



Ed. S.A. Prokhorov, Russia, Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2016.– 1052 p.

12. Семежев Н., Моделирование диодных детекторов и их линеаризация / Семежев Н., Львов А.А., Солопекина А.А. // Компьютерные науки и информационные технологии : Материалы Междунар. науч. конф. – Саратов : Издат. центр «Наука», 2016. – 496 с.

М.К. Аверкиев, К.Е. Климентьев

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ САМОВОСПРОИЗВОДЯЩИХСЯ СУЩНОСТЕЙ НА ГРАФАХ С ПЕРЕМЕННОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева)

**Введение.** На кафедре ИСТ Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П.Королева силами студентов и преподавателей продолжается разработка и реализация системы моделирования распространения самовоспроизводящихся существ, таких как биологические инфекции, компьютерные вирусы и черви, информационные сообщения в сети Интернет, лесные пожары и т.п.

В настоящей статье рассматриваются вопросы моделирования важного класса эпидемий, обладающих следующими особенностями:

- расстояние  $r_0$ , на которое передается инфицирующее воздействие, ограничено;
- объекты, подверженные инфицированию, непрерывно перемещаются в пространстве, то попадая в «радиус инфицирования» друг друга, то покидая его.

Такие особенности характерны для биологических инфекций (например, гриппа) [2], для эпидемий мобильных червей, распространяющихся с одного телефона на другой [1], и даже для сценариев зомби-апокалипсиса [3].

**Общее описание модели.** В качестве модели пространства, в котором развиваются эпидемии, приняты неориентированные, маркированные графы «геометрического» вида (это частный случай так называемых «дистанционных» графов). Топология таких графов обусловлена принципом их построения, а именно: каждая вершина графа имеет некоторые пространственные координаты; «соседями» каждой вершины являются только те вершины, расстояние до которых не превышает расстояния  $r_0$ . В процессе моделирования вершины графа «перемещаются», соответственно, его топология изменяется. Инфицирующие воздействия передаются только между инцидентными вершинами.

Исходными параметрами данной модели являются:

- количество вершин графа, начальное расположение вершин и  $r_0$ , каковые параметры совместно задают начальную топологию графа;
- начальные состояния вершин («здоров», «болен», «вакцинирован» и т.п.);



- правила перемещения вершин в процессе моделирования;
- интервал времени, в течение которого полностью завершается процедура передачи инфицирующего воздействия от одной вершины к другой.

Далее обсуждаются частные аспекты определения и использования некоторых исходных параметров.

**Построение исходного графа.** Построение случайных графов «геометрического» вида с наперед заданными статистическими характеристиками (средней степенью вершин, средней степенью кластеризации и пр.) рассмотрено в [4]. Способ построения «геометрических» случайных графов с топологией, отражающей особенности какой-либо местности, строений и помещений, обсужден в [5].

**Правила перемещения вершин.** В ходе моделирования выполняется не только воспроизведение инфицирующих воздействий, но и перемещение вершин, что на каждом шаге приводит к новой топологии графа.

Классические модели блужданий, рассматриваемые, например, в рамках теории броуновского движения, мало пригодны при моделировании перемещения людей и животных. Известно, например, что перемещения людей по плоскости (например, студентов по территории кампуса) в общем случае подчиняются следующим законам (см. работу [6]):

- направление движения распределено равномерно на интервале  $0..2\pi$  рад.;
- скорость и продолжительность перемещения распределены по Леви.

В работе [7] показано, что результаты имитационного моделирования перемещений, использующие эти законы, хорошо согласуются с результатами, полученными в ходе наблюдения за реальными перемещениями [6]. В то же время эти законы применимы лишь к перемещениям людей на ограниченном участке плоской поверхности без учета, например, устоявшихся маршрутов, препятствий и т.п.

Для сбора статистики о перемещениях людей в иных условиях можно воспользоваться устройством, исследовательский прототип которого разработан и реализован М.Аверкиевым (см. рис. 1).

