



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2009 00577**

(22) Data de depozit: **24.07.2009**

(41) Data publicării cererii:  
**30.05.2011** BOPI nr. **5/2011**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
OPTOELECTRONICĂ -INOE 2000,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, CP-OP MG 05,  
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:  
• **STOICA AXENTE, STR.SIBIU NR.5, BL.E3,  
AP.43, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **SAVASTRU DAN, STR. IANI BUZOIANI  
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **TĂUTAN MARINA NICOLETA,  
STR.EMIL RACOVIȚĂ NR.6, BL.R1, SC.2,  
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MICLOȘ SORIN, CALEA GRIVIȚEI  
NR. 160, BL.B, SC. A, AP. 42, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **TENCIU DANIEL, STR.TELIȚA NR.14,  
BL.52A, AP.10, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,  
RO**

(54) **SISTEM MOBIL ȘI PROCEDEU DE CARTARE A UNOR  
OBIECTIVE SITUATE LA DISTANȚE MARI DE ARTERELE  
RUTIERE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem mobil și la un procedeu de cartare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere și care sunt inaccesibile în mod direct. Sistemul conform invenției este constituit dintr-un vehicul laborator (V.L.) ale cărui unghiuri de poziție și coordonate geografice sunt determinate în timp real cu ajutorul unui receptor GPS susținut de un sistem de navigație inercială (INS) și de o conexiune Internet la o rețea națională de stații de bază furnizoare de corecții diferențiale de tip RTK (Real Time Kinematic), în condițiile în care o antenă (Ant.GPS) a receptorului GPS este amplasată alături de o cameră video (C.V.) pe o platformă de montaj dispusă pe capota vehiculului laborator (V.L.), camera video (C.V.) având obiectivul orientat spre o parte laterală a vehiculului (V.L.) sub un unghi fix, precis determinat. Procedeu conform invenției implică realizarea unei succesiuni de determinări și achiziții automate de date, precum și implementarea unui algoritm de calcul cu care se realizează: determinarea valorilor unghiurilor absolute de poziție ( $\Psi_{1T}$ ,  $\Theta_{1T}$ ,  $\Phi_{1T}$ ) ale unei ținte (T) vizate în raport cu un punct în care se află camera video (C.V.) în momentul în care a fost achiziționată imaginea respectivă și determinarea coordonatelor geografice ale țintei (T), în latitudine și longitudine, prin aplicarea unor procedee de triangulație asupra valorilor unghiurilor de poziție și respectiv de azimut, ( $\Psi_{1T}$ ) și ( $\Psi_{2T}$ ), ale țintei (T), unghiuri determinate în raport cu direcția nord (N) a meridianului magnetic local și care corespund la două poziții diferite (Poz.1 și Poz.2) ale vehiculului laborator (V.L.), poziții aflate la o distanță (B.M.) care constituie baza de măsurare.

Revendicări: 6  
Figuri: 19

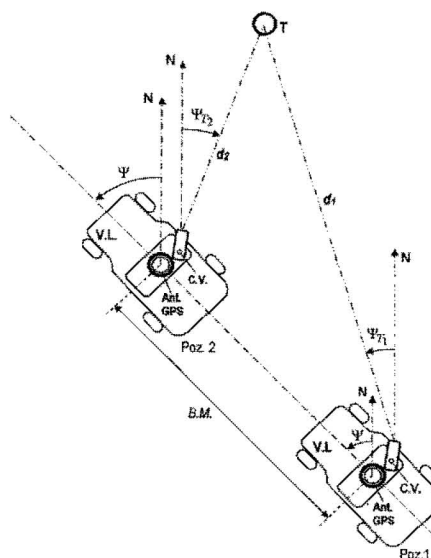


Fig. 4



147

## **SISTEM MOBIL ȘI PROCEDEU DE CARTARE A UNOR OBIECTIVE SITUATE LA DISTANȚE MARI DE ARTERELE RUTIERE**

Prezenta invenție se referă la un sistem mobil și la un procedeu de cartare a unor obiective sau a unor componente ale acestora, în condițiile în care acestea se află la distanțe mari de arterele rutiere, (clădiri, jalonări de terenuri) sau sunt inaccesibile în mod direct, (diguri, poduri, halde de steril), de pe un vehicul laborator aflat în deplasare continuă.

Inventarierea obiectivelor dispuse de alungul drumurilor, precum și a celor suspendate de alungul autostrăzilor naționale constituie o problemă importantă pentru managementul infrastructurilor de către administratorii lucrărilor publice. Odată cu creșterea cererilor de a regla densitățile de trafic mereu crescute simultan cu reducerea bugetelor alocate în acest scop, metodele tradiționale de inventariere a autostrăzilor devin tot mai ineficiente.

Diferitele facilități dispuse pe autostrăzi, dintre care se menționează în primul rând semnele de circulație, pot să fie supuse unor reglementări sau specificații referitoare la dimensiunea, poziționarea sau vizibilitatea lor. În consecință, verificarea faptului că un singur semn de circulație este dispus în mod corespunzător poate să necesite măsurători manuale ale poziției semnului respectiv în raport cu un marcaj al kilometrajului de referință și cu obiectul indicat de semn. Distanța față de marginea autostrăzii și înălțimea semnului deasupra pavimentului pot fi de asemenea importante. Măsurarea acestor parametrii este consumatoare de timp și necesită multă muncă. În plus, poate să fie necesar să se verifice în mod periodic faptul că semnul nu a fost deteriorat până la starea la care vizibilitatea sa este compromisă, că a fost vandalizat sau că a fost avariat din diferite motive. Din punctul de vedere al protecției față de posibile viitoare litigii, o înregistrare imagistică de referință poate să fie de ajutor.

Efortul implicat de aceste activități este deosebit, atât în ceea ce privește munca, cât și aportul financiar, necesitând nu numai timpul necesar pentru efectuarea acestor măsurători, ci și timpul necesar pentru deplasarea la și între site-urile prospectate. La aceasta se adaugă și riscul pentru siguranța operatorilor în condițiile în care aceștia lucrează și parchează vehiculele pe marginea unor autostrăzi aglomerate. În final, datele achiziționate prin această investigație intensivă (a unui singur semn) necesită să fie introduse într-un același tip de sistem de management al bazei de date.

2009 00 544

24-07-2009

Devine tot mai evident faptul că, pentru a răspunde în mod adecvat necesităților de măsurători și de inventariere, este necesară o soluție radical nouă; o soluție care să nu mai necesite măsurători manuale în teren și care să fie în cea mai mare parte automată.

În raport cu măsurătorile manuale, această tehnologie automatizată prezintă numeroase avantaje dintre care se menționează:

1. Inventarierea și realizarea măsurătorilor se pot efectua rapid, cu o întârziere redusă între momentul indentificării unei caracteristici și cel al încorporării acesteia într-o bază de date. Pentru măsurătorile manuale, durata de timp necesară pentru această operație este de regulă mai mare și poate să implice un efort semnificativ și întreruperi datorate controlului și problemelor de trafic. În plus, în cazul sistemului automat vor fi mai puține întârzieri datorate condițiilor adverse de vreme;

2. Datorită vitezei cu care se efectuează măsurătorile, acestea devin mai ieftine, chiar dacă se au în vedere costurile de capital necesare pentru achiziționarea echipamentului;

3. Datele colectate sunt mai obiective, mai precise și raportate în mod uniform. Măsurătorile manuale sunt realizate în mod tipic de diferite echipe de operatori cu diferite grade de obiectivitate în măsurători și în raportări. În funcție de competența echipei, de condițiile de vreme și de gradul de oboseală al echipei, în măsurătorile manuale pot să apară mai multe erori;

4. Prin folosirea acestor tehnologii automatizate poate fi stabilită o înregistrare permanentă. Măsurătorile pot fi repetate în orice moment, prin re-analizarea înregistrării video fără a fi necesară o întoarcere în teren.

Sistemele Mobile de Cartare (MMS - Mobile Mapping Systems) realizează prospectarea dinamică a rețelelor de drumuri și a obiectelor adiacente lor în scopul creării unor harți digitale care includ atât geometria drumurilor, cât și caracteristicile acestora. Ca urmare, sistemele MMS integrează cele mai multe dintre tehnicile de prospectare curente, respectiv receptori GPS, senzori inerțiali, imaginerie digitală, telemetrare laser, astfel că un sistem mobil de cartare implică un vehicul laborator care este echipat cu:

- **Un sistem de poziționare**, adică un GPS de înaltă precizie (GPS diferențial pe faza purtătoarei), asociat cu un sistem inerțial de navigație (INS) de tip strapdown care asigură precizia măsurătorilor chiar și atunci când nu este posibilă recepția semnalelor satelitare. Pentru a măsura distanța acoperită poate fi adăugat un odometru (senzor de roată);

- **Un modul de achiziție a imageriei**, compus dintr-una sau mai multe camere video pentru a înregistra elementele ambientale ale drumului. Modulul de imagerie este sincronizat cu timpul GPS pentru a obține poziția și atitudinea pentru fiecare imagine;

- **Un modul de procesare a datelor** care combină datele de poziționare și imaginile cu scopul de a defini o poziție precisă și fiabilă pentru obiectele dorite. Legat de aceasta este de menționat faptul că standardul International ISO - GDF – Geographic Data File precizează modul în care trebuie să fie descrise drumurile pentru a fi interpretate corect de către sistemele de navigație.

Astfel, compania "*Lambda Tech International*" din Fort Wayne (USA) a realizat un echipament mobil de cartare denumit "*GPSVision<sup>TM</sup>*" care este prevăzut cu un modul de poziționare constituit din receptoare GPS cu dublă frecvență, dintr-un Sistem de Navigație Inerțială (INS) și dintr-un Dispozitiv de Măsurare a Distanței lineare străbătute (DMI), în combinație cu patru camere video digitale de înaltă rezoluție. Fiind montat pe o autodubă sau pe un vehicul pentru șine înalte, sistemul *GPSVision<sup>TM</sup>* se poate deplasa cu vitezele autorizate pe drumuri și pe căi ferate, simultan cu colectarea de imagini digitale ale infrastructurilor din ambientul transporturilor.

Camerele video digitale sunt montate deasupra vehiculului și pot fi orientate spre înainte, spre lateral sau spre înapoi în funcție de cerințele aplicației, astfel că întrucât camerele video vizualizează, la un moment dat, aceeași zonă de teren din poziții diferite, prin utilizarea unor algoritmi de triangulație pot fi calculate locațiile în raport cu vehiculul laborator ale țintelor vizate.

Ca urmare, în condițiile în care sistemul integrat GPS/INS furnizează poziția și direcția sistemului *GPSVision<sup>TM</sup>*, iar perechile de camere sincronizate preiau imagini stereo care sunt marcate, fiecare, cu poziția și cu atitudinea unghiulară din care au fost achiziționate, oricare obiect vizibil în ambele imagini ale unei perechi stereo, poate fi măsurat și localizat cu precizie, într-un sistem global de coordonate. Imaginile sunt preluate la intervale de 16 metri pentru autostrăzi și căi ferate, în timp ce distanțele de achiziție cuprinse între 10 și 12 metri, definite de utilizator, pot fi utilizate pentru străzi din zone rezidențiale sau urbane.

Imaginile digitale stereo, datele GPS și datele inerțiale sunt colectate și înscrise în registrul de date *GPSVision*, în condițiile în care, după procesarea datelor GPS și corectarea diferențială a acestora, datele de poziționare ale obiectivelor vizate se înscriu în limitele unei arii circulare cu diametrul de un metru sau mai puțin în raport cu locația lor reală.

Un exemplu similar de sistem mobil de cartare și de colectare a datelor, care poate cartea căi ferate, artere rutiere și infrastructuri de transport (spre exemplu, drumuri, semne de circulație și poduri) în timp ce se deplasează cu vitezele normale de trafic este reprezentat de sistemul "*GPSVan<sup>TM</sup>*" realizat de Centrul de Cartare de la Universitatea de Stat din Ohio și

care este constituit și acesta din două componente principale: un modul de poziționare și un modul de imagerie.

Modulul de poziționare al echipamentului *GPSVan*<sup>TM</sup> integrează un Sistem de Poziționare Globală – GPS în regim diferențial de funcționare cu un sistem independent Dead-Reckoning System (DRS) care înregistrează poziția vehiculului în perioadele de pierdere temporară a datelor GPS (perioade de blocaj a semnalului satelitar de către copaci sau de alte elemente de obstrucționare). Atribute suplimentare, așa cum sunt semnele de circulație, podurile, etc., pot fi înregistrate de către un operator al sistemului, prin utilizarea unei tastaturi de calculator sau a ecranului sensibil la atingere al computerului portabil al sistemului.

Modulul de imagerie al echipamentului *GPSVan*<sup>TM</sup> include un sistem stereometric de două camere video care înregistrează imagini stereo ale arterelor rutiere în cursul deplasării pe acestea a vehiculului laborator. Sistemul stereo este completat cu un sistem prevăzut cu o cameră analogică care funcționează într-un mod video continuu prin care achiziționează o loggare fotografică a prospectării. Fiecare cadru video este marcat în timp cu semnalul GPS, iar coordonatele geodezice (respectiv, latitudine, longitudine și înălțime elipsoidală) sunt atribuite fiecărei imagini. Perechile digitale stereo sunt procesate într-un mod post-misiune pentru a determina coordonatele geodezice ale unor obiective, așa cum sunt marginile și liniile de centru ale drumurilor, curbele, semnele de circulație, bornele de kilometraj, etc, cu o precizie relativă de 5-10 centimetri în limitele unor distanțe de 10 – 40 de metri față de vehicul.

Din cele prezentate rezultă că, atât echipamentul *GPSVision*<sup>TM</sup>, cât și echipamentul *GPSVan*<sup>TM</sup> constituie, în esența lor, un sistem de stereoviziune cu bază fixă, cu poziție și atitudine cunoscute, furnizate de componenta GPS/INS și respectiv de componenta GPS/DRS. Această bază fixă este reprezentată de distanța, pe lățimea capotei vehiculului laborator, dintre axele optice ale celor două camere video, distanță de montaj care în cazul ambelor echipamente *GPSVision*<sup>TM</sup> și *GPSVan*<sup>TM</sup> este de cca. 1,2 metri. Această valoare redusă a bazei fixe, face însă ca diferența dintre unghiurile direcțiilor de vizare ale celor două camere video să fie sub valoarea minimă măsurabilă de către sistemul optic, atunci când acesta vizează ținte aflate la o distanță mai mare de aproximativ 40 de metri față de vehiculul laborator. Această limitare la o valoare destul de redusă a distanței de observare, constituie de altfel principalul dezavantaj al sistemelor stereometrice bazate pe utilizarea unei perechi de camere video montate pe același vehicul laborator.

Pentru a remedia acest neajuns, sistemul de cartare mobilă “*Applanix LANDMark*” realizat de către compania “Applanix Corporation” din Ontario (Canada) se bazează în funcționarea sa pe utilizarea unui sistem automat digital uni-cameral pentru achiziția imaginilor obiectivelor vizate din teren. Pentru ca această modalitate de funcționare să fie posibilă, respectiv pentru a asigura sistemului “*Applanix*” capacitatea de a compara pixelii din cadre succesive ale imageriei cu marcaj de timp, sistemul este prevăzut cu un sistem precis de poziționare, “*POS LV*”, constituit prin cuplajul strâns dintre o unitate inerțială de măsurare – IMU și un receptor GPS cu dublă frecvență.

Deasemenea, o altă componentă esențială a hardware-ului echipamentului *POS LV* este constituită de instrumentul de măsurare a distanțelor (DMI) care este montat pe axul roților motoare ale vehiculului laborator și care furnizează pulsuri electrice la intervale unghiulare egale de rotație a respectivelor roți. Aceste pulsuri sunt convertite de către echipamentul *POS LV* în măsurători ale distanței incrementale străbătute de către vehicul, pentru situațiile în care semnalele GPS nu sunt disponibile.

Pe baza acestei dotări, în procesul de achiziție a datelor, operatorul conduce vehiculul la vitezele permise pe autostrada respectivă, pentru a înregistra datele cu privire la suprafața drumului, și/sau la obiectivele de pe partea laterală a acestuia. Sistemul *LANDMark* poate fi instalat deasemenea și pe vehicule de căi ferate pentru a efectua aceleași activități și pentru a înregistra obiectivele și alte caracteristici de interes existente de alungul traseului.

Trebuie însă remarcat faptul că, deși sistemul de poziționare *POS LV*, utilizat de echipamentul de cartare mobilă *LANDMark*, asigură acestuia o precizie corespunzătoare de poziționare, sistemul său automat de achiziție a imaginilor și respectiv ansamblul sistemului optic al unicei camerei video digitale utilizate, prezintă dezavantajul că nu permite preluarea decât a obiectivelor situate în apropierea arterelor rutiere străbătute. Pentru a compensa acest aspect, realizatorii echipamentului *LANDMark* au recurs la o soluție, care este însă mai greu aplicabilă de toți cei implicați în asemenea operații, și anume la soluția combinării surselor de date preluate din teren cu cele preluate din aeronave, folosindu-se în acest scop aplicații precum sunt “Google Street View” și “Microsoft Virtual Earth” pentru a obține o vizualizare pe plan superior a locației precise a unei zone de interes.

Un alt sistem mobil uni-cameral de cartare este reprezentat și de Sistemul mobil de Masurare și de Inventariere a Autostrăzilor – “*Automatic Road Analyser – (ARAN)*” realizat de compania canadiană “*Roadware GRP*” și care este destinat să colecteze datele măsurătorilor referitoare la obiecte, caracteristici, structuri și marcaje de teren situate de

alungul autostrăzilor și al șoselelor, pentru planificarea, managementul și întreținerea acestora.

