

БОЯН РАНГЕЛОВ

**ГЛОБАЛНИТЕ НАВИГАЦИОННИ
СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ
ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ
НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И ТЯХНОТО
ИЗПОЛЗВАНЕ ЗА ПЛАНИРАНЕ
НА ТЕРЕНИ В СЕЛСКОТО СТОПАНСТВО**

★ НОВА ЗВЕЗДА ★
София, 2017 г.

ИНТЕРНЕТ КНИЖАРНИЦА
www.novazvezda.com

автор - Боян Рангелов

ISBN 978-619-198-....

София,
ул. "Река Осъм" №3,
тел.: (02) 946 14 40
тел./факс (02) 946 14 94

София,
ул. "Пиротска" №7,
Съюз на юристите в България, СЮБ
GSM: 0895 770 780

София
ул. "Иван Асен II" №1, вх. Б, ет.3
тел.: (02) 946 15 08

www.novazvezda.com
info@novazvezda.com
www.ezdabg.com

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД	5
ГЛАВА ПЪРВА	
РАБОТА С GNSS ТЕХНОЛОГИИ	9
1.1. GNSS NAVSTAR GPS – структура на системата	9
1.2. Структура на навигационните радиосигнали	12
1.3. Състав и структура на навигационното спътниково съобщение на GPS	14
1.5. Времето и GPS системата	20
1.6. Кодови и фазови измервания	21
1.7. Източници на грешки	26
1.8. Геометричен фактор – DOP.....	31
1.9. Методи на спътниково позициониране.....	33
1.10. Диференциален способ	35
1.11. Кинематични режими	39
1.12. Диференциални подсистеми	44
1.13. Координатни системи и спътникови методи на позициониране	46
1.14. Перманентни мрежи	56
1.15. GNSS ГЛОНАСС.....	57
1.15.1. Структура и функционални възможности на ГЛОНАСС.....	58
1.16. GNSS Galileo	64
ГЛАВА ВТОРА	
ПОТРЕБИТЕЛСКИЯТ СЕГМЕНТ	
НА GNSS/GPS СИСТЕМИТЕ	68
2.1. Спътникови приемници: класификация и приложение.....	68

2.2 Приложение на глобалните навигационни спътникови системи за позициониране (GNSS) в прецизното земеделие	83
---	----

ГЛАВА ТРЕТА

СПЕЦИАЛИЗИРАНА GNSS/GPS ПОДДРЪЖКА НА

КАДАСТРАЛНАТА КАРТА

И КАДАСТРАЛНИТЕ РЕГИСТРИ	87
---------------------------------------	-----------

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	101
-------------------------	------------

ТЕРМИНОЛОГИЧЕН РЕЧНИК	103
------------------------------------	------------

ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ	108
-----------------------------------	------------

УВОД

Глобалните навигационни спътникови системи активно се интегрират в много сфери в живота на човека и неговата стопанска дейност. Един от актуалните проблеми е изборът и оптималното използване на различни програмно-апаратни измерителни средства, предназначени за събиране и обработка на геопространствена информация с методите на геодезията.

Съвременните технологии предлагат широк спектър от методи за измерване (традиционните оптико-електронни технологии, лазерни наземни измервания, фотограметрия и т.н.), но най-интересни и ефективни за задачите, свързани със събирането и използването на геоданни са спътниковите GNSS технологии и създадените на тази база GNSS приемници.

Употребата на GNSS услуги става възможна благодарение на въвеждането в експлоатация на спътникови съзвездия, предоставени за използване за граждански цели от Съединените американски щати и Руската федерация - системите за глобално позициониране NAVSTAR GPS и ГЛОНАСС, както и на аналогичните им Galileo (ЕС) и Compass (КНР). Работата с данни от тези системи дава възможност на специалистите да използват нови, по-производителни възможности при изпълнение на различни дейности, свързани с топографията, кадастъра, строителството и много други сфери от обществения живот и икономиката на страната. Достиженията на спътниковата навигация, разработването и използването на прецизни GNSS/GPS приемници, позволява на фирмите-производители да разработват нови технологии за работа в различни функционални режими, улесняващи специалистите дотолкова, че вече не е необходимо специално образование, за да може операторът да използва наличното му оборудване в процеса на работата си.

Принципът на действие на GNSS системите се характеризира с излъчване от спътниците на специални електромагнитни сигнали. Апаратурата на потребителя приема тези сигнали и след специална обработка отчита данните за местоположението на обекта и системното време, което се приравнява към международните

временни скали. Спътниковата навигационна система може да се разглежда като високотехнологична информационна система.

Спътниковите системи могат да се използват по всяко време на денонощието, цялогодишно, за високоточно пасивно определяне на разстояние и време според заложения в системата принцип на пространствена линейна засечка, наречен трилатерация, при който е необходима връзка на наземното устройство с минимум 4 спътника, при което се определя точното местоположение на приемника чрез навигационни методи и способности на изчисление и ориентиране на координатното местоположение на приемника на спътниковите сигнали. Спътниците, от които се получава сигнала се разглеждат като опорни точки, координатите на които се изменят във времето вследствие от движението на спътниците по орбита, но могат да бъдат изчислени във всеки един момент от време, благодарение на заложения в навигационния сигнал на спътниците информация. Чрез спътниковата радионавигация могат да се решат следните задачи:

- определяне на местоположение на обекти в пространството, като: космически, въздушен, наземен и воден транспорт и управление на движението на транспортните средства;
- картографска и океанографска работа, геоложки проучвания и добив на полезни изкопаеми; създаване на опорни станции и геодезически мрежи за целите на кадастъра и земеустройството и т.н.;
- в сферата на висшата геодезия и геодинамика: определяне на формата и размерите на Земята, деформациите по нейната повърхност, тектоничните движения на континенталните плочи и т.н.;
- специални задачи като издирване и спасяване на бедстващи хора, научно-изследователски проекти и др.;
- мониторинг на деформациите на инженерни съоръжения и естествени обекти с цел превенция на населението и предотвратяване на техногенни катастрофи;
- въздушна навигация – полет по маршрут с проследяване и визуализация на курса на движение, определяне на разстоянието до крайната точка на дестинацията и др.;
- навигация на морски и речни плавателни съдове, осигуряване на безопасно движение в тесни проливи и близки плитчини;

- определяне релефа на морското дъно и обследване на фарватерите на граничните речни дъна и т.н.;
- навигация в наземни условия и контролиране на товарни превози от движещи се обекти, снабдени с GPS приемник и избор на оптимален маршрут и др.;
- повишаване безопасността при движение на железопътния транспорт;
- приложение при строителството на съоръжения и организацията на земеползването в селското стопанство, оптимизация на използването на селскостопанска техника при обработката на посевните площи и др.

Основните елементи на спътниковата навигационна система са:

- орбитална групировка, състояща се от няколко - от 2 до над 30 – спътника, излъчващи специални радиосигнали;
- наземна система за управление и контрол, чрез която се следи текущото положение на спътниците и предаването към тях на обработки на получената спътникова информация за коригиране на орбитите им, като за предаването на такава информация се осъществяват и връзки спътник-спътник от космическите апарати в една групировка;
- приемници за граждански и военни цели (клиентско оборудване, спътникови навигатори), използвани за определянето на координати, както и радиосистема за предаване към потребителските устройства на диференциални поправки, позволяващи значително да се увеличи точността при определянето на координатите.

Налага се изводът, че високотехнологичната спътникова радионавигационна система се състои от пет основни сегмента, които са:

- космически сегмент;
- сегмент (спътниково оборудване) за космически функционални допълнения;
- наземен сегмент;
- наземен сегмент за функционални допълнения;
- потребителски сегмент.

Космическият сегмент е система от навигационни спътници, обикалящи по орбита около Земята. На всяка орбита се намират по няколко спътника. Навигационният спътник има на борда си радиоелектронна апаратура, излъчваща към Земята непрекъснати спе-

циални радиосигнали. Благодарение на достатъчното количество навигационни спътници и специализираните параметри на радиосигналите апаратурата на потребителя може да приема излъчените от спътниците сигнали.

Потребителският сегмент се състои от спътникови навигационни приемници, които приемат сигнала от навигационните спътници и извършват пресмятане и определяне на текущото местоположение, скорост и време с грешка, определена от принципите на работа в системата за спътникова навигация и апаратурата на потребителя.

Наземният управляващ сегмент е съставен от център за управление на космическата групировка изкуствени спътници на Земята, радиолокационни и оптически станции за проследяването им, апаратура за контрол на състоянието на спътниците. Чрез тях се решават задачи за определяне, уточняване и прогнозиране на параметрите на движение на навигационните спътници, формирането и предаването към спътниковата апаратура на цифрова информация, както и множество контролни и профилактични функции. Сегментите за наземни и космически функционални допълнения по своята същност представляват апаратурно-програмни комплекси за осигуряване на точността на навигационните данни, целостта, непрекъснатостта, достъпността и експлоатационната способност на системите от потребителите им.

Създадената и функционираща от 1994 година Международна GPS служба (International GPS Service), вече Международна GNSS служба, е доброволно обединение на над 200 организации от повече от 80 страни. В рамките на Международната служба е изградена мрежа от няколкостотин перманентни GNSS/GPS станции, разположени по цялото земно кълбо. Станциите изпращат данните от непрекъснатите наблюдения в Центрове за анализ на IGS, които изчисляват прецизни ефемериди и корекции на часовниците на спътниците, както и други параметри, например йоносферни модели. Тези резултати се използват за поддържане на Международната земна координатна система ITRS.

От гледна точка на широката потребителска употреба за инвентаризацията на земеделски земи GNSS играят изключително важна роля при поддържането на електронните кадастрални карти, географските информационни системи и специализирани приложения за работа с данни и осигуряват висока точност при получаването на параметрите на обектите.

ГЛАВА ПЪРВА

РАБОТА С GNSS ТЕХНОЛОГИИ

1.1. GNSS NAVSTAR GPS – структура на системата

Идеята за създаване на радионавигационна система се заражда още в годините на Втората световна война за нуждите на Военно-въздушните сили. Така се появяват системите HIRAN и DEKKA. Първото поколение космически позиционирани глобални навигационни спътникови системи NNSS „Transit“ е въведено в експлоатация от САЩ през 1964 година, като задачата ѝ е осигуряването на успешното изстрелване на балистични ракети тип „Поларис“ от подводници. Създател на тази система е професор Р. Кершнер. За гражданско използване е достъпна от 1967 година с редица ограничения и условности по отношение на кодовите честоти, които отпадат през 2000 година. През 1979 година СССР въвежда в експлоатация своята система „ЦИКАДА“.

Спътниковите радионавигационни системи от първо поколение са разположени на ниска орбита, като за извършване на необходимите измервания се използва сигнала на видимия към даден момент спътник. В спътниковите групировки „Transit“ и „ЦИКАДА“ са включени по 7 спътника, разположени на кръгови орбити на височина около 1100 км [1].

Спътниковите навигационни системи от първо поколение имат множество недостатъци, като например, недостатъчна точност при определянето на координатите на мобилни обекти с отклонение повече от 100 метра от действителното местоположение, ограничен времеви интервал и съществуващо прекъсване на връзката със спътниците поради липса на видимост и т.н.

Създаването на съвременните Глобални навигационни спътникови системи (GNSS) от второ поколение започва през 80-те и 90-те години на XX век, като американската средноорбитална GPS или NAVSTAR (Система за Глобално Позициониране или Навигационна Система за определяне на Времето и Разстоянието) е приета в експлоатация през 1995 година.

Разработката на руската средноорбитална спътникова система ГЛОНАСС (Глобална Навигационна Спътникова Система) започва в средата на 70-години на XX век, а разгръщането на космическата групировка започва през 1982 година. Приета в експлоатация през 1993 и открита за граждански цели през 1995, системата непрекъснато се доразвива и усъвършенства, като едва през 2012 година проектният състав от космически апарати е изведен в орбита. Тя е единствената, която предлага почти пълно покритие с качествен сигнал на полярните области на планетата.

Системите са високоточни, тъй като работят в диапазона на свръхвисоките честоти и едновременно с това от която и да е точка на земната повърхност над хоризонта винаги могат да се засекаат по няколко спътника от системите за позициониране. Съзвездията от спътници на двете навигационни системи са разположени на кръгови геоцентрични орбити на височина около 19 100 км и 20 200 км над повърхността на Земята [3].

Навигационната спътникова система GPS е сложна и скъпо струваща и е стратегически вид въоръжение, тъй като се използва за насочване на стратегическо въоръжение, ориентиране в местност, провеждане на разузнавателни операции и др., като в резултат се получава стратегическо и тактическо предимство пред противника, ако той няма своя собствена спътникова система, аналогична на американската GPS (Global Positioning System). Основите на системата могат да бъдат описани с няколко взаимно свързани функционални характеристики, като:

- спътникова трилатерация;
- измерване на разстоянията до спътниците;
- точни времеви измервания и координация между часовниците на спътниците и приемниците на потребителя;
- разположението на спътниците и определяне на точната им позиция в космоса;
- корекция на грешките, като се вземат в предвид закъсненията на сигнала в тропосферата и йоносферата.

В основата на системата GPS са 24 спътника разположени в шест геоцентрични орбитални равнини с по 4 космически апарата, с ъгъл на наклон на орбитата спрямо екватора от 55°. Всеки спътник има на борда 4 атомни часовника и извършва една пълна обиколка на своята орбита около 12 часа (половин звезден ден). GPS спътниците са конфигурирани така, че да може ползвателят да

определи положението по всяко време, използвайки пространствена засечка с разстоянията, измерени до спътниците.

Контрол и управление на орбиталната групировка се осъществява от главната управляваща станция (Обединен център за космически изследвания - CSOC), която е разположена в американската военно-въздушна база Фалконе, Колорадо Спрингс в щата Колорадо. От нея се ръководи системата за навигация GPS. Центърът събира и обработва данните от станциите за наблюдение на спътниковата система. В центъра се изчисляват и определят ефемеридите на спътниците (набор от данни за орбитата на спътника и положението на спътника на орбитата), следи се работата на бордовите часовници, след което тези данни се предават на някоя от взаимно свързаните наземни станции за изпращане на информация към спътниците. Тази информация от станциите се зарежда на спътниковите бордови компютри приблизително на всеки час. Съществуват пет основни станции за проследяване активността на спътниковата система. Те са разположени на Хаваите, в Колорадо Спрингс, САЩ, на остров Асунсьон в южната част на Атлантическия океан, на остров Диего Гарсия в Индийския океан и на остров Кваджалейн в южната част на Тихия океан. Всяка от тези станции е оборудвана с еталонни цезиеви часовници и Р-кодов приемник. Непрекъснато се измерва псевдоразстоянието до всички намиращи се над хоризонта спътници. В данните за определяне на псевдоразстоянието се въвеждат поправки заради забавянето на сигнала в йоносферата (слой от заредени частици на височина 100-300 км) и тропосферата на Земята, след което данните се предават на главния контролен център. Точната ефемеридна информация и определянето на параметрите на бордовите часовници са особено важни за потребителите на GPS системата, тъй като клиентските приемници обработват точно такава получена информация за определяне на координати.

Спътниците имат различни системи за идентификация: пореден номер на изстрелването, присвоен псевдослучаен шумов код (PRN), номер на положението му в орбитата, NASA каталожен номер и международно означение. Съществуват следните категории спътници: Блок I, Блок II, Блок II A, Блок II R, Блок II F.

Спътниците от Блок I са изстреляни в периода 1978-1985 година от военновъздушната база "Ванденберг" в Калифорния с ракетата Atlas F. Броят им е 5 и са разположени на орбити с наклон 63°.

Спътници Блок II - първият спътник от този блок е изстрелян на 14.02.1989 г. от космическият център "Кенеди", Кейп Канаверал, с ракета Delta II. През юни 1989 г. са изведени в орбита два спътника със совалка. Продължителността на мисията на спътниците от този блок е 7,5 години. Спътниците имат на борда си 2 рубидиеви и 2 цезиеви часовника.

Спътници Блок II А за разлика от Блок II имат отражатели, с които могат да се извършват лазерни измервания. Изстрелването им започва след 26.11.1990 г.

Спътници Блок II R заменят Блок II. Те са с гарантиран 10 годишен живот и тегло 2000 кг. Извеждането им в орбита започва през юли 1997 г. Атомните часовници са заменени с водородни.

Спътници Блок II F са изстрелвани след 2007 година с продължителност на живот до 15 години и тегло над 2000 кг. Тези спътници имат някои подобрения, като инерциална навигационна система, както и разширена структура на сигнала. Спътниците се извеждат в орбита с помощта на совалка [1].

Потребителският сегмент включва необходимата за работа спътникови приемници и програмен софтуер за работа с данните и друга апаратура. Навигационните приемници определят координатите на транспортните средства, скоростта и посоката на движението им. Геодезическият клас приемници също могат да изпълняват функции на навигационни приемници, въпреки, че тяхното предназначение е различно. Потребителите на системата са граждански или военни лица, имащи пълен или ограничен достъп. Пълен достъп имат само военнослужещите, оторизирани да използват системата, а до края на XX век за гражданските потребители са предоставяни данни с преднамерено променени параметри на спътниковите орбити и бордовото време. От месец май на 2000 година тази система за сигурност е изключена.

1.2. Структура на навигационните радиосигнали

В зависимост от сферата на приложение и необходимата нормативна точност се избира методиката на провеждане на дейности с използването на спътникова апаратура и режим на работа на приемника за достигането на милиметрова, сантиметрова или дециметрова точност. Точността зависи от техническите характеристики на приемниците.

Основната задача е точното измерване на времето и временните интервали за преминаване на радиосигнала от космическия апарат до приемника умножен по скоростта на светлината, като за предаване на данните GPS-спътниците излъчват сигнал на три носещи честоти: L1 (1575,42 MHz), L2 (1227,60 MHz) и L5 (1176,45 MHz), които са кратни на стандартната честота (10,23 MHz) на атомните часовници на борда. Целта на използването на L1 и L2 е елиминирането на грешката, получена от закъснението на сигнала при преминаването му през йоносферата [44].

Сигнал L1 носи два кода с псевдослучаен шум (PRN): P-код и C/A код. P-кодът е с точност, каквато позволяват максималните възможности на системата и може да бъде зашифрован за военни цели. C/A кодът не е шифрован.

Сигналът L2 се модулира с P-код. Повечето уреди за гражданска употреба използват само C/A код при работа с GPS системата. Новите геодезически приемници работят и с P-код. Навигационните спътници с участието на наземните комплекси за управление и контрол формират радионавигационно съобщение, като сигналите, които го съдържат се предават непрекъснато към потребителите и носят фазова и кодова информация във вид на C/A и P-кодове.

Радионавигационното съобщение съдържа оперативна цифрова информация: признаци за достоверност на данните, ефемеридите на спътниците, поправките към тях, честотно-временни поправки за бордовите скали, времето за което се отнасят ефемеридните данни и поправки, спътниковия алманах, йоносферните поправки и др. [53].

Съвкупността от всички сигнали, излъчвани от системите на изкуствените спътници на Земята, образуват в околоземното пространство радионавигационното поле, в което работи приемащата сигналите радионавигационна апаратура на потребителите.

Глобалните навигационни спътникови системи непрекъснато се развиват и усъвършенстват. При NAVSTAR GPS се усъвършенства кодовата информация, добавен е C/A код на носещата честота L2, въведен е трети граждански сигнал на L5, модернизират се орбиталната групировка, повишава се точността на поправките на данните от службите за наблюдение и контрол. Всички колебания и сигнали излъчвани от спътниците на честоти L1 и L2 получават определените си стойности след преобразуване и умножение с определен коефициент за L1 – 154 за L2 – 120. Измерванията на две-

те носещи честоти се използват за реализиране на дисперсионен способ за отчитане на влиянието на йоносферата и за улесняване на процеса на определяне на многозначността при фазови измервания [10].

1.3. Състав и структура на навигационното спътниково съобщение на GPS

Навигационното спътниково съобщение се предава за 30 секунди, като за това кратко време не се предава цялата информация. Спътниковото съобщение е съвкупност от няколко части и като цяло съдържа пет обособени кадри. Всеки кадър се излъчва в продължение на 6 секунди и съдържа 10 думи. Всеки кадър започва с TLM (telemetry word) и съдържа съобщение за статуса на спътника и системата като цяло. След това следва ключовата дума HOW (hand-over word). Смисълът на тази част е времевата засечка и точността [53].

Първият кадър съдържа параметрите на часовниците на борда на спътниците (всеки спътник предава такива съобщения) и коефициенти за модела на йоносферата. Параметрите на часовниците – това са работата на часовниците и евентуалните разлики по отношение на GPST. Информацията за модела на йоносферата се използва само при работа с едночестотни приемници. Ако в процеса на работа се използва двучестотен приемник грешката се анализира и елиминира по програмен път от приемника.

Вторият и третият кадър съдържат ефемеридите на спътника, излъчващ даденото съобщение, като те се получават и преизчисляват от станциите за наземен контрол и наблюдение. Поради необходимостта за обработка на данните в наземния сегмент на системата и зареждането им в бордовия компютър се изисква време. Заредените в бордовите компютри данни бързо остаряват, поради което те се обновяват често, на всеки час.

Четвъртият кадър носи служебна информация, като приемниците на граждански потребители нямат възможност да я използват, а петият кадър съдържа алманаха на спътниците и информация за състоянието на системата.

Алманахът съдържа набор от справочни сведения за скалите на времето, ефемеридите на всеки спътник и данните за състояние на всеки спътник и възможността за използването му. В процеса на измерването алманахът се записва в приемника автоматично,

ако за времето на работата му блокът с информацията на алманаха е излъчен. Предназначението на алманаха е да осигурява на потребителя данни, за да се улесни търсенето на спътници от приемника или за използване при планиране на геодезически измервания, като например, съставянето на график за видимостта на спътниците.

Обработката на алманаха дава сведение за количеството видими спътници на проектната дата, тяхната височина над хоризонта, азимут, коефициентите на геометричното влияние DOP и съставляващата го PDOP, които са основни при измерванията на земеделски земи и площи. Всеки спътник предава информация за спътниковото съзвездие.

Спътниковите ефемериди са набор от данни за орбитата на спътника и положението на спътника на орбитата. GPS потребителите работят с геоцентричните координати на спътника в системата WGS-84 в момента на излъчването на сигнала от спътниците. Потребителската апаратура изчислява координатите на спътниците, като използва данните, които се съдържат в навигационното съобщение за спътниковите ефемериди. Ефемеридната информация е отнесена към изходния момент T_0 , като този момент е посочен в ефемеридния файл. В съобщението се посочват и Age of Data (AODE) – възрастта на ефемеридните данни т.е. интервалът от време, изминал от момента на последното зареждане на данни в паметта на бордовия компютър [53].

Координатите на спътниците, получени по данните на кадрите с ефемеридите могат да съдържат грешка до 100 метра, като причините за такова отклонение в точността са следните: данните от ефемеридните кадри на спътниковите съобщения за спътниковите орбити по същество са прогнозни т.е. това са екстраполирани ефемериди. Освен това при тяхното изчисляване се отчита само един от факторите, който има отношение към орбитите на спътниците и това е земното притегляне, като първичното неотчитане на други фактори оказва влияние върху изчисленията на спътниковите орбити и поради това изчислението на орбиталните координати на спътниците е по формули, като се вземат в предвид всички действителни аномалии при движението на спътниците, радиусът на орбитите и др. Разположението на спътниците и корекцията на грешките е от особено голямо значение за нормалната работа на GNSS системата на повърхността на Земята.

1.4. Определяне на координатите на потребителя

Точните координати на някаква точка могат да бъдат изчислени с измерване на разстоянието от група спътници, ако тяхното разположение в космоса е известно. В този случай спътниците се възприемат като точки с известни координати. Всяко разстояние определя една сфера, чийто център е спътникът. Затова при този метод са необходими разстоянията само до три спътника и сечението на трите сфери дава стойностите на трите неизвестни (например дължина, ширина и височина), които се определят по уравнения за разстояния. Едното измерване отчита положението на приемника на повърхността на сферата. Когато е известно разстоянието до втори спътник, определяното местоположение ще бъде разположено някъде в кръга на пресичане на двете сфери. Това измерване отчита местоположението спрямо точките на пресичане на двете сфери. С помощта на трети спътник се определят две точки върху образувалата се окръжност, като е необходимо за отчитане на действителното местоположение да се определи правилната точка, като една от тези точки има недействително, прекалено далечно разположение на или под повърхността на Земята. По този начин, като се знаят разстоянията до три спътника може да се изчислят координатите на определена точка.

GPS приемниците използват малко по-различен метод, поради което разстоянието до спътника се различава от „действителното“ разстояние. Тези разстояния се наричат псевдоразстояния, тъй като те са истинското разстояние плюс корекция на разстоянието, получена от грешката на часовника на приемника или систематичната грешка. Приемниците са снабдени с различни средства, които автоматично определят действителното положение от възможните две точки. За да може потребителският приемник да отчете и височината на точката, той трябва да получава сигнал от не по-малко от четири спътника. Четирите измервания позволяват да се изчислят четири параметъра – три координати, определящи положението на приемника в земното пространство и отместването по времевата скала в приемника.

Всяка точка на земната повърхност има свои уникални координати. За определянето на координатите на всяка точка на Земята с GPS се използват спътници, компютри и различни изчислителни методи, на основата на тригонометрични съотношения.

GPS приемниците са програмирани така, че когато в тях постъпват данни от измервания, които не се пресичат в една точка към необходимият момент, се проверява за възможни грешки във времето на часовника на приемника спрямо системното време. Използването на данни от измерванията до повече от три спътника изключва възможността от грешка в часовника на приемника. За целта GPS приемникът трябва да има не по-малко от четири канала, като с всеки от четирите спътника работи отделен канал. GPS приемникът измерва времето, за което радиосигналът от спътника се приема на Земята, а след това по това време изчислява разстоянието.

