

ПРИЛАГАНЕ НА FUZZY LOGIC ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА GNSS ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНИ УСЛОВИЯ

Гинчо Костов "ГЕО ЗЕМЯ" ООД
geozemia@geozemia.com

Резюме

Глобалните позиционни системи в днешно време се използват за решаване на различни задачи от практиката, изискващи висока степен на точност и надеждност.

Комбинацията от GPS и GLONASS предоставя на потребителя възможност за координатни определения при различни теренни условия и технически параметри.

Проведени са реални експериментални геодезически измервания, чрез GPS и GLONASS системите в открити райони с цел изследване на резултатите, получени от GNSS измерванията при различни технически условия.

В доклада е използван математическия модел на Fuzzy logic за да се анализират резултатите от спътниковите определения по обективен начин.

На база на съответните критерии за точност са анализирани координатните определения и са направени изводи.

APPLYING OF FUZZY LOGIC FOR STUDY OF GNSS DETERMINATION IN VARIOUS CONDITIONS

Gintcho Kostov "GEO ZEMIA" Ltd.
geozemia@geozemia.com

Abstract

Nowadays the Global Positioning Systems are used for various tasks in practice, which require high degree of reliability.

The combination of GPS and GLONASS gives the user the possibility of position determination in various terrain conditions and technical parameters.

Real experimental geodetic measurements are performed, using the GPS and GLONASS systems in open areas aiming to examine the results, derived from GNSS measurements in various technical conditions.

The mathematical model of Fuzzy logic is used to analyze the results from determinations in an objective way.

Based on the criteria for accuracy, the coordinate determinations are analyzed and conclusions are done.

keywords: GPS, GLONASS, network, measurement, assessment, surveying, condition, accuracy, quality, adjustment, geodesy, geodetic, мрежа, измерване, оценка, изследване, обусловеност, точност, качество, изравнение, геодезия, геодезическа.

I. Позиционни определения. Общи теоретични сведения.

В настоящата глава ще се спрем само на геодезическите методи за определяне на точки, характеризиращи се с точност в хоризонталното положение от порядъка на сантиметър.

В днешно време при наличието на модерни средства за геодезически измервания и обработка на информацията би могло да бъде направен подходящ избор на различни типове инструменти, с които поставената цел да бъде изпълнена бързо и точно.

Известно е [Минчев, М. и др., 2005], че съществуват различни по точност и производителност методи за определяне на 3D координатите на точка, независимо от нейния тип. Изборът на метод за измерване зависи от спецификата на задачата, зададената точност, технологичните изисквания и др.

Методите за измерване могат да бъдат групирани във вида:

- а) статични;
- б) кинематични;
- в) в реално време - RTK (Real Time Kinematic);
- г) чрез post-processing – последваща обработка.

Статичния метод за определяне на точка се характеризира с висока точност, по-ниска производителност спрямо методът „реално време”. Необходимо е наличие на достатъчно време за извършване на измерванията.

Кинематичните методи се използват за бързи, масови определения на точки със сантиметрова точност.

При геодезическите определения в реално време е необходимо специално оборудване за измервания, при което координатите и точността на определенията се получават на място и в момента на измерванията.

Измерванията чрез post-processing се характеризират с факта, че крайните резултати могат да бъдат известни едва след като приключат измерванията.

За извършване на позиционни определения с GPS или GNSS оборудване е необходимо да са известни координатите на една точка в координатната система WGS 84. Спрямо тази референтна точка се определят координатите (B, L и H) на всички останали точки. Тяхната точност, разбира се зависи разстоянието им до референтната, както и от различни други фактори.

Освен американската спътниковата система - GPS, която съгласно информацията в Internet използва 32 спътника, съществуват и други спътникови системи [Минчев, М. и др., 2005] :

а) Руска навигационна система GLONASS. Тя използва 19 спътника за предаване на сигнали, съгласно публикуваната в Internet информация. Тъй като нейните параметри са много близки да тези на американската, съществуват приемници, които могат да регистрират сигналите както на GPS, така и на GLONASS.

GLONASS официално влиза в употреба за граждански нужди на 18 май 2007 г., без ограничения.

б) Френска спътникова система DORIS (Doppler Orbitography by Radiopositioning Integrated on Satellite).

в) Система PRARE (Precise Range and Range-rate Equipment) - германски аналог на DORIS.

г) Система Galileo – очаква се тя да бъде завършена през 2010-2011 г.

Използването на GPS в общност на GNSS (GPS+GLONASS) технологията за определяне на положението на точки от пространството навлезе и се използва все-повече в геодезическата практика.

GNSS определенията се характеризират със своята висока производителност. За съжаление обаче, технологията не е универсална и не може да бъде приложена навсякъде и при всякакви условия. Измерванията силно се влияят или са невъзможни до сгради, дървета, в близост до смутители, големи отразяващи повърхности и др.

II. Fuzzy Logic.

1. Общи сведения.

Принципите на Fuzzy logic са дадени например във [Wieser, 2001]. Т. нар размито множество съдържа в себе си няколко стойности на дадена променлива “ X ” и съответните стойности на характеристичната функция $\chi(X)$. Последната приема стойности в интервала $[0,1]$, индикиращи степента и на „членство”. Ако $\chi(X) = 0$, то няма членство, а при $\chi(X) = 1$ има пълно членство. Чрез стойностите на членството – т. нар. рейтинг може да се оцени качеството на дадена система.

