

ИЗПОЛЗВАНЕ НА FUZZY LOGIC ПРИ НЯКОИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА GNSS ОПРЕДЕЛЕНИЯ В БЪРЗ СТАТИЧЕН РЕЖИМ

Гинчо Костов

Ключови думи: GPS, GLONASS, Fuzzy logic, измервания, геодезия

РЕЗЮМЕ

За изследване на качеството на геодезическите определения с GNSS (GPS и GLONASS) оборудване са извършени бързи статични измервания на хорди с дължини - до 5 km, от 5 до 10 km, от 10 до 15 km, от 15 до 20 km, от 20 до 25 km, над 30 km. и различна продължителност на сеанса – 5 min., 10 min., 15 min. и 30 min. Спътниковите измервания са обработени чрез софтуер Geomax Geo Office. Т. нар. *post-processing* на данните е направен поотделно за GPS и GNSS системите. Резултатите - получените числени стойности на параметрите на оценяваната система, а именно: качество по положение, качество по височина, елементи от ковариационната матрица на хордата, DOP факторът за точност са използвани като входни данни в програмата Vienna_Fuzzy (математическият апарат на Fuzzy logic). Последната на база на правила дефинирани от ползвателя е изчислила общото качество - рейтинг на всяка измерена пространствена хорда. Като се имат предвид даденостите на днешните Информационни Технологии и въз основа на изчисления рейтинг са направени изводи и препоръки за геодезическите измервания.

1. Въведение

В днешно време геодезическите GPS приемници търпят бурно развитие от гледна точка на технология, производителност и не на последно място възможност за комбинирано използване на различни спътникови системи.

Известно е [2], че съществуват различни по точност и производителност методи за определяне на координатите на новоопределяема точка.

При положение че се използва GPS метод за геодезическо определение, ползвателят би могъл в зависимост от конкретните нужди и изискваната точност да се насочи към някои от възможните начини за измерване (напр. статичен, бърз статичен, RTK).

От [7] е известно, че статичните методи за определяне на координати са едни от най-точните. Тяхното неудобство е, че изискват влагането на необходимото по задание време за извършване на измерванията. Това естествено предполага тяхната ниска производителност. Целта на настоящата разработка е да се установи въз основа на извършени реални геодезически измервания с GNSS (GPS и GLONASS) апаратура, чрез теорията на fuzzy logic, получава ли се някаква и евентуално каква разлика в общото качество на определенията при използването на спътниковите системи GPS и GPS+GLONASS, както и промяната на продължителността на сеанса при различна дължина на измерваната пространствена хорда.

В настоящия материал ще се спрем по-специално на бързите статични измервания.

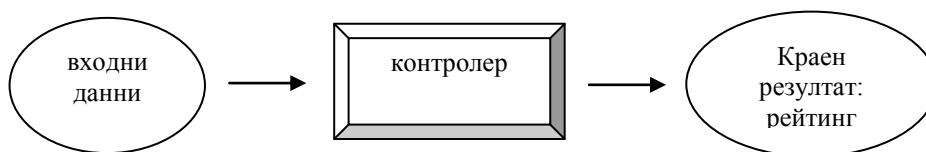
2. Fuzzy Logic – теоретични сведения

Т. нар *размито множество* съдържа в себе си няколко стойности на дадена променлива “ X ” и съответните стойности на характеристичната функция $\chi(X)$. Тя приема стойности в интервала $[0,1]$, индикиращи степента ѝ на „членство”. При $\chi(X)=0$, няма членство, а за $\chi(X)=1$ има пълно членство. Чрез стойностите на членството – т. нар. *рейтинг* може да се оцени качеството на дадена система.

Общият принцип на fuzzy системата е следната:

вход>фузификация>извод>дефузификация

В началото на обработката на информацията се въвеждат стойностите на съответните променливи, след което те математически се обработват от контролера. Именно под тази съвкупност от действия разбираме фузификация. След това се извършва съответното заключение и се получава крайният резултат. Обратната операция – получаването на конкретна числена стойност - рейтинг след извършването на съответните изводи се нарича дефузификация.



Фиг. 1. Графически пример за системата

Общо погледнато, чрез fuzzy logic може да се оцени дадена система, съдържаща в себе си както малки, така и големи стойности. Оценката се извършва чрез „правила”, дефинирани от ползвателя.

Например, ако „b” и „c” са малки числа, то хордата е добре (точно) определена. Тук с „b” и „c” обозначаваме съответните входни променливи.

3. Fuzzy Logic - използване при оценка на бързи статични измервания

В Internet и литературата могат да се намерят редица публикации, например [4], [5] за приложенията на Fuzzy Logic в геодезията.

В настоящото изследване е разгледано прилагането на Fuzzy logic за оценка на общото качество на измерени хорди с различна дължина, получени в резултат от бързи статични измервания с една и с две спътникови системи, при различно времетраене на сеанса.

Тъй като предмет на оценка са набор от параметри, подробно описани в т. 5, с цел да се елиминира субективният фактор за оценка на качеството на измерванията

хорди е използван математическият апарат на Fuzzy logic - програмата Vienna_Fuzzy [4]. За изходни данни в последната са използвани числените стойности на променливите $M_p, M_h, Q_{xx}, Q_{yy}, Q_{zz}, Hdop(max), Vdop(max)$, подробно упоменати в т. 4.

4. Извършени геодезически измервания

Съвременните поколения геодезически GPS приемници поддържат двете практически работещи към момента [6] и [9] Глобални позиционни системи GPS и GLONASS. В литературата и Internet могат да се намерят достатъчен брой сведения относно необходимото време за извършване на статични измервания. Известно е от [1], [3], [8] и [10], че продължителността на измерванията се влияе от различни фактори (дължина на хордата, брой спътници и др.).

Геодезическите измервания са извършени със съвременно геодезическо оборудване на Geomax с внедрена Q-lock технология в бърз статичен режим.

В настоящия материал са извършени изследвания върху шест хорди с дължини в диапазона:

- а) до 5 km;
- б) от 5 до 10 km;
- в) от 10 до 15 km;
- г) от 15 до 20 km;
- д) от 20 до 25 km;
- е) над 30 km.

Записът на спътниковите сигнали бе настроен на 15 sec.

Измерванията са извършени с дължина на сеанса до: 5 min., 10 min., 15 min. и 30 min. За някои от хордите са направени и сеанси до 2 min.

Точките, върху които са извършени определенията, са на открити места, подходящи за позиционни измервания.

5. Използвани критерии за точност

В настоящото изследване са използвани следните критерии (дават се наименованията им съгласно приложния софтуер):

- а) качество по положение M_p ;
- б) качество по височина M_h ;
- в) елементите от ковариационната матрица на хордата Q_{xx}, Q_{yy} и Q_{zz} ;
- г) числото $Hdop(max)$;
- д) числото $Vdop(max)$.

Числата $Hdop$ и $Vdop$ са част от DOP фактора за точност, даден в [3].

В резултат от обработката на статичните измервания приложният софтуер Geomax Geo Office е пресметнал стойностите на горесцитираните критерии за всяка една измерена хорда.

6. Числени резултати

На база на входните параметри, описани в т.5, е изчислен рейтингът на всяка измерена хорда за съответния сеанс. В този случай колкото рейтингът е по-голям, толкова качеството е по-добро.

Резултатите са синтезирани в таблици 1, 2, 3, 4, 5 и 6, дадени по-долу.

Таблица 1. Хорда до 5 km.

Използвана спътникова система	време за измерване	рейтинг
GNSS	до 5 min.	0.59
GPS	до 5 min.	0.50
GNSS	до 10 min.	0.47
GPS	до 10 min.	0.45
GNSS	до 15 min.	0.56
GPS	до 15 min.	0.52
GNSS	до 30 min.	0.74
GPS	до 30 min.	0.52

Таблица 2. Хорда от 5 до 10 km.

Използвана спътникова система	време за измерване	рейтинг
GNSS	до 5 min.	0.61
GPS	до 5 min.	0.53
GNSS	до 10 min.	0.72
GPS	до 10 min.	0.58
GNSS	до 15 min.	0.73
GPS	до 15 min.	0.55
GNSS	до 30 min.	0.57
GPS	до 30 min.	0.53

Таблица 3. Хорда от 10 до 15 km.

Използвана спътникова система	време за измерване	рейтинг
GNSS	до 5 min.	0.52

GPS	до 5 min.	0.36
GNSS	до 10 min.	0.52
GPS	до 10 min.	0.37
GNSS	до 15 min.	0.66
GPS	до 15 min.	0.51
GNSS	до 30 min.	0.80
GPS	до 30 min.	0.55

Таблица 4. Хорда от 15 до 20 km.

Използвана спътникова система	време за измерване	рейтинг
GNSS	до 2 min.	0.59
GPS	до 2 min.	0.20
GNSS	до 5 min.	0.62
GPS	до 5 min.	0.31
GNSS	до 10 min.	0.65
GPS	до 10 min.	0.45
GNSS	до 15 min.	0.74
GPS	до 15 min.	0.48
GNSS	до 30 min.	0.64
GPS	до 30 min.	0.51

Таблица 5. Хорда от 20 до 25 km.

Използвана спътникова система	време за измерване	рейтинг
GNSS	до 2 min.	0.58
GPS	до 2 min.	-
GNSS	до 5 min.	0.65
GPS	до 5 min.	0.46
GNSS	до 10 min.	0.62
GPS	до 10 min.	0.45
GNSS	до 15 min.	0.72
GPS	до 15 min.	0.48
GNSS	до 30 min.	0.52
GPS	до 30 min.	0.53

Таблица 6. Хорда над 30 km.

Използвана спътникова система	време за измерване	рейтинг
GNSS	до 2 min.	0.61
GPS	до 2 min.	0.53
GNSS	до 5 min.	0.65
GPS	до 5 min.	0.53
GNSS	до 10 min.	0.78
GPS	до 10 min.	0.61
GNSS	до 15 min.	0.80
GPS	до 15 min.	0.68
GNSS	до 30 min.	0.68
GPS	до 30 min.	0.54

7. Анализ на резултатите. Изводи, заключение, препоръки

За хорда до 5 km. при използване само на една спътникова система и различна дължина на сеанса не се отчита значителна промяна в общото качество. Наблюдават се много близки стойности от 0.45 до 0.52. Очевидно е, че качеството на системата не е променено значително при удължаване на сеанса. При обработката на измерванията на двете системи (GPS+GLONASS) заедно се наблюдава покачване на качеството при 30 минутни наблюдения в сравнение с това на 5 - минутния сеанс. При използване на две спътникови системи явно по-добро общо качество на определенията се отчита при сеанс от 30 min.

Във варианта хорда от 5 до 10 km. при използване само на GPS система не се отчита видимо различие в качеството на измерваната хорда при отделните сеанси. При използването на две системи заедно се отчита леко, но неголямо подобрене на общото качество. Много близки стойности на рейтинга се наблюдават във варианта сеанс от 30 min. за GPS и GPS+GLONASS.

В случая хорда с дължина от 10 до 15 km. единствено за сеанса от 30 минути се наблюдава значително покачване на рейтинга в сравнение със сеанса от 5 min. При GPS системата малък скок в рейтинга се наблюдава между сеансите от 10 и 15 минути.

При хорда с дължина от 15 до 20 km. се наблюдава плавно покачване на общото качество на GPS системата. Единствено значителна промяна се отчита между сеансите от 5 и 10 минути. При сеансите от 10, 15 и 30 минути не се отчита значителна промяна в качеството. Почти двойна разлика в рейтинга се отчита обаче в сеансите от 2 и 10 минути. При GNSS системата обаче, резки промени в качеството не се наблюдават. Незначително по-добро качество имаме при сеанса от 15 минути и спад в качеството за сеанс от 30 минути.

За хорда с дължина от 20 до 25 km. се наблюдават следните особености:

- а) Фиксирано решение не е получено при сеанс от 2 мин при GPS измервания;

б) Почти еднакво качество на GPS и GNSS определенията за сеанс от 30 min.

При останалите сеанси се получават почти еднакви резултати за качеството на определенията, като видимо GNSS измерванията се характеризират със значително по-високо качество в сравнение с тези на GPS системата. Явно е, че при сеанса от 15 min се характеризира с най-добра обща оценка.

За случая хорда над 30 км могат да се резюмират следните факти. Сравнително постоянен по-висок рейтинг се наблюдава при използването на GPS и GLONASS системите. От стойностите е видно, че рейтингът на GNSS определенията не е значително по-висок от този на GPS системата. При времетраене на сеанса 2 и 5 min. не се отчита разлика в качеството на определянето на хордата, а при GNSS системата има незначително подобрение. Известно малко повишаване на качеството на определянето на хордата се наблюдава при измервания от 15 min. при GNSS системата. При 30 минутни измервания не се наблюдават съществени различия (промяна в качеството) в сравнение със сеанса от 2 и 5 минути.

На база на извършените геодезически измервания би могло да се обобщи следното. Предвид на изчисления рейтинг на всяка една измерена хорда би могло да се заключи, че при сеанс от десет минути, чрез използването на съвременните инструменти и технологии биха се получили много добри резултати. Те от своя страна биха могли да задоволят и високите критерии за точност, изисквани при дадени геодезически задачи. Евентуалното удължаване на сеанса би довело до съществен разход на време. В зависимост от спецификата на всяка инженерна задача, предвид на усъвършенстваните инструменти и технологии, преди извършване на геодезическите измервания следва внимателно да се прецени реалната необходимост от големината на сеанса при бързите статични измервания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вълев, Г. М. Минчев.* Инструкция за определяне на координати чрез GPS. София, 1995.
2. *Минчев, М., Ив. Здравчев, Ив. Георгиев.* Основи на приложението на GPS в геодезията. София, УАСГ, 2005.
3. *Хофман-Веленхоф, Б., Х. Лихтенегер, Дж. Колинс.* Глобална система за определяне на местоположение. София, 2002.
4. *Kostov, G.* "Assessment of the Quality of Geodetic Networks Using Fuzzy Logic. Vienna University of Technology, 2005.
5. *Wieser, A.* Benefitting from Uncertainty. GPS WORLD, 2003.

WEB:

6. http://www.chinadaily.com.cn/china/2009-07/03/content_8350282.htm
7. <http://facility.unavco.org/>
8. <http://www.geoplane.com/>
9. http://www.trimble.com/srv_new_era_galileo.shtml
10. <http://www.metrisys.bg/index.php/view/outputs/?type=11>

Използван софтуер:

1. Geomax Geo Office;
2. Vienna_Fuzzy.

USING OF FUZZY LOGIC FOR SOME STUDIES OVER GNSS DETERMINATION IN FAST STATIC MODE

Gintcho Kostov

Keywords: GPS, GLONASS, Fuzzy logic, measurements, geodesy

ABSTRACT

In order to study the quality of the geodetic determinations using GNSS (GPS and GLONASS) equipment fast static measurements are done of chords with length – up to 5 km, from 5 to 10 km, from 10 to 15 km, from 15 to 20 km, from 20 to 25 km, over 30 km. and with various duration of the observation time – 5 min., 10 min., 15 min. and 30 min. The geodetic measurements are processed with firmware Geomax Geo Office. The so-called *post-processing* of the raw data was done separately for the GPS and the GNSS systems. The results – derived numeric values of the parameters of the system: quality in the position, quality in heights, elements of the co-variance matrix for the chord, DOP factor for accuracy are used as input data in the application Vienna_Fuzzy (mathematical instrument of Fuzzy logic). The last, using the defined by the user rules calculates a value - rating, which characterizes the overall quality of each measured spatial chord. Taking in mind the today's facts for the Information Technologies and based on the calculated rating values conclusions and recommendations for the geodetic measurements are done.