

## ИЗМЕРВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ТРАНСПОРТЕН ТРАФИК

## THE CHARACTERISTICS OF TRANSPORT TRAFFIC MEASURING

## ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ТРАФИКА

гл. ас. д-р. Вл Иванов<sup>1</sup>Институт по Информационни и Комуникационни Технологии БАН, акад. Г.Бончев, Бл2 София 1113<sup>1</sup>

ivanov.vladi@gmail.com

**Abstract:** This article discusses the most commonly used methods for determining the basic traffic parameters based on different kind of classic and contemporary elements, intellectual sensors and systems. Their advantages and disadvantages are presented.

**Key words:** traffic flow, traffic sensors

**Увод**

Постояното нарастване на автомобилният парк, представлява процес, който увеличава интензивността на движението. Този процес води до променлив режим на движение, чести спирания и натрупване на автомобили по кръстовищата. За постигане на оптимални решения позволяващи минимизирането на тези ситуации важна роля играят базовите параметри на транспортния трафик. Основните параметри на транспортния трафик които по най достоверен начин отразяват неговите вероятностни и статистически характеристики и позволяват тяхното отражение под формата на така наречената основна транспортна диаграма [1], се явяват скоростта, интензивността и плътността.

**Скоростта на движение** се явява най важния показател на транспортния трафик, който определя безопасността на движението и ефективността на транспортната мрежа в даден момент. Фиксира се в отделни сечения от пътя.

**Интензивността** на трафика се определя като количеството автомобили преминаващи през напречното сечение на пътя в определено направление за единица време.

**Плътността** на транспортния трафик се явява пространствена характеристика, измервана с броя на транспортните средства на единица дължина от пътя. Тя достига пределното си значение при неподвижно състояние на колоната от автомобили разположени плътно един до друг в лентата на движение [13].

**Методи и средства за измерване на характеристиките на транспортния трафик**

За целите на практическото измерване на параметрите на транспортния трафик се използват системи, базирани на различни специализирани датчици. В качеството на такива елементи най често се използват следните видове: [5], магнитометри и акселерометри [6,7], пневматични тръби, индуктивни датчици, пиезоелектрически датчици [8], датчици за осево натоварване, кондензаторни датчици за измерване на масата на движещите се средства, [9], процесори за обработка на изображения, микровълнови радары, лазерни радары, пасивни и активни инфрачервени датчици, ултразвукови датчици, пасивни акустически датчици, извън пътни системи за наблюдение на транспортни средства, глобална система за позициониране системи за автоматична идентификация

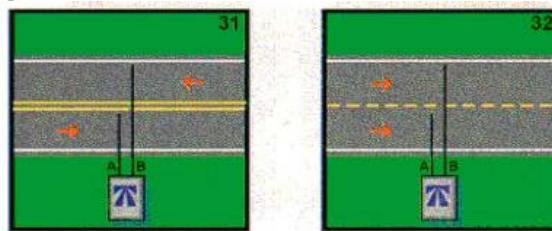
на транспортни средства (AVI) системи за автоматично определяне на местоположението на транспортни средства (AVL) и др.

**Магнитометрите** се използват за определяне на наличието на определен клас транспортни средства и направлението на неговото движение. За целта са необходими два датчика, които позволяват определянето на скоростта като величина пропорционална на времето за преминаване на автомобила от единия датчик до другия. Начините за тяхния монтаж са показани на фиг. 1.



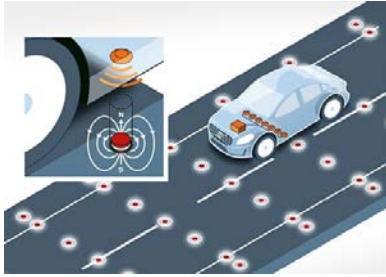
Фиг.1 начини за монтаж на магнитометри

**Пневматическите тръби** се използват за определяне на интензивността на движение на транспортните средства, за тяхната класификация по количеството оси, за пресмятане на дистанцията между транспортните средства, скоростта на насищане на потока и локалната скорост в зависимост от класа на транспортното средство. В практиката се допуска използването и на две пневматични тръби (вж. Фиг.2) В този случай от получените данни може да се извлече информация за скоростта и класа на превозното средство.



