

Sistemul GPS de Actionare al Masinilor de Constructii

Paun Florea, prep.univ.ing., Universitatea Tehnica de Constructii , Facultatea de Utilaj Tehnologic, Catedra de Tehnologie Mecanica si Organe de Masini

1. Introducere

Controlul prin radio al echipamentului de lucru al masinilor de sapat si transportat utilizand tehnologia GPS.

In ultimii ani contributia laserilor si a electronicii la perfectionarea tehnologiilor si a masinilor de sapat si transportat a fost umbrita de tehnologia GPS (Global Positioning System), care este mai sigura, mai usor de aplicat si mai portabila (ultimele tipuri de receptoare GPS cantaresc sub 3 kg. si sunt alimentate cu doua baterii, iar statia de referinta GPS poate functiona complet automat, realizand supravegherea fara operator) Controlul prin semnale radio trimise prin satelitia GPS (Global Positioning System) reprezinta inca un pas in perfectionarea controlului masinilor de sapat si transportat. Satelitia GPS au fost lansati de armata SUA pentru a realiza dirijarea rachetelor, tancurilor, avioanelor si a altor arme de lupta, dar aceasta tehnologie are si aplicatii pasnice, iar in anul 1996 s-a aprobat utilizarea GPS si in scopuri civile. Semnalele GPS sunt larg utilizate in topografie, la trasarea hartilor, la navigatia aeriana, navala si pe uscat, precum si pentru ghidarea echipamentelor agricole, miniere si de constructii.

Precizia de pozitionare a sistemelor GPS pentru aplicatii de ghidare a masinilor este de 2 - 3 cm, la utilizarea GPS de inalta precizie (RTK diferential).

Prin compararea diferentei timpilor necesari pentru ca semnalele trimise de la sateliti diferiti sa ajunga la primitorul de pe pamant ,este posibil sa se stabileasca foarte precis pozitia receptorului pe suprafata pamantului (precizia sub 10 mm).Este posibil sa se obtina o pozitie foarte precisa a vehicolului in miscare pe santierul de constructii, folosind un receptor pe vehicul, care este in comunicatie continua cu o unitate de baza stationara fin acordata. In etapa imediat urmatoare acest sistem va echipa grederile si buldozerele pentru a asigura orientarea in spatiu, astfel ca lama masinii sa poata fi mentinuta la inaltimea stabilita. Daca pozitia masinii este cunoscuta exact, atunci si pozitia dorita a lamei masinii poata fi controlata, ridicandu-se sau coborandu-se automat. Caterpillar, Leica si Spectra-Physics Laserplane lucreaza la dezvoltarea tehnologiei bazate pe GPS in cadrul proiectului CAEM (Computer Aided Earth Moving), sprijinit de guvernul american. Se urmareste convertirea tehnologiei de aparare in scopuri comerciale. Obiectivul acestui proiect este de a transforma masina de sapat si transportat intr-o unealta controlata automat utilizand semnalele satelitilor GPS, precum si raze laser pentru a masura cu precizie pozitia si orientarea lamei pentru saparea pamantului. GPS deschide o noua era in folosirea masinilor de constructii si datorita unor metode de masura si control mult mai simple si exacte patrunde in cele mai diverse domenii ale constructiilor: la lucrari de transport a materialelor, la lucrari de terasamente si fundatii, la lucrari de compactare si de drumuri, la poduri si constructii inalte, la lucrari de service. Prin montarea pe fiecare masina a unei cutii GPS cu aparatura electronica speciala si a unei antene,se poate urmari de la statia centrala activitatea zilnica a tuturor masinilor firmei (autobasculante, autobetoniere, incarcatoare etc.) si ca urmare optimizarea acestei

activitati se poate realiza mai usor si mai bine. Astfel utilizatorul stie exact ce cantitati de materiale se transporta, unde si cand se realizeaza incarcarea respectiv descarcarea, precum si traseul de transport.