Dintre aplicațiile sistemului mobil *ARAN* se menționează în primul rând faptul că acest sistem permite să se stabilească rapid și în mod repetabil o bază de date inițială de management a semnelor de circulație. Atunci când este utilizat în conjuncție cu fluxul de date al sistemului GPS, echipamentul *ARAN* poate fi utilizat pentru a geocoda linia de centru, marginea și umerii drumurilor, alături de locația și de tipul diferitelor elemente adiacente ale marginii de drum.

Echipamentul *ARAN* poate fi utilizat și de Sistemul de Monitorizare a Autostrăzilor pentru a înregistra un număr de date de reper, precum sunt: numărul de piste, lățimea acestora și a umerilor.

Partea mobilă a sistemului realizează colectarea în teren a datelor și constă dintr-un vehicul multifuncțional prevăzut cu o camera video de înaltă rezoluție precis calibrată, montată în interiorul cabinei vehiculului și orientată spre partea dreaptă a drumului sau pe capota acestuia pentru obținerea unor imagini panoramice, cu un instrument de măsurare a distanțelor pentru poziționarea spațială, cu un sistem giroscopic geometric și cu un sistem ultrasonic de nivelmetrie pentru măsurarea precisă a atitudinii vehiculului.

Pentru măsurarea distanțelor străbătute de vehiculul laborator în cursul efectuării determinărilor este utilizat un encoder optic dispus pe axul motor al vehiculului pentru a contoriza rotațiile respectivului ax, iar codul de timp al achiziției datelor este realizat prin pulsul de marcă furnizat de un recorder video cu bandă, la intervale de 1/30 secunde.

În același timp, atitudinea curentă a vehiculului este determinată cu ajutorul unui sistem utilizabil pentru navigația pe distanțe scurte și anume un sistem compus din două giroscopae convenționale care furnizează date de tip analogic și dintre care un giroscop este utilizat pentru a măsura tangajul și ruliul, iar cel de al doilea pentru a măsura azimutul. În afara valorilor absolute ale unghiurilor de tangaj și de ruliu ale vehiculului determinate cu grupul giroscopic, echipamentul cu care este prevăzut sistemul *ARAN* realizează măsurarea acestor unghiuri și în raport cu planul pavimentului de drum cu ajutorul a patru senzori ultrasonici dispuși la cele patru colțuri ale vehiculului, senzori care măsoară distanța dintre șasiul vehiculului și suprafața pavimentului drumului la intervale de 1/15 secunde cu o precizie de 1,0 mm, într-un domeniu cuprins între -128 și +129 mm față de datum-ul de referință.

În mod opțional, sistemul *ARAN* mai dispune și de un receptor GPS care este utilizat pentru a obține o informație mai precisă de poziție, în condițiile în care datele GPS standard sunt corectate diferențial pentru a obține o rezoluție maximă de până la 1 metru. Cu o

frecvență de înregistrare mai redusă decât cea utilizată pentru datele giroscopice sau pentru cele de nivel, datele GPS sunt raportate la fiecare secundă sau la fiecare 30 de cadre de imagine, interpolarea între aceste momente realizându-se prin “navigația inertială” care utilizează datele giroscopice și cele ale instrumentului de tip encoder pentru măsurarea distanțelor.

Achiziția datelor este asigurată de către un sistem computerizat, iar sistemul video utilizează un cod de timp pentru a realiza sincronizarea imaginilor achiziționate cu baza de date geometrice și de poziție. Pe această bază, software-ul “*Surveyor*” al sistemului “*ARAN*” poate efectua măsurători pe imagini multiple utilizând procedeul de triangulație sau pe imagini singulare utilizând planul idealizat al autostrăzii ca o referință.

Stația de lucru *Surveyor* constă dintr-un PC, monitoare multiple și recordere video cu bandă, iar computerul utilizează un card de captură video cu capacitate de compresie a imaginilor achiziționate.

Dezavantajul soluției adoptate de către echipamentul *ARAN* se datorează însă faptului că nu se utilizează decât în mod opțional un receptor GPS, astfel că declanșarea din exterior a camerei video nu se efectuează de către semnalul recepționat de la sistemul satelitar GPS pentru a se realiza marcarea tuturor imaginilor cu timpul universal UTC, achiziționarea fiecărui cadru video realizându-se la intervale de o secunda sau de 1/15 secunde comandate de către “timer-ul” recorder-ului video cu bandă, ceea ce are drept rezultat faptul că sincronizarea unor imagini multiple este însoțită de erori suplimentare.

O abordare diferită în ceea ce privește soluționarea componentei de poziționare o prezintă însă sistemul mobil de cartare “*Photobus*” realizat de către Geodetic Engineering Laboratory (TOPO) din cadrul Institutului Federal Elvețian de Tehnologie din Lausanne – EPFL (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne). Un ansamblu de dispozitive în care sunt incluse receptoare GPS, un Sistem de Navigație Inertială (INS) și camere CCD sunt montate pe un vehicul mobil terestru cu care sistemul *Photobus* efectuează prospectarea automată a unor caracteristici specifice ale drumurilor așa cum sunt linia de centru, marcajele și semnele de drum la viteze de până la 100 km/ora și cu o precizie de poziționare de nivel sub-decimetric.

Pentru a realiza o poziționare limitată numai la unele obiective, așa cum sunt semnele de circulație, ale căror dimensiuni sunt apriori cunoscute și în condițiile în care atât aceste obiective, cât și vehiculul laborator se mențin în același plan orizontal, echipamentul mobil *Photobus* utilizează în mod separat, o singură camera video, care este plasată în plan orizontal, perpendicular pe axa longitudinală a vehiculului laborator.



Tot în același mod, prin utilizarea separată a unei singure camere video, se realizează și cartarea în timp real a geometriei drumurilor. În acest scop, achiziția imaginilor și procesarea acestora este realizată în mod autonom de către o cameră de tip *Ethercam* orientată în jos pe direcție verticală și care este înzestrată, ca și prima cameră menționată, cu un PC încorporat. Fiind triggerate prin comanda externă furnizată de un puls GPS pentru a garanta o sincronizare precisă, sistemele video captează cadrele prin intermediul pixelilor săi de tip CMOS care sunt mai puțin afectați de către variațiile de iluminare, efect întâlnit la variantele care utilizează senzori CCD.

Cea de a doua componentă a sistemului este reprezentată de o stație de bază mobilă care asigură determinarea în timp real a poziției și a orientării (azimutului) pentru camera *Ethercam* în zona străbătută de echipamentul *Photobus*. Această stație se bazează pe utilizarea unui receptor GPS cu antenă duală al cărui chip primar transmite în mod permanent corecții RTK către chipul secundar, cu scopul de a obține orientarea (azimut-ul) cu o precizie de nivelul gradelor. În acest scop s-a conceput și un server DGPS de nivel regional bazat pe Internet care contribuie la locația de nivel centimetric a chip-ului primar al receptorului GPS de pe echipamentul *Photobus* printr-o conexiune GPRS. În condițiile în care colectează cu o frecvență de 5 Hz corecțiile de la o rețea de stații de bază, acest server transmite mesaje RTK de corecție de la cea mai apropiată referință.

Conform afirmațiilor realizatorilor echipamentului *Photobus*, metoda utilizării unei vederi monoscopice furnizată de o cameră video orientată pe verticală pentru a extrage geometria drumurilor, prezintă avantaje considerabile față de cea pe care se bazează sistemele care folosesc camere orientate spre înainte, pe direcția de deplasare, și metode de extragere stereoscopică a caracteristicilor, datorită faptului că:

- permite utilizarea camerelor digitale cu rezoluție, calitate optică și stabilitate mai reduse;
- reduce complexitatea calibrării și a timpului de realizare;
- îmbunătățește vizibilitatea țintei în trafic dens;
- permite extragerea complet automatizată și fiabilă a caracteristicilor, posibil în timp real;
- reduce costurile menținând în același timp precizia optică la un nivel centimetric.

Totodată este de menționat faptul că sistemul *Photobus* este utilizat pentru monitorizarea liniei de centru în condițiile în care tehnologiile GPS diferențial și Dead Reckoning combinate asigură o precizie de poziționare de aproximativ 1,5 metri. În urma perfecționării sistemului prin utilizarea unui receptor GPS care capabilitatea de a recepționa și

semnalele satelitare EGNOS, precizia de poziționare se situează între 2 și 3 metri, atunci când vehiculul laborator se deplasează într-o zonă ne-obstrucționată, astfel că, preluate în mod separat, semnalele de corecție furnizate de sistemul satelitar EGNOS nu asigură capabilitatea localizării vehiculului laborator decât în limitele fiecărui culoar de circulație separat.

Dezavantajul sistemului *Photobus* este constituit tocmai de această gamă restrânsă a aplicațiilor sale, iar aceasta se datorează în principal faptului că echipamentul de navigație inerțială cu care este prevăzut nu asigură decât poziționarea continuă a vehiculului laborator nu și determinarea unghiurilor absolute de poziție ale acestuia.

Sistemul de cartare mobilă cu o singură cameră video conform invenției își propune să înlăture dezavantajele menționate în cele de mai sus, prin următoarea serie de măsuri combinate:

- Pentru a mări baza de măsurare a sistemului stereometric, în loc de a se recurge la utilizarea a două camere video de vizare montate pe același vehicul laborator, se folosește o singură cameră video, baza de măsurare fiind constituită de distanța dintre pozițiile din care camera video, în urma deplasării vehiculului laborator, vizează un același obiectiv dispus la o distanță care este de regulă mult mai mare decât cea care poate fi preluată de sistemele bi-camerale;

- Pentru a mări precizia de marcarea în timp a imaginilor video achiziționate, operația de declanșare a camerelor video se realizează din exterior, de către semnalul recepționat de la sistemul satelitar GPS, semnal care conține în mesajul său în afara datelor de poziție și datele privind timpul universal UTC;

- Pentru a mări distanța de la care pot fi poziționate țintele vizate din teren, se recurge la utilizarea unei camere digitale de înaltă rezoluție în montaj fix pe vehiculul laborator și care este prevăzută cu un obiectiv de tip telemetric și cu un câmp redus de vedere;

- Pentru a mări precizia de poziționare a unor obiective îndepărtate, se recurge la utilizarea unui sistem de navigație GPS cu frecvență dublă și cu capabilitate de funcționare în regim diferențial cuplat strâns cu o Unitate Inerțială de Măsurare – IMU, datele acestor sisteme fiind distribuite prin intermediul unui element de filtraj de tip Kalman;

- Pentru a asigura poziționarea obiectivelor vizate în sistemul terestru global de coordonate și înscrierea acestora în fișiere de tip GIS (Geographic Information System), se folosește o metodologie și un algoritm de calcul care permite efectuarea în trepte succesive, a operațiilor de extragere a coordonatelor pixelilor care corespund, în cadrul unei imagini, reperului vizat și definirea unui vector de poziție pentru acest reper, în raport cu prima poziție a camerei video, transferul acestui vector în sistemul de coordonate al vehiculului laborator,

iar apoi în sistemul global de referință. Repetarea acestor operații pentru cea de a doua poziție a camerei video, urmată de corelarea celor doi vectori de poziție ai reperului vizat în raport cu baza lor de măsurare, pentru a stabili în final poziția reperului în raport cu sistemul global terestru de coordonate.

Alte caracteristici și avantaje ale invenției sunt prezentate în următoarea descriere pe larg a sistemului mobil și a procedurii de cartare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, descriere în care se face referire inclusiv la desenele care o însoțesc, respectiv fig. 1...19, care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a modului cu care se realizează recepția corecțiilor diferențiale RTCM;
- fig. 2, schema de amplasare a unei antene GPS (Ant. GPS) și a unei camere video (C.V.) pe o platformă de montaj (Pt.) dispusă pe capota unui vehicul laborator (V.L.);
- fig. 3, schema de prezentare a vehiculului laborator (V.L.) cu evidențierea interiorului acestui vehicul, interior în care este amenajat un post de operare care cuprinde un receptor (GPS) cuplat cu o unitate inerțială (INS) și o unitate de calcul și de stocare a datelor (Comp.);
- fig. 4, schema de principiu a procedurii de cartare a unei ținte îndepărtate (T) prin vizarea acestuia cu o singură cameră video (C.V.) din două poziții (Poz. 1) și (Poz. 2) ale vehiculului laborator (V.L.), poziții aflate la o distanță (B.M.) care constituie baza de măsurare și la care ținta vizată este detectabilă în ambele cadre de imagine preluate de camera video;
- fig. 5, schema pentru definirea unghiului de azimut  $\Psi$  al vehiculului laborator;
- fig. 6, schema pentru definirea unghiului de tangaj  $\Theta$  al vehiculului laborator;
- fig. 7, schema pentru definirea unghiului de ruluu  $\Phi$  al vehiculului laborator;
- fig. 8, schema pentru definirea unghiului de girație  $\Psi_C$  al axei optice a camerei video (CV);
- fig. 9, schema pentru definirea unghiului de înclinare  $\Theta_C$  al axei optice a camerei video (CV);
- fig. 10, schema optică pentru definirea unghiurilor de deviație  $\psi_p$  și  $\mathcal{G}_p$  ale direcției țintei  $z_T$  în raport cu direcția axei optice centrale  $z_C^*$  a camerei video, precum și pentru definirea modului în care se formează imaginea  $T'$  a țintei în planul senzorului CCD al camerei video;

- fig. 11, scheme geometrice pentru determinarea expresiilor de definire a unghiurilor de deviație  $\psi_p$  și  $\vartheta_p$  ale direcției țintei în funcție de coordonatele liniare,  $d_x$  și  $d_y$ , ale imaginii acestei ținte pe senzorul CCD al camerei video:

- a. schema pentru stabilirea expresiei unghiului de deviație  $\psi_p$ ;
- b. schema pentru stabilirea expresiei unghiului de deviație  $\vartheta_p$ .

- fig. 12, schema pentru definirea unghiului de deviație  $\psi_p$  al direcției țintei în plan orizontal;

- fig. 13, schema pentru definirea unghiului de deviație  $\vartheta_p$  al direcției țintei în plan vertical;

- fig. 14, schema pentru definirea unghiului absolut de azimut al țintei  $\Psi_T$  vizate;

- fig. 15, schema pentru definirea unghiului absolut de înălțare al țintei  $\Theta_T$  vizate;

- fig. 16, schema pentru definirea unghiului absolut de rulu al țintei  $\Phi_T$  vizate;

- fig. 17, schema pentru determinarea poziției țintei T în planul orizontal al elipsoidului de referință prin vizarea acesteia din două poziții diferite,  $C_1$  și  $C_2$ , ale camerei video, poziții rezultate în urma deplasării vehiculului laborator pe traseul de test;

- fig. 18, schema de poziționare a țintei T vizate în coordonate geografice, de longitudine și respectiv latitudine, pe o sferă echivalentă a globului terestru;

- fig. 19, schema pentru stabilirea relației de calcul a înălțimii  $h$  a țintei T în planul orizontal (P.O.) al elipsoidului de referință.

Configurarea practică a sistemului mobil de cartare implică însă definirea în primul rând a nivelului de precizie care trebuie să fie asigurat de echipamentele de măsurare cu care este prevăzut sistemul respectiv.

Astfel, pentru determinările topometrice ale țintelor din teren se admite de regulă o abatere liniară de poziționare de aproximativ  $d = 0,2$  metri (20 cm). Această condiție se aplică în primul rând pentru vehiculul laborator pentru a cărui poziționare cu acest nivel de precizie este necesară utilizarea unui receptor GPS care are capacitatea de a funcționa în regim RTK (Real Time Kinematic), respectiv are posibilitatea de a se conecta prin intermediul rețelei de Internet la o stație GPS de referință la care este abonat și de la care să preia corecțiile diferențiale.

Chiar și în lipsa erorilor datorate propriei poziționări a vehiculului laborator MMS, o abatere liniară  $d$  de poziționare a țintei vizate apare datorită erorii unghiulare  $\varepsilon$  de măsurare proprie echipamentului inertial IMU utilizat, așa după cum rezultă din relația:

$$\varepsilon [\text{grade}] = \frac{360^0 \times d}{2 \cdot \pi \cdot D}$$

în care s-au utilizat notațiile:

$\varepsilon$  – eroarea unghiulară de măsurare proprie echipamentului inerțial IMU utilizat;

$d$  – abaterea liniară de poziționare a țintei vizate;

$D$  – distanța reală până la ținta vizată.

Dacă condiția definită mai sus pentru echipamentul GPS este unică indiferent de regimul de utilizare a sistemului de cartare mobilă, pentru unitatea inerțială IMU, condițiile sunt diferite în funcție de destinația, respectiv aplicația în care va fi utilizat Sistemul Mobil de Cartare:

A) Sistem Mobil de Cartare cu două camere video și care este utilizat pentru cartarea drumurilor parcurse de vehiculul laborator, a semnelor de circulație și a obiectivelor aflate în apropierea arterei de circulație la o distanță  $D$  care nu depășește 40 metri.

Cu relația de mai sus, pentru  $d = 0,2$  metri și  $D = 40$  metri, se obține valoarea maximă admisă pentru eroarea unghiulară a unității inerțiale IMU:  $\varepsilon = 0,28^0$ .

B) Sistem Mobil de Cartare care poate funcționa și cu o singură cameră video și care, în afara misiunilor enumerate mai sus, poate efectua și sarcini de cartografiere a unor clădiri, poduri, diguri, a căror distanță maximă până la vehiculul laborator poate ajunge până la valoarea  $D = 200$  metri.

Cu aceiași relație de mai sus, pentru  $d = 0,2$  metri și  $D = 200$  metri, se obține valoarea maximă admisă pentru eroarea unghiulară a unității inerțiale IMU:  $\varepsilon = 0,057^0$ .