Общата схема на fuzzy системата е следната:

вход>фузификация>извод>дефузификация

В началото на обработката на информацията се въвеждат стойностите на съответните променливи, след което те биват математически обработвани от контролера. Именно под тази съвкупност от действия разбираме фузификация. След това се извършва съответното заключение и получаване на крайния 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 новоопределената точка е точно/добре/определена. Тук с „b” и „c” обозначаваме съответните входни променливи.

2. Използване на Fuzzy Logic за геодезически цели.

В Internet и литературата могат да се намерят много публикации, например [Wieser, A., 2001], [Wieser, A. 2003], [Kostov, G., 2005] за приложенията на Fuzzy Logic в геодезията. В зависимост от характера на решаваната задача биха могли да се намерят и други области в геодезията, където принципите на тази логика да намерят нови приложения.

В настоящия доклад е разгледано прилагането на Fuzzy logic за оценка на позиционни определения /реализирани с различни параметри и спътникови системи/, като качеството на определенията е изследвано чрез програмата Vienna_Fuzzy. За изходни данни в последната са използвани числените стойности на променливите M_p , Q_{11} , Q_{22} и Q_{33} и a , подробно упоменати в т. III. Тук ще споменем, че един начин за оценка на качеството/точността/ на новоопределена точка, независимо от нейния тип е чрез набор от критерии, изчислени в резултат от математически операции.

III. Математически апарат за оценка на точността на новоопределените точки.

Важен етап при извършване на геодезически измервания е да се направи оценка на точността. Всяка научна или практическа задача изисква съответната точност, която трябва да се постигне. На база на това е необходимо да бъдат избрани инструментите, с които да бъдат реализирани измерванията.

За извършване на оценка на точността на новоопределените точки в геодезията съществуват различни критерии, стойностите на които от своя страна се получават чрез определени математически действия.

За целите на настоящия експеримент са използвани следните данни:

- а) Средна квадратна грешка в положението на новоопределена точка M_p ;
- б) Диагоналните елементи Q_{11} , Q_{22} и Q_{33} на ковариационната матрица Q за всяка новоопределена точка;
- в) Голямата полуос на елипсата на грешките a за всяка новоопределена точка.

IV. Практическо решение.

За целите на настоящия експеримент е използван RTK метод за позиционни определения. При него, както е известно се изчисляват координатите и 3D точността на новоопределените точки в момента на измерването. Метода се характеризира с редица предимства, като едно от тях е високата производителност.

Целта на изследването е да се установи чрез принципите на Fuzzy logic степента на влияние на комбинираното използване на двете спътникови системи (GPS и GLONASS) и промяната на cut off ъгъла на регистрация на измервания в сравнение с използването само на GPS системата върху общото качество на геодезическите определения, проведени на открити места.

За целите на експеримента бяха извършени позиционни измервания в района на Тракийски Университет - гр. Стара Загора. Развита е геодезическа мрежа от пет новопоставени работни точки, стабилизиращи по подходящ начин. За референтна точка е използвана ГТ 527, намираща се в близост до обекта.

Новопоставените точки бяха избрани на открити места, сравнително далеч от ел. проводи, сгради подходящи за позиционни измервания. Използвани са и три съществуващи геодезически опорни точки в района на обекта. Трябва да се упомене, че две от използваните съществуващи точки се намират в близост до широколистни дървета.

Геодезическите измервания са извършени с GNSS оборудване на Geomax с внедрена Q-lock технология. Измерванията са извършени с последователни промени на cut-off ъгъла: 10, 17 и 24 градуса, както и 10, 17 и 30 градуса.

Както бе упоменато в т. II.2, за оценката на общото качество /точност/ на новоопределените точки са използвани принципите на Fuzzy Logic – програма Vienna_Fuzzy.

Освен входните данни - M_p , Q_{11} , Q_{22} и Q_{33} и a са съставени и т. нар. правила за оценка на точката. В лингвистичен вид те имат вида:

- Ако средната квадратна грешка в положението на точката е малка величина, то точката е с добро качество.

Може да се дефинира също така и правило от вида:

- Ако „а” не е малка величина, то точката е с ниско качество.

Важно е да се упомене, че в настоящото изследване колкото рейтингът е с по-висока стойност (близка до единица), толкова точката е по-добре определена.

V. Методика на изследванията.

1. Установяване и настройки на GNSS оборудването – референтна станция и rover;
 2. Чрез rover се извършват последователни позиционирания на всяка една от точките. Измервания се регистрират при следните параметри: GNSS 10 ; 17 ; 24 и GPS 10, 17, 24 както и GNSS 10 ; 17 ; 30 и GPS 10, 17, 30 градуса. С число е обозначена стойността на cut off ъгъл за регистрация на измерванията.

3. Трансфер на суровите измервания в Geomax Geo Office, експорт на необходимата информация и последващата обработка на резултатите и анализ в програмата Vienna_Fuzzy. Измерванията са извършени на упоменатите в приложенията дати.

Извършени са пет цикъла от позиционни измервания с GNSS апаратурата. В резултат на полската работа са изчислени координатите на всички точки, предмет на изследване в координатната система WGS84. Заедно с координатите firm-ware е изчислил и параметрите, които се използват от програмата Vienna_Fuzzy при оценката на качеството на точката.

VI. Анализ на резултатите, заключения, изводи, препоръки.

В резултат на геодезическите измервания са изчислени стойностите на: M_p , Q_{11} , Q_{22} и Q_{33} и a (виж т. III). Чрез стойностите на параметрите е изчислен рейтингът на всяка нова точка. На база на числената стойност на рейтинга са съставени съответните графики.