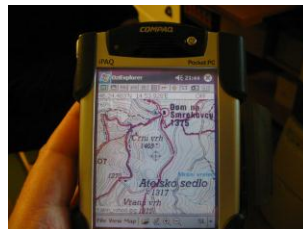
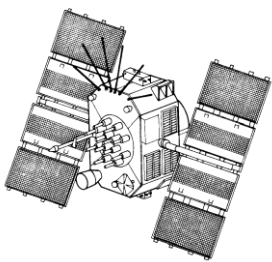
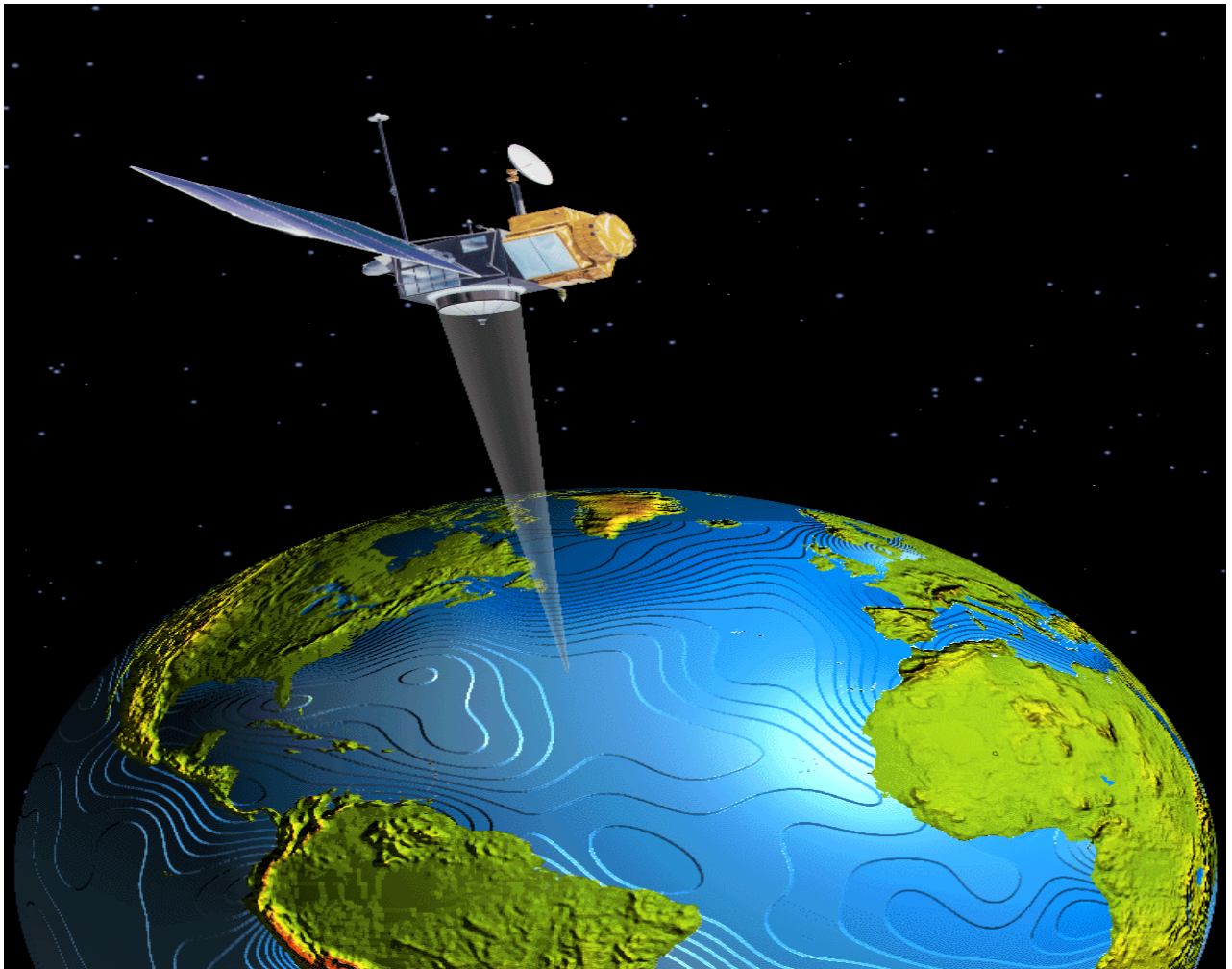
In special la lucrari de nivelare, GPS ofera numeroase avantaje pentru ca este independent de vreme, permitand efectuarea lucrarilor pe timp noros, pe ploaie, pe zapada si chiar pe intuneric. Un alt avantaj este faptul ca toate schimbarile de pozitie sunt urmarite continuu si inregistrate. De aceea Caterpillar impreuna cu Trimble Navigation au realizat sistemul CAES (Computer-Aided Earthmoving System) pentru masini de terasamente cu computer la bord si GPS. Prin CAES conductorul primeste informatii in timp real privind locul unde se gaseste (pozitia exacta in spatiul tridimensional) si pozitia organului de lucru. Conductorul vede pe ecran unde trebuie sa mai sape si unde trebuie realizata umplerea cu material. Inaintea utilizarii trebuie introdus in computerul de bord profilul nominal al terenului care trebuie obtinut, utilizand un software special. Conductorul poate vedea pe ecranul monitorului si rezultatul muncii, atat vederea in plan, cat si sectiunea transversala, astfel ca masuratorile de verificare dupa terminarea lucrului nu mai sunt necesare si masina poate incepe imediat lucrarea urmatoare.