Întrucât performanțele și, în consecință, și domeniile de aplicare ale sistemului mobil de cartare sunt determinate în primul rând de capacitatea modulului de poziționare satelitară (GNSS), precum și a modulului constituit de unitatea de măsurări inerțiale (IMU) de a asigura nivelele de precizie susmenționate, este necesar ca, în continuare, pe baza analizării unor aspecte ale funcționării acestor doua module, să se stabilească configurația optimă a acestora pentru sistemul mobil de cartare conform invenției, după cum urmează:

#### **a) Modulul de Poziționare Diferențială GNSS**

Sistemele Satelitare de Navigație Globală (GNSS), așa cum sunt sistemele NAVSTAR-GPS (SUA) și GLONASS (Rusia), permit determinarea cu precizie ridicată a poziției într-un sistem de referință geocentric, în oricare punct situat pe suprafața terestră, în apropierea sau exteriorul acesteia, folosind sateliți artificiali ai Pământului.

Aceste operații de poziționare GNSS se prezintă în două variante de bază: a) Poziționarea într-un singur punct și b) Poziționarea diferențială.

În cadrul poziționării într-un singur punct, coordonatele locației unui receptor GNSS sunt determinate în raport cu cadrul de referință al Pământului prin utilizarea pozițiilor cunoscute ale sateliților GNSS care sunt urmăriți. Soluția de poziție care este generată de receptor și care este afectată într-o mare măsură de condițiile de propagare în atmosferă ale undelor radio, este dezvoltată inițial în coordonatele ECEF (Earth-Centered-Earth-Fixed), coordonate care apoi sunt convertite în oricare alt sistem regional de coordonate.

În cadrul poziționării diferențiale, cunoscută și sub denumirea de poziționare relativă, coordonatele unui receptor GNSS, care reprezintă în acest caz stația "rover", sunt determinate în raport cu un receptor GNSS care constituie "stația de bază" și a cărei poziție a fost anterior determinată cu mare precizie prin utilizarea tehnicilor convenționale de prospectare. În acest fel, oricare diferențe dintre poziția cunoscută a stației de bază și poziția calculată la această stație pe baza tehnicilor satelitare GNSS pot fi atribuite diferitelor componente ale erorilor de poziționare. Stația de bază transmite către stația rover informații cu privire la fiecare satelit urmărit, astfel că pseudo-distanțele (distanțele satelit-receptor) măsurate de receptorul mobil sunt corectate pe baza corecțiilor diferențiale obținute de la stația de bază.

Corecțiile transmise de receptorul bază pot fi corecții de pseudodistanțe (PRC-Pseudo-Range-Corrections) și corecții de variație a pseudo-distanțelor (RRC - Rate of Range Corrections). Aceste corecții se pot determina utilizând pseudodistanțele determinate pe baza codurilor transmise de sateliți (varianta DGNS - Differential GNSS) sau pe baza măsurătorilor efectuate folosind faza unde purtătoare (varianta RTK - Real Time Kinematic).

În cazul metodei diferențiale aplicate asupra fazei unde purtătoare a semnalului de cod satelitar se obțin soluții de poziționare de tip RTK cu precizii mult superioare, respectiv de ordinul a 1-2 cm. Legat de aceasta trebuie menționat că distanța instantanee dintre un satelit GNSS și un receptor poate fi apreciată în termenii unui număr de lungimi de undă ale purtătoarei prin care s-a propagat semnalul. Acest număr care are o componentă fracțională și o componentă întreagă poate fi considerat drept rezultatul unei măsurători de pseudo-distanță (în cicli) cu un offset întreg constant, inițial necunoscut. Circuitele de urmărire pot determina, într-un mod relativ simplu, componenta fracțională și modificările pe care le prezintă componenta întreagă a acestui număr de cicli, în condițiile în care însă, determinarea componentei inițiale întregi este mai puțin directă și constituie de fapt, elementul de "ambiguitate" al acestor operații.

Din acest motiv, spre deosebire de algoritmi de calcul al pseudo-distanțelor în cadrul cărora stațiile de bază transmit numai corecțiile, în cazul algoritmilor care se aplică asupra fazei purtătoarei, aceștia realizează "dubla diferență" a observațiilor curente ale receptoarelor

de la stația de bază și de la stația rover, dublă diferență care este formată prin scăderea, una dintr-alta, a măsurătorilor efectuate asupra unor perechi satelitare identice recepționate la cele două receptoare.

Generarea acestor corecții diferențiale se poate realiza și în cadrul unei rețele de stații (receptoare) de referință, așa cum este spre exemplu, EUREF - Rețeaua Europeană de Diseminare a Corecțiilor Diferențiale GPS care acoperă întregul continent european și care menține în timp real, pe Internet, o infrastructură GNSS (Global Navigation Satellite System) utilizând stațiile GPS/GLONASS ale rețelei sale europene permanente EPN (European Permanent Network) pentru a disemina corecțiile conforme protocolului RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services).

La rețeaua EUREF este interconectată și o Rețea Națională de Stații Permanente GNSS, așa cum este ROMPOS, rețea la ale cărei servicii de furnizare a datelor de corecție necesare îmbunătățirii preciziei de poziționare, se poate recurge și în situațiile în care utilizatorul dispune numai de un singur receptor GNSS, dar are posibilitatea de conectare din teren la Internet, prin conexiuni de tipul GSM/GPRS/CDMA.

Astfel serviciul ROMPOS – DGNSN furnizează corecții pentru aplicații cinematice în timp real cu o precizie de poziționare între 3.0 m și 0.5 m pentru receptoare cu o singură frecvență, iar serviciul ROMPOS – RTK furnizează corecții pentru aplicații cinematice în timp real cu o precizie de poziționare între 0.5 și 2.0 cm pentru receptoare cu două frecvențe, formatul de date furnizate cu o frecvență de 1 Hz pentru ambele servicii, fiind conforme protocolului RTCM 2.x, 3.x.

Pentru aplicațiile de poziționare în timp real, indiferent însă de tipul de rețea care este utilizat, trebuie stabilită o legătură continuă de date între rețeaua de referință și stațiile rover pentru ca utilizatorii DGPS să recepționeze corecțiile diferențiale generate de la rețeaua de referință. Pentru poziționarea diferențială în arii locale sau regionale, se utilizează sistemele de comunicații radio, iar pentru zonele cu acoperire în rețeaua Internet se recurge la această alternativă de transmisie și de recepție a corecțiilor diferențiale. Astfel, pentru aplicațiile DGPS și RTK (Real Time Kinematic) care utilizează rețeaua de Internet, linia de comunicație dintre rețeaua de referință și un utilizator mobil constă din două elemente consecutive: Cea mai mare parte a distanței de comunicație, care este cablată, este acoperită de Internet, în timp ce restul distanțelor, mai scurte, spre diferiții utilizatori mobili, poate fi acoperită în bune condiții cu telefoane mobile celulare.

Ținând seama de cele menționate mai sus, pentru realizarea modulului de recepție a corecțiilor diferențiale pentru echipamentul de cartare conform invenției, așa după cum se

prezintă în fig. 1, se recurge la utilizarea unui receptor **GPS** care este prevăzut cu conectoare separate pentru recepția corecțiilor diferențiale de tip **RTCM - Corect. RTCM** și respectiv pentru transmiterea datelor GPS corectate - **GPS Corect**. Prin aceste conectoare, receptorul **GPS + INS** se conectează la două porturi seriale ale unui sistem de calcul - **Notebook**, în așa fel încât, prin primul port al acestuia se recepționează datele GPS corectate care corespund locației utilizatorului, iar prin cel de al doilea port se transmit către receptorul GPS corecțiile diferențiale recepționate dintr-o rețea de distribuție prin intermediul unui telefon mobil celular **T.M.** cu funcționare în regim **CDMA** și care este conectat la un al treilea port al sistemului de calcul.

#### **b) Modulul integrat de poziționare GPS-INS**

Așa după cum s-a menționat în cele de mai sus, poziționarea GPS realizează măsurări de distanță ale receptorului față de sateliții Sistemului de Poziționare Globală, măsurători pe baza cărora receptorul își poate calcula poziția și viteza sa, în condițiile în care în câmpul său de vedere se află, simultan, cel puțin patru sateliți.

Pe de altă parte, un Sistem de Navigație Inerțială (**INS**) utilizează valorile unor parametri precum sunt forțele și rotațiile măsurate de către o Unitate de Măsurări Inerțiale (**IMU**) pentru a calcula accelerația, viteza și unghiurile de atitudine ale receptorului utilizatorului. Forțele sunt măsurate de către unitatea **IMU** cu accelerometre dispuse pe trei axe perpendiculare, iar un ansamblu de giroscopae măsoară rotațiile în jurul acestor axe, în condițiile în care acestei unități îi sunt furnizate o serie de date inițiale, așa cum sunt poziția, viteza și unghiurile de atitudine inițiale, precum și viteza de rotație a pământului și valoarea câmpului său gravitațional. Chiar și în aceste condiții, datorită faptului că erorile care afectează măsurătorile realizate de către senzorii unității **IMU** se acumulează în timp, o soluție de poziționare care se bazează numai pe elementele inerțiale se degradează în timp, dacă nu se asigură actualizarea externă a valorilor de poziție, viteză și atitudine. Această actualizare periodică se realizează cu ajutorul unui sistem de interfațare de tip **SPAN** (Synchronous Position, Attitude and Navigation) care integrează măsurătorile inerțiale brute cu toate soluțiile GPS disponibile, interfațare care se bazează pe metoda Kalman de filtrare al cărui vector de stare include atitudinea, poziția, viteza, offset-urile accelerometrelor și derivatele giroscopelor, pentru a furniza soluția optimă posibilă în oricare situație. În acest fel, prin utilizarea soluției GPS de înaltă precizie, erorile de măsurare ale sistemului inerțial **INS** pot fi modelate și diminuate, iar pe de altă parte, continuitatea și precizia relativă a soluției inerțiale **INS**, asigură o reechiziție mai rapidă a semnalului GPS în urma întreruperilor acestuia, precum și o convergență sporită în obținerea soluțiilor de tip **RTK**.



În consecință, ținând seama de cele prezentate mai sus, sistemul, conform invenției, de cartare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere sau care sunt inaccesibile în mod direct, cuprinde un vehicul laborator **V.L.** care se deplasează cu vitezele permise pe artera rutieră supusă prospectării și ale cărui unghiuri de poziție și coordonate geografice sunt determinate în timp real cu ajutorul unui echipament de poziționare **GPS** cu capacitate de recepție a două frecvențe satelitare **L1** și **L2** și care este susținut de un sistem de navigație inerțială - **INS** și de o conexiune **Internet** la o rețea națională de stații de bază furnizoare de corecții diferențiale corespunzătoare regimului de funcționare **RTK (Real Time Kinematic)**. Între condițiile de bază pe care le implică poziționarea precisă a țintelor vizate se înscrie și o bună sincronizare între momentul achiziției cadrelor de imagine și timpul universal **UTC** al cărui semnal este furnizat de ieșirea **PPS (Pulse Per Second)** a receptorului **GPS**.

Așa după se prezintă în fig. 2, o antenă **Ant. GPS** a receptorului **GPS** este amplasată pe axa longitudinală  $z_V^m$  a vehiculului laborator pe o platformă de montaj **Pt.** dispusă pe capota acestuia. Pe aceeași platformă, pentru a realiza vizarea optică a obiectivelor din teren cu ajutorul unui sistem video uni-cameral, la o distanță  $m$  de antenă, pe direcția axei transversale  $x_V^m$  a vehiculului este montată o cameră video (**C.V.**) al cărui obiectiv optic este orientat spre o parte laterală a vehiculului sub un unghi fix  $\Psi_C$ , precis determinat, corespunzător aplicației avute în vedere, unghi cu care sistemul de coordonate,  $x'_C, z'_C$ , al camerei video este rotit în planul orizontal al vehiculului laborator în raport cu sistemul de coordonate,  $x_V^m, z_V^m$ , al acestuia.

În cadrul unei aplicații neîntrerupte de determinări, camera video are o orientare fixă în raport cu vehiculul purtător, prin blocarea rotației în plan orizontal, a înclinării și a zoom-ului camerei la valori pentru care camera a fost calibrată. Datele de calibrare sunt memorate și utilizate ulterior pentru a defini orientarea camerei în raport cu direcția de deplasare a vehiculului și pentru a defini scara imaginii. În plus, fiecare imagine achiziționată de către camera video este marcată cu poziția și atitudinea acesteia, de către componenta **GPS/INS** a echipamentului de cartare.

În interiorul vehiculului laborator a cărui cameră video, așa după cum se prezintă în fig. 3, vizează un semn de circulație **S.C.**, este amplasat un post de operare a sistemului de cartare, post care cuprinde un receptor **GPS** cuplat cu o unitate inerțială **INS** și o unitate de calcul și de stocare a datelor **Comp.**.

Procedul de cartare conform invenției, implică realizarea unei succesiuni de determinări și de achiziții automate de date, precum și implementarea unui algoritm de calcul

cu care se realizează: a) determinarea valorilor unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale unei ținte **T** vizate în raport cu punctul în care se află camera video **C.V.** în momentul în care a fost achiziționată imaginea respectivă și b) determinarea coordonatelor geografice ale țintei **T**, în latitudine și în longitudine, în planul orizontal al elipsoidului terestru de referință, prin aplicarea unor procedee de triangulație asupra valorilor unghiurilor de poziție și respectiv de azimut,  $\Psi_{T_1}$  și  $\Psi_{T_2}$ , ale țintei **T**, unghiuri determinate în raport cu direcția Nord **N** a meridianului magnetic local și care corespund la două poziții diferite, **Poz.1** și **Poz. 2** ale vehiculului laborator **V.L.**, poziții aflate, așa după cum se prezintă în fig. 4, la o distanță **B.M.** care constituie baza de măsurare și la care ținta vizată este detectabilă în ambele cadre de imagine preluate de camera video **C.V.**

În regim de post-procesare, operatorul interacționează cu software-ul pe care se bazează procedeul de cartare conform invenției, prin punctarea, cu mouse-ul sistemului de calcul, a obiectivelor de interes vizualizate din două locații diferite ale vehiculului laborator.

În cadrul unei prezentări generale a procedeeului de cartare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, se poate considera că fiecare pixel selectat de operator dintr-un cadru de imagine video reprezintă un vector în spațiu: În această accepțiune, algoritmul de calcul al procedeeului de cartare convertește coordonatele  $x, y$ , ale pixelului într-un “vector al direcției de vizare”, raportat inițial la vectorul median al camerei video, vectorul de vizare fiind apoi rotit în raport cu girația, tangajul și ruliul camerei video, pe baza informațiilor referitoare la calibrarea camerei. În continuare, vectorul rezultat este rotit pentru a prelua tangajul și ruliul vehiculului în raport cu planul orizontal, utilizând datele unghiulare furnizate de către Unitatea Inercială de Măsurare **IMU**. În urma determinării în acest mod a vectorilor de poziție ai țintei vizate în raport cu două locații diferite ale vehiculului laborator, software-ul procedeeului de cartare efectuează o trianghiulație pentru a determina poziția relativă în raport cu vehiculul laborator a obiectivului selectat și a o transfera în continuare într-un sistem global de coordonate (spre exemplu, latitudine, longitudine, înălțime).

Trecând acum la prezentarea în detaliu a procedeeului de cartare se precizează că acesta se bazează pe un algoritm de calcul care corespunde configurației adoptate pentru echipamentul de cartare conform invenției și care este alcătuit din două componente principale:

I. Grupul relațiilor de calcul al unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintei vizate în raport cu punctul **L** în care este plasat obiectivul camerei video;

II. Grupul relațiilor de calcul cu care se realizează determinarea poziției țintei  $T$  în planul orizontal al elipsoidului de referință.

La rândul său prima componentă a algoritmului cuprinde următoarele etape de calcul:

A. Definirea unghiurilor de poziție,  $\Psi$ ,  $\Theta$  și  $\Phi$ , ale vehiculului laborator furnizate de o Unitate de Măsurări Inerțiale - I.M.U.:

1. Unghiul de azimut  $\Psi$  al vehiculului;
2. Unghiul de tangaj  $\Theta$  al vehiculului;
3. Unghiul de ruluu  $\Phi$  al vehiculului.

B. Definirea unghiurilor de pozare,  $\Psi_C$  și  $\Theta_C$ , ale camerei video:

4. Unghiul de girație  $\Psi_C$  al camerei;
5. Unghiul de înclinare  $\Theta_C$  al camerei.

C. Definirea unghiurilor de deviație,  $\psi_p$  și  $\vartheta_p$ , ale direcției țintei în raport cu direcția axei centrale a camerei video.

D. Integrarea în sistemul de calcul a unghiurilor de deviație,  $\psi_p$  și  $\vartheta_p$ , ale direcției țintei:

6. Unghiul de deviație pe laterală  $\psi_p$ ;
7. Unghiul de deviație pe verticală  $\vartheta_p$ .

E. Definirea unghiurilor absolute de poziționare ale țintei,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$  :

8. Unghiul absolut de azimut al țintei  $\Psi_T$ ;
9. Unghiul absolut de înălțare al țintei  $\Theta_T$ ;
10. Unghiul absolut de ruluu al țintei  $\Phi_T$ .

F. Integrarea în sistemul de calcul a unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintei vizate.

Prezentarea în detaliu a etapelor algoritmului de calcul enumerate mai sus are următorul aspect:

I. Grupul relațiilor de calcul al unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintei vizate.

A. Definirea unghiurilor de poziție,  $\Psi$ ,  $\Theta$  și  $\Phi$ , ale vehiculului furnizate de I.M.U.

1. Unghiul de azimut  $\Psi$  al vehiculului laborator V.L. este definit, așa după cum se prezintă în fig. 5, în raport cu două sisteme de coordonate dispuse în plan orizontal și anume:

- sistemul de coordonate,  $x_V, z_V$ , din planul orizontal al locului curent în care se află vehiculul, sistem a cărui axa  $z_V$  este orientată pe direcția meridianului magnetic local N;
- sistemul plan de coordonate,  $x'_V, z'_V$ , legat de vehicul, sistem în cadrul căruia axa  $z'_V$  este orientată pe direcția axului longitudinal al vehiculului.

