

Крста Врачарић\*

Бранко Божић\*

## СНИМАЊЕ ТАЧАКА ДЕТАЉА ПРИМЕНОМ САВРЕМЕНИХ МЕРНИХ УРЕЂАЈА

- предности и недостаци -

### САЖЕТАК

Рад се бави аспектима примене савремених технологија у поступку снимања тачака детаља. Анализирају се предности и недостаци примене електронских теодолита, тоталних станица и GPS технологије у односу на раније класичне уређаје и начине рачунања координата тачака и израде планова

### ABSTRACT

The paper deals with implementation of modern technologies in cadastral surveying. Advantages and disadvantages of modern technologies are analysed referred to classical equipment used so far. It is known that GPS can replace conventional surveys employing a theodolite and level or a total station because this technology that has been extended in various fields measures geographical coordinates with astonishing speed and accuracy.

**Key words.** Surveying, Total station, GPS technology.

### 1. УВОД

Сведоци смо наглог напретка техничких средстава и уређаја за мерење и њихове примене у геодетској пракси. Напредак је тако брз да га је тешко пратити кроз литературу, још теже га је искористити у пуној мери за практичну примену а поготову није могуће благовремено донети одговарајуће прописе којим би се регулисало законско коришћење ових средстава у премеру земљишта. Зато законска регулатива по правилу „заостаје“ иза њихове примене у пракси.

### 2. РАНИЈИ КОНЦЕПТ РАЗВИЈАЊА МРЕЖА И СНИМАЊА ДЕТАЉА

Приликом развијања геодетске основе у ранијем периоду, прописи су налагали да се мреже геодетске основе развијају по принципу „од већег ка мањем“, што значи да се прво морала развити тригонометријска мрежа на коју се ослањала полигонска мрежа као непосредна основа снимања. Угловна мерења у полигонској мрежи изводила су се теодолитима различите тачности док су линеарна мерења извођена најчешће пољским пантљикама а доције у градовима помоћу хоризонталних или инвар-базисних летава.

Полигонске мреже су изравнаване као мреже појединачних влакова, ретко су коришћене чворне тачке а још ређе више чворних тачака одједном. Није био редак

\* Грађевински факултет - геодетски одсек, Београд, Булевар Краља Александра 73

случај да су се приликом мерења у мрежи правиле грубе грешке које нису на време откривене и исправљене накнадним мерењима на терену. Касније у току рачунања координата тачака, грешке су биле откривене али су неоправдано исправљана нека мерења која су омогућавала испуњење математичких услова, без обзира што су квалитетно изведена, а била су погрешна сасвим друга мерења. Према томе, није био редак случај да су полигонске тачке имале погрешне координате. Ова појава нарочито се испољава приликом откивања тачака полигонске мреже у процесу одржавања премера, када се са већ откривених тачака једног влака проналазе тачке из суседних влакова. Догађа се да је тачке немогуће пронаћи, па смо принуђени да идући влаком и коришћењем оригиналних теренских мерења накнадно констатујемо да је нека дужина или угао преправљан, а да је прецртана вредност коректна.

Снимање детаља обављало се најчешће поларном методом (ређе ортогоналном) а подаци снимања уписивани су у записник снимања (или на скицу детаља). Координате детаљних тачака нису рачунате него су за картирање коришћени подаци снимања. Према томе, положај детаљних тачака на плановима био је, не ретко, погрешан али због размере плана грешке се нису одока уочавале нити их је ко откривао. Проблем се појављује када је потребно уредити границу власништва на терену по налогу суда или захтеву странака. Тада је границу могуће успоставити на основу података (записника) снимања само са оних тачака са којих је детаљ сниман и на које се записник односи. Коришћење координата детаљних тачака које би се накнадно срачунале, и њихово преношење на терен са неких других тачака дало би погрешно решење. У таквим случајевима оригинални записник снимања је неопходан.

### 3. НОВИ КОНЦЕПТ РАЗВИЈАЊА МРЕЖА И СНИМАЊА ДЕТАЉА

Последњих деценија средства за мерење углова а нарочито дужина с појавом електрооптичких даљиномера веома су усавршена тако да се са лакоћом постиже тачност мерења каква се раније није могла замислити. Приликом изравњања користе се програми помоћу којих се полигонске мреже најчешће изравнавају као целине одједном. Некада се мрежа дели на основну и попуњавајућу али се у сваком случају за све полигонске тачке добијају врло квалитетне координате. Ово се уочава приликом проналажења тачака полигонске мреже у поступку одржавања премера. Положај скоро сваке полигонске тачке добија се у границама од пар центиметара без обзира да ли се тачка проналази са неке тачке која је с њом у истом влаку или из суседног или ма ког влака.

