

# SISTEME REALIZATE CU DISPOZITIVE GPS FOLOSITE PENTRU STUDIUL COMPORTAMENTULUI DINAMIC AL AUTOVEHICULELOR

Ion PREDA, Gheorghe CIOLAN, Dinu COVACIU

*Universitatea Transilvania din Braşov -pion@unitbv.ro, c.gicu@unitbv.ro,  
dinu.covaciu@unitbv.ro*

*Cuvinte cheie: dinamica autovehiculelor, GPS, achiziţie de date, programare CAD*

**Rezumat:** Dispozitivele GPS au o răspândire tot mai mare în rândul utilizatorilor obișnuiți, pentru aplicații de navigare, dar în același timp tehnologia GPS a ajuns la performanțe destul de bune pentru a putea fi utilizate ca instrument în activitatea de cercetare. Prețul și ușurința în utilizare fac acest tip de dispozitive deosebit de interesante pentru studiul experimental al dinamicii autovehiculelor. Această lucrare prezintă câteva posibilități de procesare a datelor colectate prin GPS, ce permit obținerea unor informații utile despre comportamentul dinamic al autovehiculelor. Autorii au realizat un program de calcul care rulează în cadrul mediului AutoCAD, beneficiind de caracteristicile sale grafice și de procesare a listelor. Datele pot fi importate de la diferite dispozitive GPS folosind formate de fișier standard sau proprietare. Pe baza informațiilor de poziție și timp se pot determina viteza, accelerația sau panta drumului și se pot estima forțele de rezistență la înaintare și puterea furnizată de motor. Aceste rezultate pot fi reprezentate grafic pentru a fi mai ușor interpretate.

## 1. INTRODUCERE

Tehnologia GPS a devenit tot mai răspândită. Pe piață sunt oferite diferite aplicații, în special de navigare și înregistrare a traseului parcurs de diferite vehicule (aeronave, vapoare, autovehicule) sau chiar pentru pietoni (prin oraș sau pe trasee montane). Prin combinarea informațiilor de poziție obținute prin GPS cu hărți digitale detaliate se pot găsi destinațiile dorite și pot fi definite rute optime către acestea.

Prețul tot mai scăzut al dispozitivelor electronice și precizia oferită de către sistemul GPS și pentru aplicații comerciale încurajează apariția tot mai multor aplicații noi.

Această lucrare prezintă modalități de utilizare a dispozitivelor GPS, concepute și realizate de autori, pentru evaluarea comportamentului dinamic al autovehiculelor, prin măsurare și estimare. Sunt prezentate de asemenea și unele rezultate ale testelor efectuate.

## 2. DISPOZITIVE GPS UTILIZATE

La experimente au fost utilizate trei tipuri de receptoare GPS capabile să înregistreze datele despre traseul parcurs: Garmin GPSMap 60CSx, Garmin GPS 18x-5Hz și Racelogic VBOX100.

**Garmin GPSMap 60CSx** [4] – figura 1 – este un dispozitiv care poate înregistra datele cu o rată de eșantionare de 1 Hz (o înregistrare pe secundă), oferind în același timp și funcții de navigare. Pe lângă memoria internă, această unitate permite atașarea unui microcard SD pentru încărcarea în memorie a hărților de detaliu [7] și pentru salvarea traseelor parcurse. Carcasa sa este robustă, etanșă și rezistentă la apă. Fanta pentru introducerea microcardului SD este localizată în interiorul compartimentului etanș al bateriei. Utilizatorul poate descărca datele înregistrate folosind conexiunea rapidă USB. GPSMap 60CSx încorporează de asemenea un altimetru barometric, pentru măsurarea mai precisă a altitudinii, precum și o busolă electronică.

### **Sistem propriu de colectare a datelor prin GPS**

Folosind dispozitivul **GPS 18x-5Hz** de la **Garmin** a fost realizat un instrument propriu de analiză a comportamentului dinamic al autovehiculului, compus din acest receptor GPS și un calculator (mini-notebook), conectate printr-o interfață RS232-USB.

**GPS 18x-5Hz** [5] – figura 2 – este un senzor GPS destinat în special utilizării la operarea utilajelor, ghidare și diferite aplicații în agricultură, unde sunt necesare rapoarte de poziționare și viteză foarte precise. Dispune de 12 canale paralele, este activat WAAS și are bază magnetică integrată. Include o memorie permanentă pentru stocarea informațiilor de configurare, un ceas în timp real și date brute rezultate prin măsurare, pentru precizie

înaltă și aplicații dinamice. Este disponibilă de asemenea o funcție de măsurare cu generare de impulsuri (Measurement Pulse Output) de 5 Hz ale cărei limite superioare sunt aliniată la deplasări de 0 ms, 200 ms, 400 ms, 600 ms și 800 ms față de marginile secundare UTC într-un interval de 1 μs pentru toate situațiile în care receptorul GPS raportează o poziționare valabilă și precisă într-o perioadă de cel puțin 4 secunde.