Важно е да се упомене, че при голям cut-off ъгъл в някои от вариантите, цитирани по-долу не е могло да бъде получено решение (координати и оценки).

1. За измерванията, проведени на 29 март.

За точка RT6 могат да се констатират следните факти:

- а) Наличие на решение само при случаи GNSS 10 и GNSS 17.
- б) Невъзможност да се получи решение за вариант 24 градуса. При конкретния случай е явна необходимостта от достатъчен брой видими спътници (от двете системи) за получаване на решение.
- в) За останалите случаи се наблюдават близки резултати, като с по-добро общо качество се оказва GNSS системата.

2. За измерванията, проведени на 5 април.

а) За вариант 10 градуса е получена интересна скокообразна графика. За всяка от точките имаме получени различни стойности за рейтинга. От графиката е видно, че например в т. 400 имаме по-висок рейтинг за GNSS системата, докато за т. 300 имаме по-добри резултати за GPS определенията. Сходен извод се получава и за т. 110555.

б) При вариант 17 градуса за всички точки с изключение на т. 200 имаме рейтинг с близки стойности. Ще отбележим, че за GNSS системата са се получили незначително по-добри общи оценки.

в) За случаи GNSS 24 и GPS 24 са получени близки по стойности оценки с малки разлики, като с по-висок рейтинг се оказва GNSS системата.

3. За измерванията, проведени на 12 април.

а) Важно е да се упомене, че за цикъла от измервания, решение не е могло да се получи за т. 500 при вариант GPS 24. Очевидната причина за това е недостатъчен брой видими спътници за изчисляване на решение.

б) За вариант 10 градуса от графиката е видно, че за по-голямата част от изследваните точки GNSS системата се характеризира с по-добро общо качество. Изключение от това са точки RT6 и 400.

в) Графиката за вариант 17 градуса за точки 200, 300 и 400 се характеризира със сравнително плавна разлика между рейтинга на GPS и GNSS системата.

г) Системите GPS 24 и GNSS 24 се характеризират отново със сравнително постоянна разлика в оценките за двете системи, ако се базираме на точки RT6, 110556 и 110555. Почти еднакво качество се констатира за точка 200.

4. За измерванията, проведени на 20 април.

а) За вариант 10 градуса за всички точки с изключение на 110556 се получават видими различия в общото качество на точките, като GNSS системата се характеризира с малко до значително по-висок рейтинг в сравнение с GPS системата.

б) Анализът на вариант 17 градуса се характеризира с разнообразни вариации в качеството на двете изследвани системи. Видими са, както равните стойности на рейтинга в т. 100, така и значително по-високото качество на GNSS системата при т. 400 и 500.

в) За варианти GNSS 30 и GPS 30 за всички точки е ясно подчертано общо по-високия рейтинг на GNSS системата в сравнение с GPS системата.

5. За измерванията, проведени на 18 май.

При този вариант всичките графични резултати се характеризират с видимо по-добро качество на точките, определени чрез GNSS системата в сравнение с GPS определенията.

Ще се върнем по-специално на изследването от 5 април. Видно е, че при вариант 10 градуса се наблюдават очевидни колебания в рейтингът на двете системи. Това поставя допълнителна трудност за резюмиране на краен резултат и заключение за използваните спътникови системи.

Би могло да се обобщи, че получените резултати от измерванията, извършени с една и две спътникови системи, както и съответните графики показват, че общото качество на геодезическите определения, извършени с упоменатата по-горе техника е с твърде различно качество даже и при точки, намиращи се на открити места. Крайните резултати и рейтингът варират, наблюдават се както плавни различия, така и скокове.

Видно от графиките, в общия случай за открити места, подходящи за позиционни измервания при използването на двете спътникови системи се наблюдава както нисък, така и висок рейтинг на геодезическите определения.

На база на практиката с използването на GNSS техника, работеща по Q-lock технология би могло да се упомене благоприятното влияние при използването на две спътникови системи заедно, и то е ясно забележимо при тежки теренни условия (наличие на вертикални препятствия, дървета, клони и др.).

Важно е да се отбележи, че предимството на Fuzzy logic при оценка на дадена система е нейната независимост от субективната оценка на човешкия фактор.

Независимо от внедрените алгоритми и технологии за контрол на качеството в GNSS апаратурата, следва да се използва съответния препоръчителен минимален cut off ъгъл за регистрация на измервания с цел игнориране на ниско разположените спътници.

Използван софтуер:

1. Geomax Geo Office;
2. Vienna_Fuzzy.

Литература:

Кирилица

1. Минчев, М., Ив. Здравчев, Ив. Георгиев. Основи на приложението на GPS в геодезията. София, УАСГ 2005 г. стр. 119-126

Латиница:

2. Kostov, G. "Assessment of the Quality of Geodetic Networks Using Fuzzy Logic. Vienna University of Technology, May 2005.

