
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КАМЕР ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**А.В. Курилкин (Санкт-Петербург), О.О. Вяткина (Иркутск)****Введение**

В статье рассматриваются вопросы моделирования геосоциальной динамики населения в целях получения актуальной оценки ситуации на территории и решения оперативных задач управления регионом. В широком смысле под геосоциальной динамикой понимают процессы взаимодействия социального и географического пространства [1, 2]. Характер географического пространства урбанизированных территорий в сочетании с высокой плотностью определяет необходимость формирования новых подходов к управлению подобными территориями при решении разного рода оперативных и стратегических задач. В настоящей работе геосоциальная динамика рассматривается в части анализа перемещения масс людей по территории города, а моделирование геосоциальной динамики предполагает получение актуальной оценки распределения населения на исследуемой территории.

Описание исходных данных

Задача моделирования геосоциальной динамики в рамках настоящего исследования может быть сведена к оцениванию эволюции территориального распределения численности людей в кратко-, средне- и долгосрочном периоде.

В настоящей работе будем рассматривать территориальное распределение численности людей как оценку числа людей в географической зоне C_{ij} , ограниченной квадратом со стороной a , находившихся в нем в период времени τ . Динамика территориального распределения может рассматриваться с точки зрения изменения числа людей в зоне $C_{ij}(\tau)$, либо с точки зрения перемещения отдельных индивидуумов между географическими зонами.

В качестве исходных данных о территориальной динамике населения могут быть рассмотрены данные из различных источников, наиболее распространенными из которых являются сведения о проживании людей по адресам регистрации, данные операторов сотовой связи, либо данные геосоциальных сетей Интернета. Однако указанные источники не обеспечивают получение оперативной информации о перемещении населения и плохо подходят для моделирования суточной динамики.

Данные о проживании населения по месту регистрации позволяет оценить общую плотность населения на территории и, возможно, произвести классификацию территорий по целевому назначению. Вместе с тем этих сведений недостаточно для анализа суточной динамики населения. Для текущих источников информации характерен ряд ограничений, таких как низкий уровень точности статистического учета населения, отсутствие данных о перемещении в течение дня, отсутствие возможности получения оперативных данных о перемещении населения и анализа динамики.

Данные сотовых операторов напротив, лишены этих недостатков, а благодаря повсеместному использованию мобильных телефонов можно получать детализированные данные о населении с меньшими затратами, чем при использовании классических методов. Новый источник информации позволяет дополнить и уточнить существующие данные [3].

Использование данных сотовых операторов, а также технологий мобильного позиционирования абонентов позволяет открыть новые возможности для изучения городского пространства, новый источник информации может быть применен в различных сферах, таких как мониторинг населения, управление транспортными потоками и т.д. Многие европейские страны заинтересованы в данных сотовых операторов, особенно актуальной задачей отмечается анализ миграции и туризма на территории Евросоюза [4-6].

На рис. 1 представлен пример сравнения распределения плотности людей, фигурирующей в официальной статистике и данных одного из операторов сотовой связи.

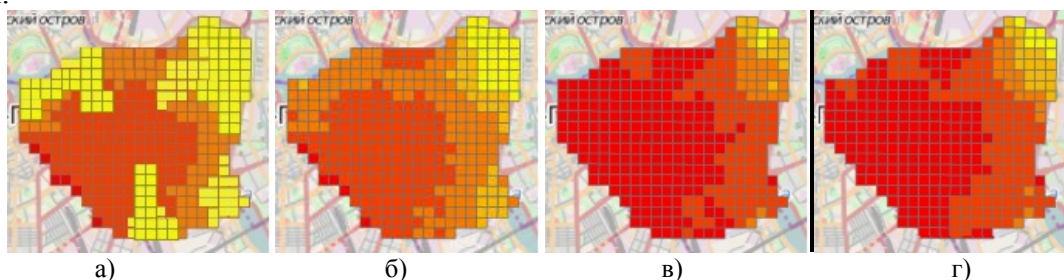


Рис. 1. Распределения плотности людей на территории Центрального района Санкт-Петербурга. а) сведения о прописке по месту жительства; б) данные оператора сотовой связи на 6.00; в) данные оператора сотовой связи на 14.00; г) данные оператора сотовой связи на 21.00.

Данные сотовых операторов могут быть использованы для понимания индивидуального поведения и мобильности, как при рядовых городских ситуациях, так и при различных событиях.

Сотовые операторы хранят огромное количество информации об абонентах, среди которой помимо такой личной информации как паспортные данные и используемый тарифный план, собираются и данные о перемещении абонента, модели сотового телефона, статистика, граф звонков. Каждый мобильный телефон абонента при включении осуществляет поиск ближайших базовых станций, прослушивая эфир в поиске доступных сот. Таким образом, точность позиционирования зависит от плотности распределения базовых станций. В черте города погрешность определения координат меньше, для плотной городской застройки точность определения местоположения обычно составляет квадрат со стороной 250 метров. Для дальнейшего увеличения точности, а также получения треков возможно применение методов восстановления траекторий по базовым станциям [7].

Данные сотовых операторов не могут в полной мере использоваться для получения оперативной информации о динамике людей на территории в силу сложности сбора информации. В силу описанных причин будем рассматривать в качестве источника оперативных данных о перемещении населения на территории данные камер видеонаблюдения.

Макро-уровневое моделирование на основе данных камер видеонаблюдения

Данные камер видеонаблюдения позволяют получить оперативную оценку количества людей, прошедших в секторе обзора видеокамеры за отведенный

промежуток времени. При этом, каждая из видеокамер играет роль своего рода датчика, ведущего подсчет количества прошедших людей в единицу времени. Существует задача определения количества людей, прошедших в секторе обзора камеры видеонаблюдения. Используемый алгоритм при этом должен обладать возможностью применения для вычисления количества людей в режиме реального времени.

