

НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Коленко Н.Д., ст. гр. А-11-19

Костікова М.В. – керівник канд. техн. наук, доцент
ХНАДУ

Вступ

Одне з невід’ємних властивостей людської природи – прагнення осягати і освоювати навколишній світ, досліджувати невідомі землі, вивчати незрозумілі явища. Мандрівники прагнуть стерти білі плями на карті. Саме тому виникла наука про навігації.



Слово «навігація» походить від латинського «*navigatio*», що означає «мореплавство, судноплавство». У російську мову воно увійшло в епоху Петра I. В ті

часи всіх, хто займався мореплавством, називали «навігаторами».

Протягом багатьох століть термін навігація означав сукупність зазначених значень. У ХХ столітті, з розвитком науки і техніки, появою повітряних суден, космічних кораблів – нових об’єктів навігації, з’явилися смислові значення терміна. Тепер, в загальному сенсі, навігація – процес управління деяким об’єктом (що має власні методи пересування) у певному просторі пересування.

1. Навігація

Навігація має такі розділи [**Error! Reference source not found.**]:

- Автомобільна навігація – технологія обчислення оптимального маршруту проїзду транспортного засобу по дорогах і подальшого ведення за маршрутом за допомогою візуальних і голосових підказок про маневри. Використовує GPS / інерціальної навігації, автомобільну навігаційну карту і оперативну інформацію про пробки.

- Астрономічна навігація – метод визначення координат суден і літальних апаратів, заснований на використанні радіовипромінювання або світлового випромінювання небесних світил.

- Біонавігація – здатність тварин вибирати напрямок руху при регулярних сезонних міграціях.

- Повітряна навігація – прикладна наука про точне, безпечне водіння в повітрі літальних апаратів; на ранніх етапах розвитку іменувалася «Аеронавігація» (дисципліна, яка вчить, як можна визначити напрямок польоту аероплана або дирижабля, не користуючись картою).

- Інерціальна навігація – метод визначення параметрів руху та координат об'єкта, що не потребує в зовнішніх орієнтирах або сигналах.

- Інформаційна навігація – процес водіння користувача по логічно пов'язаним даними.

- Космічна навігація – управління рухом космічного літального апарата; включає в себе підвид – Астроінерціальна навігація – метод навігації космічного літального апарату, що комбінує засоби інерціальної системи навігації та астрономічної навігації.

- Морська навігація – основний розділ судноводіння.

- Радіонавігація – теоретичні питання та практичні прийоми водіння судів і літальних апаратів за допомогою радіотехнічних засобів та пристроїв.

- Супутникова навігація – практичне застосування засобів GPS / ГЛОНАСС для визначення місцезнаходження та напрямку руху.

- Підземна навігація – практичне застосування різних засобів вимірювань, для визначення місцезнаходження та напрямки руху підземних прохідницьких комплексів.

Способи веб-навігації

Залежно від принципових підходів до організації структури сайту (каталогу товарів / послуг) і способів переміщення користувача між сторінками (товарами / послугами) прийнято розрізняти кілька типів навігації (способів побудови класифікаторів), які розглянуті далі.

Лінійна навігація (Linear navigation) – навігація, при якій відбувається послідовний перехід від сторінки до сторінки (або на задану сторінку). Такий спосіб навігації характерний для перегляду серії фо-

тографій або однотипних документів / описів. Лінійна навігація може бути застосована для будь-яких каталогів з лінійною структурою (по суті – списків).

Ієрархічна навігація (Hierarchical navigation) – це на сьогоднішній день найбільш поширений вид навігації на сайтах. Така навігація пов'язує в єдиній ієрархічній схемі безліч документів (розділів каталогу), дозволяючи ефективно переміщатися з однієї сторінки сайту на іншу. Аналогом роботи з ієрархічною навігацією служить система папок в операційній системі. Особливістю ієрархічних каталогів (класифікаторів) є те, що кожен розділ такого каталогу має тільки одного з батьків, тобто шлях навігації до кожного конкретного розділу завжди унікальний.

Фасетна навігація (Faceted navigation) – сучасний спосіб навігації, заснований на техніці доступу до інформації на базі т. зв. «Фасетна система класифікації». По суті являє собою багатовимірну навігацію по мережевим структурам, в яких кожен вузол (фасет) являє собою фільтр за певним виміру (властивості), включених в каталог інформаційних об'єктів.

На відміну від ієрархічного підходу в фасетній навігації немає єдиного визначеного шляху до конкретного фасету, а самі фасети, в силу багатовимірності класифікатора можуть застосовуватися одночасно.

Термін «навігація» сьогодні є дуже об'ємним поняттям і включає в себе не тільки метод організації переміщення між сторінками (об'єктами каталогу), але також вид і уявлення самих елементів призначеного для користувача інтерфейсу, що забезпечують таке переміщення. З цієї причини до навігації відносять найрізноманітніші елементи сторінок, які мають до неї як пряме, так і непряме відношення. Проте, найчастіше мова йде про пов'язаних поняттях і, наприклад, маючи на увазі навігацію по сайту, зазвичай мають на увазі і саме меню, за допомогою якого користувач завантажує у вікно браузера необхідні веб-сторінки.