CAES corespunde in prezent in exploatarile miniere de suprafata, in depozitele de deseuri si pe marile santiere.

Sunt perspective multiple de utilizare in viitor si la excavatoare, daca GPS se va combina cu comanda electronica de reglare a adancimii fara laser.

In curand tot mai multe santiere si masini de constructii vor utiliza GPS, costurile suplimentare pentru instalarea acestui sistem pe masina nefiind importante. Odata instalat pe masina, GPS poate fi folosit si in alte scopuri: planificare, localizare pentru service si transmitere de dispozitii, comanda si control, documentare asupra santierului. Este posibila integrarea sistemului satelitilor in electronica de bord a masinilor de constructii.

10⁻⁹



2. Sistemul Global Positioning System(GPS).

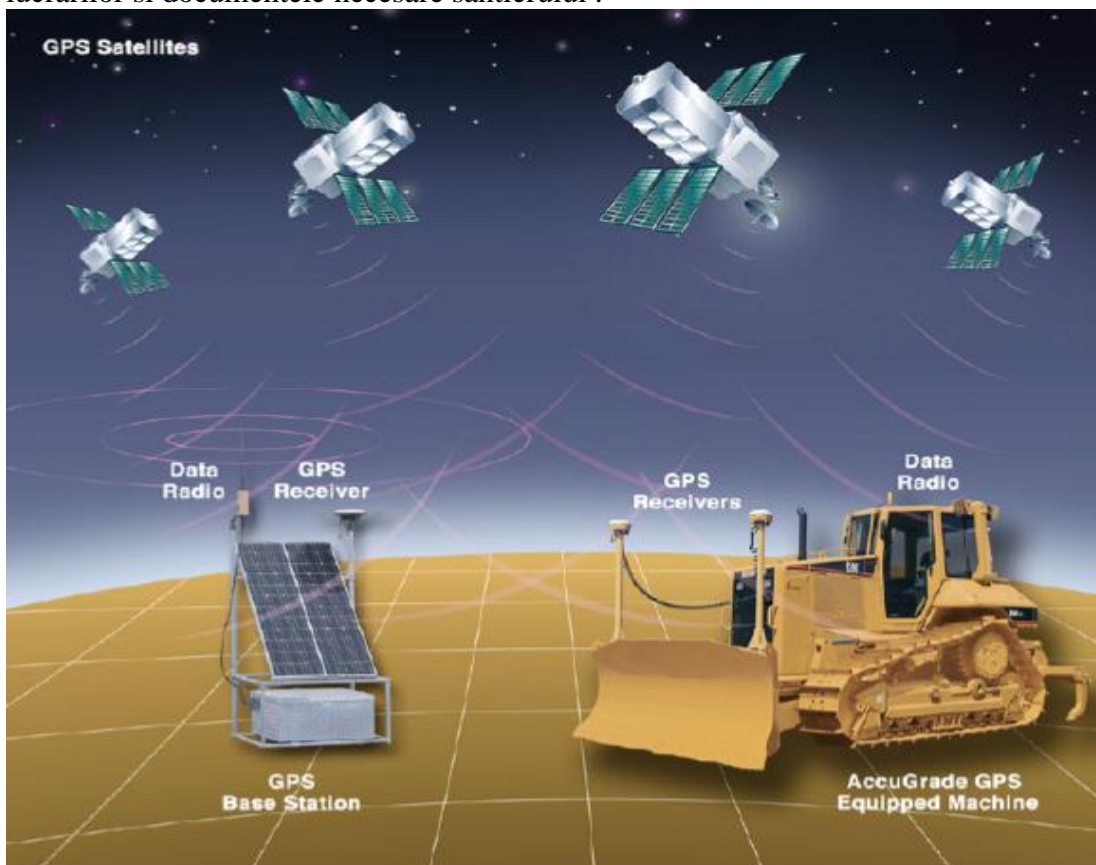
2.1 Principiul de functionare al sistemului GPS

