

PREDSTAVLJAMO VAM

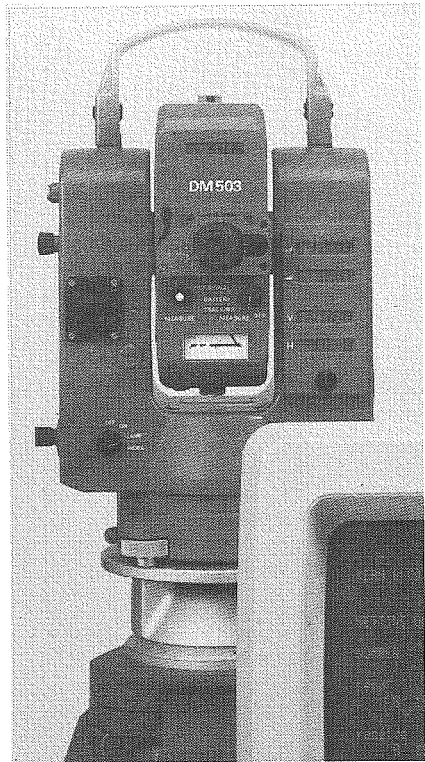
Joc Triglav

ECDS 2 - ELEKTRONSKI MOBILNI TRO-DIMENZIONALNI MERSKI SISTEM

1. Uvod - uporaba geodezije v industriji

Že dolga leta se konvencionalni geodetski instrumenti uporabljajo za merske in kontrolne aplikacije v industrijski proizvodnji. Uporaba nivelirjev za postavitev temeljev, strojne opreme in strojnih elementov v vodoravni položaj je splošno znano. Referenčno ravnino preciznega nivelirja lahko postavimo v horizontalni položaj z zelo veliko natančnostjo. Za nivelirjem lahko prav tako hitro in enostavno izmerimo višinske razlike med določenimi točkami ali postavimo točke na določeno višino. Omejitve pri uporabi konvencionalnih mehansko-optičnih teodolitov so že večje, zato se v večini primerov teodoliti uporabljajo le kot instrumenti za aliniranje. Prosto vrtljivi in nagibajoči se teleskop je idealni pripomoček za aliniranje točk v ravne linije in ravnine. Številni teleskopski dodatki (npr. avtokolimacijski okularji, adapterske leče za zelo kratke vizure, kolenski okularji za zelo strme vizure itd.) sicer širijo uporabnost, vendar se konvencionalni teodolit kljub temu le redko uporablja kot izvorni kotni inštrument. To dejstvo še posebej drži, če je celotna organizacija meritev in izrednotenja rezultatov v celoti prepuščena tovarniškemu osebju. Prav tako je zelo pogosta časovna omejitev, ko proizvodni proces ne dopušča kompleksnih kotnih meritev, izračunov in izravnave rezultatov. Iz tega sledi eden izmed važnih pogojev uporabnosti industrijske geodezije - takojšnja in neposredno dosegljivost rezultatov v obliki deformacij, izravnave, korekcijskih vrednosti itd. Glavni namen industrijske geodezije je sestava ter nastavitev delovnih enot in komponent po projektu, tako da ustrezajo vsem zahtevam po brezhibnem delovanju.

2. Elektronski teodolit (slika 1)



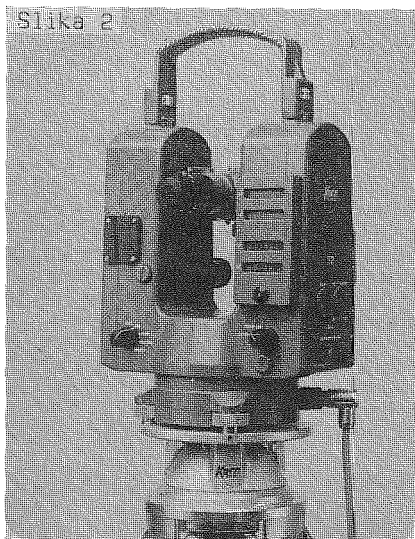
Z uvajanjem elektronskega teodolita se je tudi uporabnost industrijske geodezije bistveno povečala. Elektrooptično odčitavanje horizontalnega in vertikalnega kroga omogoča prenos kotnih vrednosti neposredno v računalnik, ki te podatke obdela z ustreznimi programi. Rezultati obdelave so za uporabnika dosegljivi takoj, po potrebi pa jih lahko shranimo v spominsko enoto računalnika. Zamudnega čitanja in prepisovanja izmerjenih kotov pri elektronskih teodolitihi ni. Prav tako ni zamudnega odčitavanja srednjih odčitkov in popravkov kotnih opazovanj ipd., ker vse to opravi za nas računalnik z ustreznim programom v nekaj sekundah. Poleg izjemnega prihranka časa merjenja in obdelave opa-

zovan je v elektronskem procesu praktično izločena možnost napake čitanja in zapisa kota, prav tako pa tudi vse računske napake med obdelavo.

