



ПРОЈЕКАТ И РЕАЛИЗАЦИЈА ГЕОДЕТСКЕ МРЕЖЕ У КО ЧОКА

A PROJECT AND A REALIZATION OF THE GEODETIC NETWORK ON THE TERRITORY OF THE CADASTRAL MUNICIPALITY OF СОКА

Часлав Закић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОМАТИКА

Кратак садржај – У овом раду је описан процес израде пројекта и реализације геодетске мреже, као основе, за обнову грађевинског рејона КО Чока. Полигонска мрежа је реализована GNSS RTK методом, а нивелманска мрежа геометријским нивелманом. На основу података добијених из нивелања, мрежа је изравната моделом посредног изравнања по МНК. На крају, тачност резултата GNSS опажања и тачност резултата добијених из изравнања су упоређене са тачношћу захтевану пројектом.

Кључне речи: изравнање, геодетска мрежа, ГПС, ГНСС, МНК, нивелман

Abstract – This paper describes a project development process and a realization of the geodetic network, for the reconstruction of the construction area of the cadastral municipality of Coka. The polygon network was realized by GNSS RTK method, and the level network by geometric leveling. Based on the data obtained from leveling, a network was adjusted by least squares model. In the end, accuracy of GNSS observations and accuracy of the results achieved from an adjustment were compared with the accuracy had given by the project.

Keywords: adjustment, geodetic network, GPS, GNSS, Least Square, leveling

1. УВОД

Геодетска мрежа представља основу са које ће се вршити геодетска снимања. За успешно извршавање геодетских радова, неопходна је квалитетна геодетска мрежа која ће омогућити да се сви геодетски радови изврше са задовољавајућом тачношћу, тј. у границама задатих толеранција.

Због потребе обнове катастра непокретности и рада на свим осталим геодетским радовима, геодетска мрежа носи кључну улогу у целокупном процесу. Та чињеница показује да квалитет свих радова зависи великим делом од квалитета пројектовања и реализације саме мреже.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био ванр. проф. др Владимир Булатовић.

С обзиром да геодетска мрежа из перспективе постојаности није трајна, односно да је подложна метеоролошким и разним физичким утицајима, постоји потреба за њеном обновом. У таквим ситуацијама, указује се прилика за применом новијих уређаја, који омогућавају да геодетске задатке извршавамо ефикасније и квалитетније.

Резултат примене новије технологије се може и уочити поређењем добијених података у различитим временским епохама.

2. ЦИЉ РАДА

Идеја за овај рад проистекла је из потребе за обновом катастра непокретности, односно снимања грађевинског рејона КО Чока. С обзиром да геодетска мрежа представља основу за геодетска снимања, рекогносцирањем терена и увидом у документацију СКН Чока, потврђена је потреба за израдом пројекта нове геодетске мреже, полигонске и нивелманске.

Након израде пројекта, изведене су стабилизација полигонских тачака и репера нивелманске мреже.

На основу законских одредби, одлучено је да се полигонска мрежа сними GNSS RTK методом, са положајном тачношћу од 1.5 cm, односно висинском тачношћу од 2 cm. Дефинитивне координате полигонске мреже одређене су у UTM пројекцији.

Нивелманска мрежа је реализована методом геометријског нивелмана.

Моделом посредног изравнања по методи најмањих квадрата, и нивелманска мрежа и мрежа висина полигонских тачака су изравнате као неслободне, где су датум дефинисала два постојећа репера прецизног нивелмана (2 mm/km), PN16032 и CMXXVII. Након изравнања, извршена је оцена тачности непознатих параметара и мерених величина, као и Глобална тест статистика.

3. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ УСПОСТАВЉАЊА ПОЛИГОСКИХ МРЕЖА ГРАДСКИХ РЕЈОНА

3.1. Услови пројектовања полигонске мреже

При пројектовању тачака, неопходно је обезбедити следеће услове:

- да се свака полигонска тачка догледа са још најмање две полигонске тачке,
- да растојање између суседних тачака буде у границама 50 m - 500 m,
- државна пројекција за Републику Србију, сагласно члану 34. Закона о државном премеру и катастру, јесте UTM пројекција [1].

3.2. Стабилизација полигонских тачака

Место за полигонску тачку потребно је одабрати тако да се обезбеди трајност белеге, тј. да буде постављена на стабилном делу терена које није подложно околним утицајима. Такође, потребно је обезбедити и погодност како за реализацију ГНСС опажача, тако и за мерења праваца и дужина тахиметријом.

На асфалту или бетону, стабилизација се може извршити белегама типа „Ц1“ или „Ц2“. Уколико се тачка налази у меком тлу, стабилизација се може извршити армирано-бетонским белегама.

