



Получена: 23.03.2019 г.

Приета: 15.04.2019 г.

КРИТИЧЕН АНАЛИЗ НА RTK NET ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА МРЕЖИ

Г. Маринов¹, П. Шивачева²

Ключови думи: Real Time Kinematic (RTK), работна геодезическа основа (РГО)

РЕЗЮМЕ

Направен е критичен анализ на масово използвания метод за координиране на точки от РГО, а именно съвременните *RTK Net* определения (получаване на корекции в реално време от непрестанно действащи физически станции) В изследването са използвани данни от действащите инфраструктурни мрежи на територията на страната. Крайните резултати от измерване на идентични точки от развита РГО мрежа са съпоставени по три метода, а именно: в *RTK Net* режим, статични измервания с последваща обработка и класически ъглово-дължинни измервания. Получените резултати водят до препоръката за строг контрол и внимателно използване на *RTK Net* определенията, въпреки неговите безспорни предимства за конкретни случаи.

1. Въведение

В съвременната геодезия използването на методите на спътниковата геодезия е ежедневие. Безспорните им предимства ги правят все по-предпочитани за използване. Крайните резултати при тях се получават по-бързо, (за разлика от класическите), апаратурата е по-компактна и мобилна. Но остава въпросът до колко и къде са приложими тези методи? В настоящата статия се прави сравнителен анализ на координатните определения на точки от РГО чрез съвременните ГНСС технологии (статични и кинематични определения) и класическите ъглово-дължинни измервания.

¹ Георги Маринов, гл. ас. д-р инж., кат. „Висша геодезия“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: gval_marinov@abv.bg

² Павлина Шивачева, инж., кат. „Висша геодезия“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: pavcheto@mail.bg

2. ГНСС и класически ъглово-дължинни измервания

Измерени са части от развита работна геодезическа основа (РГО) на квартал „Лозенец“, град София в обхвата между булевардите бул. „Драган Цанков“, бул. „Христо Смирненски“, бул. „Евлоги и Христо Георгиеви“, бул. „Черни връх“, бул. „Никола Й. Вапцаров“, както и една точка до площад „Журналист“. Общо точките са 35 на брой.

Реализирани са класически ъглово дължинни измервания и измервания посредством ГНСС технологията в два режима на работа. При ГНСС измерванията са използвани две действащи, сертифицирани инфраструктурни мрежи.

- *Статични измервания с последваща обработка;*
- *Кинематичен режим в реално време (RTK Net).*

Класическите измервания са извършени с тотална станция, като са спазени всички изисквания за определяне на точки от РГО съгласно Наредба № 3 за съдържанието създаването и поддържането на кадастрална карта и кадастрални регистри.

Статичните измервания са реализирани през месец май 2017 г. Минималното време на измерване е 10 минути за точки с открит хоризонт и между 10 и 15 минути за полошо разположени точки (в близост до сгради, ел. проводни и др.).

RTK Net измерванията са извършени в края на месец април и началото на месец май 2017 г. Всяка точка е измерена двукратно, като измерванията са или в различни дни или при преизмерване се е извършвала нова инициализация (излизане от мрежата и повторно влизане). Времетраенето на едно измерване е 180 секунди.

При определянето на точки с открита видимост се изпълняват всичките 180 записа, докато при точки с неподходящо местоположение за ГНСС наблюдения, логично се стига до прекъсвания на сигнала и неизпълнение на всички предварително зададени критерии. Тези известни в геодезията факти е необходимо да бъдат взети предвид при изпълнението на подобен род задачи и много внимателно да се избере подходящ интервал от време за измервания. Трябва да се отбележи и, че при някои точки въобще не може да се стигне до фиксирано решение и измерването им е невъзможно.