GPS (Global Positioning System) este un nou procedeu pentru determinarea pozitiei. GPS utilizeaza 24 sateliti lansati de SUA in scopuri militare si care din 1995 au fost instalati pe orbite la inaltimea de 17700 km. Acesti sateliti emit semnale bine definite cu o banda lata de frecvente la 1,6GHz. Aceste semnale sunt receptionate la suprafata pamantului de aparate GPS de orice fel, inclusiv cele de pe masini mobile, la fel cum radioreceptoarele receptioneaza undele radio. Cu ajutorul unei masuratori de triangulatie simple se determina distanta la sateliti, fiind necesari in prezent patru sateliti pentru masuratori GPS precise cu costuri acceptabile. Masuratoarea se bazeaza pe durata

necesara semnalului GPS emis de satelit sa ajunga la receptor, pe baza timpului calculandu-se apoi distanta. Acest timp fiind foarte scurt (circa 0,06 sec.),este necesara o masurare a timpului foarte precisa, dar aceasta se poate realiza cu mijloacele electronicii moderne.Cele mai multe aparate GPS lucreaza cu o precizie de masurare de o nanosecunda (10^{-9} sec) .Satelittii sunt dotati cu ceasuri atomice, care sunt foarte precise,bazandu-se pe oscilatiile anumitor atomi.Receptoarele GPS nu sunt dotate cu ceasuri atomice, datorita pretului foarte ridicat al acestora, dar se utilizeaza urmatorul procedeu: in loc de trei puncte de triangulatie se folosesc semnale cod de la patru satelitti si astfel se poate elimina eventuala eroare de masura a timpului.Computerul receptorului GPS poate pe baza semnalelor codificate de la patru satelitti sa determine exact coordonatele in spatiul tridimensional.

Rezultatele optime se obtin inasa cu Differential-GPS (DGPS), unde precizia se mareste utilizand o statie de referinta stationara cu pozitie cunoscuta, reducandu-se in acest caz si numarul de satelitti necesari pentru efectuarea masuratorii la trei .Utilizand GPS se poate vedea pe ecranul monitorului planul terenului ce trebuie nivelat, pe care apar trei zone colorate diferit: zonele mai inalte decat cota nominala colorate cu rosu,zonele mai joase colorate cu albastru si zonele colorate cu verde se afla la cota dorita.

De asemenea cu ajutorul GPS se poate determina pozitia excavatorului si configuratia zonei de lucru, iar pe ecranul monitorului conductorul poate vedea in ce locuri si cat material trebuie sa mai sape pentru a realiza cotele prevazute in proiect .Folosind un software special conceput pentru santiere de constructii (de exemplu DOZSEVI realizat de Caterpillar) este posibila combinarea GPS cu alte sisteme pentru a realiza controlul lucrarilor si documentele necesare santierului .



2.2 Utilizarea GPS la controlul inclinării terenului la lucrări de terasamente (Site Vision GPS)

Prezentare generată a sistemului Site Vision GPS

Sistemul de control revoluționar al lamei (sistem fără jaloane), denumit Site Vision GPS (vizualizarea pe ecran a -santierului utilizând GPS), este un sistem de control a nivelării pământului, care dă operatorului posibilitatea de a termina lucrarea mai repede și cu o precizie mai mare comparativ cu procedeele anterioare. Acest sistem a fost realizat de firma Trimble, utilizând GPS. Site Vision GPS prezintă conductorului pe monitorul din cabina planul santierului cu denivelările existente, precum și poziția exactă a mașinii și orientarea lamei (sistemul realizează poziționarea exactă a lamei în spațiul tridimensional). Poziția mașinii pe planul santierului este indicată pe un monitor color. Bare luminoase aflate în câmpul vizual ghidază operatorul să sape sau să umple de-a lungul aliniamentului pe care lucrează. Prin plasarea planului santierului în cabina, tehnologia Site Vision GPS permite operatorului să aducă terenul la o înclinare constantă și exactă, ceea ce face ca operația de finisare să se facă mai repede, mai eficient și mai exact.