3. Wieser, A. Robust and fuzzy techniques for parameter estimation and quality assessment in GPS. Dissertation Technische Universität Graz. Shaker Verlag. Graz, July 2001. ISBN 3-8265-9807-5. ISSN 1618-6303, pp 49-80

4. Wieser, A. Benefitting from Uncertainty. GPS WORLD. March 2003

WEB:

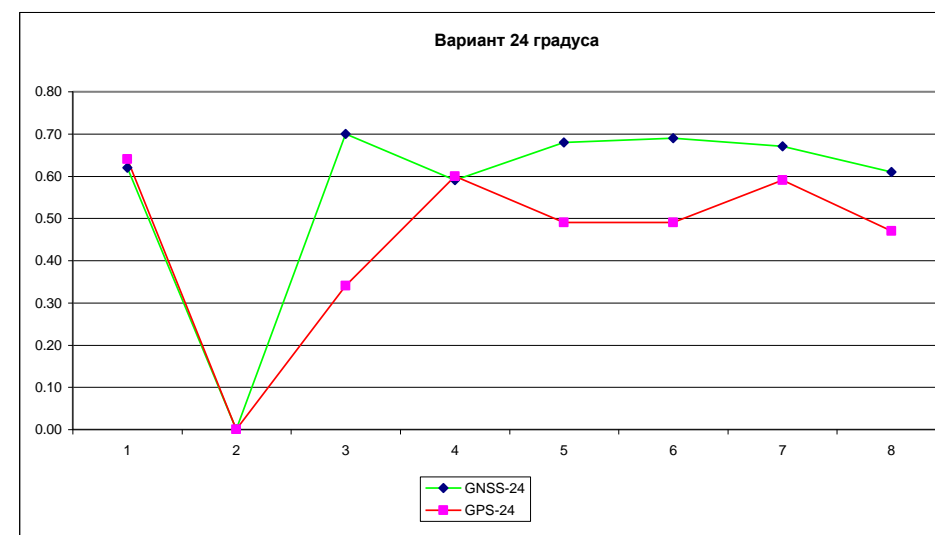
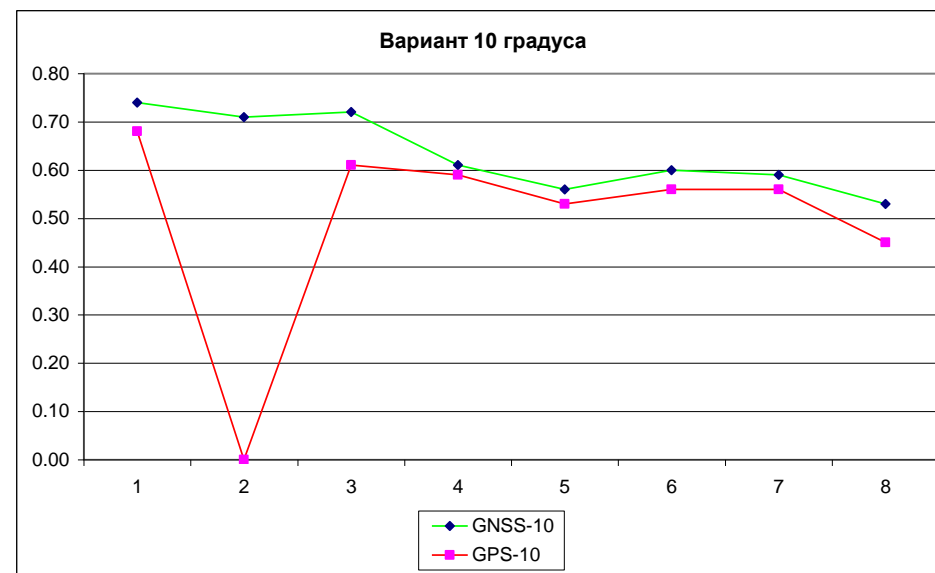
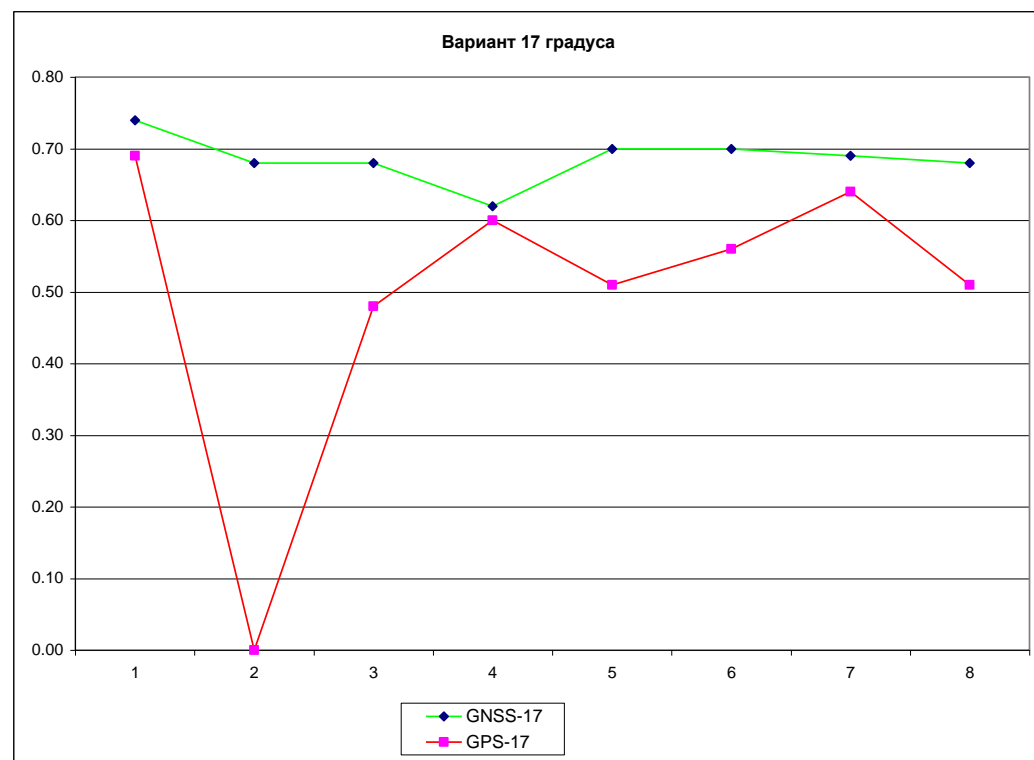
5. <http://www.usno.navy.mil/USNO/time/gps/current-gps-constellation>