Форма подання, зміст такого меню і поведінку сторінок при завантаженні породжують вторинні класифікації видів навігації, які можуть відображати найрізноманітніші характеристики інтерфейсу навігації. Ось приклади деяких з них:

Контекстно-залежна навігація (Contextual navigation) – побудова навігаційного інтерфейсу з урахуванням поточного контексту (змісту відображуваної сторінки сайту). При використанні цього виду навігації, для користувача виводиться список посилань на інші розділи (документи, товари, ...), які будь-яким чином пов'язані з поточним (обраним). Подібна навігація характерна, наприклад, для новинних стрічок, що з'єднують однотипні новини і матеріали в один блок. В цьому випадку для кожної новинної статті створюється індивідуальний список посилань, який формується за певним принципом. Сам принцип задає власник сайту (каталогу) на основі тієї логіки, яку він намагається донести до користувача. У додатку до торгових майданчиків це може бути: навігація до пов'язаним товарам (від телефону до аксесуарів, від пральної машини до прального порошку, від ноутбука до послуг з налаштування та встановлення програмного забезпечення і т. п.), список схожих товарів (за ціною, способу використання і т. п.).

Адаптивна навігація (Adaptive navigation) – має на увазі зміну в реальному часі посилань і засобів навігації сайту на основі призначеного для користувача поведінки і індивідуальних налаштувань. Сучасні web-сайти підтримують розвинені засоби персоналізації, засновані на автоматичному аналізі поведінки безлічі користувачів. Виділяючи типові шаблони і пропонуючи їх іншим користувачам можна передбачати їх наміри, прискорювати і робити зручніше пошук необхідної інформації.

Способи візуальної навігації

Прогулюючись по місту, ми постійно зустрічаємося з різними інформаційно-рекламними покажчиками, за допомогою яких можна знайти той чи інший заклад. Більш того, такі інформаційні покажчики необхідно використовувати і всередині громадських приміщень, наприклад в торгових або бізнес центрах. Візуальна навігація просто необхідна, щоб зорієнтуватися у великому торговому центрі або пройти до офісу потрібної фірми.

Елементи навігації – це не просто інформаційні таблички, але ще й непоганий спосіб реклами. Грамотно виконані і правильно роз-

міщені покажчики всередині приміщення можуть істотно підвищити лояльність відвідувачів, а також проінформувати їх, наприклад, про нововиявлених закладах.

Крім того візуальна навігація є частиною дизайну інтер'єру. Використовуючи різні кольори і матеріали у виготовленні об'єктів можна додати інтер'єру цікавий і запам'ятовується вигляд.

Рекламні покажчики, безумовно, повинні виконувати свою основну функцію – вказати на точне місцезнаходження того чи іншого закладу. Щоб зробити грамотний зі всіх точок зору покажчик або систему візуальної навігації, потрібно звертатися до фахівців. Вони зможуть підібрати кращий варіант дизайну, виготовлення і розміщення, виходячи з поставлених завдань і наявного бюджету.

Види навігаційних вказівників:

Настінні вивіски і таблички. Найпоширеніший спосіб розміщення інформації. Таблички можуть бути виконані з різних матеріалів, починаючи від недорогого пластика, закінчуючи металевими і скляними табличками.

Креативним варіантом настінного навігації є нанесення навігаційного дизайну прямо на стіну, зазвичай за допомогою фарби або плівки.

Підвісні конструкції (мобайли). Можуть бути як плоскими, так і об'ємними. Часто використовуються в оформленні торгових комплексів і супермаркетів., так як не заважають руху людських потоків, а також добре помітні проходять людям.

Окремо стоять підлогові конструкції (стели). Часто використовуються не тільки для розміщення покажчиків, а й для змінної інформації, тому що легко монтуються і демонтуються. На таких конструкціях зазвичай розташовують інформацію, що містить в собі багато деталей і вимагає уважного вивчення з боку відвідувача. Наприклад, плани приміщень, інструкції, рекламні плакати та ін.

У сучасному виробництві покажчиків активно застосовуються модульні системи різних виробників. Такі системи дозволяють оформити простір швидко, якісно і в єдиному стилі. Якщо таке рішення не підходить, то виконується виготовлення покажчиків за індивідуальним проектом. **[Error! Reference source not found.]**

Навігаційні системи

Система навігації – комплексна електронно-технічна система, що складається із сукупності наземного і космічного устаткування, призначена для визначення місця розташування (географічних координат і висоти) і часу, а також параметрів руху (швидкості і напрямку руху і т. д.) для наземних, водних і повітряних об'єктів. [Error! Reference source not found.]

Види навігаційних систем:

- Авіаційна навігаційна система – це система навігації призначена для використання в повітроплаванні.

- Автомобільна навігаційна система – це система навігації призначена для використання в автомобілях.

- Морська навігаційна система – це система навігації призначена для використання в мореплаванні.

Незалежно від сфери застосування всі навігаційні системи мають відповідати основним вимогам:

- Цілісність

- Безперервність роботи

- Точність визначення швидкості пересування об'єкта, часу і координат місцезнаходження

- Організаційна, просторова й тимчасова доступність.

Авіаційні навігаційні системи

У галузі авіації використовуються різні навігаційні системи, в залежності від цілей і напрямку, в якому використовується літальний апарат.

Перш за все, системи навігації використовуються в цивільній авіації, яка вимагає від систем навігації забезпечення безпеки і надійності, а також економічності повітряного руху. Крім того, авіаційні системи навігації повинні бути глобальними і єдиними для всіх етапів польоту, в цілях скорочення кількості апаратури, як на борту, так і в наземних пунктах.

При цьому вони також повинні давати можливість чітко визначати курс руху і відстань до пункту призначення і відхилення від заданого курсу.

