

УДК 004.67:656.11

Сенсоры дискретных потоков информационной системы управления движением элементов в сети

Е. В. Диденко

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

В статье предложен способ определения характеристик дискретных транспортных потоков. Для получения эмпирических данных и их обработки применяется метод, основанный на использовании видеоданных и регистрации моментов времени наступления определенных событий в транспортной системе, представлении данных в виде распределений временных интервалов между элементами в транспортном потоке, определении параметров распределений.

Ключевые слова: модель дискретных потоков, информационная система обработки видеозображений.

У статті запропоновано спосіб визначення характеристик дискретних транспортних потоків. Для отримання емпіричних даних і їх обробки застосовується метод, заснований на використанні відеоданих і реєстрації моментів часу настання певних подій у транспортній системі, представленні даних у вигляді розподілів інтервалів між елементами в транспортному потоці, визначенні параметрів розподілів.

Ключові слова: модель дискретних потоків, інформаційна система обробки відеозображень.

This paper proposes a method for determining discrete traffic flow characteristics. The method of obtaining empirical data and its processing is based on the use of video and registration of the moments of certain events in the transport system, representation of the data as time headway distributions of traffic flow.

Keywords: discrete flow model, information system for image processing.

1. Введение

Основным направлением исследований в сфере проектирования и модернизации транспортных сетей является внедрение интеллектуальных информационных технологий в систему управления движением. Создание интеллектуальной транспортной системы требует решения ряда взаимосвязанных задач: разработка и развитие моделей, описывающих движение транспортных потоков в сетях, создание средств получения и обработки информации о транспортных потоках [1].

В основе информационных систем управления движением в транспортной сети лежит модельное представление о потоках. Пропускную способность пересечений транспортной системы существенным образом определяют значение величины входящих потоков и временные интервалы между элементами в них [2,3]. При высокой плотности потока увеличивается влияние распределений интервалов между элементами на вероятность пересечения или встраивания элементов одного потока в другой. В отличие от макромоделей транспортных потоков, в кинетических и стохастических моделях потоки рассматриваются как множество дискретных элементов, что позволяет

учитывать влияние распределений интервалов между элементами входящих потоков на пропускную способность пересечений [3,4].

Для прогнозирования состояния транспортной сети с помощью систем компьютерного моделирования требуются входные данные. В статье [5] предлагается использовать следующую классификацию способов получения эмпирических данных о движении потоков:

- сбор данных внешними по отношению к транспортному потоку средствами: датчики-веса, видео съемка и т.д.;

- сбор данных внутренними по отношению к транспортному потоку средствами: датчики в автомобилях, посылающие информацию о состоянии потока внешним устройствам обработки.

Широко распространенным способом получения данных о потоках является применение систем обработки видеозаписей [5]. Но большинство систем, где реализован этот способ, не позволяют получать информацию о потоке с детализацией (распределение временных интервалов между элементами), требуемой для моделей дискретных потоков. Поэтому создание средств определения характеристик транспортных потоков для моделей дискретных потоков является одной из актуальных научных задач.

В этой работе предлагается метод определения характеристик дискретных транспортных потоков, основанный на использовании видеоданных и регистрации моментов времени наступления определенных событий в транспортной системе, представлении полученных данных в виде распределений временных интервалов между элементами в потоке, определении параметров этих распределений. Предложенный метод реализован в информационной системе GetIntervalDistribution [6,7].

2. Обработка и хранение информации о движении потоков

Для получения и обработки данных о движении транспортных потоков используется система GetIntervalDistribution [6]. Основные этапы обработки данных в системе приведены на рис. 2.1.

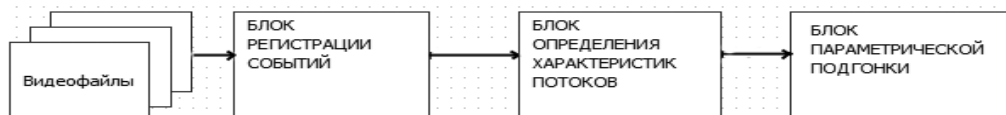


Рис.2.1 Основные этапы обработки данных в системе GetIntervalDistribution

В качестве входных данных для системы GetIntervalDistribution используются видеофайлы, содержащие запись движения транспортных потоков по участкам сети. GetIntervalDistribution позволяет регистрировать моменты наступления определяемых пользователем событий. Событием называется пересечение либо освобождение автомобилем пространственного элемента транспортной сети, который отмечается на кадре с помощью маркеров. В системе два режима обработки: ручной и автоматической регистрации событий. В режиме ручной обработки, оператор системы, перемещаясь с помощью

кнопок навигации по набору кадров, регистрирует номера кадров, в которых произошли интересующие события.