3. ECDS 2 - strojna oprema

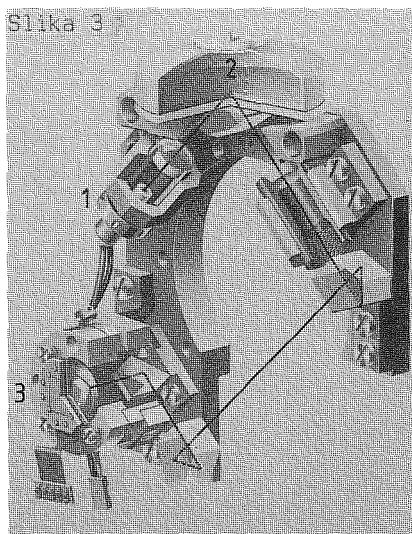
Običajna konfiguracija elementov sistema ECDS 2 vsebuje od dveh do osem KERN E2 teodolitov z dodatki, računalnik in mobilno postajo. Na naslednjih dveh straneh je na kratko predstavljen vsak element strojne opreme.

3.1. KERN E 2 - Elektronski teodolit (slika 2)



Kern E2 je sekundni elektronski teodolit, ki omogoča zelo točno odčitavanje kotnih opazovanj. Oznaka "sekundni teodolit" pomeni, da E2 omogoča merjenje kotov z natančnostjo 0.3"-0.6" (oz. 0.1 do 0.2 mgona), kar na razdalji 10m ustreza ločni razdalji 0.02 mm. Dinamični (inkrementalni) sistem za merjenje kotov določa vrednosti horizontalnega in vertikalnega kroga trikrat na sekundo in jih kontinuirano prenaša v računalnik. S tem je izpolnjen eden izmed temeljnih pogojev za procesiranje kotnih vrednosti v računalniku v realnem času.

3.1.1. Dvoosni kompenzator (slika 3)



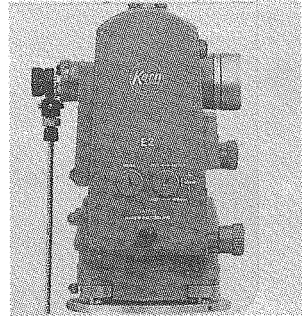
Naslednja prednost, ki jo ponuja E2, je njegov dvoosni kompenzator, ki je vgrajen v teodolit in bistveno povečuje točnost kotnih opazovanj. Kompenzator sproti popravila vertikalne kote zaradi odklona vertikalne osi od vertikale in hkrati horizontalne kote zaradi odklona horizontalne osi od horizontale. Popravki kompenzatorja so še posebej bistveni pri strmih vizurah, ki so v industrijski geodeziji zelo pogoste.

Princip delovanja kompenzatorja je v zasnovi preprost, praktična izvedba pa zelo zapletena. Kompenzacija temelji na odboju internega žarka iz svetlobne diode (slika 3-detajl) od površine tekočine (detajl 2), ki je vedno absolutno vodoravna. Po odboju od te površine potuje žarek prek sistema leč na površinsko razmeroma veliko fotodiodo (detajl 3), ki služi kot dvodimenzionalni pozicijski detektor. Ta detektor določi položaj žarka glede na referenčno vrednost (kompenzacijska ničelna točka) v koordinatah. Ena koordinata pomeni naklon vertikalne, druga pa naklon horizontalne osi.

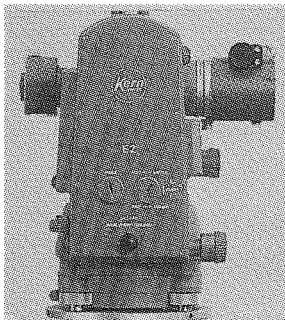
Resolucija detektorja je boljša od 0.001 mm, kar pomeni boljše od $0.3''$ v določiti naklonov osi. Mikroprocesor, ki je vgrajen v Kern E2, stalno prišteva korekcijske vrednosti k horizontalnim in vertikalnim kotom. Kotne vrednosti na zaslonu teodolita in tiste, ki se prenesejo v računalnik so brez napak. Kompenzator lahko s stikalom na teodolitu izklopimo, kar pride v poštev pri nestabilnih stojščih teodolita, kjer je kompenzator manj uporaben.