Радиосигналът се разпространява със скоростта на светлината – около 300 000 километра в секунда (скоростта, с която се разпространяват електромагнитните вълни). Времето, за което сигналът достига до потребителя, е разликата във времето на приемане и на изпращане на сигнала. В математически вид това се представя със следния израз:

$$R = (t_r - t_e) \cdot c$$

R е изчисленото разстояние до спътника, t_r и t_e са съответно времето на приемане и излъчване на сигнала, а c е скоростта на светлината [12]. По този начин, ако може точно да се определи моментът от време, в който спътникът е започнал да излъчва сигнал и моментът, в който приемникът е получил този сигнал, ще се определи какво време е било необходимо, за да се получи. Времето, необходимо за получаването му, умножено по скоростта на светлината като резултат дава разстоянието от точката до спътника. Но, разстоянието изчислено в приемника съдържа грешки и не представлява реалната стойност. Това разстояние се нарича псевдоразстояние и именно то се използва за определяне на позицията. За да се определи времето за разпространение на сигнала е необходимо да се знае кога той е излъчен от спътника.

Приемникът и спътникът използват еднакъв код и се синхронизират така, че да генерират едновременно еднакъв псевдослучаен код. Тъй като GPS-спътниците изпращат известен, повтарящ се 1023-битов, псевдослучаен код, приемниците са способни да генерират същия този код. Приемникът проверява входящия сигнал от спътника и определя кога той е генерирал такъв код. Получената разлика се умножава по скоростта на светлината. Използването на кода позволява на приемника да определи времето за забавянето на сигнала. Този псевдослучаен код (PRN или PseudoRandom

Number code) позволява на спътниците да излъчват сигнал на една и съща честота, тъй като всеки спътник се идентифицира по своя PRN. Сигналите се излъчват от спътниците с достатъчна мощност ($\sim 25,6$ W и антени с 13 dB усилване), за да се осигури ниво на сигнала най-малко -160 dBW на земната повърхност [12].

Системата е предназначена да работи с еднопосочни измервания (само се приемат от апаратурата), да обслужва неограничено количество потребители, да осигурява точни, еднозначни измервания на разстоянието, точно измерване на доплеровото преместване, измерване на носещата фаза, да осигурява предаването на съобщенията, да осигурява поправките за йоносферните закъснения; възможност за измервания със сигнали от много спътници, да имат защита от интерференция и допустима многозначност на сигнала.

Електромагнитната вълна най-общо притежава четири параметъра: амплитуда, честота, фаза и поляризация. Ако един от тези параметри контролирано се измени по определен способ, или се модулира, в този случай магнитната електромагнитна вълна може да носи информация. Широко се използва амплитудната модулация, например, за предаването на дълги, къси и средни вълни и при способности за космическа връзка; честотната модулация се използва за точно предаване на информация на много високи честоти; фазовата модулация обикновено се използва за пренос на данни. Модулираният сигнал може или непрекъснато да се изменя (аналогова форма) или да има фиксирано цифрово ниво (цифрова форма).

Сигналите от спътниците, които се предават непрекъснато носят кодове, които представляват псевдослучайно редуване на нули и единици, като те са вложени в колебанията на високи носещи честоти, излъчвани от предавател на спътника. На тези честоти е вложена цялата информация, предавана от спътника. Това става чрез изменение т.е. модулация на сигнала. В спътниковите GNSS системи се използва особен способ на фазова модулация – в момента на смяната в кода от 0 на 1 или от 1 на 0 фазата на носещото колебание се отмества на 180° . По такъв начин от спътника се предава цялата информация. Данните предварително се преобразуват в двоичен код и в моментите на смяна в кода фазата прескача на 180° .

С фазовата модулация се изменя честотния спектър на сигнала. Модулираните колебания съдържат множество честоти разположени от двете страни на носещата честота. Общата мощност на сигнала на носещата честота при това рязко намалява и се пре-

разпределя по целия спектър. В апаратурата на потребителя сигналите с кодовете и другите данни за понататъшната им обработка се отделят чрез демодуляция – процес, обратен на модулацията. В системата NAVSTAR GPS на всеки спътник се намира еталонен генератор на основната честота $f_0 = 10,23$ MHz от колебанията на която се образуват сигналите L1 и L2. Освен като носещи честоти за цялата спътникова информация, те се използват и за най-точно измерване на разстояние чрез използването в приемниците на фазов метод.

В GPS като защитна функция от неоторизирано вмешателство в работния системен процес се използва режим за допълнително шифроване на сигнала AS (Anti Spoofing), а P-код се трансформира в друг Y-код. В апаратурата на военните потребители функцията за преобразуване на кода е известна и се използва при демодулацията на Y-кода.

В GPS разделянето на сигналите е кодово. Кодовите сигнали от закономерно редуване на 0 и 1 се възприемат като случаен шум. Сигналът неколkokратно превишава нивото на шума, като важен показател е отношението сигнал/шум (Signal to Noise Ratio). Колкото SNR е по-голямо, толкова е по-добре, въпреки, че строгата последователност на кода се отличава и приема от апаратурата и при малка мощност на сигнала, с малка антена.

Както вече беше посочено кодът на спътника и приемника трябва да се генерира в едно и също време. Позицията на всеки приемник се определя като точка в тримерното пространство на земята и се състои от три координати – ширина, дължина и височина. За да определи точното си положение, всеки приемник трябва да реши уравнение с три неизвестни, наречено навигационно уравнение.

Изчисленията, които извършва апаратурата пряко зависят от точния ход на часовниците на спътника и приемника. На спътниците са монтирани атомни часовници, които имат точност около една наносекунда. Те са прекалено скъпи, за да бъдат поставяни на клиентски GPS устройства, поради което измерванията от четвъртия спътник се използват за отстраняване на грешките в часовника на приемниците, ако часовниците не са синхронизирани.

1.5. Времето и GPS системата

В системите GPS и ГЛОНАСС се прилага световното координирано атомно време UTC (Universal Time Coordinated), което се измерва от атомни часовници, но координирани с реалното астрономическо време. Скалата на атомните часовници е равномерна, докато реалното астрономическо време, установено от Международната служба за движение на Земята, не е толкова равномерно, колкото атомното, и за няколко години тази разлика достига една секунда. Атомното време се задава от конкретен атомен еталон. Тази скала е съвършено равномерна. В нея единица за време е атомната секунда – промеждутък от време за което се извършват определен брой колебания на атомите на цезиевия генератор, числено равни на неговата честота в херца. Освен цезиев, в качеството на стандарти за честота се използват рубидиеви и водородни генератори, които играят ролята на много прецизни часовници, като най-точен е водородният генератор, при който е възможно отклонение от 0,4 секунди за милион години. Цезиевият генератор дава грешка в часовника от 0,01 секунда за 1000 години, а за същият период рубидиевият генератор е с грешка от 0,15 секунди [46].

Съществува Международно атомно време, означавано с абривиатурата TAI. То е установено на основата на показателите на атомни часовници в различни метрологични институции, на основата на приетото определение за атомна секунда.

За GPS е приета особена атомна времева скала означена като GPST. Времето GPST е въведено в полунощ на 5 срещу 6 януари 1980 година, като то е с 19 секунди по-кратко от еталона на TAI, което е равно на времето по UTC+1 секунда. периодична корекция, за да съвпадне с астрономическото универсално време, за което се приема времето отчетено на Гринуичкия меридиан, което се променя с разликите в географската дължина на определено място, като заради тази разлика, времето в определена точка се нарича местно време. Това световно време е в основата на няколко астрономически скали и се обозначава с UT (Universal Time). Така за $GPST = UTC - 19 \text{ секунди} + 1 \text{ секунда след корекция}$ [21].

Времето GPST тече непрекъснато – то не се подлага на корекции като, например, UTC и различието между скалите на UTC и GPST не е постоянно, а се изменя, заради корекциите на UTC.

Теоретично, всички елементи на спътниковата система трябва да функционират с едно и също време. Но на практика това е

нереално, тъй като за това трябва във всяка подсистема да се използват еднотипни много точни еталони за време и честоти. Такива еталони са монтирани на борда на космическите спътници и на централната наземна станция за наблюдение и контрол, но не е възможно да ги има във всеки потребителски приемник и в приемниците се поставят обикновени кварцови генератори.

В геодезическия клас приемници се използват вакуумирани кварцови генератори. Заради нееднаквата точност на часовниците се различават бордова времева скала (на спътника) и потребителска времева скала (на приемника). Те се коригират към системната времева скала посредством отчитането на специално определени поправки. Поправките на спътниковите часовници, получени като резултат в контролните станции за наблюдение се зареждат в бордовите компютри на спътниците, откъдето се предават на приемниците, а поправките на часовниците на приемниците се определят като неизвестен параметър от резултатите на наблюденията, който се изчислява при постобработката на данните за псевдоразстоянията.

1.6. Кодови и фазови измервания

В работен режим измерването на времето от спътника до приемника с кодов способ се осъществява чрез съпоставяне на кодовете от получения сигнал и тяхното копие, генерирано от приемника, с което се отчита времето закъснение т.е. пътя на сигнала от спътника до приемника за определен период от време.

Кодовият способ не осигурява висока точност, поради което геодезическите приемници работят основно по фазата на носещата честота, но се използва и кодовата информация на сигнала при обработката на фазовите измервания. Измерването на времето по фазата на носещите честоти L1 и L2 е основано на това, че фазата на електромагнитното колебание на стандартна честота представлява функция на времето. Кодовата информация от сигнала при обработката на фазовите измервания е насочена към решаване на нееднозначността по отношение на времето.

Високата точност на фазовите измервания е резултат от стабилността на носещите честоти, като отклоненията при измерването на фазата са много малки. Установено е, че в линейни мерни единици за L1 отклонението е 0,53 мм и 0,67 мм на L2 [53]. Даже при наличие на отклонение от други източници точността при оп-

ределянето на координатите по фазата на носещата честота остава в границите на няколко милиметра.

При измервания с приемници от геодезически клас е необходим опорен сигнал със стабилни носещи честоти, идентични на L1 и L2. Затова геодезическите приемници имат точни генератори на опорни сигнали, с много малка честотна грешка. Обработката на измерванията е етап от цялостната работа, който започва след приключването на измерванията. В резултат с координатите от измерванията могат да бъдат създадени геодезически мрежи, цифрова карта, географска информационна система. В GPS обработката на данните е компютъризирана. При обработката на измервания с GPS се използва параметричен метод. При този подход е необходимо да се състави уравнение, свързващо измерваните величини с определени параметри, които се изразяват под формата на координати, като за определяне на местоположението се използва способа на най-малките квадрати. Такъв способ за изчисление използва приемникът при наличието на четири и повече спътници, с които да работи, като за по-висока точност се постига елиминитането на повече точки с нереални координати.

При постобработката се решава многозначността на фазовите измервания и се изчисляват компонентите на вектора, съединяващ точките, на които има разположени приемници. Постобработката се извършва от оператора на работното му място в офиса, като целта е да се установи дали задачите са изпълнени съобразно заплануваната за деня дейност. Необработените данни от паметта на приемника се записват в текстов файл на компютър. Тези данни могат да бъдат обработвани с офис програмите, с които е снабден комплектът на геодезическия клас приемници. Могат да се отстраняват грешки в изходната информация като: височината на антената, името на файла, идентификаторът на точката. При работа с данните може да се установи доколко едни изходни данни съвпадат като резултат с резултатите от по-рано направени измервания, каква е разликата между тях и каква е формата на обекта, създаден след определянето и очертаването на границите му.

В геодезическия приемник се измерват мигновените фазови разлики на спътниковия сигнал. Спътниковият сигнал е модулиран по фазата със сложен псевдошумов код. За да се извършат фазови измервания е необходимо да се изчисти кодовата модулация. Това става като сигналът се умножава по самия себе си и в резултат се

получава сигнал, честотата на когото е равна на удвоената носеща честота на спътниковия сигнал. Това колебание се усилва и на него се извършват фазовите измервания без да се игнорира кодовата информация, която се използва за получаване на навигационните координати на точките или за приемане на навигационното съобщение.

При постобработката на спътниковите данни основно погледът на специалиста е насочен към решаването на многозначността при измерванията. Геодезическият приемник не само измерва разликата във фазите, но и непрекъснато регистрира резултатите от това измерване. Тази процедура е известна като отчитане на целите фазови цикли.

Възможността за разрешаване на този проблем при проектни и строително-ремонтни работи за геодезистите се открива в използването на няколко приемника (минимум два). Всеки приемник едновременно приема и регистрира сигнали от няколко спътника. На етапа на постобработката с офис програмите от комплекта на приемниците се формира разликата в стойностите на фазовите измервания от всеки спътник във всеки един приемник. Възможно е от няколко спътника в един приемник да се отчетат данни за разлики във фазите или да се получат разлики в данните за фазите от един спътник в два приемника. При това е възможно да се изключат колебанията в началната фаза на спътника или на приемника. За да се изключат колебанията и в двете начални фази е необходимо операторът да избере от данните на резултатите, получени от едновременните наблюдения на два спътника от двата приемника. При този вариант за формиране на разликите при фазовите измервания от системата не се измерват разстояния, а разлики във фазите на носещия сигнал. С изключването на колебанията в началната фаза на спътника и приемника, теоретично, дължината на вълната се явява цяло число и при обработката на данните за дължината на вълната те се закръглят до цяло число и се получава краен резултат. За това е необходимо да се определят целите числа N_0 в началния момент на наблюдение за всяка двойка спътници и за всяка двойка приемници. В началния момент от време t_1 се формират разликите, като непрекъснатата обработка на данните продължава до момента t_2 . С тази обработка се изключват параметрите N_0 за многозначността. За да се постигне крайния резултат с офисния продукт за постобработка се определят разли-

ките в данните за фазата по метода „спътник-спътник“, при който данните от два спътника в един приемник отчитат фазови разлики и при „приемник-приемник“, където данните от един спътник отчитат фазови разлики в два приемника и се определя числовия параметър на многозначността за всяка двойка спътници и за всяка двойка приемници на наблюдателните точки, след което се определят и избират резултатите от едновременното наблюдение на два спътника от два приемника, като тези разлики се обработват за момента от време t_1 , при който се формират разликите до момента t_2 . В тези разлики се изключва параметъра за многозначност от предишната степен на обработката на резултатите и проблемът за многозначността на сигналите отпада, но се влошава геометрията на наблюденията, като се получава грешка на базовото разположение на техниката от 1-3 метра, поради което с помощта на програмния продукт най-близкото местоположение на базата се получава от кодовите и доплеровите измервания.

Изключването на многозначността на спътниковия сигнал по програмен път се постига при работата със специализирания софтуер, като се използва ефемеридната спътникова информация и координатите на базата и се изчисляват параметрите на многозначността на сигнала за N_0 . Полученият резултат на параметрите съдържа грешки и не е цяло число, както е прието да бъде. Закръглянето на параметрите на многозначността на сигнала до най-близките цели числа дава необходимите параметри на N_0 , които не са нито истински, нито вероятни-такива вероятни параметри се получават впоследствие.

С целочислените параметри на многозначността на сигнала се изчисляват нови координати на базата, като се търси постигане на съответствие между параметрите на многозначността на сигнала и векторните координати на базата.

Програмно параметрите на многозначността се увеличават или намаляват, като всеки път се дават нови и различни координати на наземното местоположение на приемника – т.нар. база. Комбинациите от възможни решения са изключително много. Едновременно с това на основата на статистически анализ програмно се оценява вероятността V за правдоподобност на всяко от получените решения, като те се подреждат според процента на вероятност, като на най-вероятния резултат се присвоява стойност V_1 , следва V_2 и т.н. В края на процедурата се изчислява отношението – $\text{ratio} = V_1/V_2$. По

този начин може да се прецени доколко е голяма правдоподобността на първото решение в сравнение с вероятността на правдоподобност на второто решение. Ако ratio е близко до единица и решенията са примерно равновероятни многозначността не е разрешена и наблюденията трябва да продължат по-дълго време при по-добри условия. При благоприятни условия за наблюдение се случва резултатът ratio да е близко до стотна и в този случай операторът може да отчете като успешно спътниковото наблюдение от базата.

Фазовите наблюдения се извършват за повишаване на точността на измерванията, при което възниква проблемът за целочислената фазова нееднозначност, поради липсата на информация, тъй като непосредствено може да се измери само дробна част от фазовото закъснение на сигнала[53]. За решението на този проблем се използват няколко метода:

- класически двуетапен метод на измервания, при който на първият етап се събират измервания с голямо количество различни стойности, а на вторият етап от обработката се извършва статистически анализ на получените данни и определяне на най-вероятното значение на фазовата нееднозначност;
- модификация на класическия метод, която се отличава с това, че при обработката на резултатите от измерванията се осъществява многоетапна Калманова филтрация (линеен филтър, чиято спектрална характеристика на комбинацията от сигнал и шум, трябва да осигури най-доброто им разделение, т.е. с най-малка средна квадратна грешка) и се избира група с филтри на Калман с оптимални свойства, т.е. компютърен алгоритъм за процедиране с дискретни измервания (като входни данни) в оптимални оценки (като изходни данни). Целта на всеки един филтър е да отдели дадена величина от друга, като най - често това се отнася до сигнали със специфичен обхват на честота и не се отнася за сигналите извън дадения обхват.
- метод на замяната на антените, който се осъществява от два различни приемника, на две точки, в две различни епохи (периода). При измерванията във втората епоха се извършва размяна на антените на приемниците;
- метод за определяне на нееднозначността „в движение“, при който за определяне на цялото число на периодите се из-

ползват линейни комбинации от сигналите L1 и L2 (сбор и разлики).

При фазовите измервания на носещата честота се измерва не времето за разпространение на сигнала от спътника до приемника, а преместването на фазовите колебания на носещата честота излъчвана от спътника за време. Измерваният интервал на движение на фазите за съответното време от излъчването от спътника до приемането на сигнала в приемника е в основата на проблема определен като разрешаване на нееднозначността, който възниква в наземните фазови приемници. Измерваното преместване на фазата в приемника се реализира като разлика във фазите на сигналите, приемани от спътника и опорния сигнал, генериран в приемника. Възможно е за фиксиран момент от време да се измери дробна част от фазовото преместване на сигнала, но за да се определи разстоянието, е необходимо да се изчисли пълното фазово отместване, за което се използват математически формули изчислявани по програмен път. При измерването на фазата и скоростта на изменението ѝ се измерва и доплеровата честота, която е пропорционална на скоростта на изменение на фазата. Доплеровият режим на измерване т.е. доплеровият интегрален режим на измерване дава важна информация за местоположението и скоростта на спътника, защото позволява да се получат разликите в разстоянието от една точка до две други (изходни) точки. При спътникови измервания ролята на изходни точки изпълняват спътниците.

Измерванията на Доплеровото изместване на сигнал, генериран от стабилен осцилатор на борда на спътниците от системата, могат да се използват за релативно определяне на положение (координати) със забележителна точност – 0.1 – 0.5 м релативно и около 1 м абсолютно (геоцентрично). Доплеровата техника на наблюдение е независима от метеорологичните условия. Спътниковите GPS системи от първо поколение са част от т.нар. Доплеров период в развитието на GNSS.

1.7. Източници на грешки

Задачата за определянето на координатите на обект, при която се изключва влиянието на интерференцията и многозначността на сигналите е само част от много сложен процес, при който върху сигнала съществува влияние на йоносферата и тропосферата, където скоростта се забавя при преминаването на радиовълните.

Спътниковият сигнал може да се коригира с помощта на наземни станции и сателитни системи WAAS, EGNOS и безжични технологии, Wi-Fi и GSM, които предават диференциални поправки от перманентни мрежи от референтни станции в стандартен международен формат за всички потребители, които имат необходимост от тях, като за тези данни се заплаща или при определени условия се предоставят безплатно.

През 2000 г. Конгресът на САЩ гласува отпускане на средства за усъвършенстване на системата GPS и модернизацията на GPS сигналите. чрез внедряване на три нови сигнали, предназначени за гражданска употреба: L2C, L5 и L1C. Проектът включва нови наземни станции и нови спътници, които осигуряват предаването на сигналите за граждански и военни потребители, и имат за цел подобряване на точността при работа със системите за всички потребители.

Съществуват няколко източника на грешки при измерванията и източници на грешки в параметрите, които са от значение при различни теренни работи. Прието е да се разглеждат като: грешки в изходните данни т.е. в координатите на спътника, свързани с не-точността на ефемеридите на спътниците в момента на измерване; източници на грешки, предизвикани от работата на апаратурата, поради незнание на фазовия център на антената на приемника и неотчитане на задържането на сигнала в апаратурата; на грешки, свързани с влияние на външната среда, обусловени от задръжката на сигнала в атмосферата, рефракционно удължаване на траекторията на радиолъча, както и отражението на радиовълните от земната повърхност и околните обекти. Последният от изброените фактори се определя като многолъчевост или многопътност [44].

Към апаратните източници на грешки се отнасят факторите, определящи разрешаващата способност на апаратурата. Такава грешка се наблюдава при работата на два приемника, които определят вектора на базата в някакви идеални условия при продължителна сесия на наблюдение. В такива „идеални“ условия около приемниците няма препятствия, а PDOP е близко до единица. При „идеалната“ продължителност на сесията и цикъла на събиране на информация времетраенето е такова, че по-продължителните наблюдения не повишават точността на измерванията. В този случай се има в предвид вътрешната, апаратната точност, осигурена от качеството на апаратурата и нивото на програмното оборудване.

Апаратурата автоматично определя вектора, свързващ фазовите центрове на антените на спътниковите приемници, като за фазов център се определя областта, в която антената „събира“ сигналите от всички видими на хоризонта спътници. Използването на въведената в приемника височина на антената от оператора дава възможност освен определянето на вектора до фазовите центрове да се определят и точките на разположение на приемниците. В практиката при измерванията всички антени се ориентират еднообразно. На антената има стрелка, която при поставянето на уреда на точката се ориентира на север, а при регулирането на положението се използва оптически отвес. Височината на антената се измерва с рулетка и се поставя на специален метален разграфен шок.

На процеса на центриране и нивелиране на антената, измерването на нейната височина и въвеждането на това значение в паметта на приемника се отделя особено внимание. Въпреки, че спътниковият сигнал е на свръхвисоки честоти, неговият сигнал се отразява от някои повърхности. Отраженият сигнал попада на антената както и прекия сигнал от спътника. Дължината на пътя на отразения сигнал е по-голяма от дължината на пътя на прекия сигнал. За да се изключат отразените от земята радиовълни се използва *groundplane* – това е метален диск с диаметър около 0,5 метра със стрелка, която трябва да бъде ориентирана на север [53]. Такава антена трудно се използва в работен процес във време на движение.

Отразените сигнали могат да бъдат разделени на два класа: статични и динамични. За стационарен приемник, геометрията на предаване се променя бавно докато спътникът се движи в небето, което прави параметрите на отразените сигнали по същество константни за няколко минути, но при кинематични приложения може да има бързи колебания за части от секундата.

Граундплейн не елиминира сигналите отразени от близко разположени препятствия. Препятствията нарушават геометрията на наблюденията, като закриват част от небосклона, но и създават условия за интерференция. При работа в такива условия като възможност за подобряване на резултатите се използва увеличаване на времето за наблюдение от точка. Смисълът на това е заложен в цикличността на влиянието на многопътността на сигнала с течение на времето и при достатъчно дълга сесия на наблюдение се изключва или отслабва [53].

Грешките в координатите на спътника като изходен пункт на право влизат в грешките на координатите на приемника, поради което, ако точността на ефемеридите е такава, че геоцентричните координати на спътника се получават с грешка от няколко метра, то и навигационните (абсолютни) координати на приемника е невъзможно да се получат с по-малка грешка.

По друг начин изглеждат нещата с определянето на разликите в координатите на точките, разстоянието до киото е много по-малко от разстоянието до спътника. Този източник на грешки влияе на разликите в координатите на точките много по-слабо, отколкото на координатите на самите точки. Грешката при определяне на вектора на базата е толкова пъти по-малка от грешката при определяне на координатите на спътника, колкото пъти дължината на вектора на базата е по-малка от височината до орбитата на спътника над повърхността на Земята. При височина от 20 000 километра и база с дължина 20 километра, грешката определена по вектора на тази база ще бъде в рамките на една хилядна от грешката при определянето на спътниковите координати. При грешка от 10 метра в спътниковите координати, грешката в базовия вектор е един сантиметър. Ако потребителят има нужда от по-голяма точност, той ще трябва да използва точни ефемериди.

Тази особеност, при която разликите между координатите на точките се получават много по-точно, отколкото координатите на самите точки, се използва в геодезията и в навигацията, когато апаратурата определя кодовите псевдоразстояния и са важни плановете координати на движещ се обект, най-често кораб. На брега се създава диференциална станция, която е точка с известни координати. На нея се монтира непрекъснато работещ с P-код спътников приемник, а също така и предаватели транслиращи диференциалните поправки. Има комплекс от оборудване, с което се гарантира непрекъснатостта на работата, за да се избегнат неблагоприятни, дори катастрофални последствия от временното спиране на работата на диференциалната станция. На диференциалната станция непрекъснато се изчисляват координатите на тази станция получени при наблюдението на спътниците. Те се различават от установените точно известни координати на станцията вследствие от грешките при измерванията под влияние на външната среда и грешките в ефемеридите на спътниците.

На следващата стъпка от изчисленията се получава разликата от непрекъснато получаваните и твърдите известни координати на диференциалната станция. Тези изчисления са част от диференциалните поправки, получавани от апаратурата на потребителя, оборудвана с необходимите приемни устройства. Потребителят на разстояние от няколко десетки километра също непрекъснато определя своите „спътникови“ координати и въвеждането на диференциалните поправки на данните направо в приемника в процеса на работа позволява да се намали грешката в определянето на местоположението от ниво от няколко метра до ниво няколко дециметра. Този режим на работа на потребителската апаратура се нарича диференциален и най-често се използва в геодезическите теренни работи със спътникова апаратура, като се използва мрежата на GSM и безжичното предаване на приемника на диференциални поправки.

