



3. Абакумов А.В., Ермаков Р.В., Кузьменко И.К., Львов А.А., Скрипаль Е.Н. Применение функций с ограниченным изменением к анализу сигналов и изображений в системах искусственного зрения // Изв. Тульского гос. ун-та. Технические науки, 2018. – Вып. 5. – С. 175-191.

4. Львов А.А., Буров П.А., Безрядин С.Н., Ильиных Д.Ю. Модели изменения яркости в современном программном обеспечении // Вестник Саратовского гос. техн. ун-та, 2007. – № 4(28). – С.106-110.

5. Irani M., Peleg S. Improving Resolution by Image Restoration // Computer Vision and Image Processing, 1991. – Vol. 1. – P. 231-239.

6. Kim J., Lee J.K., Lee K.M. Deeply-Recursive Convolutional Network for Image Super-Resolution // Proc. 2016 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – Las Vegas, USA: IEEE, 2016. – P. 1637-1645

7. Tիրer T., Giryes R. Image restoration by iterative denoising and backward projections // IEEE Trans. on Image Processing, 2019. – Vol. 28. – No. 3. – P. 1220–1234.

А.Ю. Привалов, А.А. Царёв

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Самарский университет)

Рассматривается улучшение гибридной модели человеческой мобильности, предложенной в [1], предназначенной для использования в имитационном моделировании передвижений людей с целью оценки характеристик их взаимодействия. Например, для определения характеристик протоколов DTN передачи сообщений между носимыми людьми мобильными устройствами. Передвижения рассматриваются на ограниченной площади масштаба части города (университетского кампуса, предприятия, или, например, парка развлечений) и предполагаются в основном пешими перемещениями, или с небольшим использованием наземного транспорта.

Предложенная в [1] модель, во-первых, отражает целый ряд особенностей человеческой мобильности, важных для адекватного моделирования человеческого взаимодействия, таких как:

- кластеризация путевых точек (то есть, точек, в которых происходят остановки движения на заметное время);
- распределение расстояний между соседними путевыми точками и распределение времени остановок в путевых точках, близкие к распределениям Леви;
- приближительная повторяемость ежедневных маршрутов движения отдельного человека.

Во-вторых, в отличие от других моделей, также отражающих некоторые из этих свойств (см., например, [2-4]), предлагаемая модель не требует наличия



большого количества данных о моделируемой ситуации (например, количества путевых точек каждого человека, находящихся в пределах т.н. локации, т.е. включающей кластер точек прямоугольной области). Для предлагаемой модели достаточно задать границы локаций, что довольно просто сделать, имея небольшую априорную информацию, так как локация соответствует местам скопления людей в процессе повседневной деятельности (учебные корпуса в университете, цеха на заводе, аттракционы в парке и т.д.).

Кроме того, предлагаемая модель использует количественную меру постоянства ежедневных маршрутов, что ранее при моделировании такого рода не встречалось.

Однако, вследствие довольно большой сложности имитационной модели, потребовавшей для реализации разработки специализированного программного комплекса, в [1] были использованы некоторые упрощения, влияние которых на результат моделирования рассматривается в данном докладе. Речь идёт о том, что для простоты (а также для корректного сравнения результатов из [1] и [2], где данное упрощение также использовалось), локация рассматривалась как прямоугольник со сторонами, параллельными осям координат. Для улучшения адекватности, расположение локаций на карте местности, для которой производилось моделирование, определялось из реальных трасс движения объектов (людей) на данной местности.

В данной работе прямоугольная форма локации будет сохраняться, как и их расположение в местах реальных кластеров на карте моделируемой местности, однако ориентация прямоугольника локации на плоскости будет подбираться так, чтобы площадь локации, включающей кластер реальных путевых точек, была бы минимальной.

Перед началом работы модели должны быть заданы своими границами набор доступных на карте локаций, домашняя локация и маршрут первого дня для каждого моделируемого объекта (человека), параметры распределений Леви для перемещений между путевыми точками и времени остановки в путевой точке и параметры, касающиеся выбора локации на маршруте и модификации маршрутов при переходе к следующему дню.

