УДК 629.113

О. І. Мірошніченко¹, С. В. Бугаєв¹, к.т.н., І. П. Солоненко², к.т.н., О. І. Лещенко¹, к.т.н.¹Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна²Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

МОНІТОРИНГ ШВИДКОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ GPS-НАВІГАТОРА

Постійний моніторинг швидкості переміщення транспортних засобів дорожньою мережею є одним з перспективних напрямків забезпечення безпеки учасників дорожнього руху. Один із шляхів постійного моніторингу швидкості руху транспортного засобу є застосування сучасних систем GPS навігації. В статті наведені результати досліджень можливості застосування GPS обладнання як елемент системи моніторингу швидкості руху транспортних засобів. Наведено опис обладнання, яке використовувалося у досліджах, а також порядок їх проведення. Розглянуто питання щодо часу реакції GPS-навігатора на змінення швидкості руху автомобіля. Оцінено похибку реєстрації швидкості руху транспортного засобу за допомогою GPS обладнання. Результати, що були отримані, дозволили зробити висновок про можливість використання поширеного GPS обладнання в системах моніторингу швидкості об'єктів.

Ключові слова: датчик, GPS-навігатор, автотранспорт, транспортний потік, безпека дорожнього руху.

А. И. Мирошніченко¹, С. В. Бугаев¹, к.т.н., И. П. Солоненко², к.т.н., О. И. Лещенко¹, к.т.н.

МОНИТОРИНГ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ GPS-НАВИГАТОРА

Постоянный мониторинг скорости перемещения транспортных средств по дорожной сети является одним из перспективных направлений обеспечения безопасности участников дорожного движения. Одним из путей постоянного мониторинга скорости движения транспортного средства, является использование современных систем GPS навигации. В статье приведены результаты исследований о возможности использования GPS оборудования в качестве части системы мониторинга скорости движения, транспортных средств. Приведено описание оборудования, которое использовалось в опытах, а также порядок их проведения. Рассмотрен вопрос о времени реакции GPS-навигатора на изменение скорости движения автомобиля. Была оценена погрешность регистрации скорости движения транспортного средства с помощью GPS оборудования. Результаты, которые были получены, позволили сделать вывод о возможности использования широко распространенного GPS оборудования в системах мониторинга скорости движущихся объектов.

Ключевые слова: датчик, GPS-навигатор, автотранспорт, транспортный поток, безопасность дорожного движения.

O. Miroshnichenko¹, S. Bugaev¹, PhD, I. Solonenko², PhD, O. Leshchenko¹, PhD

THE MONITORING OF THE TRANSPORTATION VEHICLE USING GPS NAVIGATION DEVICE

Road safety is a very important issue today. Constant speed monitoring of vehicles on the road network is one of the most perspective fields of road safety. This allows collecting various data, both for individual objects and traffic flow as a whole. The analysis of these data will allow predicting emergencies more effectively and also to improve the general control over the movement of motor transport. One of the ways of constant monitoring of vehicle speed is the use of modern GPS navigation systems. The article presents the results of research on the possibility of using GPS navigation device as part of the monitoring system for the speed of vehicles. Experimental data on vehicle speed measurement with the help of GPS navigation device have been obtained. Also, errors in speed measurement have been estimated. For this purpose, the speed data from the GPS navigation device have been compared with the speed data, which have been obtained as

follows. The video camera recorded moments when the object crossed some control points. The distance between them was recorded and known in advance. The time was calculated from the video footage. Thus, knowing the time spent on the passage between the two control points, it was possible to determine the speed of the object with which the experimental data have been compared. It has been found that the variations in the motor transport speed in indications of the GPS navigation devices had small values. Also, experimental data of speed measuring with GPS navigation device at acceleration and braking of objects have been presented in the research. It was found that in these cases occurs the data update with time delay in the range from 2 to 6 seconds. Therefore, there may be significant inaccuracies in determining the speed of vehicles, which will reduce the efficiency of the GPS navigation device in case of traffic jams. It is assumed that this phenomenon is associated with speed measurement software features in a GPS navigation device that takes into account errors measurement of the object coordinates. Therefore, to better control the movement of objects under these conditions, additional means are required, which should be installed in the places with the highest probability of traffic violations.

