

**СОФТУЕР ЗА ТЕСТВАНЕ НА GNSS ПРИЕМНИЦИ
В КИНЕМАТИЧЕН РЕЖИМ – РЕАЛНО ВРЕМЕ
ПО СТАНДАРТА ISO 17123-8:2007**

Петър Ковачев¹, Катя Коцева²

Национален институт по геофизика, геодезия и география – БАН
1113 София, България, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 3
e-mail: pkov@abv.bg

Университет по архитектура, строителство и геодезия
1046 София, България, бул. „Христо Смирненски“ № 1
e-mail: katkotch@abv.bg

Резюме: Използването на GNSS приемници в кинематичен режим RTK (Real Time Kinematic) вече е широко застъпено във всички области, нуждаещи се от геолокация в реално време [1, 2]. Поради това нараства нуждата от контрол на качеството и стандартизиране на всички процедури, свързани с този вид измервания. В публикацията е представен софтуер за тестване на GNSS приемници в RTK режим по стандарта ISO 17123-8:2007. Софтуерът е разработен на Visual Basic.NET (Visual Studio 2008).

Ключови думи: GNSS-RTK, ISO, Стандарт ISO 17123-8:2007, Тестов софтуер.

1 Въведение

Разработеният на базата на стандарт ISO 17123-8:2007 софтуер е предназначен за тестване и оценка на качеството на GNSS приемниците, използвани в строителството, геодезически и индустриални измервания, за които осигуряваната точност на кинематичния режим в реално време (*real-time kinematic*, RTK) е достатъчна. Тестовите в стандарта ISO 17123-8 са предназначени за проверка на конкретен приемник – дали отговаря на спецификациите, посочени от производителя, и не се използват като стандарти за приемане или оценяване на резултатите от конкретните измервания.

2 Изисквания

Преди започване на теста операторът трябва да се запознае с изискванията и техническите характеристики на GNSS-приемника и антената от справочното ръководство на производителя (минимален брой спътници, максимален PDOP (фактор за загуба на точност по трите координати X, Y и Z), минимално време за наблюдение и евентуално други необходими условия).

В случай на използване на RTK-мрежа е задължително да бъдат съгласувани параметрите на антените на провайдъра и оператора на теста.

Операторът трябва да инициализира приемника чрез прекъсване и възстановяване на захранването преди всяка серия от измервания, като наблюденията може да започнат, след като приемникът подаде сигнал, че операцията по отстраняване на фазовата неопределеност (*integer ambiguity fixing*) е приключила.

Определянето на височината на антената и центрирането ѝ трябва да бъде извършено с точност 1 mm (стандартно отклонение).

Резултатът от теста се влияе от различни фактори като конфигурацията на спътниците в момента на измерване, йоносферните и тропосферните условия, влиянието на отразени и заглушаващи сигнали около точките, прецизността на оборудването, качеството на софтуера на подвижния приемник и на системата, генерираща данни, предавани от базовата станция.

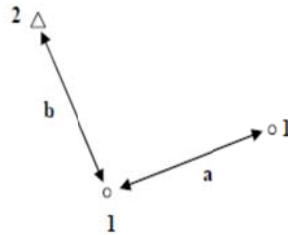
Стандартът ISO 17123-8 съдържа две полски процедури за тестване на приемниците – опростен (кратък) тест и пълен тест. Операторът може да избере процедурата, която е най-подходяща за изискванията на конкретния проект.

3 Концепция на тестовите процедури

Тестът се провежда с използването на една базова и две „подвижни“ точки. Местоположението на подвижните точки трябва да бъде в близост до района на съответната задача. Разстоянието между двете подвижни точки трябва да е минимум 2 m и не трябва да надвишава 20 m (Фигура 1).

Хоризонталното разстояние и разликата във височините между двете подвижни точки се определя чрез методи, позволяващи точност, по-голяма от 3 mm. Тези стойности се считат за номинални и се използват при първия етап на двете полски процедури. Хоризонталното разстояние и разликите във височината на двете подвижни точки, които се изчисляват от измерените координати във всяка серия от измервания, се сравняват с номиналните стойности, за да се гарантира, че измерванията са свободни от груби грешки. Номиналните стойности не се използват в статистическите тестове.