До основних завдань повітряної навігації відносяться:

1. Визначення елементів навігації літального апарату. При цьому визначаються його координати, висота (абсолютна і відносна), швидкість польоту, курс руху і безліч інших параметрів.

2. Контроль шляху і його виправлення в міру необхідності.

3. Побудова оптимального маршруту для досягнення пункту призначення. У цьому випадку основне завдання системи навігації полягає в допомозі для досягнення точки призначення за мінімальний час при мінімальній витраті палива

4. Оперативне коректування маршруту під час польоту. Необхідність зміни польотного завдання може виникнути при несправності літального апарату, за наявності несприятливих метеорологічних явищ на шляху руху, для зближення з певним літальним апаратом або, навпаки, для уникнення зіткнення з ним.

Для визначення систем навігації літального апарату використовуються різні технічні засоби. Геотехнічні засоби дозволяють визначити висоту польоту, як абсолютну, так і відносну, місцезнаходження літального апарату і курс його руху. Вони представлені різними технічними засобами: висотоміром, оптичними візирями, різними компасами і т. д. Радіотехнічні засоби дозволяють визначити колійну швидкість, справжню висоту польоту і місцезнаходження літального апарату за допомогою вимірювання за радіосигналами різних показників електромагнітного поля.

З точки зору вчених, астрономічні навігаційні засоби також можуть визначати місцезнаходження літального апарату і курс його руху. У цих цілях використовуються астрономічні компаси, астроорієнтатори та інша техніка. Завдання світлотехнічних систем навігації (Світломаяки) полягає в забезпеченні посадки літальних апаратів в нічний час або в ускладнених метеорологічних умовах за допомогою полегшеної орієнтації у просторі. І, нарешті, існують комплексні навігаційні системи, які здатні забезпечувати по всьому маршруту автоматичний політ. При цьому можливий навіть захід на посадку без видимості посадочної поверхні. Такі системи ще називаються автопілотом.

Автомобільні навігаційні системи

Перші персональні автомобільні навігаційні системи виникли в кінці 80-х років. У них застосовувалися сигнали супутників і перші аналоги цифрових карт. Завдяки вдалим характеристикам, супутникова система навігації NavStar (США), більш відома як GPS, зайняла провідні позиції в даній ніші.

Комерційний успіх навігаторів GPS сприяв виникненню суміжних галузей – виробництва електронних карт для навігації і цивільних навігаційних пристроїв.

Автомобільні навігатори – це компактні прилади, які, по суті, є спрощеними КПК з сенсорним екраном, призначеними для роботи із спеціальними навігаційними програмами. Автонавігатор підключається до бортової мережі автомобіля, але може працювати і в автономному режимі (близько 3–4 годин), так як має вбудований акумулятор.

Системи навігації визначають координати автомобіля і відображають його положення на електронній карті. Так навігаційна система формує найкращий маршрут руху, враховуючи при цьому всі нюанси і особливості дороги. Деякі версії автонавігаторів мають вбудовані GPRS-модеми, які здатні враховувати в маршруті погодні умови, інформацію про ремонтні роботи і пробках, і т. д. У міру руху карта оновлюється, на екрані показуються об'єкти інфраструктури та схема маршруту. При цьому голосова навігація повідомляє водієві про майбутні маневри.

Автонавігатори бувають двох видів – стаціонарні та інтегровані. До стаціонарним можна віднести навігаційні системи на основі бортового комп'ютера автомобіля, які зустрічаються в автомобілях прем'єр-класу.

Інтегровані системи навігації це автомобільні комп'ютери, а також мультимедійні центри, що мають функцію навігації.

Портативні автомобільні навігатори можна також розділити за технічними параметрами і цінової категорії. До технічних характеристик, що відрізняють навігатори різного класу, можна віднести розмір екрану, наявність додаткового програмного забезпечення, а та-

кож кількість інтерфейсів. Однак за якістю навігації вони практично не відрізняються, мова йде скоріше про різній кількості вбудованих додаткових функцій, і про різного ступеня зручності.

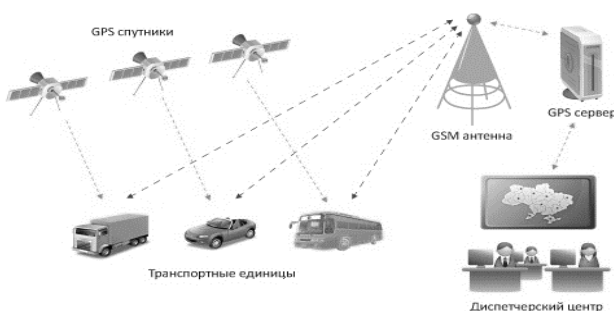
Постійне поліпшення електронних карт міст нашої країни, вдосконалення технічних функцій приладів навігації, і постійне зниження ціни, на думку експертів, дають підстави прогнозувати і подальше зростання ринку автомобільних навігаторів.