Keywords: sensor, transportation vehicle, GPS navigation device, road safety.

DOI 10.32684/2412-5288-2019-1-14-59-64

Вступ

Забезпечення безпеки дорожнього руху – актуальна тема на сьогоднішній день. Одним із способів її підвищення є застосування засобів вимірювань з метою збору інформації про параметри руху транспортних засобів, зокрема, швидкість пересування, причому не тільки окремих об'єктів, але й транспортних потоків в цілому. Сьогодні використовується безліч датчиків різного типу, серед яких: контактні, ультразвукові, магнітні та інші, які мають як переваги один перед одним, так і суттєві недоліки [1-5], що не дозволяють використовувати їх як досить надійний і достовірний засіб отримання інформації щодо параметрів руху транспортного засобу. Особливий інтерес представляє використання в якості датчиків GPS-навігаторів, оскільки для їх впровадження не потрібно демонтувати дорожнє покриття (що необхідно для установки, наприклад, індуктивних петель), можуть використовуватися при поганих погодних умовах (які являють собою досить значну проблему для реєстрації об'єктів за допомогою відеоспостереження), а також з огляду на їх значну поширеність. Точність отримуваної геолокаційної інформації залежить, як це зрозуміло, від технічних параметрів навігаційної апаратури та умов її застосування.

Аналіз останніх публікацій та досягнень

GPS (від англ. Global Positioning System) – система супутникової навігації, що дозволяє визначити місцезнаходження об'єкта у всесвітній системі координат WGS 84. Основний принцип використання полягає в тому, що шляхом вимірювання часу прийому синхронізованого сигналу від супутників до антени споживача, визначають координати даного об'єкта. Для визначення тривимірних координат GPS приймача необхідно мати чотири рівняння такого вигляду [6]:

$$|\mathbf{x} - \mathbf{a}_j| = c(t_j - \tau),$$

де $\mathbf{x}$ – невідомі тривимірні координати споживача.

$\mathbf{a}_j$ – тривимірні координати розташування j -го супутника;

c – швидкість світла;

t_j – момент часу прийому сигналу від j -го супутника;

τ – невідомий споживачу момент часу синхронного випромінювання сигналу усіма супутниками;

Точність визначення координат залежить від багатьох факторів і становить в середньому від 5 до 15 м [7-9]. Використовуючи інформацію про зміну координат різних об'єктів з часом, також можна обчислювати швидкість їх руху. Точність вимірювання швидкості безпосередньо залежить від точності вимірювання координат. Оскільки похибка визначення місцеположення є постійною величиною, тоді зі зростанням швидкості руху буде спостерігатися зменшення відносної похибки визначення швидкості [10, 11]. При різкій зміні швидкості – гальмуванні або прискоренні автотранспорту спостерігається значне відхилення даних, що отримані за допомогою GPS-навігатора від справжніх значень швидкості об'єкта [10].

Вже зараз пропонуються користувачам GPS-трекери, GPS-спідометри та інші пристрої, які використовують GPS. Тому отримання оцінок точності вимірювання швидкості із застосуванням GPS-навігаторів є актуальним завданням.

Метою роботи є дослідження точності вимірювання швидкості GPS-навігатором, а також вивчення залежності швидкості при реєстрації навігатором за умови прискорення автотранспорту.

Викладення основного матеріалу

У GPS-навігаторів є одна безперечна перева-

га перед іншими типами датчиками – це доступність. Адже вони встановлені в більшості мобільних телефонів. Подібна поширеність даного типу детекторів значно знижує витрати на їх впровадження. Також за допомогою даного типу датчика є можливість збирати дані про параметри транспортного потоку, що для інших типів детекторів є досить трудомістким завданням.