Измерванията се извършват на серии, като всяка серия съдържа 5 групи от измервания. Всяка група съдържа последователни измервания между „подвижните“ точка 1 и точка 2 (Фигура 1).



Фигура 1. Схема на измерванията: 1 – „подвижна“ точка;
 2 – базова точка; **a** – разстоянието между двете подвижни точки 1;
b – разстоянието между базовата и двете подвижни точки.

Последователните измервания се извършват през приблизително 5-минутен интервал от време. Това изискване определя времето за измервания във всяка серия да бъде приблизително 25 min. На двете „подвижни“ точки се извършва серия от по 5 измервания, равномерно разпределени в интервала от време. По този начин всяка серия е с времетраене 25 min, което позволява серията да покрие и периодът на получаване на грешки от отразени сигнал, обикновено ненадхвърлящ 20 min.

Отделните серии измервания се извършват през 90 min. По този начин може да се отчете влиянието на другите фактори, влияещи на точността на определяне на положението на точките, като конфигурацията на спътниците и промените на йоносферата и тропосферата.

Поради това стандартните отклонения, определени от всички измервания, ще представляват количествена мярка за точност, отчитаща влиянието на повечето от типичните фактори, причиняващи грешки при определяне на точните координати на точките.

Краткият тест съдържа само една серия от измервания и следователно служи само за откриване на груби грешки без да определя статистическа оценка на решението. Процедурата на пълния тест се състои от три серии и позволява получаване на оценки за стандартните отклонения и прилагане на статистически тестове.

Опростен (кратък) тест

Опростеният тест се състои от една серия от измервания и дава оценка само за точността на използваното оборудване, като определя дали тя е в рамките на определено допустимо отклонение.

Този тест се основава на ограничен брой измервания, поради което стандартното отклонение не може да представлява статистически значима оценка на точността и статистически тестове не се прилагат. Ако се изисква по-прецизна оценка на оборудването, то е препоръчително да се използва пълният тест, описан в т. 5.

Пълен тест

Пълният тест се приема като най-добрата мярка за оценка на точността на използваното оборудване. При нея се извършват три серии от измервания за еднократно определяне на положение и височина.

Освен това тази процедура може да се използва, за да се определят:

- оценката за точността на оборудването при определени условия (включително краткoperиодичните и дългопериодичните влияния);
- оценката за точността на оборудването, използвано в различни периоди от време или различни условия;
- оценката за възможностите на различна по точност апаратура, извършвано при еднакви условия на измерване.

Статистическите тестове се прилагат за определяне дали извадката от експеримента принадлежи към една и съща Генерална съвкупност (популация) и/или да се определи дали две извадки от различни експерименти принадлежат към една и съща популация.

4 Кратък тест

4.1 Измервания

При опростената процедура се извършва една серия от измервания, в която се получават по пет измервания за двете „подвижни“ точки. Последователността на измерванията е посочена в Таблица 1.

Последователност	Серия	Група	Подвижна точка	Измерване		
	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	x	y	h
1	1	1	1	<i>x</i> _{1,1,1}	<i>y</i> _{1,1,1}	<i>h</i> _{1,1,1}
2	1	1	2	<i>x</i> _{1,1,2}	<i>y</i> _{1,1,2}	<i>h</i> _{1,1,2}
3	1	2	1	<i>x</i> _{1,2,1}	<i>y</i> _{1,2,1}	<i>h</i> _{1,2,1}
4	1	2	2	<i>x</i> _{1,2,2}	<i>y</i> _{1,2,2}	<i>h</i> _{1,2,2}
5	1	3	1	<i>x</i> _{1,3,1}	<i>y</i> _{1,3,1}	<i>h</i> _{1,3,1}
6	1	3	2	<i>x</i> _{1,3,2}	<i>y</i> _{1,3,2}	<i>h</i> _{1,3,2}
7	1	4	1	<i>x</i> _{1,4,1}	<i>y</i> _{1,4,1}	<i>h</i> _{1,4,1}
8	1	4	2	<i>x</i> _{1,4,2}	<i>y</i> _{1,4,2}	<i>h</i> _{1,4,2}
9	1	5	1	<i>x</i> _{1,5,1}	<i>y</i> _{1,5,1}	<i>h</i> _{1,5,1}
10	1	5	2	<i>x</i> _{1,5,2}	<i>y</i> _{1,5,2}	<i>h</i> _{1,5,2}