Кратко алгоритм работы рассматриваемой модели можно описать так (подробное описание приведено в [1]): в начале каждого модельного дня движение каждого моделируемого объекта начинается внутри домашней локации, и в конце модельного дня заканчивается в той же домашней локации. Дневной маршрут первого дня, включающий ряд посещаемых объектом локаций, для каждого из последующих модельных дней модифицируется путём удаления из него случайным образом доли локаций, равной коэффициенту персистентности маршрута (термин, введённый в работе [1]), и включением в него такого же количества доступных на данной карте локаций.

Внутри локации объект совершает прямолинейные переходы из одной путевой точки в другую, расстояние между которыми является случайной величиной, имеющей распределение Леви с заданными параметрами, а направление движения выбирается таким образом, чтобы как можно дольше



удержать объект внутри локации. В каждой путевой точке объект останавливается на случайное время, имеющее распределение Леви.

Если длина перехода выпадает такой большой, что удержать объект в пределах локации невозможно, в каком направлении его бы ни направили, то первый раз этот длинный переход игнорируется, и из распределения Леви для длин переходов берётся следующее число – длина перехода. При невозможности удержаться в локации второй раз, происходит переход в другую локацию (эвристика с пропуском первого выхода из локации предложена в [1] на основании сравнения имитационных экспериментов с реальными трассами – она увеличивает близость сгенерированных трасс с реальными).

Следующая локация выбирается из списка ещё непосещённых локаций маршрута текущего дня (с учётом кратности посещения – некоторые локации могут посещаться несколько раз, но не подряд), при этом вероятность выбора обратно пропорциональна расстоянию новой локации от текущей локации, взятому в некоторой положительной степени (это заданный параметр, он управляет процессом выбора локаций).

Обойдя в случайном порядке все локации дневного маршрута (с учётом их кратности), объект возвращается в домашнюю локацию, где ожидает начала следующего модельного дня.

Адекватность модели реальным перемещениям в данной работе оценивается по близости к реальной ситуации распределения вероятностей для *среднего времени между контактом* (ИТС – inter-contact time) случайной пары объектов. Эта характеристика считается ключевой при оценке производительности протоколов сетей DTN. Она определяется, как усреднение по всем возможным парам моделируемых объектов вероятности для времени, прошедшем между моментами, когда два объекта разойдутся на расстояние, большее, чем радиус действия носимых ими устройств связи (и потеряют контакт друг с другом), и до момента, когда они снова сойдутся на расстояние контакта. Радиус действия в данной работе (как и в [1]) берётся равным 100 м.

Результаты оценки ИТС, произведённой с помощью имитационного моделирования для границ локаций, параллельных осям координат (как в [1]), и для локаций, которые могут быть повёрнуты с целью минимизации площади, вместе с оценкой ИТС по данным реальных перемещений на той же местности, приведены ниже.

Результаты имитационных экспериментов представлены для двух территорий, для которых имеются данные о реальных перемещениях большого числа объектов из коллекции [4].

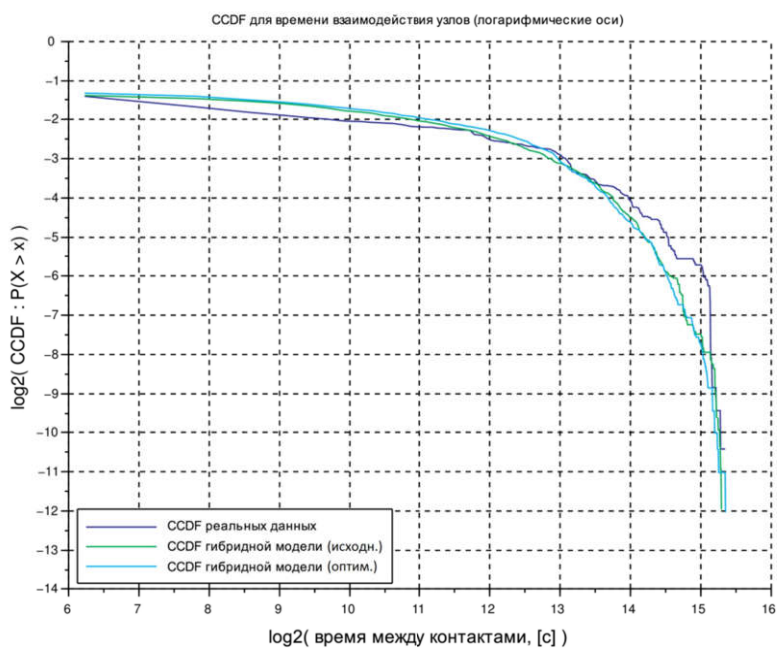


Рис.1. ИТС для территории университета NCSU (*North Carolina State University*)