Обработка большого объема видео данных в ручном режиме является трудоёмкой, требует значительных затрат времени и может порождать большое число ошибок в виду человеческого фактора. Для ускорения процесса обработки видеофайлов в системе GetIntervalDistribution используется программный блок, который позволяет осуществлять регистрацию заданных пользователем событий в автоматическом режиме. Оператор в этом случае контролирует результаты обнаружения, чтобы отсеять ошибки работы программного комплекса. Механизм автоматической регистрации событий основан на изменении цветовых характеристик отмеченного участка кадра при пересечении его автомобилем относительно значения цветовой характеристики, когда на участке отсутствует автотранспорт. Использование автоматического режима повышает требования к типу входных видеоданных (высокое качество изображений, отсутствие помех). Проверка качества работы блока автоматической регистрации событий приведена в работе [7].

Последовательности зарегистрированных номеров кадров сохраняются в хранилище данных совместно с информацией, необходимой для просмотра и редактирования обработанных событий. По завершению процесса обработки видеoinформации, данные о зарегистрированных событиях, преобразуются в форматы, требуемые для их использования в системах управления движением потоков. GetIntervalDistribution позволяет определить как макро характеристики потоков (средняя скорость, величина потока и т.д.), так и распределения интервалов времени между автомобилями, требуемые для моделей дискретных потоков. Наборы данных с интервалами времени между событиями имеют одинаковый формат в независимости от природы транспортных потоков, будь то автомобильные потоки или потоки в телекоммуникационных сетях

3. Определение параметров распределений временных интервалов в транспортном потоке

Для получения эмпирических данных, использовалась видеoinформация о состоянии компонентов улично-дорожной сети вдали от пересечений, предоставляемая Интернет – ресурсами [8]. Длительность обрабатываемых видео файлов составляет временной промежуток от 30 до 60 минут, что позволяет собрать достаточную статистику (от 400 до 800 событий в зависимости от уровня потока) регистрируемых событий, при незначительном влиянии суточных колебаний величины транспортного потока на форму распределения интервалов между элементами потока. В окне системы GetIntervalDistribution отмечалась область (рис.3.1), первичное соприкосновение переднего бампера транспортного средства с которой интерпретируется как произошедшее событие. Максимальная точность определения момента времени появления события ограничена частотой кадров в видеофайлах (для видеофайлов, использованных при обработке, составляет 1/24 секунды). Информация о зарегистрированных событиях переводилась в выборку временных интервалов между появлениями событий по каждому видео файлу.

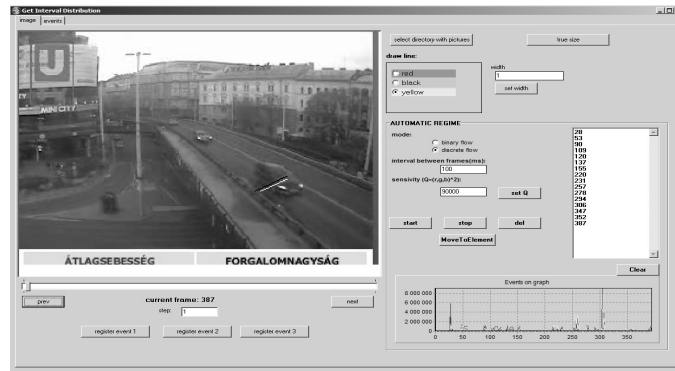


Рис.3.1 Регистрация событий в системе GetIntervalDistribution (маркерами отмечена область, при ее пересечении автомобилем система регистрирует событие)

По сформированным выборкам были построены гистограммы частот (гистограммы 1 на рис.3.2 и 3.3). Параметрическая подгонка осуществлялась на основе гипотезы о соответствии распределений экспериментальных данных известным распределениям вероятности. Для нахождения параметров распределения применялись методы параметрической подгонки: метод наибольшего правдоподобия, метод наименьших квадратов (мнк), метод моментов. В качестве аппроксимирующей функции была выбрана функция плотности вероятности гамма распределения (1). Гамма распределение удовлетворяет физическим ограничениям для транспортных потоков [2]: временные интервалы между элементами в транспортном потоке всегда больше 0, малая вероятность появления небольших интервалов при $k > 1$ (условие, возникающее из-за конечного размера транспортного элемента).

$$\text{Gamma}(k, \theta) = t^{k-1} \frac{e^{-\frac{t}{\theta}}}{\Gamma(k)\theta^k} \quad (1)$$

Результаты параметрической подгонки различными методами приведены на рис. 3.2. Кривая 2 – мнк, кривая 3 – метода моментов, кривая 4 – метод наибольшего правдоподобия.

