

# GPS (Global Positioning System). Principii de funcționare și aplicații în silvicultură

Cozmin Lucău-Dănilă, Pierre Defourny, Christine Farcy

## 1. GPS - descriere generală

GPS (Global Positioning Sistem) este un sistem de poziționare în spațiu cu ajutorul sateliților. Acest sistem a fost conceput de către Departamentul Apărării al Statelor Unite ale Americii (DoD) și este alcătuit din trei sectoare (Hurn, 1989) (fig. 1).

Sectorul spațial include în prezent 24 de sateliți amplasați pe orbite la aproximativ 20 200 km de Pamânt, cu o perioadă de revoluție de aproximativ 12 ore. Acești sateliți

sunt repartizați pe șase planuri, înclinate la aproximativ 55° față de ecuator. Fiecare satelit este dotat cu ceasuri atomice de foarte mare precizie și transmite semnale radio sub forma a două unde: L1, cu o frecvență de 1575,42 MHz și L2, cu o frecvență de 1227,60 MHz. Dintre acestea, doar L1 poate fi folosită de către utilizatorii civili, L2 având doar utilizatori militari.

Sectorul de control este alcătuit din cinci stații de control repartizate pe glob, dintre acestea Colorado Springs din S.U.A. fiind cea care controlează întregul sistem. Rolul

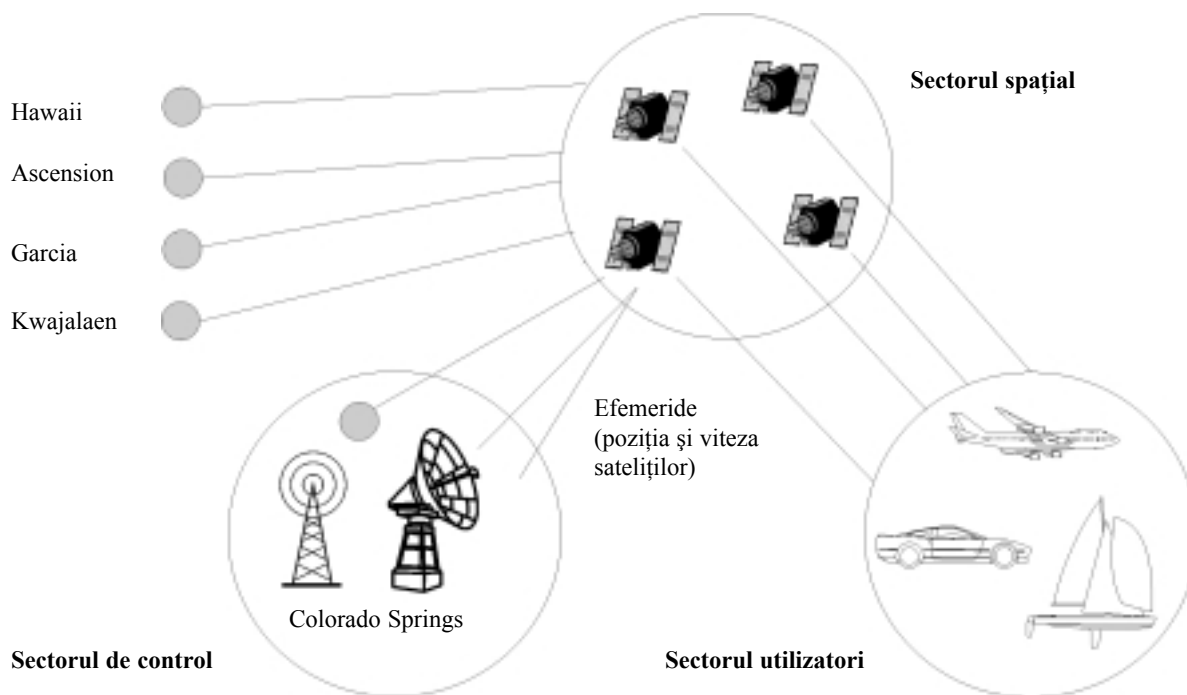


Fig. 1. Componentele sistemului GPS

acestor stații este de a recepționa continuu semnalele tuturor sateliților, de a calcula "efemeridele" (date referitoare la poziția fiecărui satelit), de a verifica precizia ceasurilor sateliților și de a retransmite aceste date fiecărui satelit.