În raport cu aceste referințe, unghiul de azimut  $\Psi$  reprezintă unghiul cu care este rotit în sens direct, față de sistemul de coordonate,  $x_V, z_V$ , din planul orizontal al locului curent, sistemul de coordonate,  $x'_V, z'_V$ , legat de vehicul, respectiv unghiul curent dintre direcția meridianului magnetic local N și direcția  $z'_V$  a axului longitudinal al vehiculului.

Este important de precizat că toate sistemele de coordonate care au fost definite, precum și cele care urmează a fi definite, își au originea în același punct L în care este plasată lentila camerei video a sistemului.

În aceste condiții, un vector unitar  $A$  de referință, cu originea în punctul L susmenționat, ale cărui componente în sistemul tridimensional de coordonate,  $x_V, y_V, z_V$ , sunt  $A_{x_V}, A_{y_V}$  și respectiv  $A_{z_V}$ , prezintă în sistemul tridimensional de coordonate legat de vehicul,  $x'_V, y'_V, z'_V$ , componentele  $A_{x'_V}, A_{y'_V}$  și respectiv  $A_{z'_V}$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 5, prin care se definește unghiul de azimut  $\Psi$  al vehiculului laborator, între componentele vectorului de referință  $A$  în cele două sisteme tridimensionale de coordonate există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x'_V} &= A_{x_V} \cdot \cos \Psi - A_{z_V} \cdot \sin \Psi \\ A_{y'_V} &= A_{y_V} \\ A_{z'_V} &= A_{x_V} \cdot \sin \Psi - A_{z_V} \cdot \cos \Psi \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Psi]$  a unghiului de azimut cu expresia sa separată:

$$\begin{bmatrix} A_{x'_V} \\ A_{y'_V} \\ A_{z'_V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Psi & 0 & -\sin \Psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \Psi & 0 & \cos \Psi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x_V} \\ A_{y_V} \\ A_{z_V} \end{bmatrix} = [\Psi] \cdot \begin{bmatrix} A_{x_V} \\ A_{y_V} \\ A_{z_V} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. Unghiul de tangaj  $\Theta$  al vehiculului laborator V.L., așa după cum se prezintă în fig. 6, este definit în planul vertical al locului curent în care se afla vehiculul, în raport cu două sisteme de coordonate și anume:

- sistemul drept de coordonate,  $x'_V, y'_V, z'_V$ , legat de vehicul, sistem în cadrul căruia axa  $x'_V$  este orientată în direcția axului longitudinal al vehiculului în planul orizontal al locului;

- sistemul drept de coordonate,  $x''_V, y''_V, z''_V$ , sistem derivat din sistemul de coordonate,  $x'_V, y'_V, z'_V$ , prin rotația acestuia în sens direct, în plan vertical, în jurul axei comune  $x'_V \equiv x''_V$ , cu unghiul de tangaj  $\Theta$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 6, prin care se definește unghiul de tangaj  $\Theta$  al vehiculului laborator, între componentele,  $A_{x'_V}$ ,  $A_{y'_V}$  și  $A_{z'_V}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x'_V, y'_V, z'_V$ , și componentele,  $A_{x''_V}$ ,  $A_{y''_V}$  și  $A_{z''_V}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x''_V, y''_V, z''_V$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x''_V} &= A_{x'_V} \\ A_{y''_V} &= A_{y'_V} \cdot \cos \Theta + A_{z'_V} \cdot \sin \Theta \\ A_{z''_V} &= -A_{y'_V} \cdot \sin \Theta + A_{z'_V} \cdot \cos \Theta \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Theta]$  a unghiului de tangaj cu expresia sa separată:

$$\begin{bmatrix} A_{x''_V} \\ A_{y''_V} \\ A_{z''_V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \Theta & \sin \Theta \\ 0 & -\sin \Theta & \cos \Theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x'_V} \\ A_{y'_V} \\ A_{z'_V} \end{bmatrix} = [\Theta] \cdot \begin{bmatrix} A_{x'_V} \\ A_{y'_V} \\ A_{z'_V} \end{bmatrix} \quad (2)$$

3. Unghiul de ruliu  $\Phi$  al vehiculului laborator V.L., rezultă așa după cum se prezintă în fig. 7, din rotația sistemului de coordonate,  $x''_V, y''_V, z''_V$ , în jurul axei sale  $z''_V$ , în sens direct, cu valoarea necesară pentru a se suprapune peste sistemul de coordonate propriu,  $x'''_V, y'''_V, z'''_V$ , al vehiculului laborator. În cadrul acestui sistem de coordonate, axa  $z'''_V$  coincide cu axa longitudinală a vehiculului, axa  $y'''_V$  este orientată în jos, spre podeaua acestuia, iar axa  $x'''_V$  este orientată perpendicular pe partea dreaptă a vehiculului.

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 7, prin care se definește unghiul de ruliu  $\Phi$  al vehiculului laborator, între componentele,  $A_{x''_V}$ ,  $A_{y''_V}$  și  $A_{z''_V}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x''_V, y''_V, z''_V$ , și componentele,  $A_{x'''_V}$ ,  $A_{y'''_V}$  și  $A_{z'''_V}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x'''_V, y'''_V, z'''_V$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x_V}'' &= A_{x_V}' \cdot \cos\Phi + A_{y_V}' \cdot \sin\Phi \\ A_{y_V}'' &= -A_{x_V}' \cdot \sin\Phi + A_{y_V}' \cdot \cos\Phi \\ A_{z_V}'' &= A_{z_V}' \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Phi]$  a unghiului de rulu cu expresia sa separată:

$$\begin{bmatrix} A_{x_V}'' \\ A_{y_V}'' \\ A_{z_V}'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Phi & \sin\Phi & 0 \\ -\sin\Phi & \cos\Phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x_V}' \\ A_{y_V}' \\ A_{z_V}' \end{bmatrix} = [\Phi] \cdot \begin{bmatrix} A_{x_V}' \\ A_{y_V}' \\ A_{z_V}' \end{bmatrix} \quad (3)$$

**B. Definierea unghiurilor de pozare  $\Psi_C$  și  $\Theta_C$  ale camerei video.**

Pentru a obține o poziționare precisă a reperului de interes din teren este necesar ca vizarea acestuia cu camera video, din două puncte diferite ale traseului parcurs, să se efectueze sub unghiuri de vizare pe cât este posibil diferite. Din acest motiv se evită montarea camerei video într-o poziție în care axa sa optică se suprapune pe direcția de deplasare a vehiculului laborator, respectiv pe axa longitudinală a vehiculului laborator. Practic, pentru fiecare gen de aplicație în teren a echipamentului se stabilește un set corespunzător de valori fixe și riguros determinate ale unghiurilor de pozare în girație și în înclinare ale axei optice a camerei video în raport cu sistemul propriu de coordonate al vehiculului laborator.

4. Unghiul de girație  $\Psi_C$  al axei optice a camerei video reprezintă, așa după cum rezultă din fig. 8, unghiul cu care sistemul de coordonate,  $x_V'', y_V'', z_V''$ , al vehiculului laborator V.L. este rotit în sens direct, în planul orizontal al acestuia în jurul axei sale verticale  $y_V''$ , cu valoarea necesară pentru a aduce axa sa  $x_V''$  în planul vertical în care este dispusă direcția de vizare a camerei video. Considerând că înainte de efectuarea acestei rotații, sistemul de coordonate,  $x_V'', y_V'', z_V''$ , al vehiculului coincidea cu sistemul de coordonate,  $x_C, y_C, z_C$ , al camerei video C.V., prin această rotație cu unghiul  $\Psi_C$  în jurul axei  $y_V'' \equiv y_C$ , se obține pentru cameră un nou sistem de coordonate,  $x'_C, y'_C, z'_C$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 8 prin care se definește unghiul de girație  $\Psi_C$  al axei optice a camerei video C.V., între componentele,  $A_{x_C}, A_{y_C}$  și  $A_{z_C}$  ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x_C, y_C, z_C$ , și componentele,  $A_{x'_C}, A_{y'_C}$  și  $A_{z'_C}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x'_C, y'_C, z'_C$ , există următoarele relații de transformare:

$$A_{x'_C} = A_{x_C} \cdot \cos \Psi_C - A_{z_C} \cdot \sin \Psi_C$$

$$A_{y'_C} = A_{y_C}$$

$$A_{z'_C} = A_{x_C} \cdot \sin \Psi_C - A_{z_C} \cdot \cos \Psi_C$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Psi_C]$  a unghiului de rotație al camerei video cu expresia sa separată:

$$\begin{bmatrix} A_{x'_C} \\ A_{y'_C} \\ A_{z'_C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Psi_C & 0 & -\sin \Psi_C \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \Psi_C & 0 & \cos \Psi_C \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x_C} \\ A_{y_C} \\ A_{z_C} \end{bmatrix} = [\Psi_C] \cdot \begin{bmatrix} A_{x''_V} \\ A_{y''_V} \\ A_{z''_V} \end{bmatrix} \quad (4)$$

5. Unghiul de înclinare  $\Theta_C$  al axei optice a camerei video C.V. reprezintă, așa după cum rezultă din fig. 9, unghiul cu care sistemul de coordonate,  $x'_C, y'_C, z'_C$ , al camerei video este rotit în sens direct, în planul vertical al acestuia în jurul axei sale orizontale  $x'_C$ , cu valoarea fixă de montaj stabilită pentru vizarea obiectivelor selectate pentru aplicația respectivă. Prin această rotație, sistemul de coordonate,  $x'_C, y'_C, z'_C$ , este adus în poziția finală pe care o ocupă camera video în raport cu vehiculul laborator, poziție marcată prin sistemul de coordonate,  $x''_C, y''_C, z''_C$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 9, prin care se definește unghiul de înclinare  $\Theta_C$  al axei optice a camerei video C.V., între componentele,  $A_{x'_C}$ ,  $A_{y'_C}$  și  $A_{z'_C}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x'_C, y'_C, z'_C$ , și componentele,  $A_{x''_C}$ ,  $A_{y''_C}$  și  $A_{z''_C}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x''_C, y''_C, z''_C$ , există următoarele relații de transformare:

$$A_{x''_C} = A_{x'_C}$$

$$A_{y''_C} = A_{y'_C} \cdot \cos \Theta_C + A_{z'_C} \cdot \sin \Theta_C$$

$$A_{z''_C} = -A_{y'_C} \cdot \sin \Theta_C + A_{z'_C} \cdot \cos \Theta_C$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Theta_C]$  a unghiului de înclinare al camerei video C.V. cu expresia sa separată:

$$\begin{bmatrix} A_{x''_C} \\ A_{y''_C} \\ A_{z''_C} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \Theta_C & \sin \Theta_C \\ 0 & -\sin \Theta_C & \cos \Theta_C \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x'_C} \\ A_{y'_C} \\ A_{z'_C} \end{bmatrix} = [\Theta_C] \cdot \begin{bmatrix} A_{x'_C} \\ A_{y'_C} \\ A_{z'_C} \end{bmatrix} \quad (5)$$

C. Definirea unghiurilor de deviație,  $\psi_p$  și  $\vartheta_p$ , ale direcției țintei în raport cu direcția axei centrale a camerei video C.V.

Datorită faptului că vizarea unei ținte din teren se realizează de către camera video C.V. din diferite unghiuri de vizare, direcția axei optice centrale a acesteia nu coincide în general cu direcția pe care se află ținta vizată în raport cu obiectivul camerei video. Din acest motiv, definirea direcției țintei se realizează, în modul prezentat în fig. 10, prin unghiurile de deviație  $\psi_p$  și  $\vartheta_p$  cu care trebuie rotită axa optică centrală  $z_C^*$  în raport cu planul orizontal și respectiv vertical al sistemului de coordonate,  $x_C^*, y_C^*, z_C^*$ , al camerei video. În aceeași schemă din fig. 10, se prezintă și modul în care se realizează poziționarea, în planul senzorului CCD al camerei video, a imaginii țintei vizate, precum și modul în care se definește această poziționare a țintei în funcție de coordonatele sale în dimensiuni liniare sau în pixeli în cadrul sistemului de coordonate rectangular al senzorului CCD.

Pentru stabilirea relațiilor de calcul al coordonatelor liniare ale acestei imagini a țintei, în fig. 10, s-au introdus și următoarele notații:

$a, b$  – dimensiunea liniară a laturii “ $a$ ” și respectiv “ $b$ ” a senzorului CCD;

$N_a, N_b$  - numărul de pixeli de pe latura “ $a$ ” și respectiv “ $b$ ” a senzorului CCD;

$n_x, n_y$  - coordonatele în pixeli ale pixelului  $T'$  care marchează ținta T pe suprafața senzorului CCD;

$d_x, d_y$  - coordonatele liniare ale pixelului  $T'$  care marchează ținta T pe suprafața senzorului CCD.

Determinarea coordonatelor în pixeli ale imaginii țintei vizate se bazează pe utilizarea unui procedeu de detecție care implică efectuarea de către operator a unui “click” cu mouse-ul sistemului de calcul pe respectiva imagine în secvențele în care aceasta apare pe ecranul monitorului. Cu notațiile introduse mai sus, relațiile de transformare a coordonatelor în pixeli ale pixelului T corespunzător țintei, în coordonatele liniare ale aceluși pixel T care poziționează ținta pe suprafața senzorului CCD, sunt următoarele:

$$d_x = \frac{n_x}{N_a} \cdot a \quad ; \quad d_y = \frac{n_y}{N_b} \cdot b \quad (6)$$

În funcție de coordonata liniară  $d_x$  a imaginii țintei, precum și de distanța focală  $f$  a obiectivului camerei, se poate determina, așa după cum se prezintă în fig. 11a, expresia unghiului de deviație  $\psi_p$  în plan orizontal a direcției țintei:

$$\psi_p = \arctan \frac{d_x}{f} \quad (7)$$



În același mod, în funcție de coordonata liniară  $d_y$ , a imaginii țintei, precum și de aceeași distanță focală  $f$  a obiectivului camerei, se poate determina, așa după cum se prezintă în fig. 11b, expresia unghiului de deviație  $\mathcal{G}_p$  în plan vertical a direcției țintei:

$$\mathcal{G}_p = \arctan \frac{d_y}{\sqrt{d_x^2 + f^2}} \quad (8)$$

D. Integrarea în sistemul de calcul a unghiurilor de deviație,  $\psi_p$  și  $\mathcal{G}_p$ , ale direcției țintei.

În definirea unghiurilor de deviație,  $\psi_p$  și  $\mathcal{G}_p$ , se ține seama că în situația în care aceste unghiuri au o valoare nulă, sistemul de coordonate,  $x_p, y_p, z_p$ , al țintei vizate coincide cu sistemul de coordonate,  $x_C^*, y_C^*, z_C^*$ , al camerei video C.V.

6. Unghiul de deviație pe laterală  $\psi_p$  al direcției țintei vizate se obține, așa după cum se prezintă în fig. 12, prin rotirea în sens direct a sistemului de coordonate,  $x_C^*, y_C^*, z_C^*$ , al camerei video C.V., în plan orizontal, în jurul axei sale verticale  $y_C^* \equiv y_p$  cu valoarea necesară pentru a aduce axa centrală de vizare  $x_C^*$  în planul vertical al țintei vizate, poziție marcată prin sistemul de coordonate,  $x'_p, y'_p, z'_p$ .