Приликом снимања детаља поларном методом користе се секундни теодолити док се поларна растојања мере помоћу електрооптичких даљиномера, при чему се дужине читавају са центиметарском а углови са секундном тачношћу. Све чешће се снимање детаља обавља помоћу „тоталних станица“ а пренос података са инструмента на рачунар обавља се аутоматски. У таквом случају искључене су грешке читавања података и вођења записника. За детаљне тачке рачунају се координате помоћу одговарајућих програма а затим се помоћу координата врши картирање.

Када је полигонска мрежа претходно развијена и када су срачунате координате погонских тачака, у меморије „тоталне станице“ могу се унети координате станице и визуалних тачака те да се као резултат снимања у меморији „тоталне станице“ одмах добијају координате детаљних тачака. Листинг из меморије „тоталне станице“ сада садржи бројеве детаљних тачака као и сагласност оријентационих углова на станици који су коришћени за рачунање координата детаљних тачака.

Сада се у случају успостављања граница на терену (по налогу суда или захтеву поседника) користе координате детаљних тачака. Оне се на терену могу успоставити са било које тачке геодетске основе, уз веома велике дужине визуре (400-500 m) и са довољном тачношћу. Према томе, битна је тачност координата детаљних тачака а није битно са којих су тачака снимљене.

Данас велики број приватних геодетских фирми располаже савременим „тоталним станицама“ помоћу којих се положај детаљне тачке одређује веома прецизно. Такође се „тотална станица“ може поставити на неко погодно место за снимање са којег ће се догледати најмање две или више датих тачака геодетске основе. На основу мерења хоризонталних и вертикалних праваца и дужина ка датим тачкама аутоматски у реалном времену (истог тренутка) могу се срачунати координате и надморска висина станице, а затим наставити снимање и рачунање координата детаљних тачака. Координате детаљних тачака одређене са овако постављене тачке биће истог квалитета као да су снимљене са полигонске тачке која је раније трајно стабилизвана. За даљу употребу користе се координате детаљних тачака независно одакле су одређене. Значи, записник снимања у класичном смислу није више потребан јер ће се детаљне тачке успостављати на основу координата независно од тога одакле су снимљене. Другим речима, савременим мерним уређајима гарантује се висок степен припадности јединственом координатном систему података геодетске основе и тачака детаља.

Када је полигонска мрежа на терену довољно густа, овакве накнадне полигонске тачке није потребно трајно стабилизovati.

#### 4. СНИМАЊЕ ТАЧАКА ДЕТАЉА ПРИМЕНОМ GPS ТЕХНОЛОГИЈЕ

Појава GPS технологије 70. година прошлог века значајно је утицала на унапређење геодетских радова. Између

осталог, ова технологија нашла је своју широку примену и у геодетском премеру, тј. снимању тачака детаља. Данас, тржиште располаже најразличитијим типовима пријемника. Да би се могло боље разумети све предности примене GPS технологије при снимању тачака битно је истаћи неке основне карактеристике њене примене који одређују њену све масовнију употребу, а то су:

- 1) рад у свим временским условима, добу дана и године,
- 2) рад у јединственом координатном систему,
- 3) није пужно догледање између два GPS пријемника,
- 4) висока тачност мерења и
- 5) висока продуктивност и ефикасност рада.

Основна ограничења у примени GPS технологије огледају се у:

- 1) потребама видљивости неба,
- 2) отежаној примени у зараслом и маскираном терену и
- 3) немогућности рада у затвореном простору.

У примени GPS технологије у геодетском премеру користе се следеће методе-технике мерења:

- 1) статична метода,
- 2) брза статична метода,
- 3) кинематична метода и
- 4) кинематична метода у реалном времену (RTK).

Статична метода користи се код мерења великих дужина и она обезбеђује максималну тачност позиционирања, тј. код успостављања контролних-основних мрежа. Према прописима који код нас важе, ова метода се користи код успостављања референтних мрежа (основне, државне и локалне) и полигонских мрежа као основе за снимање тачака детаља.

Брза статична метода користи се код успостављања или погушћавања локалних контролних мрежа уколико дужине између тачака нису веће од око 20 km. Као и код претходне методе један или више пријемника су базни док се остали премештају након прикупљања довољне количине података на станици.