Морські навігаційні системи

Морські навігаційні системи це системи супутникової навігації призначена для використання в судноводінні. Ці системи мають високі характеристики зносостійкості і водонепроникності, індикаторами відхилення від курсу, потужний процесор, а також монітори великої величини. Навігаційні системи підтримують стандарт NMEA, яка повідомляє глибинні дані, температуру, дані швидкості, прискорення та ін. За рахунок стандартних повідомлень NMEA деякі системи дозволяють перенаправити всі вхідні повідомлення з мобільного на морську систему з увімкненою функцією «hands-free». Не дивлячись на всю складність автоматичної прокладки маршруту, сьогодні вже існують системи автоматичної оптимізації маршрутизації, які без втручання користувача (капітана або штурмана) автоматично прокладають безпечний маршрут, якщо задана безпечна глибина не дотримується (оскільки наприклад перетинається мілину або суша). Морські навігаційні системи успішно поєднують в собі досягнення всіх сучасних технологій, так наприклад для прокладки маршруту використовуються мультитач монітори, а в якості чартів використовуються базові і довантажувати оновлені через інтернет карти.

Використання навігації у автотранспорті

Автомобільні навігатори – це компактні прилади, які, по суті, є



спрощеними кишеньковим персональним комп'ютером (КПК) з сенсорним екраном, призначеними для роботи із спеціальними навігаційними програмами. Авто-

навігатор підключається до бортової мережі автомобіля, але може працювати і в автономному режимі (близько 3-4 годин), оскільки має вбудований акумулятор.

Застосування на автотранспорті електронних систем навігації шириться не по днях, а по годинах. Престижні легкові автомобілі оснащують пристроями проти засобами, в яких використовуються приймачі GPS і супутниковий зв'язок: перші - визначають місцезнаходження машини, а другі - сповіщають про це служби моніторингу, в тому числі ДАІ.

Для пасажирського і вантажного міського та муніципального транспорту глобальні навігаційні системи поки занадто дороги (вартість обладнання на один борт досягає 12000-15000 грн.).

Дані про проходження маршруту, наприклад автобуса, записуються в пам'ять і передаються на комп'ютери диспетчерів, оснащені електронікою топографічними картами. Передача інформації відбувається автоматично через регулярні проміжки часу або за викликом диспетчера. Завдяки цьому диспетчер не тільки весь час знає, де знаходяться транспортні засоби, а й може оперативно відреагувати, якщо виникнуть непередбачені проблеми (затор, поломка, ДТП та ін.).

На міжміських маршрутах застосовують засоби супутникової навігації. Для передачі відомостей про місцезнаходження машин, в залежності від конкретної ситуації і матеріальних можливостей, користуються або УКХ-радіозв'язком, або стільниковим зв'язком, або супутниковим радіотелефоном. Якщо немає необхідності постійно тримати зв'язок з автомобілем на трасі, то простіше і дешевше використовувати автономний навігаційний реєстратор у вигляді «чорного ящика».

Реєстратор містить навігаційний приймач, систему запису даних про стан транспортного засобу і передавач ближньої дії (50 – 200 м). При під'їзді машини до воріт автопідприємства на реєстратор надходить радіозапити, автоматично включається передавач і записана в пам'ять інформація перекачується в комп'ютер диспетчера.

Подібні інтелектуальні транспортні системи допомагають об'єктивно оцінювати роботу транспортних засобів, підтримувати регулярність інтервалів руху пасажирського транспорту, оптимізувати діяльність великих транспортних підприємств.

На жаль, залишаються певні труднощі з впровадженням електронних навігаційних систем. В СРСР великомасштабні карти були об'єктом державної таємниці, і спецслужби досі не зняли обмеження на точність визначення координат транспортного засобу.

Перші персональні автомобільні навігаційні системи виникли в кінці 80-х років. У них застосовувалися сигнали супутників і перші аналоги цифрових карт. Завдяки вдалим характеристикам, супутникова система навігації NavStar (США), більш відома як GPS, зайняла провідні позиції в цій ніші.

Автонавігатори бувають двох видів: стаціонарні та інтегровані (рис. 1). До стаціонарним можна віднести навігаційні системи на основі бортового комп'ютера автомобіля, які зустрічаються в автомобілях прем'єр-класу. Інтегровані системи навігації – це автомобільні комп'ютери, а також мультимедійні центри, що мають функцію навігації.



Рисунок 1 – Інтегрований та стаціонарний автонавігатори відповідно

Типи автомобільних навігаційних систем

Навігаційні системи поділяють на навігаційні системи водія та диспетчерські. Навігаційні системи водія призначені для надання

водієві інформації про його місцезнаходження на панель приладів або прямо на лобове скло для прокладання маршруту на карті міста, контролю графіка руху. За типом виконання такі системи можуть бути:

- картографічні, які показують трасу маршруту та місцезнаходження на карті (дисплеї);

- маршрутні, які вказують водієві напрямок руху, залежно від його місцезнаходження (звукові повідомлення).

На сьогодні застосовуються дві навігаційні системи: російська глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС і американська система GPS, принцип функціонування яких і склад практично однаковий.

Супутникова навігація

GPS

GPS – це супутникова навігаційна система, розроблена



Рисунок 2– Супутник GPS

Міністерством оборони США, яка визначає точні координати і час (рис. 2). Працює в будь-якій точці Землі в будь-яких погодних умовах. GPS складається з трьох частин – супутників, станцій на Землі і приймачів сигналу.

Ідея створення супутникової навігаційної системи зародилася ще в 50-і роки минулого століття. Американська група вчених, яка спостерігала за запуском радянських супутників, помітила, що при наближенні супутника частота сигналу збільшується і зменшується при його віддаленні. Це дозволило зрозуміти, що можливо виміряти положення та швидкість супутника, знаючи свої координати на Землі, і навпаки. Величезну роль у розвитку навігаційної системи зіграв запуск супутників на низьку навколосемну орбіту. А в 1973 році була створена програма «DNSS» («NavStar»), за

цією програмою супутники запускалися на середню навколоземну орбіту. Назва GPS програма отримала в тому ж 1973 році.

