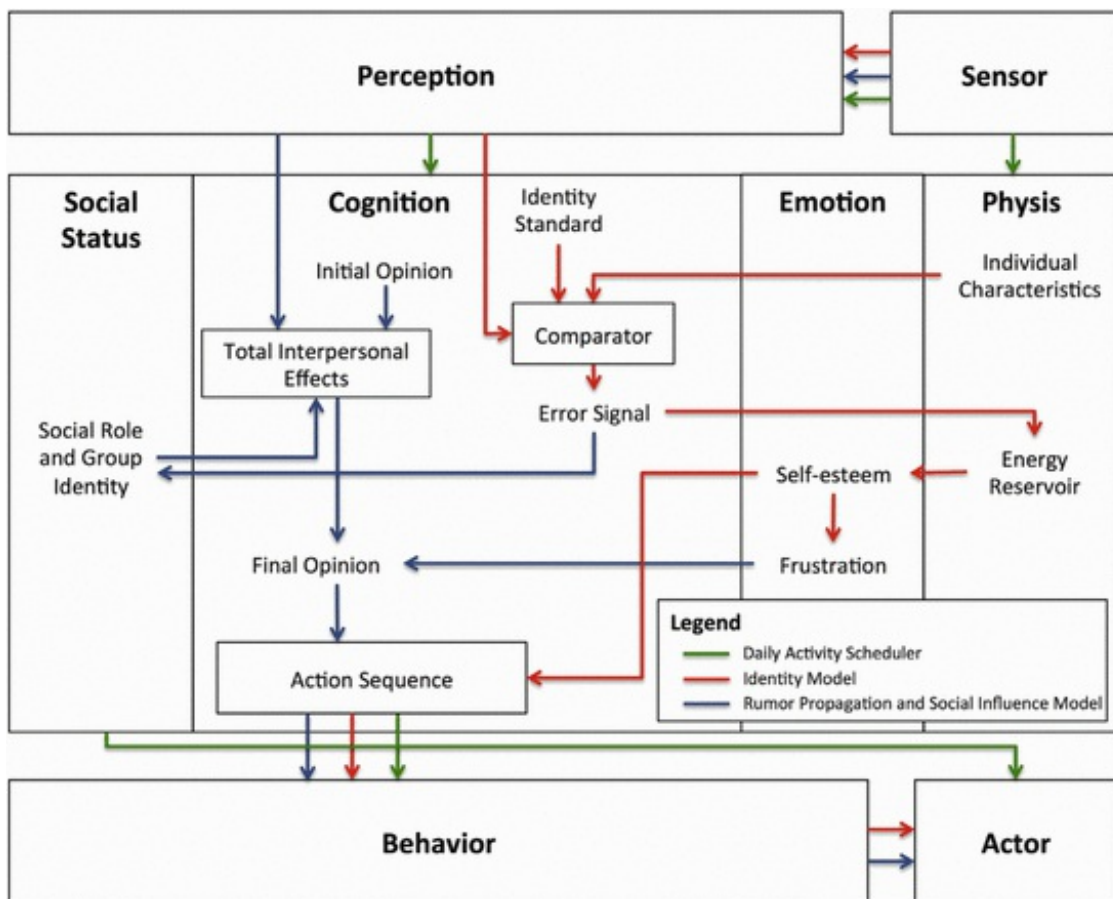


Рис. 5. Модель поведения жителей

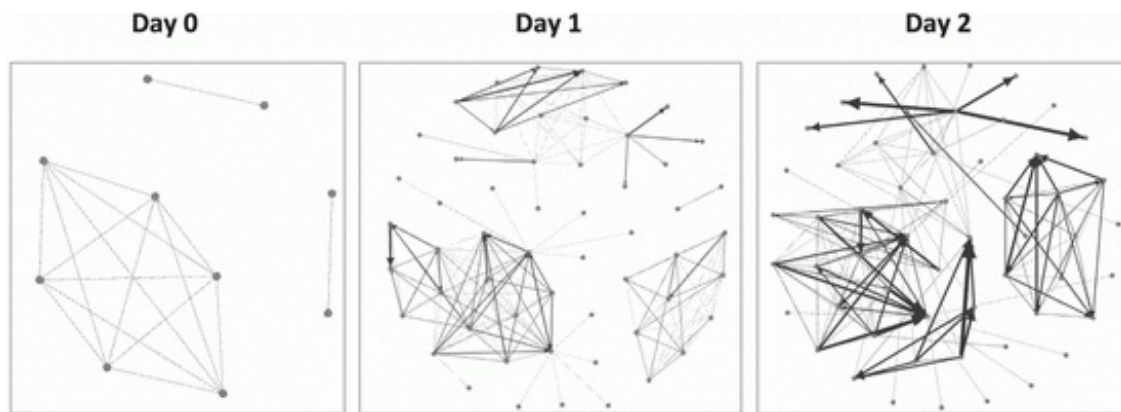


Рис. 6. Изменение социальной сети десяти жителей в течение двух дней работы модели

21 Используя параметры по умолчанию, модель запускается на три недели симуляции. Жители в любой момент времени могут приступить к выполнению одного из семи видов деятельности. Так, многие жители покидают дома утром и идут на работу, в школу или выполнять другие бытовые и социальные мероприятия, а вечером едят и спят. Таким образом, была определена цикличность в повседневной деятельности жителей.