3. Обработка на измерванията

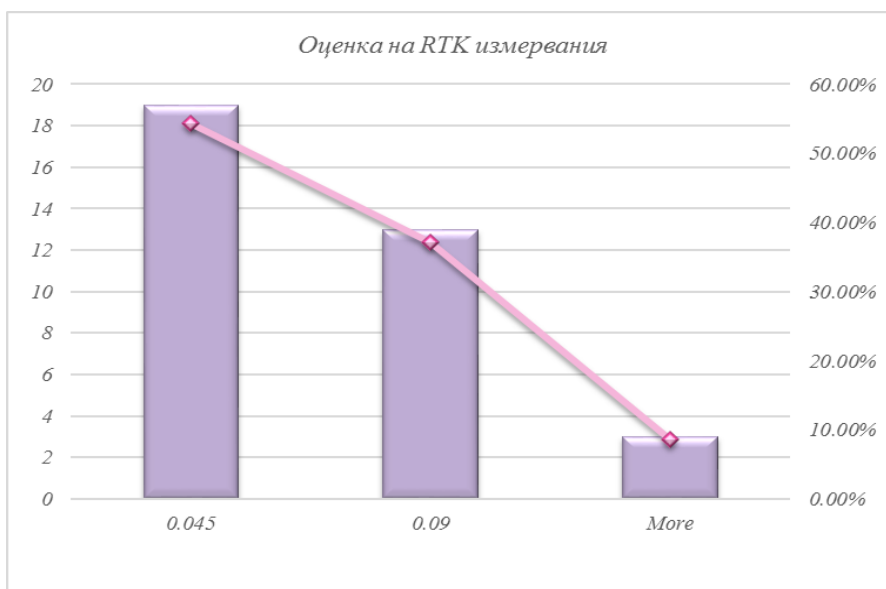
Координатите на точките от класическите измервания са получени след изравнение на мрежата по МНМК с програмен продукт TPLAN в координатна система БГС 2005 кадастрална.

Обработката на статичните измервания е извършена чрез програма Topcon Tools. За изчисляване на координатите на измерените точки са използвани няколко виртуални станции, генерирани за дните на измерване в съответните интервали от време. Крайните резултати (x , y) от всички видове измервания са в координатна система БГС 2005 Кадастрална, като преходът към нея е извършен с лицензирания софтуер за трансформация на координати BGS Trans.

С цел определяне на точките, които да участват в по-нататъшните сравнения, е извършена оценка на сходимостта на *RTK Net* измерванията (двукратно определяне на една и съща точка), а резултатите са онагледени в **Хистограма 1**. Приетият критерий за сравнителен анализ е три пъти точността, която предоставя използваната инфраструктурна мрежа, вж. [11, 12].

Таблица 1 към хистограма 1

Интервал	Брой точки	Процентно съотношение
0 – 0,045	19	54,29%
0,045 – 0,09	13	37,14%
More	3	8,57%



Хистограма 1. Оценка на RTK-Net измервания

За точките, попадащи в интервал до 0,045 m, са изчислени средноаритметични стойности от двукратните измервания. За тези, които са в интервал от 0,045 m до 0,090 m, е взета стойността, по-близка до тази от класическите измервания. Останалите точки са изключени от сравнителния анализ.

4. Съпоставка и анализ на резултатите

Като се анализират средните квадратни грешки по положение на точките от измерванията в режим *RTK Net* се оказва, че най-голяма грешка е 35,5 mm, а най-малка грешка е 6,0 mm.

Средните квадратни грешки в положение на точките при класически измервания са в порядъка от 2 mm до 5 mm. При измерванията тези точки са привързвани към точки от ГММП, като се забелязва, че грешките логично растат правопрпорционално с отдалечаването на точки от ГММП мрежата.

При статичните измервания средните квадратни грешки по положение са в порядък от 2,8 mm до 13 mm, с изключение на една точка, при която стойността е 25 mm, дължащо се най-вероятно на не достатъчно добри условия за GNSS наблюдения. Най-малката средна квадратна грешка е 2,8 mm.

Извършено е сравнение между координатите на точките в отделните видове измервания и резултатите са представени в табл. 2.