Однак, даних про те, з якою точністю GPS-навігатори визначають швидкість, недостатньо. Тому був проведений експеримент з метою встановлення точності визначення швидкості руху автотранспорту за допомогою GPS-навігаторів. Для цього були використані три пристрої з вбудованим алгоритмом визначення швидкості за даними GPS. Експеримент проводився наступним чином. За допомогою відеокамери, частота зйомки якої становила 30 кадрів за секунду, реєструвалися моменти часу, коли автотранспорт перетинав контрольні точки, відстань між якими була фіксована і дорівнювала 35,0 м (відстань вимірювалася за допомогою рулетки; середньоквадратичне відхилення по 5 вимірюванням дорівнювало близько 0,1 м). За даними зйомки визначався час, витрачений на подолання проміжку між контрольними точками. Це дозволило розрахувати середню швидкість, як відношення пройденої відстані до часу. Середнє квадратичне відхилення (СКВ) результату вимірювання швидкості розраховувалося за формулою для функції

двох змінних $v(S, t) = \frac{S}{t}$ [12]:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2 \sigma_t^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial S}\right)^2 \sigma_S^2}$$

або

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{S}{t^2}\right)^2 \sigma_t^2 + \left(\frac{1}{t}\right)^2 \sigma_S^2},$$

де S – відстань між контрольними точками, t – час витрачений на подолання цієї відстані, σ_t , σ_S – похибки вимірювання часу та відстані відповідно.

Вихідні дані для розрахунку СКВ $S=35$ м, $t = \frac{S}{v}$ с (де v бралася з таблиці 1), $\sigma_t = \frac{1}{30\sqrt{6}}$ с, $\sigma_S = 0,1$ м. Найбільша абсолютна похибка розрахунку швидкості при цьому набувала значень близько 1,1 км/год.

Крім цього, дані по швидкості з GPS-навігаторів також знімалися за допомогою відеокамери. Це дозволяло точніше відслідковувати зміну їх показів. Також, з метою встановлення частоти оновлення даних вимірювальними пристроями, були вивчені ділянки з прискоренням і гальмуванням автотранспорту.

В результаті проведеного експерименту були отримані оцінки середньої швидкості автотранспорту, які відображені в таблиці 1.

Таблиця №1 – Дані експерименту. (1 п., 2 п., 3 п. – перший, другий та третій пристрій відповідно)

Середні значення швидкостей автомобіля, км/год				Абсолютні похибки результатів вимірювань швидкості за даними GPS-приймачів, км/год			Середні значення похибок, км/год		
1 п.	2 п.	3 п.	Зразкові дані	1 п.	2 п.	3 п.	1 п.	2 п.	3 п.
34	34	35	39,4	– 5,4	– 5,4	– 4,4	0,15	– 2,22	0,4
45	37	45	42,5	2,5	– 5,5	2,5			
42	42	43	43,4	– 1,4	– 1,4	– 0,4			
51	49	52	52,5	– 1,5	– 3,5	– 0,5			
64	63	65	60	4,0	3,0	5,0			
65	62	62	63	2,0	– 1,0	– 1,0			
66	63	67	66,3	– 0,3	– 3,3	0,7			
70	68	70	68,7	1,3	– 0,7	1,3			

Слід зазначити, що при постійній швидкості руху автотранспорту покази вимірюної швидкості з GPS-навігаторів майже не змінювалися.

Нижче представлено типовий графік реєстрації зміни швидкості автотранспорту при прискоренні. Як видно з рис. 1, перші дані про швидкість, відмінні від нуля, були отримані не відразу після початку руху, а з деякою затримкою. Те ж саме мало місце і при гальмуванні автотранспорту – після зупинки спостерігалася деяка затримка в оновленні швидкості за даними GPS-навігаторів. Вони ще деякий час показували швидкість, отриману під час попереднього вимірювання, незважаючи на повне припинення руху (рис. 2). За отриманими даними було встановлено, що середній час «реакції» для пристроїв приймав значення від 2 до 6 секунд. Така затримка може бути зумовлена особливостями оброб-

ту – після зупинки спостерігалася деяка затримка в оновленні швидкості за даними GPS-навігаторів. Вони ще деякий час показували швидкість, отриману під час попереднього вимірювання, незважаючи на повне припинення руху (рис. 2). За отриманими даними було встановлено, що середній час «реакції» для пристроїв приймав значення від 2 до 6 секунд. Така затримка може бути зумовлена особливостями оброб-

ки даних в програмному забезпеченні GPS-навігаторів, коли незначні зміни координат об'єкта в межах похибки їх вимірювання не

сприймаються при розрахунках швидкості руху об'єкта. Тому швидкість фіксується до появи даних про зміну положення автотранспорту.

