

Модел за изчисляване на скоростта и времето на пътуване по маршрут на автомобил, снабден с GPS.

Митко Маринов, Ж. Гелков, Даниел Любенов

A Model for Calculation of Speed and Travel time on Route by Vehicle Equipped with GPS: The paper presents a model for calculating speed and travel time on segment of route using a data from moving vehicle equipped with GPS. The type of a model which is suitable to calculate travel speed and time depend on error of GPS positioning. In the paper were given some cooperative data.

Key words: Probe Vehicle, Model for Calculating Speed and Travel Time, GPS Data.

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години се налага тенденцията за използване на данни за скоростта и времето за пътуване по даден участък от пътя или маршрут. За целта се монтират GPS приемници върху отделни автомобили и чрез обработка на данните за местоположението на автомобила във времето се получава скоростта и времето за пътуване по даден маршрут. Точността на определяне на тези параметри зависят, както от точността на определяните координати от GPS приемника, така и от честота на обновяване на тези данни.

В тази работа се разглежда модел за изчисляване на скоростта и времето за пътуване по даден участък или маршрут по данни от автомобил снабден с GPS приемник.

Модел за изчисляване на скоростта на движение по данни от GPS.

На графика път-време (фиг.1.) с пълтна линия е показана траекторията на движение на автомобила с постоянна скорост по участък или маршрут с дължина L , а с прекъснатата линия е показана траекторията на автомобила по данни от GPS приемника. Местоположението на автомобила по участъка се представя с отделни точки P_i . По тях може да се определи скоростта и времето за пътуване по участъка, като се извърши интерполация на времето между двете точки разположени между входа и изхода на участъка (например точките P_p и P_{p+1}). Тъй като точките за местоположението на автомобила по участъка, получени по данни от GPS приемника съдържат грешка ε , то интерполацията на времето в този участък ще има грешка ε_t и следователно изчисляването на скоростта ще съдържа подобна грешка ε_v .

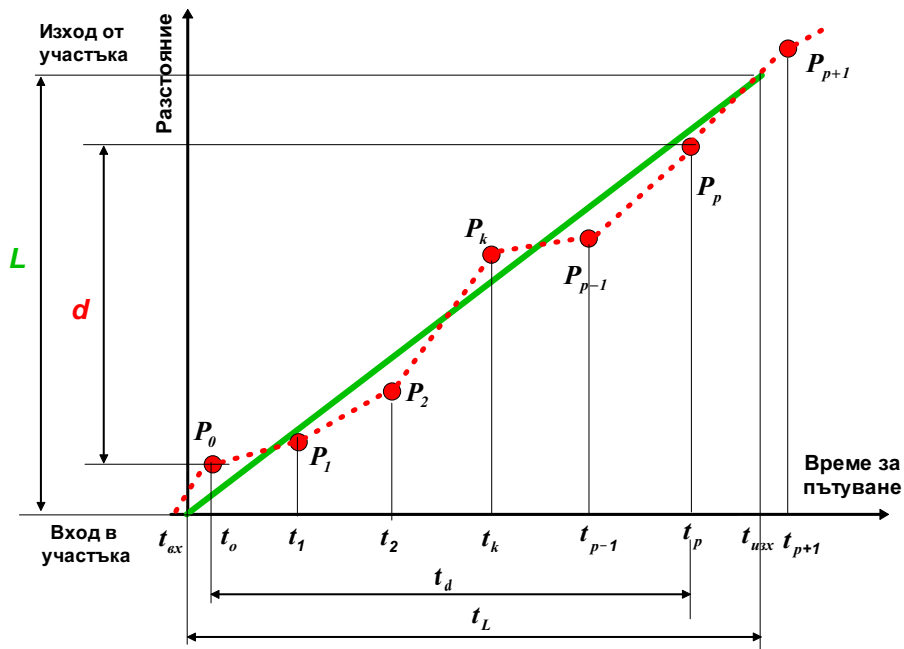
Нека времето по отношение на входа и изхода се представи с t_{ex} и t_{ux} , то скоростта в участъка с дължина L се определя по израза

$$V_d = \frac{L}{t_{ux} - t_{ex}} = \frac{L}{t_L} \quad (1)$$

където t_L е времето за пътуване на участъка с дължина L .

Ако се използва грешката на разпространение на радиосигнала [1] и [2], то грешката на скоростта може да се представи като

$$\varepsilon_v \approx \frac{\sqrt{2\varepsilon}}{t_{ux} - t_{ex}} = \frac{\sqrt{2\varepsilon}}{t_L} \quad (2)$$



Фиг.1. Траектория на движението на автомобила по участъка с постоянна скорост.