Фиг.2 Варианти за монтаж на пневматични тръби

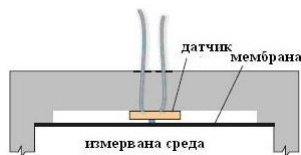
**Индуктивните датчици** се използват за определяне на количеството, класа и разположението на транспортните средства на пътя. Допускат косвено измерване на скоростта. (вж. Фиг.3)



фиг. 3. пътен участък с индуктивни датчици

**Акселерометрите** се използват за определяне на класа и количеството на транспортните средства съобразно броя на осите и базата на колелата. Те позволяват косвено измерване на скоростта и теглото на превозните средства в движение.

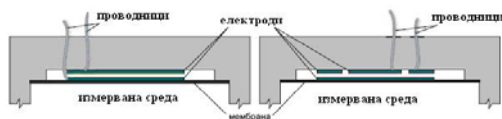
**Пиезоелектрическите датчици** (вж. Фиг 4) се използват по начин аналогичен на този използван при акселерометрите. Могат да се конфигурират с различни размери. Имат широк температурен диапазон на работа и измерване.



Фиг 4. конструкция на пиезоелектрически датчик

Недостатъците от използването на пиезоелектрични датчици са сходни с тези на индуктивните датчици. Изискват прекъсване на движението при монтаж и ремонт. Чувствителни са към температурата на настилката и скоростта на превозното средство.

**Капацитивните датчици**, (вж фиг.5) се използват по начин аналогичен на този използван при пиезоелектрическите датчици и акселерометрите. Изработват се по сравнително проста технология което ги прави подходящи за измерване на диференциални и абсолютни налягания.



фиг.5. конструкция на капацитивен датчик

В сравнение с датчици реализирани по други технологии капацитивните датчици се считат за едни от най точните. Зависими са от температурата, което определя техния тесен диапазон на работни температури и налага извършването на подходяща корекция на изходния сигнал. Диапазона на измерваните налягания е също тесен. Дълговечни са. Запазват своята калибровка не са възприемчиви към локални радио смущения.

**Микровълновите датчици** наричани още радары се използват за измерване на скоростта, разположението, преброяването и идентификацията на транспортните

средства, в лентите за движение. Съществуват два вида микровълнови детектори. Първия работи на фиксирана честота в режим на непрекъснато излъчване на електромагнитна енергия. Използва се за откриване на движещи се превозни средства и за измерване на скоростта им на Доплеров принцип, съобразно израза:

$$f_{dropler} = \frac{2vf \cos(q)}{c}$$

където  $q$  е ъгълът между посоката на разпространение на сигнал от радара и посоката на движението на превозното средство, и  $c$  е скоростта на светлината ( $3 \times 10^8$  м / сек). Вторият вид микровълнови детектори излъчват наричан още FMCW (frequency-modulated continuous wave) сигнал с трионообразна форма. Те могат да откриват неподвижни превозни средства.

**Активния инфрачервен** лазер се използва в широк кръг приложения, обезпечавачи измерване на присъствие, скорост, класифициране и плътността на потока от транспортни средства. Те работят на същия принцип както и микровълновия радар, но излъчват енергия в инфрачервената област от електромагнитния спектър. Податливи са към промени в атмосферните условия.

**Пасивните инфрачервени** датчици регистрират превозните средства като измерват разликата в излъчената температура от пътя и преминаващите превозни средства. Чрез тези сензори се получава информация за обема, плътността, и присъствието на автомобили. Притежават същите недостатъци като активните.