Рисунок 1 – Результати вимірювання зміни швидкості з використанням GPS-навігаторів при прискоренні автотранспорту

Рисунок 2 – Результати вимірювання зміни швидкості з використанням GPS-навігаторів при гальмуванні автотранспорту

У разі апроксимації за методом найменших квадратів залежностей на рис. 1 лінійними законами максимальні відхилення від тренду склали 3,4, 3,9 та 2,5 км/год для першого, другого та третього приладів відповідно. Аналогічно для рис. 2 максимальні відхилення від тренду склали 2,7, 1,8, 1,7 для першого, другого та третього приладів відповідно. Тобто, вважаючи рух рівноприскореним (в другому випадку – рівноуповільненим), можна отримати достатньо точні оцінки швидкості руху об'єкта.

Висновки

Як видно з отриманих експериментальних даних, похибка побутового GPS-навігатора при визначенні швидкості не значно виходить за межу 5 км / год. Дана точність дозволяє брати до уваги покази таких GPS-навігаторів для попередження або реєстрації правопорушень, пов'язаних з перевищенням швидкості. Також за допомогою GPS-навігаторів є можливість вивчати параметри транспортного потоку при високій щільності транспорту на магістралях, що досить

непросто досягнути за використанням інших типів детекторів. При цьому, однак, слід враховувати інерційність побутових GPS-навігаторів при невисоких швидкостях руху об'єктів. Тому за потреби більш точного контролю руху об'єктів за таких умов необхідні додаткові засоби, які мають встановлюватись в місцях з найбільшою ймовірністю дорожньо-транспортних порушень.

Список використаних джерел

1. Мельников И. И. Автоматизация процесса сбора и анализ данных о транспортных потоках для предупреждения образования заторов на дорогах г. Могилев / И. И. Мельников, К. А. Демиденков, И. А. Евсеенков. // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – № 2(19). – С. 84–88.

2. Мартынов Л. А. Определение координат и параметров движения объекта на основе обработки изображения / Л. А. Мартынов, А. В. Корякин, К. В. Ланцов, В. В. Ланцов // Компьютерная оптика. – 2012. – № 2(36). – С. 266–273.

3. Обертов Д. Е. Алгоритм обнаружения транспортных средств с помощью акселерометров / Д. Е. Обертов, В. М. Бардов // Информационно-управляющие системы. – 2013. – № 6(67). – С. 6–13.

4. Hostettler R. On the Feasibility of Road vibrations-based Vehile Properte Sensing R. Hostettler, W. Birc, L. M. Nordenvaad // Intelligent Transport System. – 2010. – Vol. 4. – P. 356–364.

5. Обертов Д. Е. Оценивание скорости транспортных средств с использованием магнитометра / Д. Е. Обертов, Д. М. Бардов // Информационно-управляющие системы. – 2013. – № 4 (65). – С. 21–26.

6. Чан С. Ч. Разработка средств оценки эффективности электрических трансмиссий на основе анализа траектории движения транспортного средства: дис. кан. тех. наук: 05.09.03 / Москва. нац. и. ун-т «МЭИ», 2018. – 137 с.

7. Богданов М. Г. Применение GPS / ГЛОНАСС: уч. пособие / М. Г. Богданов. – Издательский дом «Интеллект», 2012. – 136 с.

8. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В. Д. Мигаль. – Харків: «Майдан», 2018. – 262 с.

9. Лахтина Н. Ю. Техническое обеспечение

телематических систем. Системы определения местоположения и идентификации транспортных средств: уч. пособие / Н. Ю. Лахтина, К. Г. Манушакян. – М: МАДИ, 2017. – 68 с.