3.1.2. Dodatki (slika 4)

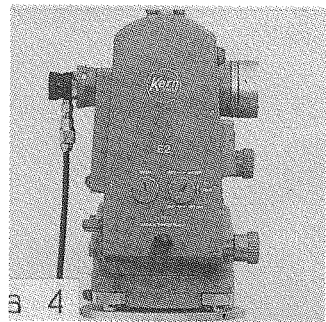
Laserski okular



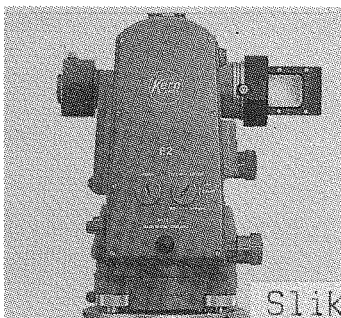
Optični mikrometer



Autokolimacijski okular



Pentagonalna prizma - dodatek za transakcijo vizure za 90°



Po videzu in upravljanju se teodolit E2 zelo malo razlikuje od konvencionalnega mehansko optičnega teodolita. Vse dodatke kot so okularji, leče, objektivni, nastavki ipd., lahko brez omejitev uporabljamo tudi na teodolitu E2. Posebej pa velja opozoriti na naslednje dodatke:

- posebne marke za jasno označevanje točk merjenega objekta,
- laserski okular za označevanje točk na nedostopnih površinah objekta meritve,
- ekscentrični nosilci za merjenje skritih točk objekta.

3.2. Računalnik

ECDS 2 je zelo fleksibilen sistem in se lahko uporablja na različnih zmogljivejših računalnikih (npr. DEC Micro/PDP 11) kot tudi na mikroračunalnikih, ki uporabljajo MS-DOS operacijski sistem, npr.:

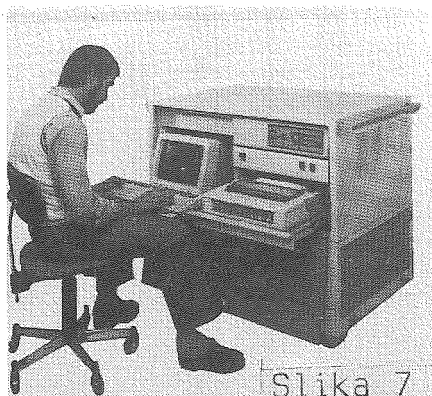
- IBM PC/XT/AT (slika 5),
- HP Vectra (slika 6),
- Olivetti M 425P, Compaq itd.

Slika 5



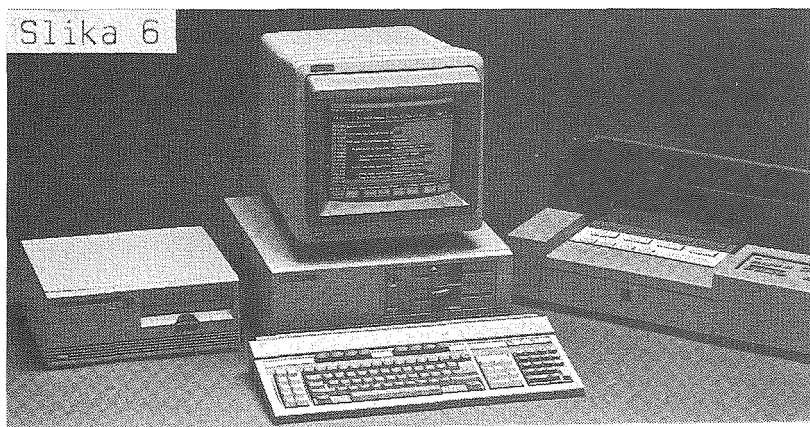
Mikroračunalniki morajo poleg uporabe MS-DOS operacijskega sistema izpolnjevati naslednje minimalne konfiguracijske zahteve:

- 512 KB RAM spomina in matematični procesor,
 - vsaj eno disketno enoto in en trdi disk z najmanj 10 MB spomina,
 - barvni zaslon najmanj srednje grafične ločljivosti,
 - za priključitev teodolita zadoščajo standardni serijski vmesniki, ki so že originalno vgrajeni v ta mikroračunalnik.
- To je vsa potrebna računalniška strojna oprema.