Кинематичка метода највише се примењује приликом снимања детаља. Пожељно је да при снимању детаљних тачака и кретању пријемника са једне на другу детаљну тачку не дође до губитка сигнала. Уколико се то ипак деси, иницијализација (прикупљање података ради дефинисања почетног вектора) се мора поновити. Уколико GPS пријемници поседују тзв. *on-the fly* технику, иницијализација се може спровести у покрету и траје само неколико секунди. Разлог за примену ове методе лежи у високој релативној тачности одређивања положаја која износи од 5 до 50 mm. Техника мерења се заснива на коришћењу најмање два GPS пријемника, од којих је један базни (референтни) а други покретни. На основу мерења базног и покретног пријемника рачуна се вектор (компоненте вектора, односно базна линија, тј. релативни положај покретног пријемника у односу на базни). С обзиром да базни пријемник стоји на познатој тачки, познавајући координате положаја сателита (на основу емитујућих ефемерида) релативно је лако одреди дужину од базног пријемника до сателита у сваком временском тренутку. Разлика између срачунате и мерене дужине садржи систематске утицаје. Када се у обраду укључе и мерења дужина до сателита на покретним пријемницима (претпостављајући да су систематски утицаји исти или њихова разлика на крајевима базне линије занемарљива - кратке дужине), ствара се погодан основ за прецизно дефинисање вектора између два пријемника (представља разлику два вектора; од базног пријемника до сателита и од покретног пријемника до сателита).

Кинематика у реалном времену захтева коришћење радио уређаја који служе за пренос података мерења са базне станице до покретних пријемника. Тиме се постиже рачунање координата тачака детаља и њихово приказивање у реалном времену. Осетљиво место у примени ове методе јесте несметан пренос података са базног до покретног пријемника који се врши уз помоћ радио уређаја. У ту сврху користе се обично радио уређаји који се нуде у комплету понуде RTK конфигурације чији домет, под одређеним условима окружења, износи око 5 km.

Према нашим прописима, употреба GPS технологије у геодетском премеру своди се на: 1) одређивање геодетске основе за снимање детаља и 2) одређивање координата тачака детаља.

Под геодетском осномом за снимање детаља која се може одредити применом GPS технологије подразумева се: 1) референтна мрежа, 2) полигонска мрежа 1. и 2. реда и 3) мрежа оријентационих тачака (РГЗ, 1997 и РГЗ, 2002). Реализацији било које мреже претходи израда пројекта, са свим елементима који морају пружити све гаранције за успешну и квалитетну реализацију мерења и добијање адекватног квалитета координата тачака мреже.

Што се тиче снимања тачака детаља, прописи налажу да се у те сврхе могу користити GPS уређаји у обе варијанте кинематичке методе (кинематика са нападном обрадом мерења и RTK). Према размери снимања и врсти детаља дефинисани су стандарди тачности. Чини се да у донетим прописима има мало и сувишних детаља, али се свакако треба и мора одати признање ауторима на храбрости и пионерском подухвату који ће се свакако перманентно допуњавати или мењати.

Опште је познато да урбане (градови са уским улицама) и зарасле (шуме) средине значајну умањују општи утисак о могућностима GPS. Заправо, у тим условима његова примена није могућа и тада се

морамо вратити класичним конвенционалним инструментима попут тоталне станице или било ког другог уређаја. Уколико је терен само делимично обрастао, постоји могућност аутоматског комбиновања GPS и терестричких мерења. Наиме, тада се уз помоћ ручног ласерског даљиномера („DISTO“) мере растојања, од две детаљне тачке које су одређене применом GPS методе, до неприступачне тачке чије се координате, затим одреде методом лучног пресека.

За разлику од конвенционалних геодетских инструмената, код радова ниже тачности може се користити и сателит као база. У том случају покретни пријемник преко комуникационих сателита преузима податке виртуелне базе и касније их користи у процесу рачунања координата тачака. Овај вид коришћења GPS захтева посебан режим рада, а уз примену двофреквентних уређаја у накнадној обради може дати тачност бољу од 10 cm. У реалном времену, уз примену комуникацијских сателита и података базе који они емитују, реално је очекивати тачност реда око пола метра.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Примена савремених техничких достигнућа, почев од средине прошлог века па све до данас, значајно је изменила приступ и реализацију једног важног сегмента

гео дезије какав је премемер земљишта (surveying). Електронски теодолити, тоталне станице, а нарочито GPS технологија представљају један нови алат који значајно шири област премемера који се све више приближава ГИС технологији. О томе сведоче бројни примери, посебно у иностранству, док се код нас чине ужурбани кораци прикључењу европским тенденцијама и у овој веома значајној области.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Божић, Б.: Глобални систем позиционирања, Виша грађевинско-геодетска школа, Београд, 2002.
- [2] Конгић, С. Врачарић, К.: Геодезија за грађевинску, шумарску, геолошку и хидрометеоролошку школу, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2001.
- [3] Михајловић, К., Врачарић, К.: Геодезија 1. уџбеник за студенте геодетског одсека Научна књига, Београд 1981.,1984.,1986. и 1989. године.
- [4] Републички геодетски завод (РГЗ): Уредба о примени технологије глобалног позиционог система у оквиру премемера непокретности, СГ РС 69/2002.