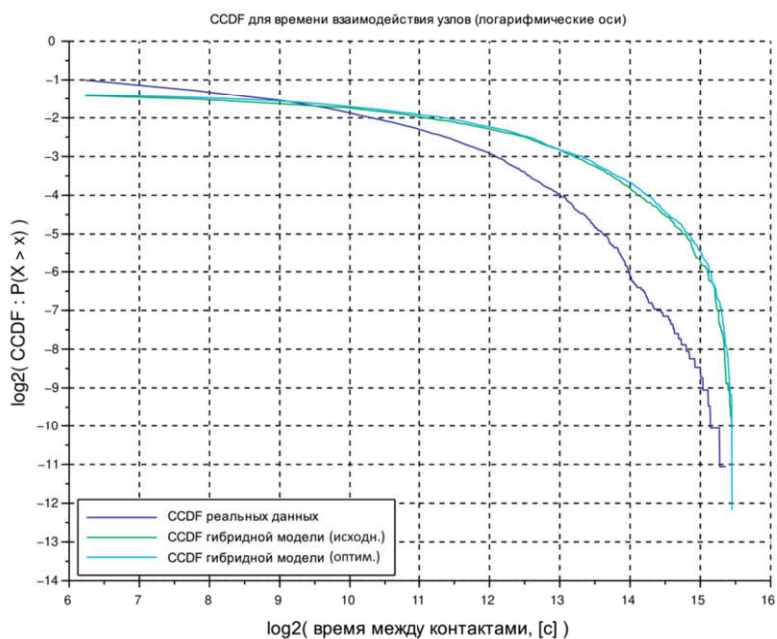


Рис.2. ИТС для территории развлекательного парка Disney World в штате Орландо



Как видно из результатов имитационных экспериментов, рассмотренная оптимизация ориентации локаций не даёт улучшения результатов моделирования по отношению к реальным данным. Поэтому гибридная модель, являющаяся одной из самых адекватных моделей пешей мобильности на ограниченной площади, может использоваться в предложенном в [1] виде, а для существенного улучшения её требуются другие подходы.

Литература

1. Царёв А.А. Анализ модели мобильности источников информации на основе априорных данных о повторяемости маршрутов [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.17: представлена в дис. совет Д 212.215.07 Самарского университета (https://ssau.ru/resources/dis_protection/tsarev)
2. Lee, K. SLAW: Self-Similar Least-Action Human Walk / K. Lee, S. Hong, S. J. Kim, I. Rhee, S. Chong // IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 515–529.
3. Rhee, I. On the Levy-Walk Nature of Human Mobility / I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, S. J. Kim, S. Chong // IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2011. – Vol. 19, No. 3. – P. 630–643.
4. Kotz, D. CRAWDAD: A community resource for archiving wireless data at Dartmouth / D. Kotz // Dartmouth College, Hanover, NH. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <http://www.crowdad.org/index.html>

Т.И. Сайфитдинов, Р.Ф. Маликов

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИИ COVID-19

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумуллы)

В связи с последними событиями в мире, пандемией коронавируса, направление исследования распространения эпидемии становится одной из актуальных задач. Эта задача математически решалась разными методами. С применением разных компьютерных технологий – имитационного агентного моделирования [1, 2], методами клеточных автоматов, системной динамики и динамических систем [3, 4]. Для имитационного моделирования эпидемий можно использовать среды имитационного моделирования Anylogic и GPSS и их расширения [5-7].

Имитационная модель. В данной работе для анализа распространения эпидемии мы использовали модель в среде AnyLogic (рис.1), из работы [5], которая была модернизирована.

Начальные условия. При построении этой модели распространения эпидемии мы исходили из следующих начальных условий

- Начальная численность населения TotalPopulation, равна 18000000 человек.