10. Кашканов А. А. Оцінювання невизначеності вимірювання швидкості автомобіля при автотехнічній експертизі дорожньо-транспортних пригод / А. А. Кашканов, Г. Г. Кашканов, О. Г. Грисюк // Вісник ЖДТУ. – 2016. – № 2(77). – С. 85–93.

11. Сахно В. П. До визначення їздових циклів та поздовжніх профілів доріг / В. П. Сахно, К. С. Жаров // Автошляховик України. – 2012. – № 1(225). – С. 7–11.

12. Основы построения РЛС РТВ / В. П. Блохин, Б. Ф. Бондаренко, В. Т. Неснов, В. Е. Угольников. Киев: КВИРТУ ПВО, 1987. – 368 с.

References

1. Mel'nikov I. I. Avtomatizaciya processa sbora i analiz dannyx o transportnyx potokax dlya preduprezhdeniya obrazovaniya zatorov na dorogax g. Mogilev / I. I. Mel'nikov, K. A. Demidenkov, I. A. Evseenkov. // Problemy fiziki matematiki i tehniki. – 2014. – № 2(19). – S. 84–88.

2. Martynov L. A. Opredelenie koordinat i parametrov dvizheniya ob"ekta na osnove obra-botki izobrazheniya / L. A. Martynov, A. V. Koryakin, K. V. Lancov, V. V. Lancov // Komp'yuternaya optika. – 2012. – № 2(36). – S. 266–273.

3. Obertov D. E. Algoritm obnaruзheniya transportnyx sredstv s pomoshh'yu akselerometrov / D. E. Obertov, V. M. Bardov // Informacionno-upravlyayushhie sistemy. – 2013. – № 6(67). – S. 6–13.

4. Hostettler R. On the Feasibility of Road vibrations-based Vehile Properte Sensing R. Hostettler, W. Birc, L. M. Nordenvaad // Intelligent Transport System. – 2010. – Vol. 4. – P. 356–364.

5. Obertov D. E. Ocenivanie skorosti transportnyx sredstv s ispol'zovaniem magnitometra / D. E. Obertov, D. M. Bardov // Informacionno-upravlyayushhie sistemy. – 2013. – № 4(65). – S. 21–26.

6. Chan S. Ch. Razrabotka sredstv ocenki e'ffektivnosti e'lektricheskix transmissij na osnove analiza traektorii dvizheniya transportnogo sredstva: dis. kan. tex. nauk: 05.09.03 / Moskva. nac. i. un-t

«MEI», 2018. – 137 s.

7. Bogdanov M. G. Primenenie GPS / GLONASS: uch. posobie / M. G. Bogdanov. – Izdatel'skij dom «Intelekt», 2012. – 136 s.

8. Myhal V. D. Intelktualni systemy v tekhnichnii ekspluatatsii avtomobiliv: monohra-fiia / V. D. Myhal. – Kharkiv: «Maidan», 2018. – 262 s.

9. Laxtina N. Yu. Texnicheskoe obespechenie telematicheskix sistem. Sistemy opredeleniya mestopolozheniya i identi-fikacii transportnyx sredstv: uch. Posobie / N. Yu. Laxtina, K. G. Manushakyan. – M: MADI, 2017. – 68 s.

10. Kashkanov A. A. Otsiniuvannia nevyznache-nosti vymiriuvannia shvydkosti

avtomobilia pry avtotekhnichnii ekspertyzi dorozhno-transportnykh pryhod / A. A. Kashkanov, H. H. Kashkanov, O. H. Hrysiuk // Visnyk ZhDTU. – 2016. – # 2(77). – S. 85–93.

11. Sakhno V. P. Do vyznachennia yizdovykh tsykliv ta pozdovzhnikh profiliv dorih / V. P. Sakhno, K. S. Zharov // Avtoshliakhovyk Ukrainy. – 2012. – # 1(225). – S. 7–11.

12. Osnovy postroeniya RLS RTV / V. P. Bloxin, B. F. Bondarenko, V. T. Nesnov, V. E. Ugol'nikov. Kiev: KVIRTU PVO, 1987. – 368 s.

Надійшла до редакції 25.04.2019