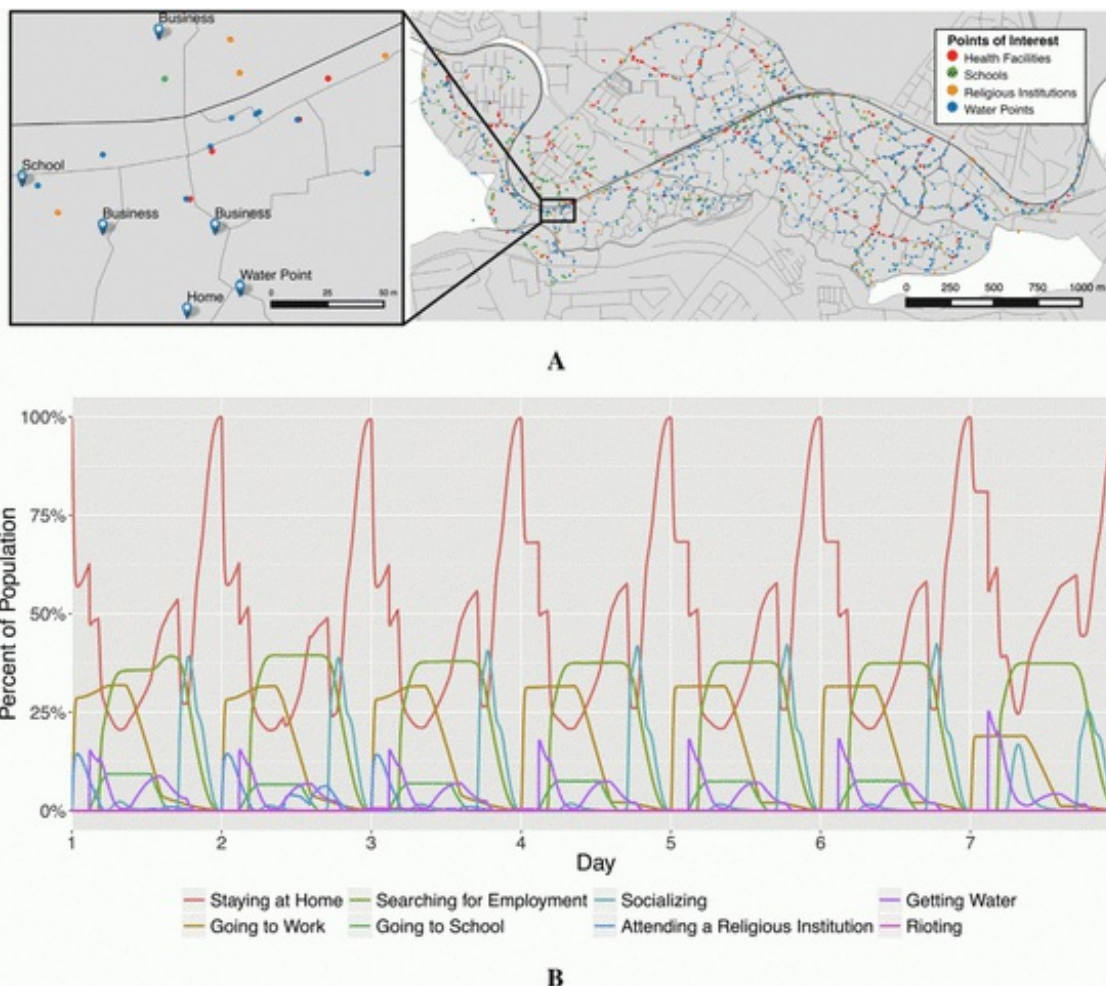


Рис. 7. Участки деятельности жителей. А- точки интереса и места деятельности на примере домохозяйств. В - Средний процент населения, выполняющий каждый вид деятельности в течение одной недели.

23 В результате моделирования был показан средний процент населения, протестующего в течение дня. Пик беспорядков пришелся на третий день, с последующими скачками примерно в середине следующих недель. Так как модель основана на мотивации жителей к удовлетворению своих потребностей, жители постоянно должны оценивать свою способность продолжать беспорядки. Например, каждое домохозяйство должно иметь достаточный запас воды. Если единственный взрослый житель участвует в беспорядках, то возможно ему придется приостановить свое участие для того, чтобы получить воду. Информация о протестующих была разделена на четыре категории в соответствии с возрастом и несоответствием (например, расходы домохозяйства больше, чем доходы). Наиболее высока вероятность беспорядков среди жителей, которые являются несовершеннолетними (т. е. до 18 лет) и среди жителей, расходы домохозяйств которых превышает их доход.



# Обзор агентных моделей, посвященных проблемам развития города

**Конькова (Кураева) Т. А.**

*младший научный сотрудник ЦЭМИ РАН  
Российская Федерация, Москва,*