6. <http://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>

7. <http://www.gsa.europa.eu>

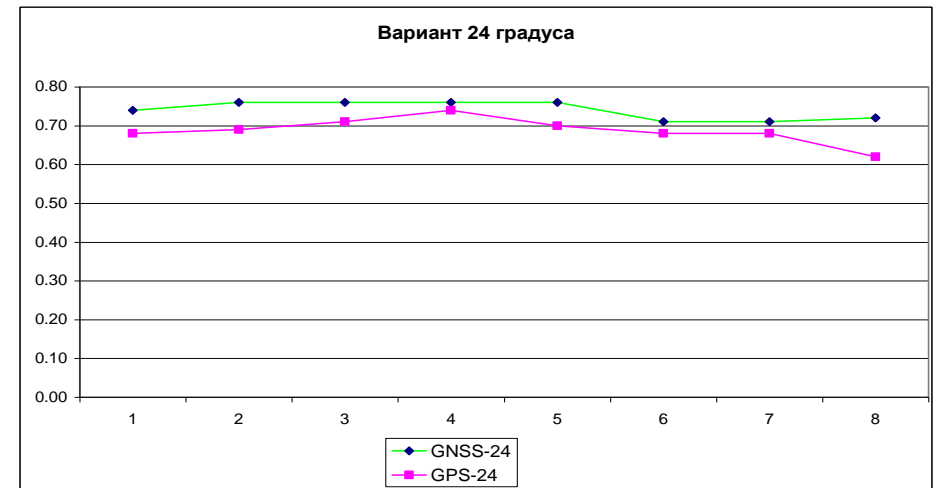
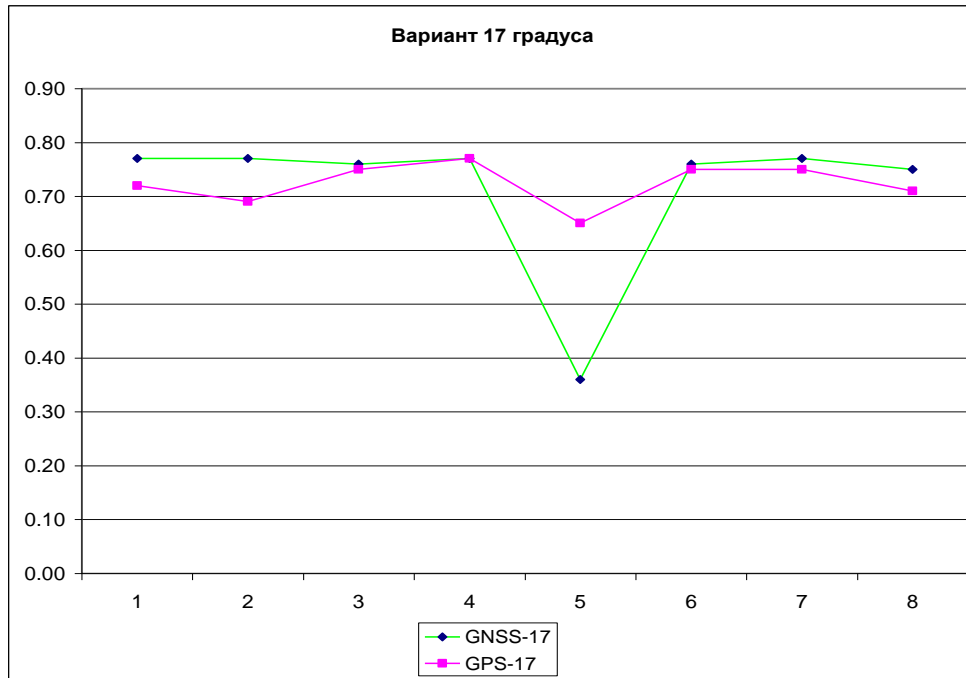
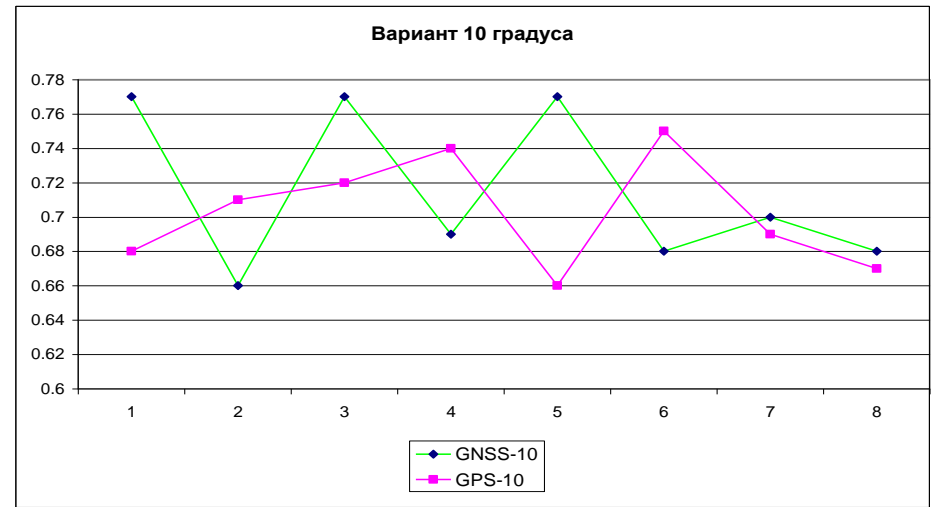
Данни за 29 Март