За одређивање места за стабилизацију полигонских тачака користити ортофото план на коме је нанета новопроектвана мрежа.

3.3. Мерења методом ГНСС

Мерења за потребе одређивања положајних координата полигонских тачака вршати у складу са чланом 27. Правилник о примени технологије глобалног навигационог сателитског система у областима државног премера и катастра („Службени гласник РС“, број 72 од 26. јула 2017.) [2].

ГНСС мерења врше се методом релативног кинематичког позиционирања (RTK), са кориштењем система активне геодетске основе Србије (АГРОС). Опажања се врше у периоду од 30 s, у три понављања. Минимално време рада условљено је постизањем тачности од 1 cm у хоризонталном и 1.5 cm у вертикалном смислу. Бројни показатељ квалитета геометријског распореда сателита PDOP, приликом мерења мора бити мањи од 6.

3.3.1. RTK метода

RTK метода или релативно кинематичко позиционирање подразумева кориштење два пријемника: базног и покретног који су у непрестаној радио вези. Сам концепт снимања RTK методом заснован је на томе да се позиционирање врши релативно у односу на познату станицу (АГРОС перманентна станица). Као што и сам назив каже, RTK (Real Time Kinematic) обезбеђује снимање у реалном времену, у покрету.

4. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ УСПОСТАВЉАЊА НИВЕЛМАНСКИХ МРЕЖА ГРАДСКИХ РЕЈОНА

4.1. Услови пројектовања нивелманске мреже

Нова нивелманска мрежа се пројектује у циљу успостављања вертикалног геодетског датума, и служиће, како за потребе извођења радова на обнови катастра непокретности, тако и за касније геодетско-техничке радове.

Нивелманска мрежа реализује се као јединствена целина, по систему затворених полигона. Висинске разлике нивелманских страна у мрежи биће одређене методом геометријског нивелмана, при чему су мерене величине за потребе изравнања, висинске разлике нивелманских страна, одређене као аритметичке средине из података нивелања напред-назад за све нивелманске стране у влаку.

4.2. Стабилизација репера

За постојеће репере потребно је задржати првобитан начин стабилизације, а стабилизацију нових репера

извести на начин вертикалне уградње, челичним телом са месинганом главом.

4.3. Координатни систем мреже

Координатни систем нивелманске мреже ће дефинисати постојећа два репера прецизног нивелмана, CMXXVII и PN16032. Претходно, мерењима и обрадом података потребно је обезбедити сагласност између наведених репера.

4.4. Прибор за мерење и услови које је потребно испитати

За мерење висинских разлика пожељно је користити дигитални нивелир са компензатором декларисане тачности бољом или једнаком од $0.3 \frac{mm}{km}$ и одговарајући прибор.

Што се прибора тиче, неопходно је поседовати геокодиране летве за прецизна геодетска мерења или летве са одговарајућом геометријском поделом, тј. инварском пантљиком дебљине 1 mm и ширине 24 mm.

4.5. Мерење

Теренску екипу за нивелман чине стручно лице и два фигуранта. Пре почетка рада, потребно је нивелир и летве изложити спољним условима, најмање 30 min. Приликом мерења, инструмент је потребно заштитити од сунца. Уопштено, мерења не треба изводити када нису погодни временски услови.

При мерењу треба поштовати следећа ограничења:

- Разлика дужина на станици од инструмента до задње и предње летве не сме да буде већа од 1 m,
- Висина визуре изнад терена не сме бити мања од 0.3 m,
- Максимална дужина визуре је 35 m.

4.6. Одређивање дефинитивних вредности висина тачака нивелманске мреже

Одређивање дефинитивних висина тачака нивелманске мреже врши се изравнањем мреже по методи најмањих квадрата, по моделу посредних мерења. Мрежа се изравнава као неслободна, тако што се познате тачке фиксирају. Нивелманска мрежа се изравнава као целина.

Улазни подаци за изравнање по моделу посредних мерења су:

- висине познатих репера,
- висинске разлике, добијене као аритметичке средине из мерења напред-назад,
- дужине између нивелманских страна (за потребе рачунања тежина).

5. РЕАЛИЗАЦИЈА ПРОЈЕКТА ПОЛИГОНСКЕ МРЕЖЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАЂЕВИНСКОГ РЕЈОНА КО ЧОКА

5.1. Основни подаци новопроектване полигонске мреже

На основу пројекта полигонске мреже на подручју грађевинског рејона, новопроектвана полигонска мрежа се састоји од 96 тачака, међусобне удаљености од 50 m до 500 m. Свака тачка је постављена тако да постоји могућност догледања са још бар две суседне тачке.