Dupa cum rezultă din schema vectorială din fig. 12, prin care se definește unghiul de deviație pe laterală  $\psi_p$  al direcției țintei vizate, între componentele,  $A_{x_p}$ ,  $A_{y_p}$  și  $A_{z_p}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x_p, y_p, z_p$ , și componentele,  $A_{x'_p}$ ,  $A_{y'_p}$  și  $A_{z'_p}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x'_p, y'_p, z'_p$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x'_p} &= A_{x_p} \cdot \cos \psi_p - A_{z_p} \cdot \sin \psi_p \\ A_{y'_p} &= A_{y_p} \\ A_{z'_p} &= A_{x_p} \cdot \sin \psi_p + A_{z_p} \cdot \cos \psi_p \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\psi_p]$  a unghiului de deviație pe laterală a direcției țintei vizate:

$$\begin{bmatrix} A_{x'_p} \\ A_{y'_p} \\ A_{z'_p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi_p & 0 & -\sin \psi_p \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \psi_p & 0 & \cos \psi_p \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x_p} \\ A_{y_p} \\ A_{z_p} \end{bmatrix} = [\psi_p] \cdot \begin{bmatrix} A_{x_C^*} \\ A_{y_C^*} \\ A_{z_C^*} \end{bmatrix} \quad (9)$$

7. Unghiul de deviație pe verticală  $\mathcal{G}_p$  al direcției țintei vizate se obține, așa după cum se prezintă în fig. 13, prin rotirea în sens direct, în plan vertical, a sistemului de coordonate,  $x'_p, y'_p, z'_p$ , în jurul axei sale orizontale  $x'_p$  cu valoarea necesară pentru a aduce axa optică centrală a camerei video C.V. pe direcția țintei vizate, poziție marcată prin sistemul de coordonate,  $x''_p, y''_p, z''_p$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 13, prin care se definește unghiul de deviație pe verticală  $\mathcal{G}_p$  al direcției țintei vizate, între componentele,  $A_{x'_p}$ ,  $A_{y'_p}$  și  $A_{z'_p}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x'_p, y'_p, z'_p$ , și componentele,  $A_{x''_p}$ ,  $A_{y''_p}$  și  $A_{z''_p}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x''_p, y''_p, z''_p$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x''_p} &= A_{x'_p} \\ A_{y''_p} &= A_{y'_p} \cdot \cos \mathcal{G}_p + A_{z'_p} \cdot \sin \mathcal{G}_p \\ A_{z''_p} &= -A_{y'_p} \cdot \sin \mathcal{G}_p + A_{z'_p} \cdot \cos \mathcal{G}_p \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\mathcal{G}_p]$  a unghiului de deviație pe verticală  $\mathcal{G}_p$  a direcției țintei vizate:

$$\begin{bmatrix} A_{x_T} \\ A_{y_T} \\ A_{z_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{x''_p} \\ A_{y''_p} \\ A_{z''_p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \mathcal{G}_p & \sin \mathcal{G}_p \\ 0 & -\sin \mathcal{G}_p & \cos \mathcal{G}_p \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x'_p} \\ A_{y'_p} \\ A_{z'_p} \end{bmatrix} = [\mathcal{G}_p] \cdot \begin{bmatrix} A_{x'_p} \\ A_{y'_p} \\ A_{z'_p} \end{bmatrix} \quad (10)$$

E. Definirea unghiurilor absolute de poziționare ale țintei,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ .

În afara coordonatelor și unghiurilor relative de poziționare ale țintelor vizate, coordonate relative definite în cele de mai sus în raport cu sistemul de coordonate al camerei video C.V. și respectiv cu sistemul de coordonate al vehiculului laborator V.L., pentru a asigura poziționarea acestor ținte și în coordonatele absolute necesare înscrierii acestora în sisteme geografice de informare de tip GIS, urmează a se defini în continuare și coordonatele unghiulare absolute prin care se stabilește în mod nemijlocit direcția țintelor în raport cu un sistem absolut de coordonate a cărui axă orizontală  $z_V$  este orientată pe direcția meridianului magnetic local și a cărui origine este legată de poziția curentă a vehiculului laborator. Aceste

unghiuri absolute de poziționare a țintelor sunt: unghiul de azimut  $\Psi_T$ , unghiul de înălțare  $\Theta_T$  și unghiul de rulu  $\Phi_T$ , unghiuri care sunt definite după cum urmează:

8. Unghiul absolut de azimut  $\Psi_T$  al țintei vizate reprezintă unghiul curent dintre direcția meridianului magnetic local N și direcția  $z_{V'}$ , care este orientată spre țintă în planul orizontal al locului. Această direcție se obține, așa după cum se prezintă în fig. 14, prin rotirea în sens direct, în plan orizontal, a sistemului absolut de coordonate,  $x_V, y_V, z_V$ , în jurul axei sale verticale  $y_V$  cu unghiul de azimut  $\Psi_T$ , noua poziție fiind marcată prin sistemul de coordonate,  $x_{V'}, y_{V'}, z_{V'}$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 14, prin care se definește unghiul absolut de azimut al țintei  $\Psi_T$  vizate, între componentele,  $A_{x_V}$ ,  $A_{y_V}$  și  $A_{z_V}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x_V, y_V, z_V$ , și componentele,  $A_{x_{V'}}$ ,  $A_{y_{V'}}$  și  $A_{z_{V'}}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x_{V'}, y_{V'}, z_{V'}$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x_{V'}} &= A_{x_V} \cdot \cos \Psi_T - A_{z_V} \cdot \sin \Psi_T \\ A_{y_{V'}} &= A_{y_V} \\ A_{z_{V'}} &= A_{x_V} \cdot \sin \Psi_T + A_{z_V} \cdot \cos \Psi_T \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Psi_T]$  a unghiului absolut de azimut al țintei  $\Psi_T$  vizate:

$$\begin{bmatrix} A_{x_{V'}} \\ A_{y_{V'}} \\ A_{z_{V'}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Psi_T & 0 & -\sin \Psi_T \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \Psi_T & 0 & \cos \Psi_T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x_V} \\ A_{y_V} \\ A_{z_V} \end{bmatrix} = [\Psi_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{x_V} \\ A_{y_V} \\ A_{z_V} \end{bmatrix} \quad (11)$$

9. Unghiul absolut de înălțare  $\Theta_T$  al țintei vizate reprezintă, așa după cum se prezintă în schema vectorială din fig. 15, unghiul cu care este rotit în jurul axei sale orizontale  $x_{V'}$  sistemul de coordonate,  $x_{V'}, y_{V'}, z_{V'}$ , cu valoarea prin care se realizează suprapunerea axei  $z_{V'}$  pe direcția de vizare a țintei din locația L a camerei video, noua poziție fiind marcată prin sistemul de coordonate,  $x_{V''}, y_{V''}, z_{V''}$ .

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 15, prin care se definește unghiul absolut de înălțare  $\Theta_T$  al țintei vizate, între componentele,  $A_{x_{V'}}$ ,  $A_{y_{V'}}$  și  $A_{z_{V'}}$ , ale

vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x_{V'}, y_{V'}, z_{V'}$ , și componentele  $A_{x_{V'}}$ ,  $A_{y_{V'}}$  și  $A_{z_{V'}}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x_{V''}, y_{V''}, z_{V''}$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x_{V''}} &= A_{x_{V'}} \\ A_{y_{V''}} &= A_{y_{V'}} \cdot \cos \Theta_T + A_{z_{V'}} \cdot \sin \Theta_T \\ A_{z_{V''}} &= -A_{y_{V'}} \cdot \sin \Theta_T + A_{z_{V'}} \cdot \cos \Theta_T \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Theta_T]$  a unghiului absolut de înălțare  $\Theta_T$  al țintei vizate:

$$\begin{bmatrix} A_{x_{V''}} \\ A_{y_{V''}} \\ A_{z_{V''}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \Theta_T & \sin \Theta_T \\ 0 & -\sin \Theta_T & \cos \Theta_T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{x_{V'}} \\ A_{y_{V'}} \\ A_{z_{V'}} \end{bmatrix} = [\Theta_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{x_{V'}} \\ A_{y_{V'}} \\ A_{z_{V'}} \end{bmatrix} \quad (12)$$

10. Unghiul absolut de rulu  $\Phi_T$  al țintei reprezintă, așa după cum se prezintă în schema vectorială din fig. 16, unghiul cu care trebuie rotit, în jurul axei sale de vizare  $z_{V''}$ , sistemul de coordonate,  $x_{V''}, y_{V''}, z_{V''}$ , al țintei cu valoarea necesară pentru a suprapune acest sistem absolut de coordonate peste sistemul de coordonate,  $x_T, y_T, z_T$ , al țintei determinat în fazele anterioare în raport cu sistemul de coordonate,  $x_C, y_C, z_C$ . În urma acestei rotații cu unghiul de rulu  $\Phi_T$ , se obține în final sistemul absolut de coordonate,  $x_{V''}, y_{V''}, z_{V''}$ , al țintei.

După cum rezultă din schema vectorială din fig. 16, prin care se definește unghiul absolut de rulu  $\Phi_T$  al țintei vizate, între componentele,  $A_{x_{V''}}$ ,  $A_{y_{V''}}$  și  $A_{z_{V''}}$ , ale vectorului de referință  $A$  în sistemul de coordonate,  $x_{V''}, y_{V''}, z_{V''}$ , și componentele,  $A_{x_{V''}}$ ,  $A_{y_{V''}}$  și  $A_{z_{V''}}$ , ale aceluiași vector în sistemul de coordonate,  $x_{V''}, y_{V''}, z_{V''}$ , există următoarele relații de transformare:

$$\begin{aligned} A_{x_{V''}} &= A_{x_{V''}} \cdot \cos \Phi_T + A_{y_{V''}} \cdot \sin \Phi_T \\ A_{y_{V''}} &= -A_{x_{V''}} \cdot \sin \Phi_T + A_{y_{V''}} \cdot \cos \Phi_T \\ A_{z_{V''}} &= A_{z_{V''}} \end{aligned}$$

Aceste relații se pot transfera într-o ecuație matricială în care este înscrisă și matricea  $[\Phi_T]$  a unghiului absolut de rulu  $\Phi_T$  al țintei vizate:

$$\begin{bmatrix} A_{xT} \\ A_{yT} \\ A_{zT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xV''} \\ A_{yV''} \\ A_{zV''} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Phi_T & \sin \Phi_T & 0 \\ -\sin \Phi_T & \cos \Phi_T & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{xV''} \\ A_{yV''} \\ A_{zV''} \end{bmatrix} = [\Phi_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV''} \\ A_{yV''} \\ A_{zV''} \end{bmatrix} \quad (13)$$

F. Integrarea în sistemul de calcul a unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintelor vizate.

Procedeul de determinare, conform invenției, a unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintelor situate la distanțe mari de vehiculul laborator se bazează pe determinarea prin calcul a valorilor acestor unghiuri pe baza valorilor unghiulare de rotație, măsurabile în mod direct, ale sistemelor de coordonate legate de vehicul prin a căror rotație succesivă se obține suprapunerea pe direcția țintei vizate. Stabilirea relațiilor de calcul cu care se realizează determinarea unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintei vizate implică următoarele etape:

a. Corelarea relațiilor matriciale (1), (2), (3), (4), (5), (6) și (7), în urma căreia se obțin succesiv următoarele ecuații matriciale:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} A_{xT} \\ A_{yT} \\ A_{zT} \end{bmatrix} &= [g_p] \cdot \begin{bmatrix} A_{x'p} \\ A_{y'p} \\ A_{z'p} \end{bmatrix} = [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot \begin{bmatrix} A_{x'C} \\ A_{y'C} \\ A_{z'C} \end{bmatrix} = [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot \begin{bmatrix} A_{x'C} \\ A_{y'C} \\ A_{z'C} \end{bmatrix} = \\ &= [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix} = [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix} = \\ &= [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot [\Theta] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix} = [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot [\Theta] \cdot [\Psi] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix} \quad (A) \end{aligned}$$

unde notațiile utilizate au următoarele semnificații:

-  $g_p, \psi_p$  - unghiurile de deviație ale direcției țintei față de direcția axei centrale a camerei video, unghiuri care se calculează, cu ajutorul relațiilor (6), (7) și (8), pe baza coordonatelor plane ale pixelului care corespunde țintei în planul senzorului CCD. La rândul lor, aceste coordonate ale pixelilor corespunzător țintei se stabilesc, fie prin utilizarea metodei de operare bazată pe tastarea cu mouse-ul sistemului de calcul a imaginii țintei pe ecranul monitorului acestuia, fie prin utilizarea unui ecran de monitor sensibil la atingere;

-  $\Theta_C, \Psi_C$  - unghiurile de pozare ale camerei video pe platforma de montaj a acesteia pe capota vehiculului laborator; valorile acestor unghiuri (atunci când nu se utilizează varianta cu reglare continuă) se stabilesc de regulă la montaj;

-  $\Phi, \Theta$  și  $\Psi$  - unghiurile de poziție ale vehiculului laborator determinate de către Unitatea Inerțială de Măsurare – IMU;

-  $A_{xV}, A_{yV}, A_{zV}$ , reprezintă versorii unitari ai axelor respective de coordonate.

b. Pe de altă parte, prin corelarea relațiilor matriciale (8), (9) și (10) se obțin succesiv următoarele ecuații matriciale:

$$\begin{bmatrix} A_{xT} \\ A_{yT} \\ A_{zT} \end{bmatrix} = [\Phi_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV^*} \\ A_{yV^*} \\ A_{zV^*} \end{bmatrix} = [\Phi_T] \cdot [\Theta_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV'} \\ A_{yV'} \\ A_{zV'} \end{bmatrix} = [\Phi_T] \cdot [\Theta_T] \cdot [\Psi_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix} \quad (B)$$

c. Din compararea celor două serii de ecuații matriciale (A) și (B) se obține următoarea relație matricială pentru calculul unghiurilor absolute de poziție,  $\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T$ , ale țintei vizate în raport cu punctul în care este dispusă lentila camerei video:

$$[g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot [\Theta] \cdot [\Psi] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix} = [\Phi_T] \cdot [\Theta_T] \cdot [\Psi_T] \cdot \begin{bmatrix} A_{xV} \\ A_{yV} \\ A_{zV} \end{bmatrix}$$

sau:

$$[g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot [\Theta] \cdot [\Psi] = [\Phi_T] \cdot [\Theta_T] \cdot [\Psi_T] \quad (C)$$

$$\text{Se adoptă notația: } [g_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot [\Theta] \cdot [\Psi] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (11)$$

și se calculează coeficienții corespunzători,  $a_{11}..a_{33}$ , pe baza valorilor, măsurate în mod direct, ale unghiurilor din partea stângă a acestei ecuații matriciale.

În continuare se efectuează produsul matricilor corespunzătoare coordonatelor unghiulare absolute ale țintei vizate:

$$\begin{aligned} [\Phi_T] \cdot [\Theta_T] \cdot [\Psi_T] &= \begin{bmatrix} \cos\Phi_T & \sin\Phi_T & 0 \\ -\sin\Phi_T & \cos\Phi_T & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\Theta_T & \sin\Theta_T \\ 0 & -\sin\Theta_T & \cos\Theta_T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\Psi_T & 0 & -\sin\Psi_T \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\Psi_T & 0 & \cos\Psi_T \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

unde s-au folosit notațiile:

$$b_{11} = \cos \Psi_T \cdot \cos \Phi_T + \sin \Psi_T \cdot \sin \Theta_T \cdot \sin \Phi_T ;$$

$$b_{12} = \cos \Theta_T \cdot \sin \Phi_T ;$$

$$b_{13} = -\sin \Psi_T \cdot \cos \Phi_T + \cos \Psi_T \cdot \sin \Theta_T \cdot \sin \Phi_T ;$$

$$b_{21} = -\cos \Psi_T \cdot \sin \Phi_T + \sin \Psi_T \cdot \sin \Theta_T \cdot \cos \Phi_T ;$$

$$b_{22} = \cos \Theta_T \cdot \cos \Phi_T ;$$

$$b_{23} = \sin \Psi_T \cdot \sin \Phi_T + \cos \Psi_T \cdot \sin \Theta_T \cdot \cos \Phi_T ;$$

$$b_{31} = \sin \Psi_T \cdot \cos \Theta_T ;$$

$$b_{32} = -\sin \Theta_T ;$$

$$b_{33} = \cos \Psi_T \cdot \cos \Theta_T .$$

Din echivalarea termenilor corespunzători celor două matrice globale identice:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}$$

se obțin în final relațiile de calcul ale coordonatelor unghiulare absolute ale țintei stabilite din locul în care se afla vehiculul laborator la momentul respectiv, sub forma:

$$\tan \Psi_T = \frac{a_{31}}{a_{33}} \quad ; \quad \sin \Theta_T = -a_{32} \quad ; \quad \tan \Phi_T = \frac{a_{12}}{a_{22}} \quad (12)$$

II. Grupul relațiilor de calcul cu care se realizează determinarea poziției țintei **T** în planul orizontal al elipsoidului de referință.

În cadrul celei de a doua componente a algoritmului de calcul se realizează determinarea poziției țintei **T** în planul orizontal al elipsoidului de referință, prin combinarea determinărilor de coordonate unghiulare absolute,  $\Psi_{T_1}, \Theta_{T_1}, \Phi_{T_1}$  și respectiv,  $\Psi_{T_2}, \Theta_{T_2}, \Phi_{T_2}$ , ale țintei vizate, determinări și calcule efectuate conform metodologiei aferente primei componente a algoritmului de calcul, pentru două poziții diferite,  $C_1$  și respectiv  $C_2$ , ale camerei video, poziții rezultate în urma deplasării vehiculului laborator cu o distanță în limitele căreia ținta **T** se menține în câmpul de vedere al camerei video.

Pentru stabilirea, pe această bază, a relațiilor de calcul ale coordonatelor absolute de poziție ale țintei **T** se recurge la schema de poziționare prezentată în fig. 17, în care s-au introdus următoarele notații :

$\lambda_1, \varphi_1$  și  $\lambda_2, \varphi_2$  - coordonatele geografice, de longitudine și respectiv de latitudine, furnizate de către receptorul GPS pentru două poziții succesive de vizare,  $C_1$  și respectiv  $C_2$ , ale camerei video;

$\lambda_T, \varphi_T$  - coordonatele geografice de longitudine și respectiv de latitudine, ale țintei;

$a_1, a_2$  și  $b_1, b_2$  - distanțele liniare corespunzătoare diferențelor unghiulare de longitudine,  $\Delta\lambda_{1,T}, \Delta\lambda_{1,2}$ , și respectiv de latitudine,  $\Delta\varphi_{1,2}, \Delta\varphi_{2,T}$  ale țintei, după cum urmează:

$$\Delta\lambda_{1,T} = \lambda_T - \lambda_1 ; \Delta\lambda_{1,2} = \lambda_1 - \lambda_2 ; \Delta\varphi_{1,2} = \varphi_2 - \varphi_1 ; \Delta\varphi_{2,T} = \varphi_T - \varphi_2 ; \quad (13)$$

La calculul distanțelor liniare,  $a_1, a_2$  și  $b_1, b_2$ , pe direcția longitudinii și respectiv a latitudinii, dintre pozițiile succesive ale camerei video și respectiv dintre acestea și ținta vizată, se ține seama însă și de faptul că sistemul de stereo-fotogrammetrie, conform invenției, permite vizarea unor obiective care sunt situate la distanțe de până la 200 - 300 de metri de vehiculul-laborator, astfel că se poate adopta ipoteza de aproximare a globului terestru cu o sferă echivalentă cu raza  $R = 6367,472$  km.