Sectorul utilizatori este constituit din totalitatea utilizatorilor (civili și militari) care folosesc un receptor GPS. Un receptor GPS este un aparat capabil să recepționeze semnalele emise de sateliți și, în funcție de acestea, să determine poziția lui pe glob. De menționat că acest sistem utilizează ca sistem de coordonate de bază coordonatele geografice în WGS 84 (World Geodetic System 1984-[http://164.214.2.59/GandG/tr8350\\_2.html](http://164.214.2.59/GandG/tr8350_2.html)).

## 2. Principii de funcționare

Pentru a putea determina coordonatele unui punct de pe suprafața Pământului (sau din apropierea acesteia) este nevoie de semnale provenind de la cel puțin patru sateliți (fig. 2).

Stabilirea poziției spațiale a unui punct se poate face prin determinarea pseudo-distanței sau prin determinarea fazei.

### 2.1. Determinarea pseudo-distanței

Determinarea distanței față de satelit se face pe baza diferenței de timp necesare semnalului emis de satelit să ajungă la receptor. Cunoșcând intervalul de timp și viteza propagării semnalului (viteza luminii), se poate determina distanța. Pentru a determina foarte precis intervalul de timp necesar semnalului emis de satelit să ajungă la receptor, acesta din urmă emite un semnal identic, care va fi decalat față de cel provenit de la satelit. Acest decalaj se poate măsura foarte precis.

Fiecare satelit poate fi identificat pe baza unui număr atribuit (PRN - Pseudo Random Number), număr care este inclus în semnalul radio emis (Botton et al., 1997).

În prezent este metoda utilizabilă în mediu forestier.

### 2.2. Determinarea fazei

În acest caz, distanța satelit-receptor este împărțită într-un număr întreg de lungimi de undă și o fracțiune de lungime de undă. Această metodă necesită utilizarea unui receptor capabil să determine această va-