Влиянието на външната среда т.е. на йоносферата и тропосферата е най-значителният източник на грешки. Йоносферата е йонизиран атмосферен слой във височина 100-300 км над повърхността на Земята, който съдържа свободни електрони и йони. Под въздействието на радиовълните заредените частици преминават в принудително колебателно движение, като пътят и скоростта на вълните се променя. Най-голямо влияние за това оказват електроните. Наличието им предизвиква закъснение на сигнала от спътника и води до грешка. За компенсация на възникналата грешка при определянето на псевдоразстоянието се използва методът на двучестотните измервания на честоти L1 и L2.

Линейните комбинации на двучестотните измервания не съдържат йоносферни грешки. Освен това за частична компенсация на тази грешка се използва математически модел за корекция, при който аналитично се установяват вероятните параметри на йоносферната грешка в дадено време и на дадено място с помощта на съдържащата се в навигационното съобщение информация. В измерванията, извършени с едночестотен приемник се внасят поправки за измененията в йоносферата.

Тропосферата е най-ниският слой на атмосферата (на височина до 10-16 км). Тропосферното забавяне на сигнала от спътника зависи от метеорологични параметри като: атмосферно налягане, температура, влажност, а също така и от височината на спътника над хоризонта. Тропосферната грешка се снижава чрез въвежда-

нето на съответните поправки, които се пресмятат на основата на изграден модел на тропосферата. Тропосферната поправка се предава от станциите за наблюдение и контрол на всеки два часа.

При спътникови измервания сигналното трасе е под наклон и преминава през всички слоеве на земната атмосфера. Отчитането на това влияние се свежда до определянето на забавянето на сигнала. В GPS се използва моделът на Хопфилд, при който емпирично са установени съотношения между показатели на пречупване на височина h и u от земната повърхност и чрез сложни математически пресмятания се извежда тропосферната задръжка на определена височина. Друг модел за изчисление, който се използва в GNSS е моделът, създаден от Юко Саастамойнен, при който се използват наземни оперативни метеорологични данни в мястото на разположение на приемника и идеален модел на атмосферата, в която водните пари се разглеждат като идеален газ, който се намира в тропосферата, но в тези изчисления не се вземат в предвид спътникови данни за вертикалния профил на тропосферата.

1.8. Геометричен фактор – DOP

Геометрията на взаимното разположение на спътниците, участващи в процеса на измерване също влияе на крайния резултат на спътниковата точност. Това е т.нар. геометричен фактор за намаляване на точността при определянето на местоположението в пространството или DOP (Dilution of Precision), термин, използван в областта на системите за глобално позициониране. Като негови съставляващи съществуват и параметри, като: HDOP (Horizontal) – занижаване на точността в хоризонтална плоскост; VDOP (Vertical) – занижаване на точността във вертикална плоскост; PDOP (Position) – занижаване на точността по местоположение – фактор, важен при работата с геодезически клас спътникови приемници; TDOP (Time) – занижаване на точността по времеви показател [53].

DOP е величина, която показва доколко точността при определянето на координатите е влошена в сравнение с точността при измерването на псевдоразстоянието. DOP може да бъде текстово представено със следните съображения: точките на разположение на четири спътника – S1, S2, S3, S4 образуват в космическото пространство фигура, при която, колкото е по-голям обемът ѝ, толкова е по-добро взаимното разположение на спътниците и приемника,

толкова е по-висока точността и стойността на DOP е по-малка. Най-голям обем тази фигура ще има в случай, че един спътник се намира в зенита, а три спътника са разположени близо до хоризонта и са равномерно разпределени по азимут [53].

Величината DOP теоретично може да има значения от 1 до 10. Идеалният случай, когато DOP е 1 едва ли е достижим при теренни работи. Счита се, че при $DOP < 4$ е постигната висока точност при определяне на координатите. При $DOP > 6$ точността не е много добра. Често се използват някои от разновидностите на DOP, тъй като от значение при спътниковите измервания са две хоризонтални координати (ширина и дължина), вертикална координата (височина) и време. За комплексна оценка на всичките четири параметъра се използва GDOP. За оценка на точността на координатите на пространствено място и обект се използва PDOP. Ако е необходимо да се характеризира точността на определяне на отделните координати се използва HDOP – за координатите ширина и дължина и VDOP за характеристика на точността на определяне на височината. TDOP служи за характеристика на точността на определяне на времето от приемника. Ако в зоната на работа с потребителската апаратура спътниците са повече от четири, приемникът, използвайки сведенията от алманаха избира такава четворка спътници, че DOP да е минимален. При използването на PDOP се наблюдава най-добрия общ показател на качеството на геометрията на спътниковото съзвездие.

За да се получат данни с възможно най-добро качество при теренна работа трябва да се приеме такова пределно значение на PDOP, при превишаването на което изчисляването на координати на местоположение се преустановява. Този предел се нарича маска на PDOP и се въвежда в приемника преди началото на теренната работа. GPS приемниците произведени от Trimble издават сигнал за тревога, когато значението на PDOP не падне под установената горна граница. Препоръчителното и поставеното по презумция значение на маската на PDOP за GPS приемниците от геодезическия клас е 7, а за картографските и ГИС приемници – 6 [53].

За кинематичните заснемания, в хода на които се извършват кратки наблюдения на точка е много важен факторът PDOP. Статичните заснемания, които изискват по-дълги периоди на наблюдение в сравнение с кинематичното заснемане, по-малко са подложени на влиянието на високото значение на PDOP, тъй като това

значение често значително намалява за по-дългия времеви период на теренните работи.

1.9. Методи на спътниково позициониране

Съществуват няколко подхода за класификация на методите за позициониране на обектите. При един от подходите за класификация всички случаи се подразделят на абсолютен (един способ) и относителни (диференциални). В основата на тази класификация стоят два определящи факта:

- броят на използваните приемници (в абсолютният режим на работа се използва един приемник, а при относителните – минимум два);
- в абсолютният режим се използват „необработени“ резултати от измерванията, а при диференциалните от регистрираните данни се формират разлики.

В другия случай се разграничават способности за измерване като: автономен, диференциални (режими DGPS и PDGPS) и относителни (статични и кинематични).

Определянето на местоположението с глобалните спътникови системи е прието да се нарича позициониране, като способите за наблюдение могат да бъдат групирани като: абсолютни, относителни (на стойка) и кинематични (в движение). С абсолютните способности се определят координати на точки, а при относителните – разликите в координатите и базовия вектор между две точки. При относителното позициониране основните измервания се осъществяват с фазов метод на измерване, като за целите на разрешаването на нееднозначността на фазовите цикли и приблизителните значения на координатите се използват и кодовите измервания на псевдоразстояния. Точността на способите се различава съществено – от няколко милиметра до няколко метра.

Абсолютните способности се подразделят на:

- автономни (autonomus)
- диференциални (differential, DGPS, DGLONASS)
- постобработка (postprocessing)
- реално време (RT DGPS)

Най-голяма точност осигуряват диференциалните и особено относителните способности. В тяхната основа е заложено предположението, че измерванията с два приемника до един и същи спътник са еднакво неточни и колкото тези станции са по-близко една до друга, толкова това предположение е по-точно.

Относителните (relative, baselines) способности се подразделят на:

- статика (statics)
- ускорена статика (fast, rapid statics)
- псевдостатика (pseudostatics, geoccupation)

Кинематичните (kinematics) способности се подразделят на:

- непрекъснат режим (continuous), постобработка
- „спри и върви“ (“Stop and go”), постобработка
- реално време (Real Time K. – RTK).

Често кинематичният способ се нарича динамичен (dynamic surveying). Surveying като понятие се превежда най-често като заснемане или топографско заснемане, но със задаването на тази операция се извършва работа и по създаването на геодезическа мрежа. При работа в кинематичен режим операторът може да извърши успешно измерванията на точка за една-две минути.

Автономното определяне на координати се извършва с пространствена линейна засечка, по кодовите псевдоразстояния, измерени до четири и повече спътника. Способът е автономен в смисъл, че наблюдателят определя местоположението независимо от измерванията на други приемници. Измерванията с този способ са чувствителни към всякакви отклонения и забавяне на сигнала като: нестабилност на честотата, грешка във времевата скала, спътниковите ефемериди, забавяне на сигнала в йоносферата и тропосферата, многолъчовост при приемането на сигнала и др. Точността на автономното позициониране се подобрява с продължителни (до 10-15 минути) наблюдения на точка и съвместна обработка на всички измервания, при които се отчитат измененията във псевдоразстоянията на основата на Доплеровото отместване на носещите честоти. По тези измервания се определя скоростта на изменение на псевдоразстоянията за определен интервал от време. Измерените псевдоразстояния се коригират с поправки, които се приравняват към един и същ момент от измерванията, след което всички резултати се усредняват [21]. Такъв подход е по-добър от обикновено усредняване на измерванията, тъй като при него се отчитат реалните изменения на псевдоразстоянията от приемника до спътника. Точността на двучестотните кодови приемници е значително по-висока, тъй като при измерванията се изключва влиянието на йоносферното забавяне на сигнала. Височината при абсолютното позициониране с кодови приемници се определя твърде грубо, като за решение на този проблем за определяне на височини

и създаването на профил на местност в кодовите съвременни приемници се монтират специални барометрични устройства.

1.10. Диференциален способ

Диференциалният способ отчита не само стойностите но и естеството на грешките в кодовите псевдоразстояния, като много от грешките могат да бъдат отстранени или силно да се ограничи тяхното влияние върху измерванията. Измерванията се осъществяват едновременно от два приемника.

При измерванията с диференциален способ на спътниковите псевдоразстояния един приемник се поставя на точка с известни координати. Тя се обозначава с названието базова или референтна станция (base or reference station). Другата е подвижна (rover), тя се поставя на определяемата точка. Тъй като координатите на базовата станция са известни, те могат да бъдат сравнени с получените нови координати и на тази основа да се определят поправки за подвижната станция. Съществуват няколко способа за корекция, тъй като при кодовите измервания поправки могат да се въвеждат както в псевдоразстоянията, така и в координатите [21].

В първия случай на базовата станция измерванията на псевдоразстоянията се сравняват с разстоянията, изчислени по координатите и определят тяхната разлика. Тези разлики са т.нар. диференциални поправки (differential corrections), като те се предават по безжичен път до другия приемник (rover) за поправяне на несъответствията, като с диференциалните поправки мобилният приемник коригира своите измервания на псевдоразстоянията и по тях изчислява координатите. В основата на способа стои предположението, че много от неточностите, освен тези в самите приемници на потребителите, влияят еднакво на измерванията от всяка станция.

Атмосферните въздействия върху честотните линии могат леко да се различават заради причини като:

- различни дължини на трасето;
- локална нееднородност на пътя на сигнала.

Когато разстоянието е по-малко от 10 километра, отклоненията в резултатите на спътниковите сигнали до приемниците са практически еднакви. В другия случай референтната станция изчислява разликите между известните координати и определените в автономен режим и с тях се коригират координатите на подвижния

приемник. В този случай трябва и двата приемника да са измервали псевдоразстоянията до едни и същи спътници.

Поправките се въвеждат или след измерванията при постобработката или се предават по допълнителен цифров радиоканал и се работи с тях в процеса на измерванията в реално време. Поправките бързо остаряват, поради което се предават и данни за скоростта на тяхното изменение.

Диференциалните корекции се използват изключително при фазови измервания. Мрежовите диференциални корекции се определят по два начина - като разлики от измерени кодови или фазови псевдоразстояния, или чрез моделиране на всички физически компоненти на източниците на грешки. Точността на диференциалното позициониране зависи от приемниците, геометричния фактор, програмните за постобработка и др. уги [48]. Чрез диференциални корекции, в рамките на обхвата на мрежата се осигурява независимост в грешката на измерване от местоположението на подвижния приемник.

Радио-техническата комисия към морската служба RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) на САЩ е създавала специален комитет SC-104, който работи по въпросите, свързани със съдържанието, форматите и способите за предаване на диференциалните поправки. За предаването на диференциалните поправки се използват средновълнови (275-2000 kHz) и УКВ (390-1550 MHz и 3-300 GHz) радиоканали.

Геодезическият клас приемници имат възможност да работят с формати RTCM SC-104 поправки в псевдоразстоянията за всеки спътник. Наличието на RTCM-изход дава възможност приемникът да се използва в качеството му на базова станция за генериране и предаване по допълнителен цифров радиоканал на поправки към други приемници.

Форматът RTCM SC-104 дава възможност за трансляция и на некоригирани данни за псевдоразстояния и фази на носещите вълни. Във връзка с това в широкия смисъл на понятието под диференциално позициониране се разбира способът за определяне на местоположението на приемника в реално време по предадените данни.

Съществуват стотици базови станции, разположени в различни страни на света, които предават диференциални корекции в стандартен международен формат RTCM SC-104. Тези станции

са собственост на различни организации и предлагат използването на поправките свободно или срещу заплащане. Организираните са служби, които предават корекции чрез спътникова връзка. В много страни базовите станции са постоянно действащи.

Статичният метод е най-лесен от гледна точка на организация на работата по предварително съставен график и позволява да се получат възможно най-точните резултати. Названието на метода означава, че приемниците не се преместват в течение на полевите измервания в определен фиксиран времеви интервал. Базовият приемник и приемникът с неизвестни координати едновременно записват данните от наблюдаваните спътници, като продължителността на наблюденията е съобразена с необходимостта от определянето на цялостна нееднозначност на фазата при измерванията [33].

Както и при диференциалния способ, апаратурата се разполага на две точки, например a и b , като в случая не се определят корекции, а се формират разлики от резултатите на наблюденията и се изчислява съединяващият тези станции пространствен вектор. Базовата станция трябва да има точни координати, за да може по измерените съотношения да се изчислят координатите на останалите точки. Координатите от опорната точка към новите определяеми точки се предават чрез базовата линия, дължината на която се определя от създаването от тези две точки на пространствена трилатерация с използването на едни и същи навигационни спътници.

Грешките в изходните данни ще бъдат пренебрежимо малки, ако координатите на базовия пункт са надеждно определени в геодезически мрежи от по-висок клас. Точността в статиката зависи от продължителността на измерванията. Измервания с продължителност в интервала от няколко секунди до пет минути осигуряват дециметрова точност, при наличие на повече от четири спътника над хоризонта и разстояние между приемниците по-малко от десет километра, когато се използват едночестотни геодезически приемници.

Дължината на базовата линия трябва да бъде ограничена до стойности, съответстваща на изискваната точност и метода на спътникови определения на координати и разстояния.

Статиката е метод, който е целесъобразно да се използва с двучестотни приемници, когато разстоянието между тях е по-голямо от 10 км. С увеличаването на дължината на базовата линия

трябва да се увеличава и времето за наблюдение. Трябва да се отбележи, че разграниченията в названията на приемниците в режим на статика като базова или референтна станция (base or reference station) и подвижна станция (rover), разпространени в кинематичните режими, при статиката имат условен характер [54].

В относителните статични наблюдения се използват често по няколко базови станции, също така се използват три и повече приемници: два се позиционират на опорни точки, а други се позиционират върху нови точки за определяне на местоположението им. Сигналът от спътниците не трябва да се блокира от здания, корони на дървета, а металически предмети не трябва да създават многолъчевост. Участъците от небето трябва да бъдат максимално открити.

За статически измервания всеки приемник се позиционира над точката на статив, поставката се центрира по оптичeskия център и се измерва височината на антената. Измерванията на определените с точни координати точки и тези на определяемите нови точки протичат по едно и също време. В режим статика се използва постобработка и специален компютърен софтуер.

При съвместната обработка на наблюденията от базовата и определяемите точки систематичните грешки, имащи близки и постоянни значения, които се обработват от алгоритми, се изключват. Към тях се отнасят: грешките в ефемеридите и времевите скали от един и същи спътник, грешките от тропосферните и йоносферни влияния и др. Следователно, точността при относителните определения е по-висока отколкото при абсолютните. Този метод се използва при решаване на задачи свързани с контрола на националните геодезически мрежи, наблюденията на тектоничните движения на земната повърхност, фундаментите на стратегически и производствени съоръжения и др., като приемниците обработват данните от фазовата носеща на сигнала, а самите фазови приемници се отличават с висока точност.

Статичен режим, при който наблюдателят може да съкрати времето за наблюдение на точка до 10-15 минути „по сигнал от приемника“, че за определено време е събрано необходимото количество информация се нарича бърза статика (fast, rapid statics). Бързата статика се използва като работен режим при кратки базови линии, както и при занижени изисквания към точността – например, координатите на граници на земеделски земи, където е необ-

ходима дециметрова точност. Координатите на точките ще бъдат определени в режим статика, но с по-малка точност.

Псевдостатистическият метод или псевдостатика (pseudostatics, geoccupation) се отличава от статистическия с това, че позволява по-голяма производителност при заснеманията, като се провеждат няколко кратки сесии за събиране на необходимите данни вместо една по-продължителна. Един от приемниците непрекъснато следи спътниците от базовата точка. Подвижният приемник след няколкоминутно наблюдение на точка с неизвестни координати се изключва и се пренася до друга точка, където се включва отново и се събират данни от наблюдение в продължение на няколко минути, след което процедурата се повтаря отново на следващата точка. Всяка от точките трябва да се посети и измери отново за няколко минути един час след първите наблюдения от нея.

При този метод стремежът е да се съберат данни от спътниковите наблюдения в различна спътникова конфигурация при първото и впоследствие при второто няколкоминутно наблюдение от точката. Точността на получените данни ще бъде на нивото на статичния метод.

Методът е удобен, ако е необходимо за кратко време да се проведат измервания от голям брой планирани точки. Недостатък на метода е необходимостта от точно планиране на времето за работа на точките, поради което този режим на работа се избира рядко. Програмата за постобработка позволява съвместната обработка на данни от приемника, получени в различно време, от една и съща точка.

1.11. Кинематични режими

При наблюденията за топографски или кадастрови заснемания се предпочитат кинематични режими на работа [26]. Различават се три кинематични режима:

- непрекъснат режим (continuous), постобработка;
- „спри и върви“ (“Stop and go”), постобработка;
- реално време (Real Time K. – RTK).

И при кинематичните режими измерванията се извършват най-малко от два приемника, приемащи сигналите на не по-малко от четири „общи“ спътника. Един от приемниците работи като базова станция, другият се мести по новите определяеми точки. При

този метод спътниковата информация трябва да постъпва едновременно и непрекъснато. Поради това е необходимо да се избягва срив в спътниковата връзка. При срив е необходимо операторът да се върне на една от по-рано определените точки и да повтори инициализацията с цел разрешаване на нееднозначността.

За инициализация в началото на измерванията базовият приемник се поставя на точката с известни координати, а роувърният на няколко метра от него. След кратка сесия на наблюдение от около 10 до 20 минути и двата приемника се настройват за работа в кинематичен режим и роувърният приемник се мести по определяемите точки. В края на теренните работи роувърният приемник се връща в изходния пункт, а данните се прехвърлят в компютър за постобработка. Програмата изчислява векторите на базовите линии за определяне на положението на всички точки спрямо изходната точка или няколко изходни точки с известни координати. Непрекъснатата кинематика се извършва без застояване на точките и се използва за прецизно координиране на траекторията на движещ се обект.

Класически вариант на кинематичен режим е режимът “Stop and Go”, при който движещият се приемник се мести от точка на точка за кратко време, но при това е необходимо да се извърши инициализация – продължително наблюдение за определяне на базовия вектор и разрешаване на нееднозначността. При преместването на роувърния приемник е необходимо през цялото време той да получава сигналите на не по-малко от четири спътника, които да са едни и същи по време на сесията на измерванията. За икономия на време може да се работи със способа on-the-fly (OTF), при който ако подвижният приемник работи приемайки сигналите на достатъчно голям брой спътници в течение на повече от 20-30 минути, операторът може да работи в кинематичен режим без продължителна инициализация на базовата станция, като при непрекъснатата работа за това време приемникът ще събере достатъчно информация, за да може с програмния продукт при постобработката на данните в офиса да се разреши многозначността. При срив на спътниковата връзка поради някаква причина, процесът на инициализация протича наново без да се спира придвижването.

Особен кинематичен режим е Real Time Kinematics (RTK). Основното предимство на RTK е получаването на координати непосредствено по време на заснемането или трасирането на терена,

като времето за изпълнение на измерванията е в рамките на няколко секунди. Още едно преимущество на този способ е отсъствието на постобработка. Данните се трансформират в координати на точките с висока точност, без постобработка или редактиране на спътникова информация.

Съществуват два основни способа за работа в режим RTK: с използването на радиомодеми на определена радиочестота или с помощта на GSM модеми, използващи мрежова връзка. В състава на RTK системата се използват базова и подвижна станция, подобно на вече описаното при другите методи - с подвижния приемник се извършват заснемания на точки, като той с помощта на връзката между монтираните на щоквете на двете станции радиомодеми получава спътникова информация от базата.

Традиционно, за да се правят измервания с GPS по диференциалния метод, трябва да се ползват поне два GPS приемника. Едното устройство се монтира на точка с известни координати и служи за базова точка, а чрез втория приемник се правят същинските измервания. RTK е с широк обхват на действие.

Методът WARTK (Wide Area Real Time Kinematic) е метод за диференциални корекции за сателитна навигация с разширен обхват. Разработен е в края на 90-те години от научно-изследователската група gAGE към Каталунския политехнически университет (UPC) в Барселона. Той осигурява поправки към йоносферното влияние чрез мрежа от референтни станции, отдалечени до 1000 километра една от друга. Неоднозначностите се фиксират в реално време от мобилните приемници на разстояния над 400 км от базовите станции. Така WARTK преодолява ограничения обхват на действие на класическите RTK методи. Съгласно договореност с Европейската космическа агенция, WARTK използва наземната и спътниковата инфраструктура на Европейската геостационарна служба за навигационно покритие, включително GNSS приемници. Методът е изключително подходящ за приложение в изолирани места, отдалечени на стотици километри от изходни референтни станции [16].

Технологията на режима RTK с използването на GSM мрежова връзка за предаване на диференциалните поправки пакетно през GPRS дава висока ефективност при теренни работи в реално време, с много по-голям радиус на действие, който позволява работа с базова станция в големи зони на покритие на сигнала, като може да

се работи навсякъде, където съществува GSM покритие [31]. Преминва се директно към заснемане на терена, без да е необходимо да се търси базова точка в близост до измерванията [15].

Необходимите данни за базова точка се получават от базова мрежа (напр. мрежата на ГеоНет в България). Така фокусът се поставя върху същинските измервания. За инициализация на приемника в този режим на работа са необходими няколко секунди. С помощта на изградената от ГеоНет мрежа от базови станции на територията на България, има възможност да се направят GPS измервания в реално време, без необходимост от втори GPS приемник.

Услугите, които са активни към момента, са три [30]. GEO-RTK например, предлага прецизно позициониране в реално време. Услугата е предназначена най-вече за геодезически измервания, кадастрални дейности, строителство на сгради, пътища и съоръжения и др. Използва се измерване на позиции в реално време при нужда от резултати с точност от порядъка на 2 сантиметра.

Втората услуга е PPdata. Тя дава възможност за достъп на потребителите до суровите данни за последваща обработка с използването на измервания на всяка една от 30-те перманентни GNSS станции. Използва се при специфични приложения, където не може в реално време да се даде точност под 1 см при обработка и изравнение на ГММП (Геодезически мрежи с местно предназначение) и други.

Третата налична услуга се нарича DGPS (или Differential GPS). Тя може да се използва при редица картографски ГИС (Географски информационни системи) приложения, прецизна навигация, хидрография, транспорт и управление на автопаркове, позициониране на земеделски машини и определяне на обработваеми площи. Прецизността ѝ е от порядъка на 10-50 сантиметра.

Корекционните данни се използват в реално време или като данни за последваща обработка в RINEX формат. В зависимост от преносната среда на корекционни данни (чрез GSM или Internet), трябва да се осигури достъп до мрежата съответно от SIM data карта или потребителско име и парола. Необходимо е GNSS оборудването да поддържа NTRIP протокол за данни, за пренос по интернет-мрежа. Услугите в реално време, ако няма мрежово покритие на мобилен оператор не могат да се използват, защото е необходим достъп чрез GSM или мобилен интернет, за да се свърже оборудването през Bluetooth със системата на ГеоНет.

Мрежовите диференциални GNSS решения са многообещаващ способ за прецизно определяне на местоположение в българското селско стопанство, предвид разпокъсаността и малките размери на поземлените имоти, както и теренните особености на планинските и полупланински територии, заети от обработваеми площи и малки стопанства. В България все повече потребители от геодезическия бранш, както и от секторите за картиране, ютилити и ГИС, използват наличните мрежови GNSS услуги [30].

В реално време за извършване на теренни работи са се наложили двучестотните и многочестотните приемници, но съществуват и едночестотни геодезически приемници, като например Ashtech Promark3, който, въпреки че е модел от 2006 година, първоначално на компанията Magellan Navigation, все още се ползва от професионалните геодезисти, тъй като също работи в режим RTK и се използва за теренни работи, свързани с инвентаризация в земеделието, кадастралната карта и кадастралните регистри. Подвижният приемник може да обработва информацията от диференциални поправки, като се изчисляват координатите на точката по отношение на точката на разположение на базовата станция за няколко секунди [21].

В някои модели приемници се използва режим eRTK, който дава възможност да се работи с няколко референтни станции, като при това площта, на която могат да се провеждат теренни работи нараства неколкостранно в сравнение с класическия метод на работа с RTK. Технологията eRTK, е патентована от Trimble. eRTK използва усъвършенствани методи за обработка на данните и на GNSS сигнала, като се базира на безжична комуникация с подвижните приемници. Приложението на технологията е най-ефективно в комбинация с метода Виртуална референтна станция (VRS), който се разглежда като възможност за получаване на точни диференциални корекции [30].