Система GPS на даний момент використовується не тільки у військовій області, а й в цивільних цілях. Сфер застосування GPS багато [**Error! Reference source not found., Error! Reference source not found.**]:

- Мобільний зв'язок.
- Тектоніка плит – відбувається стеження за коливаннями плит.
- Визначення сейсмічної активності.
- Супутникове відстеження транспорту – можна проводити моніторинг за станом, швидкістю транспорту і контролювати їх рух.
- Геодезія – визначення чітких меж земельних ділянок;
- картографія;
- Навігація;
- Ігри, геотегінг та інші розважальні області.

Найважливішим недоліком системи можна вважати неможливість отримання сигналу при певних умовах. Робочі частоти GPS лежать в дециметровому діапазоні хвиль. Це призводить до того, що рівень сигналу може знизитися через високу хмарність, щільною листя дерев. Радіоджерела, глушилки, а в окремих випадках навіть магнітні бурі також можуть заважати нормальній передачі сигналу. Точність даних буде погіршуватися в приполярних районах, так як супутники невисоко піднімаються над Землею.

Працює система GPS наступним чином – приймач сигналу вимірює затримку поширення сигналу від супутника до приймача. З отриманого сигналу приймач отримує дані про місцезнаходження супутника. Для визначення відстані від супутника до приймача затримка сигналу множиться на швидкість світла. [**Error! Reference source not found.**]

Arduino GPSC точки зору геометрії роботу навігаційної системи можна проілюструвати так: кілька сфер, в середині яких знаходяться супутники, перетинаються і в них знаходиться користувач. Радіус кожної зі сфер відповідно дорівнює відстані до цього видимого супутника.

Сигнали від трьох супутників дозволяють отримати дані про широту та довготу, четвертий супутник дає інформацію про висоту об'єкта над поверхнею. Отримані значення можна звести в систему рівнянь, з яких можна знайти координату користувача. Таким чином, для отримання точного місця розташування необхідно провести 4 вимірювання дальностей до супутника (якщо виключити неправдоподібні результати, досить трьох вимірів).

Система супутникової навігації GPS – принцип, схема, застосування.

Поправки в отримані рівняння вносять розбіжність між розрахунковим і фактичним становищем супутника. Похибка, яка виникає в результаті цього, називається ефемеридної і становить від 1 до 5 метрів. Також свій внесок вносять інтерференція, атмосферний тиск, вологість, температура, вплив іоносфери і атмосфери. Сумарно сукупність всіх помилок може довести похибка до 100 метрів. Деякі помилки можна усунути математично.

Щоб зменшити всі похибки, використовують диференційний режим GPS. У ньому приймач отримує по радіоканалу всі необхідні поправки до координат від базової станції. Підсумкова точність вимірювання досягає 1-5 метрів. При диференціальному режимі існує 2 методи коригування отриманих даних – це корекція самих координат і корекція навігаційних параметрів. Перший метод використовувати незручно, так як всі користувачі повинні працювати за одними і тими ж супутникам. У другому випадку значно збільшується складність самої апаратури для визначення місцеположення.

Існує новий клас систем, який збільшує точність вимірювання до 1 см. Величезний вплив на точність надає кут між напрямками на супутники. При великому куті розташування буде визначатися з більшою точністю.

Точність вимірювання може бути штучно знижена Міністерством оборони США. Для цього на пристроях навігації встановлюється спеціальний режим S / A – обмежений доступ. Режим розроблений у військових цілях, щоб не дати противнику переваги у визначенні точних координат. З травня 2000 року режим обмеженого доступу було скасовано.

Всі джерела помилок можна розділити на кілька груп:

- Похибка в обчисленні орбіт;
- Помилки, пов'язані з приймачем;
- Помилки, пов'язані з багаторазовим відображенням сигналу від перешкод;
- Іоносфера, тропосферні затримки сигналу;
- Геометрія розташування супутників.

У систему GPS входить 24 штучних супутника Землі, мережа наземних станцій спостереження і навігаційні приймачі. Станції спостереження потрібні для визначення і контролю параметрів орбіт, обчислення балістичних характеристик, регулювання відхилення від траєкторій руху, контроль апаратури на бору космічних апаратів.

Характеристики навігаційних систем GPS:

- Кількість супутників – 26, 21 основний, 5 запасних;
- Кількість орбітальних площин – 6;
- Висота орбіти – 20000 км;
- Термін експлуатації супутників – 7,5 років;
- Робочі частоти – $L1 = 1575,42$ МГц; $L2 = 12275,6$ МГц, потужність 50 Вт і 8 Вт відповідно;
- Надійність навігаційного визначення – 95%.
- Навігаційні приймачі бувають декількох типів – портативні, стаціонарні та авіаційні. Приймачі також характеризуються рядом параметрів:

- Кількість каналів – в сучасних приймачів використовується від 12 до 20 каналів;
- Тип антени;
- Наявність картографічної підтримки;
- Тип дисплея;
- Додаткові функції;

Різні технічні характеристики – матеріали, міцність, захист від вологи, чутливість, обсяг пам'яті та інші.

Принцип дії самого навігатора – в першу чергу пристрій намагається зв'язатися з навігаційним супутником. Як тільки зв'язок буде встановлена, відбувається передача альманаху, тобто інформації про

орбітах супутників, що знаходяться в рамках однієї навігаційної системи.