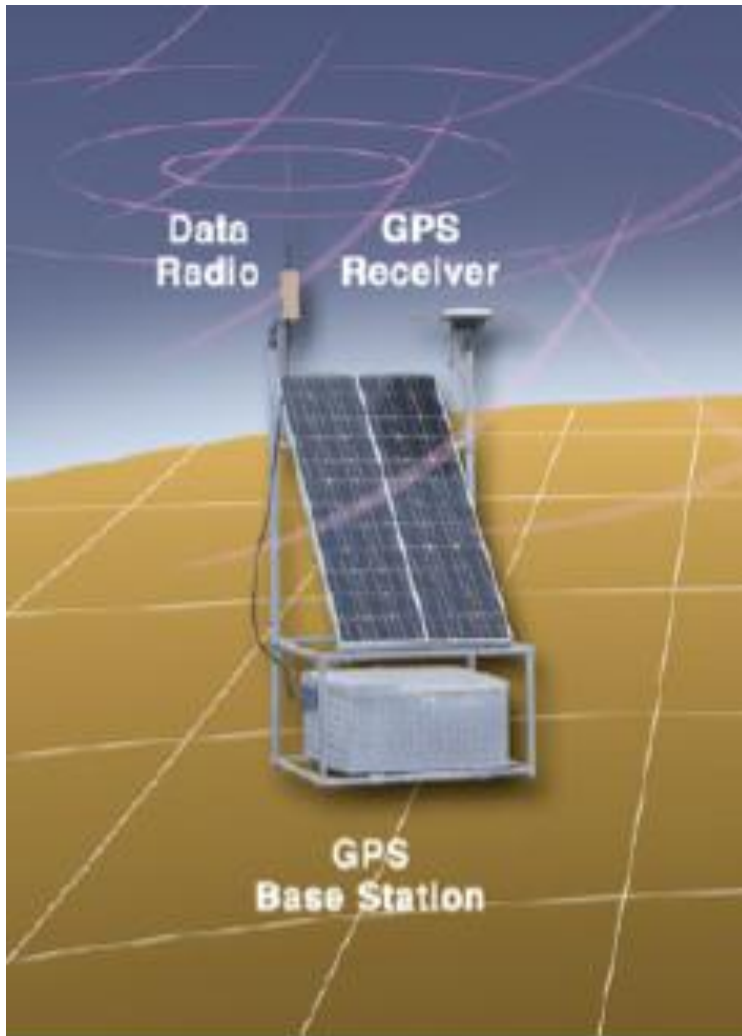
Site Vision GPS revoluționează lucrările de pământ în domeniul minier și al lucrărilor de construcții. În prezent Trimble dezvoltă sistemele de ghidare ale mașinilor de terasamente pe baza tehnologiei GPS.

Metoda utilizată pentru controlul inclinării în construcții are o precizie de 1 - 3 cm și se numește Real Time Kinematic GPS (RTK). Sunt necesari doi receptori GPS: unul este stația de referință GPS, a cărei poziție este cunoscută și al doilea receptor se află pe mașina a cărei poziție trebuie determinată. Comunicările se fac folosind un modem radio. Ambele receptoare fac măsurători ale semnalelor GPS în același timp. Stația de referință emite informații prin radio, inclusiv poziția ei. Instalația de pe mașină compară datele primite de la stația de referință cu datele proprii și calculează cu precizie poziția relativă față de stația de referință.