В диференциалните режими на спътниковите измервания и определения, както и в RTK, грешката в координатите на точката зависи от грешките в диференциалните поправки, използваните приемници, режимът на обработка на данните, дължината на базовите линии и други фактори.

1.12. Диференциални подсистеми

Точността на измерванията нараства с използването на данни от навигационните диференциални подсистеми, когато не се изисква много висока точност на позиционирането.

Съществуват диференциални подсистеми от континентален, широкозонов мащаб като: WAAS (Северна Америка), EGNOS (Европа), MSAS (Япония) за SBAS позициониране (Сателитно базирани допълващи спътникови навигационни системи), а така също и регионални и локални подсистеми, които могат да осигурят дециметровата точност.

WAAS (Wide Area Augmentation System) – американската диференциална подсистема, покриваща Северна Америка и Северния Атлантик. Тази система включва наземни контролни станции, наблюдаващи състоянието на GPS сигнала от спътниците. С тях се провеждат двучестотни измервания на псевдоразстоянията за всички навигационни спътници в системата. Информацията се предава на главната станция, където се обработва, определят се диференциалните поправки – ефемеридните данни, времевите скали, параметрите на йоносферния модел и др., след което чрез предавателни станции тези данни се предават на геостационарни космически апарати, а те предават GPS-подобен сигнал към потребителите в диапазона на честота L1, което увеличава точността и надеждността на навигационните определения с допълнителни измервания и диференциални поправки.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) е европейската диференциална подсистема, изпълняваща аналогични на WAAS функции. В основата на тази система са геостационарни спътници, препредаващи навигационен сигнал съответстващ на този, предаван по честота L1 за GPS. EGNOS е предвиден за съвместна работа със системите на ГЛОНАСС, GPS и Galileo.

MSAS (Multi-Transport Satellite based Augmentation System) е многофункционална японска диференциална система. Нейните функции са аналогични на WAAS и EGNOS. Тя осигурява диференциални поправки в Япония и Тихия океан между Азия и Америка. Космическите апарати на тази система са многофункционални.

Много приемници от геодезическия клас са създадени така, че при необходимост могат да ползват данните от тези диференциални подсистеми. WAAS, MSAS и EGNOS използват стандарта RTCA DO-229 на Радио-техническата комисия по авионавигация на

САЩ, който е съвместим с всички съвременни приемници, които могат да изчислят RTCA данните без допълнително оборудване за разлика от необходимостта на такова за RTCM.

Регионалните и локалните диференциални подсистеми имат по-малък радиус на действие, състоят се от по-малко контролно-корректиращи станции и геостационарни спътници предаващи на потребителя диференциални поправки. Те са предназначени предимно за осигуряване на навигацията в региона. Използването на такива диференциални подсистеми може да осигури дециметрова точност при измерванията. В европейските страни, в това число и в България, са създадени подсистеми, формиращи диференциални поправки. Диференциални подсистеми със спътников сегмент са изградили компании като: Fugo Group, Thales Company (LandStar-DGPS), National Research Council в Канада и др.

В Западна и Източна Европа спътниковата диференциална подсистема OmniSTAR на компанията Fugo Group предава RTK поправки за измервания и определения с достатъчна точност в съответствие със стандарта RTCM SC104. Приемникът трябва да бъде оборудван със специален декодер за получаване и обработка на данните. Тази система се базира на мрежа от диференциални станции и геостационарни спътници, ретранслиращи получените от станциите диференциални поправки, което позволява при провеждането на полеви дейности за целите на поземления кадастър да се работи с приемници без да се организира базова станция на точка с известни координати [10].

Освен чрез геостационарна спътникова система диференциалните поправки могат да бъдат предавани на дълги и средни радиовълни в диапазона на честоти 100-600 kHz, на голямо разстояние във формат RTCM SC104. Диференциалните поправки могат да бъдат предавани от морски или авиационен маяк на честоти 283-315 kHz и 2559415 kHz, мобилна мрежова връзка (GSM, GPRS) в диапазона на честота 450, 900, 1800 MHz.

SBAS GEO (геостационарни спътници) за разлика от GNSS спътниците нямат на борда си генератори на сигнали, но са с оборудване за транслиране на сигнали, обработени на Земята и предадени към тях. SBAS сигнали могат да получават и обработват само снабдените с такава технология и съответстващи канали приемници.

За успешното завършване на полевите работи с GPS е необходимо операторът да има определени знания за основните коорди-

натни системи, тъй като при работа с координати, които могат да бъдат в различни системи, е необходимо те да бъдат трансформирани в единна система, защото координатите на една и съща точка в различни системи се различават и се получават значителни грешки при едновременното използване на различни координатни системи.

1.13. Координатни системи и спътникови методи на позициониране

Координатните системи са резултат от стремежа да се опише видимата повърхност, в това число моретата и океаните, равнините, планинските склонове и върхове. Физическата (топографската) повърхност на Земята образува фигура с неправилна и сложна форма.

В науките за Земята, за да бъдат изследвани и приложени точни и верни формулировки е необходимо да се използва определена математически изчистена фигура за формата и размерите на Земята. Във връзка с това се използва геометрична фигура, представляваща Земята в най-общ вид, като се изследват и изучават несъответствията на физическата повърхност на Земята с тази фигура.

През 1873 година германският физик И.Б. Листинг предлага за описанието на формата на Земята понятието „геоид“ (от гръцки „гео“ – земя и „ейдос“ – вид). В този смисъл трактовката на формата на Земята в обобщен вид може да бъде обяснена като „земеподобна“ предвид несъвършенствата на геоида. Математическите модели могат да бъдат близки до описваната повърхност, но не представляват точна нейна проекция.

Геоидът може да бъде определен като тяло, ограничено от повърхнина, съвпадаща с нивото на водата на океаните, мислено продължена под сушата, като това ниво се приема за нулево според Европейската геодезическа референтна система (EUREF), която е дефинирана точно по Световната геодезическа система GRS-80.

Геоидът има сложна форма. Тази форма не се поддава на математическо описание. Поради това при изучаване на физическата повърхност на Земята, се построява спомагателна повърхност, наречена квазигеоид. Формата на тази повърхност се определя спрямо повърхността на геоида по астрономически, геодезически и гравиметрични данни. На териториите на моретата и океаните квазигеоида съвпада с повърхността на геоида, а на сушата се отклонява от него в рамките на няколко метра.

Нютон през 18в., определяйки размерите на Земята доказва нейната полярната сплеснатост и въвежда формата “ротационен елипсоид”. За геофизични приложения се приема тази форма на Земята.

Математичната фигура, която описва най-добре реалната форма на Земята е елипсоид. Тя се получава, когато се завърта елипса около неподвижна ос. IRE (International Reference Ellipsoid) е най-доброто решение за формата на Земята, изработен на базата на сателитни наблюдения.

За създаването на координатни системи геоидът се апроксимира във въртящ се елипсоид около собствената си малка ос. За такъв елипсоид се приема Земята и върху него се нанасят координати, тъй като той е математически правилно тяло и по координатите на точките на елипсоида може чрез формули с различна точност да се пресметне разстоянието между тях и посоката на движение от една точка към друга.

В зависимост от поставената задача, необходимата точност и размера на обхванатата територия, като фигури на Земята могат да се използват различни нейни модели (апроксимации):

- физическа повърхност (фактическа фигура на Земята);
- геоид (квазигеоид);
- елипсоид;
- сфера;
- плоскост.

Земният елипсоид характеризира фигурата и размерите на Земята и служи за изчисляване на дължини, площи, геодезическа ширина, дължина, азимути, за създаването на картографски проекции и др. При дребномащабни картографски проекти и в много други случаи фигурата на елипсоид се заменя със сфера [18].

Земният елипсоид (World ellipsoid) апроксимира Земята като цяло, а Референтният елипсоид (reference ellipsoid) е елипсоид приет за обработка на измервания и създаването на системи за геодезически координати. Разликите между геоида и елипсоида се оценяват по три показателя:

- отклонение на малката ос на елипсоида от средното положение на оста на въртене на Земята;
- отклонение на центъра на елипсоида от центъра на тежестта на Земята;
- превишение на елипсоида над геоида.

Елипсоидът, за който тези три показателя са минимални се нарича общ земен елипсоид. Геодезическите референтни системи (geodetic reference system) определят параметрите на фигурата и размерите на Земята. Международните геодезически референтни системи се използват в световен мащаб и са свързани с Гринуичката правоъгълна координатна система и нейното начало в центъра на тежестта на Земята. Оста Z насочена към средата на Северния полюс, според препоръките на Международната служба за въртене на Земята IERS (International Earth Rotation Service), където е точката на Условния земен полюс СТР (Central Terrestrial Pole). Оста X и Y , разположени в плоскостта на екватора, като оста X е разположена и в плоскостта на средния Гринуички меридиан.

Международната служба за ротация на Земята и координатните системи (International Earth Rotation Service IERS) и Секцията за координатни системи (Terrestrial Reference Frame TRF) на Националния географски институт (Institut Geographique National) в Париж, са международните структури, които отговарят за дефинирането, реализацията и разпространението на Международната земна координатна система (ITRS) в съответствие с резолюциите на Международната асоциация по геодезия (International Association of Geodesy IAG).

GPS работи в международната референтна система WGS-84. Глобалната земна координатна система WGS-84 е въведена (дефинирана и реализирана) от Националната агенция за геопрострaнствено разузнаване -National Geospatial Intelligence Agency (NGIA) и Министерство на отбраната (Department of Defense DoD) на Съединените щати. Точността на последователните реализации на WGS-84 е значителна [13]. Счита се, че нивото на глобалното съответствие между WGS-84 и ITRS е от порядъка на около 2 см. Началото на координатите на тази система е зафиксирaно в центъра на тежестта на Земята с точност около 1 метър.

Нейните параметри практически съответстват на международната система GRS-80. От 1994 г. се използва уточнена версия – WGS-84 (G 730). В системата WGS-84 началната точка за отчитане на координатите е с център тежестта на Земята; оста Z на пространствената правоъгълна координатна система е паралелна по направлението на условния земен полюс; оста X се определя в плоскостите на условния меридиан (паралелен на нулевия меридиан) и екватора; оста Y допълва координатната система до дясна.

Началото и осевата проекция на тази координатна система съвпада с геометричния център и осите на елипсоида WGS-84.

Основният недостатък на координатна система WGS-84 е, че координатите на точките в тази система се изменят заради глобалните тектонични движения. Това изменение постепенно прави координатите в тези системи неподходящи за практически приложения. За да бъде преодолян този проблем Международната асоциация по геодезия IAG и CERGO (Central European Initiative Working Group on Science and Technology) решават през 1987 година да разработят нова Европейска геодезическа референтна система European Geodetic Reference Frame (EUREF) - ETRS, базирана на GPS измервания [13]. Тя унифицира националните референтни системи за геодезически измервания, картография, ГИС и навигация в Европа. EUREF покрива територията на Европа и осигурява мрежа с широк спектър на приложение: геодезия, картография, навигация и т.н. Програмата EUREF се координира от Международната асоциация по геодезия IAG [13].

Координатната система EUREF е приета като официална геодезическа референтна система в Европейския съюз [41]. Изградена е и функционира Перманентна мрежа European Permanent Network (EPN). Проектът EPN започва своята дейност през 1995 година и към момента се състои от повече от 150 перманентни станции в 32 европейски страни. Държавната GPS мрежа на Република България се базира на перманентните GPS станции от Европейската перманентна мрежа - EPN (European Permanent Network), съответно на Международната GNSS служба IGS (International GNSS Service).

В Русия GNSS ГЛОНАСС работи в система ПЗ-90 (Параметри Земи 1990 г.) В Руската федерация от 1995 г. Работи и референтна система СК-95. Координатните системи WGS-84 и ПЗ-90 са много близки една спрямо друга. Координатната система ПЗ-90 също е геоцентрична правоъгълна пространствена система с начало в центъра на тежестта на Земята. Остта Z е ориентирана към условния земен полюс, а остта X към точката на пресичане на плоскостта на екватора и нулевия меридиан. През 2002 г. са получени в резултат на модернизацията на системата от параметри на Земята с обозначение ПЗ-90 (2002).

Съставна част на референтните системи са геодезическите опорни мрежи, фиксиращи точки от координатната система с твърди известни координати. Опорната мрежа в Европа се нарича

EUREF (European Reference Frame), обединяваща в една система мрежите на европейските страни.

Географската координатна система работи с величините географска ширина и географска дължина, съобразени с начален меридиан и екватора. Географската дължина се получава от ъгъла между плоскостите на началния меридиан и плоскостта на меридиана, преминаващ през определяема точка, измервана и в екваториалната плоскост – в ляво или дясно от началния меридиан т.е. дължината е западна или източна и е от 0 до 180° [46].

Правоъгълните координатни системи имат три перпендикулярни оси (X, Y, Z). Използват се за представяне на положението на точки в пространството, на повърхността или под земята. Ако началото (точката на пресичане на трите оси) на правоъгълната система е разположено в центъра на тежестта на Земята, то тази система се нарича геоцентрична, а когато началото е на апроксимираща Земята елипсоид, тя се определя като референтна. Координатна система, при която началото се намира на повърхността на земята се нарича топоцентрична. Топоцентричните системи се използват за определяне на местоположението на точки на малка територия, в рамките на която могат да се пренебрегнат несъвършенствата във формата на Земята.

В геоцентричните системи координатната ос OZ е насочена по оста на въртене на Земята, а в референтните – по малката ос на елипсоида странично от Северния полюс. Осите OX и OY лежат в плоскостта на екватора перпендикулярно една на друга.

Положението на спътниците в геоцентричната система на координатите се изчислява по елементите на Кеплеровата орбита (центърът на земната маса, космическият апарат, перигей, възходящ възел, направление към точката на пролетното равноденствие) и пространствената правоъгълна координатна система, която е въведена, за да може да се съвместяват данни от топографски и геодезически инженерни работи. Особеност на тези координати е, че те могат да бъдат наложени върху плоско изображение на земната повърхност, ако тя е изобразена в картографска проекция, при която повърхността на земния елипсоид върху плоскостта става по определени математически закони. Тези закони изразяват връзката между координатите на точките от картографираната повърхност в плоскост. В основата на такова отразяване върху картна проекция е развита система от геодезически координати, координатните

линии на която са меридианите и паралелите. Линиите на меридианите върху картографираната повърхност се създават при сечението ѝ на плоскости, преминаващи през оста на въртене на елипсоида, които също имат елипсоидна форма, а линиите на паралелите се получават чрез сечения на картографираната повърхност на плоскости, перпендикулярни на оста на въртене на елипсоида и имат вид на окръжности и също се създават по математически правила. Правоъгълната система на координати не се използва при картографиране на големи територии [46].

В геодезията и топографията се използва проекцията на Гаус-Крюгер за плоски правоъгълни координати, която е равноъгълно изображение на повърхността на земния елипсоид върху плоскост, при което осевият меридиан се изобразява с права линия и запазен мащаб, екваториалната линия също е права, перпендикулярна на осевия меридиан, а всички останали меридиани и паралели са изобразени като огънати т.е. криви линии [46].

При използването на Гаусова проекция началото на координатната система е пресечната точка на екватора с някой от меридианите, наречен основен за конкретната система. Този меридиан е абсцисата X (север) на системата. Ординатата Y започва от оста X – на изток положителна (растяща), на запад отрицателна (намаляваща). За да не се получават за Y отрицателни величини, общо прието е към стойностите на Y да се прибавя константата 500 000, т.е. вместо от 0, стойностите на ординатата Y да започват от 500 000. Повърхността на земния елипсоид се разделя условно с меридиани на зони съответстващи на 6° по дължина, като средният меридиан на зоната се нарича осев.

Цялата повърхност на Земята се разделя на 60 зони, като за начало е приет Гринуичкия меридиан (0°). През всяка зона от Северния до Южния полюс преминава праволинеен осев меридиан на зоната. Номерацията на зоните върви от запад на изток с начало от Гринуичкия меридиан. В границите на всяка зона може да се използва самостоятелно плоска координатна система, като осите X и Y се разполагат по осевия меридиан на зоната и екватора. Третата координата – абсолютната височина се измерва, като се отчита от средното ниво на Балтийско море. Всяка зона е покрита с т.нар. километрови мрежи за работа с плоски координати, която се изобразява на топографските карти. Тази система позволява да се получават практически точни координати върху големи участъци от земната повърхност.

Територията на България се обхваща от 2 триградусови и 2 шестградусови зони. По тези разчети, основните меридиани на триградусовите зони са меридианите с дължина $Lo = 24^\circ$ (24-ти меридиан) и $Lo = 27^\circ$ (27-ми меридиан). Основните меридиани на шестградусовите зони са съответно: $Lo = 21^\circ$ (21-ви меридиан) и $Lo = 27^\circ$ (27-ми меридиан)[29].

UTM (Universal Transverse Mercator) е известно наименования на гаусова проекция, която се реализира само по 6° -ови зони с мащаб по основния меридиан $Mo = 0,9996$. Номерата на двете шестградусови зони, в които попада територията на България се получават при разчети за 6° -те зони (UTM): $Nz = (180+Lo+3)/6$. където Lo е географската дължина на основния меридиан. За България: $Nz_{21} = (180+21+3)/6 = 34$; $Nz_{27} = (180+27+3)/6 = 35$. При получените по този начин номера на зоните към стойностите на ординатата Y остава само добавената константа 500 000. При това положение еднозначното определяне на местоположението на дадена точка по нейните X и Y координати, изисква указването и на съответната зона, в която попада точката [29].

Проекционните координати UTM се реализират като вид проекционно приложение на световната референтна система WGS-84. UTM е програмно реализирана във всички GPS-устройства. Реализираната във WGS-84 UTM координатна система изглежда по следния начин:

- референтна система WGS-84;
- проекционна система UTM;
- 6° -ови зони, номерирани от меридиан $L = 180^\circ$ на изток по формулата: $Nz = (180+Lo+3)/6$;
- мащаб по основния меридиан $m_0 = 0,9996$;
- добавена стойност към ординатите +500000 метра [29].

Координатната система WGS-84, заедно с реализираната в нея проекционна система UTM, се въвежда у нас от началото на 90-те години на миналия век, заедно с началното разпространение на GPS-технологиите в България. Тя се въвежда без да подменя действащите към момента национални системи. С навлизането на тези технологии възникват проблемите за създаване на “трансформационни ключове” за преход на националните геодезически референтни системи, като например Координатна система 1970 г. (КС 1970), която беше използвана в България за граждански цели и е нормативно определена като равнинна координатна система,

в която страната е разделена на четири зони: К3 - северозападна, К5 - югоизточна, К7 - североизточна и К9 – югозападна. КС 1970 г. се използваше доскоро в издаването на скици, проекти и други документи от общинските администрации, службите по кадастър и общинските служби по земеделие.

В практиката се утвърди използването на координатна система WGS-84 (UTM), в чиято зона 35 цялата страна може да се събере с минимални грешки (западната част от България под 24-тия меридиан попада в зона 34). Трябва да се има предвид, че след трансформацията на координатите на поземлен имот между координатна система 1970 година в координатна система WGS-84 (UTM) изчислената площ може да се различава до 0.3 % според формата и местоположението на имота. Например имот с площ 100 дка в КС 1970 г. след трансформацията във WGS-84 (UTM) се оказва с площ между 99.7 дка и 100.3 дка. Най-големите разлики в площите ще са на имоти в Западна България, защото попадат извън зона 35N.

Земеделските стопани, които извършват очертаване на обработваните от тях земи и ги предават в ОСЗ, или използват кадастрални данни от други системи, трябва да имат предвид следното:

- данните за физическите блокове са в КС WGS-84 (UTM) Зона 35;
- данните за кадастъра са в БГС 2005.;
- данните с очертаванията на блоковете земеделска земя, които стопанинът декларира, трябва да бъдат в КС WGS-84 (B,L) или WGS-84 (UTM) Зона 35;
- картите, които се изготвят в резултат на споразуменията за ползване, трябва да бъдат в КС WGS-84 (UTM) Зона 35.

Поради многообразието на координатни системи, за практически цели често се налага трансформиране на координати от една система в друга. Това е сложен математически проблем и за решаването му се използват специализирани софтуерни продукти, които е възможно да работят с различна точност. Новата координатна и височинна системи в България е регламентирана с Постановление на Министерски съвет № 153 от 29 юли 2010 година е „Българска геодезическа система 2005“. Свързани с използването на GNSS системи в България и регламентиращи използването на геодезически сателитни приемници и работата с тях са нормативни документи като: Наредба № 2 от 30 юли 2010 г. за дефиниране, реализация

и поддържане на Българската геодезическа система; Инstrukция РД-02-20-25 от 20 септември 2012 г. за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи и Инstrukция ПД-02-20-12 от 3 август 2012 г. за преобразуване на съществуващите геодезически и картографски материали и данни в БГС 2005 [13]. С геодезическата координатна система се определят положенията на точки на повърхността на елипсоида, също върху плоскост (двумерни) и в пространството (тримерни).

Геодезическа координатна система, свързана с референтен елипсоид, разпространена на територията на на континент или държава се определя като референтна геодезическа система. Геодезическите координатни системи включват: параметрите на елипсоида в качеството му на координатна повърхност; височината на геоида над елипсоида в началната точка на геодезическата мрежа на държавата и изходните геодезически ширина и дължина на началната точка, азимут от началната точка към ориентировъчна точка от геодезическата мрежа, които са определящи за континентална или държавна референтна система. Геодезическите координати се обозначават съответно: с B – геодезическата ширина, L – дължина и H – височина. Геодезическата височина H се отчита от точка на земната повърхност по нормалата до повърхността на елипсоида [44].

Космическите технологии при изучаването на действителната повърхност на Земята позволяват определяне на положението на коя да е точка от повърхността, спрямо приета координатна система. При съществуващите различни видове координатни системи изборът зависи от конкретното им приложение и режим на определяне на координатите.

В GNSS приемниците може да се избира от предварително зададени режими за определяне на координати:

- 3D Overdetermined;
- Manual 3D;
- Manual 2D;
- Auto 2D/3D.

За работа в режим 3D Overdetermined е необходимо наличието на 5 и повече спътници над хоризонта и планирано допустимо значение на PDOP. GPS приемникът получава пространствени координати от спътниците с най-добра пространствена конфигурация. С измерванията от множество спътници се повишава контролът върху точността на определеното местоположение.

За работа в режим Manual 3D също е важно спътниците да са повече от 4. Приемникът получава пространствени координати от спътниците с най-добра пространствена конфигурация. Наблюденията се спират, ако количеството спътници, с които се работи падне под допустимите 4 спътника. Режимите 3D Overdetermined и Manual 3D осигуряват максимално ниво на точност при определяне на пространствените координати при използването им в кинематичен режим на работа.

Ако се използва Manual 2D е необходимо наличието на три спътника. Приемникът изчислява ширината и дължината на основата на известна, въведена от оператора височина на точката. Тази височина остава фиксирана даже по време на движение. Ако височината не е определена от оператора се използва последната изчислена височина от приемника. Използването на този режим е необходимо само в случай, че операторът знае и може да въведе правилната височина, но ако височината не е точна се отчитат координати с грешка, неприемлива за теренни специализирани измервания.

В режим на работа с координати Auto 2D/3D приемникът изчислява пространствените координати в 3D, когато това е възможно. Ако значението на PDOP превишава пределно допустимото число за измерванията или за наблюдение са достъпни само три спътника, приемникът преминава в режим на работа за определяне на планови координати. При смяната на работния режим на координатите от 3D в 2D приемникът използва последното измерване на височина, измерена в 3D.

Режимът Auto 2D/3D осигурява записването на координатите в паметта на приемника, дори когато над хоризонта се виждат само три спътника. Но плановите координати получени в режим 2D са по-неточни, отколкото тези в режим 3D. Възможно е при постобработката 2D координатите да бъдат преизчислени на основата на въвеждането на точни данни за височините, което води до увеличаване на точността на координатите. Не се препоръчва работа в режим 2D за получаване на координати, заради проблема с получаването на данни за височината. Ако височината е зададена неправилно, то и ширината и дължината на координатите се определят с голяма грешка и тази грешка не може да бъде изключена при постобработката и с използването на диференциални корекции, тъй като една от величините е фиксирана и въведена на ръка. Опе-

раторът може да знае каква е височината, която се отнася към средното морско равнище т.е. надморската височина на точката, но GPS апаратурата получава височината спрямо елипсоида WGS-84, а не надморската височина, като разликите са големи. Алгоритмите за преизчисляване на височини от WGS-84 към географски надморски височини имат допустима грешка от един до 5 метра и повече.

1.14. Перманентни мрежи

Съвременната практика приема като най-рационални методите за определяне на диференциални поправки чрез мрежи от референтни станции. Тези методи намират все по-голяма популярност и са с най-разнообразни приложения. Използването на мрежи от референтни станции осигурява голяма площ на покритие на корекциите, както и точно определяне на параметрите, водещи до поява на систематични грешки в измерванията – йоносферната и тропосферната рефракция, грешки в орбитите на спътниците и др.

В България също работят перманентни GPS/GNSS мрежи. Тяхното предназначение е за: мониторинг на движенията на земната кора, кадастър, навигация и др., като се получават координати на местоположение в реално време с висока точност. GNSS перманентна мрежа е поддържана от Департамент „Геодезия“ на Националния институт по геофизика, геодезия и география на БАН и е национална некомерсиална GNSS перманентна мрежа. Не осигурява данни в реално време.

Комерсиалната перманентна GPS/GNSS мрежа в България е сертифицирана от Агенцията по геодезия, картография и кадастър – ГеоНет е оператор за България на GNSS мрежа.