Astfel, pe baza schemei din fig. 18, în care se prezintă modul de poziționare a unei ținte pe o sferă echivalentă a globului terestru, distanțele liniare susmenționate se pot calcula pe baza diferențelor de coordonate unghiulare cu ajutorul unui set de ecuații de forma:

$$a[\text{metri}] = \frac{\Delta\lambda[\text{min}]}{360 \times 60} \cdot 2\pi \cdot r[\text{metri}] - \text{pentru distanțele pe direcția longitudinii } \lambda ;$$

$$b[\text{metri}] = \frac{\Delta\varphi[\text{min}]}{360 \times 60} \cdot 2\pi \cdot R[\text{metri}] - \text{pentru distanțele pe direcția latitudinii } \varphi ;$$

$$\text{unde : } r = R \cdot \cos \varphi . \quad (14)$$

Deasemenea mai trebuie precizat faptul că pentru a realiza o poziționare de înaltă precizie, în coordonate geografice, a țintelor vizate, este necesar să se țină seama și de faptul că, așa după cum se prezintă în fig. 2, axa  $z_C$  a sistemului de coordonate al camerei video C.V. este deplasată față de axa  $z_V^m$  a vehiculului laborator V.L., de alungul axei  $x_V^m$  a acestuia, pe platforma de montaj Pl., cu distanța de montaj "m" dintre antena GPS și camera video C.V.

Din acest motiv, coordonatele geografice,  $\lambda_{1V}, \varphi_{1V}$  și  $\lambda_{2V}, \varphi_{2V}$ , care sunt furnizate în mod direct de către sistemul GPS pentru locațiile antenei GPS, diferă de coordonatele geografice,  $\lambda_1, \varphi_1$  și  $\lambda_2, \varphi_2$ , corespunzătoare celor două poziții succesive ale camerei video,



astfel că acestea din urmă, în situațiile în care cerințele pentru o precizie maximă o impun, trebuie să fie corectate cu valorile:

$$\Delta\lambda_{1,m} [\text{min}] = \frac{360 \times 60 \times m[\text{metri}] \times \cos \Psi_1}{2\pi R \times \cos \varphi_1} ; \Delta\varphi_{1,m} [\text{min}] = \frac{360 \times 60 \times m[\text{metri}] \times \sin \Psi_1}{2\pi R} \quad (15)$$

și respectiv:

$$\Delta\lambda_{2,m} [\text{min}] = \frac{360 \times 60 \times m[\text{metri}] \times \cos \Psi_2}{2\pi R \times \cos \varphi_2} ; \Delta\varphi_{2,m} [\text{min}] = \frac{360 \times 60 \times m[\text{metri}] \times \sin \Psi_2}{2\pi R} \quad (16).$$

Ținând seama de aceste ipoteze de calcul, din schema prezentată în fig. 17, în care sunt evidențiate cele două poziții,  $C_1$  și  $C_2$ , din care este vizată ținta  $T$ , rezultă următoarele expresii pentru unghiurile corespunzătoare de azimut ale acesteia,  $\Psi_{T_1}$  și respectiv  $\Psi_{T_2}$ :

$$\tan \Psi_{T_1} = \frac{\Delta\lambda_{1,T}}{\Delta\varphi_{1,2} + \Delta\varphi_{2,T}} \cdot \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2,T}) ; \tan \Psi_{T_2} = \frac{\Delta\lambda_{1,2} + \Delta\lambda_{1,T}}{\Delta\varphi_{2,T}} \cdot \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2,T})$$

Din aceste două expresii se obține următoarea relație implicită de calcul a diferenței unghiulare de longitudine  $\Delta\varphi_{2,T}$ :

$$\Delta\varphi_{2,T} = \frac{\Delta\varphi_{1,2} \cdot \tan \Psi_{T_1} + \Delta\lambda_{1,2} \cdot \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2,T})}{\tan \Psi_{T_2} - \tan \Psi_{T_1}}$$

și în continuare:  $\varphi_T = \varphi_2 + \Delta\varphi_{2,T}$  (17)

Cu valoarea determinată în acest mod a diferenței unghiulare  $\Delta\varphi_{2,T}$ , se poate calcula acum și valoarea diferenței unghiulare de latitudine  $\Delta\lambda_{1,T}$  cu una dintre următoarele două relații explicite de calcul:

$$\Delta\lambda_{1,T} = \frac{\tan \Psi_{T_1}}{\cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2,T})} \cdot (\Delta\varphi_{1,2} + \Delta\varphi_{2,T}), \text{ sau:}$$

$$\Delta\lambda_{1,T} = \frac{\tan \Psi_{T_2}}{\cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2,T})} \cdot \Delta\varphi_{2,T} - \Delta\lambda_{1,2} \quad \text{și în continuare: } \lambda_T = \lambda_1 + \Delta\lambda_{1,T}. \quad (18)$$

Din ecuațiile de mai sus se remarcă faptul că diferențele de coordonate ale țintei,  $\Delta\lambda_{1,T}$  și  $\Delta\varphi_{2,T}$ , nu pot fi determinate atunci când între unghiurile de azimut există relația:  $\Psi_{T_1} = \Psi_{T_2}$ . Această situație se întâmplă atunci când se utilizează o singură cameră video orientată pe direcția de deplasare a vehiculului, iar ținta se menține în planul vertical al camerei în tot timpul deplasării vehiculului laborator.

Oricum, după obținerea în modul prezentat a coordonatelor unghiulare,  $\lambda_T$  și  $\varphi_T$ , ale țintei, în continuare se pot calcula și distanțele liniare marcate în fig. 17 și anume:  $a_1, a_2$  și

$b_1, b_2$ , pe direcția longitudinii și respectiv a latitudinii, dintre pozițiile succesive ale camerei video și respectiv dintre acestea și ținta vizată, cu relațiile:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{\Delta\lambda_{1T}}{360 \times 60} \cdot 2\pi \cdot R \cdot \cos\varphi_T & ; & \quad a_2 = \frac{\Delta\lambda_{1,2}}{360 \times 60} \cdot 2\pi \cdot R \cdot \cos\varphi_T & ; \\ b_1 &= \frac{\Delta\varphi_{1,2}}{360 \times 60} \cdot 2\pi \cdot R & ; & \quad b_2 = \frac{\Delta\varphi_{2,T}}{360 \times 60} \cdot 2\pi \cdot R & . \end{aligned} \quad (19)$$

Pe această bază se pot calcula și distanțele directe dintre ținta **T** și pozițiile,  $C_1$  și  $C_2$ , ale celor două video camere cu ajutorul relațiilor:

$$C_1T = \sqrt{a_1^2 + (b_1 + b_2)^2} \quad \text{și} \quad C_2T = \sqrt{(a_1 + a_2)^2 + b_2^2} \quad (20)$$

Deasemenea, conform schemei prezentate în fig. 19, se poate calcula și înălțimea  $h$  a țintei **T** în planul orizontal **P.O.** al elipsoidului de referință, cu una dintre relațiile:

$$h_T = h_{C_1} + C_1T \cdot \tan \Delta\Theta_{T_1} \quad \text{sau:} \quad h_T = h_{C_2} + C_2T \cdot \tan \Delta\Theta_{T_2} \quad (21)$$

în care s-au introdus relațiile:  $\Delta\Theta_{T_1} = \Theta_{T_1} - \Theta_1$  ;  $\Delta\Theta_{T_2} = \Theta_{T_2} - \Theta_2$  , în care unghiurile de tangaj,  $\Theta_1$  și  $\Theta_2$ , ale vehiculului laborator sunt determinate în mod direct de către Sistemul de Navigație Inercială - INS.

În concluzie, se apreciază că principalul avantaj al sistemului și procedului conform invenției este constituit de faptul că prin mărirea distanței de bază dintre locațiile de preluare a două imagini succesive ale aceleiași ținte, se măresc practic de câteva ori și distanțele măsurabile până la ținta respectivă, dacă se au în vedere valorile uzuale ale distanțelor de măsurare aplicabile în cazul sistemelor de stereometrie bazate pe utilizarea unor perechi de camere video. În cazul sistemului mono-cameral conform invenției, distanțele măsurabile până la țintă sunt limitate în principal numai de rezoluția obiectivului optic al camerei video. La aceasta contribuie și faptul că în acest caz, pe ecranul monitorului de control se vor forma, în loc de două imagini alăturate, o singură imagine care va prezenta astfel o rezoluție sporită.

Creșterea distanței de măsurare a sistemului stereometric mono-cameral până la valori de ordinul a 200 – 300 metri, face ca acest sistem să devină concurențial pentru echipamentele optice de topometrie, de tip „stații totale”, mai ales dacă se are în vedere și mobilitatea de care dispune sistemul stereometric ambarcat.

## Revendicări

1. Sistem mobil pentru aplicarea unui procedeu de cartare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, **caracterizat prin aceea că**, utilizează un vehicul laborator (V.L.) pe a cărui capotă este dispusă o platformă (Pt.) pe care este montată o cameră video (C.V.) sub unghiuri de deviație și de înălțare de valori fixe precis determinate, corespunzătoare aplicației propuse, astfel încât obiectivul optic al acesteia să fie orientat spre o parte laterală a vehiculului laborator, alături de camera video, pe aceeași platformă, și respectiv pe axul longitudinal al vehiculului laborator este dispusă o antenă (Ant. GPS) a unui receptor (GPS) cu dublă frecvență, (L1) și (L2), iar într-un compartiment de operare amenajat în interiorul vehiculului laborator este amplasat receptorul (GPS) conectat printr-un cuplaj strâns cu un Sistem de Navigație Inerțială (INS) prin intermediul unui element de interfațare de tip SPAN (**Synchronous Position, Attitude and Navigation**), și un sistem de calcul prevăzut cu un sistem de compresie și de stocare a imaginilor video achiziționate.

2. Sistem de poziționare geografică precisă, în timp real, cu care este prevăzut sistemul mobil conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru a asigura precizia necesară cartării unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, utilizează metoda de poziționare RTK (**Real Time Kinematic**) prin conectarea receptorului GPS cu dublă frecvență la o Rețea Națională de Stații Permanente GNSS (**Global Navigation Satellites System**), așa cum este ROMPOS, furnizoare a datelor de corecție diferențială necesare îmbunătățirii preciziei de poziționare a utilizatorului, respectiv prin conectarea la blocul de calcul, atât a receptorului GPS, cât și a unui telefon celular cu funcționare în regim GSM/GPRS/CDMA și cu capacitate de conectare la o rețea Internet prin care se asigură legătura unității mobile (rover) cu stația de bază de referință.

3. Procedeu de cartare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, **caracterizat prin aceea că**, pentru a realiza poziționarea geografică rapidă a unor obiective sau a unor componente ale acestora, în condițiile în care acestea se află la distanțe mari de căile de acces, (clădiri, jalonări de terenuri) sau sunt inaccesibile în mod direct, (diguri, poduri, halde de steril), de pe un vehicul laborator (V.L.) aflat în deplasare continuă, se efectuează în mod automat preluări succesive de imagini în zona obiectivului vizat cu ajutorul unei camere video digitale (C.V.) a cărei declanșare este comandată de către un receptor (GPS) performant montat și acesta pe vehiculul laborator, ceea ce permite ca fiecare imagine achiziționată să fie marcată și stocată în memoria unei unități de calcul cu coordonatele geografice ale punctului în care se află vehiculul în momentul preluării imaginii, împreună cu

valorile pe care le prezintă în momentele de declanșare a camerei, unghiurile absolute de orientare în spațiu, atât ale camerei video, cât și ale vehiculului laborator, valori care sunt furnizate de o unitate inerțială de navigație (INS) cuplată ca element de sprijin pentru receptorul (GPS), astfel că pe această bază este posibil ca la revenirea la centrul de calcul, din imaginile achiziționate să se selecteze două imagini care nu trebuie să fie în mod obligatoriu succesive, dar în care obiectivul de interes să fie evidențiat într-un mod corespunzător care să permită selectarea sa pe cale electronică și determinarea coordonatelor pixelilor care realizează afișarea obiectivului pe ecranul monitorului, aceste coordonate împreună cu celelalte date care însoțesc cele două imagini selectate, permițând să se calculeze prin procedee de triangulație, cât și de raportare la sistemul sferic al coordonatelor terestre, coordonatele geografice și de elevație ale obiectivului vizat.

4. Procedeu de poziționare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, **caracterizat prin aceea că** implică realizarea unei succesiuni de determinări și de achiziții automate de date, precum și implementarea unui algoritm de calcul care corespunde configurației adoptate pentru echipamentul de poziționare conform invenției, procedeu alcătuit din doua componente principale:

a) o componentă a măsurătorilor și a algoritmului de calcul prin care se determină valorile unghiurilor absolute de poziție  $(\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T)$  ale unei ținte (T) vizate în raport cu punctul în care se află camera video (C.V.) în momentul în care a fost achiziționată imaginea respectivă;

b) o componentă a măsurătorilor și a algoritmului de calcul prin care se determină coordonatele geografice ale țintei (T), în latitudine și în longitudine, în planul orizontal al elipsoidului terestru de referință, prin aplicarea unor procedee de triangulație asupra valorilor unghiurilor de poziție și respectiv de azimut,  $(\Psi_{T_1})$  și  $(\Psi_{T_2})$ , ale țintei (T), unghiuri determinate în raport cu direcția Nord (N) a meridianului magnetic local și care corespund la două poziții diferite, (Poz.1) și (Poz. 2) ale vehiculului laborator (V.L.),

5. O primă componentă a procedeeului de poziționare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, conform revendicării 4, componentă în cadrul căreia se determină valorile unghiurilor absolute de poziție  $(\Psi_T, \Theta_T, \Phi_T)$  ale unei ținte (T) vizate în raport cu punctul în care se află camera video (C.V.) în momentul în care a fost achiziționată imaginea respectivă și care este **caracterizată prin aceea că** este alcătuită din următoarele etape de determinări și calcule:

a) achiziția valorilor unghiurilor absolute de azimut ( $\Psi$ ), de tangaj ( $\Theta$ ) și de ruliu ( $\Phi$ ) ale vehiculului laborator (V.L.), valori determinate în planul orizontal al elipsoidului terestru de referință și furnizate în mod continuu de către o Unitate de Navigație Inerțială – (I.N.S.) instalată pe vehiculul laborator (V.L.);

b) stabilirea, pentru fiecare gen de aplicație în teren a echipamentului conform invenției și în funcție de tipul țintelor care se urmărește a fi poziționate, a unui set corespunzător de valori de montaj, fixe și riguros determinate, ale unghiurilor de pozare, în girație ( $\Psi_C$ ) și respectiv în înclinare ( $\Theta_C$ ), ale axei optice a camerei video (C.V.) în raport cu sistemul propriu de coordonate ( $x_V'', y_V'', z_V''$ ) al vehiculului laborator;

c) stabilirea, în regim de post-procesare, respectiv după finalizarea achiziției de date din teren, a unghiurilor de deviație, pe laterală ( $\psi_p$ ) și pe verticală ( $\vartheta_p$ ), ale direcției țintei ( $z_T$ ) în raport cu direcția axei optice centrale ( $z_C''$ ) a camerei video, utilizând în acest scop, un algoritm de calcul care permite determinarea valorilor acestor unghiuri pe baza coordonatelor rectangulare, în număr de pixeli, ( $n_x$ ) și ( $n_y$ ), ale pixelului ( $T'$ ) care marchează ținta (T) pe suprafața senzorului (CCD) al camerei video, în condițiile în care aceste coordonate sunt determinate printr-un procedeu de detecție care implică efectuarea de către operator a unui "click" cu mouse-ul sistemului de calcul pe respectiva imagine a țintei în secvențele în care aceasta apare pe ecranul monitorului;

d) integrarea unghiurilor de deviație, ( $\psi_p$ ) și ( $\vartheta_p$ ), ale direcției țintei în sistemul general de coordonate, ținând seama de faptul că unghiul de deviație pe laterală ( $\psi_p$ ) al direcției țintei vizate se obține, prin rotirea în sens direct a sistemului de coordonate ( $x_C'', y_C'', z_C''$ ) al camerei video (C.V.), în plan orizontal, cu valoarea necesară pentru a aduce axa centrală de vizare ( $x_C''$ ) în planul vertical al țintei vizate, iar unghiul de deviație pe verticală ( $\vartheta_p$ ) al direcției țintei se obține, prin rotirea în continuare în sens direct, în plan vertical, a noului sistem de coordonate ( $x'_p, y'_p, z'_p$ ) rezultat, în jurul axei sale orizontale ( $x'_p$ ), cu valoarea necesară pentru a aduce axa optică centrală a camerei video (C.V.) pe direcția țintei vizate;

e) definirea unghiurilor absolute de poziționare ale țintei, respectiv a unghiului de azimut ( $\Psi_T$ ), a unghiului de înălțare ( $\Theta_T$ ) și a unghiului de ruliu ( $\Phi_T$ ), unghiuri prin care direcția țintelor fiind stabilită, în mod nemijlocit, în raport cu un sistem absolut de coordonate

a căruia axă orizontală ( $z_V$ ) este orientată pe direcția (N) a meridianului magnetic local și a căruia origine este legată de poziția curentă a vehiculului laborator (V.L.), asigură în continuare posibilitatea înscrierii acestor ținte în Sisteme Geografice de Informare (GIS);

f) integrarea în sistemul de calcul a unghiurilor absolute de poziție, ( $\Psi_T$ ), ( $\Theta_T$ ) și ( $\Phi_T$ ), ale țintelor care, fiind situate la distanțe la care nu pot fi accesate de către echipamentele de măsurare instalate pe vehiculul laborator (V.L.), această integrare se realizează prin determinarea prin calcul a valorii acestor unghiuri absolute, pe baza valorilor unghiulare de rotație, măsurabile în mod direct, ale sistemelor de coordonate legate de vehiculul laborator (V.L.) și respectiv de camera video (C.V.), sisteme de coordonate prin a căror rotații succesive se obține suprapunerea pe direcția țintei vizate, determinarea propriu zisă realizându-se prin egalarea produsului ( $[\Phi_T] \cdot [\Theta_T] \cdot [\Psi_T]$ ) al matricilor de definire a unghiurilor absolute, ( $\Psi_T$ ), ( $\Theta_T$ ) și ( $\Phi_T$ ), ale țintei, pe de o parte, cu produsul, în succesiune directă, ( $[\mathcal{G}_p] \cdot [\psi_p] \cdot [\Theta_C] \cdot [\Psi_C] \cdot [\Phi] \cdot [\Theta] \cdot [\Psi]$ ) al matricilor de definire a unghiurilor de poziție ( $\Psi$ ), ( $\Theta$ ) și ( $\Phi$ ) ale vehiculului laborator (V.L.), a unghiurilor de montaj ( $\Psi_C$ ) și ( $\Theta_C$ ) al camerei video (C.V.) și a unghiurilor de deviație ( $\psi_p$ ) și ( $\mathcal{G}_p$ ) ale direcției țintei în raport cu axa optică a camerei video, și în final, prin egalarea elementelor corespondente din cele două matrice rezultate din produsele respective.