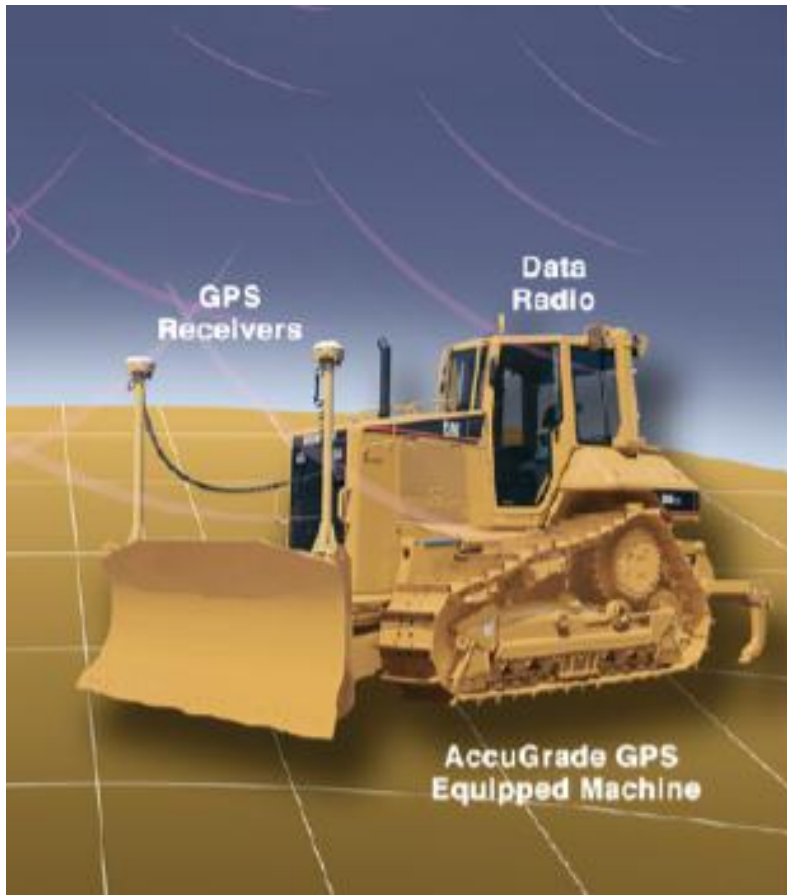
Site Vision GPS este ușor de învățat și de utilizat. La începutul schimbului șeful de santier pune proiectul zilei pe o cartela de date și o introduce în panoul cu ecran aflat în cabina. Pe ecran apare o hartă cu poziția mașinii, în timp ce barele luminoase indică cât de mult trebuie mișcate marginile din stânga și din dreapta ale cutitului față de aliniamentul din proiect. Cu o singură apăsare de buton operatorul poate face comutarea între vizualizarea hărții și vizualizarea poziției lamei pe ecran. Ultima imagine indică poziția relativă a lamei pe suprafața proiectată. La construcții de drumuri se prevede ghidarea după deviația stânga-dreapta de la aliniamentul proiectat. Operatorul poate selecta care parte a lamei să ghideze de-a lungul aliniamentului. Prin apăsarea unui buton se schimbă pe ecran planul santierului cu schema lamei, care indică poziția lamei comparativ cu înclinarea proiectată.

2.3 Partile componente ale sistemului Site Vision GPS

-Statia de referinta GPS cuprinde: receptorul GPS, antena GPS, modem radio, racordul la retea electrica.



-Sistemul GPS de pe masina cuprinde : receptor GPS pentru antena dubla, doua antene GPS,-radio, computer de bord si display cu cartela,doi suporturi pentru antena GPS, cabluri si placi de fixare.



La fiecare capat al lamei se monteaza cate un suport pentru antenele GPS
Antena radio se monteaza langa cel mai inalt punct al masinii. Display-ul se monteaza in interiorul cabinei .
Barele luminoase pot fi montate in interiorul cabinei sau in exterior; se utilizeaza bride pentru montare si demontare rapida. Alimentarea sistemului se face printr-un comutator sau direct de la baterie.



2.4 Modul de lucru

-Site Vision GPS necesita in primul rand un proiect definit al santierului, care este introdus pe display la inceputul lucrarii sau cand se trece la o noua zona de lucru. Proiectul este folosit pentru a calcula sapatura sau umplutura intr-un anumit loc.

Computerele si software de desenare pot realiza un model precis tridimensional al unui proiect. In trecut acest proiect ramanea in birou cu inginerul, care furniza informatii unui topometru, iar acesta fixa jaloane in pamant pentru a ghida verificatorii si conductorii. In prezent se poate lua proiectul pe camp, pe ecranul din cabina si cu ajutorul GPS se poate determina foarte precis pe proiect unde se afla masina, atat pe orizontala, cat si pe verticala. Locurile unde trebuie sa sape sau sa umple se calculeaza direct pe masina.

Site Vision GPS foloseste de asemenea o calibrare GPS, care furnizeaza informatia necesara pentru a lucra in sistemul de coordonate al proiectului. Odata ce proiectul si calibrarea sunt introduse, datele GPS sunt necesare pentru pozitionarea lamei. Semnalele GPS sunt receptionate prin antene si sunt trimise la receptor. In acelasi timp, datele statiei de referinta sunt receptionate prin legatura radio si trimise la receptor. Datele sunt combinate pentru a determina pozitia lamei si inclinarea transversala. Aceasta informatie este trecuta pe computerul de bord. Monitorul computerului este color si usor vizibil in timpul zilei. Informatiile pe ecran sunt date in trei moduri: text, sectiune transversala (pentru aliniamente de drumuri) si vedere in plan. Se tine seama de inaltimea antenei deasupra bazei lamei si se compara pozitia GPS a lamei cu cota din proiect si se calculeaza sapatura sau umplutura necesara. Datele privind sapatura sau umplutura se trec pe barele luminoase ale sistemului, care ghideaza operatorul sa coboare sau sa ridice lama si sa se deplaseze mai la dreapta sau mai la stanga pentru a urmari aliniamentul definit. Daca operatorul actioneaza in afara ariei de lucru definita, atunci operatorul este informat printr-un mesaj ce apare pe ecran: "Off Design!", iar bara luminoasa se aprinde repetat pentru a avertiza operatorul.