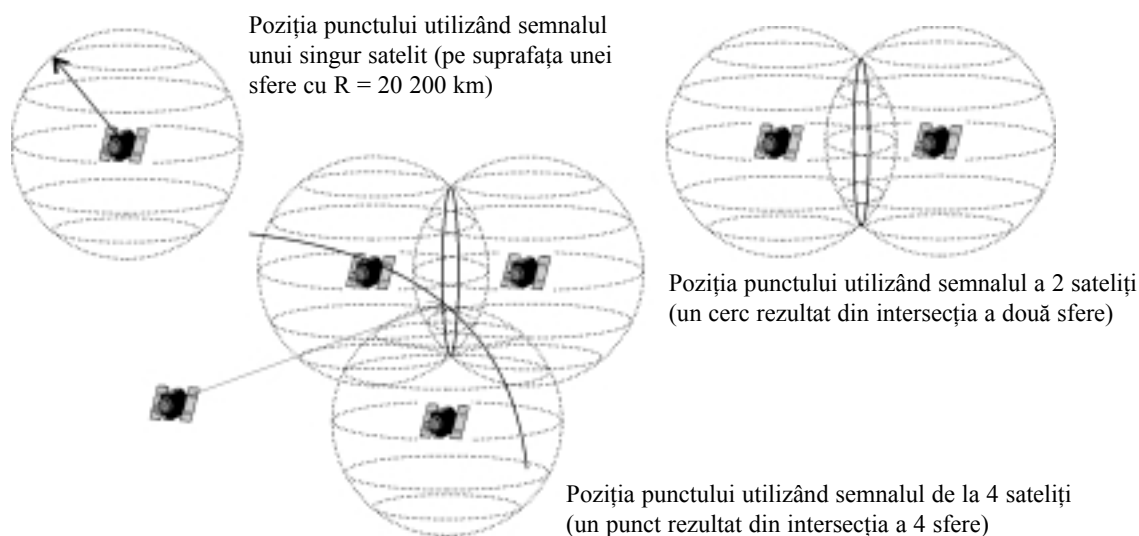
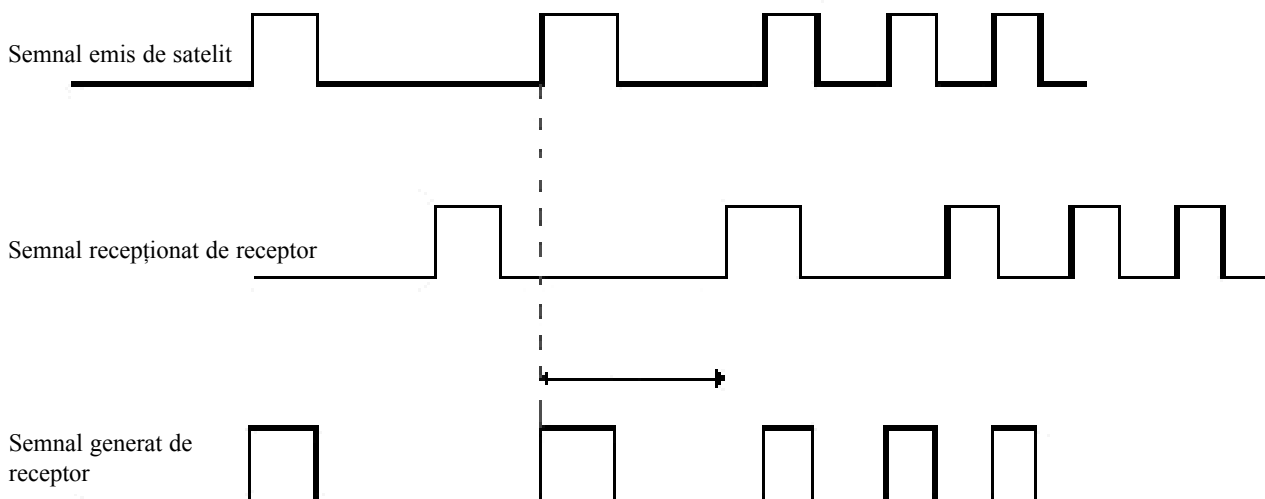


Fig. 2. Stabilirea poziției spațiale a unui punct utilizând semnalele GPS de la mai mulți sateliți (după Hurn, 1989)



**Fig. 3.** Măsurarea decalajului de timp dintre momentul emiterii semnalului de către satelit și momentul recepționării acestuia de către receptorul GPS (după Hurn, 1989)

loare. Este mult mai precisă (10-20 mm), dar necesită o staționare de cel puțin 10 minute într-un punct, timp în care receptorul trebuie să fie absolut imobil și să nu fie perioade fără semnal GPS. Aceste condiții fac imposibilă utilizarea acestui tip de măsurători în pădure, datorită pierderilor frecvente de semnal. (Defourny, 1999).