Зв'язки з одним тільки супутником недостатньо для отримання точного місцезнаходження, і залишилися супутники передають навігатора свої ефемериди, необхідні для визначення відхилень, коефіцієнтів обурення і інших параметрів.

Включивши навігатор вперше або після тривалої перерви, починається довге очікування для отримання даних. Довгий час очікування пов'язане з тим, що в пам'яті навігатора відсутні або застаріли альманахи і ефемериди, тому пристрій повинен виконати ряд дій з отримання або оновлення даних. Час очікування, або так зване час холодного старту, залежить від різних показників – якість приймача, стан атмосфери, шуми, кількість супутників в зоні видимості.

Щоб почати свою роботу, навігатор повинен:

1. Знайти супутник і встановити з ним зв'язок;
2. Отримати альманахи і зберегти його в пам'яті;
3. Отримати ефемериди від супутника і зберегти їх;
4. Знайти ще три супутники і встановити з ними зв'язок, отримати від них ефемериди;
5. Обчислити координати за допомогою ефемерид і розташування супутників.

Тільки пройшовши весь цей цикл, пристрій почне працювати. Такий запуск і називається холодним стартом.

Гарячий старт значно відрізняється від холодного. У пам'яті навігатора вже є актуальний на даний момент альманахи і ефемериди. Дані для альманаху дійсні протягом 30 днів, ефемерид – протягом 30 хвилин. З цього випливає, що пристрій вимикалося на нетривалий час. При гарячому старті алгоритм буде простіше – пристрій встановлює зв'язок із супутником, при необхідності оновлює ефемериди і обчислює розташування.

Існує теплий старт – в цьому випадку альманахи є актуальними, а ефемериди потрібно оновити. Часу на це витрачається трохи більше, ніж на гарячий старт, але значно менше, ніж на холодний.

ГЛОНАСС

ГЛОНАСС (Глобальна Навігаційна Супутникова Система) – радянська/російська радіонавігаційна супутникова система, розроблена на замовлення Міністерства оборони СРСР (рис. 3). Розгортання системи у космосі зроблено за допомогою супутників «Глонасс-К» та «Глонасс-М» (ГЛОНАСС 2-го покоління).



Рисунок 3 - Супутник ГЛОНАСС

Основою системи є 24 супутники, що обертаються над поверхнею Землі в трьох орбітальних площинах.

Координати визначаються за принципом, узятим за аналогією американської системи глобального позиціонування GPS. Як альтернатива обом системам у Європі розробляється система Галілео.

Супутники системи ГЛОНАСС стало передають радіовипромінювання двох типів: навігаційний сигнал СТ діапазону L1 (1,6 ГГц) та навігаційний сигнал високої точності ВТ діапазонів L1 і L2 (1,2 ГГц).

Супутники ГЛОНАСС перебувають на орбіті середньою висотою 19 400 км із нахилом $64,8^\circ$ і періодом 11 годин 15 хвилин. Така орбіта більше придатна для застосування на високих широтах (північний і південний полярний регіон), де сигнал NAVSTAR приймається погано. Група супутників розгорнута в трьох орбітальних площинах, із 8 рівномірно розподіленими супутниками в кожній. Для створення глобального покриття необхідно 24 супутники, а для покриття території Росії необхідно 18 супутників. Сигнали передаються з направленістю в 38° з використанням правої кругової поляризації, із потужністю 316 – 500 Вт (EIRP 25 – 27 dBW).

Для визначення координат приймач повинен отримувати сигнал щонайменше від чотирьох супутників і розрахувати відстань до них. При використанні трьох супутників визначення координат ускладнене через помилки, що зумовлені неточністю годинника приймача.

На сьогодні точність визначення координат системою ГЛОНАСС дещо гірша від аналогічних показників GPS.

Згідно з даними СДКМ на 18 вересня 2012 року похибки навігаційних показників ГЛОНАСС (при $p = 0,95$) по довготі і широті становили 3-6 м при використанні в середньому 7-8 супутників (залежно від точки прийому сигналів). Тоді як похибки GPS становили 2-4 м при використанні в середньому 6-11 супутників (залежно від точки прийому сигналів).

При використанні обох навігаційних систем досягається суттєве підвищення точності. Європейський проект EGNOS, який використовує сигнали з обох систем, дозволяє отримати точність визначення координат на території Європи на рівні 1,5-3 метрів. [Error! Reference source not found., Error! Reference source not found.]

Відмінності GPS та ГЛОНАСС

Основна відмінність – це сигнал і його структура. В системі GPS використовується кодове розділення каналів. В системі ГЛОНАСС – частотне розділення каналів (рис. 4).