Figura 1: Garmin GPSMap 60CSx



Figura 2: GPS 18x-5Hz

Caracteristicile tehnice ale receptorului GPS 18x-5Hz sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Dimensiuni	
Diametru / Grosime	61 mm / 19.5 mm
Masa	165 g
Lungimea cablului	5 m
Caracteristici electrice	
Tensiunea de alimentare	4.0 – 5.5 Vcc
Curentul de intrare	100 mA @ 5.0 Vcc
Sensibilitatea receptorului GPS	min. 185 dBW
Temperatura de operare	-30°C ... +80°C
Performanțe GPS	
Timp de achiziție	Reachiziție: sub 2 secunde; Toate datele cunoscute: 1 secundă La cald (poziția inițială, ora și almanahul cunoscute; efemeride necunoscute): 38 secunde La rece: 45 secunde.
Rata de actualizare	5 înregistrări pe secundă
Precizie	SPS ( <i>Standard Positioning Service</i> ): poziție: sub 15 metri, 95% viteză: 0.1 noduri RMS. WAAS ( <i>Wide Area Augmentation System</i> ): poziție: sub 3 metri, 95% viteză: 0.1 noduri RMS.
Interfețe	RS-232 – receptor asincron, implicit 19200 baud

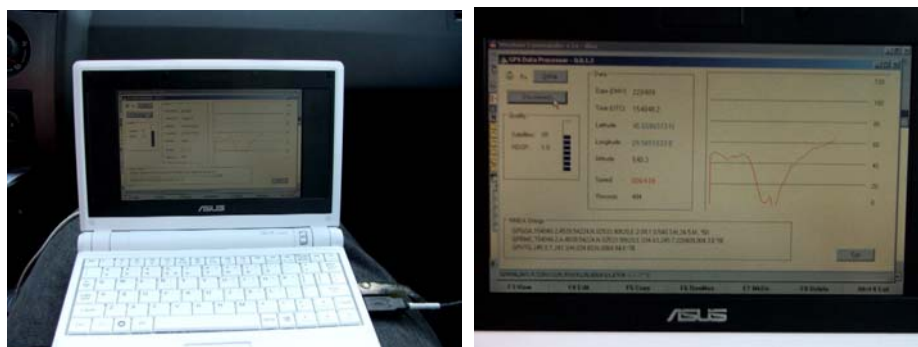


Figura 3: Mini-notebook pe care rulează programul de achiziție a datelor GPS realizat de autori; pe ecran se pot vedea în timp real atât date obținute de la senzorul GPS cât și graficul variației vitezei

Cu ajutorul unui program, scris în Borland Delphi, care rulează pe un mini-notebook – figura 3 – datele colectate cu ajutorul dispozitivului GPS 18x-5Hz sunt înregistrate în fișiere text (.txt) și eventual prelucrate în timp real.

**Racelogic VBox-100** [6] este un dispozitiv profesional capabil să înregistreze și să proceseze în timp real semnalele recepționate de la o singură antenă, cu o rată de eșantionare de 100 Hz, sau de la două antene, cu o rată de eșantionare de 20 Hz. Este destinat în primul rând măsurării poziției și vitezei unui vehicul în mișcare.



Figura 4: Racelogic VBox

Pe lângă datele furnizate în mod normal de un receptor GPS, VBox poate să calculeze și să înregistreze în fișierele de ieșire (cu extensie *.vbo* și format propriu) distanța parcursă, accelerația și alte valori. Este ușor de instalat și înregistrează informațiile culese pe un card *CompactFlash*, iar opțional poate afișa datele în timp real pe ecranul unui calculator.

### 3. ALGORITM PENTRU EVALUAREA CINEMATII VEHICULULUI DIN DATE GPS

Datele primare de care se dispune ca urmare a utilizării receptoarelor GPS sunt timpul, longitudinea, latitudinea și altitudinea. Algoritmul realizat, descris amănunțit în [3], transformă mai întâi valorile din coordonatele globale ale Pământului (WGS84) în coordonate locale  $x,y,z$  în funcție de latitudinea primului punct înregistrat.

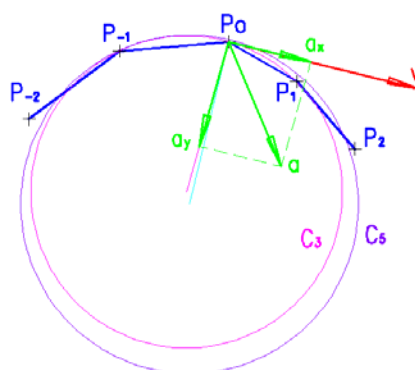


Figura 5: Schemă pentru exemplificarea algoritmilor de calcul al vitezei și accelerației pe baza pozițiilor succesive ale vehiculului

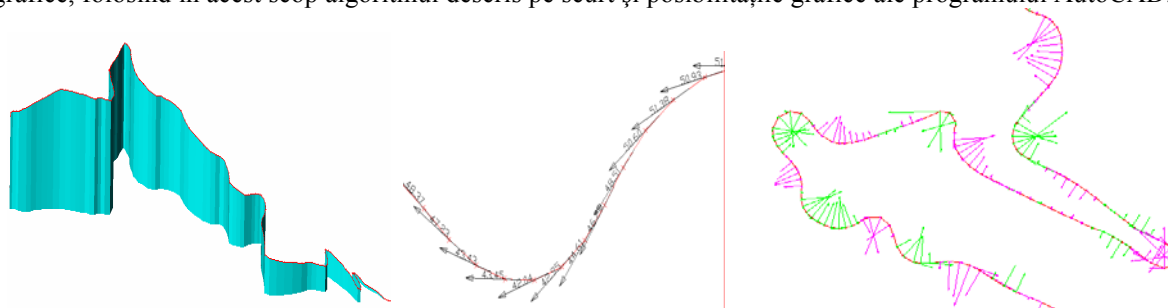
Prin aceasta devine posibilă vizualizarea traiectoriei tridimensionale a vehiculului prin unirea tuturor punctelor succesive înregistrate. Sortarea acestor serii de coordonate în funcție de momentele de timp asociate punctelor dă posibilitatea cunoașterii sensului de deplasare pe traiectorie.