Сфери, в които се прилага услугата ГеоНет RTK:

- геодезически измервания – осови мрежи, снимачни основи, геодезически снимки, вертикално планиране, трасиране;
- кадастър;
- географски информационни системи (ГИС) - при изисквания за по-висока точност при определяне на местоположение на обекти;
- ютилити – определяне на местоположение на мрежи и съоръжения;
- фотограметрия - при определяне на координати на опорни теренни точки.

ГеоНет Post Processing се прилага в областта на:

- въздушна фотограметрия – референтните точки от мрежата се използват за контролни наземни точки;
- основни геодезически дейности, изискващи сантиметрова точност;
- анализ на геодинамични процеси.

Методът VRS се реализира чрез мрежа от непрекъснато работещи референтни станции, свързани по комуникационни канали с контролен център. На базата на данни от наблюденията в станциите и в даден подвижен приемник, предавани и обработвани от компютър в контролния център, се създава една виртуална референтна станция, разположена в съвсем близка на подвижния приемник околност. За тази станция се генерират изкуствени данни за наблюдения към спътници, които се изпращат и използват от подвижните приемници така, че все едно са получени от една истинска референтна станция. Недостатък на VRS метода е намаляването на точността на изчислените диференциални поправки с отдалечаване от виртуалната референтна станция, тъй като подвижният приемник изчислява корекции от виртуалната референтна станция, а корекциите между нея и истинската референтна станция се изчисляват от мрежовия софтуер. При използване на различни модели за тропосферната рефракция могат да се получат несъвместими диференциални корекции.

Мрежовата GNSS инфраструктура ГеоНет покрива на 100% територията на България. ГеоНет се състои от 30 перманентни референтни GNSS станции и контролен център, в който се събират и обработват данните, както от американската спътникова система GPS, така и от руската GNSS система ГЛОНАСС. Мрежата е изградена с инфраструктурни CORS приемници Trimble, софтуер и технология, разработени и предоставени от Trimble Navigation Limited. Използването ѝ е регламентирано с Инструкция № РД- 02- 20- 25 от 20 септември 2011 г. за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи [13].

1.15. GNSS ГЛОНАСС

Системата ГЛОНАСС (Глобална навигационна спътникова система) се разработва още от 70-те години на XX век. Първите космически спътникови апарати от руската система са „Космос-1413“, „Космос-1414“ и „Космос-1415“, изведени в орбита

през 1982 година с ракетата „Протон“ от космодрума „Байконур“. В края на 1995 година е завършено пълното разгръщане на орбиталната групировка на системата ГЛОНАСС и в работно състояние са приведени 24 спътника. Руската средноорбитална спътникова система е предназначена за непрекъснато и много точно определяне на пространственото положение, времето, както и скоростта за различни потребители във всяка точка от Земята и околоземното пространство. Системата не приема и не обработва потребителски заявки, като това позволява количеството на потребителите ѝ да е неограничено.

1.15.1. Структура и функционални възможности на ГЛОНАСС

Спътниците на системата ГЛОНАСС непрекъснато излъчват навигационни сигнали от два типа: навигационен сигнал със стандартна точност (СТ) в диапазона L1 (1,6 GHz) и навигационен сигнал с висока точност (ВТ) в диапазоните на L1 и L2 (1,2 GHz). Информацията от навигационния сигнал СТ е достъпна за всички потребители и дава възможност за определяне на: хоризонтални координати и вертикални координати с груба точност, вектор на скоростта, точно време. Тези параметри значително се подобряват, когато се използва диференциален метод за позициониране. Сигналят с висока точност (ВТ) е предназначен основно за употреба от военните структури на Руската федерация и използването му без разрешение не е препоръчително. Възможно е достъпът до този сигнал да бъде достъпен за граждански цели.

Спътниците от системата са равномерно разположени в три орбитални плоскости на разстояние от 120° по дължина. Във всяка плоскост са разположени по 8 спътника с отместване на 45° по ширина. Спътниците от плоскостта $i + 1$ са разположени с отместване от 15° по ширина в сравнение със спътниците от плоскостта i . Максималното отклонение на спътниците от предвиденото им положение не превишава 5° за интервал от 5 години. Радиусът на кръговата им орбита е 25 510 км. Спътниците на ГЛОНАСС извършват 17 пълни обиколки на Земята за всеки осем звездни денонощия [1].

Съзвездieto от 24 спътника гарантира, че най-малко 5 от спътниците се виждат едновременно от почти цялата земна повърхност. Спътниците от системата ГЛОНАСС се състоят от ци-

линдричен контейнер, в който са разположени специална апаратура и апаратни системи, рамки на антенни устройства, панели със слънчеви батерии, прибори на системата за ориентация, монтиран двигател за космическия апарат и системи за терморегулация. На спътника са монтирани и оптически ъглови отражатели, предназначени за калибровка на радиосигнали от системите за измерване на разстоянието до спътника с помощта на лазерни далекомири, както и за уточняване на параметрите на модела на движение на спътника.

Навигационният комплекс от оборудване на спътниците от космическата система е изграден от синхронизатор, генератор на навигационни радиосигнали, бордови компютър, приемник на навигационна информация с корекции от наземните контролни станции и приемник за навигационни радиосигнали. Синхронизаторът осигурява предаването на много стабилни честоти на бордовата апаратура, формиране, запазване, корекция и предаване на бордовата времева скала. Генераторът на навигационни радиосигнали осигурява формирането на псевдослучайни фазово манипулирани навигационни радиосигнали, съдържащи навигационно съобщение и код за измерване на псевдоразстоянията до спътник.

Комплексът за управление осигурява системите за управление на спътника и контролира нормалното им функциониране. Командно-измерителната система осигурява измерването на разстояния, контролът на бордовата времева скала, програмно управление на системата чрез подаването на команди, запис на навигационна информация в бордовия навигационен комплекс и предаване на телеметрични данни. Блокът за управление осигурява разпределяне на захранващата енергия на системата и уредите на спътника и др.

Системата за ориентация и стабилизация осигурява стабилизация на спътника при коригиране на орбитата, възможността за заемане на точно зададеното му местоположение в космическото орбитално пространство, ориентацията му към центъра на Земята и насочването на слънчевите му батерии към Слънцето и др.

Системата за терморегулация осигурява необходимия топлинен режим за спътника. Електроснабдителната система е съставена от слънчеви батерии, акумулатори, блок за стабилизация на напрежението. При преминаването на спътник през тъмни участъци около Земята и Луната захранването на бордовите системи се осигурява от акумулаторните батерии.

Спътниците от системата ГЛОНАСС са със следните функционални възможности:

- излъчване на много стабилни радионавигационни сигнали;
- приемане, съхранение и предаване на цифрова радионавигационна информация;
- формиране, цифровизация и предаване на сигнал за точно време;
- ретранслация или излъчване на сигнали за извършване на траекторни измервания за контрол на орбитата и определяне на поправките към бордовата времева скала;
- приемане и обработка на команди;
- приемане, запаметяване и изпълнение на програмни режими за функционирането на спътник в космическото пространство;
- формиране на телеметрична информация за състоянието на бордовата апаратура и предаването ѝ за обработка и анализ на наземния комплекс за управление;
- формиране и предаване на информация за признаци, съответстващи на неизправност в системата при превишаването на важни контролирани параметри над пределно допустимите норми.

Управлението на спътниците от космическата групировка на навигационната система ГЛОНАСС се осъществява в автоматизиран режим. Всеки спътник предава напрекъснати навигационни сигнали на собствена носеща честота в диапазона на L1 и L2. Навигационният радиосигнал е многокомпонентен фазовоманипулиран сигнал. Този сигнал се модулира с два бинарни кода (СТ-код и ВТ-код). На честота L1 се предават и двата кода, а на честота L2 само ВТ-код. СТ-код се генерира с честота 0.511 МHz и е достъпен за гражданска навигация. ВТ-код се генерира с честота 5.11 МHz и се използва от въоръжените сили на Руската федерация.

Всеки спътник предава своите сигнали на няколко различни честоти. Приемникът може да различи различните сигнали от всички наблюдавани спътници по отделените различни честоти на каналите за наблюдение. Този метод се нарича множествен достъп с разделение по честота (FDMA). При този метод е важно в зоната на спътниковото наблюдение космическите апарати да излъчват с различни честоти. Фазата на носещото колебание се модулира с двоична последователност, като псевдослучайният код за измер-

ване на разстояние се предава със скорост 511 кбт/с, а цифровата информация на навигационното съобщение се предава с 50 бит/с. Сигналът има и спомагателно колебание, което се предава със скорост от 100 бит/с.

Основа за формиране на изброените компоненти на сигнала е бордовата стандартна честота. Навигационното съобщение на спътниците от система ГЛОНАСС съдържа оперативна и неоперативна информация. Оперативната информация се отнася към системната конфигурация на спътника, от който идва сигналът, а неоперативната информация (системният алманах) се отнася към всички космически апарати от системата. Оперативната информация съдържа:

- цифров код с данни за времето на борда на спътника;
- отклонението на времевата скала на спътника спрямо времевата система в ГЛОНАСС;
- относителната разлика на носещата честота на излъчвания навигационен радиосигнал от номиналното му значение;
- ефемеридите на спътника и други параметри

Ефемеридите на спътника се получават като вектори на месторазположението и скоростта в координатна система ПЗ-90 за определен момент от време. Тези данни се обновяват на всеки 30 минути, което е различно от използваните при GPS форми и координатна система. Неоперативната информация съдържа системният алманах, като включва:

- данните за състоянието на спътниковата космическа групировка;
- отместването на времевата скала на всеки спътник спрямо времевата скала на еталона в системата ГЛОНАСС;
- орбиталните параметри на всички космически апарати от групиранката и др.

Предаваната в навигационните сигнали цифрова информация се формира във вид на редове, кадри и суперкадри. Кадърът съдържа 15 реда, излъчвани 30 секунди, а суперкадърът се състои от 5 кадъра. Пълната информация, в това число и алманахът, се предава за 2,5 минути.

Основа за формирането на системното време в ГЛОНАСС е приет водороден стандарт на честота на Централния синхронизатор от Наземния комплекс за управление на системата. Времевата скала на всеки спътник ГЛОНАСС периодично се сверява с

еталонната скала. Поправките за всеки спътник се изчисляват в Пункта за космическо управление на системата и два пъти в денонощието се зареждат в бордовите компютри. Грешката в момент на измервателни работи между времевата скала на космическите спътници от системата и времевата скала на Централната станция за управление на системата не превишава 10 наносекунди. Предаваните от всеки спътник ефемериди съдържат данни за положението на фазовия център на предаващата антена на даден спътник в геоцентричната координатна система ПЗ-90.

Управлението на орбиталния сегмент на ГЛОНАСС се осъществява от Наземен комплекс за управление (НКУ) [1]. Този комплекс има Пункт за космическо управление (ПКУ), който е предназначен да контролира правилното функциониране, непрекъснатото уточняване на орбиталните параметри, управлението и информационното осигуряване на всички изкуствени спътници на земята от навигационната система ГЛОНАСС и се състои от няколко взаимно свързани стационарни елемента:

- център за управление на системата (в град Краснознаменск, Московска област);
- централен синхронизатор с водороден стандарт;
- мрежа от контролни станции, разположени по цялата територия на Русия;
- система за контрол на фазите;
- кванто-оптични станции;
- апаратура за контрол на навигационното поле.

Наземният сегмент изпълнява следните функции:

- измервания на траекторията за определяне, прогнозиране и непрекъснато уточнение параметрите на орбитите на всички спътници;
- времеви измервания за определяне на разминаването на бордовите времеви скали на всички спътници със системната времева скала, синхронизация на бордовите скали със скалата на Централния синхронизатор и Службата за единно време чрез корекции на бордовите часовници;
- формиране на масива на служебна информация (навигационните съобщения), съдържащи прогнозните ефемериди, алманах и поправки за часовниците на всеки спътник, както и други данни, необходими за формирането на навигационните кадри;

- предаване (зареждане) на масив от служебна информация в паметта на бордовите системи на спътниците и диагностика на състоянието им;
- управление на полета на спътниците и работата на техните системи чрез подаването на команди и контрол върху изпълнението им;
- контрол върху навигационното поле;
- определяне на отместването на фазата на навигационния сигнал за измерване на разстояния по отношение на фазата на сигнала от централния синхронизатор;
- планиране на работата на всички технически средства от наземния сегмент за управление на ГЛОНАСС.

Централният синхронизатор формира скалата за време и опорните сигнали за измерващите станции. Траекторните измервания се осъществяват с радиолокационни контролни станции, при които се измерва разстоянието до спътниците и радиалната скорост [1].

Кванто-оптическите станции са предназначени за периодична калибровка на радиотехническите канали за измерване на разстояния. Съществуват няколко лазерни станции за тази цел, като например лазерната далекомерна система Гео-ИК, КОС „Еталон“ и др. Станциите като КОС „Еталон“ могат да се използват за определяне на орбитата на спътниците.

Системата за контрол на фазите осигурява измерването на фазовото и честотно отместване на спътниковите сигнали в сравнение с еталона на Централния синхронизатор. Тази информация е необходима за синхронизация на фазите на навигационните сигнали, излъчвани от всички спътници на ГЛОНАСС. Измерването на отместването става с помощта на контролен навигационен приемник на Системата за контрол на фазите, в който приетите сигнали за измерване на разстояния се сравняват с опорните сигнали, създадени от еталона Централен синхронизатор. Сверяването на фазите се провежда веднъж на денонощие.

Апаратурата за контрол на навигационното поле е потребителска високоточна апаратура, разположена на контролните станции с добра координация. С нейна помощ се осигурява непрекъснат контрол на характеристиките за координатно и времево осигуряване и качеството на информацията, съдържаща се в навигационното съобщение.

Проверката на качеството на навигационните сигнали става в два режима: контрол на навигационните системи и контрол на навигационното поле. Първият режим предвижда непрекъснато сравнение на измерваните величини на псевдоразстоянията с техните прогнозни значения за всички видими спътници на ГЛОНАСС. При втория режим резултатите от навигационните измервания се предават в Централното управление на системите за оценка на текущите характеристики на навигационното осигуряване и приемане на съответстващо решение.

1.16. GNSS Galileo

Европейската навигационна система Galileo е още една GNSS. Galileo е многоцелева система. Тя трябва да повиши точността на позиционирането в сравнение със съвременните възможности на ГЛОНАСС и GPS. Galileo е независима гражданска глобална навигационна система за страните от европейския континент.

Първият космически изкуствен спътник на Земята е изстрелян през 2004 година. Официалният експлоатационен старт на системата е обявен в края на 2016 година, като в момента на орбита са изведени 18 спътника. Към 2020 година орбиталната групировка трябва да достигне планираната конфигурация от необходимия брой изкуствени спътници на Земята. Съзвездието Galileo ще се състои от 30 спътника (27 основни и 3 резервни) с височина на орбитата 23 222 км, в 3 орбитални равнини, с 56° инклинация, както и от мрежа от наземни станции.

Принципите за определяне на координати на местоположение от системата позволяват пълна съвместимост с GPS и ГЛОНАСС. Спътниците предават един общодостъпен сигнал OAS (Open Access Service) и сигнал с контролиран достъп CAS (Controlled Access Service).

Сигналите CAS са шифровани, с платен достъп и са предназначени за потребители, на които е необходима по-голяма точност при работата им. Galileo предоставя четири различни навигационни услуги:

- свободната услуга е безплатна за всички потребители. Сигналите се излъчват в две честотни ленти, 1164 – 1214 MHz и 1563 – 1591 MHz;
- кодираната комерсиална услуга се предоставя срещу заплащане и има точност под 1 м като е допълнена от предаватели,

разположени на земята, което повишава точността до под 10 см. Сигналът е излъчван в три честотни ленти: двете ленти от свободната услуга и честотната лента 1260 – 1300 MHz.

- кодираната публична регулирана услуга и Safety of Life Service (SoL) предоставят точност с цел устойчивост срещу заглушаване и надеждно разкриване на проблеми до 10 секунди след възникването им. Пазарът на тези услуги е ограничен до силовите ведомства (полиция, военни и т.н.), както и транспортни услуги, при които качеството на сигнала е от голямо значение (въздушен контрол, автоматично приземяване на самолети и т.н.).

Спътниците от системата Galileo имат възможност да приемат и предават сигнали от системата за сигурност на водния транспорт, което ги прави важна част от глобалната морска система за бедствия и аварии. Системата Galileo предлага постоянна точност благодарение на структурата на съзвездието си от спътници и земната си система за контрол.

Системата Galileo предлага надеждност, защото може да генерира съобщение за интегритет, което незабавно да информира потребителите за възможните грешки. Признавайки значението на Galileo, Европа и Съединените американски щати постигнаха споразумение за съвместимост на двете системи, което превръща Galileo в световен стандарт за спътникови навигационни услуги. Въвеждането в експлоатация на още една GNSS система и разработването на приемници, каквито вече има на пазара (например, геодезически приемници на Trimble и др.), разширява възможностите на спътниковата геодезия и ГИС приложенията в редица области на човешката дейност.

* * *

Съвместното използване за навигация и позициониране на двете системи ГЛОНАСС и GPS дава на потребителите предимство чрез повишаването на достоверността на GNSS измерванията за сметка на увеличения брой на достъпни изкуствени спътници на Земята в зоната на позициониране на техниката на потребителя. Двете системи се интегрират добре, без значителни усложнения на устройството на потребителските комбинирани GPS-ГЛОНАСС приемници, тъй като двете системи имат сходства в:

- принципите за синхронизация и измерения на навигационните параметри;
- малко различие в използваните координатни системи;
- близък честотен диапазон;
- готовност на държавните ръководства на САЩ и Руската федерация да предоставят системите за използване от различни потребители в световен мащаб.

Едно от направленията за развитие на спътниковата високотехнологична система ГЛОНАСС са диференциалните подсистеми, които са един от основните ѝ сегменти. С тяхна помощ потребителят едновременно с обработката на навигационни сигнали получава и диференциални поправки към тях, даващи висока точност на навигацията и позиционирането в определен район, като GNSS технологиите позволяват да се решават задачи от най-различно ниво: от развитието на държавна геодезическа мрежа до инвентаризация на земеделски земи и др.

В зависимост от изискваната точност при определянето на координатите, времето за наблюдения и условията на работа, се използват GNSS приемници от различен клас. Геодезическите приемници във високия ценови клас работят най-често в диференциален режим и измерват фазовите колебания с приложение на методи за повишаване на точността като:

- моделиране на йоносферата;
- усредняване на многолъчевостта на сигнала (интерференцията);
- използване на диференциален режим при полеви измервания;

Няма друг способ, с който толкова бързо да се определят координатите на множество точки на земната повърхност, освен при използването на GNSS/GPS приемници, работещи с една или няколко от световните Глобални навигационни спътникови системи. Информацията може да бъде въведена непосредствено при измерванията и показана на цифрова карта, както работят специализираните приемници за ГИС-данни (Географски информационни системи).

В България работят и перманентни GNSS/GPS мрежи. Тяхното предназначение е за: мониторинг на движенията на земната кора, кадастър, навигация и други, като се получават координати на местоположение в реално време с висока точност. Предлагани-

те RTK услуги с единични базови станции и мрежови услуги все повече се предпочитат от специалистите в областта на геодезията, кадастъра и земеделието. Тези потребители, които веднъж са се доверили да използват метода за диференциални корекции в сателитното позициониране чрез RTK и GSM/GPRS, трудно биха се отказали от тях.

Много широко разпространение в световен мащаб имат системите за автоматично определяне на координати на движещи се обекти на основата на използването на GPS. С тяхна помощ по съвременен и модерен начин се решават въпроси за навигацията, управлението и контрола в транспортните сектори на икономиката, в туризма, селското стопанство, корабоводенето, авиацията и др. Такова оборудване е много популярно и се използва дори при рутинни дейности, тъй като осигурява оптимално покритие и максимална точност, пести време, пари, енергия и позволява успешно завършване на поставените задачи пред потребителите.

ГЛАВА ВТОРА

ПОТРЕБИТЕЛСКИЯТ СЕГМЕНТ НА GNSS/ GPS СИСТЕМИТЕ

2.1. Спътникови приемници: класификация и приложение

Със съвременните GNSS измервания модерните технологии определят пространствени координати и скоростта на движение на обекти в пространството. Първите GNSS приемници се появяват още в началото на 80-те години. За времето откакто съществуват те претърпяват сериозни изменения и развитие, но способите за определяне на координатите остават неизменени. GNSS приемниците, както спътниците, също генерират C/A и P-код, с който се репликират приетите спътникови сигнали. Това се извършва в приемателните канали на потребителската апаратура, където чрез транслиране по време на репликата се търси съвпадение (максимална корелация) между кодовете от приетите сигнали и генерираните на място.

Едносистемните приемници използват радионавигационни сигнали само от една глобална навигационна спътникова система, докато двусистемните геодезически приемници използват радионавигационните сигнали от две GNSS системи, например, ГЛОНАСС/GPS., а многосистемните геодезически потребителски приемници работят с честотите на повече от две GNSS.

Едночестотните приемници използват радионавигационни сигнали само от една честота L1, докато двучестотните геодезически приемници използват радионавигационните сигнали от две честоти L1 и L2., а многочестотните геодезически приемници работят на повече от две честоти.

Според друга класификация – по вида на приетите и обработвани сигнали, приемниците се класифицират като:

- кодови, работещи само с кодови измервания;
- кодово-фазови едночестотни, приемащи кодове за измерване на разстоянието и фазови измервания само на честота L1;

- кодово-фазови двучестотни, използващи кодово измерване на разстояние и фазови измервания на честотните колебания на честоти L1 и L2
- кодово-фазови многочестотни приемници [14].

Приемниците се класифицират по конструктивни особености – типът за наблюдение на спътниците, видът на приеманите и обработваните сигнали, по техническите им характеристики, според точността и стойността им. Според типа на наблюдение на спътниците те се делят на два типа: за последователно или за паралелно наблюдение. Приемниците за последователно наблюдение (едноканални приемници), са евтини но неточни. При паралелно наблюдение се подобряват показателите сигнал/шум (SNR), изключва се или се намалява значително грешката от нестабилността на честотата на генератора на приемника, тъй като в измерванията от всички спътници синхронно постъпват едни и същи отклонения. Приемниците от такъв тип са многоканални. При точни измервания сригът на сигнала е проблем, предизвикан от засенчване на сигнала от здания и други обекти. При измервания с многоканални приемници тази трудност се преодолява, защото с тях по-лесно се намира необходимият брой видими над хоризонта спътници и може да се избегне сриг на спътниковата вртзка.

Приемниците се разделят на класове според характеристиките им за точност и валутна стойност. Определят се 4 класа:

- съвсем обикновени и евтини, кодови, едноканални, с генератор за време с ниско качество и с ниска точност (грешка в рамките на десетки метри); не се нуждаят от допълнително специално софтуерно приложение за офис работа с данни;
- ръчни приемници, със средна стойност, кодови, със сравнително малка точност и многометрова грешка, имат малко памет, допускат запис на атрибути на обекта;
- приемници с висока стойност, многоканални, кодови, имат антена и генератор с високо качество, приспособени са за измерване в диференциален режим, благодарение на което осигуряват дециметрова-метрова точност;
- скъпи, многоканални, кодово-фазови едночестотни или двучестотни, имат сложна програмна конфигурация, предназначена за измервания с допустима грешка от няколко милиметра или сантиметри. Двучестотните са много точни. Благодарение на използването на относителни методи на измер-

ване и добрата методика на постобработка, едночестотните приемници също осигуряват висока точност.

В зависимост от характера на решаваните задачи GPS-системите може да се разделят на два големи класа – навигационни приемници и системи с геодезическа точност. Навигационните приемници осигуряват устойчиво определяне на текущите координати с точност до няколко метра и са сравнително евтини устройства. Устройствата от този клас не са сложни за използване, портативни, а времето за получаването на координатите на точка е кратко. Геодезическите GPS-системи са значително по-сложни устройства и позволяват да се достигне милиметрова точност в позиционирането, като стойността на пазара на GPS техника на такива системи е много по-висока и може да достигне десетки хиляди долари.

Целият спектър на GPS приемници според особеностите на предназначението може да се раздели на няколко големи групи:

- персонални GPS приемници за лична употреба – тези модели се отличават с малки размери и широк набор от функции, като: базова навигация с възможност за формиране и следване на маршрути за движение, функции за получаване и изпращане на електронна поща и др. Точността на определяне на местоположение с помощта на подобни устройства обикновено е в границите на 3-15 м;
- автомобилни GPS приемници, които могат да се монтират във всяко наземно транспортно средство и имат възможност за включване към външна приемно-предавателна апаратура за автоматично предаване на параметрите на движение на контролен диспечерски пункт;
- морски GPS приемници, снабдени с ултразвуков ехолот и с допълнителни електронни носители с картографска и хидрографска информация за конкретни брегови райони.
- авиационни GPS приемници, използвани за пилотиране на летателни апарати и авиационна техника за граждански, военни и търговски цели;
- картографските приемници се отнасят към професионалната апаратура, поради което тяхната производствена технология е ориентирана към осигуряване на максимална надеждност на уредите. Алгоритмите за понижаване на влиянието на многолъчевостта, данните от базови станции за диференциални поправки и други функции се използват за достигане

на позициониране в границите на около 0,5 метра при използване на диференциален режим за измерване. Тези приемници съхраняват пространствена и атрибутивна информация.

- геодезическите приемници изискват сантиметрова точност, а понякога и милиметрова. Приемниците от този клас осъществяват измервания по фазата на цикъл на носещата честота. Намирането на нееднозначността т.е. на числото от фазови цикли на получения сигнал определя точността на приемника. Освен геометричната точност при определяне на местоположението от голямо значение е програмното оборудване, използвано за събиране и обработка на данните. Използването на операционна система е в основата на приемниците от картографски и геодезически класове. Основният акцент при геодезическите приемници се поставя на методите на заснемане, определящи апаратната точност [10].