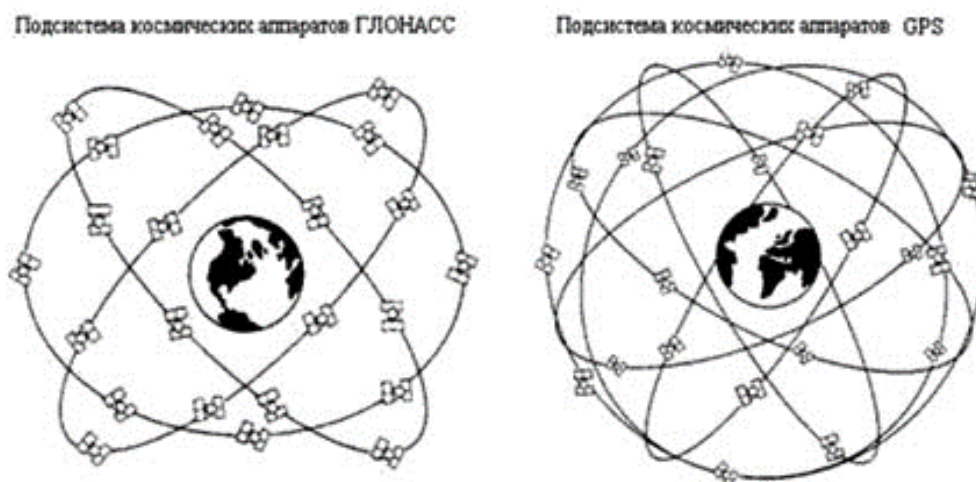


Рисунок 4 - Схема супутникових комплексів ГЛОНАСС ТА GPS відповідно

Для опису руху супутників по орбіті використовуються принципово різні математичні моделі. Модель GPS має на увазі, що траєкторія руху супутника розбивається на ділянки.

В системі ГЛОНАСС використовується диференціальна модель руху. Це означає, що для визначення координат супутника на заданий момент часу потрібно вирішити систему диференціальних рівнянь.

В системі GPS 6 орбітальних площин, і передбачалося за 4 супутника на кожній. Разом - 24 супутника, але вони не забезпечували належної покриття всієї земної кулі, та й якщо який-небудь апарат виходить з ладу, то замінити його нічим. Тому угруповання наростили до 32 супутників. У цьому випадку деякі орбіти мають до 6 супутників.

В системі ГЛОНАСС 3 площини по 8 супутників (8 теоретично). Це забезпечує повне покриття землі і хорошу геометрію. Росіяни розрахували більш оптимальну орбіту, але ось доробити все в цілому не змогли.

- Сфери застосування

У супутникової навігації GPS, на відміну від російського аналога, крім популярних навігаційних систем, постійно з'являються і нові області застосування. Взяти, наприклад, так звані трекери. Це мініатюрний пристрій які можна покласти в портфель школяра, прив'язати до нашійника собаки або заховати в автомобільну аптечку. Після цього на інтернет-сторінці спеціального сервісу можна в будь-який момент побачити на карті, де знаходиться трекер і, отже, сам об'єкт. А можна задати зону, і при виході трекера за її межі вас сповістить про це SMS-повідомлення.

Пристрій можна забезпечити «тривожною» кнопкою. Одне натискання потрапив в біду – і в ефір іде сигнал «SOS». Той, хто його отримає, може визначити по карті, де саме сталася подія.

- Різниця в ресурсах

В існуючому вигляді система ГЛОНАСС була розроблена і запущена в інтересах Міністерства оборони РФ в 1993 р з орбітальним угрупованням обмеженого складу (12 супутників). У 1995 р орбітальне угруповання було розгорнуте до штатного складу в 24 космічні апарати, однак згодом через недофінансування знову скоротилося.

Середній технічний ресурс супутників «ГЛОНАСС» становить 4,5 роки при гарантованому терміні активного існування 3 роки.

США ж використовують супутники другого покоління GPSIIIR з технічним терміном служби 10 років, в реальності ж – до 20 років, що дозволяє їм мати всю необхідну для функціонування системи угруповання супутників на орбіті і підтримувати її функціонування, запускаючи всього лише один супутник на рік. Точносні характеристики російської ГЛОНАСС також істотно поступаються американській GPS. Величина середньоквадратичного відхилення ГЛОНАСС в площині становить 17,1 м, за висотою – 22,18 м, а у GPS аналогічні показники – 2,76 м і 7,51 м. Крім того, росіяни досі не можуть забезпечити покриття ГЛОНАСС усієї запланованої території.[**Error! Reference source not found., Error! Reference source not found., Error! Reference source not found., Error! Reference source not found.**]

GALILEO

Галілео (англ. Galileo) – супутникова система навігації Європейського Союзу та Європейського космічного агентства, розроблена як альтернатива американській системі GPS та російській ГЛОНАСС. Проект вартістю 10 мільярдів доларів названо на честь італійського астронома Галілео Галілея [**Error! Reference source not found.**].



Рисунок 5 - Супутник GALILEO

Система призначена для вирішення навігаційних завдань для будь-яких рухомих об'єктів із точністю менше одного метра. Крім країн європейського співтовариства, досягнуто домовленості про участь у проєкті й інших держав – Китай, Ізраїль, Південна Корея й Україна. Крім того, ведуться переговори з представниками Аргентини, Австралії, Бразилії, Чилі, Індії, Малайзії.

На відміну від американської GPS і російської ГЛОНАСС, система Галілео не контролюється національними військовими відомствами, хоча 2008 року парламент ЄС ухвалив резолюцію «Значення космосу для безпеки Європи», згідно з якою допускається використання супутникових сигналів для військових операцій, що проводяться в рамках європейської політики безпеки. Розробку системи здійснює Європейське космічне агентство. Загальні витрати оцінюються понад 10 млрд євро.

Система почала діяти в обмеженому режимі з 15 грудня 2016 року, коли космічна група налічувала 18 супутників. Повністю розгорнута система складатиметься з 24 операційних та шести запасних супутників на трьох орбітах. Наземна інфраструктура включає два центри управління й глобальну мережу передавальних і приймальних станцій.