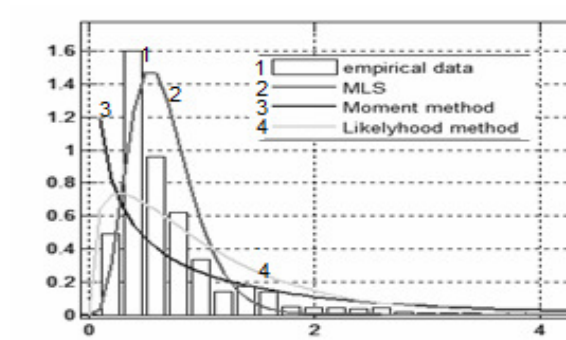


Рис. 3.2 Результаты параметрической подгонки, в предположении, что выборка соответствует гамма-распределению (1 – эмпирические данные, плотность вероятности гамма распределения с параметрами, полученными с помощью мнк (кривая 2), метода моментов (кривая 3), метода наибольшего правдоподобия (кривая 4))

Из графика (рис. 3.2) видно, что метод наименьших квадратов ближе к эмпирическим данным при малых значениях интервалов, тогда как для больших интервалов – метод моментов и метод наибольшего правдоподобия. Можно отметить, что эмпирическое распределение в области больших интервалов имеет вид экспоненциального распределения. Поэтому для определения характеристик потоков применяется композиционная модель получения параметров распределений (аналогичный метод описан в работе [2]), в которой исходная выборка разбивается на две: интервалы меньше среднего значения попадают в первую, а большие – во вторую. В качестве аппроксимирующей функции для первой выборки используется плотность вероятности гамма распределения, а для второй – смещенного экспоненциального распределения. Результаты параметрической подгонки методом наименьших квадратов для составного распределения приведены на рис. 3.3. Кривая 2 – график плотности вероятности гамма распределения, кривая 3 – смещенного экспоненциального распределения, с параметрами, определенными с помощью мнк.

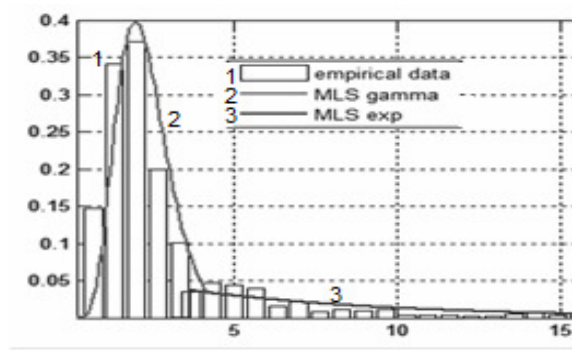


Рис. 3.3 Результаты параметрической подгонки с помощью мнк, в предположении, что выборка соответствует составному распределению (кривая 2 – гамма распределение и кривая 3 – смещенное экспоненциальное)

Из рисунка 3.3 видно, что небольшие интервалы хорошо аппроксимируются гамма-распределением, а большие – экспоненциальным.

5. Результаты и выводы

В этой работе предложен метод определения характеристик дискретных потоков, основанный на обработке видеоизображений и регистрации моментов времени наступления событий в транспортной системе, представлении полученных данных в виде распределений временных интервалов между элементами в потоке. Предложенный метод позволяет получать не только макрохарактеристики потоков (величина, средняя скорость), но и одну из основных характеристик дискретных потоков – распределение временных интервалов между элементами. Параметры распределений определяются с помощью методов параметрической подгонки: метода моментов, метода наибольшего правдоподобия, метода наименьших квадратов. В качестве аппроксимирующих функций используются плотности вероятности гамма-распределения и составного распределения. Описанный метод реализован в

программной системе GetIntervalDistribution. Программная система GetIntervalDistribution может служить поставщиком распределений временных интервалов между элементами для системы управления движением на базе модели дискретных потоков. Эти данные позволят оценивать изменения в пропускной способности транспортной системы при разных уровнях потока и распределениях интервалов между элементами. Распределения, полученные с помощью программной системы GetIntervalDistribution, могут быть использованы в качестве входных данных при компьютерном моделировании пересечений транспортных потоков в рамках модели дискретных потоков.

Автор выражает благодарность магистру Шпагиной Л. О. за помощь в получении данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Michael Hunter, Joonho Ko, Randall Guensler, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia. Vehicular Networks in Urban Transportation Systems, Digital Government Conference'05, May 15-18, 2005, Atlanta, GA, USA, 139-155 pp.
2. May, Adolf. Traffic Flow Fundamentals. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990
3. T. Waldeer. Kinetic Theory in Vehicular Traffic Flow Modeling. Proc. of 25th International Symposium on Rarefied Gas Dynamics, St. Petersburg, 2006.
4. Гецович Е.М., Лазурик В.Т., Семченко Н.А., Король В.Ю. Эмпирико-стохастический подход к моделированию транспортных потоков. Труды научно-технической конференции с международным участием. КМНТ-2010. Часть 1, Харьков, 2010 стр 101 - 104.
5. M, Kuwahara, J, Barcelo. Traffic data collection and its standardization. International series in operations research and management science. Volume 144. New York, 2006
6. Гецович Е.М., Диденко Е.В., Лазурик В.Т., Рогов Ю.В. Информационная система определения характеристик транспортного потока по данным видеонаблюдений // Труды международной научной конференции «Сучасні проблеми математики та її застосування у природничих науках і інформаційних технологіях». - Харьков: «Апостроф», 2011. - с. 221 – 222
7. Диденко Е.В., Шпагина Л.О. Автоматизация процесса восстановления характеристик транспортных потоков. // Труды научно-технической конференции с международным участием «Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях». Харьков, 2012, с. 119-120К.
8. Közlekedési képinformációs portál - Címlap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.utv.hu/>