Таблица 1. Последователност на измерванията в една серия

Всяка отделна група от измервания съдържа компонентите $x_{i,j,k}$, $y_{i,j,k}$ и $h_{i,j,k}$, където x , y и h са координатите, определени в локална координатна система. Индексът i показва номера на серията, индексът j – номера на групата, а индексът k – номера на „подвижната“ точка. При пълния тест измерванията се извършват съгласно последователността, дадена в Таблица 1.

4.2 Обработка на измерванията

Отделните измервания се сравняват с предварително определените номинални стойности, за да се открият евентуални груби грешки.

За всяка група $j = 1, \dots, 5$ в серията $i = 1$, се изчислява хоризонталното разстояние и разликата във височините между двете „подвижни“ точки. След това се изчисляват отклоненията от номиналните стойности.

$$\begin{aligned}
 D_{i,j} &= \sqrt{((x_{i,j,2} - x_{i,j,1})^2) + ((y_{i,j,2} - y_{i,j,1})^2)} \\
 \Delta h_{i,j} &= h_{i,j,2} - h_{i,j,1} \\
 \varepsilon_{D\ i,j} &= D_{i,j} - D^* \\
 \varepsilon_{h\ i,j} &= h_{i,j} - h^* ,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

където:

- $x_{i,j,k}$, $y_{i,j,k}$, $h_{i,j,k}$ а измерените x , y и h съответно за ред j на „подвижната“ точка k от първата серия i ;
- $D_{i,j}$, $\Delta h_{i,j}$ са измерените хоризонтално разстояние и разлика във височините, съответно за група j от серията i ;
- D^* , h^* са съответните номинални стойности на хоризонталното разстояние и разликата във височините.
- $\varepsilon_{D\ i,j}$, $\varepsilon_{h\ i,j}$ а разликите на хоризонталните разстояния и разликите във височините.

Съмнение за наличие на груби грешки се появява при неизпълнение на някое от условията в уравнения 2, при което тестовата процедура следва да се извърши повторно.

$$\begin{aligned}
 |\varepsilon_{D\ i,j} &\leq 2.5 \times \sqrt{2} \times s_{xy} \\
 |\varepsilon_{h\ i,j} &\leq 2.5 \times \sqrt{2} \times s_h
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

В уравнения (2) s_{xy} и s_h са предварително определените стандартни отклонения в съответствие с резултатите от пълния тест или стойностите, определени от производителя.

5 Пълен тест

5.1 Измервания

При пълния тест се провеждат три серии от измервания. Последователността на измерванията във всяка серия е идентична с описаната по-горе. Времето между две последователни серии трябва да бъде най-малко 90 min.

5.2 Обработка на измерванията

5.2.1 Общи положения

Обработката на измерванията се извършва в два етапа. В първия етап отделните измервания се сравняват със съответните номинални стойности, за да се открият евентуални груби грешки. Статистическите стойности се изчисляват във втория етап.

5.2.2 Предварителна проверка

Процедурата, описана в т. 4.2, се прилага за всяка една от трите серии измервания.

5.2.3 Изчисляване на статистическите стойности

Оценките за x , y и h за „подвижните“ точки k ($= 1, 2$) се получават от уравнения (3) за всички измервания във всички серии [3]:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{i,j,k} \\ \bar{y} &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 y_{i,j,k} \\ \bar{h} &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}\end{aligned} \quad k = 1, 2 \quad (3)$$

След това от (4) се изчисляват остатъците на x , y и h за всички измервания от трите серии за $k = 1, 2$, $j = 1 \dots 5$, $i = 1, 2, 3$

$$\begin{aligned}r_{x\ i,j,k} &= \bar{x}_k - x_{i,j,k} \\ r_{y\ i,j,k} &= \bar{y}_k - y_{i,j,k} \\ r_{h\ i,j,k} &= \bar{h}_k - h_{i,j,k}\end{aligned} \quad (4)$$

Остатъците за всяка точка с индекс $k = 1$ и $k = 2$ се повдигат на квадрат и се сумират:

$$\begin{aligned}\sum r_x^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{x\ i,j,k}^2 \\ \sum r_y^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{y\ i,j,k}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{h\ i,j,k}^2\end{aligned} \quad (5)$$

Степените на свобода за x , y и h са еднакви. Те се изчисляват от:

$$v_x = v_y = v_h = (m * n - 1) * p = (3 * 5 - 1) * 2 = 28, \quad (6)$$

където m е броят на сериите; n е броят на групите във всяка серия; p е броят на „подвижните“ точки.