6. O a doua componentă a procedurii de poziționare a unor obiective situate la distanțe mari de arterele rutiere, conform revendicării 3, componentă în cadrul căreia se realizează determinarea poziției țintei (T) în planul orizontal al elipsoidului de referință, prin combinarea determinărilor de coordonate unghiulare absolute, ( $\Psi_{T_1}, \Theta_{T_1}, \Phi_{T_1}$ ) și respectiv ( $\Psi_{T_2}, \Theta_{T_2}, \Phi_{T_2}$ ), ale țintei vizate, determinări și calcule efectuate conform metodologiei aferente primei componente a algoritmului de calcul, pentru două poziții diferite,  $C_1$  și respectiv  $C_2$  ale camerei video, poziții rezultate în urma deplasării vehiculului laborator cu o distanță care reprezintă baza de măsurare (BM) în limitele căreia ținta (T) se menține în câmpul de vedere al camerei video și care este caracterizată prin aceea că este alcătuită din următoarele etape de determinări și calcule care se efectuează ținând seama totodată și de faptul că sistemul de stereo-fotogrammetrie cu o singură cameră, conform invenției, permite vizarea unor ținte care sunt situate la distanțe de până la 200 - 300 de metri de vehiculul laborator, astfel că se poate adopta ipoteza de aproximare a globului terestru cu o sferă echivalentă (cu raza  $R = 6.367,472$  km) :

a) determinarea, prin aplicarea unei metode de calcul de triangulație, a coordonatelor geografice de longitudine ( $\lambda_T$ ) și de latitudine ( $\varphi_T$ ) ale țintei (T), pe baza valorilor ( $\lambda_1, \varphi_1$ ) și ( $\lambda_2, \varphi_2$ ) ale coordonatelor geografice, de longitudine și de latitudine, furnizate de către grupul alcătuit din un receptor (GPS) și un Sistem de Navigație Inerțială (INS) pentru două poziții succesive de vizare, ( $C_1$ ) și respectiv ( $C_2$ ), ale camerei video (C.V.), precum și pe baza valorilor unghiurilor de azimut ( $\Psi_{T_1}$ ) și ( $\Psi_{T_2}$ ) ale țintei, valori determinate conform punctului f) al revendicării 5 al procedurii conform invenției, pentru aceleași două poziții succesive de vizare, ( $C_1$ ) și respectiv ( $C_2$ );

b) determinarea, prin aplicarea unei metode de calcul de triangulație, pe direcția longitudinii, a distanței liniare ( $a_1$ ) dintre poziția de vizare ( $C_1$ ) și ținta (T) și a distanței liniare ( $a_2$ ) dintre pozițiile de vizare ( $C_1$ ) și ( $C_2$ ), iar pe direcția latitudinii a distanței liniare ( $b_1$ ) dintre pozițiile de vizare ( $C_1$ ) și ( $C_2$ ), precum și a distanței liniare ( $b_2$ ) dintre poziția de vizare ( $C_2$ ) și ținta (T), pe baza valorilor coordonatelor geografice de longitudine ( $\lambda_T$ ) și de latitudine ( $\varphi_T$ ) ale țintei (T), determinate conform punctului a) al acestei revendicări, precum și a valorii ( $R$ ) adoptate pentru raza sferei echivalente a globului terestru;

c) determinarea, prin aplicarea unei metode de calcul de triangulație, a distanțelor directe, ( $C_1T$ ) și ( $C_2T$ ), dintre ținta (T) și pozițiile de vizare ( $C_1$ ) și respectiv ( $C_2$ ), pe baza distanțelor liniare ( $a_1, a_2$ ) și ( $b_1, b_2$ ), pe direcția longitudinii și respectiv a latitudinii, dintre pozițiile de vizare și respectiv dintre acestea și ținta vizată;

d) determinarea, prin aplicarea unei metode de calcul de triangulație, a înălțimii ( $h$ ) a țintei (T) față de planul orizontal (P.O.) al elipsoidului terestru de referință, pe baza valorilor distanțelor directe, ( $C_1T$ ) și ( $C_2T$ ) dintre ținta (T) și pozițiile de vizare, ( $C_1$ ) și respectiv ( $C_2$ ), a valorilor unghiurilor de înălțare ( $\Theta_{T_1}$ ) și ( $\Psi_{T_2}$ ) ale țintei, valori determinate conform punctului f) al revendicării 5 al procedurii conform invenției, precum și pe baza valorilor unghiurilor de tangaj, ( $\Theta_1$ ) și ( $\Theta_2$ ) ale vehiculului laborator (V.L.) care sunt determinate in mod direct, pentru aceleași două poziții succesive de vizare, ( $C_1$ ) și respectiv ( $C_2$ ), de către Sistemul de Navigație Inerțială (I.N.S.) instalat pe vehicul.