Фиг.6 активен инфрачервен датчик

**Ултразвуковите датчици** се използват за измерване на скоростта, разположението, наличието, количеството и класификация на транспортни средства по лентите за движение. (вж. Фиг.7)



Фиг.7 Ултразвуков датчик за измерване на скорост

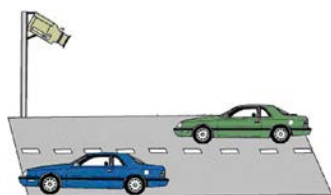
**Извън пътните системи** за наблюдение на транспортните средства използват за откриване на движение автомобилни датчици и дистанционно зондиране., Използването на автомобилни датчици съвместно със съвременни авангардни технологии позволяват автомобила да се превърне във важен

инструмент за наблюдение и мониторинг на транспортния трафик. При този подход транспортните средства се превръщат в „движещи се датчици“, които предоставят информация за скоростта, времето на пътуване и маршрута. Технологиите за дистанционно наблюдение на автомобилите използват системите глобално позициониране, клетъчни телефони, автоматична идентификация и определяне на местоположението на транспортни средства и спътникови изображения за анализ и извличане на информация.



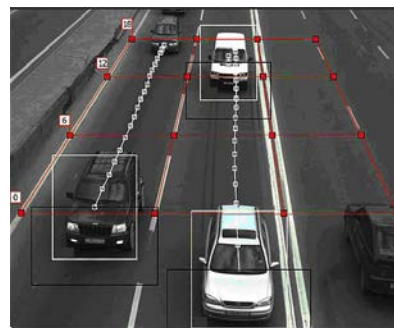
Фиг.8 Технологиите за дистанционно наблюдение на автомобили.

Важна група сензори използвани за откриване, контрол и измерване на базовите параметри на транспортния трафик представляват системите за видео наблюдение Фиг.9.



Фиг.9. Принцип на работа на видео системите за наблюдение

Използването на този клас датчици позволява достоверно откриване, отделяне и оценяване на параметрите на движещи се обекти на транспортен трафик в едно или няколко платна [10,11,12]. Те са способни да дадат точни данни за трафика в реално време, измерват скоростта на потока, определят класовете, присъствието и разположението на транспортните средства. Ефективното определяне на основните параметри на транспортния трафик с тези датчици изисква извършване на предварително фотограметрично привързване на наблюдавания участък от пътя с наблюдаваното изображение. Разпознаването на транспортните средства се извършва на базата на наличието на характерни белези в изображението формирани на базата на морфологична обработка.



Фиг.10. Разпознаването на транспортните средства.

Това улеснява бинаризирането на обектите, тяхното анализиране в рамките на наблюдавания кадър. Повтарянето на тези операции в рамките на няколко последователни кадъра дава възможност да се получи представа за параметрите на транспортния трафик и се явява ефективно средство за елиминиране на грешна информация получена от появата на лъжливи обекти. Независимо от значителните успехи постигнати в анализа на изображения [10], универсални подходи, притежаващи еднаква ефективност за цялото многообразие от благоприятни и не благоприятни условия за наблюдение до сега не са намерени. По тази причина разработката на ефективни методи за анализ на движещи се обекти във видеопотока, позволяващи извличане на интересуващите ни параметри на транспортния трафик в реално време и с висока точност, си остава актуална задача.

## Резултати дискусия

Като цяло, характерът на величините описващи поведението на транспортният трафик, силно зависи от типа на датчиците използване за тяхното определяне.

Една голяма част от тях (магнитометри, акселерометри, пневматични тръби, пиезоелектрически и др.), дават възможност скоростта да се определи като величина пропорционална на времето за преминаване на автомобила от една контролна точка до друга. В този случай скоростта се определя от съотношението път-време. Привързването на сигналите генерирани от този тип датчици към определен краен времеви интервал позволява да се пресметне интензивността на наблюдавания поток.

По аналогична схема работеща с други периодичности и продължителности на моментите от време се получават данни за скоростта на наблюдавания поток.

Датчиците принадлежащи към групата на микровълновите, лазерните и ултразвуковите радары, дават възможност за непосредствено определяне на величината на скоростта. Определянето на останалите елементи от основните показатели на транспортния поток може да се определи с определена вероятност на базата на налична статистика за типа на преминаващите автомобили.