## **Аннотация**

Данный обзор состоит из двух частей. В первой части рассказывается о творческой модели города - агентной модели, изучающей теоретическое взаимодействие регулирования землепользования, городской мобильности и социальной толерантности, а также их влияние на экономические показатели городов. Модель основана на упрощенных предположениях из эмпирически обоснованного понимания городской морфологии, экономической географии и диффузии творчества человеческих взаимоотношений. Данная модель предлагает новый угол зрения на диффузию творчества через распространение знаний в различных сценариях «снизу вверх». На основе проведенных экспериментов модель предполагает существование компромисса между желанием социальной справедливости и быстрым распространением творчества. Вторая часть содержит когнитивную модель агента, создающую систему обратной связи между физическим пространством агента и его взаимодействием в социальном пространстве. Результаты показали, что молодежь более восприимчива к беспорядкам. Однако систематическое увеличение возможностей для получения образования и трудоустройства не дает линейного эффекта на беспорядки, и даже улучшение качества жизни в отношении дохода не дает прямого эффекта.

**Ключевые слова:** агентные модели, моделирование массовых беспорядков, сегрегация, геоинформационная система

**Дата публикации:** 14.09.2017

## **Ссылка для цитирования:**

Конькова (Кураева) Т. А. Обзор агентных моделей, посвященных проблемам развития города // Искусственные общества. 2017. Т. 12. Выпуск 1-2 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000105-4-1/> (дата обращения: 20.01.2020). DOI: 10.18254/S0000105-4-1