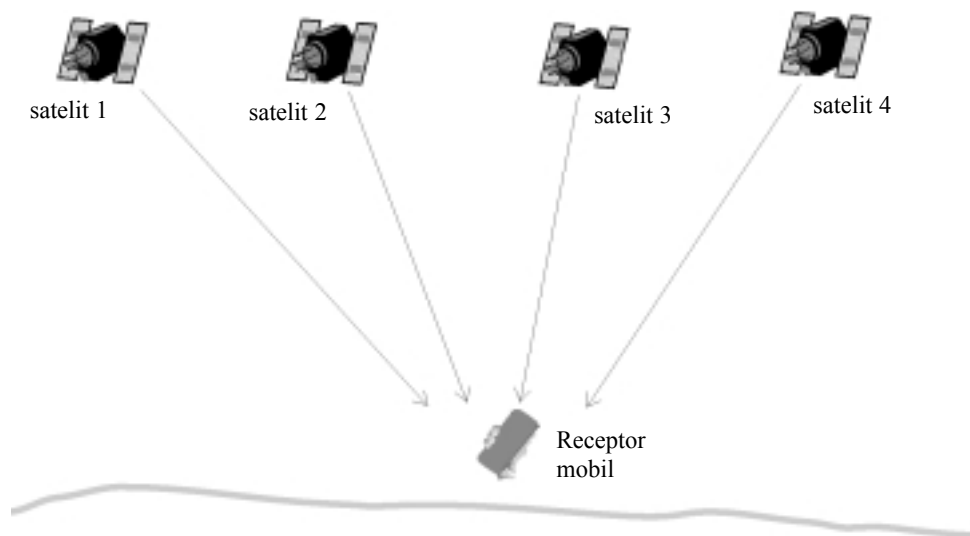
### 3. Mod de funcționare

Recepția semnalelor emise de sateliți și

calculul poziției se poate face în două moduri: în mod absolut sau autonom și în mod diferențial (în timp real sau în post-procesare).

#### 3.1. Modul absolut (autonom)

În acest caz se folosește un singur receptor GPS. Până la 1 mai 2000 se obținea poziția unui punct în timp real, dar cu o precizie mică ( $\pm 100$  m sau  $< 10$  m pentru uz militar), datorită în special unui bruijaj (Selective Availability - SA) introdus de către Depar-



**Fig. 4.** Stabilirea poziției spațiale a unui punct în mod absolut

tamentul Aparării al S.U.A. Modul absolut era utilizabil în cazuri în care nu se cere o precizie mare: navigare pe mare, raliul Paris -Dakar, etc.

Începând cu 1 mai 2000, printr-o decizie luată de Casa Albă, s-a aprobat întreruperea bruiajului, deci în prezent se poate obține o precizie de 10-15 m.

### 3.2. Modul diferențial (dGPS)

În acest caz se folosesc două receptoare GPS, din care unul (stație de bază) este instalat într-un punct de coordonate cunoscute și care măsoară diferența dintre coordonatele cunoscute și coordonatele rezultate din analiza semnalelor GPS (Hurn, 1993) (fig. 5).

Pentru a lucra în timp real, aceste diferențe se pot înregistra într-un mesaj de tip RTCM (Radio Technical Commission for Marine) și acesta se transmite cu ajutorul unui emițător radio. Receptorul GPS are nevoie în acest caz de o antenă suplimentară pentru recepționarea semnalului RTCM. Există firme care realizează antene combinate (GPS - Radio).

În general, pentru a lucra în timp real se apelează la firme specializate, care asigură transmiterea semnalului RTCM utilizând o

rețea de emițătoare radio deja existentă sau un satelit de telecomunicații. A doua variantă asigură o mai bună recepție a semnalului în diferite condiții de relief.

O altă variantă pentru recepționarea corecțiilor în timp real este utilizarea sistemului de telefonie mobilă (GSM), care asigură o acoperire destul de bună a teritoriului.

Pentru a lucra în post-procesare este suficient ca la încheierea campaniei de teren să se aplice corecțiile diferențiale prin utilizarea fișierului rezultat în urma înregistrărilor receptorului instalat ca stație de bază.

În general, este indicat ca stația de bază să fie instalată cât mai aproape de locul de muncă, pentru o mai mare precizie, astfel eliminându-se erori datorate influenței atmosferei asupra semnalului GPS. Prin utilizarea dGPS se obțin precizii de 1-5 m (și chiar <1m), în funcție de receptorul utilizat și de condițiile de lucru.