5.2. Стабилизација полигонских тачака

Реализација полигонске мреже, на територији грађевинског рејона КО Чока, започета је маја 2018. године, стабилизацијом полигонских тачака. Екипу су чинила три човека, руководилац радовима и фигуранти. Тачке су стабилизоване белегама типа „Ц1“ у асфалту и армирано-бетонским белегама у меком тлу.

5.3. Мерења (ГНСС)

Снимање полигонских тачака је реализовано јуна 2018. године током саме стабилизације и у децембру 2018. године, у сврху контроле. Одређивање положаја извршено је двофреквентним ГНСС пријемником, модел Trimble R8, са контролером Trimble TSC2.

Да би се реализовала потребна тачност дефинисана пројектом полигонске мреже, за методу снимања је одабрана RTK метода, са подршком АГРОС перманентног сервиса. Опажања су вршена у три мерења по 30 s на свакој тачки. Сва мерења су задовољавала тачност условљену пројектом полигонске мреже и кретала су се око 1 cm за положај и 1.5 cm за висину, док је PDOP фактор увек био мањи од 6. Временски услови су такође одговарали потребама снимања и квалитету добијања потребних резултата.

6. РЕАЛИЗАЦИЈА ПРОЈЕКТА НИВЕЛМАНСКЕ МРЕЖЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАЂЕВИНСКОГ РЕЈОНА КО ЧОКА

6.1. Основни подаци нове нивелманске мреже

Реализација нивелманске мреже на подручју КО Чока извршена је у циљу успостављања вертикалног референтног система који ће бити кориштен током извођења радова на обнови катастра непокретности КО Чока, као и за све остале геодетске радове на подручју грађевинског рејона КО Чока.

Претходном провером фактичког стања катастра непокретности КО Чока и рекогносцирањем, утврђено је да на територији грађевинског рејона КО Чока постоје само три репера прецизног нивелмана, са ознакама CMXXVII, PN16032 и R1261. Тестирањем сагласности висина постојећих репера утврђено је да су репери прецизног нивелмана CMXXVII и PN16032 остали непомерени током времена и да разлика између репера износи 5.2 mm. За разлику од претходна два репера, код репера ознаке R1261 дошло је до померања. На основу ових сазнања, одлучено је да репери PN16032 и CMXXVII дефинишу датум новопостављене нивелманске мреже у насељу Чока.

Укупан број репера у мрежи износи 20, од којих су 2 репера постојеће нивелманске мреже, а 18 новопројектованих репера.

6.2. Стабилизација репера нивелманске мреже

Сви репери новопостављене нивелманске мреже стабилизација су вертикално. Такође, сви репери су стабилизација у бетонском постољу постојећих далековада.

Постојећи репери задржали су првобитан начин стабилизације. Оба репера постојеће мреже уграђена су хоризонтално (Слика 6.1.). Приликом стабилизације репера, опис положаја тачака је вођен у ТО бр. 27.



Слика 6.1. Пример хоризонталног репера

6.3. Реализација мерења

Након стабилизације репера, започет је процес нивелања. Приликом нивелања, екипу су чинила три човека, оператер и два фигуранта. За потребе мерења висинских разлика кориштен је дигитални нивелир Leica DNA03.

Пратећи прибор се састојао од дигиталних геокодираних летви и гвоздених папуча за постављање летве.

Непосредно пре реализације мерења, инструмент је испитан у поступку нивелања из средине и с краја. Поред наведеног, извршено је и испитивање свих услова које нивелир и пратећи прибор морају испунити, како би се приступило реализацији мерења.

Нивелање је реализовано при повољним временским условима. Пре мерења, нивелир је адаптиран на постојеће температурне услове 30 min.

Мерење је реализовано нивелањем висинских разлика у два смера напред-назад и спроведено је са променом висине инструмента. Приликом нивелања, као везне тачке су кориштене и тачке полигонске мреже. Максимално растојање од нивелира до летве није прелазило вредност од 35 m.

6.4. Изравнање нивелманске мреже

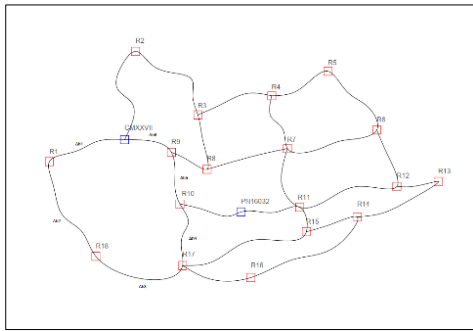
Изравнање мерених вредности добијених нивелманом, спроведено је по моделу посредног изравнања, применом методе најмањих квадрата. Изравнање нивелманске мреже је рађено у Microsoft Excel програму.

6.4.1. Изравнање по методи посредних мерења

Код модела посредног изравнања непознати параметри x, y, \dots, t одређују се на основу низа мерених величина $l_i (i = 1, 2, \dots, n)$ под условом да сума квадрата поправака мерених величина $v_i (i = 1, 2, \dots, n)$ буде минимална - $v^T P v = \min$.