	N по ред	1	2	3	4	5	6	7	8
	N точка	100	RT6	110556	110555	200	300	400	500
		рейтинг							
Варианти	GNSS 10	0.74	0.71	0.72	0.61	0.56	0.60	0.59	0.53
	GNSS 17	0.74	0.68	0.68	0.62	0.70	0.70	0.69	0.68
	GNSS 24	0.62	0.00	0.70	0.59	0.68	0.69	0.67	0.61
	GPS 10	0.68	0.00	0.61	0.59	0.53	0.56	0.56	0.45
	GPS 17	0.69	0.00	0.48	0.60	0.51	0.56	0.64	0.51
	GPS 24	0.64	0.00	0.34	0.60	0.49	0.49	0.59	0.47



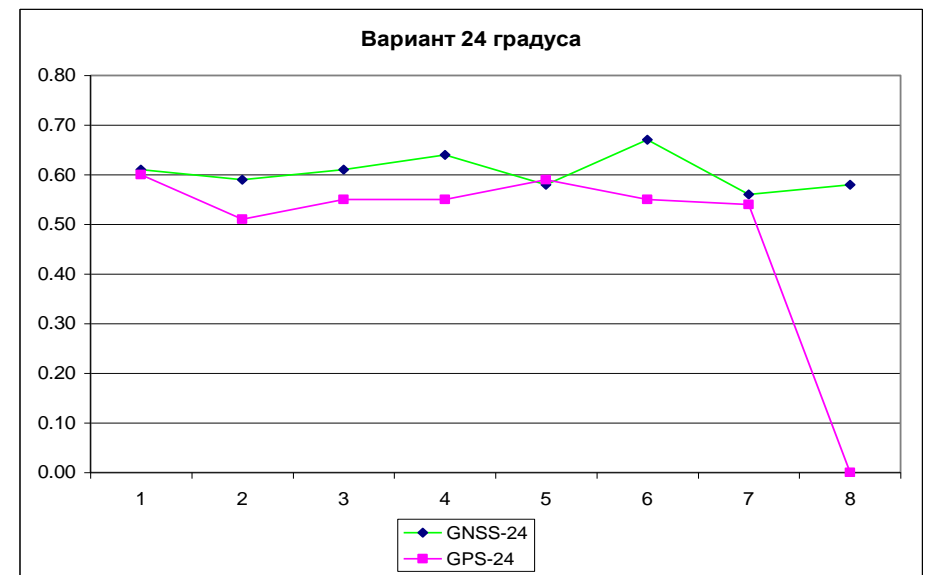
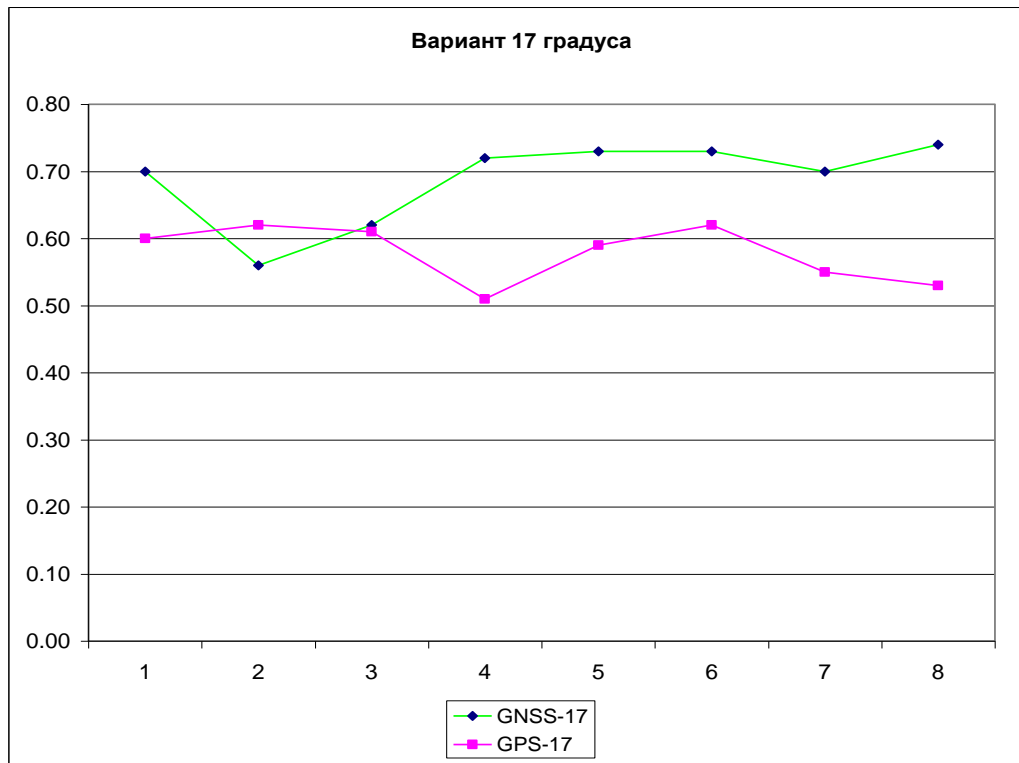
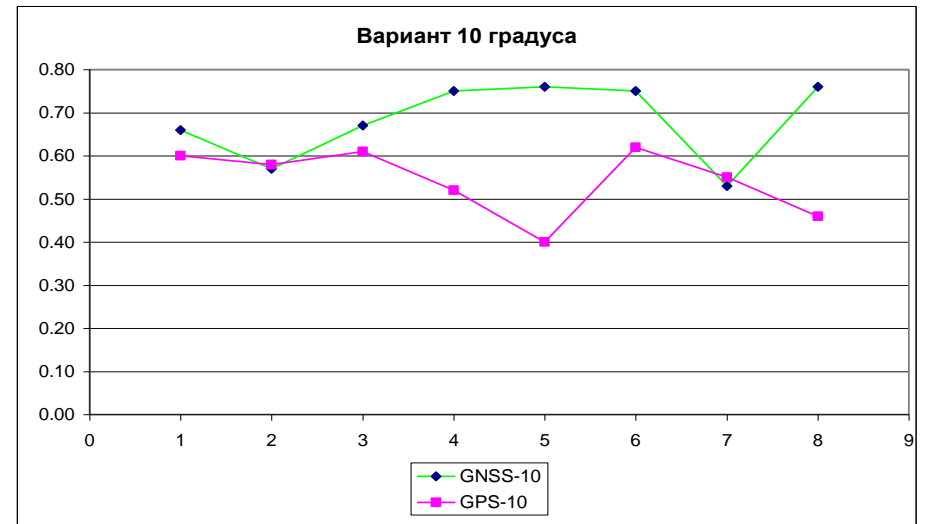
Данни за 5 Април