Накрая стандартното отклонение на единично измерване за x , y и h се изчислява от:

$$\begin{aligned} s_x &= \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{28}}, \\ s_y &= \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{28}}, \\ s_h &= \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{28}}, \end{aligned} \quad (7)$$

а стандартното отклонение по стандарта (ISO) на положението на точката (x, y) и h се определя от:

$$s_{ISO-GNSS RTK-xy} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (8)$$

$$s_{ISO-GNSS RTK-h} = s_h, \quad (9)$$

където $s_{ISO-GNSS RTK-xy}$ е експерименталното стандартно отклонение на еднократно определено положение (x, y) и $s_{ISO-GNSS RTK-h}$ е експерименталното стандартно отклонение на еднократно определена височина (h) .

6 Статистически тестове

6.1 Общи положения [4]

Статистическите тестове се прилагат само при пълния тест. Тълкуването на резултатите от статистическите тестове се извършва с помощта на емпиричните стандартни отклонения където $s_{ISO-GNSS RTK-xy}$ и $s_{ISO-GNSS RTK-h}$, получени от измерванията, и съответни степени на свобода и отговорят на на следните въпроси (виж Таблица 2):

- Дали изчисленото експериментално стандартно отклонение $s_{ISO-GNSS RTK-xy}$ за еднократно определено положение (x, y) е по-малко или равно на съответната стойност σ_{xy} ?
- Дали изчисленото експериментално стандартно отклонение $s_{ISO-GNSS RTK-h}$ за еднократно определена височина h по-малко или равно на съответната стойност σ_h ?
- Дали двете експериментални стандартни отклонения $s_{ISO-GNSS RTK-xy}$ и $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK-xy}$ за еднократно определено положение (x, y) , определени от две различни извадки от измервания, принадлежат към една и съща генерална съвкупност (популация), като се приема, че двете извадки имат еднакъв брой степени на свобода $v_x + v_y$ и $\tilde{v}_x + \tilde{v}_y$?

- d) Дали двете експериментални стандартни отклонения $S_{ISO-GNSS\ RTK-h}$ и $\tilde{S}_{ISO-GNSS\ RTK-h}$ за еднократно определена височина h , определени от две различни извадки от измервания, принадлежат към една и съща генерална съвкупност (популация), като се приема, че двете извадки имат еднакъв брой степени на свобода v_h и \tilde{v}_h ?

Експерименталните стандартни отклонения s и \tilde{s} могат да бъдат получени от:

- две извадки от измервания с едно и също оборудване;
- две извадки от измервания с различно оборудване.

В зависимост от характера на измерванията, за разглежданите тестове се предполага ниво на значимост $1 - \alpha = 0.95$ и степени на свобода $v_x + v_y = 56$ или $v_h = 28$.

Въпрос	Нулева хипотеза	Алтернативна хипотеза
а)	$S_{ISO-GNSS\ RTK-xy} \leq \sigma_{xy}$	$S_{ISO-GNSS\ RTK-xy} > \sigma_{xy}$
б)	$S_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h$	$S_{ISO-GNSS\ RTK-h} > \sigma_h$
в)	$\sigma_{xy} = \tilde{\sigma}_{xy}$	$\sigma_{xy} \neq \tilde{\sigma}_{xy}$
г)	$\sigma_h = \tilde{\sigma}_h$	$\sigma_h \neq \tilde{\sigma}_h$

Таблица 2. Статистически тестове

6.2 Въпрос а)