Pentru calculul vitezei și accelerației, în apropierea unui punct oarecare  $P_0$ , traiectoria vehiculului este aproximată cu un arc de cerc ce trece prin acesta - figura 5. Pentru un calcul rapid, se consideră un cerc ce trece prin trei puncte consecutive (anterior, curent și următor, adică  $P_{-1}$ ,  $P_0$ ,  $P_{+1}$ ). Acest cerc de aproximare a traiectoriei poate fi înlocuit de un cerc de interproximare, care nu va trece prin puncte, ca în primul caz, ci printre puncte. Ponderea cu care punctele influențează poziția cercului depinde de depărtarea în timp față de punctul central, respectând regula de regresie Cebîșev.

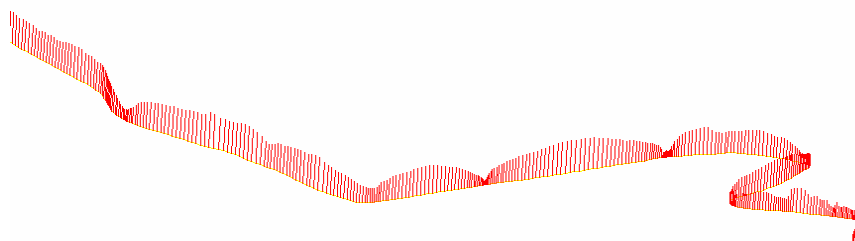
Pe baza acestei estimări a traiectoriei se obțin apoi cu ușurință viteza și accelerația ce corespund punctului central  $P_0$ : mărimea vitezei  $v$  se obține prin derivarea spațiului parcurs; direcția vitezei este tangentă la cerc în punctul central iar sensul se cunoaște; vectorul accelerație tangențială are același suport ca viteza și mărimea sa  $a_x$  se obține derivând mărimea vitezei; vectorul accelerație centripetă este perpendicular pe vectorul vitezei

(e orientat din  $P_0$  spre centrul cercului) și are mărimea  $a_y = v^2/R$ , unde  $R$  este raza cercului (raza de curbură a traiectoriei); accelerația totală se obține prin însumarea vectorială a celor două componente.

Datele provenite de la cele trei sisteme de achiziție a datelor GPS sunt înregistrate în tipuri de fișiere cu structuri diferite. Pentru prelucrarea suplimentară a acestor date, eventual imediat după terminarea probei, s-a realizat o aplicație AutoLISP realizată pentru AutoCAD, care citește mai întâi aceste fișiere (*gpx*, *txt* sau *vbo*) [2]. Apoi informațiile de timp și poziție sunt folosite ca date de intrare pentru diferite calcule și reprezentări grafice, folosind în acest scop algoritmul descris pe scurt și posibilitățile grafice ale programului AutoCAD.



*Figura 6: Reprezentarea grafică a rezultatelor prelucrării  
stânga – profilul și înălțimea drumului; mijloc – traiectoria și vitezele;  
dreapta – accelerații longitudinale și laterale (verde – viraj la stânga; mov – viraj la dreapta)*



*Figura 7: Reprezentarea grafică 3D a vitezei:  
curba suport reprezintă traiectoria, iar înălțimile liniilor sunt proporționale cu viteza de deplasare*

În figurile 6 și 7 se prezintă câteva moduri implementate prin program pentru reprezentarea traiectoriei, altitudinii, vitezei și accelerațiilor tangențiale și centripete.

Rezultatele obținute referitoare la cinematica vehiculului pot fi utilizate pentru studiul comportamentului său dinamic (accelerare, frânare, virare, maniabilitate) [3], pentru analize de trafic [2], pentru estimarea poluării chimice și sonore, etc.

#### **4. ASPECTE PRIVIND PRECIZIA DE MĂSURARE A SISTEMELOR GPS**

Trebuie menționat că sistemele Garmin GPSMap 60CSx și Racelogic VBox dispun de algoritmi proprii pentru calculul vitezei și pentru filtrarea datelor, dar aceștia nu sunt publici. Dacă este utilizată, operația de filtrare va „netezi” evoluțiile temporale ale vitezei și accelerației, ducând la indicarea unor accelerații mai mici decât cele reale. Mai mult, aplicată la calculul vitezei și accelerației, ea se poate baza doar pe datele deja achiziționate, caz în care va introduce o întârziere, sau poate să anticipeze evoluțiile ulterioare, caz în care erorile vor fi mai mari.

În aceste condiții, autorii au efectuat numeroase teste prin care să poată aprecia influența erorilor asupra datelor de măsură. Acestea ar putea fi împărțite în următoarele grupe:

- măsurări la care receptoarele GPS au fost ținut imobile o perioadă lungă de timp (mai multe minute);
- înregistrarea aceluiași traseu cu un receptor la diferite momente de timp (în aceeași zi sau în zile diferite);
- înregistrare simultană a aceluiași traseu cu mai multe receptoare GPS de același tip sau de tipuri diferite;
- înregistrare simultană a aceluiași traseu cu un receptor GPS și alte tipuri de instrumente de măsurare.