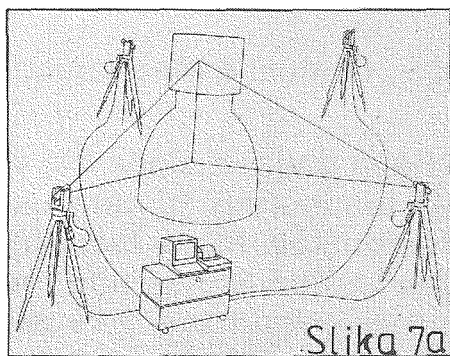


Slika 7

Slika 6



3.3. Mobilna postaja (slika 7, 7a)



Naslednja zahteva za uporabnost takšnega merskega sistema je njegova mobilnost, saj merimo na kraju samem in zato tam potrebujemo tudi vso opremo. Premiki opreme znotraj delovnega območja morajo biti hitri, enostavni in varni. Vse te zahteve izpolnjuje posebno oblikovana mobilna postaja - sistemska "ciza". Komponente standardne konfiguracije sistema lahko varno shranimo in privežemo v tej mobilni postaji. V postajo je vgrajena običajna električna napajalna enota za vse električne komponente sistema, npr. računalnik, zaslon, tiskalnik, teodolit in laser. Zrak za hlajenje računalnika je filtriran pri vstopu v postajo, kar omogoča uporabo sistema v zelo prašnem ali umazanem industrijskem okolju.

4. ECDS 2 principi delovanja in programska oprema

4.1. Princip določevanja koordinat točk objekta (slika 8, 9, 10)

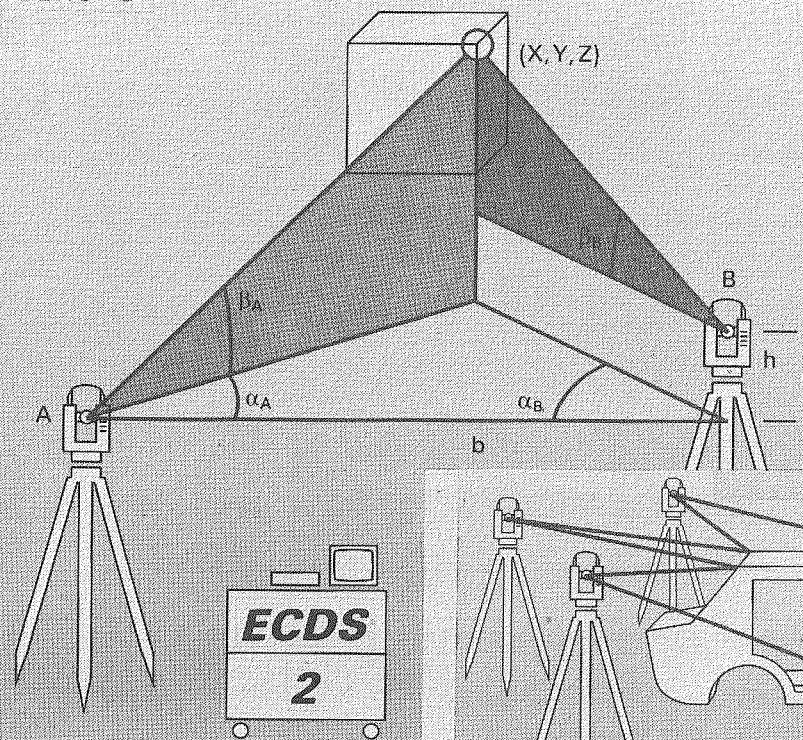
ECDS 2 se bistveno razlikuje od klasične tridimenzionalne merske tehnologije, ki se je do sedaj uporabljala v industriji. Ta tehnologija je temeljila na izmeri objektov v stacionarni merski napravi, ki je imela seveda omejene možnosti izmere. ECDS 2

je mobilni merski sistem, ki omogoča izmero objekta poljubnih dimenzij neposredno na kraju izdelave objekta in takojšnjo dosegljivost rezultatov izmere. Geometrijski pristop k določitvi koordinat točk objekta temelji na prostorskem urezu (slika 8), saj le čista kotna merjenja lahko nudijo točnost, ki jo zahtevajo industrijske aplikacije. Za prostorski urez sta potrebni vsaj dve stojišči, na katerih hkrati postavljamo teodolita E 2. Stojišči sta lahko na poljubnih pozicijah, vendar tako, da z njiju vidimo primerno veliko skupno površino objekta. Najprej določimo razdaljo med stojiščema (b) in višinsko razliko stojišč (h). S tem dobimo lokalni koordinatni sistem. Potem merimo horizontalne in vertikalne kote do označenih točk objekta. Iz danih in izmerjenih podatkov potem računalnik izračuna prostorske koordinate točk objekta (X, Y, Z) v lokalnem koordinatnem sistemu in jih zapiše na zaslonu.