Зависимост (2) показва, че ε_v е функция на точността на позициониране от конкретния GPS приемник и времето за пътуване по участъка. Тази грешка ε_v е максимална т.е. определя една горна граница, тъй като грешките при определяне на t_{ex} и $t_{\text{изх}}$ са независими и несвързани и са с едно и също разсейване и знак. Обикновено участъкът L е с дължина повече от 300 метра, то тази грешка за повечето случаи от практиката ще остане постоянна величина. Така, ако извадите от GPS приемника са на една секунда и при скорости в градски условия (до 50 км/ч), то разстоянието между точките с местоположението P_i ще бъде многократно по-малко от дължината на участъка L . В наше сравнително изследване са използвани GPS приемници с честота на обновяване на данни за местоположението с 1 Hz (WeveOn 63e [3]) и 20 Hz (VBOX20SL) [4]. Последната GPS система (двоен приемник с логер) има възможност да регистрира скоростта като непрекъсната величина, т.е. моментната скорост на движение на автомобила с точност до 0,01 км/ч.

Скоростта v определена по данни от GPS приемника е на основата на данните за времето и разстоянието между точките P_i на извадките. Тази скорост е известна за конкретните условия и приемник грешка ε_v . Така определената скорост v по данни от GPS приемника за участъка d , фиксиран от точките P_0 и P_p , се използва за определяне на скоростта V за участъка L . От фиг.1. е видно, че разстоянието d , което е регистрирано в участъка се фиксира от времената t_0 и t_p със скорост определена по данните от GPS. Но данните от GPS за позиционирането (отделните точки P_i) не са на права линия, а начупена. Така за това разстояние d , което е регистрирано в участъка се фиксира от времената t_0 и t_p и при условие, че начупената линия е симетрично разположена около правата линия и разстоянието между точките е многократно по-

малко от дължината на участъка, то разстоянието d , изминато от автомобила между t_0 и t_p е

$$d = \int_0^p \dot{y} dt \approx v_0 \left(\frac{t_1 - t_0}{2} \right) + \left[\sum_{k=1}^{p-1} v_k \left(\frac{t_{k+1} - t_{k-1}}{2} \right) \right] + v_p \left(\frac{t_p - t_{p-1}}{2} \right)$$

$$\text{или } d = \int_0^p \dot{y} dt \approx \frac{1}{2} \left[\sum_{k=0}^{p-1} (v_k + v_{k+1})(t_{k+1} - t_k) \right], \quad (3)$$

а скоростта V_d получена за измерената стойност на участъка d е

$$V_d = \frac{d}{t_d} = \frac{d}{t_p - t_0}. \quad (4)$$

Обикновено дължината L на участъка е известна и ако началната P_0 и крайната P_p GPS точки са близки до входа и изхода на участъка, то съответно d и L са много близки по стойност. Така, че ако използваме V_d за участъка L , то скоростта V се определя по израза

$$V \approx \frac{1}{2(t_p - t_0)} \sum_{k=0}^{p-1} (v_k + v_{k+1})(t_{k+1} - t_k) \quad (5)$$

Времето за пътуване по участъка t_L ще бъде

$$t_L \approx \frac{L}{V} \quad (6)$$

Ако интервалите на извадките са с постоянен интервал Δt , то е възможно да се определи грешката ε_v на определената по израз (5) скорост V на участъка L . Тази грешка се основава на грешката при разпространение на GPS сигналите и се определя по израза

$$\varepsilon_v \approx \frac{\sqrt{p-0,5}}{p} \varepsilon_v \approx \frac{\sqrt{\Delta t(t_L - 0,5\Delta t)}}{t_L} \varepsilon_v, \quad (7)$$

където ε_v е грешката на измерването на скоростта, свързана с точността на отделните GPS точки P_i в участъка с дължина L .

Зависимостите (2) и (7) са сравними само в смисъла на грешка вътре в участъка L , която се отнася само за измерените данни от конкретния GPS приемник с грешки съответно ε и ε_v . Ако не се отчита влиянието на честотата на обновяване на данните, то може да се комбинират двете зависимости и да се определи граничния случай, при който определената скорост V_d за участъка d , може да се приложи като скорост V на участъка L . Това е вярно, ако е спазено неравенството

$$\varepsilon_v \leq \frac{\sqrt{2\varepsilon}}{\sqrt{\Delta t(t_L - 0,5\Delta t)}} \quad (8)$$

От зависимост (8) може да бъде пресметната граничната стойност на грешката при определяне на скоростта V на участъка L по данни от GPS, чиято грешка ε_v е функция на t_L и ε при честота на извадките с интервал $\Delta t = const$.

Един вариант с примерни данни за резултатите от изчислените стойности за ε_v са дадени в табл.1.