	N по ред	1	2	3	4	5	6	7	8
	N точка	100	RT6	110556	110555	200	300	400	500
		рейтинг							
Варианти	GNSS 10	0.77	0.66	0.77	0.69	0.77	0.68	0.70	0.68
	GNSS 17	0.77	0.77	0.76	0.77	0.36	0.76	0.77	0.75
	GNSS 24	0.74	0.76	0.76	0.76	0.76	0.71	0.71	0.72
	GPS 10	0.68	0.71	0.72	0.74	0.66	0.75	0.69	0.67
	GPS 17	0.72	0.69	0.75	0.77	0.65	0.75	0.75	0.71
	GPS 24	0.68	0.69	0.71	0.74	0.70	0.68	0.68	0.62



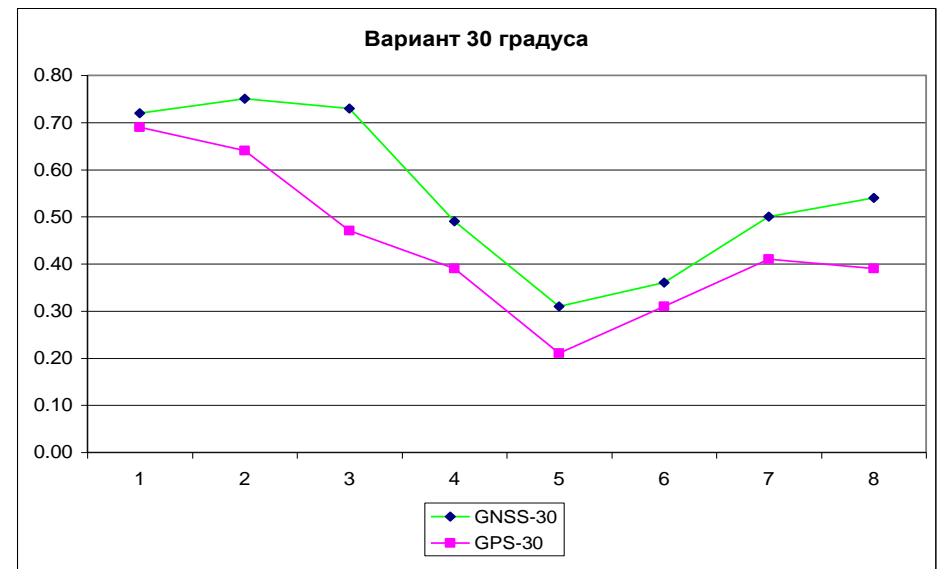
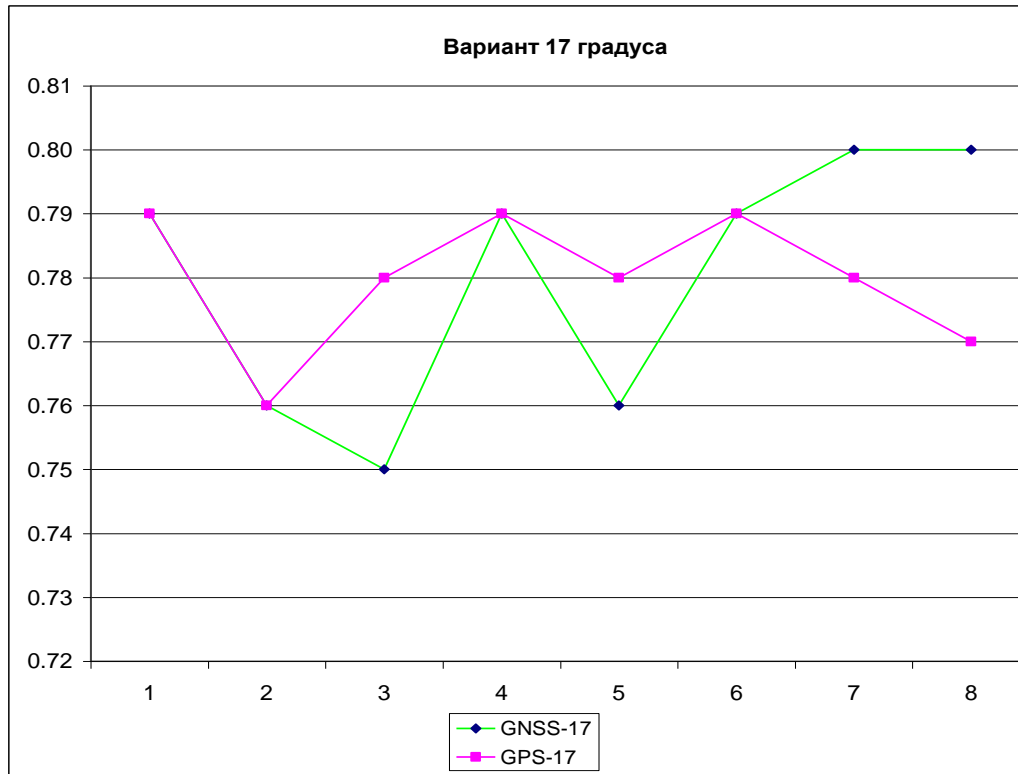
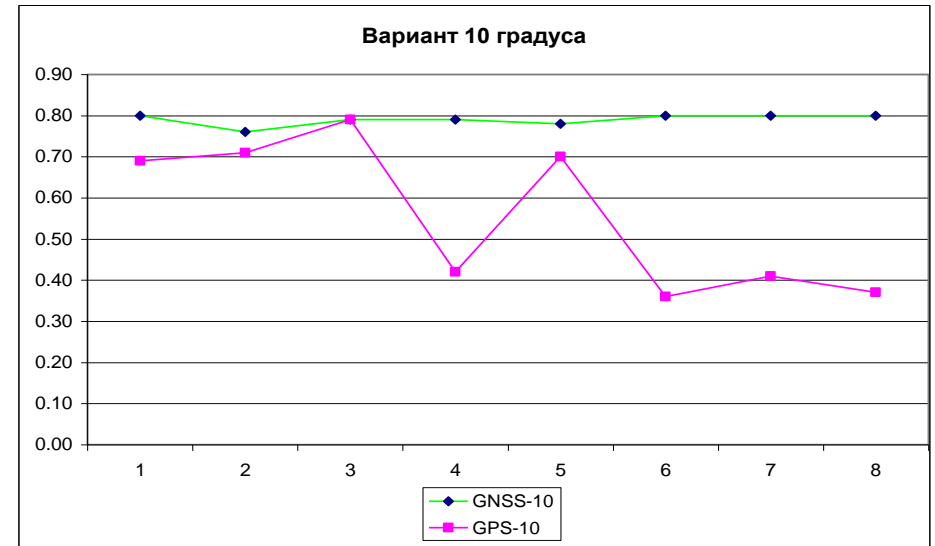
Данни за 12 Април

N по ред		1	2	3	4	5	6	7	8
N точка		100	RT6	110556	110555	200	300	400	500
		рейтинг							
Варианти	GNSS 10	0.66	0.57	0.67	0.75	0.76	0.75	0.53	0.76
	GNSS 17	0.70	0.56	0.62	0.72	0.73	0.73	0.70	0.74
	GNSS 24	0.61	0.59	0.61	0.64	0.58	0.67	0.56	0.58
	GPS 10	0.60	0.58	0.61	0.52	0.40	0.62	0.55	0.46
	GPS 17	0.60	0.62	0.61	0.51	0.59	0.62	0.55	0.53