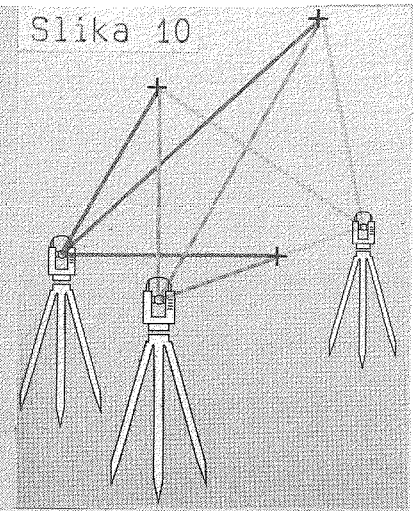
ECDS 2 dovoljuje uporabo dveh od osmih teodolitov hkrati (slika 9). Uporaba več teodolitov omogoča hitro izmero velikih objektov kompliciranih oblik, hkrati pa zagotavlja večjo natančnost določitve točk objekta. Tudi pri uporabi več teodolitov hkrati je potrebno najprej določiti relativne medsebojne položaje stojišč v lokalnem koordinatnem sistemu. Koordinate stojišč izračunamo z metodo relativne orientacije, ki se sicer uporablja v fotogrametriji (ang. "bundle adjustment"). Po tej fotogrametrični metodi najprej opazujemo določeno število skupnih točk, ki pa nimajo določenih koordinat (slika 10). S sofisticiranim računalniškim programom potem določimo relativne položaje vseh stojišč. Z uporabo te metode odpade eden od omejevalnih pogojev postavitve teodolitov, namreč medsebojna vidljivost teodolitov in medsebojno aliniranje teleskopov teodolitov. S tem je odpravljen še en morebitni vir napak, hkrati pa metoda dovoljuje zelo kratke razdalje med stojišči (tudi 0,5 m).

Pozicijska natančnost določitve stojišč dosega zahtevano natančnost in znaša nekaj stotink mm. Opazovanje iste točke objekta s treh ali več stojišč zahteva izravnavo. Računalnik s strogo metodo izravnave določi koordinate takih točk z bistveno povečano natančnostjo.

Slika 8



Slika 10



Slika 9

4.2 Programska oprema (slika 11)

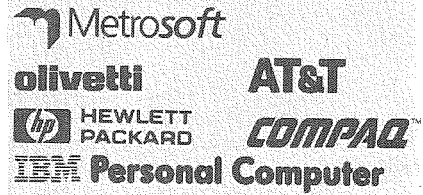
ECDS 2 vsebuje odprto programsko podporo, kar kaže na prizadevanje za popolno hardversko in softversko fleksibilnost med sistemi v računalniškem svetu. Sekvencialno načrtovana programska struktura vodi uporabnika skozi postopek dela korak za korakom z dialogom prek menija. Standardni softver vsebuje:

- mnoge različne metode orientacij, tako da lahko v najkrajšem času vzpostavimo željeni objektni koordinatni sistem;
- spremljanje rotacij teodolitov v realnem času. Vsakemu premiku teodolita takoj sledi sprememba koordinat na zaslonu. Opsazovanja lahko pred shranitvijo v spomin ocenimo in po potrebi izločimo;
- izračun prostorskih razdalj;
- izračun medsebojnega položaja dveh daljic ali ravnin;
- analizo odstopanj dejanskih koordinat točk od referenčnih projektiranih koordinat in analizo odstopanj dejanskih koordinat od referenčnih koordinat na krožnici, kroglji, parabolični površini itd.;
- primerjava koordinat točk z različnih datotek;
- pozicioniranje točk na objektu;
- HELP funkcije, ki so vedno dosegljive, in skrajšane napotke na zaslonu;
- barvni zaslon še začini jasnost menija in izpis rezultatov.