##### **4.1. Comparație între VBox și GPSMap 60CSx**

Pentru a analiza comparativ datele înregistrate cu sistemele VBox și GPSMap, s-au efectuat probe de drum cu un autovehicul pe care au fost instalate cele două sisteme cu receptoarele apropiate unul de altul. Traseul

parcurs prin oraș, cu lungime de circa 5 km, este vizualizat în figura 8. Imaginea din stânga a fost obținută cu programul sistemului VBox, iar cea din dreapta cu MapSource (programul de afișare a hărților de la Garmin).

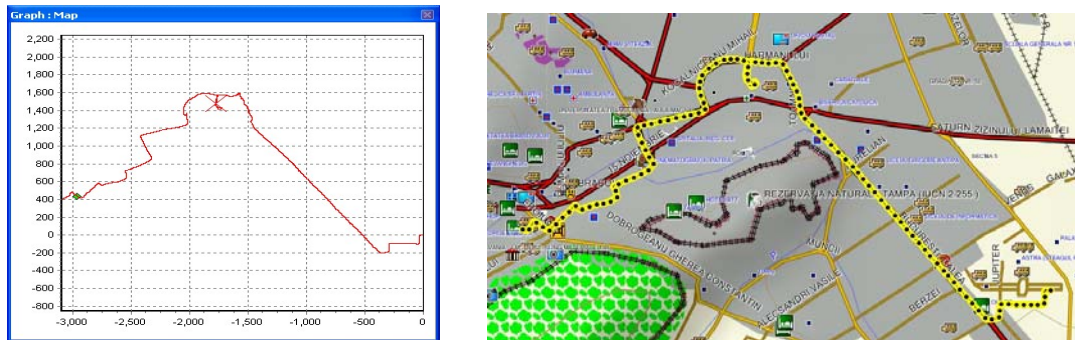


Figura 8: Reprezentarea traseului înregistrat simultan cu VBox (dreapta) și GPSMap (stânga)

În figurile 9 și 10 se pot vedea evoluțiile vitezei pe traseul prezentat în figura 8, ca rezultate ale prelucrării cu programul VBox și respectiv cu aplicația scrisă pentru AutoCAD, în cazul datelor înregistrate cu GPSMap.

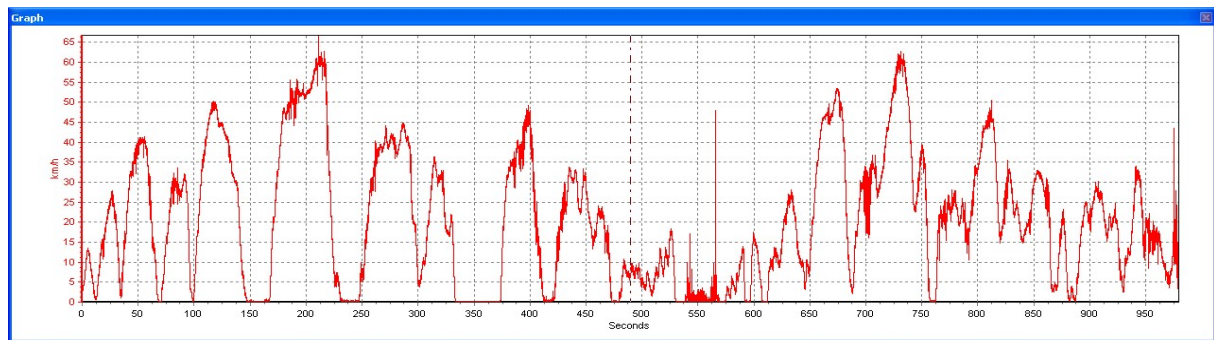


Figura 9: Viteza înregistrată cu VBox – cu filtrare Kalman

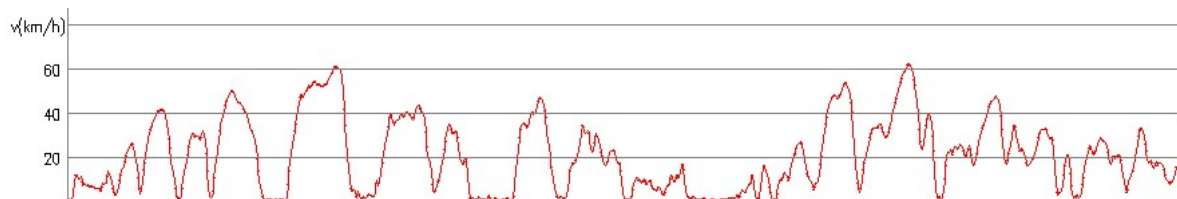


Figura 10: Viteza înregistrată cu GPSMap

Surprinzător, s-a observat o decalare constantă în timp (aprox. 1-2 secunde) a înregistrărilor efectuate cu cele două sisteme, care poate fi însă eliminată după analiza graficelor respective. Explicația acestei întârzieri urmează a fi căutată în continuare, una dintre cauzele posibile fiind puterea de calcul diferită a acestora. De asemenea, sistemul profesional pare să fie mai sensibil la modificarea numărului de sateliți recepționați, modificare ce apare în mod frecvent la deplasarea prin oraș, unde clădirile și arborii influențează negativ calitatea recepției.