Изравнање је могуће само када има више мерених него непознатих величина, тј. када је $n > u$. Разлика $n - u$ представља број сувишно мерених величина или број степени слободе. Када је $n = u$ решења су јединствена и тада не егзистира изравнање, а за $n < u$ проблем није дефинисан и не постоје решења и изравнање [3].

На слици 6.2. приказана је нова нивелманска мрежа у грађевинском рејону КО Чока.



Слика 6.2. Нивелманска мрежа - Дате величине СМХХVII, PN16032, мерене висинске разлике Δh_i и непознати параметри R1-R18

6.4.2. Резултати изравњања нивелманске мреже

Мрежа је изравната као неслободна, с обзиром да су висине репера прецизног нивелмана СМХХVII и PN16032 фиксне. За потребе рачунања тежина, коришћен је стандард висинске разлике по јединици дужине $2 \frac{mm}{km}$. Стандардна девијација јединице тежине узета је произвољно и има вредност $\sigma_0 = 0$.

Функционални и стохастички модел изравњања је:

$$\tilde{v} = A\tilde{x} + f \# (6.1)$$

$$K_l = \sigma_0^2 Q_l \# (6.2)$$

Подаци везани за изравњање су приказани у табели 6.1.

Табела 6.1. Основни подаци о изравњању нив. мреже

Основни подаци	
Број мерења	49
Број непознатих параметара	20
Број степени слободе	29
A posteriori coef.	0.8745
χ^2 тест за вероватноћу $1 - \alpha = 0.95$	0.7647/1.4675

Након изравњања, добијена вредност експерименталне стандардне девијације јединице тежине је $s_0 = 0.8745$.

Просек експерименталне стандардне девијације непознатих параметара нове нивелманске мреже износи $\sigma_{H_i} = 0.85 mm$, а просек експерименталне стандардне девијације изравнатих величина $\sigma_{l_i} = 0.69 mm$.

Глобални тест је потврдио адекватност модела, односно једнакост *a priori* и *a posteriori* дисперзионог коефицијента. Тест адекватности модела је одређен на основу следећег израза:

$$\frac{\chi_{f,2}^2 \sigma_0^2}{f} < \hat{\sigma}_0^2 < \frac{\chi_{f,1-\alpha}^2 \sigma_0^2}{f} \# (6.3)$$

где је резултат: $0.7647 < 0.8745 < 1.4675$.

6.5. Изравњање висина полигонских тачака

Изравњање висина полигонских тачака извршено је на идентичан начин као и изравњање висинске мреже. Основни подаци о изравњању су дати у табели 6.2.

Табела 6.2. Основни подаци о изравњању висина пол. тачака

Основни подаци	
Стандардна девијација јед. тежине	1
Број мерења	127
Број непознатих параметара	96
Број степени слободе	31
A posteriori coef.	1.154
χ^2 тест за вероватноћу $1 - \alpha = 0.95$	0.751/1.249
σ_{H_i}	0.39 mm
σ_{l_i}	0.34 mm

7. ЗАКЉУЧАК

На крају, у целокупном раду приказан је процес стварања геодетске мреже за потребе обнове катастра непокретности у грађевинском рејону КО Чока.

Реализација полигонске мреже, односно само снимање тачака, извршено је ГНСС методом. Све тачке су снимљене у оквиру пројектом захтеване тачности, где се положајна тачност кретала око 1 cm, док је PDOP фактор увек био мањи од 6.

Код изравњања нивелманске мреже, просечан стандард висина је $\sigma_{H_i} = 0.85 mm$, док је код изравњања висина полигонске мреже, просечан стандард висина из изравњања $\sigma_{H_i} = 0.39 mm$. С обзиром да је пројектом захтевана тачност одређивања висина репера 2 mm, а захтевана тачност одређивања висина полигонских мрежа 2 cm, следи да су висине репера и висине полигонских тачака одређене у границама захтеване тачности.

На основу претходних резултата, можемо закључити да новопроектване мреже могу послужити као основа за снимање грађевинског рејона КО Чока и за остале геодетско-техничке радове.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.paragraf.rs>, (приступљено у јуну 2020.)
- [2] <http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SIGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/drugidrzavniorganiorganizacije/pravilnik/2017/72/2/reg> (приступљено у јуну 2020.)
- [3] Михаиловић К., Алексић И. Деформациона анализа геодетских мрежа. Београд: Грађевински факултет Универзитет у Београду; 1994.

Кратка биографија:



Časlav Zakić рођен је у Новом Кнежевцу 1993. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Геодезије и геоматике одбранио је 2020. године.

контакт: c.zakic93@gmail.com