În prezent, se poate lucra în mod RTK (Real Time Kinematic), deci măsuri în fază în timp real. În acest caz, distanța dintre receptorul mobil și stația de bază nu poate depăși 30 km. Este un mod de lucru foarte precis (1-5 cm), dar care nu poate fi aplicat în pădure datorită pierderilor frecvente de semnal.

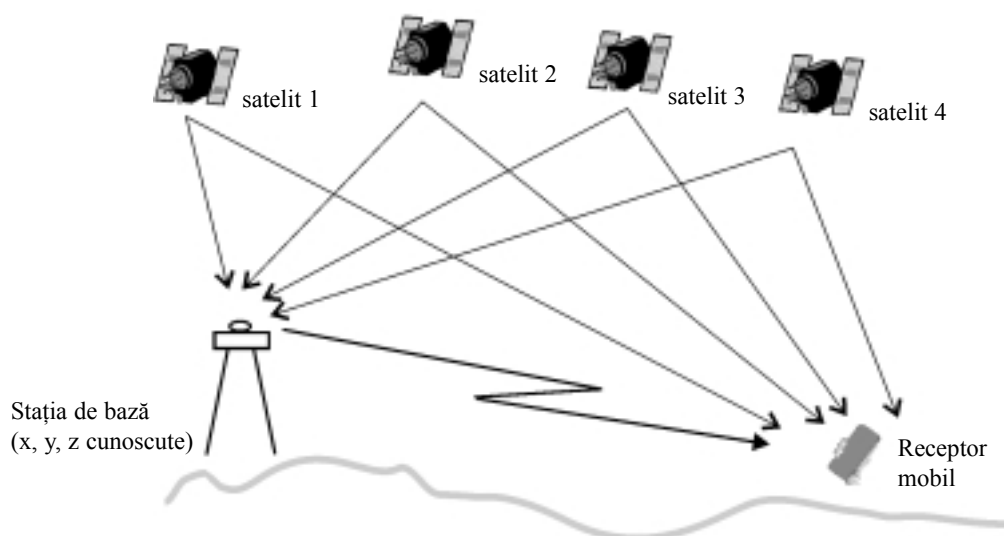


Fig. 4. Stabilirea poziției spațiale a unui punct în mod diferențial

## 4. Metode de lucru

### 4.1. Metoda statică

Înregistrarea datelor se face în puncte bine localizate, în care operatorul instalează receptorul (pe un trepied) perioade de timp bine determinate (15 sec-3 min). În acest caz, receptorul GPS înregistrează în fiecare secundă (în general) o valoare (X, Y, Z), iar la sfârșit se obține media tuturor valorilor.

### 4.2. Metoda dinamică

Înregistrarea datelor se face în deplasare. Receptorul înregistrează la diferite intervale de timp (5 secunde, în general) câte o valoare (X, Y, Z), iar la sfârșit se obține o succesiune de puncte.

### 4.3. Metoda dinamică "Stop and Go"

Această metodă este de fapt o îmbinare a primelor două metode. Operatorul se deplasează cu receptorul GPS din punct în punct pe traseul dorit, în fiecare punct staționându-se o anumită perioadă de timp. Această metodă este cea mai indicată în cazul utilizării GPS-ului în pădure.

## 5. Factori care influențează precizia măsurătorilor

Între factorii care influențează, în general, precizia măsurătorilor GPS, se numără: capacitatea de a măsura pseudo-distanța sau pseudo-faza, numărul de canale, deci numărul de sateliți de la care poate recepționa informații și tipul de antenă.

Principalii factori implicați în precizia măsurătorilor sunt:

- numărul de sateliți vizibili (minimum patru pentru a lucra în trei dimensiuni);
- reflectarea semnalului GPS de către

clădiri, arbori sau alte obstacole, factor destul de dificil de cuantificat. Pentru a diminua influența acestui factor este indicată utilizarea unor antene de bună calitate.