#### 4.2. Comparație între GPSMap 60CSx și GPS 18x-5Hz

Testarea noului sistem realizat, bazat pe GPS 18x-5Hz, s-a făcut și prin parcurgerea unui traseu, astfel încât sistemul de achiziție propriu să fie activat simultan cu sistemul GPSMap 60CSx. Mai întâi a fost parcurs un traseu scurt, pentru a verifica funcționarea aparatelor și pentru a scoate în evidență diferențele dintre punctele înregistrate, datorate sensibilității diferite a celor două receptoare (GPS 18x are o sensibilitate mai mare). În partea stângă a figurii 11 este reprezentat traseul scurt (circa 500 m), iar în dreapta cel lung (circa 5 km).



Figura 11: Trasee înregistrate simultan cu sistemele GPSMap 60CSx și GPS 18x-5Hz  
stanga – traseul scurt; dreapta – traseul lung

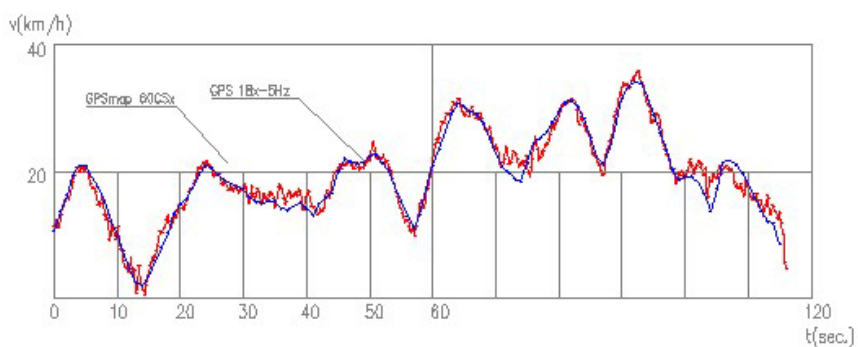
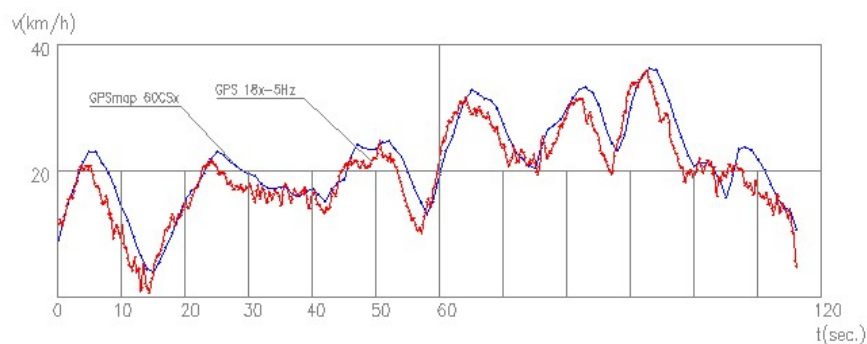
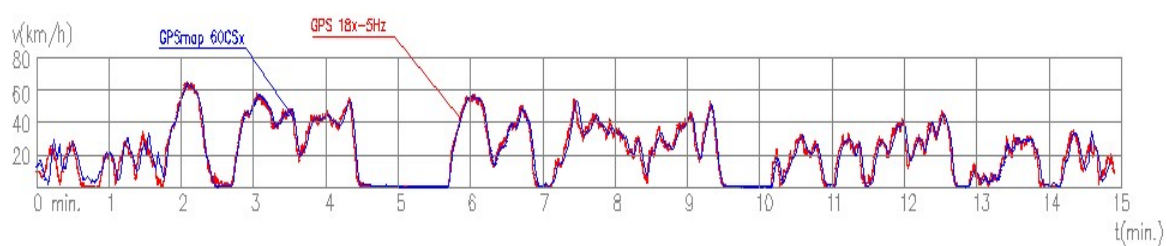


Figura 12: Graficul vitezei în funcție de timp pe traseul lung, înregistrate cu sistemele GPSMap și GPS 18x  
sus – traseul lung, fără corecție temporală; mijloc – traseul scurt, fără corecție temporală;  
jos - traseul scurt, cu corecție temporală de o secundă

În figura 12 este arătată reprezentarea grafică a vitezei în funcție de timp pentru cele două trasee. În graficul de sus a fost reprezentată viteza pentru traseul lung (15 min), iar în celelalte grafice traseul scurt (2 min). După cum se poate vedea din graficele de sus și din mijloc, cele două semnale, realizate pe baza informațiilor de timp înregistrate pentru fiecare punct, sunt desincronizate (semnalul de la GPSMap este întârziat cu circa o secundă). Realizând corecția pentru graficul din mijloc (deplasând curba albastră la stânga cu 1 s) s-a obținut graficul de jos care arată o suprapunere mult mai bună a valorilor, deși erorile relative rămân sesizabile.

### 4.3. Comparație între GPSMap 60CSx și informația de la microcontrolerul ABS

Graficul din figura 13 arată o evoluția temporală a vitezei autovehiculului în trafic urban aglomerat, dar cursiv. Curba roșie prezintă rezultatele furnizate de sistemul GPSMap, iar cea albastră prezintă datele transmise pe magistrala CAN a autovehiculului și preluate pe un laptop prin intermediul unui program OBD II (On-Board Diagnostic). Datele de viteză sunt obținute de la senzori plasați în toate roțile vehiculului, prelucrate de un microcontroler și sunt necesare pentru funcționarea sistemului de frânare antiblocare (ABS).