	GPS 24	0.60	0.51	0.55	0.55	0.59	0.55	0.54	0.00



Данни за 20 Април

	N по ред	1	2	3	4	5	6	7	8
	N точка	100	RT6	110556	110555	200	300	400	500
		рейтинг							
вариант	GNSS 10	0.80	0.76	0.79	0.79	0.78	0.80	0.80	0.80
	GNSS 17	0.79	0.76	0.75	0.79	0.76	0.79	0.80	0.80
	GNSS 30	0.72	0.75	0.73	0.49	0.31	0.36	0.50	0.54
	GPS 10	0.69	0.71	0.79	0.42	0.70	0.36	0.41	0.37
	GPS 17	0.79	0.76	0.78	0.79	0.78	0.79	0.78	0.77
	GPS 30	0.69	0.64	0.47	0.39	0.21	0.31	0.41	0.39



	N по ред	1	2	3	4	5	6	7	8
	N точка	100	RT6	110556	110555	200	300	400	500
		рейтинг							
вариант	GNSS 10	0.70	0.53	0.55	0.75	0.63	0.74	0.71	0.65
	GNSS 17	0.68	0.56	0.59	0.75	0.66	0.74	0.73	0.66
	GNSS 30	0.68	0.57	0.55	0.74	0.74	0.73	0.69	0.64
	GPS 10	0.63	0.47	0.46	0.60	0.59	0.62	0.52	0.53
	GPS 17	0.50	0.53	0.52	0.64	0.54	0.57	0.64	0.53
	GPS 30	0.53	0.52	0.50	0.57	0.65	0.53	0.53	0.53