Геодезическият клас на системите за позициониране осигурява надеждни високотехнологични решения за определяне на координати и сбор на пространствени данни при разработката на проекти за обекти с открит способ на добиване на полезни изкопаеми, инертни материали, при работи по рекултивация на земи и т.н., за пренасяне на проектните рамки в натура и контрол на полевите дейности по изграждане и експлоатация на обекти в реално време. Ядро на системата за потребителско позициониране е базовият сателитен приемник. GPS приемниците от геодезически клас измерват с фазата в границите на циклите на носещата честота псевдоразстоянията, като по нея и по допълнително получена информация се изчисляват от апаратурата търсените координати.

Все още на пазара на GNSS техника преобладават двусистемните, работещи със спътниците на ГЛОНАСС и GPS едновременно или поотделно. Едносистемните приемници работят само с навигационните спътници на една GNSS система. С развитието на GNSS системите ГЛОНАСС, GPS, Galileo и др. многосистемните приемници получават все по-голям пазарен дял и добри перспективи за развитие.

Геодезическият клас спътникови приемници имат сложна структура, в която са включени няколко основни модула: захранващ блок, модул за управление, измерващ блок, антенен блок и др. Модулът за управление е предназначен за избор на режим за работа и

въвеждане на изходни данни и визуализация на интересоващи оператора данни. Модулът за управление е непосредствено свързан с антенния блок и измерващия блок. Антенният блок приема радионавигационното съобщение от навигационната система. Антената може да бъде проектирана за приемане или само на носещата честота по L1 или и за двете честоти по L1 и L2. Важен критерий за антените е чувствителността на фазовият център. Антената трябва да има усилвател, който да филтрира сигнали с ниска височина над хоризонта или многопътните сигнали. След постъпването на сигналите от антената тяхното разграничаване се постига в радио-честотен блок, при който е важен броят на каналите, които работят със спътниците, които се наблюдават без прекъсване, ако приемникът е многоканален. Многоканалните приемници са по-точни и по-нечувствителни към загуба на сигналите. Приемникът генерира сигнал, който се сравнява със получения от спътника сигнал. В измерващия блок се определят разликите на фазите на тези два сигнала и кодовото забавяне. Сигналите от антената постъпват в процесора за обработка на сигнали, където се разпознават и се предават параметрите им в микропроцесор, който осъществява изчисление на псевдоразстоянията, поправките в часовника на приемника и абсолютните координати на приемника в зададената координатна система. Изчислителният блок извършва първоначална обработка на получената информация от всички спътникови апарати за цялото време на позициониране и записва информацията в паметта на приемника. Управлението на работата на всички системни блокове на приемниците е автоматично. Работата на всеки отделен приемник е съобразена с избрания режим за обработка на резултатите на измерването. При постобработката на данните резултатите от измерването се прехвърлят на работен компютър с необходимите офис програми чрез специален порт за включване и кабел за пренос на данни.

Геодезическият клас приемници има и блок за връзка, по който се предава необходимата информация за работа в режим реално време, например, от базовата станция към определяемата точка. Той може програмно да осигури обработването на данните в режим RTK. За връзка се използват специални радиомодеми или канали за мрежова мобилна GSM/GPRS връзка.

При много приемници освен вътрешна антена се използва и отделена от приемника антена, която е закрепена на върха на метален щок с нивелир. Произвеждат се геодезически приемници, при

които антената и приемникът са обединени в един корпус, където са разположени и елементите на електрозахранването. Такива приемници имат само панел за управление с неголям екран. В геодезическите приемници се използват специални конструктивни решения за антените с висока стабилност на фазовия център, чувствителни към GPS/GNSS сигнали. За подтискане на интерференцията на сигнала антените имат отразяващо устройство и са със специална конструкция.

При работа с GNSS приемници от висок клас често се използват допълнителни устройства и оборудване като:

- външни антени и антенни усилватели;
- пулт за управление, външни устройства за съхранение на информация;
- зарядни устройства, акумулаторни батерии и други източници на енергия;
- радио-модemi и устройства за формиране, предаване и приемане на диференциални поправки;
- външни навигационни прибори-индикатори;
- съединителни и антенни кабели;
- преходници;
- устройства за защита на приемниците от натоварване на електропреносната мрежа, приспособления за монтаж и пренос на апаратурата;
- измерителни рулетки за височина на антената и др.

Приемниците от високия геодезически клас трябва да имат не по-малко от 6 канала за приемане на спътникови радиосигнали и да имат възможност за измерване на фазата на носещия сигнал на спътник. За полеви заснемания, трасировки и други теренни работи приемниците трябва да бъдат с допустимо тегло и габарити, които да не затрудняват работата на оператора.

Точността на GNSS/GPS режимите е в следните граници:

- субметрова точност (0,5 см – 1 метър) – приложима е при точна навигация и кадастър;
- дециметрова точност (10 – 50 см) – приложима е при високоточна навигация, земеустройствени работи, геоинформатика, топография, селскостопански дейности;
- сантиметрова точност (1-5 см) – точни геодезически, кадастрови и земеустройствени дейности;

- милиметрова точност (3-5 мм) – поддържане на координатна система, създаване на еталонни точки, високоточен мониторинг, геодинамика, научни приложения [51].

Вградените програми в приемниците осигуряват изпълнението на различни функции в съответствие с режима на работа, избран от оператора, като изчисляват координати и навигационни параметри и техни корекции, направление по определен маршрут и др. Програмите осигуряват запис в паметта на приемника на получения алманах на спътниковата система, данните за състоянието на орбиталната групировка, стойността на DOP-фактора и др.

Външните програми, използвани от специалистите при постобработката на данните, са създадени за решаване на конкретни геодезически, топографски и навигационни задачи. Тези програми се закупуват заедно с комплекта на приемника или се доставят отделно по заявка и с допълнително заплащане. При полеви кадастрови геодезически дейности с помощта на тези програми се решават задачи като:

- планиране на дейността;
- запис и работа с данни от необходимото количество спътници;
- създаване на файлове за работа с програми за диференциални корекции;
- диференциални корекции;
- графично представяне на информация;
- изчисление на базови линии;
- изчисляване и преобразуване на координати;
- оценка на точността на измерванията;
- създаване на бази данни;
- изравняване на мрежи;
- преобразуване и предаване на данни в различни формати;
- автоматично генериране на карти в зададен мащаб.

Планирането на работата включва: прогноза за видимостта на спътниците на мястото, където ще се извършват теренни измервания, предварителна оценка на PDOP-фактора, съставяне на схема за придвижване между определените точки и др. Възможността за запис на данни от нужното количество спътници позволява да се осигури работата при относителните методи на работа с натрупване на необходимите навигационни данни. Автоматичното създаване на файлове ускорява процеса на измерване без участие на оператор (на базова станция).

В най-общ вид геодезическият клас приемници изпълняват следните функции:

- генериране на времево колебание, опорни сигнали за честотни преобразувания и измервания, кодове за измерване на разстояние;
- търсене, усилване и разделяне на сигнали от различни GNSS спътници;
- филтрация на сигналите с цел отслабване на значението на странични влияния;
- демодулация на носещите сигнали с цел отделяне на спътниковите съобщения, времеви интервал и кодовите псевдослучайни сигнали;
- наблюдение за честоти, фаза, кодови сигнали, измерване на псевдоразстояние до всеки видим над хоризонта спътник;
- аналогово-цифрово преобразуване на данните;
- прием на установени параметри и изпълнение на необходими оперативни изчисления;
- предоставяне на информация за определени параметри и някои резултати при измерванията, за наличие, състояние и разположение на спътниците, за текущото време и т.н.;
- синхронизация с външни устройства;
- приемане на поправки за псевдоразстояния от външно излъчващо устройство по допълнителен радиоканал;
- генериране на поправки в псевдоразстоянията за предаване по допълнителен радиоканал на други приемници;
- съхранение на приетата и натрупана информация във вградена памет и карти-памет;
- прехвърляне на съхранената информация на персонални компютри за последваща обработка.

В света съществуват десетки компании произвеждащи GNSS оборудване от геодезически клас. В България широко представени са Leica Geosystems, Topcon-Sokkia, Trimble Navigation и др.

Компанията Trimble Navigation е най-големият в света производител на GNSS апаратура. На пазара е представен широк диапазон от геодезически приемници и спътникова апаратура за най-различни цели, включително: топографски снимки; морска, въздушна и наземна навигация; механизми, контролиращи и управляващи селскостопански, строителни и др, машини и т.н. Тази апаратура се използва и за научни изследвания, за създаване на Географски

информационни системи (ГИС) и др. Компанията е разработила и внедрила в съвременните си продукти технология за ускорено събиране на точни данни; заснемане в автоматичен режим, без използване на клавиатурата на контролера; услуги за създаване и доставка на спътникови корекции от глобалната мрежа с базови станции на Trimble и много други технологични иновации от първостепенно значение в работата на специалистите, работещи с пространствени данни.

Геодезическият клас приемници на Topcon са многофункционални и предназначени за работа в различни области: строителство, управление на селскостопанска техника, хидрография, фотограметрия, картография, кадастър, пътно строителство и др. GPS приемниците на Topcon са способни да измерват височини и координати в местност с милиметрова точност, работят при температури от $+60^{\circ}$ до -30° , имат висока степен на защита от мръсотия и запрашаване.

Геодезическият клас приемници на Sokkia са съвременни, надеждни, многофункционални прибори. Моделите Sokkia съчетават в себе си последните достижения и технически решения на геодезическата спътникова потребителска техника, като едновременно с това са лесно усвоими и от неспециалисти.

Геодезическият клас приемници на Leika са професионални, ефективни, точни и надеждни. Производителят постоянно обновява и допълва съществуващото оборудване с внедряването на нови технологии. Новите приемници на Leika поддържат възможност за работа със сигнали от GPS, Gallileo, Compass, ГЛОНАСС, провеждат измервания в различни режими на работа. За обработка на данните от приемниците на Leika в офисна обстановка се използва програмният продукт Leika Geo Office, който съдържа редица програми, всяка от които е предназначена за обработка на данни, получени по определен начин.

Водещо място в производството на спътниково клиентско оборудване заемат компании, разработващи мултисистемни приемници, използващи при измерванията пространствени координати, изчислявани с помощта на сигнали от няколко глобални навигационни спътникови системи. Един такъв приемник е ProMark 220. Той е създаден на базата на десетилетния опит на компанията в производство на спътниково оборудване и практическия опит на нейните партньори. През 2012 година компанията за производство

на спътникова клиентска апаратура Ashtech, която няколко години преди това придобива Magellan Navigation S.A.S., е придобит от Trimble. В края на 2012 година на пазара на GPS техника е представен приемникът от геодезически клас на серията продукти на Spectra Precision - ProMark 220, който съответства на всички технически характеристики и е икономически изгоден за дейности, свързани със земеустройството и поддръжката на кадастрална карта и кадастрални регистри на поземлени имоти. ProMark 220 е много добър и ефективен двучестотен приемник за RTK измервания. Вградената технология Z-Blade осигурява непрекъснатата работа в режим RTK на дълги базови линии, бърза инициализация и сантиметрова точност, особено когато GPS покритието е незадоволително, но над хоризонта се виждат добре спътници от системата ГЛОНАСС.

Съвместно с комплекса за полева работа Ashtech FastSurvey приемникът ProMark 220 удовлетворява всички изисквания на професионалните геодезисти. Като RTK-rover Ashtech ProMark 220 има възможност за работа с безжични мрежи, голям обем на паметта, бърз процесор, операционна система Windows EmbeddedHandheld 6.5, и е леко компактно портативно двучестотно устройство за максимална мобилност, с което се използват всички достъпни спътници. Разработен е за максимална производителност в режим RTK, с минимално време за инициализация и бързо фиксирано решение. Приемникът е 45 канален.

Този приемник осигурява сантиметрова точност при позициониране в реално време, има пълен набор от средства за безжична връзка, с максимална производителност, може да бъде използван като навигационен или ГИС приемник. Приема сигналите от L1 C/A и L2 на GPS, L1 / L2 P-code, L2C и L1 C/A и L2 C/A на ГЛОНАСС, има самостоятелни канали за SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS. Апаратът има GSM/GPRS-модем, Bluetooth, Wi-Fi-портове, USB. Разполага с виртуална буквено-цифрова клавиатура с възможност за достъп до програмното меню и др. Уредът има 3,5 инчов цветен сензорен TFT-дисплей с висока разделителна способност, процесор Marvell PXA 320, 806 MHz, памет 2GB, SDRAM: 256 MB, SDHC-слот и Li-Ion батерия 6600 mAh, като може да работи повече от 8 часа с едно зареждане. Снабден е с мултимедия и сензори като 3 мегапикселова камера и микрофон, електронен компас и акселерометър.

При полеви измервания апаратът извършва напълно независими кодови и фазови измервания, бързо открива и възстановява в случай на загуба GNSS сигналите, има модерна технология за снижаване на влиянието на многолъчевостта. При различните режими на работа високата точност предполагат наличието на минимум пет спътника в течение на целия период на наблюдения. Наличието на голям брой отразени сигнали, високо значение на PDOP и лоши атмосферни условия водят до снижаване на точността.

В гредски условия с високи здания, с плътно застрояване или под короните на дърветата използването на GNSS оборудване е сложно или даже невъзможно. Но в места неудобни и трудно достъпни за работа със спътников приемник е много важно да може да се работи нормално. Spetra Precision разработва технологията за позициониране Z-Blade, която е достъпна в серия GNSS приемници. Тази уникална технология оптимизира работата на оператора-геодезист като обединява и обработва сигнали от различни GNSS системи. В резултат от този подход се постига независимост от системата GPS и позволява съвместното използване на всяка комбинация от GNSS спътници. Технологията значително увеличава количеството на фиксирани RTK решения в области, където видимостта на спътниците е ограничена, като тези решения позволяват продуктивна и ефективна работа.

Основна идея в тази системна разработка е използването на всеки спътник, достъпен в небето, като равен на всеки друг – техните сигнали могат да се използват като взаимнозаменяеми за изчисляване на местоположение. В този подход не се търси опора в GPS сигналите и в действителност RTK позиционирането може да бъде без участието на GPS спътници изобщо, например, само със спътници на ГЛОНАСС. Този подход значително увеличава вероятността за определяне на местоположението и инициализация в режим RTK даже в места, където много спътници не се виждат заради препятствия. С технологията Z-Blade вече не е необходимо да има минимално количество спътници от системата GPS за извършване на пространствени GNSS/GPS измервания. Достатъчно е да се наблюдават минимално количество спътници (минимум 5 спътника за инициализация в RTK) от която и да е спътникова GNSS система за получаване на фиксирано решение при RTK.

Програмният софтуер FastSurveye осигурява максимална прецизност при обектно заснемане, съдържа топографски функции,

които обикновено са свързани с работа с двучестотни приемници и представляват разширени формати на данни с поддръжка на местни координатни системи. Добавените опции дават възможност за комбинирана работа с широк спектър от прибори и приспособления за провеждането на комплексни специализирани дейности като калибровка на точките и трасирането им на терен. Офисният софтуер GNSS Solutions е компактен програмен пакет с всички инструменти, необходими за успешна обработка на спътникови данни. Той съдържа разширени алгоритми за определяне на грешките и механизми за анализ на качеството, за да се осигурят точни и достоверни резултати. Може да се извърши автоматично повторение на анализа на наблюдения, изравняване на геодезическа мрежа по метода на най-малките квадрати и др. Възможен е импорт на векторни или растерни файлове, което позволява да се съпоставят данните от заснемане с картографска основа, за да се подготви план за теренни работи.

Спътниковите приемници Spectra Precision Promark 700 и Spectra Precision SP80 са предназначени за измерване на координатите на точки от земната повърхност при изпълнението на кадастрови и земеустройствени работи, както и за създаване и обновяване на топографски карти и планове в графичен, цифров или друг програмно приложим формат.

Принципът на действие на геодезическите спътникови приемници Spectra Precision Promark 700 и Spectra Precision SP80 се състои в измерването на времето за преминаване на сигнала от спътника до антената на приемника и изчисляване на разстоянието до спътника.

Конструктивно приемниците са с пластмасов частично гумиран корпус, в който е вградена спътникова геодезическа антена и е интегриран приемник. Управлението на апаратурата се осъществява с помощта на контролер. Получената от спътниците информация се записва във вътрешната памет на апаратурата. Обемът на вътрешната памет на Spectra Precision Promark 700 е 6 mb, а Spectra Precision SP80 – 2GB. В долната част на спътниковата геодезическа апаратура Spectra Precision Promark 700 са разположени бутоните на хранването, светодиоден индикатор за хранването и зареждането му и индикатор, указващ свързването с контролера. Има възможност за използване на външен източник на хранване през порт RS-232 и свързване към персонален компютър. На

предния панел на геодезическата спътникова апаратура Spectra Precision SP80 са разположени копчето за включване/изключване на апаратурата, системен дидплей, светодиодни индикатори за нивото на заряда на акумулаторите, копче за разглеждане и за запис на данни. Има един слот за добавяне на карта-памет и един слот за поставяне на SIM карти за осигуряване на GSM/GPRS-връзка, защитени с гумирани капачета. В долната част на корпуса на апаратурата има две гнезда за поставяне на акумулаторни батерии. И в SP80 има възможност за включване на апаратурата към персонален компютър и USB. Всички вътрешни крепежни винтове на апаратурата са надеждно пломбирани със специален лак. В тях има програмен софтуер – „ProMark 700Firmware” и „SP80Firmware”. За контролерите се използва програмен софтуер „Spectra Precision Survey Pro”, “Fast Survey”, а така също „Ashtech GNSS Solutions”, “Spectra Precision Survey Office 32 bit”, “Spectra Precision Survey Office 64 bit”, които се инсталират на компютър. С тяхна помощ се настройва и управлява работния процес, съхраняват и предават резултатите от измерванията, както и от постобработка на суровите данни от измерването. При съвместната работа на апаратната и програмната част се осигурява необходимата точност на крайните резултати.

- Spectra Precision ProMark700 има 220 канала и работи със сигнали на GPS: L1, L2, L2P, L2C; ГЛОНАСС: L1, L2 и SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN.
- Spectra Precision SP80 има 240 канала и работи със сигнали на GPS: L1, L2, L2P, L2C, L5; ГЛОНАСС: L1, L2; Galileo: E1, E5A, E5B; BeiDou: B1, B2; QZSS: L1, L2, L5; SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN.

И двете апаратури са с вътрешна антена и работят в режими на измерване : Статика, Бърза статика, Кинематика, Кинематика в реално време. Методиката на измерванията е разработена в документите достъпни на английски, руски и други езици в Интернет. Рускоезичните версии са «Апаратура геодезическая спутниковая Spectra Precision ProMark700. Руководство по эксплуатации» и «Апаратура геодезическая спутниковая Spectra Precision SP80. Руководство по эксплуатации».

Един все още често използван в България едночестотетен спътников приемник от висок клас е произведеният през 2006 година от компанията Magellan ProMark3 RTK – едно добро решение

за геодезически заснемания, картографиране и събиране на ГИС данни. Използването на патентованата технология за обработка на сигналите BLADE позволява ProMark3 RTK да работи много бързо в режим на работа в реално време. Технологията за обработка на спътникова информация BLADE осигурява системна точност в режим реално време, при постобработката и при картографиране. Уникалният RTK алгоритъм за ускорение на инициализацията и гарантирането на сантиметрова точност и надеждност определят ProMark3 RTK като базова платформа за развитие на приемници от следващите поколения. Този приемник не затруднява оператора при работа с него.

С широкия спектър от функции за геодезическо заснемане, картографиране, оперативен мониторинг и събиране на ГИС данни, поддръжка на фоновите карти с формати .SHP, .MIF, .DXF, .CSV и т.н., ProMark3 RTK дава широки възможности за заснемане в реално време, като се задейства опцията Fast Survey. Това съвременно полево програмно решение традиционно се използва при скъпоструващи апаратури за работа в режим RTK и позволява пълноценно да се работи при трасировка и заснемане на обекти, разширена съвместимост с тахеометри и др.

ProMark3 RTK може да се използва в две конфигурации:

- система „база + роувър“ с използването на широколентов радиомодем с технология „plug and play“, който се зарежда и настройва от приемника;
- „само роувър“ с включване към мрежите от базови станции чрез мобилен телефон, поддържащ GPRS или като използва NTRIP и директен IP адрес за интернет връзка.

Приемникът работи с програмният софтуер за персонален компютър GNSS Solutions.

ProMark3 RTK гарантира висока точност в широк спектър от режими на заснемане, като: режим за работа в реално време, кинематичен режим на работа със запис на „сурови“ данни и постобработка, картографиране. Приемникът е подходящ за изпълнение на дейности, свързани с измервания в строителството, инвентаризация на земи и кадастрови работи и др.

При работа в система „база + роувър“ конфигурацията дава предимство за работа на оператора, ако мрежата от референтни станции е недостъпна или той не желае да използва диференциални поправки от трета страна. Широколентовите модеми удовлетво-

рват стандарта IP65, захранват се непосредствено от приемника и лесно се настройват от менюто.

ProMark3 RTK може да се използва и само като rover (странстваш), който използва данни с диференциални поправки през GSM/GPRS клетъчна мрежа. Приемникът се свързва с телефона през Bluetooth.

ProMark3 RTK може да получава поправки от всяка GPS мрежа, като използва директен IP адрес и NTRIP. В конфигурация „единичен роувър“ производителността в реално време зависи от качеството на мрежата (т.е. разстоянието до станцията, разстоянието между станциите, качеството на Виртуалната референтна станция – VRS).

ProMark3 RTK има режим за постобработка. “Суровите“ данни, записани в режим RTK, могат да бъдат обработени в офисното компютърно приложение GNSS Solutions за повишаване на точността на заснемането. Постобработката гарантира качество на събраните данни. Той позволява на специалиста да работи със всички поддържани от ГИС файлове. При теренни картографски работи данните могат да бъдат обновени и да се заредят обратно в ГИС системата. В режим на картографиране ProMark3 RTK осигурява сантиметрова точност при определяне на координатите. Този приемник от геодезически клас е с усъвършенствани програмни функции за RTK и разполага с полева програмна съвместимост с широк спектър от геодезическо оборудване чрез Fast Survey опцията, като освен това се разширява броят на достъпните работни формати за данни и местни координатни системи. Fast Survey включва топографски функции, които обикновено се асоциират с двучестотно оборудване.

Тези функции улесняват заснемането, и трасирането на местоположението на площи и други обекти. Постобработката с GNSS Solutions се извършва с усъвършенствана функция за проверка за грешки и анализ на качеството за осигуряване на точни и достоверни резултати. Автоматичната повторна проверка, анализ на наблюденията и изчисления по метода на най-малките квадрати са в основата на компютърната програма. Данните от заснемането се изобразяват в графична и таблична форма. Опцията за въвеждане на растерни и векторни карти дава възможност да се обединят различни проекти с данни от заснемания и да се планират дейности. Приемникът ProMark3 RTK може да се разглежда като мобилна

картографска система с програми, осигуряващи възможност за цялостно набавяне на ГИС данни и навигация. Програмният продукт MobileMapper Office свързва приемника с ГИС-база и осигурява удобни функции като:

- бързо и леко редактиране и експорт на данни във формати като: .SHP, .MIF, .DXF и .CSV формати;
- зареждане или създаване на векторни фонови карти за използване в полето;
- поддръжка на растерни изображения;
- постобработка.

Програмата има редактор за библиотеки, който създава списък на обектите и атрибутите за описание на ГИС-характеристики, като такива библиотеки могат да се записват автоматично чрез прочитането на .SHP и .MIF файлове.

Технологията BLADE дава възможност на ProMark3 RTK да надмине другите едночестотни приемници и да осигури надеждна работа в режим реално време, като запазва мобилността на системата и гарантира бърза инициализация и точност. Апаратът е снабден с радиомодеми и аксесуари за работа, конструиран е с приятен интерфейс и е лек при работа, с пълна цифрово-буквена клавиатура, с която лесно се настройва базата за работа в режим реално време. С ProMark3 RTK бързо се работи както в полето, така и в офиса. Този приемник от високия геодезически клас заслужава толкова голямо внимание, защото ProMark3 RTK позволява да се правят заснемания в режим реално време (с използване на пакети с диференциални поправки от базова станция през GSM) и заснемания в режим за постобработка, но освен това е добър инструмент за ГИС и картографиране без допълнителни инвестиции в оборудване и обучение.

2.2 Приложение на глобалните навигационни спътникови системи за позициониране (GNSS) в прецизното земеделие

Геодезистите създават координатната основа за електронните карти на земеделските стопанства. Основните достижения на технологиите от новото хилядолетие, използвани в прецизното земеделие на основата на методи на геодезията се базират на:

- автоматизацията на сложни изчислителни задачи, които са свързани с целия спектър на геодезическите дейности;

- спътниковите методи за определяне на координати – оперативно и с голяма точност;
- методите на точната навигация на селскостопанските колесни и верижни машини и транспорт;
- методите за дистанционно проучване на повърхността на Земята с различни лъчи от електромагнитния спектър, както от повърхността, така и от космоса, с цел картографиране и събиране на оперативна и пълна информация[40] .

Съвременните методи на геодезията позволяват много бързо да се получи не само координатна информация и скоростта на движение на обекти в пространството, но и качествена информация за всеки обект от местността – напеимер, физически и химически свойства на почвата, въздуха, водата и др. и тяхното изменение във времето [7].

Прецизното земеделие се основава на информационните технологии, като с извличането на данни от множество източници се обосновават решения по управлението на посевите и се прави анализ на резултатите от мониторинга на изследваните площи.

Мониторингът в селското стопанство и прецизното земеделие е свързани с:

- уточняване на площите, заети от определени земеделски култури;
- оценка на състоянието на посевите на различни фази от вегетацията;
- откриване на заболявания и на увредени от насекоми земеделски култури;
- определяне на последствията от неблагоприятни природни явления, оценка на загубите;
- прогнозиране на добивите.