-Toate componentele sistemului in Site Vision GPS sunt configurabile. Pe ecran se indica coordonatele, inaltimea lamei, orientarea masinii, inclinarea lamei in plan orizontal, inclinarea transversala a lamei, viteza, sapatura/umplutura la capatul din stanga si din dreapta al lamei, inaltimea din proiect.

-Fiecare santier va avea un plan pe care sunt date cotele pe verticala. In plus poate fi definit si un aliniament orizontal, daca lucrarea include drumuri.

Suprafata din proiect este introdusa printr-una din urmatoarele cai: introducere prin tastatura (nivelul suprafetei, inclinarea suprafetei), introducere prin cartela de date (DIM - Digital Terrain Model).

Introducerea prin tastatura se face pentru suprafete plane, care pot fi orizontale sau inclinate.

Suprafetele neregulate sunt definite utilizand o cartela de date (DIM), care este incarcata direct pe panoul de la bord si este folosita pentru a calcula sapatura/umplutura necesara. Pentru definirea suprafetelor si a aliniamentelor drumurilor se utilizeaza software corespunzator (Trimble Survey Office, Trimble Exchange si altele)

-Site Vision GPS cere o calibrare pentru fiecare proiect. Pozitiile pentru GPS sunt exprimate in urmatoarele coordonate: latitudine, longitudine si inaltime. Transformarea pozitiilor GPS in coordonatele sistemului local poarta denumirea de calibrare GPS si necesita doua sau mai multe puncte de control masurate prin GPS. Calibrarea se realizeaza de topometri cu experienta in topografia RTK si echipamente Trimble. Fisierul

de calibrare ca si fisierul cu proiectul santierului sunt introduse prin cartela de date.

-Indata ce fisierele de desenare au fost create si statia de referinta a fost amplasata, Site Vision GPS nu mai necesita interventii din partea operatorului, daca nu se fac schimbari in proiect. In cazul in care se impun schimbari in proiect, atunci conducatorul proiectului si operatorul pot rezolva rapid fara sa mai astepte topometrii si instalarea jaloanelor.

-Site Vision GPS permite extinderea usoara la alte masini, utilizandu-se aceleasi fisiere de desenare; statia de referinta poate deservi un numar nelimitat de masini.

2.5 Fazele tehnologiei de control a inclinarii terenului Site Vision GPS

-In concluzie pentru aplicarea tehnologiei Site Vision GPS se parcurg urmatoarele faze:

a)Pe teren

-Folosind un topometru calificat GPS, se stabilesc si se localizeaza punctele de control topografice, inclusiv punctul statiei de referinta si se genereaza fisierul de calibrare a santierului.

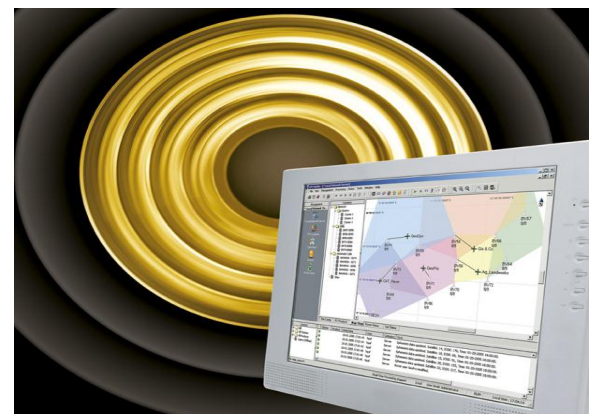
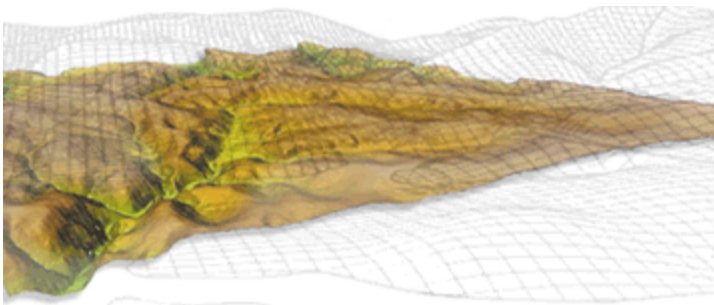
-Instalarea echipamentului Site Vision GPS pe masini.