Нулевата хипотеза не се отхвърля, ако е изпълнено условието (10):

$$S_{ISO-GNSS\ RTK-xy} \leq \sigma_{xy} \times \sqrt{\frac{\chi_{0.95}^2(v_x+v_y)}{v_x+v_y}} \quad (10)$$

$$S_{ISO-GNSS\ RTK-xy} \leq \sigma_{xy} \times \sqrt{\frac{\chi_{0.95}^2(56)}{56}} \quad (11)$$

$$\chi_{0.95}^2(56) = 74.47 \quad (12)$$

$$S_{ISO-GNSS\ RTK-xy} \leq \sigma_{xy} \times \sqrt{\frac{74.47}{56}} = \sigma_{xy} \times 1.15 \quad (13)$$

В противен случай нулевата хипотеза се отхвърля.

6.3 Въпрос б)

Нулевата хипотеза не се отхвърля, ако е изпълнено условието (14):

$$S_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h \times \sqrt{\frac{\chi_{0.95}^2(v_h)}{v_h}} \quad (14)$$

$$S_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h \times \sqrt{\frac{\chi_{0.95}^2(28)}{28}} \quad (15)$$

$$\chi_{0.95}^2(28) = 41.34 \quad (16)$$

$$S_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h \times \sqrt{\frac{41.34}{28}} = \sigma_h \times 1.22 \quad (17)$$

В противен случай нулевата хипотеза се отхвърля.

6.4 Въпрос с) F-тест¹

Нулевата хипотеза не се отхвърля, ако е изпълнено условието (18):

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\tilde{v}_x + \tilde{v}_y, v_x + v_y)} \leq \frac{s^2_{\text{ISO-GNSS RTK-xy}}}{\tilde{s}^2_{\text{ISO-GNSS RTK-xy}}} \leq F_{1-\alpha/2}(v_x + v_y, \tilde{v}_x + \tilde{v}_y) \quad (18)$$

$$\frac{1}{F_{0.975}(56.56)} \leq \frac{s^2_{\text{ISO-GNSS RTK-xy}}}{\tilde{s}^2_{\text{ISO-GNSS RTK-xy}}} \leq F_{0.975}(56.56) \quad (19)$$

$$F_{0.975}(56.56) = 1.70 \quad (20)$$

$$0.59 \leq \frac{s^2_{\text{ISO-GNSS RTK-xy}}}{\tilde{s}^2_{\text{ISO-GNSS RTK-xy}}} \leq 1.70 \quad (21)$$

В противен случай нулевата хипотеза се отхвърля.

6.5 Въпрос d) F-тест

Нулевата хипотеза не се отхвърля, ако е изпълнено условието (22):

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\tilde{v}_h, v_h)} \leq \frac{s^2_{\text{ISO-GNSS RTK-h}}}{\tilde{s}^2_{\text{ISO-GNSS RTK-h}}} \leq F_{1-\alpha/2}(v_h, \tilde{v}_h) \quad (22)$$

$$\frac{1}{F_{0.975}(28.28)} \leq \frac{s^2_{\text{ISO-GNSS RTK-h}}}{\tilde{s}^2_{\text{ISO-GNSS RTK-h}}} \leq F_{0.975}(28.28) \quad (23)$$

$$F_{0.975}(28.28) = 2.13 \quad (24)$$

$$0.47 \leq \frac{s^2_{\text{ISO-GNSS RTK-h}}}{\tilde{s}^2_{\text{ISO-GNSS RTK-h}}} \leq 2.13 \quad (25)$$

В противен случай нулевата хипотеза се отхвърля.

7 Софтуер

След като бъдат изпълнени коректно всички полски процедури, описани в стандарта, разработената под Visual Basic.NET (VB.NET [5, 6]) програма позволява бързо и лесно да се получат резултатите от теста.

VB.NET е част от безплатния пакет Visual Studio (2008) на средата за разработка на софтуер .NET Framework на Microsoft. В основата на .NET Framework стои *средата за изпълнение на общия език (common language runtime, CLR)*. CLR предлага много предимства, като възможност програмистите да програмират, на който и да е от съвместимите с CLR 17 (.NET) езика (като Visual Basic, C++, C# и т.н.). Компонентите, написани на Visual Basic.NET, могат да бъдат извикани и използвани на всеки един от

¹ <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda359.htm>

тези езици. Този подход дава възможност разработваните програми да се разпространяват на мобилни устройства като таблети и смартфони. Това улеснява и намалява времето за извършване на теста.