MS-DOS verzija ECDS 2 sistema ima še eno veliko prednost-možnost uporabe programov, ki so jih razvile druge firme. Navajam nekaj testiranih možnosti:

- prenos podatkov v program AUTOCAD (firme Autodesk AG);
- prenos podatkov v program LOTUS 1-2-3 in MEASURE (firme Lotus Development Corporation);
- prenos podatkov v program DTM (firme Digiplan AG);
- uporaba programa za prenos koordinat iz ECDS 2 v razvejani programski paket METROSOFT (firme Metromec), ki omogoča postprocesiranje podatkov iz ECDS 2. Metrosoft je eden najboljših in najbolj dodelanih tridimenzionalnih merskih programov;
- ECDS 2 shranjuje podatke v odprte ASCII datoteke, kar omogoča prenos podatkov prek standardnih vmesnikov na ve-

Slika 11



like CAD/CAM sisteme, ki so nameščeni na velikih računalnikih (npr. Computer-Vision ali Calma).

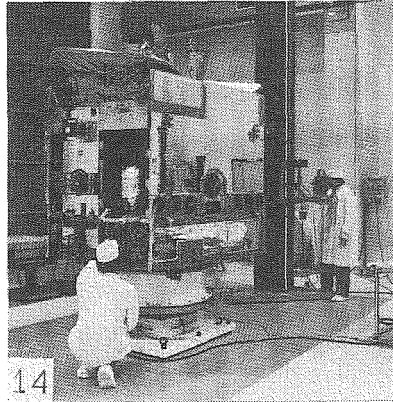
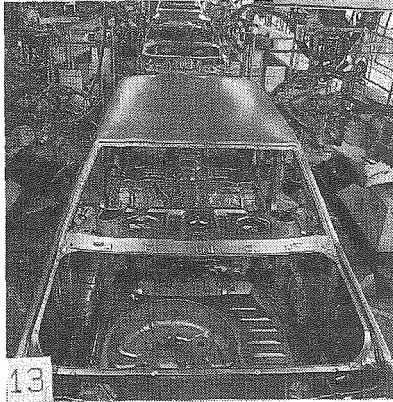
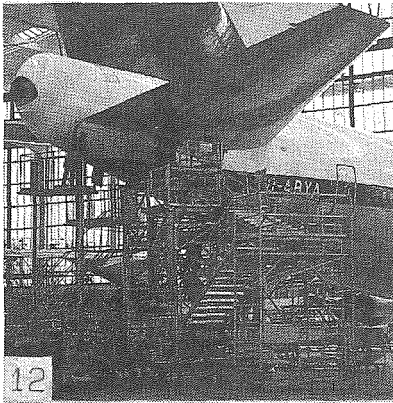
5. Uporaba sistema ECDS 2 v praksi (slike 12-17)

Uporabnost sistema je zelo široka, čeprav je sistem pravzaprav šele v povojih. Z razvojem tehnologije se bodo širila tudi področja uporabe. Navajam le nekaj primerov uporabe ECDS 2 v praksi:

- točna postavitev elementov opreme v avtomatiziranem proizvodnem procesu, npr. v avtomobilski industriji in podobno;
- kontrola kakovosti in druge aplikacije v letalski industriji;
- pomoč pri postavitvi in vzdrževanju zahtevnih konstrukcij v jedrski industriji;
- proučevanje kompleksnih ukrivljenih površin pri telekomunikacijskih antenah pri različnih pogojih orientacije antene, pri različnih temperaturah in akostih vetra ipd.;
- uporaba v ladjedelništvu, satelitski industriji ipd.

6. Prihodnji razvoj 3D merskih sistemov

V razvitih gospodfarskih okoljih postaja vprašanje avtomatizacije merskih postopkov vse bolj aktualno. Za nadzor avtomatiziranih tovarn in proizvodnih procesov bodo potrebni avtomatizirani merski sistemi, ki bodo merili v programiranih časovnih presledkih. Prav tako bo potrebno razviti daljinsko vodene merske sisteme za meritve na nevarnih ali nedostopnih območjih.



Trenutno tehnologija omogoča daljinsko vodenje zasukov osi teodolita in fokusiranje s koračnimi motorji in z uporabo računalniško vodenih kamer za prikaz slike. Naslednji korak v razvoju bi lahko bil

prevzem slike s kamere in uporaba slikovnega procesiranja za avtomatsko viziranje teodolitov na ciljne vzorce objekta. Seveda bo trajalo nekaj časa, preden bodo takšni sistemi razviti in dodelani tako, da bodo zagotavljali potrebno zanesljivost in natančnost, toda to je smer razvoja in z veliko gotovostjo lahko pričakujemo, da bodo takšni merski sistemi igrali pomembno vlogo v proizvodnji in postopkih zagotavljanja kakovosti izdelkov v mnogih industrijskih vejah.