Мониторингът в горското стопанство включва:

- определяне на площите заети от определена растителност;
- отразяване на незаконните сечища;
- отразяване на заболяла и повредена от вредители растителност;
- определяне на последствията от неблагоприятни природни явления, оценка на загубите от пожари.

Резултарите от мониторинга се нанасят на електронни карти на полетата, анализът на които води до изработване на управленски

решения. Може прецизното земеделие да се определи като: управление на продуктивността на посевите, като се вземат под внимание локалните особености вътре във всяко поле и оптималното управление на растениевъдството на всеки квадратен метър от полето за получаване на максимален приход и икономия на стопански и природни ресурси [40]. Всяко поле се разглежда като нееднородно по отношение на почвената му покривка; релеф, съдържание на минерали и други полезни елементи за растенията, влажност и т.н. За всеки участък в границите на едно поле се разработват технологии, насочени към получаване на предвидените количества добив от единица площ при максимална възможност на възобновяване на ресурсите [40]. Механизацията на селското стопанство преди всичко обхваща придвижването на селскостопански машини по определени пътища, както в пределите на един обработваем участък, така и между участъците. Тези пътища могат да се отличат на цифрова карта на местността, както и да се съхранява в паметта на компютъризирано електронно устройство, монтирано в селскостопанска машина [40].

За внедряването на прецизното земеделие в земеделските стопанства, земеделските производители трябва да разполагат със:

- съвременна селскостопанска техника, управлявана от бордови компютър;
- системи за точно позициониране в местности – всички апаратни средства на прецизното земеделие се базират на GNSS/GPS навигации;
- достоверни селскостопански електронни карти;
- космически снимки на култивираната територия и програми за автоматизирано събиране от тях на селскостопанска информация или снимки от безпилотни летателни апарати;
- технически системи, показващи с наземни способи нееднородните условия в полето, системи за автоматично отчитане на добивите, системи за управляемо и точно дозиране на торовете и другите селскостопански химически съединения, използвани в земеделското производство, компютърни програми за отразяване и анализ на данните на основата на постепенно създаващата се ГИС.

Точното (координатно) земеделие дава възможност да се създават и съхраняват на електронни карти различни слоеве – резултати от почвени анализи, предишни култури, отглеждани на това поле, киселинност на почвата и др.

Точността на системите за паралелно управление при агротехнически дейности се осигурява от режим на диференциални поправки, който се използва при пръскане с химикали и торове; при засяване, изораване, браздене или брануване на полето (изравняване) и други. [40].

Съществуват два способа за създаване на електронни карти:

- оцифровка на контурите чрез обиколка на полетата, пътищата и другите необходими за селското стопанство обекти с GPS приемник на автомобил или трактор;
- отделяне и оцифровка на границите на полетата по растерни аерофото снимки или космически снимки.

За целта растерните снимки, които се векторизират, за да се използват, трябва да бъдат приведени към единен мащаб и с координати в една и съща система.

В обобщение, може да се отбележи, че геодезическите работи при точното земеделие се свеждат до създаването и перманентното обновяване на точни топографски планове на посевните площи, и прилежащата пътна инфраструктура отразени във вид на електронна карта. Тя е поле с единно координатно-времево информационно пространство, съвместимо с потребителската техника, с която се използва. Оборудването и софтуера са на различни производители и доставчици и потребителите могат да избират според точността, обхвата, надеждността и цената на системите и услугите.

ГЛАВА ТРЕТА

СПЕЦИАЛИЗИРАНА GNSS/GPS ПОДДРЪЖКА НА КАДАСТРАЛНАТА КАРТА И КАДАСТРАЛНИТЕ РЕГИСТРИ

Според Конституцията и законите на Република България земеделските земи са национално богатство и като такива трябва да бъдат запазени в непроменен вид, доколкото е възможно и да се използват само за земеделски цели. Тяхното основно предназначение е производство на растителна продукция и паша на добитък, които трябва да се извършват по начин, неувреждащ почвеното плодородие и здравето. Съществува обща забрана върху земеделски земи да се извършват дейности, които не са свързани с обработване на земята с цел произвеждане на земеделска продукция.

Картата на възстановената собственост (КВС) на Министерство на земеделието, храните и горите (МЗХГ) поетапно в следващите няколко години ще бъде преобразувана в кадастрална. Така с минимални усилия и без големи разходи кадастралното покритие на страната ще се вдигне от 18% на 92%. Това става възможно с промени в Закона за кадастъра и имотния регистър. Имотните партиди, които са базирани на система от данни за собственика преминват в система, базирана на данните на имота, както е в развитите страни. Целта на промените в Закона за кадастъра и имотния регистър е с облекчена процедура, да се осигури покритието на страната с кадастрална карта и регистри, за да се спазят европейските норми и изисквания. Тази карта представлява съвкупност от карти и планове. Те са одобрени по реда на Закона за собствеността и ползването на земеделските земи и Закона за възстановяване на собствеността върху горите и земите от горския фонд. Тези карти са били подложени на административен контрол за законосъобразност на тяхното създаване. По тази причина не се предвижда да подлежат на обжалване при тяхното преобразуване в кадастрална карта.

Промените в Закона за кадастъра и имотния регистър са свързани със създаването на имотните партиди. С тази промяна се цели реалното обвързване на идентификатора на имота от кадастрал-

ната карта с данните за собственост, ипотеки, неговата цялостна история и правно състояние. Така, когато някой купува имот, ще има пълната история и обследване за него по отношение на собственици и тежести.

През м. януари 2015 г. е изготвена Концепция за ускорено създаване на кадастрална карта и кадастрални регистри и за ускоряване процеса по създаване на имотен регистър. На база на изготвената Концепция е създаден Закон за изменение и допълнение на Закона за кадастъра и имотния регистър за реализиране на реформата, чрез който се регламентира опростена процедура за създаване на кадастрална карта и регистри за територията на страната, включително и за неурбанизирани райони. Съсредоточаването на кадастралната информация в един административен орган дава възможност за по-бързо и облекчено реализиране на големи инвестиционни проекти и намаляване на административната тежест за бизнеса. Реализира се опростена процедура за отстраняване на установени фактически грешки в кадастралната карта или картата на възстановената собственост и се увеличава обема на електронните кадастрални услуги – бързо и качествено административно обслужване на гражданите с кадастрални данни.

Създаването на кадастрална карта за значителна част от територията на страната е предпоставка за създаването на многофункционален кадастър - специализирани карти, поддържане на информация за комуникационни съоръжения, техническа и социална инфраструктура и др. С нарастване на териториите с одобрена кадастрална карта и кадастрални регистри ежегодно се увеличава и броят на гражданите и клиентите, на които АГКК предоставя административнотехнически услуги.

Един от приоритетите на държавата в областта на земеделието е ефективното управление и стопанисване на поземления фонд и създаване на условия за развитие на пазар на земеделската земя съобразно държавните интереси и нормативните изисквания на Европейския съюз. В рамките на изпълнението на тези задачи се организира кадастъра и имотния регистър. Със Закона за кадастъра и имотния регистър е уредена организацията, финансирането, създаването, воденето и ползването на кадастъра и имотния регистър. Законът предвижда, че кадастърът и имотният регистър са свързани чрез двустранна връзка въз основа на идентификатора на недвижимите имоти.

Основните данни за недвижимите имоти в имотния регистър се получават от кадастъра. Данните за правото на собственост и другите вещни права върху недвижимите имоти в кадастъра се получават от имотния регистър, който се състои от партидите на отделните недвижими имоти. От 13.01.2017 година е в сила Наредба № РД-02-20-5 от 15 декември 2016 година за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри, издадена от Министерството на регионалното развитие и благоустройството [55]. Едновременно с това, Министерството на земеделието, храните и горите поддържа картата на възстановената собственост, която обединява данните от плана за земеразделяне, картата на съществуващите стари реални граници, картата на възстановимите стари реални граници на земеделските земи и КВС. Все още обслужването на гражданите с кадастрална информация, в местата, където не са изградени и влезли в сила кадастрална карта и кадастрални регистри, обслужването на гражданите се извършва от три администрации – Министерство на земеделието, храните и горите, общинските администрации и Агенцията по геодезия, картография и кадастър.

Областните дирекции „Земеделие“ и техните териториални подразделения - общинските служби по земеделие, обслужват населението с данни и извършват услуги, свързани с поддържането на КВС на землища.

Техническите дейности по поддържане на КВС се изпълняват по договор с външни изпълнители – правоспособни лица. И при новите законови и административни реалности след извършването на необходимите технически дейности за преобразуване на данните от КВС в Кадастралната карта и кадастралните регистри (КККР) и съвместяване на външната граница на КВС със строителната границата на населеното място, за поддържането на ведомствения кадастър на МЗХГ относно ползването на земеделските земи, е необходимо предоставянето на данните от АГКК да бъде в обем и вид, позволяващ работа с тях: предоставяне на данни за имотите – стар № от КВС, площ, начин на трайно ползване, собственици и др.

Създаването на кадастралната карта и кадастралните регистри за неурбанизираните територии се осъществява поетапно, съгласно график, утвърден с годишната програма на АГКК. Кадастралната карта и кадастралните регистри се създават и поддържат

по землища или по райони на градове [23]. Землището е съвкупността от поземлените имоти, принадлежащи към дадено населено място [55]. То включва териториите с еднакво трайно предназначение, границите на които се изобразяват в кадастралната карта, а именно:

- урбанизирани територии (населени места и селищни образувания) - определени с подробен устройствен план, съответно със застроителен и регулационен план или околоръстен полигон, или са такива по начин на трайно ползване, доколкото това не противоречи на закон;
- територии на транспорта;
- земеделски територии;
- горски територии;
- територии, заети от води и водни обекти;
- защитени територии;
- нарушени територии.

При определянето на землищна граница се спазват следните изисквания:

- землищната граница да минава при възможност по реки, дърета или по едната страна на пътища, железопътни линии, по структурни линии на терена, други трайно съществуващи обекти на терена, както и да има минимален брой чупки;
- землищната граница да минава по граници на поземлени имоти.

Границите се установяват от комисия, назначена от областния управител. Точките от землищните граници могат да бъдат означени върху терена с трайни знаци по преценка и за сметка на общинската администрация [55].

Границите на землището на населеното място, на държавния горски фонд и границите на земеделските земи се установяват от кадастъра и други източници (чрез кадастрален план, комасационен план или частичен земеустройствен план преди образуването на ТКЗС и ДЗС, като за установяването на границите могат да се използват и стари геодезически снимки, аерофотоснимки, дешифровъчни фотокопия, ортофотопланове и скици на имоти, издадени от техническите служби на общината) и се отразяват върху топографска картна основа в мащаб не по-дребен от 1:10000.

Наличието на кадастрална карта и кадастрални регистри подпомага процеса по гарантиране на правото на собственост на

държавата, общините, физическите и юридически лица. С оглед постигане на оперативна съвместимост на системите, както и обезпечаване на електронното обслужване е необходимо създаване на цифрови данни за основни регистри, какъвто е кадастралният регистър, базиран на цифрови кадастрални данни.

Кадастърът е съвкупност от основни данни за местоположението, границите и размерите на недвижимите имоти на територията на Република България.

Кадастърът обхваща:

- данни за правото на собственост върху недвижимите имоти;
- данни за другите вещни права върху недвижимите имоти;
- данни за държавните граници, границите на административно-териториалните единици, землищните граници и границите на територии с еднакво трайно предназначение;
- данни за зони на ограничения върху поземлените имоти [23]

Данните се нанасят върху кадастрална карта и се записват в кадастрални регистри. Кадастралната карта съществува в електронен вид. В цифровия модел пространствените обекти се описват чрез атрибути. Геометрията на обекта е един от неговите атрибути [4]. Елементите на регистъра също са атрибути на обекта, като площта на имот се определя чрез координатите на определящите го точки. Цифровият модел е с нормативно установен формат и съдържание.

Кадастърът се създава, поддържа и съхранява от Агенцията по геодезия, картография и кадастър към министерството на регионалното развитие и благоустройството. Основна единица на кадастър е поземленият имот. Той е част от земната повърхност, включително и тази, която трайно е покрита с вода, определена с граници съобразно правото на собственост. Всеки поземлен имот има трайното предназначение на територията, в границите на която се намира. Промяната на трайното предназначение на част от поземлен имот води до образуване на отделни имоти, като всеки имот получава идентификатор, който е уникален номер, чрез който недвижимият имот се посочва еднозначно за територията на страната. Идентификаторът включва задължително кода по Единен класификатор на административно-териториалните и териториалните единици (ЕКАГТЕ) на населеното място, на чиято територия е имотът. Той се дава от службата по геодезия, картография и кадастър.

Основни кадастрални данни са:

- за поземлен имот: идентификатор; граници и площ, определени с геодезическите координати на определящите ги точки; трайно предназначение на територията, начин на трайно ползване, адрес;
- за сграда и съоръжение на техническата инфраструктура, в което има самостоятелен обект: идентификатор; граница и/или очертание на сградата и съоръжението; застроена площ, определена с геодезическите координати на определящите точки; брой етажи; предназначение; адрес;
- данните за държавните граници, границите на административно-териториалните единици, землищните граници и границите на територии с еднакво трайно предназначение и други [55].

Кадастралната карта и кадастралните регистри се изработват в цифров, графичен и писмен вид и се поддържат в цифров вид [23]. Одобрените кадастрална карта и кадастрални регистри се въвеждат в информационната система от службата по геодезия, картография и кадастър.

Водят се кадастрални регистри на:

- недвижимите имоти - обект на кадастър;
- точките от геодезическата основа;
- границите на административно-териториалните единици;
- идентификаторите и промените им.

Кадастралният регистър на недвижимите имоти , който е обект на кадастър съдържа:

- основните данни за имота без данните за граници на поземлен имот, на сграда и на съоръжение на техническата инфраструктура, в което има самостоятелен обект;
- данните за собственика на недвижимия имот и за акта, от който собственикът черпи правото си;
- данните за другите вещни права върху недвижимия имот;
- номера на партидата на имота в имотния регистър;

В кадастър се отразяват и зони на ограничения върху поземлени имоти, които произтичат от сервитут или ограничение, възникнало въз основа на нормативен акт, административен акт или договор. За зоните на ограничения се води регистър.

Кадастралната карта и кадастралните регистри се поддържат в актуално състояние, като се изменят при установяване на:

- изменения в данните за обектите на кадастъра, настъпили след влизането в сила на кадастралната карта и кадастралните регистри;
- непълноти или грешки;
- явна фактическа грешка.

Измененията в кадастралната карта и кадастралните регистри се извършват от Службата по геодезия, картография и кадастър по местонахождение на имота. Извършват се по заявление от собственик или друго лице, когато това е предвидено в закон, или въз основа на служебно постъпила информация от ведомство или община. Измененията в кадастралната карта и кадастралните регистри за територии, в които попадат повече от 50 поземлени имота, могат да се извършват по искане на кмета на общината. За извършване на измененията в кадастралната карта се изработва проект в цифров и в графичен вид, в които новообразуваните имоти са индивидуализирани с граници и идентификатор. Проектът се изработва от правоспособно лице по кадастър [23].

Службата по геодезия, картография и кадастър издава скица-проект за недвижим имот, който не е отразен в кадастралната карта и кадастралните регистри, въз основа на проект за изменение в случаите на:

- делба;
- отчуждаване на част от поземлен имот;
- промяна на граница по взаимно съгласие на собствениците;
- съединяване на поземлени имоти на различни собственици;
- снабдяване с акт за придобито по давност право на собственост или друго вещно право върху недвижим имот;
- член 19, ал. 6 от Закона за собствеността и ползването на земеделските земи за издаване на решения за възстановяване на правото на собственост върху поземлен имот;
- индивидуализиране на имоти, които са предмет на прехвърляне, отчуждаване или придобиване на право на собственост.

Измененията в кадастралния регистър на недвижимите имоти се извършват при:

- възникване на нови или при промяна на данните, подлежащи на записване;
- отпадане на основанието за извършено записване.
- констатиране на несъответствие между данните в кадастралния регистър на недвижимите имоти и източника, удостоверяващ данните.

- изпълнение на влязло в сила съдебно решение;
- разделяне, съединяване или промяна на граници или очертавания между съседни имоти, собственост на едно и също лице;
- нанасяне на нови, както и разделяне, съединяване или заличаване на съществуващи сгради или самостоятелни обекти в сгради или в съоръжения на техническата инфраструктура;
- повторно определяне на координатите на граничните точки на поземлен имот;
- нанасяне на граници на поземлени имоти въз основа на:
- влязъл в сила подробен устройствен план;
- прилагане на влезлите в сила неприложени дворищнорегулационни планове;
- влязъл в сила план за уедряване;
- влязал в сила план на новообразуваните имоти.

Фактическа грешка се отстранява от Агенцията по геодезия, картография и кадастър по заявление от заинтересовано лице или при установяването ѝ от службата по геодезия, картография и кадастър, въз основа на проект за изменение на кадастралната карта и кадастралния регистър на недвижимите имоти, изработен от правоспособно лице, по възлагане от Агенцията или по възлагане на заинтересовано лице. Обхватът на проекта включва всички поземлени имоти, засегнати от установената явна фактическа грешка.

Не се смята за непълнота или грешка в кадастралната карта разликата в координатите на точка от граница, определена от кадастралната карта и чрез геодезически измервания, когато е по-малка от допустимата, определена с наредба.

АГКК предоставя безвъзмездно за ползване кадастрални данни на ведомства и общини за изпълнение на правомощията им, произтичащи от закон, с някои специфични изключения. Предоставянето на данните се извършва чрез информационната система на кадастъра, като МЗХГ безвъзмездно предоставя данните на земеделските стопани [23].

Геодезическата основа на кадастралната карта включва:

- точките от държавната геодезическа мрежа (ДГМ);
- точките от геодезическите мрежи с местно предназначение (ГММП);
- точките от работната геодезическа основа (РГО);
- станциите от инфраструктурните мрежи, определени чрез

Глобална навигационна спътникова система (GNSS), получили удостоверение за оценка на съответствие по реда на Инструкцията за определяне на геодезически точки с използване на GNSS [27].

Геодезическата основа е материализация на избрана референтна координатна система. На определени, подходящи места в територията се изграждат специални трайни знаци, като целта е за определения знак да се определят референтните координати в избраната координатна система. Точките от геодезическата основа (основни точки) материализират плановата и височинната референтни координатни системи. В зависимост от вида на мрежата и начина на определяне, за основните точки се използват различни термини – триангулационни, полигонови, нивелачни репери, точка от ГММП и други. Точките от геодезическата основа служат за планови и височинни определения в референтната координатна система при всички практически задачи в геодезията – в строителството, при изработване на планове и карти, при определяне на граници и други.

Класификация на геодезическата основа според метода на координатно определяне:

- триангулационни точки;
- полигонови;
- GNSS определения (GPS, точки от ГММП геодезическа мрежа с местно предназначение).

При създаването на триангулационни точки координатите на точките се определят чрез наблюдения, които образуват триъгълници с върхове точките от геодезическата основа. Определянето започва от точки с известни координати. С измерване на посоки и дължини се определят координатите на новите точки. Новоопределените са от по-нисък клас. Класа на мрежата отговаря на йерархичното ѝ ниво.

Работната геодезическа основа е множество от точки, които са стабилизиращи на предварително избрани места, подходящи за извършване на конкретни геодезически измервания. За определяне координатите и котите на точките от работната геодезическа основа се извършват геодезически измервания, които се обработват съвместно. Точките от РГО са свързани с основните точки от по-висок клас чрез измерванията. При определяне на координатите и котите на точките от РГО, координатите и котите на точките от основната мрежа се приемат за дадени. Точка, която определя грани-

ца на поземлен имот, на сграда или на съоръжение на техническата инфраструктура се нарича подробна точка.

Геодезическа снимка е метод за определяне на местоположението на характерни точки от обекти в реалността [27]. Чрез геодезически измервания и изчисления се определят пространствени координати и височини на характерни точки на обектите, а от там и взаимното положение на обектите в пространството. Снимачните методи в геодезията са в основата на създаването на карти и планове. Целта на административната услуга е да отрази в кадастралната карта изменение, водещо към промяна на границите на поземлените имоти и очертаванията на сградите [4]. При създаване на нови обекти на кадастъра, както и при допълване на непълноти и поправяне на грешки, се изработва скицата-проект за изменение в кадастралната карта по образец.

В резултат се удостоверяват настъпилите промени в границите на недвижимия имот в съответствие с документа за собственост или учредени други вещни права [23]. Необходими документи за извършване на процедурата са:

- заявление на заинтересованото лице или негов представител до СГКК, в което се указва срокът за изпълнение и видът на исканата услуга;
- скица-копие от кадастралната карта;
- изходни материали и данни получени от СГКК;
- документ за собственост или друго вещно право върху недвижимия имот;
- пълномощно, когато молбата се подава от пълномощник;
- данни/копие от платежни документи за внесена такса за получаване на изходни материали и данни, както и за нанасяне на измененията в кадастралната карта и кадастралните регистри;
- данни за правоспособното лице, извършило заснемането;
- застрахователна полица за застраховка на правоспособното лице, съгласно изискването на ЗКИР;
- други документи, удостоверяващи основанието за заснемане на граница на поземлен имот или сграда [55].

Заявлението се адресира до СГКК по местонахождение на недвижимия имот. Ако изискваните документи са налице и няма недостатъци и са подадени от заинтересованото лице или негов представител, регистрацията на искането се извършва в момента

на подаването на документите. Заснемането се отразява в скица-проект с регистър на координираните точки от правоспособното лице в присъствието на заинтересуваните лица. Скицата-проект е официален документ, издаден от АГКК въз основа на приет проект, който е основание за изменение на граници и/или очертания на обектите на кадастъра.

Длъжностното лице извършва контрол и проверка на скицата-проект от заснемането, извършено от правоспособното лице и материалите и данните за изменение в кадастралната карта и кадастралните регистри. След извършената проверка се нанасят измененията в кадастралната карта и кадастралните регистри, като се архивира старото състояние на имота. Пълната документация за трасиране, означаване и координиране на поземлен имот се съхраняват постоянно във досие за всеки имот, засегнат от промяната.

Скицата на поземлен имот е копие от кадастрална карта в М 1:500 или 1:1000, която се издава за конкретен имот. Съдържа границите на дадения поземлен имот, както и границите на съседните. Скицата се предава в комплект с данните от кадастралния регистър на хартиен носител. Скици на поземления имот се издават само на собственици или на специално упълномощени от тях лица, като на първо място стои въпросът за точното определяне на границите на притежаваните поземлени имоти [11].

Отбелязването върху местността на различни точки, прави, равнини или повърхнини, координатните данни за които са предварително известни се нарича трасиране. Трасирането е обратно действие на заснемането. При трасирането взаимното положение на точките е определено въз основа на даден чертеж, план или цифров модел, които трябва да бъдат приложени върху местността [11].

Координатите на точките, определящи границите на поземлените имоти, на сградите и на съоръженията на техническата инфраструктура, както и означените точки от землищните граници се определят чрез геодезически измервания или се извличат от цифровите или графичните планове или карти. Измерванията с GNSS се извършват в съответствие с чл. 30, т. 2 от Инструкцията за определяне на геодезически точки с помощта на GNSS [27]. Границите на поземлените имоти от одобрен и влязъл в сила план се нанасят в кадастралната карта.

За възстановяване на имоти, които не са отразени в кадастралната карта, се издава скица-проект. След издаване на възстановителното решение имотите се отразяват в кадастралната карта.

Геодезическите измервания обхващат означени граници на съществуващите и новите обекти на кадастъра в обхвата на изменението и проектните граници след трасиране, както и граници на трайни топографски елементи с естествен или изкуствен произход в неурбанизирана територия, когато представляват граници на имоти. Изменения в кадастралната карта се извършват, след като собственикът означава границите на имота си. Към проекта за изменение на кадастралната карта се съставя протокол за определяне на означените съществуващи и/или трасираните проектни граници, който се подписва от възложителя на изменението и правоспособното лице.

Измененията в кадастралните планове се одобряват със заповед на кмета на общината, а за градовете с районно деление - от кмета на района. В огромната си част кадастралните карти се създават чрез преки геодезически, фотограметрични и други измервания и изчисления. Тези геодезически замервания на практика се изразяват в презамерване и преизчисляване на документирани веднъж вече граници [4]. Те са във фундамента на кадастралната система, която е отворена и позволява да се допълва, актуализира и коригира.

Точността в определенията на геодезическите измервания има 4 съставни компонента:

- точност на отчитане – това е точността, с която инструментът определя измервана величина;
- точност на измерване – определя се от грешката в измерваната величина. Изчислява се след обработка;
- точност на резултата - определя се от грешката в изчисления резултат (координати, височини, дължини). Изчислява се след обработка;
- допустима грешка – тя е нормативно установена. Такива са, например, стойностите определени в чл. 18 на наредбата за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри. Ако вземем за пример случай на повторно определяне на точка от граница в урбанизирана територия на кадастралната карта и тази граница е получена чрез преобразуване в цифров вид на план, кадастрален или регулационен, допустимата грешка е 60 см (чл. 18 от Наредба № РД-02-20-5 от 15 декември 2016 година на МРРБ). Ако грешката в определянето на точката е 20 см или

3 пъти по-малка от допустимата, то правоспособното лице прави извод за идентичност на точката [4]. В практиката се приема, че ако точката е определена в рамките на 1/3 от допустимата грешка, е налице абсолютно точно определяне.