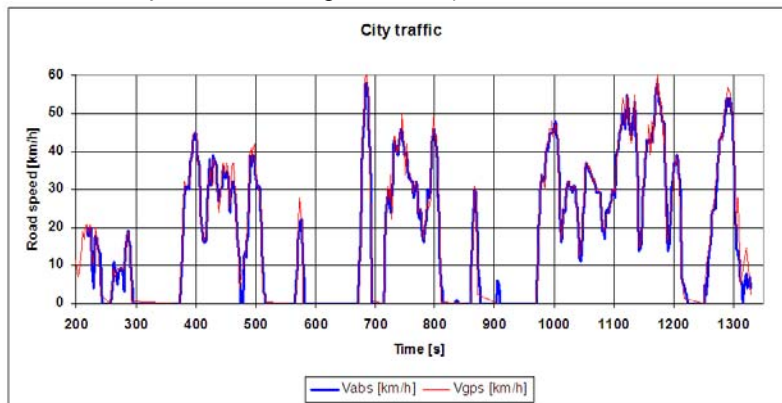


Figura 13: Reprezentare paralelă a informațiilor de viteză a unui vehicul în trafic urban obținute de la un sistem GPS și de la magistrala CAN a autovehiculului (microcontrolerul sistemului ABS)

După cum se poate vedea, suprapunerea celor două serii de date este destul de bună, ceea ce dovedește că ambele sisteme de achiziție sunt performante. Trebuie menționat că semnalul de viteză de la sistemul GPS nu a fost filtrat suplimentar față de filtrarea implicită (cu algoritm necunoscut) a aparatului GPS, ceea ce explică valorile mai mari ale vârfurilor curbei roșii. De asemenea, după 1300 s, cele două semnale continuă să fie perfect sincronizate.

## 5. STUDIUL COMPORTAMENTULUI DINAMIC AL AUTOVEHICULULUI, PE BAZA DATELOR COLECTATE PRIN GPS

Pentru a se putea obține rezultate valoroase despre dinamica autovehiculului, determinări experimentale suplimentare trebuie efectuate imediat înainte sau după înregistrarea datelor GPS. Numărul acestor măsurări de laborator depinde de scopul studiilor.

Primele evoluții dinamice care pot prezenta interes sunt forța totală de rezistență a vehiculului și componentele acesteia: rezistența la rulare, rezistența pantei și rezistența aerodinamică.

În acest caz, măsurările vor include determinarea masei totale a vehiculului și repartizarea ei pe fiecare roată, aria suprafeței frontale a vehiculului și, eventual, o estimare a coeficientului de rezistență la rulare obținută prin măsurări pe un dinamometru cu role.

Alte operații, precum măsurarea și reglarea presiunii de umflare a pneurilor sau citiri ale temperaturii și presiunii atmosferice, pot fi foarte utile pentru compararea sau interpretarea rezultatelor.

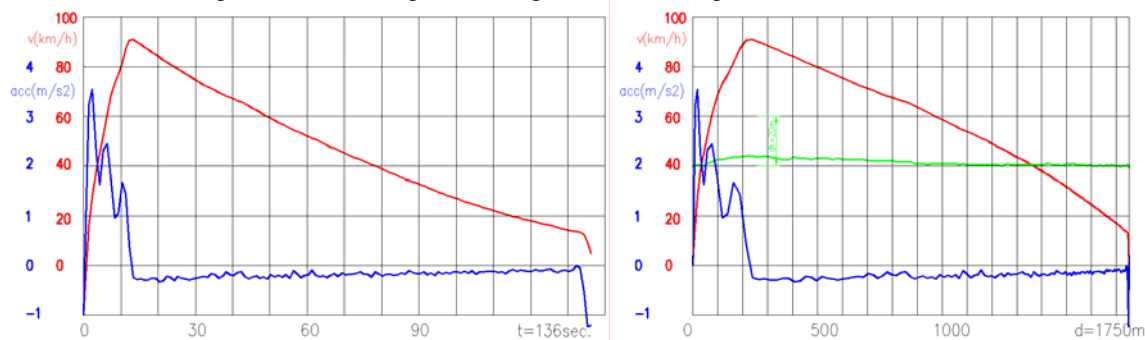


Figura 14: Probă de drum constând în demarare rapidă de pe loc până la 90 km/h urmată de rulare liberă

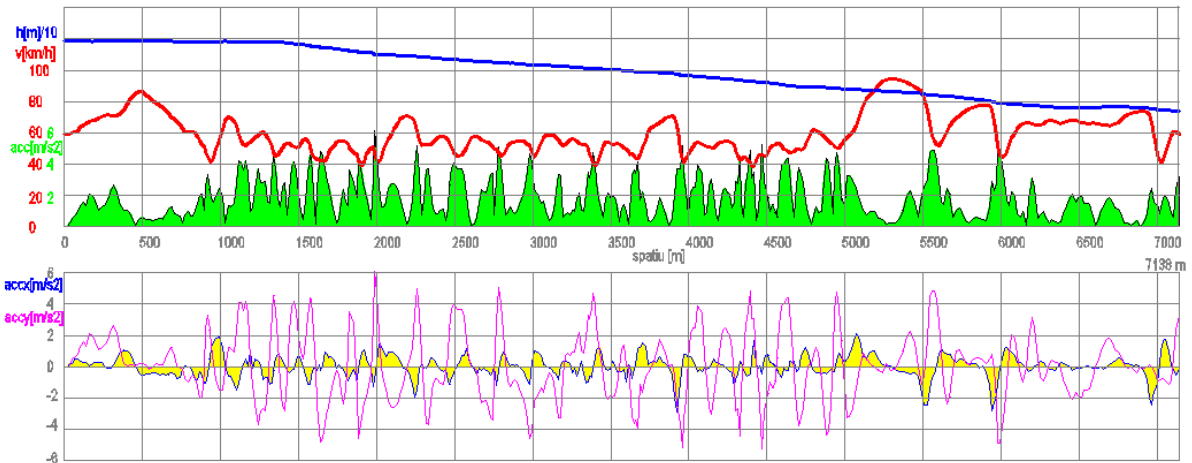


Fig. 15. Prezentare grafică a principalelor parametri cinematici ai vehiculului (drum de munte neaglomerat)  
sus: accelerația totală, viteza și altitudinea; jos: accelerația longitudinală și laterală