Таблица 2. Сравнителна таблица

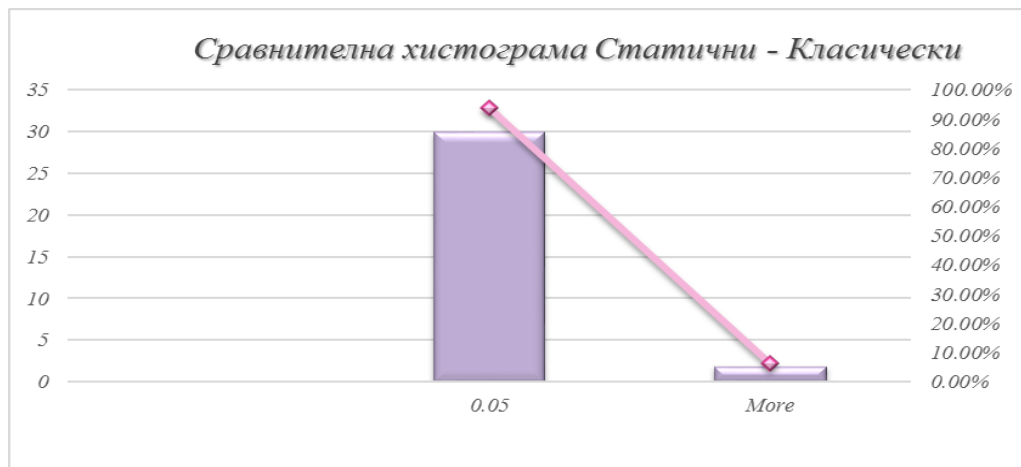
Сравнение									
№ точка	Статични - Класически		RTK Net - Класически		№ точка	Статични - Класически		RTK Net - Класически	
	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔX [m]	ΔY [m]		ΔX [m]	ΔY [m]	ΔX [m]	ΔY [m]
пт2	-0.039	0.025	-0.001	0.051	пт170	-0.019	0.049	0.015	0.057
пт5	-0.017	0.018	0.012	0.021	пт171	-0.035	0.019	-0.007	0.027
пт6	-0.024	0.010	0.009	0.010	пт232	-0.026	0.010	0.004	0.008
пт7	-0.016	0.007	0.004	0.016	пт262	-0.037	0.000	0.010	0.006
пт9	0.002	0.007	0.045	0.023	пт263	-0.017	-0.030	0.002	0.021
пт10	-0.005	0.046	-0.002	0.053	пт266	-0.001	-0.053	-0.014	-0.046
пт18	-0.032	0.003	0.006	0.026	пт281	-0.003	-0.015	-0.006	0.029
пт37	-0.031	0.022	-0.004	0.011	пт286	-0.025	-0.009	-0.001	-0.031
пт44	-0.011	0.018	0.024	-0.018	пт315	-0.013	0.002	0.024	0.019
пт48	-0.022	-0.013	0.015	0.037	пт317	-0.040	0.012	-0.024	-0.001
пт49	-0.019	0.016	0.015	-0.009	пт318	-0.009	-0.027	-0.008	0.042
пт51	-0.013	-0.008	-0.002	0.027	пт328	-0.029	-0.011	0.001	-0.009
пт96	-0.042	0.026	0.010	0.001	пт329	-0.025	-0.025	-0.009	-0.039
пт97	-0.031	0.033	-0.003	0.053	пт568	-0.006	0.013	0.005	0.022
пт119	-0.004	0.020	0.016	0.038					
пт124	-0.042	0.014	0.012	0.036					
пт148	-0.009	0.012	0.020	0.048					
пт166	-0.020	0.021	-0.019	0.023					

Най-малки разлики между статичните измервания и класическите има в пт9 – 0,002 m по X и 0,007 m по Y, която има директна връзка с точка от ГММП при класическите измервания. Най-големи грешки по положение имат пт266 и пт170 – 53 mm.

При сравнение на класическите измервания с *RTK-Net* най-малки са разликите при пт232 – 0,004 m по X и 0,008 m по Y. Най-големи разлики има при пт170 – 0,015 m по X и 0,057 m по Y.

Таблица 3. Към хистограма 2

Интервал	Брой точки	Процентно съотношение
0 – 0,05	30	93,75%
More	2	6,25%



Хистограма 2. Сравнение Статични – Класически измервания

Таблица 4. Към хистограма 3

Интервал	Брой точки	Процентно съотношение
0 – 0,05	26	81,15%
More	6	18,75%



Хистограма 3. Сравнение RTK-Net – Класически измервания

От направените сравнения спрямо класически определените координати на точките от РГО се наблюдават отклонения във височинно отношение, надхвърлящи критичната граница 50 mm. При статичните определения тези отклонения са пренебрежимо малко – 6,25%, докато при *RTK-Net* определенията достигат 18,75%.

При анализиране координатните разлики, получени от статичните измервания, и класическите с тези, получени от *RTK-Net* и класически, се вижда отклонение в посока Юг при статичните, докато *RTK-Net* методът е със случаен характер, макар и с по-големи разлики по абсолютна стойност. За разлика от получените стойности за ос X, тези по ос Y се характеризират с нормално разпределение и почти еднакви по стойност отклонения.