В общият случай информацията за показателите на транспортния трафик, извличана от датчиците за видео

наблюдение, позволява да се построи неговата основна диаграма. С прилагане на методите на машинното зрение, информацията от заснетите кадри позволява да се определят класовете на транспортните средства по тяхната дължина, присъствие и разположение в лентите за движение. Това позволява ефективно откриване на ударни транспортни вълни, спрели автомобили, промяна на пътните ленти, забавяне на трафика в платната за обратно движение и други пространствени параметри, които с използване на традиционните средства не могат да се установят лесно, а са особен интерес за регулиране скоростта на скала зелено/червено на светофарните уредби [14,15,16].

### **Заклучение**

Приведените данни показват че най переспективни по отношение на качества на предлаганата информация и цена се явяват датчиците базирани на обработка на визуална информация.

За тяхното инсталиране не се изисква нарушение на пътната настилка, затваряне на пътни ленти, сигурността на обслужващия персонал е по-висока а смущенията в уличното движение са минимални. Могат да се местят при промяна на геометрията на пътя и да допълват другите технологии за наблюдение.

Извън пътните системи за наблюдение на транспортният трафик доминират по показатели над датчиците използвани за видео наблюдение. Тяхното практическо приложение за момента е ограничено поради трудности поизтичащи от технологиите за зондиране, системите глобално позициониране и клетъчни телефони, автоматичена идентификация и анализ на спътникови изображения.

### **Благодарности**

Изследванията са финансирани от Българска Академия на Науките по програма за подпомагане на младите учени в БАН, Договор ДФНП 156/12.05.16 сигнатура 210274

### **Литература**

1. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. -М.: Транспорт, 1972.
2. Брайловский Н. О., Б. И. Грановский Управление движением транспортных средств. -М.: Транспорт, 1975.
3. Хилажев Е. Б., В. С. Соколовский, и др. Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах. -М.:Транспорт, 1984.
4. Печерский М. П., Б. Г. Хорович Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах. - М.: Транспорт, 1979.
5. Миловзоров Г.В., и др. Моделирование работы феррозондового измерительного преобразователя в векторно-измерительных магнитометрах //Датчики и системы. – No 2. – 2012.
6. Гудинаф Ф. Интегральный акселерометр на 50 G с самоконтролем, реализованным на нагреваемом возбудителе // Электроника. – No 7-8. 1993.
7. Гудинаф Ф. Емкостный датчик ускорения, выполненный на основе сочетания объемной и

поверхностной микроструктур // Электроника. 1993. No 11–12.

8. Шарапов В.М. и др. Пьезоэлектрические датчики. Учебное пособие // Техносфера. – 2006.

9. Москвин А. Бесконтактные емкостные датчики// Радио, No 10. – 2002.

10. Лукьяница, А.А. Цифровая обработка видеоизображений, М.: Ай-Эс-ЭсПресс, 2009.

11. Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков, М.: МФТИ, 2010.

12. Cascetta, E. Transportation Systems Analysis: Models and Applications V. 29. – Springer Optimization and Its Applications, 2009.

13. ГОРЕВ А. Э. Основы теории транспортных систем. Санкт-Петербург 2010.

14. Balabanov A., Stoilov T., Boneva Y.. Linear-Quadratic-Gaussian Optimization of Urban Transportation Network with application to Sofia Traffic Optimization. Journal Cybernetics and Information Technologies, 16, 3, ИКТ-BAS, 2016, ISSN:1311-9702, DOI:10.1515/cait-2015-0013, 165-184. SJR:0.17

15. К. Павлова, Т. Стоилов “Приложение на задачата за максимален поток при проектиране на железопътна транспортна схема”, International Conference: Automatics and Informatics’2016, гр. София, 4-5 октомври 2016г PROCEEDINGS: ISSN 1313-1850 CD: ISSN 1313-1869 стр. 103-106

16. Jakimovska K., Vasilev V., Stoimenov N., Gyoshev S., Karastoyanov D., Train control system for railway vehicles running at operational speed, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering (AMME’2015), Vol 69, Issue 2, April 2015, Zakopane (Poland), ISBN: 978-83-63553-39-5, pp. 86-92