7.1 Последователност на действията

1. Измерените координати x , y и h на двете „подвижни“ точки 1 се записват в текстов файл (xxxxx.txt), както е показано на таблица 1.

```
-67635.470 -63943.197 320.792
-67652.389 -63932.527 320.799
.....
-67652.398 -63932.537 320.833
```

2. В раздела „Измервания“ (*Measurements*) се попълват данните за проекта (Фигура 2):

- Наблюдател (*Observer*);
- Метеорологични особености (*Weather*);
- Тип на GNSS приемника (*Receiver*);
- Тип на антената (*Antenna*);
- Дата и време на теста (*Date*);
- Номинално разстояние (*Nominal distance*);
- Височина между „подвижните“ точки 1 (*Height difference*);
- s_{xy} – предварително определеното от производителя стандартно отклонение;
- s_h – предварително определеното от производителя стандартно отклонение.

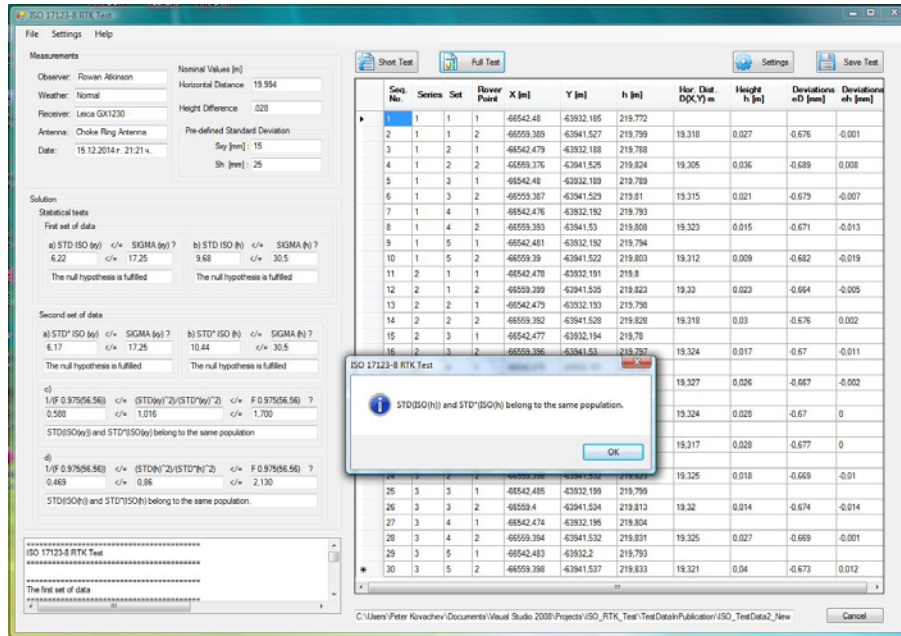
3. С бутоните „Кратък тест“ (*Short Test*) и „Пълен тест“ (*Full Test*) се стартира желаната тестова процедура.

- Извършва се проверка за грешно въведени данни в раздела „Измервания“;
- Отваря се менюто за избор на файл;
- Извършва се проверка на файла;
- Изпълнява се Краткият тест;
- Изпълнява се Пълният тест (ако е натиснат съответният бутон).