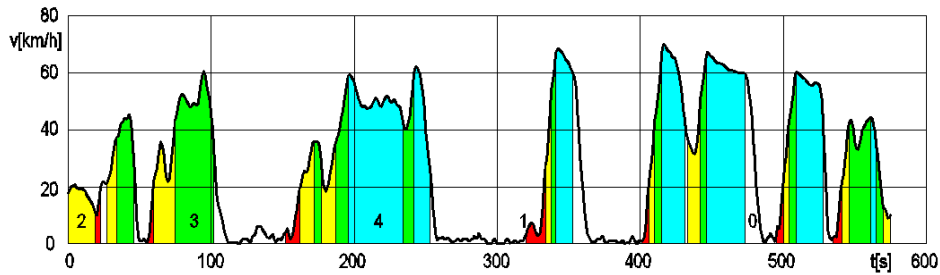


Fig. 16. Diagramă temporală cu viteza de deplasare și treapta de viteză utilizată pe un drum urban aglomerat

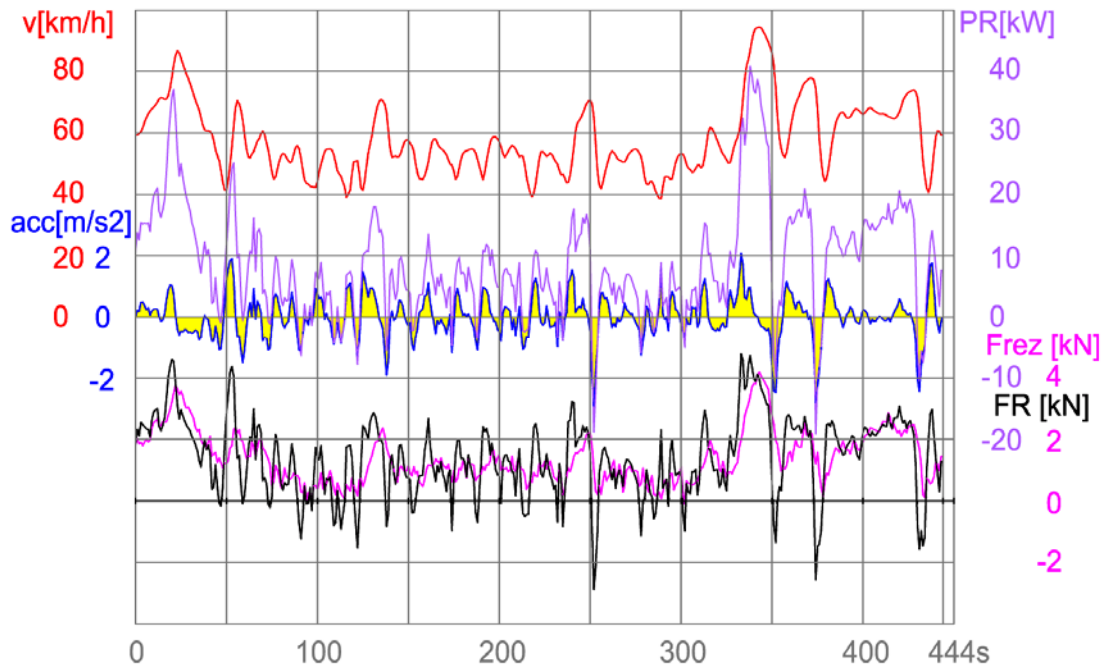


Fig. 17. Diagramă complexă ce prezintă principalele parametri dinamici ai vehiculului (drum de munte)  
sus: viteza, accelerația longitudinală și puterea la roțile motoare; jos: forța de rezistență totală și forța la roată



Estimări bune ale coeficienților rezistențelor la rulare și aerodinamice, în funcție de viteza vehiculului, pot fi obținute prin prelucrarea înregistrărilor de rulare liberă [1]: vehiculul se deplasează din inerție, cu motorul decuplat, mișcându-se în linie dreaptă pe o suprafață orizontală. Diagramele din figura 14 prezintă evoluțiile vitezei și accelerației, în funcție de timp și distanță, înregistrate pe o pistă betonată uscată. Prelucrarea statistică a decelerației înregistrate, de exemplu prin regresie, permite calculul forței ce însumează rezistențele la rulare, aerodinamică și pierderile din transmisie la antrenarea fără sarcină.

Deoarece sistemele GPS furnizează și informația de altitudine, panta curentă a drumului poate fi calculată cu ușurință, iar apoi se poate afla rezistența pantei dacă se cunoaște masa autovehiculului în timpul probei.