Таблица 1. Гранични стойности на грешката при определяне на скоростта по GPS данни ε_v , като функция на t_L и ε при извадки $\Delta t = 1$ s.

t_L s	Гранична стойност на грешката ε_v на измерване на скоростта по данни от GPS (km/h)						
	$\varepsilon = 0,1$ m	$\varepsilon = 0,2$ m	$\varepsilon = 0,5$ m	$\varepsilon = 1$ m	$\varepsilon = 2$ m	$\varepsilon = 5$ m	$\varepsilon = 10$ m
5	0,21	0,30	0,47	0,66	0,94	1,49	2,11
10	0,15	0,21	0,32	0,46	0,64	1,02	1,45
20	0,10	0,14	0,23	0,32	0,45	0,72	1,01
30	0,08	0,12	0,18	0,26	0,37	0,58	0,82
60	0,05	0,08	0,13	0,18	0,26	0,41	0,58
120	0,04	0,06	0,09	0,13	0,18	0,29	0,41
240	0,03	0,04	0,06	0,09	0,13	0,20	0,29
480	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09	0,14	0,20
960	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,10	0,15
1920	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10

От данните за ε_v в табл.1. за няколко комбинации на стойности за ε и t_L при $\Delta t = 1$ s е видно, че ε_v е почти правопрпорционална на ε . Това означава, че ако ε намалява, т.е. точността на позициониране от GPS оборудването се увеличава, което означава намаляване на ε_v и зависимост (5) ще дава по-добра оценка за скоростта и обратното, зависимост (1) би дала относително по-точна оценка от зависимост (5).

Видно е също, че ε_v е обратнопропорционална на t_L , т.е. ако нараства времето за пътуване по участъка, поради по-ниска скорост или по-голяма дължина на участъка, то грешката на позиционирането за отделните точки ще бъде по-малка и тогава зависимост (1) ще бъде относително по-точна, отколкото зависимост (5).

Например, ако GPS оборудването е с точност на позиционирането 1 m, за скоростта $\varepsilon_v = 0,2$ km/h и честотата на обновяване на данните $\Delta t = 1$ s. При скорост на автомобила 50 km/h и дължина на участъка 278 m, то времето за пътуване е $t_L = 20$ s. От табл.1 за този случай $\varepsilon_v = 0,32$ km/h, което по-голяма стойност от 0,2 km/h. В тези условия зависимост (5) ще даде по-точна оценка на скоростта на участък от зависимост (1). За сравнение при участък с дължина 834 m, където времето за пътуване ще бъде $t_L = 60$ s. От табл.1 $\varepsilon_v = 0,18$ km/h, което е по-малко от 0,20 km/h на GPS оборудването. В този случай зависимост (1) дава относително по-голяма точност на определената скорост на участъка от зависимост (5).

От посочените по-горе две GPS системи, втората отговаря на всички условия необходимата точност за посочения пример в табл.1., а първата (WaveOn 606e) има ограничения, поради по-ниската точност на позициониране и интервал на обновяване на GPS данните.

Следва да се отбележи, че горните зависимости се отнасят за случая на едно преминаване по участъка. При многократно преминаване по един и същи участък или маршрут точността на определяне на скоростта и времето за пътуване се подобрява.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният модел за определяне на скоростта и времето за пътуване по участък или маршрут намира приложение за прогнозиране на времето на пристигане на транспортните средства на кръстовищата, на спирките на обществения транспорт, опасни участъци от пътя (жп прелез, стеснение на пътя, кръстовище и т.н.) и други.

Извод:

Ако необходимата точност на измерване на скоростта на участъка е по-висока, от тази получавана от GPS оборудването, то моделът (5) ще даде по-точна оценка на скоростта на участъка от модела (1). Обратното, ако необходимата точност на измерване на скоростта на участъка е по-ниска, от тази получавана от GPS оборудването, то моделът (1) ще даде по-точна оценка на скоростта на участъка от модела (5).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Axelrad, P., and Brown, R.G. (1996), *GPS Navigation Algorithms*, GPS: Theory and Application, ed. Parkinson and Spilker, AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 163, p. 409-433.

[2] Travis, W., Bevy, D.M., "Navigation Errors Introduced By Ground Vehicle Dynamics," Proceedings of the 2005 ION GNSS, Long Beach, CA, September 13-16, 2005.

[3] Instruction Manual of WaveOn 606e, *Mobile Data Acquisition W606 v2*, http://www.infowave.sg/product_606.htm

[4] Instruction Manual of VBOX20SL. <http://www.racelogic.co.uk/>.

За контакти:

Доц. д-р инж. Митко Маринов, катедра "Транспорт", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082 888609, E-mail: mdmarinov@ru.acad.bg

Гл. ас. инж. Живко Гелков, катедра "Транспорт", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082/ 888 609, E-mail: jgelkov@ru.acad.bg

Инж. Даниел Любенов, катедра "Транспорт", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082 888605, E-mail: dliubenov@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.