- distanța dintre receptorul mobil și stația de bază. Precizia scade în general cu 1mm/km.

- în cazul în care se lucrează în timp real apar erori legate de diferența de timp dintre momentul în care semnalul GPS este înregistrat de stația de bază și momentul în care această corecție diferențială (în general sub formă de semnal RTCM) este utilizată de către receptorul GPS;

- PDOP (Position Dilution Of Precision) este un coeficient de diminuare a preciziei ca urmare a poziționării sateliților vizibili (fig. 5). Acesta include: GDOP (Geometric Dilution Of Precision) și TDOP, determinat de precizia măsurării timpului. În plus,

$$GDOP = VDOP + HDOP$$

unde: VDOP este determinat de aranjarea în plan vertical a sateliților și HDOP este determinat de aranjarea în plan orizontal a sateliților. În general, se recomandă ca valoarea PDOP să nu depășească valoarea 6.

- SNR (Signal to Noise Ratio) reprezintă intensitatea semnalului GPS. Se recomandă să fie mai mare decât 6.

- "înălțarea" sateliților (unghiul făcut de aceștia cu orizontul). Se recomandă să se recepționeze semnalele de la sateliții care au acest unghi de peste 15°, pentru a limita erorile determinate de un traseu prea lung prin atmosferă al semnalului GPS.

## 6. Utilizarea GPS-ului în pădure

Pădurea este un mediu heterogen care are o influență dificil de cuantificat asupra utilizării GPS-ului. Efectul coronamentului și al trunchiurilor arborilor, combinat cu influența

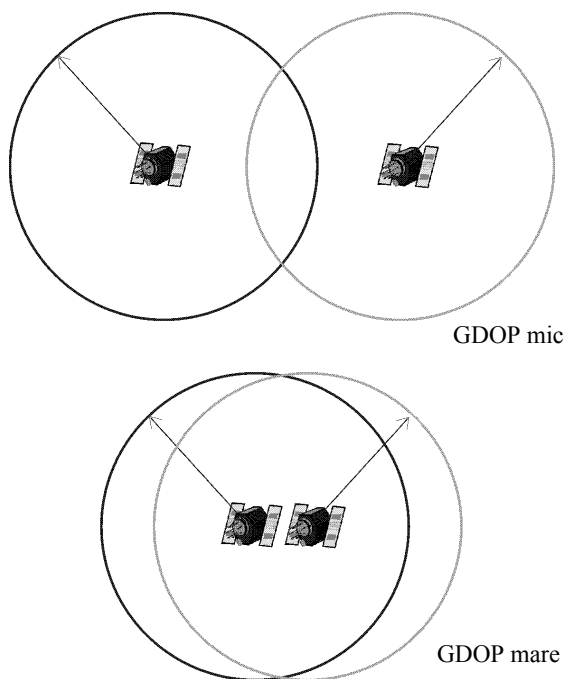


Fig. 6. Influența poziției sateliților asupra preciziei măsurărilor GPS

reliefului asupra semnalelor GPS determină luarea unor măsuri de precauție suplimentare în cazul utilizării acestui sistem în pădure.

În primul rând, trebuie ales un receptor GPS cu un număr mare de canale (8 sau chiar 12) și dotat cu o antenă capabilă să diminueze efectul traiectoriei multiple a semnalelor GPS.

Foarte importantă este alegerea momentului desfășurării campaniei de teren (Lucău et al., 2000). Este indicat să se aleagă momentele din zi în care există un număr cât mai mare de sateliți vizibili și un PDOP cât mai mic. Nu este indicat să se lucreze în perioadele cu vânt, deoarece mișcarea ramurilor determină pierderea frecventă a semnalului GPS.