В данной работе был использован алгоритм, основанный на вычислении плотности движущихся фрагментов в кадре, см. рис. 2.

Выбор алгоритма обусловлен необходимостью его применения для оценивания количества людей, проходящих через сектор обзора в толпе. Большинство существующих алгоритмов хорошо применимы для выявления отдельных людей и практически не могут использоваться для анализа динамики населения на территории.

Плотность потока пешеходов оценивается как отношение площади движущихся фрагментов кадра к площади, ограниченной линиями рабочей области, см рис. 2. С целью определения соотношения между плотностью потока пешеходов ρ и количеством людей, прошедших в секторе обзора камеры наблюдения, были рассмотрены несколько отрывков видео, полученных в разные моменты времени, с различной плотностью потока пешеходов.

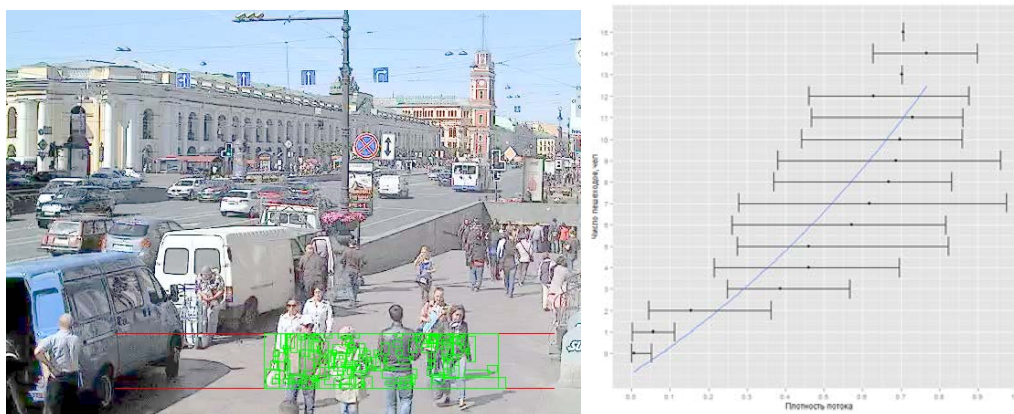


Рис. 2. а) оценка числа людей в секторе обзора видеокамеры; б) оценка зависимости числа пешеходов от плотности потока

Для примера на рис. 2-б приведена оценка зависимости количества прошедших людей в секторе обзора камеры видеонаблюдения, установленной в Центральном районе Санкт-Петербурга от плотности потока.

Выводы

С использованием данных сотовых операторов и камер видеонаблюдения появляется возможность автоматической идентификации и предсказания городских событий на основе поведенческих шаблонов, определять социальный отклик на публичные события, при этом возможно выделять скопления людей и моделировать поведение толпы. Во многих городах уже внедрены системы, которые позволяют прогнозировать возникновение зон с повышенным числом преступлений [8]. Информация о распределении населения, а также о перемещении позволяет улучшить выработку стратегии в случае серьезных эпидемий или чрезвычайных событий. Также

возможна кластеризация событий и поиск схожих событий в исторических данных. Кластеризация также применяется для выделения различных социальных групп и значимых событий. Важно отметить, что данные быть совмещены с различными источниками, так, например, возможно определение туристов по сообщениям и фотографиям с геопривязкой [9].

Также существует возможность оценки привлекательности территории на основе данных социальных сетей, совмещая эту информацию с шаблонами поведения, полученными с помощью анализа данных, можно более широко рассматривать привлекательность городского пространства для различных групп населения [10]. Наложение данных социальных связей на индивидуальные траектории позволяет по-новому взглянуть на туристические маршруты или маршруты отдельных групп. Помимо анализа должна производиться визуализация. К системам такого класса предъявляется ряд требований, таких как визуализация большого количества данных, возможность производить анализ временных рядов в пространственном разрезе, учет сезонности и изменения в динамике происходящих процессов, с выделением и интерпретацией шаблонов поведения населения.

Литература

1. Holderness, T. (2014). Geosocial intelligence. *IEEE Technology and Society Magazine*, 33 (1), 17-18.
2. Чумакова С.В. Модель взаимодействия географического и социального пространства / С.В. Чумакова // *European Social Science Journal. Гуманитарные науки и современность*. - 2011. - С. 271-273
3. Isaacman S. et al. Human mobility modeling at metropolitan scales // *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services*. – ACM, 2012. – С. 239-252.
4. Paraskevopoulos P. et al. Identification and characterization of human behavior patterns from mobile phone data // *Proc. of NetMob*. – 2013.
5. Dong Y. et al. Inferring Unusual Crowd Events From Mobile Phone Call Detail Records // *arXiv preprint arXiv:1504.03643*. – 2015.
6. Wesolowski A. P., Eagle N. Inferring Human Dynamics in Slums Using Mobile Phone Data. – Technical report, Santa Fe Institute, 2009.
7. Leontiadis I. et al. From Cells to Streets: Estimating Mobile Paths with Cellular-Side Data // *Proceedings of the 10th ACM International on Conference on emerging Networking Experiments and Technologies*. – ACM, 2014. – С. 121-132.
8. Bogomolov A. et al. Once upon a crime: Towards crime prediction from demographics and mobile data // *Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction*. – ACM, 2014. – С. 427-434.
9. Girardin F. et al. Quantifying urban attractiveness from the distribution and density of digital footprints. – 2009.
10. Kling F., Pozdnoukhov A. When a city tells a story: urban topic analysis // *Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. – ACM, 2012. – С. 482-485.