Устройство предназначено для автоматизированного определения физических характеристик пространственных локаций. Оно представляет собой переносной программно-аппаратный комплекс, собирающий с определенной частотой информацию о текущих координатах геолокации и такие ее характеристики, как высота над уровнем моря, уровень радиации и т.п. Так же фиксируется текущая дата и время, что позволяет рассчитывать скорость его перемещения в пространстве. Основное предназначение устройства – наполнение информационных слоев ГИС-систем [8]. Так же устройство может быть использовано для простого фиксирования траекторий перемещения в пространстве людей, транспорта и животных.



Рис. 1. Устройство для определения физических характеристик пространственных локаций

Устройство основано на чипе NEO-6 фирмы U-Blox. Оно обеспечивает:

- разрешающую способность измерения координат - не хуже 2.5 м;
- максимальную частоту сбора данных - 4 Гц;
- передачу в реальном времени собранных данных на ПЭВМ через интерфейсы RS-232 и USB со скоростью 9600 бит/сек.

Принцип определения геокоординат основан на взаимодействии с GNSS (мировой спутниковой навигационной системой), а конкретно – использует встроенный в чип GPS-приемник. Себестоимость изготовления устройства не превышает \$10.

### Литература

1. Климентьев К.Е. Компьютерные вирусы и антивирусы: взгляд программиста. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 656 с.
2. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели биологии. - М.: Физматлит, 2010. – 400 с.
3. Smith R., Munz P., Hudea I, Imad J. When Zombies Attack: Mathematical Modeling of an Outbreak of Zombie Infection // Infectious Disease Modeling Research Progress. - Nova Science Publishers, Inc. – pp. 133-157.
4. Климентьев К.Е. Случайные графы как модель среды распространения и взаимодействия саморазмножающихся объектов // В сб.: «Известия Самарского научного центра РАН», Том 17, №2(5). – Самара, изд-во СНЦ РАН, 2015. – С. 1021-1025.
5. Климентьев К.Е. Применение ГИС-технологий при исследовании распространения вредоносных программ // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем, Уфа: Изд-во УГАТУ, 2012. - 126-129.



6. Rhee I. et al. On the Levi Walk Nature of Human Mobility: Do Humans Walk Like Monkeys // IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol. 20. No. 2, 2012. - pp. 630-643.

7. Привалов А.Ю., Царев А.А. Моделирование передвижения узлов DTN сети с использованием принципа наименьшего действия при выборе локаций посещения // Самара, ИТНТ-2015, 2015. - С. 248-252.

8. Блинкова О.А., Упоров А.Н., Климентьев К.Е., Шубин Ю.В. Internet для географов / под ред. О.А.Блинковой. - Харьков: Kharkiv University Press. 2003. - 118 с.

А.П. Бестужева, И.А. Лёзин

## СРАВНЕНИЕ АППРОКСИМАТИВНЫХ ВОМОЖНОСТЕЙ ВЕЙВЛЕТОВ ХААРА И ДОБЕШИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

### Постановка задачи

Проанализировать зависимость ошибки аппроксимации от числа слоев вейвлет-преобразования и выбранной вейвлет-функции.

### Введение

Вейвлеты стали необходимым математическим инструментом во многих исследованиях. Одна из главных идей представления сигналов на различных уровнях декомпозиции (разложения) с помощью вейвлетов заключается в разделении функций приближения к сигналу на две группы: аппроксимирующую и детализирующую [1].

Существует большое количество вейвлет-функций для решения различных задач. Выбор конкретного вейвлета, будь то дискретный или непрерывный, зависит от данного анализируемого сигнала. В данной работе будут рассмотрены вейвлет Хаара и вейвлет Добеши.

### Вейвлет Хаара

Вейвлет Хаара – один из первых и наиболее простых вейвлетов. Он был предложен венгерским математиком Альфредом Хааром в 1909 году. Вейвлеты Хаара ортогональны, обладают компактным носителем, хорошо подходят для аппроксимации негладких функций. К их достоинствам можно отнести хорошую локализацию в пространстве и простоту реализации [2].

Родительская вейвлет-функция  $\psi(x)$ , определяющая детали сигнала, задается следующим образом:

$$\psi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 0.5 \\ -1, & 0.5 \leq x < 1 \\ 0, & x \notin [0,1) \end{cases}$$

Масштабирующая функция  $\varphi(x)$ , определяющая грубое приближение сигнала, задается следующим образом: