

НЯКОИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ВЪРХУ КАЧЕСТВОТО НА GNSS ОПРЕДЕЛЕНИЯТА ПРИ СПЕЦИФИЧНИ УСЛОВИЯ

Гинчо Костов

ключови думи: GPS, GLONASS, измервания, геодезия

РЕЗЮМЕ

За изследване на общото качество на GNSS определенията при различни условия (сеанси от – до 2 min., до 5 min., до 10 min., до 15 min. и до 30 min.; ъгъл над хоризонта – 0 градуса, 5 градуса, 15 градуса, 20 градуса, 25 градуса и време за измерване през нощта), бяха извършени бързи статични измервания. Предмет на оценка бяха шест пространствени хорди с дължини съответно – до 5 km., от 5 до 10 km., от 15 до 20 km., от 20 до 25 km. и над 30 km. Последващата обработка на геодезическите спътникови измервания беше извършена чрез софтуер Geomax Geo Office, който е изчислил критериите за качество: M_{3D} , Q_{xx} , Q_{yy} , Q_{zz} , GDOP (max) и PDOP (max) - качество по положение и височина, елементите на ковариационната матрица на хордата, числото GDOP и числото PDOP. Последните са третираны като входни данни в програмата Vienna_Fuzzy (използваща теорията на Fuzzy logic), която е изчислила рейтинга за всяка измерена хорда за съответния сеанс. Нощните наблюдения бяха сравнени с тези, извършени през деня. Предвид на изчисленията, получените резултати и даденостите на съвременните Информационни Технологии, са направени изводи и препоръки за бъдеща работа.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Последните Информационни Технологии предоставят възможността за приемане на сигналите от повече от една система, напр. GPS и GLONASS в геодезическите спътникови приемници.

Бъдещото използване на GALILEO (която система следва да бъде достъпна за гражданска употреба в следващите няколко години) се предполага да направи следваща стъпка напред в общото подобрене на GNSS определенията.

Бързите статични геодезически измервания за изчисление на координати на точки от земната повърхност са едни от най-прецизните, вж. <http://facility.unavco.org/>. Методът може да бъде използван, когато се изисква висока точност при определенията.

Известно е, че времето през деня е за предпочитане за извършване на спътникови измервания, по организационни причини [Хофман-Веленхоф и др., 2002].

На база данните в литературата [Вълев и др., 1995], GPS измервания следва да бъдат провеждани в открити райони с ъгъл над хоризонта минимум от 15 градуса. Намалянето на ъгъла може да доведе до „шумни“ измервания.

В този материал е извършено изследване, имащо за цел да определи евентуалните вариации в общото качество на измерени пространствени хорди, като се използва различна продължителност на сеанса, различна стойност на ъгъла над хоризонта. Геодезическите измервания са извършени през нощта и са сравнени с дневните наблюдения.

Във [Вълев и др., 1995] и [Хофман-Веленхоф и др., 2002] е упоменато, че GPS измерванията проведени през нощта се характеризират с по-добро разпространение на радиовълните и смекчен ефект на йоносферата.

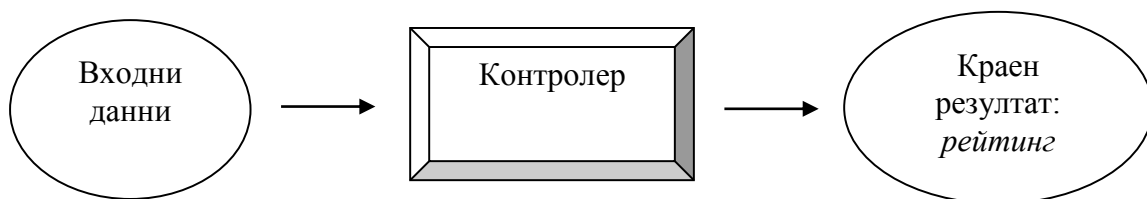
Резултатите от спътниковите измервания са оценени с математическия апарат на Fuzzy logic - програмата Vienna_Fuzzy [Костов, 2005].

2. FUZZY LOGIC – ОБЩИ ТЕОРЕТИЧНИ СВЕДЕНИЯ

Т. нар. *размито множество* съдържа в себе си стойности на дадена променлива “ X ” и съответните стойности на характеристичната функция (функция на членство) $\chi(X)$, наричана съкратено MF. Нейните стойности са в затворения интервал $[0,1]$, индикиращи степента на „членство”. Когато $\chi(X)=0$, тогава няма членство, а за $\chi(X)=1$ има пълно членство. Идеята за размити (fuzzy) променливи е лингвистична – „малко”, „голямо”, „много голямо” и т.н. Пример: числото 0.10 може да бъде третирано като малко, 0.60 като голямо и 0.99 като много голямо. Използвайки стойностите на членството – т. нар. *рейтинг* може да бъде оценено качеството на дадена система. Общия принцип на „размития” (Fuzzy) контролер е:

Вход на данни>Фузификация>Заключение>Дефузификация

В началото на изчисленията се въвеждат конкретни стойности на съответните променливи, които биват фузифицирани. Това означава, че със съответната MF те получават стойността на своята степен на членство. Когато се извършва заключението, тежестите и съответния оператор („и”, „или”) се прилагат. Последната част – дефузификация се използва за да се получи конкретна, точна стойност – рейтингът. Известен брой методи съществуват за да се извърши последната част от изчислението, но най-подходящия и обикновено използван е центроидния метод на дефузификация.



Фигура 1. Графически пример за системата

Например, ако GDOP или PDOP (вж. глава 6) са малки числа, то тогава пространствената хорда е добре определена. Общо погледнато, използвайки Fuzzy logic може да бъде оценена система, която съдържа както малки, така и големи стойности. Оценката се извършва чрез т. нар. „*правила*”, дефинирани от ползвателя. Например, ако „a” и „b” са малки числа, то системата е добре определена. Тук с „a” и „b” са обозначени съответните входни променливи. Общата структура на правилото е: входни променливи, резултантна MF, тежест, логически оператор (“и (1)”, “или (2)”). Например, ако ползвателя дефинира “a” и “b” като входни променливи, правилата могат да изглеждат по следния начин:

a	b	Резултантна MF	Тежест	Логически оператор
-1	0	1	0.30	2
1	1	2	0.50	2
0	1	2	0.88	1

Фигура 2. Пример и описание на три правила в числен формат

Когато изчисленията се извършат, число за рейтинга в интервала [0,1] ще бъде получено. Това число показва какво е качеството на системата, предмет на оценка. В нашия специфичен случай, ако рейтинга е 0.22, то системата не е добре определена, но ако стойността е 0.80, то хордата има добро качество.

3. ПРИЛАГАНЕ НА FUZZY LOGIC ЗА ОЦЕНКА НА ОБЩОТО КАЧЕСТВО НА ИЗМЕРЕНИ ПРОСТРАНСТВЕНИ ХОРДИ

Съществуват доста публикации, описващи приложенията на Fuzzy logic в геодезията [Haberler, 2003], [Kostov, 2005], [Wieser, 2001].

Едно друго възможно приложение на Fuzzy logic и Vienna_Fuzzy в космическата геодезия ще бъде дадено в настоящата статия – за оценката на общото качество на измерени пространствени хорди, използвайки GNSS технология и оборудване.

Хордите са определени, използвайки различна продължителност на сеанса (до 2 min., до 5 min., до 10 min., до 15 min. и до 30 min.) и променен ъгъл над хоризонта (0 градуса, 5 градуса, 15 градуса, 20 градуса и 25 градуса) в софтуера за последваща обработка.

Измерванията бяха проведени през нощта с цел смекчаване на влиянието на йоносферата.

Съществуват някои публикации за избора на стойност за ъгъла над хоризонта, които са публикувани в Интернет: [Krishnamurthy, 2009], [Park и др., 1996], [Schön и др., 2005] и др. Едно различно изследване по случая е дадено в настоящата статия.

За да се елиминира субективния фактор при оценяването на качеството на измерените хорди бе използвана Fuzzy logic. Като входни данни в последната бяха използвани променливите: M_{3D} , Q_{xx} , Q_{yy} , Q_{zz} , GDOP (max) и PDOP (max), описани в детайли в глава 6.

4. ИЗТОЧНИЦИ НА ГРЕШКИ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ОБЩОТО КАЧЕСТВО НА СПЪТНИКОВИТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

При извършване на GPS измервания, различни фактори, влияещи върху качеството на геодезическите определения следва да бъдат взети под внимание.

Предвид литературата [Минчев и др., 2005], главните източници на грешки при спътниковите определения са: грешки от синхронизирането на часовниците на спътниците и приемника, спътниковата орбита, тропосферната рефракция, йоносферната рефракция, вариациите на фазовия център на антената, ефекта на многопътността.

Детайлна информация за различните източници на грешки при GPS измерванията могат да бъдат намерени също така в [Хофман-Веленхоф и др., 2002].

Параметър, който влияе върху общото качество на геодезическите спътникови измервания, както ще бъде показано в този материал е ъгъла над хоризонта.

Известно е, че спътниците близо до хоризонта са „по-шумни”. Детайлно изследване за влиянието на стойността на ъгълът над хоризонта е дадено в глава 7.

5. ИЗВЪРШЕНИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ, ПРЕДМЕТ НА ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА УСТАНОВЯВАНЕ КАЧЕСТВОТО НА ОПРЕДЕЛЕНИЯТА

С цел да се анализира качеството на реални геодезически измервания, използвайки съвременен GNSS оборудване, поддържащо Q-lock технология в бърз статичен режим са извършени експерименти.

В настоящата статия предмет на изследвания са шест пространствени хорди, с дължини както следва:

- 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.

Записът на спътниковите сигнали бе настроен на 15 sec.

Измервания са извършени с продължителност на сеанса от: до 2 min., 5 min., 10 min., 15 min. и 30 min.

Районите за извършване на измерванията бяха разположени на открити места, без наличие на смутители около тях.

В софтуера за последваща обработка, ъгълът над хоризонта бе променян на 0 градуса, 5 градуса, 15 градуса, 20 градуса и 25 градуса, както бе упоменато в глава 3.

6. ИЗПОЛЗВАНИ КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА НА ОБЩОТО КАЧЕСТВО НА ИЗМЕРЕНИТЕ ПРОСТРАНСТВЕНИ ХОРДИ

В тази статия са използвани следните критерии за качество:

- Качество по положение и височина M_{3D} ;
- Елементи на ковариационната матрица на хордата Q_{xx} , Q_{yy} и Q_{zz} ;
- Числото GDOP(max);
- Числото PDOP(max).

Числата GDOP и PDOP са част от DOP факторът за точност, описан в [Хофман-Веленхоф и др., 2002].

7. ЧИСЛЕНИ РЕЗУЛТАТИ – НОЩНИ ИЗМЕРВАНИЯ

Суровите данни от спътниковите измервания бяха въведени в софтуера за последваща обработка. Упоменатите в предишната глава критерии за качество бяха изчислени за всяка измерена хорда за съответния сеанс. На база на данните – параметрите, описани в глава 6, рейтингът за хордите, предмет на оценка бе изчислен за всеки сеанс. Трябва да се упомене, че в този специфичен случай, колкото рейтинга е по-голям, толкова общото качество на хордата е по-добро. Числените резултати за рейтинга са дадени в таблиците по-долу:

Таблица 1. Хорда до 5 km.

Сеанс - 2 min.		Сеанс - 5 min.		Сеанс - 10 min.		Сеанс - 15 min.		Сеанс - 30 min.	
Ъгъл над хоризонта [градуси]	рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг
0	0.80	0	0.51	0	0.80	0	0.80	0	0.80
5	0.80	5	0.51	5	0.80	5	0.80	5	0.80
15	0.62	15	0.61	15	0.70	15	0.80	15	0.78
20	0.62	20	0.61	20	0.66	20	0.72	20	0.67
25	0.20	25	0.20	25	0.20	25	0.20	25	0.20

Таблица 2. Хорда от 5 до 10 km.

Сеанс - 2 min.		Сеанс - 5 min.		Сеанс - 10 min.		Сеанс - 15 min.		Сеанс - 30 min.	
Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг
0	0.51	0	0.50	0	0.80	0	0.80	0	0.80
5	0.51	5	0.50	5	0.80	5	0.80	5	0.80
15	0.55	15	0.58	15	0.63	15	0.49	15	0.53
20	0.62	20	0.57	20	0.54	20	0.31	20	0.41
25	0.20	25	0.51	25	0.20	25	0.20	25	0.20

Таблица 3. Хорда от 10 до 15 km.

Сеанс - 2 min.		Сеанс - 5 min.		Сеанс - 10 min.		Сеанс - 15 min.		Сеанс - 30 min.	
Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг
0	0.80	0	0.64	0	0.80	0	0.80	0	0.80
5	0.80	5	0.64	5	0.80	5	0.80	5	0.80
15	0.56	15	0.56	15	0.76	15	0.61	15	0.54
20	0.46	20	0.35	20	0.51	20	0.52	20	0.41
25	0.50	25	0.36	25	0.20	25	0.20	25	0.20

Таблица 4. Хорда от 15 до 20 km.

Сеанс - 2 min.		Сеанс - 5 min.		Сеанс - 10 min.		Сеанс - 15 min.		Сеанс - 30 min.	
Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг
0	0.80	0	0.80	0	0.71	0	0.78	0	0.80
5	0.80	5	0.80	5	0.71	5	0.78	5	0.80
15	0.77	15	0.69	15	0.67	15	0.73	15	0.72
20	0.52	20	0.65	20	0.67	20	0.71	20	0.61
25	0.20	25	0.20	25	0.20	25	0.20	25	0.20

Таблица 5. Хорда от 20 до 25 km.

Сеанс - 2 min.		Сеанс - 5 min.		Сеанс - 10 min.		Сеанс - 15 min.		Сеанс - 30 min.	
Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг
0	0.80	0	0.80	0	0.80	0	0.64	0	0.50
5	0.80	5	0.80	5	0.50	5	0.64	5	0.50
15	0.80	15	0.80	15	0.50	15	0.74	15	0.54
20	0.50	20	0.45	20	0.50	20	0.63	20	0.48
25	0.36	25	0.20	25	0.50	25	0.20	25	0.52

Таблица 6. Хорда над 30 km.

Сеанс - 2 min.		Сеанс - 5 min.		Сеанс - 10 min.		Сеанс - 15 min.		Сеанс - 30 min.	
Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг	Ъгъл над хоризонта [градуси]	Рейтинг
0	0.80	0	0.80	0	0.51	0	0.62	0	0.80
5	0.80	5	0.80	5	0.51	5	0.62	5	0.80
15	0.80	15	0.62	15	0.62	15	0.65	15	0.74
20	0.49	20	0.20	20	0.41	20	0.65	20	0.66
25	0.20	25	0.20	25	0.20	25	0.20	25	0.20

8. СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ ДНЕВНИ И НОЩНИ ИЗМЕРВАНИЯ

Специално изследване е извършено с цел да се оцени и сравни общото качество на измерванията, проведени през деня и нощта, използвайки едни и същи контролни точки при всяка пространствена хорда. На база на резултатите и заключенията в предишен експеримент [Костов, 2009], сравнението на резултатите от геодезическите измервания в тази глава са дадени за 10 min. продължителност на сеанса. Таблицата по-долу резюмира резултатите за качеството на спътниковите измервания – стойностите за рейтинга за три пространствени хорди. Общата оценка е изчислена, имайки предвид критериите за качество дадени в глава 6.

Дължина на хордата	Рейтинг	
	През деня	През нощта
от 0 до 5 km.	0.50	0.50
от 5 до 10 km.	0.20	0.80
от 10 до 15 km.	0.20	0.80

Таблица 7. Сравнение – дневни и нощни геодезически измервания

От таблицата е видно, че с изключение на първата хорда, където е получена еднаква стойност за рейтинга, останалите резултати показват много по-добро качество за измерванията, проведени през нощта в сравнение с дневните.

9. РЕЗУЛТАТИ И ПРЕПОРЪКИ

В тази статия е разгледан един експеримент, използващ измервания, извършени чрез GPS и GLONASS спътниковите системи. На база изчислените стойности на рейтинга следва да бъде упоменато:

Общата оценка за качеството – рейтингът на хордата с дължина до 5 km. показва, че много добри резултати са получени за ъгъл над хоризонта от 0 или 5 градуса. Незначителна разлика в рейтинга е изчислена при сеанса с продължителност от 5 min. при ъгъл над хоризонта от 15 и 20 градуса.

Резултатите за хордата с дължина от 5 до 10 km. показват добро качество при продължителност на измерванията от 2 и 5 min., използвайки ъгъл над хоризонта от 15 и 20 градуса. Общото качество за 10 min. и повече продължителност на сеанса е добро при 0 градуса в сравнение с 15 градуса ъгъл над хоризонта.

Хордата с дължина от 10 до 15 km. се характеризира с добро качество, базирайки се на резултатите при използване на 0 или 5 градуса ъгъл над хоризонта. В случай, че стойността на ъгъла се увеличи, то рейтингът получава по-ниски стойности. Подобни са резултатите за хордата, чиято дължина е от 15 до 20 km.

Следващата хорда, предмет на анализ е с дължина от 20 до 25 km. и има следната специфика. Резултати с високо качество са получени за сеанс с продължителност от 2 и 5 min. В случай, че хордата бива измервана при сеанс от 10 min., рейтингът е висок

когато ъгъла над хоризонта е 0 градуса. За всички други стойности на ъгъла е изчислена една и съща стойност на рейтинга - 0.50.

Общото качество за ъгъл от 15 градуса и продължителност на сеанса от 15 min. е подобрена – 0.74 в сравнение с 0.64, която е постигната за 0 и 5 градуса съответно. Подобно заключение може да бъде направено за продължителност на сеанса от 30 min.