b)In birou

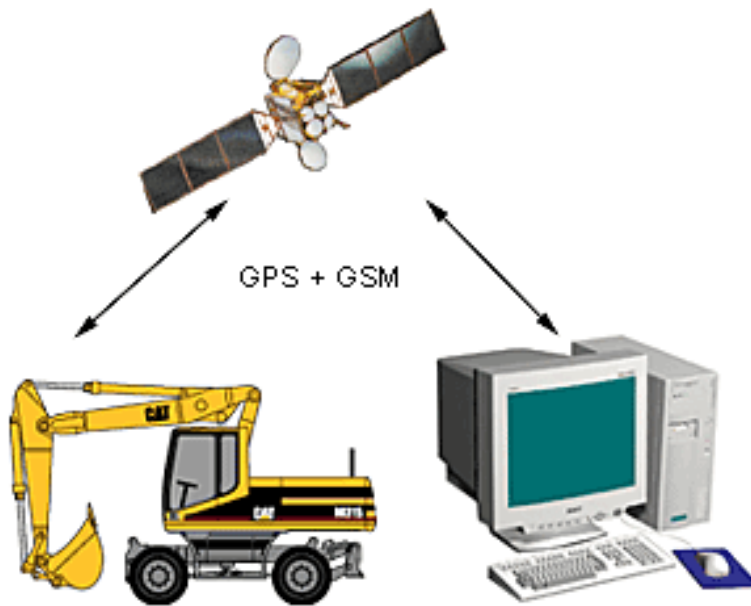
-Obtinerea proiectului lucrarii sub forma digitala

-Copierea proiectului inclusiv aliniamentele si a fisierele de calibrare pe cartela de date



c) La statia de referinta

- Stabilirea statiei de referinta GPS, preferabil la un semn topografic
- Localizarea statiei de referinta GPS



d) Pe masina

- Incarcarea cartei de date pe panoul de bord
- Reglarea lamei, a antenei si stabilirea textului de pe ecran
- Selectarea proiectului si a fisierelor de baza
- Executarea operatiilor de sapare



3. Concluzii.

Avantajele sistemului Site Vision GPS

- Controlul inclinării se face din cabina, reducându-se foarte mult costurile pentru verificarea inclinării
- Ciclul de lucru este mai rapid, asigurându-se creșterea productivității mașinilor
- Se evita costurile cu instalarea tarusilor și verificarea pantelor și se evita situațiile în care unele lucrări trebuie refacute.
- Schimbarea inclinării se poate face rapid selectând noul unghi direct din cabina fără să fie nevoie de măsurători topografice
- Datorită controlului inclinării din cabina înclinarea dorită este atinsă din câteva treceri, evitându-se lucrări de refacere și astfel se obține o mai bună utilizare a mașinii, o productivitate mai mare și reducerea costurilor pentru combustibil și mentenanță
- Se poate lucra pe orice vreme (vânt, ceață, praf, întuneric)
- Site Vision GPS poate fi instalat pe diferite mașini și se transferă cu ușurință de la o mașină la alta (flexibilitate)
- Avantajele față de sistemul laser:**
- Furnizează nu numai informații verticale, ci și poziționare pe orizontală
- Emite pe o arie largă (până la 10 Km) și emisia nu are restricții în plan
- Se poate lucra pe orice vreme
- Suprafețele neregulate necesită verificări repetate ale inclinării. Sistemele tradiționale cu laseri rotitori nu pot fi folosite pentru controlul mașinii. Aceste suprafețe se pot realiza rapid și ușor folosind GPS pentru ghidarea mașinii. Ghidarea prin laser este limitată la realizarea suprafețelor plane.

Bibliografie

1. Steven R. Strom. "[Charting a Course Toward Global Navigation](#)". The Aerospace Corporation. Retrieved on 2008-06-27.
2. "[ICAO COMPLETES FACT-FINDING INVESTIGATION](#)". International Civil Aviation Organization. Retrieved on 2008-09-15.
3. "[History of GPS](#)", usinfo.state.gov (February 3, 2006).
4. Georg zur Bonsen, Daniel Ammann, Michael Ammann, Etienne Favey, Pascal Flammant (2005-04-01). "[Continuous Navigation Combining GPS with Sensor-Based Dead Reckoning](#)". GPS World.
5. "[GPS Support Notes](#)" (PDF) (January 19, 2007). Retrieved on 2008-11-10.
6. 1999 Federal Radionavigation Plan, February 2000. Washington, DC: U.S. Department of Transportation and Department of Defense