5. Заключение

Като се определят координатите на една и съща точка по различни методи, логично се получават отклонения. Стои въпросът за допустимите стойности на получените координатни разлики. На база Наредба № 3 за съдържанието, създаването и поддържането на кадастрална карта и кадастрални регистри допустимата средна квадратна грешка не трябва да надвишава 0,05 m в планово положение. От направеното изследване статичните измервания, надвишаващи допустимата стойност, са 6,25%. Впечатление прави, че при *RTK-Net* метода този процент е значително по-висок – 18,75%, т.е. статичните измервания с последваща обработка имат по-стабилни решения.

Прилагането на ГНСС методи за координиране на точки от РГО трябва да се извършва с компетентност и внимание. ГНСС наблюдения следва да се извършват само на подходящи точки и да се оценява заобикалящата ги среда – сгради, растителност, мощни ретранслатори и др.

При прилагане на *RTK-Net* метод трябва да се подходи внимателно при получаване на крайните координати. Резултатите от направения анализ ясно показват, че подобен род измервания (RTK) трябва да се извършват по определена методика и с ясни критерии за получаване на крайните резултати от многократни RTK определения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакалов, П., Янева, Р., Тонков, Д., Бакъшева, С., Кръстанов, Е. Ръководство за упражнения по геодезия. София, УАСГ, 2002.

2. МРРБ. Наредба № 3 за съдържанието, създаването и поддържането на кадастрална карта и кадастрални регистри, 2005 г.

3. МРРБ. Наредба № 2 за дефиниране, реализация и поддържане на Българската геодезическа система. Картография и кадастър: <http://www.cadastre.bg/naredba-%E2%84%96-2-ot-30-yuli-2010-g-za-definirane-realizaciya-i-poddurzhane-na-bulgarskata-geodezicheska-0>, (30 юли 2010 г.).

4. МРРБ. Инstrukция № РД 02 20 25 за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи. http://www.cadastre.bg/sites/default/files/documents/regulation/instrukcii/instruktion_gnss_dv_2.pdf (20 септември 2011 г.).

5. МРРБ. Наредба № РД-02-20-5 за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри – обн. ДВ, брой: 4. <http://www.cadastre.bg/podzakonovi-normativni-aktove/naredba-%E2%84%96-rd-02-20-5-ot-15-dekemvri-2016-g-za-sudurzhaniето-suzdavanet-DV-2017> (15 декември 2016 г.).

6. МРРБ (н.д.). Проект на Наредба за геодезически мрежи с местно предназначение. <http://www.cadastre.bg/sites/default/files/documents/regulation/naredbagmmpgnssproekt.pdf>.

7. Хофман-Веленхоф, Б., Лихтенегер, Х., Колинс, Д. Глобална система за определяне на местоположение. Теория и практика. София, 2002.

8. Цановски, Ю. Глобални навигационни спътникови системи. София: Булгед ООД. Лекционен курс, София, 2015.

9. <http://www.geonet.bg/about-us.html>.

10. <http://www.smartnet.bg/zamrejata>.

11. <http://www.gsi.ru/catalog/gnss/grx2>.

12. http://самеллумгео.рф/stonex_s9_gnss_iii_n.

CRITICAL ANALYSIS AT RTK NET DEFINITIONS FOR CREATING GEODETIC NETWORKS

G. Marinov¹, P. Shivacheva²

Keywords: *Real Time Kinematic (RTK)*

ABSTRACT

A critical analysis of the most commonly used method for coordination of points has been made by Geodetic Basis, namely, the contemporary *RTK Net* definitions (identifying corrections in real time from constantly active physical stations). Data, subtracted from the functioning infrastructural network on the territory of the state, has been used for this research. The end results from the measurements of identical points from already developed Geodetic Basis network are being compared by the means of three separate methods, which are: in *RTK Net* mode, static measurements with successive treatment and classic angle-length measurements. The obtained results lead to the recommendation for strict control and careful usage of RTK network definitions, despite its undisputed advantages in certain cases.

¹ Georgi Marinov, Chief Assist. Dr. Eng., Dept. "Geodesy", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: gval_marinov@abv.bg

² Pavlina Shivacheva, Eng., Dept. "Geodesy", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: pavcheto@mail.bg