Ac4

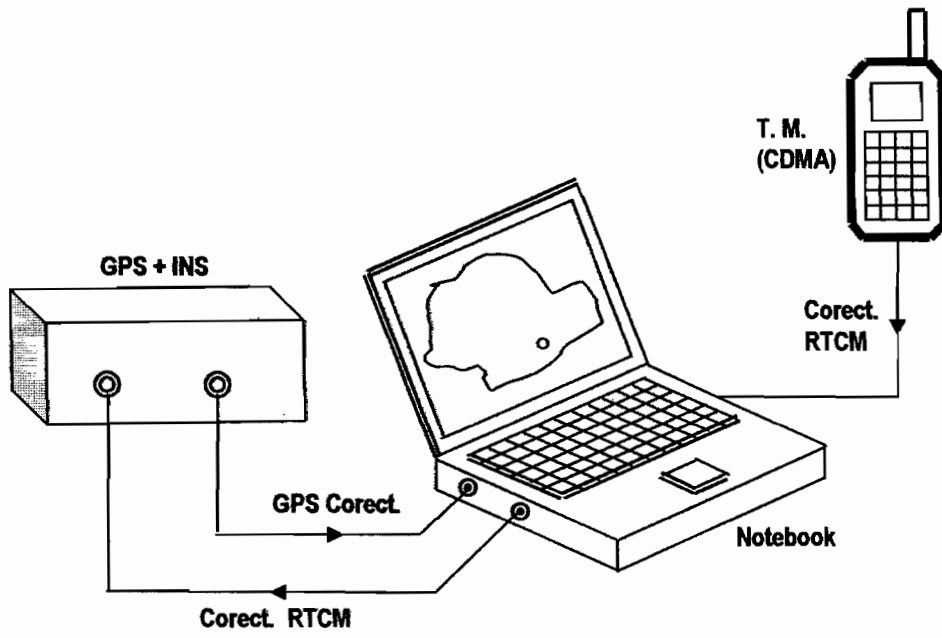


Fig. 1

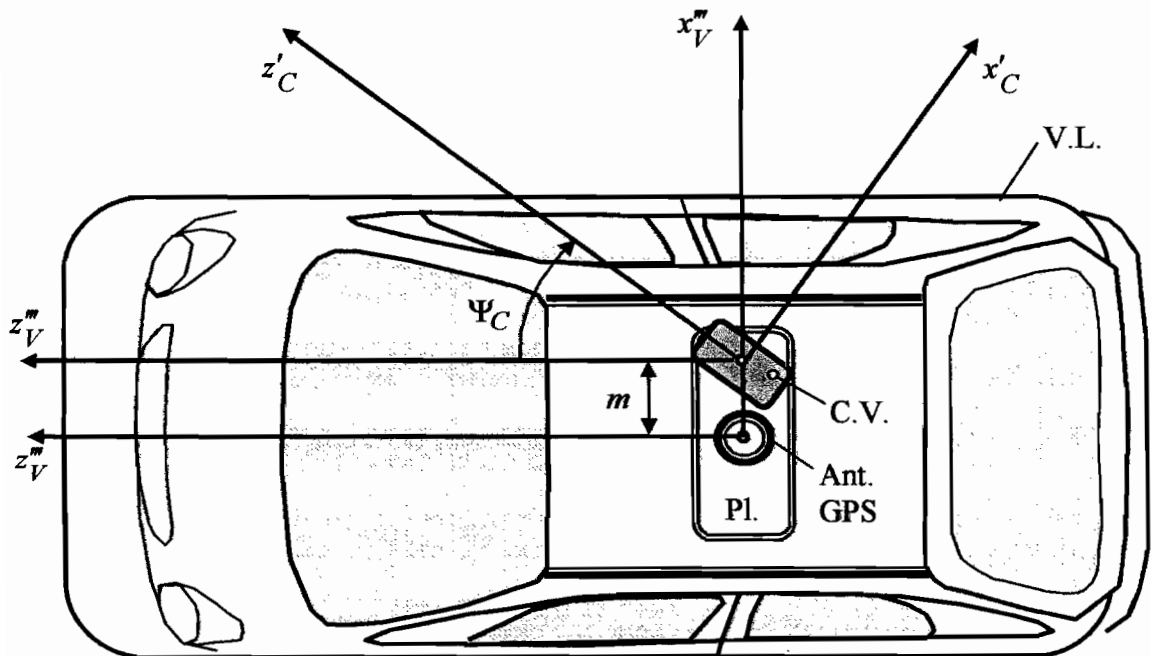


Fig. 2



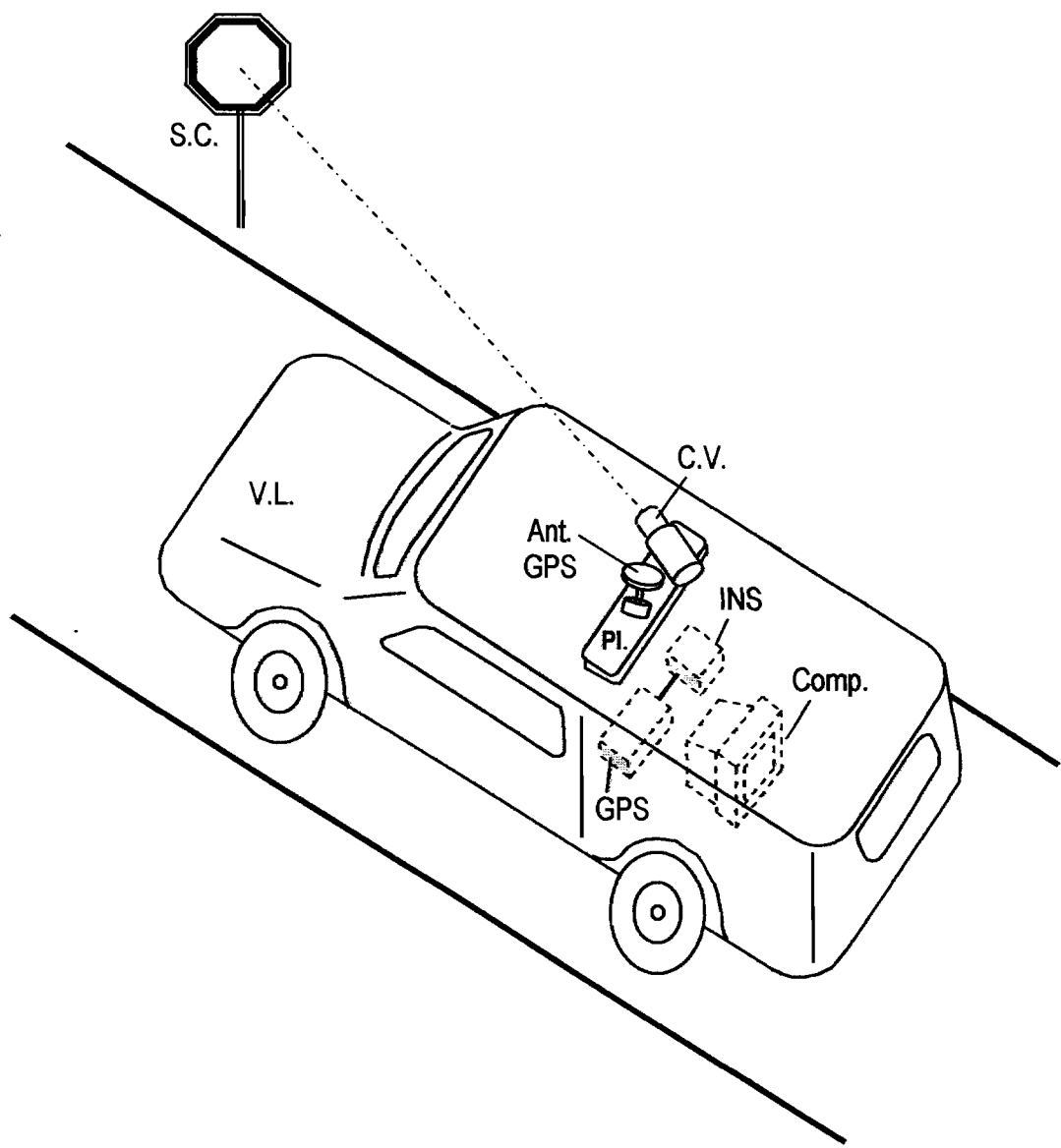


Fig. 3

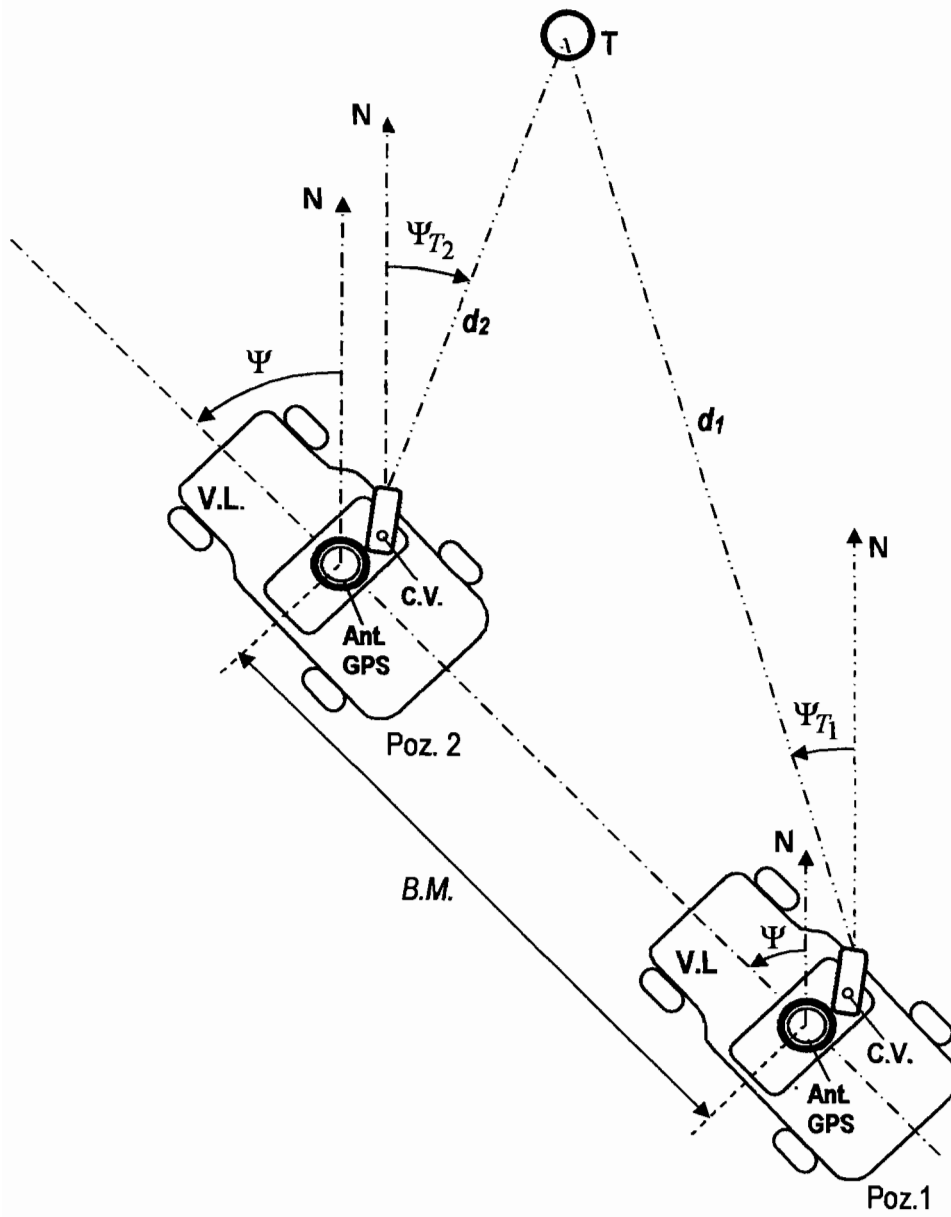


Fig. 4

130

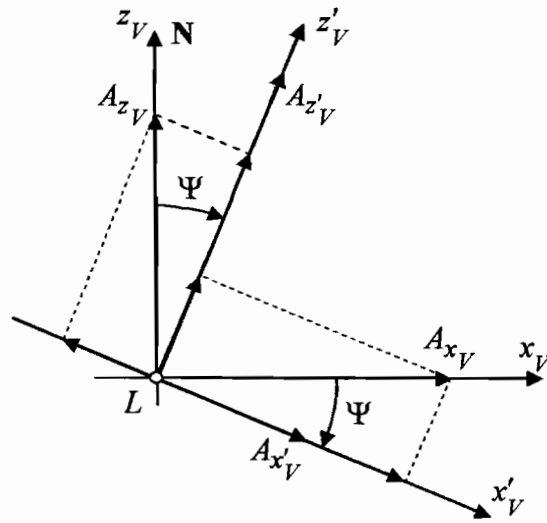


Fig. 5

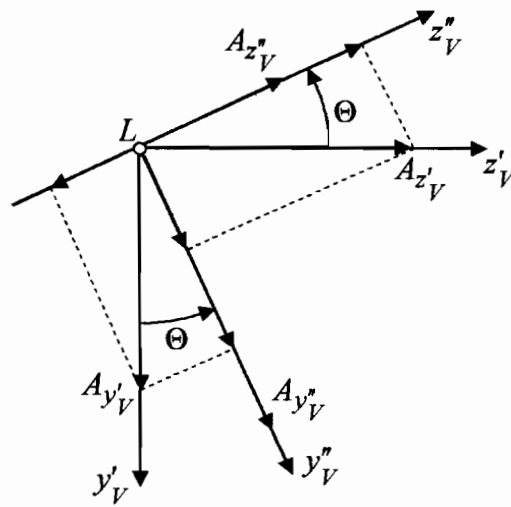


Fig. 6

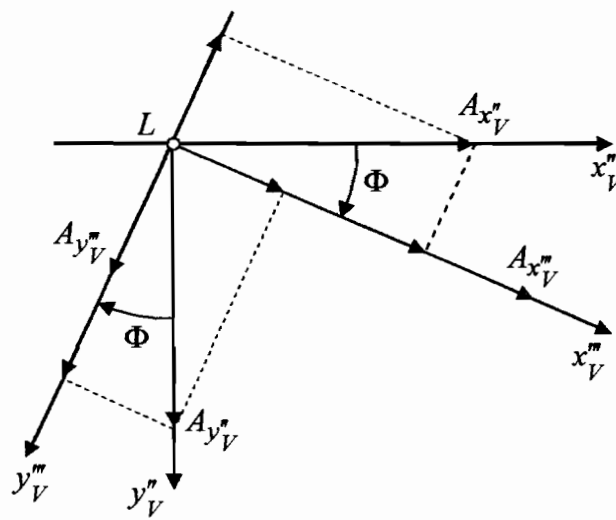


Fig. 7

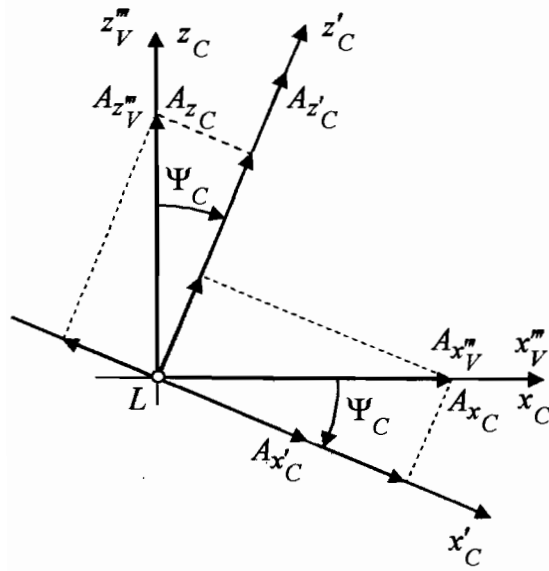


Fig. 8

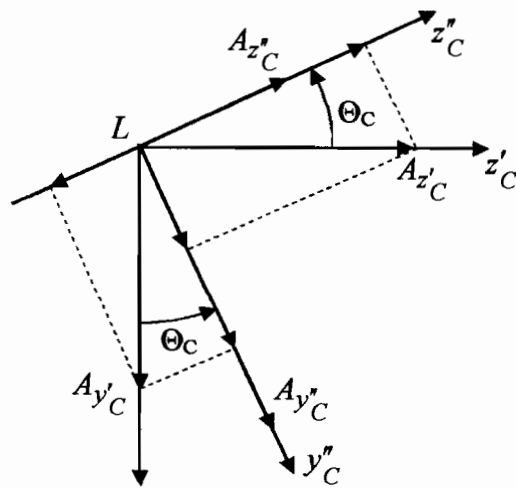


Fig. 9

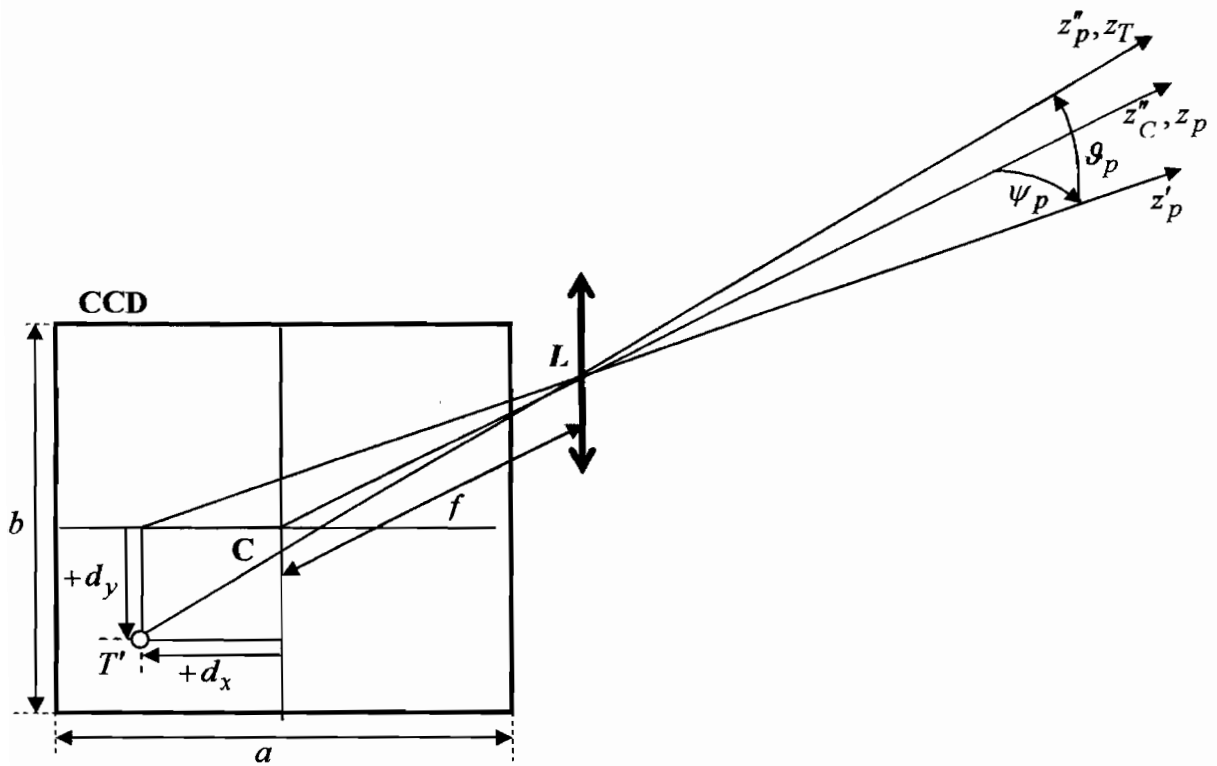


Fig. 10

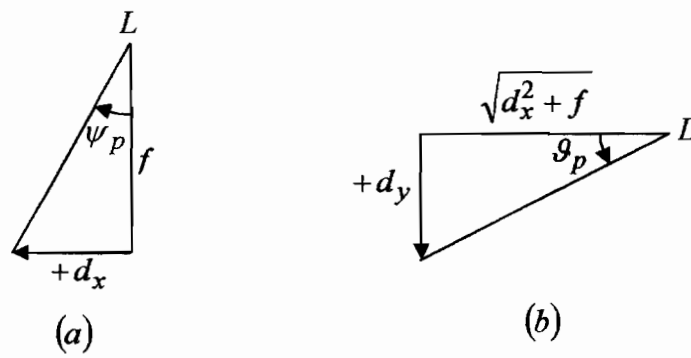


Fig. 11

103

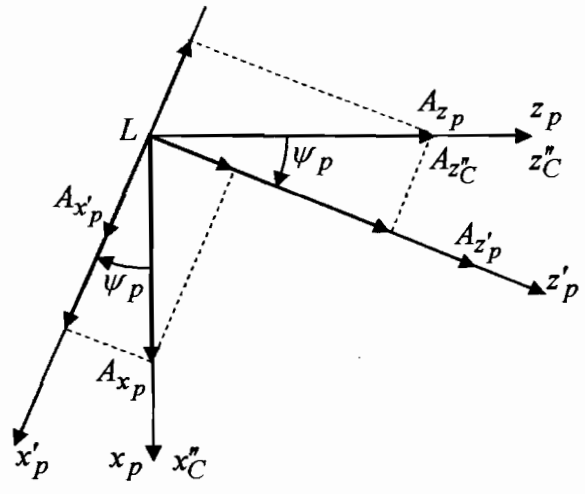


Fig. 12

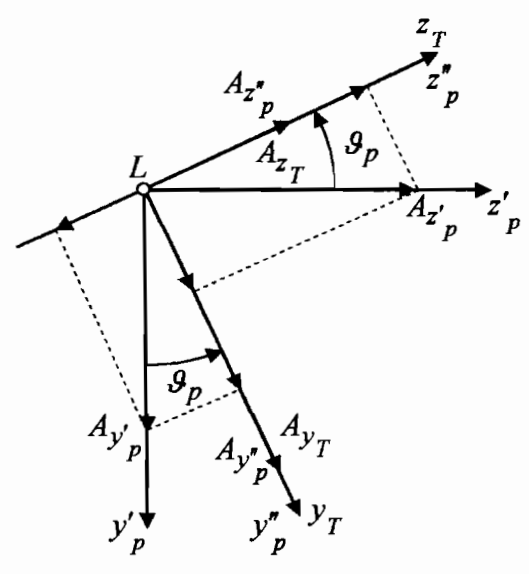


Fig. 13

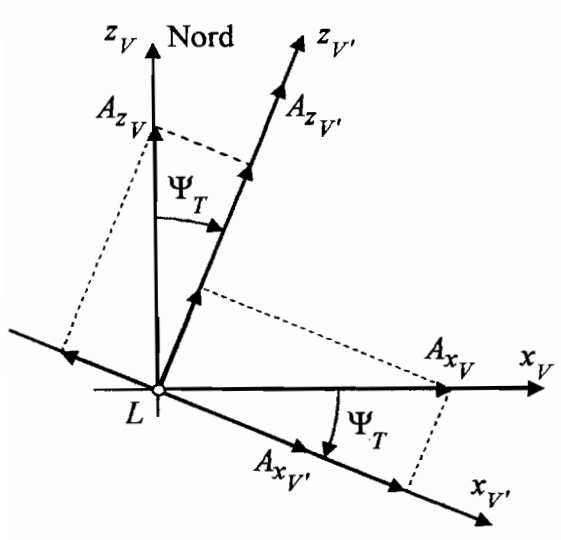


Fig. 14

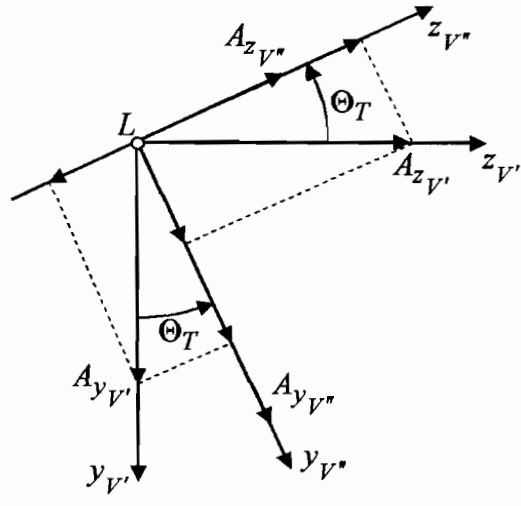


Fig. 15

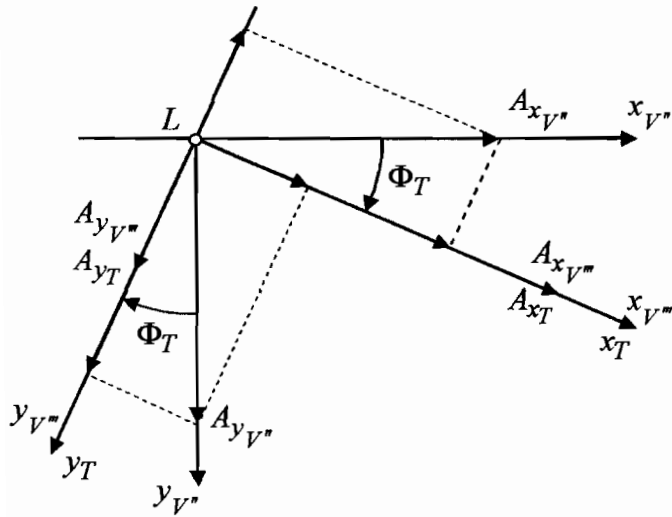


Fig. 16

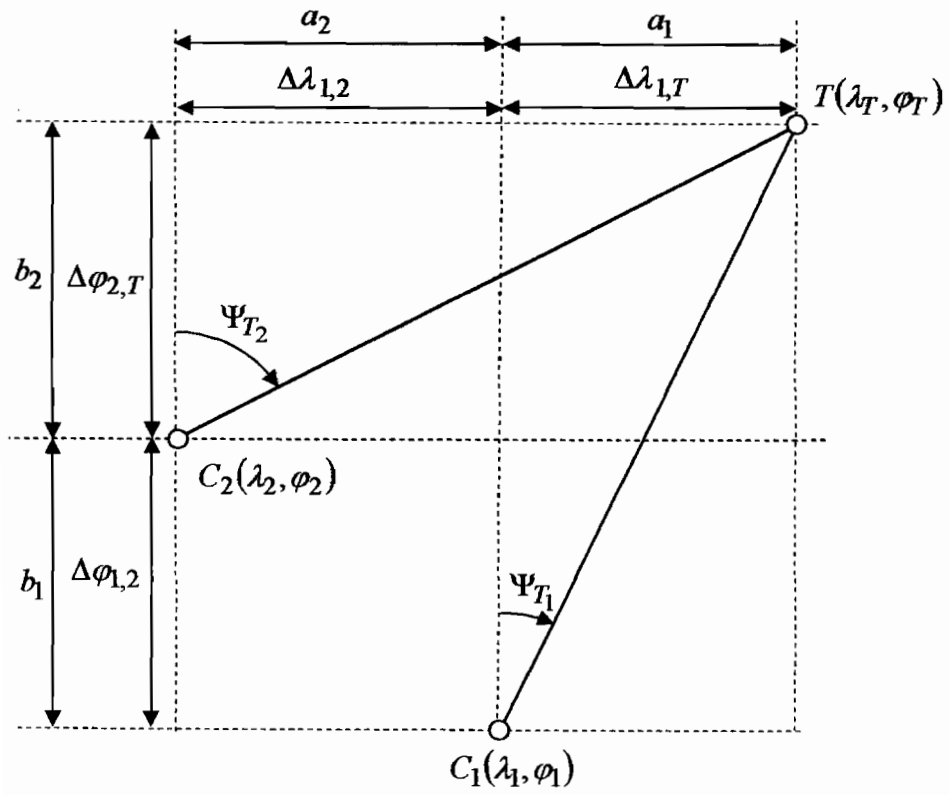


Fig. 17



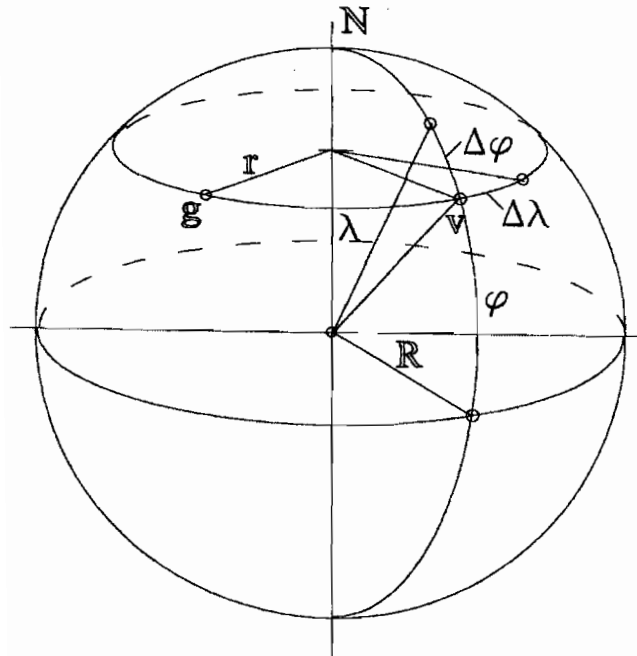


Fig. 18

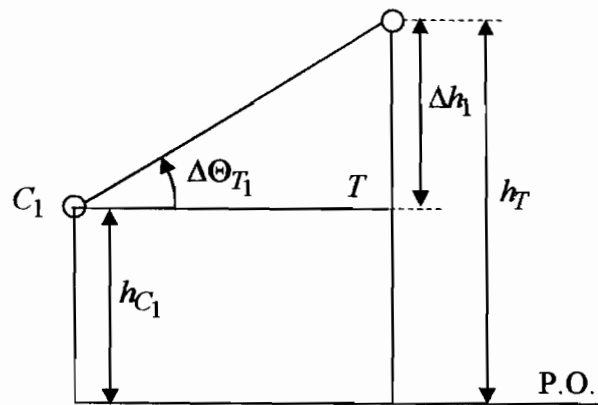


Fig. 19