Utilizarea dGPS în timp real induce o problemă suplimentară, legată de recepționarea semnalului radio RTCM. Aceasta determină o creștere a timpului de lucru și deci o scădere a eficienței sau chiar imposibilitatea de a lucra în zonele în care semnalul radio nu poate fi recepționat.

Utilizarea DGPS în timp real ar putea fi indicată în cazul efectuării de navigari. Aceasta ar însemna identificarea pe teren a unui punct de coordonate cunoscute, de exemplu identificarea în pădure a unor arbori uscați ca urmare a unor atacuri de insecte, arbori care au fost în prealabil identificați pe fotografii aeriene și a căror poziție a fost stabilă. În prezent, datorită întreruperii bruiajului voluntar, această utilizare poate fi luată în considerare cu o precizie de 5-10 m, precizie care poate fi în general acceptabilă.

## 7. Concluzii

GPS-ul este un sistem care permite stabilirea poziției spațiale pe întreg globul, în orice condiții meteorologice și indiferent de zi sau noapte. Utilizarea unui receptor GPS performant (de exemplu, Trimble ProXR) permite o înregistrare de date rapidă și precisă. Pe lângă informațiile legate de poziția spațială a punctelor se pot înregistra concomitent și informații calitative, referitoare la punctul respectiv (de exemplu specia, înălțimea, diametrul unui arbore, etc.). Aceste caracteristici pot fi măsurate automat, utilizând instrumente laser care se pot atașa direct la receptorul GPS, astfel încât la sfârșitul campaniei de teren toate informațiile necesare sunt înregistrate.

Sistemul este ușor de manipulat și are o autonomie mare (4-6 ore din punct de vedere al alimentării cu baterii și peste 12 ore de înregistrare continuă ca memorie internă). Este rezistent și poate fi utilizat în condiții variabile de temperatură și umiditate.

Informațiile înregistrate pe teren sunt ușor prelucrabile și pot fi transmise direct către un GIS (Geographic Information Sistem), sistem care își va găsi o largă utilizare în gestiunea pădurilor prin introducerea tuturor datelor din amenajamentele forestiere în baze de date informatizate, care să faciliteze acce-

sul la informație.

Renunțarea la bruiajul voluntar (SA) după 1 mai 2000 mărește considerabil precizia măsurărilor în mod absolut (10-15 m) și face posibilă utilizarea GPS-ului în timp real în pădure. Pentru utilizări cartografice, aplicarea corecțiilor diferențiale (dGPS) rămâne indispensabilă pentru atingerea unor precizii metrice.

## Bibliografie

- Botton, S., Duquenne, F., Egels, Y., Even, M., Willis, P., 1997. GPS localisation et navigation. Ed. Hermès, Paris, 159 p.
- Defourny, P., 1999. Introduction aux techniques de positionnement par GPS. Formation continue en ingénierie des sciences agronomiques, Faculté des Sciences Agronomiques - UCL, Louvain la Neuve, 45 p.
- Hurn, J., 1989, GPS. A Guide to the Next Utility, Trimble Navigation Ltd, Sunnyvale, USA, 76 p.
- Hurn, J., 1993, Differential GPS explained, Trimble Navigation Ltd, Sunnyvale, USA, 55 p.
- Lucău, C., Farcy, C., Giot, P., Defourny, P., 2000. Positionnement par GPS en forêt - une évolution radicale!, Forêt Wallonne no. 47: 31-32.

---

**Autorii:** ing. Cozmin Lucău-Dănilă este asistent în cadrul Facultății de Silvicultură Suceava;

prof. dr. Pierre Defourny este profesor de geomatică (teledectie, fotogrametrie, GPS) în cadrul Universității UCL Louvain-la-Neuve, Belgia, e-mail: defourny@biom.ucl.ac.be;

dr. ing. Christine Farcy este cercetător (cartografie informatizată în amenajamentele forestiere) în cadrul Universității UCL Louvain-la-Neuve, Belgia, e-mail: farcy@efor.ucl.ac.be.