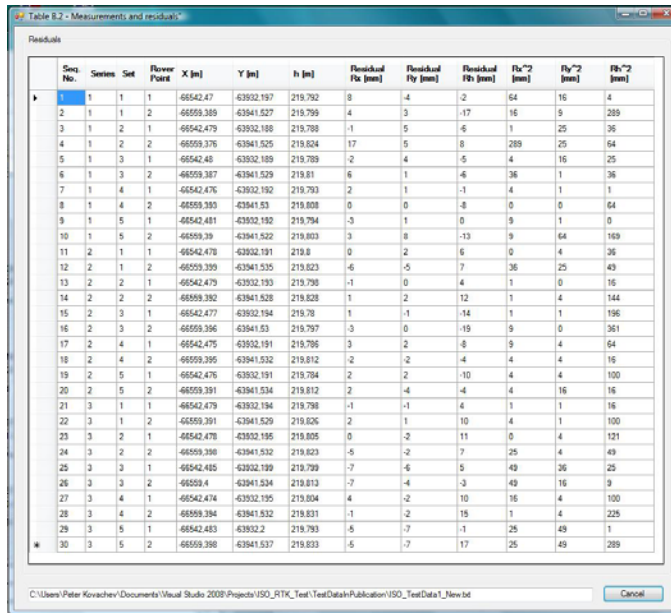
4. Резултатите от теста се представят в Таблица В1 „Измервания и отклонения“ (*Measurements and deviations*) (Фигура 2), Таблица В2 „Измервания и остатъци“ (*Measurements and Residuals*) (Фигура 3), както и раздела „Решение“ (*Solution*).

5. В раздела „Решение“ (*Solution*) се представят резултатите от четирите статистически теста.

- След натискане на бутона „Запази“ (*Save Test*) се създава текстов файл с всички резултати от теста (по подразбиране).
- По желание с бутона „Настройки“ (*Settings*) данните от Таблица В1 и Таблица В2 могат да бъдат изключени от файла с резултатите от теста, а също и визуализацията на Таблица В2.



Фигура 2. Основно меню (показва и Таблица В1 от стандарта)



Фигура 3. Таблица B2 „Измервания и остатъци“ (Measurements and Residuals)

При наличието на грешки съответните грешни данни се оцветяват в червено в таблица В1. Софтуерът е проверен с данните от тестовия пример на стандарта ISO 17123-8:2007.

8 Заключение

Всяка държава, в съответствие с политиката си за развитие на GNSS технологиите, може да определя свои правила за тестване на GNSS приемниците и съответното оборудване. Съществуват инструкции [7], които са насочени към това как трябва да бъдат извършвани конкретните измервания и с каква точност, но в тях не са посочени приемливи процедури за тестване на апаратурата. Особено важен е качественият контрол на приемника в момента на закупуването му и проверка, дали той отговаря на спецификациите на производителя. Тези проверки след това трябва да се извършват най-малко един път годишно, а също така преди и след кампании, които изискват висока точност на измерванията [8]. Стандартът ISO 17123-8:2007 поставя и някои въпроси [3]:

- относно продължителността на теста (3-4 часа);
- дали е достатъчен броят на сериите от измервания;
- дали експерименталното стандартно отклонение е достатъчно за оценка на „качеството“ на изследваната апаратура.

Въпреки това такива проверки в рамките на разработваните системи за управление на качеството са неизбежни. В този смисъл стандартни полски проверки на RTK апаратурата (не калибриране) са спешно необходими.

Новият стандарт ISO 17123-8:2007 е първата стъпка в правилната посока.

Литература

- [1] Michael D. Londe, Standards and Guidelines for Cadastral Surveys Using Global Positioning Methods, FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, April 19-26 2002.
- [2] Real-Time Kinematic Surveying, Training Guide, Trimble, Part Number 33142-40, Revision D, September 2003.
- [3] Heister H., TS 4C – GNSS Standards, The new ISO standard 17123-8 for checking GNSS field measuring systems (3069). Integrating the Generations, FIG Working Week 2008, Stockholm, Sweden 14-19 June 2008.
- [4] Snedecor, George W. and Cochran, William G. (1989), *Statistical Methods*, Eighth Edition, Iowa State University Press.
- [5] Джон Конел, Програмиране на Microsoft Visual Basic .NET, SoftPress Computer Publishing, 2003, ISBN 954-685-248-1.

- [6] Пуя Бемби, Кулийт Каур, Microsoft Visual Basic .NET Професионални проекти, Дуо Дизайн ООД, 2003, ISBN 954-8396-11-4.
- [7] Инструкция № РД-02-20-25 от 20 септември 2011 за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи, Обн. ДВ. бр. 79 от 11 Октомври 2011.
- [8] Petridiu-Chrysohoidou N., Doukas I.D., Ifadis, P.Savvaidis I.M., 2004, Investigative Testing of GPS Receivers, International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, November 04-05, Sofia, Bulgaria.