Резултатите за хордата, чиято дължина е над 30 km. са следните: Ако продължителността на измерването е 2 min., рейтингът е висок за ъгъл над хоризонта 0, 5 и 15 градуса. Подобни резултати са валидни за продължителност на сеанса от 5 min. със слабо намаляне на качеството при 15 градуса. Незначително подобрение на общото качество се наблюдава при продължителност на измерванията 10 min. и 15 градуса ъгъл в сравнение с 0 и 5 градуса. Получават се близки стойности за общото качество при 15 и 30 min. продължителност на сеанса и ъгъл от 0, 5 и 15 градуса.

Стойност например от около 15 градуса ъгъл над хоризонта може да бъде обозначена като граница за получаване на резултати с високо общо качество. Увеличаването на големината на ъгълът над хоризонта като цяло води до намаляне рейтинга на системата. В повечето от резултатите много добро качество се наблюдава, когато ъгълът над хоризонта е 0 или 5 градуса. Съществуват и няколко изключения с малки различия в качеството.

Имайки предвид използваните Информационни Технологии, както и GNSS оборудването, следва да бъде упоменато, че даже и при малки стойности на ъгъла над хоризонта, когато е необходимо някои спътници не са използвани (биват елиминирани) при геодезическите определения. На базата на изчислените стойности на рейтинга, показани в табл. 7, нощните измервания са препоръчителни. Тяхното общо качество е най-малкото равно (напр. за хордата с дължина от 0 до 5 km.) с дневните наблюдения. Качеството на хордите с дължина от 5 до 10 km. и от 10 до 15 km. е много по-добро в случай, че измерванията са проведени през нощта в сравнение с тези през деня.

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведените експерименти и изчисления, би могло да се резюмира:

Ако се планира провеждане на продуктивни GNSS измервания и добре определени пространствени хорди с високо общо качество са от значение, то геодезически измервания в бърз статичен режим през нощта следва да бъдат извършвани с цел получаване на рейтинг с висока стойност.

Имайки предвид резултатите, получени с използваното GNSS оборудване и специализиран софтуер, базирайки се на спецификата на спътниковите определения, ъгъл над хоризонта от 0 или 5 градуса би следвало да бъде прилаган за получаване на резултати с висок рейтинг и добро общо качество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Haberler, M., 2003, A Fuzzy System for the Assessment of Landslide Monitoring Data, VGI, 1/2003, pp 92-98, Wien (На английски)
2. Kostov, G., 2005, Assessment of the Quality of Geodetic Networks Using Fuzzy Logic, pp 2-7, Vienna University of Technology (На английски)

3. Костов, Г., 2009, Използване на Fuzzy logic при някои изследвания на GNSS определенията в бърз статичен режим, УАСГ, стр. 3-7, София (под печат)
4. Krishnamurthy, Y.V.N., 2009, The National Land Records Modernization Programme, Department of Land Resources, Ministry of Rural Development , Government of India, pp 119-120, Delhi (На английски)
5. Минчев, М., Ив. Здравчев, Ив. Георгиев, 2005, Основи на приложението на GPS в геодезията, стр. 112-118, София УАСГ
6. Park, C., Il-sun Kim, Jang Gyu Lee, Gyu-In Jee, Choon Shik Kim, 1996, A satellite selection criterion incorporating the effect of elevation angle in GPS positioning, Control Engineering Practice, Volume 4, Issue 12, pp 1741-1746, Seoul, Elsevier Science Ltd. (На английски)
7. Schön, S., Andreas Wieser and Klaus Macheiner, 2005, Accurate Tropospheric Correction for Local GPS Monitoring Networks With Large Height Differences, ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, pp 251, Long Beach, CA (На английски)
8. Вълев, Г. М. Минчев, 1995, Инструкция за определяне на координати чрез GPS, стр. 12-15, “Картография” ООД., София
9. Хофман-Веленхоф, Б., Херберт Лихтенегер, Джеймс Колинс, 2002, GPS Теория и практика, Springer-Verlag/Виена, стр.183, Австрия
10. Wieser, A. Robust and fuzzy techniques for parameter estimation and quality assessment in GPS, July 2001, Dissertation Technische Universität Graz, ISBN 3-8265-9807-5. ISSN 1618-6303, pp 49-80, Shaker Verlag, Graz (На английски)

WEB:

11. ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/resource/pubs/wksp_3.pdf
12. <http://facility.unavco.org/>

Използван софтуер:

1. Geomax Geo Office;
2. Vienna_Fuzzy.