Adoptând valori aproximative pentru coeficientul de influență al maselor în mișcare de rotație (influența inerției pieselor ce se rotesc la motor, transmisie și roți) sau măsurându-l experimental pe un stand cu rulouri, se poate estima în continuare forța echivalentă necesară la roțile motoare ale autovehiculului pentru a-i imprima acestuia accelerația longitudinală măsurată cu sistemul GPS.

În funcție de mărimea totală a forței la roată și de o valoare estimată a aderenței drumului, se poate estima coeficientul de alunecare a roților motoare. Pe baza vitezei de deplasare măsurate se poate calcula acum turajia roților motoare. De asemenea, însumând toate rezistențele amintite și forța necesară accelerării se obține forța totală ce a fost realizată de interacțiunea roților motoare cu drumul. Înmulțind aceasta forță la roată cu viteza de deplasare a vehiculului, se obține puterea care a ajuns la roțile motoare.

În continuare, această putere la roată se poate împărți la un randament estimat al transmisiei și se obține puterea estimată ce este furnizată de motorul autovehiculului la fiecare moment de timp.

Analiza graficelor vitezei sau accelerației autovehiculului permite adesea aflarea treptei de viteze utilizate. O altă metodă, mai precisă, constă în înregistrarea acestuia cu un sistem experimental. Fiecărei trepte de viteze îi corespunde un raport de transmitere și astfel se poate afla și turajia cu care funcționează motorul.

Figurile 15, 16 și 17 exemplifică diversitatea mărimilor calculate și a modurilor de reprezentare grafică obținute de autori prin prelucrarea informațiilor obținute de la sisteme GPS.

Autovehiculele moderne sunt dotate în marea lor majoritate cu microcontrolere care gestionează funcționarea principalelor sisteme ale acestora. Aceste sisteme electronice folosesc numeroase informații provenite de la senzori ambarcați, iar acestea pot fi accesate relativ ușor prin interconectarea unui calculator portabil la magistrala de date a vehiculului. Prin aceasta, complexitatea studiilor experimentale realizate poate fi mult mărită.

Autorii lucrării de față au folosit și astfel de interconectări pentru realizarea de studii privind regimurile de funcționare a motorului, consumul de combustibil, modul de utilizare a cutiei de viteze, studii de trafic urban, estimări ale nivelului de zgomot produs de autovehicule.

#### 4. CONCLUZII

Sistemele GPS profesionale asigură o acuratețe ridicată a înregistrărilor de poziționare globală care pot fi astfel utilizate în studii de precizie ce urmăresc comportamentul pe traseu al autovehiculelor. Timpul scurt de instrumentare, ușurința în utilizare, conectarea facilă la calculatoare portabile și existența informației de timp universal sunt principalele calități care le fac preferabile în studiile de dinamică a autovehiculelor. La acestea se adaugă o evoluție rapidă a raportului performanțe-preț, care face posibilă în prezent și utilizarea unor receptoare comerciale, de uz comun, la efectuarea unor studii ample și de precizie.

Deși precizia de poziționare crește continuu, erorile rămân o problemă importantă, destul de greu de controlat, mai ales în medii care obțin parțial vizibilitatea sateliților. Cu toate acestea, folosind algoritmi de prelucrare performanți și fiind utilizate corect, sistemele GPS asigură precizii de măsurare a vitezei și accelerației cel puțin la fel de bune ca celelalte sisteme de măsură folosite în cercetarea experimentală. Față de acestea au însă avantajul măsurării foarte precise a timpului, sincronizării cu alte aparate și obținerii traiectoriei de deplasare.

Recurgându-se la determinări experimentale suplimentare sau chiar la adoptarea unor valori aproximative pentru alte mărimi de interes, sistemele GPS pot fi folosite pentru aprecierea comportamentului dinamic al automobilului, sau mai departe, pentru calculul eficienței energetice (consumul de combustibil), pentru estimarea nivelului poluării chimice și sonore sau chiar pentru realizarea unor calcule de oboseală (la solicitări variabile) pentru piesele autovehiculelor.

Așa cum a încercat să dovedească și această lucrare, este de așteptat ca numărul utilizărilor viitoare ale sistemelor GPS să crească în viitorul apropiat într-o măsură foarte însemnată.

## Bibliografie

- [1] Preda, I., Untaru, M., Peres, Gh., Ciolan, Gh. *Algorithm for computing space in free running*. În: Revista Inginerilor de Autovehicule (Magazine of the Romanian Automotive Engineers), RIA no.2/1990, p.11-13.
- [2] Covaciu D., Florea D., Preda I., Timar J., *Using GPS Devices For Collecting Traffic Data*. SMAT2008 International Conference, Craiova, 2008.
- [3] Ion Preda, Dinu Covaciu, Gheorghe Ciolan, Dragoș-Sorin Dima, *Vehicle Dynamic Behaviour Analysis Based on GPS Data*. SMAT2008 International Conference, Craiova, 2008.
- [4] Garmin International, *GPSMap 60cx Technical Specifications*. <http://www.garmin.com>.
- [5] Garmin International, *GPS 18x Technical Specifications*. Revision B, Jan. 2008, <http://www.garmin.com>.
- [6] Racelogic, *VBOXTools Software Manual*. Ver. 1.4.
- [7] \*\*\* CEE X2C28/2006 Project – Saighid: *Servicii Avansate de Informare și GHIDare pentru conducători auto și călători utilizând hărți digitale (Advanced Services for drivers and travelers information and guiding, using digital maps)*.
- [8] \*\*\* *Tutorial on GPS Receiver Testing*, <http://www.ni.com/automatedtest/gps.htm>