* * *

Кадастрална карта и кадастрален регистър се създават и се поддържат в цифров вид с основно предназначение документиране на местоположението и границите на недвижимите имоти и данните за собствеността върху тях, като основната цел на тяхното създаване е определянето на пространствени предели на правата на собственост и определяне на обектите, необходими за имотния регистър. Актуалността на картата се определя от датата на последното изменение в нея. За всяко изменение в кадастъра правоспособното лице подготвя проект за изменение. Проектът се изготвя в цифров вид в определен файлов формат и съдържа:

- границите и подробните точки на обектите – съществуващи и нови;
- обекти на кадастъра – съществуващи и нови;
- данни за собствениците, носителите на други вещни права и актовете, от които черпят правата си.

Проектът за изменение на КККР в цифров вид, се изработва въз основа на данните от скица – проект или комбинирана скица, послужили за издаването на решението. Правоспособното лице извършва дейности като:

- анализ на съществуващи документи, които се отнасят до изменението;
- извършване на геодезически измервания, включително прилагане на проектни граници;
- съвместяване на кадастрална карта с предходни планове.

Изменението в кадастъра се извършва от СГКК по местонахождение на имота. Когато основната работа е свързана с дейности, свързани с изменение на кадастрални карти и кадастрални регистри се създава логистика и планиране на дейностите, така че да се съвместяват една дейност с друга, с цел да бъде използван максимално ресурса и времето, с което се постига икономичност при изпълнение на поръчките. За изпълнение на дейността е добре да се използва перманентната GNSS мрежа. За точно измерване са

необходими диференциални поправки при работа с GPS в реално време. Практически е възможно решение, при което геодезистите, поели поддръжката на кадастралната карта сами те да си ги доставят на подвижния инструмент (rover), като активират собствена базова станция в основния им офис в района. По този начин не плащат на доставчици на такива данни от GNSS мрежите и намаляват стойността на услугата. При идентифициране на имоти и заснемането им в режим на GPS post processing могат да активират собствената базова станция и да не отделят средства за закупуване на данни в RINEX формат от перманентните мрежи.

След присъединяването към ЕС, България се конкурира на общия европейски пазар с едни от най-силно развитите икономики. За разлика от нас, в тези държави се прилага модерна система за управление на земите, включваща поземлено банкиране, комасация и мерки за подобряване на живота в селските райони. Проблемът с разпокъсаността на имотите, недоизградената и амортизирана инфраструктура в селските райони е базов за България. Наличието на пълен и точен кадастър и имотната регистрация са важна част от европейските изисквания към България, които водят до надеждност в защитата на собствеността и капиталите, обезпечават правна защита и сигурност на българските и чуждестранни инвеститори в аграрния сектор от икономиката на държавата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В съвременните условия приемането на оптимални решения във всички сфери на човешката дейност се базира на актуална и качествена информация. Едно от актуалните направления за приложение на информационните технологии е в аграрния сектор, където се използват GNSS технологии, географски информационни системи и др., които дават оперативен достъп до данни, необходими на държавни институции, организации, фирми и граждани.

Цифровият формат на всички данни, получени в процеса на заснемане, позволява оперативно да се осъществява контрол над актуалността и качеството им, като с тях се решават различни задачи.

Създаването на кадастрална карта и кадастрални регистри дават възможност нагледно да се представят получените данни и ефективно да се решават задачи, свързани с кадастъра и правата на собственост и стопанисване на поземлените имоти. Изборът на технология и метод за заснемане или трасиране зависи от свойствата на обекта, като например, размер, яснотата на границите на обекта и нивото на изискуема точност за определянето на местоположението на обекта и неговата площ.

Събирането и предоставянето на обработена информация за поземлените имоти се извършва с използването на съвременни спътникови и компютърни технологии. Кадастърът, включващ в структурата си и поземлените имоти, е информационна система, която позволява да се решават задачи за управление на поземлените ресурси, при регистрация на права и сделки със земя, при данъчно облагане в зависимост от начина на трайно ползване и статута на земята, при проблеми, свързани със защитата на околната среда и др. GNSS технологиите са особено ефективни, тъй като могат да работят в области, където геодезическите мрежи са слабо развити, трудно достъпни или отсъстват.

Специализираният компютърен софтуер позволява да се обработват „сурови“ спътникови данни от непосредствени теренни наблюдения за получаването на координатите на точки в процеса

на постобработка на данните или тяхното уточняване. Всички съвременни геодезически приемници са снабдени с мрежови модеми за GSM и CDMA за приемане на диференциални поправки. Развиват се и възможностите за получаване на диференциални поправки в реално време през Интернет с използването на протокола NTRIP.

Все по-достъпни стават технологиите за позициониране с използване на мрежи от базови GNSS/GPS станции, което има своите безспорни научни и технически преимущества, формирани на базата на съвременните знания и достижения в развитието на технологиите и методите за работа с модерните GNSS технологии.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕН РЕЧНИК

АБСОЛЮТНО КООРДИНАТНО ОПРЕДЕЛЕНИЕ - геодезическа задача, в която се търсят координатите на определяемата точка в дадена координатна система.

АЛМАНАХ - част от спътниковото съобщение, която съдържа данни за състоянието на спътниците от системата и приблизителни параметри на орбитите им.

АНТИСПУФИНГ (A-S) - мярка за защита на информацията, съдържаща се в спътниковите сигнали. Служи за ограничаване на възможностите на потребителите на двучестотна апаратура, особено тези на кодови определения.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ПРИЕМНИК - GPS-апаратура за високоточни относителни координатни определения с помощта на фазови измервания на носещата честота L1, или L1 и L2 на сигнала, приеман от спътниците.

ГИС - Географска информационна система.

ГММП - Геодезически мрежи с местно предназначение.

ГРАЖДАНСКИ ПОТЕРБИТЕЛ - вж. Несанкциониран потребител.

ДВОЙНА ФАЗОВА РАЗЛИКА - величина, получена като разлика между две единични фазови разлики, образувани от фазовите регистрации на сигнала на дадена честота от два различни спътника, приета в даден момент на две станции.

ДВУЧЕСТОТНИ ИЗМЕРВАНИЯ - GPS-измервания, при които се приемат честоти L1 и L2 и се регистрират съответните им кодове и (или) фази.

ДГМ - Държавна геодезическа мрежа.

ДИФЕРЕНЦИАЛНО GPS-ОПРЕДЕЛЕНИЕ - вид кодово определение, при което измерванията на неизвестната точка се коригират с тези на опорен приемник, работещ по същото време на точка с известни координати.

ЕДИНИЧНА ФАЗОВА РАЗЛИКА - величина, получена като разлика между фазовите измервания на сигнала от даден спътник на дадена честота, приет в определен момент на две различни станции.

ЕДНОЗНАЧНО РЕШЕНИЕ - вж. Фиксирано решение.

ЕДНОЧЕСТОТНИ ИЗМЕРВАНИЯ - GPS-измервания, при които се приема и регистрира C/A-код или C/Aкод и фазата на носещата честота L1.

КОДОВ ПРИЕМНИК - апаратура за извършване на кодови GPS-определения (вж. също навигационен, негеодезически, топографски приемник).

КОДОВО GPS-ОПРЕДЕЛЕНИЕ - начин за определяне на координати с помощта на GPS, осъществяван с помощта на измервания на модулиращите кодове на спътниковия сигнал C/A-код и (или) P-код. Различават се диференциални и абсолютни кодови определения.

НАВИГАЦИОНЕН ПРИЕМНИК - навигационна GPS-апаратура, функционираща въз основа на кодови измервания (вж. също кодов, негеодезически, топографски приемник).

НАВИГАЦИОННО РЕШЕНИЕ - абсолютно кодово определение на дадена точка, което обикновено сеполучава като подготвителен етап към фазовото определение.

НАВСТАР (NAVSTAR) - вж. GPS.

НЕГЕОДЕЗИЧЕСКИ ПРИЕМНИК - GPS-апаратура, предназначена за навигация или координатни определения с понижена точност посредством кодови измервания (вж. също кодов, навигационен, топографски приемник).

НЕЕДНОЗНАЧНО РЕШЕНИЕ - вж. Плаващо решение.

НЕСАНКЦИОНИРАН ПОТРЕБИТЕЛ - статут на всички потребители на GPS, които нямат права и технически средства за използване на пълните възможности на системата (вж. Антиспуфинг, S/A). Такива права се дават само на потребители, свързани с отбраната и сигурността на САЩ, и осигуряват значително по-големи възможности за координатни определения с метрова точност в реално време.

ОТНОСИТЕЛНО КООРДИНАТНО ОПРЕДЕЛЕНИЕ - геодезическа задача, при която положението на една точка се определя по отношение на друга, приета за известна в дадена координатна система.

ОТНОСИТЕЛНО GPS-ОПРЕДЕЛЕНИЕ - относително координатно определение, осъществено с помощта на едновременни наблюдения с геодезически приемници.

ПЛАВАЩО РЕШЕНИЕ - решение, при което координатите се получават, без да е определен точният брой на циклите (вълните) на носещата честота.

ПСЕВДОРАЗСТОЯНИЕ - регистрация на закъснението на сигнала от излъчването му от спътника до приемането му в антената, изразена в метрична мерна система (метри). Получава се в резултата на кодови измервания.

ТОПОГРАФСКИ ПРИЕМНИК - GPS-апаратура за кодови координатни определения на неподвижни или движещи се обекти, с приложение предимно в топографията и ГИС (вж. също кодов, навигационен, топографски приемник).

ФАЗОВО ИЗМЕРВАНЕ - регистрация на фазата на една от носещите честоти, приети от даден спътник, на дадена станция, в даден момент.

ФАЗОВ ПРИЕМНИК - приемник, който определя положението чрез обработка на измерваната фаза на носещата вълна, наблюдавана в течение на известно време.

ФАЗОВА РАЗЛИКА - линейна комбинация от фазови измервания (вж. единична фазова разлика, двойна фазова разлика).

ФАЗОВО GPS-ОПРЕДЕЛЕНИЕ - физическа задача, осъществявана с помощта на измервания на фазата на носещата честота - L1 и (или) L2.

ФИКСИРАНО РЕШЕНИЕ - решение, при което координатите се получават при условие, че броят на циклите (вълните) на носещата честота е определен предварително.

A-S (ANTI-SPOOFING) - вж. Антиспуфинг.

C/A-КОД - (Coarse Acquisition Code) - един от кодовете на GPS, с който се модулира честотата L1.

ETRF-89 (European Terrestrial Reference Frame) - Европейска геодезическа (земна) координатна система 1989 г. Съвпада с ITRF-89 за епоха 1989.

EUREF (European Reference Frame):

1) Общоевропейска координатна система „Еврореф“; материализира се едноименната мрежа; реализация на ETRF-89;

2) Наблюдателни кампании за разширяване на обхвата и усъвършенстване на едноименната координатна система.

GDOP (Geometric Dilution Of Precision) - фактор, който представя доколко разположението на

спътниците е благоприятно за координатни определения. В идеалния случай $GDOP=1$, но е допустимо да се правят измервания и при по-големи стойности, до $GDOP=7$.

GPS (Global Positioning System или NAVSTAR) - Глобална система за координатни определения и навигация. Създадена от Министерството на отбраната на САЩ. Предстои официално да се въведе в експлоатация. Състои се от три дяла: космически, управленски и потребителски. Космическият дял включва 24 спътника в орбита (21 и 3 резерв), с период на една обиколка около 12 часа (височина средно 20 200 km над земната повърхност), разположени в шест орбитални равнини с наклон 55° . Всеки спътник излъчва две носещи честоти, $L1 = 1575,42$ MHz и $L2 = 1227,60$ MHz, модулирани с шумоподобни кодове с честоти, съответно C/A-код - 1,023 MHz и P-код - 10,23 MHz, както и с т. нар. Спътниково съобщение - навигационни и други данни, които позволяват определянето на координатите на спътниците за момента на наблюдение. Кодовете позволяват да се измерва закъснението на сигналите по трасето от спътника до приемателната антена, откъдето чрез наблюдение на 4 спътника едновременно може в реално време да се изчисляват координатите на движещи се и статични обекти с метрова точност. Измерването на фазата на носещите сигнали позволява определянето на относителното положение на едновременно наблюдаващите приемници с висока точност.

IAG - Международна асоциация по геодезия (International Association of Geodesy).

IERS - Международна служба за въртенето на Земята (International Earth Rotation Service - IERS).

IGS (International GPS Geodynamic Service) - международна служба, която включва няколко десетки постоянни станции за GPS-измервания по света и цели решаването на различни фундаментални и приложни задачи, в т.ч. определянето на високоточни орбити на спътниците.

ITRF (International Terrestrial Reference Frame) - реализация на ITRS. Конкретизира се с годината на публикуването ѝ във формат ITRF-yy; yy - последните две цифри на годината: ITRF -89, ITRF -90 и др.

ITRS (International Terrestrial Reference System) - международна геодезическа (земна) координатна система, препоръчана от МСГГ и МАГ в качеството на световна геодезическа координатна система.

IUGG - Международен съюз по геодезия и геофизика (International Union of Geodesy and Geophysics).

L1 - първа носеща честота на GPS, $L1=1575$ MHz. Модулирана с C/A- код, P-код и спътниково съобщение (вж. GPS).

L2 - втора носеща честота на GPS, $L2=122,60$ MHz. Модулирана с P-код и спътниково съобщение (вж. GPS).

L3 - линейна комбинация на L1 и L2, освободена от влиянието на йоносферната рефракция.

P-код (Precise Code) - един от кодовете на GPS, с който се модулират честоти L1 и L2. По команда от центъра за управление може да бъде заменен със секретния Y-код.

RAM (Random Access Memory) - запаметяващо устройство с възможност за записване на информация и възпроизвеждане; оперативна памет.

RINEX (Receiver Independent Exchange Format) - унифициран, международно приет формат за обмен на GPS-измервания.

S/A (Selective Availability) - умишлено огрубяване на информацията, съдържаща се в C/A-код, и спътниковото съобщение, постигано чрез допълнително модулиране на сигнала по команда от центъра за управление с цел ограничаване на възможностите на несанкционираните потребители на реалновременни координатни определения с метрова точност.

WGS 1984 (World Geodetic System 1984):

1) Световна геодезическа система, определена по отношение на координатното начало с точност около 1 m. Използването ѝ се препоръчва от МСГГ и МАГ в случаите, когато се изисква точност на абсолютните координатни определения в рамките на 1 m. В тези граници съвпада с ITRS и ETRF-89.

2) Общоземен геоцентричен референтен елипсоид с параметри: $a = 6378\ 137$ m, $1/f = 298, 257\ 223\ 563$.

Y-КОД - секретен код, с който се прави невъзможно приемането на P-код от граждански потребители. Може да се активира по команда от центъра за управление на GPS като мярка за допълнителна защита на информацията, съдържаща се в спътниковия сигнал и за предпазване от имитационни сигнали. Известен също като „Антиспуфинг“.

ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ

1. Абламейко, С. В., В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. Глобалные навигационные спутниковые системы : пособие для студентов фак. радиофизики и компьютерных технологий / С. В. Абламейко, В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. – Минск : БГУ, 2011. – 147 с.

2. Авакян, Вячеслав. Лекции по прикладной геодезии. Часть 2. – Москва: МИИГАиК, 2014. – 152 с.

3. Александров, Борислав. Глобална навигационна спътникова система. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: uacg.bg/filebank/att_13371.pdf

4. Ангелова, Емилия. Кадастрален план и кадастрална карта - съдържание, източници и данни от тях. София: АГКК, 2016. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://humanrights.bg/Media/Default/Documents/PPT/Кадастрален%20plan%20emilia%20Angelova.pdf>

5. Ананьев Ю.С. Геоинформационные системы. Учеб. пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2003. - 70 с.

6. Боев, Цветан, Кирил Стоянов, Иван Калчев. Актуални проблеми на геодезията и кадастъра в България – становище и предложение: от „Кдастър 2014“ към „Кадастър 2034“. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://geodesy-union.org/wp-content/uploads/2015/12/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4-%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%BD%D0%B8-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B8-%D0%BD%D0%B0-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B0-%D0%B8-%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8A%D1%80%D0%B0-%D0%B2-%D0%91%D1%8A%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89....pdf>

7. Бышов Н.В., Бышов Д.Н., Бачурин А.Н., Олейник Д.О., Якунин Ю.В. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013 – 169 с.

8. Варламов, А.А. и Гальченко С.А. Информационные технологии кадастра объектов недвижимости. Электронно издание. [cited 31.08.2017]. Доступно на: <https://files.cdml.ru/IPK/3pk/%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%2014.%20%D0%97%D0%98%D0%A1/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2%20%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8.pdf>

9. Виноградов А. В., Войтенко А. В. Современные технологии геодезических изысканий: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2012. – 111 с.

10. Ворошилов, А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ. – Челябинск: АК-ВЕЛЛ, 2007. – 163 с.

11. Всичко за геодезията. Интернет ресурс. . [cited 31.08.2017]. Доступно на: <http://geodesy.artitectural.com/bg/>

12. Гарванов, Иван. Мобилми технологии. – София: Про Лангс, 2014. – 194 с.

13. Георгиев Иван. Нова координатна и височинна системи в България съгласно Постановление на Министерски съвет N 153 от 29 юли 2010 година за „Въвеждане на „Българска геодезическа система 2005“. Электронно издание. [cited 23.06.2017]. Доступно на: http://uacg.bg/filebank/att_7307.pdf

14. Голубев, А.Н. Основы геотроники: Электронные методы и средства геодезических измерений. МГУГК. 2003. 88 стр.

15. Денисов Евгений и Светлана Мухина. GPS наблюдения в режиме реального времени// «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»: материалы VI студенческой международной заочной научнопрактической конференции. (18 ноября 2012 г.) — Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. — 24 - 33 с.

16. Динкова, Вела. RTK навигация: Цели, техники и мерки в ЕС. Электронен ресурс. . [cited 31.08.2017]. Доступно на: http://agrobio.elmedia.net/bg/2013-3/editorials/rtk-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_00106.html

17. Евстафьев, О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования. – М.: ООО «Издательство «Перспект», 2009. – 48 с.

18. Ексер, Гинка. Геодезия, картография и GPS системи: лекционен курс. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: http://web.uni-plovdiv.bg/exner/Geodesy_Cartography_GPS/GKGPS_lectures_2012.pdf

19. Елисеев, В.М.и Гаврилова О.В. Формирование пространственно-привязанных локальных ГИС для целей картографирования: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 162 с.

20. Желев, Стефан. Спътникови комуникации. – Шумен: УИ“Епископ Константин Преславски“, 2012. – 262 с.

21. Загретдинов, Ренат. Спутниковые системы позиционирования: Конспект лекций. – Казань: КФУ, 2014. [cited 12.07.2017]. Достъпно на: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21895/03_00_kl-000786.pdf

22. Закон за геодезията и картографията. // Държавен вестник бр. 58, 2017.

23. Закон за кадастъра и имотния регистър. // Държавен вестник бр. 58, 2017.

24. Иванова, Илинка. Някои бележки върху наредбата за създаване и поддръжане на кадастралната карта и кадастралните регистри. Електронен ресурс. . [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <https://dokumen.tips/documents/-55720734497959fc0b8ba4c4.html>

25. Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (ИВМиМГ СО РАН). Електронен ресурс. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://ipl.sccc.ru/gis/default.aspx>

26. Инструкция за определяне на координатите на геодезически точки с помощта на Глобална позиционираща система (GPS). Издадена от Министерството на териториалното развитие и строителството - Главно управление “Кадастър и геодезия” през 1995 г. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: http://www.cadastre.bg/sites/default/files/instrukcia_za_opredelyane_na_koordinatite_chrez_gps.pdf

27. Инструкция № РД-02-20-25 от 20 септември 2011 г. за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи. // Държавен вестник бр.79, 2011. 61 – 74 с.

28. Йовев, Илия. GPS – технологиите и създаване на ефективни условия за тяхното приложение в България (Първа част). // География 21 бр. 4, 2007. – стр.3 – 10.

29. Йовев, Илия. GPS – технологиите и създаване на ефективни условия за тяхното приложение в България (Втора част). География 21 бр. 5, 2007. – стр.12 – 20.

30. Камбуров, Аспарух. Диференциални ГНСС методи с използване на мрежа от референтни станции. Електронен ресурс. . [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://www.geomedia.bg/%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%8F/item/3275-.html>

31. Караванов, М.Ю. GPS+съемка в режиме RTK с применением мобильных телефонов с услугой GPRS. // Геопрофи кн.1, 2004. – стр. 13-16.

32. Кольцов А.С. Геоинформационные системы: учеб. пособие /А.С. Кольцов, Е.Д. Федорков. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. – 203 с.

33. Конин В. В. Спутниковые системы связи, навигации, наблюдения. К.: кафедра АНС, 2007. 350 с. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/25226/1/СССНН_VР.pdf

34. Корецкая, Г. А. Навигационные системы в кадастре. [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям для студентов направления подготовки 120700.62 «Землеустройство и кадастры», профиль «Городской кадастр» / Г. А. Корецкая. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2013.

35. Кудрявцев И. А. Приемники сигналов навигационных систем [Электронный ресурс] : электрон, учеб. пособие / И. А. Кудрявцев; М инобнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон, текстовые и граф. дан. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: http://www.ssau.ru/files/education/uch_posob/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2-%D0%9A%D1%83%D0%B4%D1%80%D1%8F%D0%B2%D1%86%D0%B5%D0%B2%20%D0%98%D0%90.pdf

36. Купрянов, А.О.,А.А. Майоров. Современное состояние и перспективы развития применения ГЛОНАСС/ГНСС в Российской Федерации. – Калининград, 2014. Електроненресурс.

[cited 31.08.2017]. На: <http://www.clge.eu/documents/events/154/kupriyanov.pdf>

37. Куприянов, Андрей и Виктор Цветков. Применение ГНСС в прикладной геоинформатике. // Образовательные ресурсы и технологии, №1, 2016, с. 135–144.

38. Лагутина, Е.К. Геодезическое применение технологий ГНСС. Електронен ресурс. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://lib.ssga.ru/fulltext/UMK/120101/7%20%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9%20%D0%93%D0%9D%D0%A1%D0%A1/12010-1%20%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%20%D0%93%D0%9D%D0%A1%D0%A1%202011.pptx>

39. Маждраков, Методи и Илинка Иванова. Геодезия: Обща геодезия. Учебник за студентите по специалността Геодезия. – Шумен: УИ“Епископ Константин Преславски“, 2014. – 332 с.

40. Медведев, В.В., Олейникова С.А., Конурбаева Г.У. Геодезия в агробизнесе XXI века. Електронно издание. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: http://knau.kg/tu/2015_1/2015_4

41. Милев, Георги, Момчил Минчев, Георги Димитров и др. Европейската референтна система в България. – София: АИ“Проф. Марин Дринов“, 2006. – 196 с.

42. Милев, Георги, Петър Ковачев, Николай Димитров и др. Използване на GSM за предаване на диференциални поправки между GPS приемници. – София: БАН-ЦЛВГ, 2002. [cited 12.07.2017]. Достъпно на: <http://ecad.tu-sofia.bg/et/2002/Statii%202002-IV/GSM%20Implementation%20for%20Transmission%20of%20Differential%20Corrections%20Between%20GPS%20Receivers.pdf>

43. Минсафин, Г.З. Картографо-геодезическое обеспечение кадастра недвижимости: Часть 2. Кадастровая деятельность. КГУ. Казань 2008. 62 с.

44. Минчев, Момчил, Иван Здравчев, Иван Георгиев. Основи на приложението на GPS в геодезията. – София: УАСГ, 2005. – 178 с.

45. Михаленко, Е.Б., Н.Н. Загрядская, Х.Д. Беляев и др. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с

использованием искусственных спутников Земли: учебное пособие. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 80 с.

46. Першин, И.М, Криштал В.А., Русак С.Н. Системы с распределенными параметрами: Учебное пособие (второе переработанное) по направлению подготовки « Управление в технических системах» (Магистратура) Часть 5. Современные навигационные системы. – Пятигорск. 2013. – 93 с. Электронно издание. [cited 31.08.2017]. Доступно на: [http://pf.ncfu.ru/data/files/docs/science/training_aids/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B-2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B8%20%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%85%20\(%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0\).%20%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%205.pdf](http://pf.ncfu.ru/data/files/docs/science/training_aids/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B-2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B8%20%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%85%20(%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0).%20%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%205.pdf)

47. Петриман, Т.В. и В.И. Талмазан. Основы кадастра недвижимости: курс лекций для студентов по направлению подготовки «Землеустройство и кадастры», профиль «Землеустройство» . Тирасполь, 2016. – 140 с.

48. Петров, Димитър и Пламен Михайлов. Съвременни технически средства и технологии за събиране на геопространствени данни за местността. – Шумен: УИ“Епископ Константин Преславски“, 2014. – 360 с.

49. Рашева-Йорданова, Катя. Геоинформационни системи: Част 1: Теоретични аспекти. – София: Издателство „За буквите – О писменехъ“, 2014. – 192 с.

50. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. - М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 2001. -228 с.

51. Татаринovich Б.А. и А.А. Тарин. Информационные технологии обработки файлов протоколов GPS. Электронно издание. [cited 31.08.2017]. Доступно на: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-obrabotki-faylov-protokolov-gps>

52. Фермер.бг. Ролята на прецизното земеделие за бъдещето на селското стопанство: В наши дни малки и големи ферми от цял свят използват технологията. Интернет ресурс. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://m.fermer.bg/%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE-%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%B4-%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B5-%D0%B7%D0%B0-%D0%B1%D1%8A%D0%B4%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%82%D0%BE-%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%BE-%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-news19962.html>

53. Шануров, Г.А., Мельников С.Р. Геотроника: учебное пособие. – Москва: МИИГАиК, 2001. – 136 с.

54. Leika Geosystems. GPS Basics: Введение в GPS (Глобальная Навигационная Система). Версия 1.0 Русская. Електронен ресурс. [cited 31.08.2017]. Достъпно на: <http://gbucitrb.ru/referens/help.pdf>

55. <http://lex.bg/bg/laws/ldoc/2136991982> - Правен портал. Електронен ресурс. [cited 31.08.2017].