Майбутнє супутникової навігації

Навігаційне повідомлення завжди розглядалося як невід'ємна частина глобальних навігаційних супутникових систем. Його головна мета – надати приймачам інформацію про помилки супутникових годин і параметрів для розрахунку положення супутників, а також інших параметрів, що забезпечують більш точне вимірювання відстані. Однак архітектура Глобальна система визначення місцезнаходження (GPS), яка подібна до (але не еквівалентна) іншим ГНСС (Глобальним Навігаційним Супутниковим Системам), розглядається тільки в момент розрахунку дальності на основі коду і лише коли супутники знаходяться на зв'язку з наземним сегментом.

З моменту появи GPS технології еволюціонували, і архітектура ГНСС також повинна розвиватися, з огляду на наступні обставини: більшість приймачів сьогодні здатні виробляти не тільки вимірю-

вання коду, але і вимірювання фази. Друга дія більш точно, але вимагає більшої обчислювальної потужності. Очікувана еволюція ГНСС дасть можливість приймачів досягти точності в кілька сантиметрів в реальному часі, завжди і всюди. Технологія, що стоїть за цією еволюцією вже готова, і здатна збільшити існуючу точність в 100 разів.

Така зміна буде мати таке ж значення і як і скасування виборчої селективності GPS в 2000 році, що вносить навмисну помилку в відкритий сигнал з метою знизити точність цивільних приймачів, в той час як військові використовували більш точний зашифрований P (Y) -код. Відкрита служба GPS не є окремою службою, але швидше за складовою частиною служби для військових. Всі військові приймачі використовують код стандартної точності C / A для того, щоб синхронізувати свій годинник і потім відстежують і приймають зашифрований військовий сигнал P / Y.

Таким чином, початковим інтересом Міністерства оборони США було аж ніяк не надання безкоштовної публічної служби для людства. Однак рівень розвитку криптології та електроніки в період проектування GPS змусив зробити сигнал відкритим. З тих пір, звичайно, були розроблені методи, що дозволяють військові отримати прямий доступ до P / Y-коду без захоплення сигналу стандартної точності.

Коли GPS була введена в експлуатацію, проте, точність відкритої служби виявилася вищою за очікувану, що спочатку розглядалося як загроза національній безпеці США. МО США штучно знизила точність за допомогою виборчої селективності, яка почала застосовуватися під час війни в Перській затоці і Боснії. Згодом недоліки глобального погіршення сигналу перевершили очікувані тактичні переваги. Крім того, багато цивільних експертів в області навігації знайшли способи усунути цю похибку.

Скасування виборчої селективності в травні 2000 року стало часом використання відкритої служби в продуктах для масового ринку, спочатку для наземної навігації. Це рішення виявилось корисним в цілому ряді застосувань супутникової навігації, оскільки до 2000 року точності GPS було недостатньо для автомобілів. З 2000 року МО поступово покращувало точність GPS, і відкритої, і війсь-

кової служби. Поліпшення точності вже не розглядалося як загроза безпеці. У будь-якому випадку Міністерство оборони США може тимчасово придушити сигнал в місці військових дій, щоб захистити себе і своїх союзників від зброї, що використовує супутникову радіонавігацію.

Навіть коли, МО збільшило точність GPS-позиціонування до номінальної (3 - 4 метра для окремого приймача), її було недостатньо для багатьох користувачів. Точність ГНСС знижується через різних помилок, що виникають внаслідок роботи супутниковий системи і фізичних особливостей Землі (наприклад, заломлення і загасання сигналів, що проходять крізь тропосферу і іоносферу). Сума цих помилок може бути легко обчислена в будь-якій точці земної кулі, якщо з високою точністю відомі координати приймача, але вона дійсна тільки для незначної області протягом невеликого періоду часу.

Поправки, надані базовими станціями, значно поліпшили точність позиціонування з часу появи GPS. Цей метод часто називають «диференціальна GPS», або «диференціальна допоміжна система».

Більшість публічних ініціатив пов'язані з диференціальними допоміжними системами, які зарекомендували себе як корисне доповнення відкритої служби. Деякі картографічні агентства розробляють диференціальні служби національного масштабу, використовуючи мережу наземних базових станцій, які передають поправки. Управління цивільної авіації розробили системи рівня континенту, передають поправки через геостаціонарні супутники:

- WAAS – Широкозонна допоміжна підсистема, розроблена Федеральним управлінням цивільної авіації США, експлуатується з 2005 року;

- EGNOS – Європейська геостаціонарна служба навігаційного покриття, розроблена Європейським союзом, запущена в березні 2011 для потреб цивільної авіації;

- MSAS – Багатофункціональна супутникова допоміжна підсистема, управляється Японією, введена в експлуатацію у вересні 2007 року.

Різні комерційні диференціальні допоміжні системи можуть досягти рівня точності від 1 метра до 10 сантиметрів. Але такий рівень точності все ще недостатній для цілого ряду галузей, а саме геодезії, астрономії та управління механізмами в гірничодобувній промисловості та сільському господарстві. Щоб досягти точності більше ніж 10 см супутникова навігація змушена вдаватися до складної фізики, що відноситься до поширення радіохвиль і характеристикам сигналів в просторі. Точність позиціонування прямо пропорційна точності вимірювання дальності від супутника до приймача і також дуже залежить від точності розрахунку положення супутників і помилки їх годин.

Перші GPS-приймачі масового виробництва могли тільки вимірювати код і пов'язане навігаційне повідомлення. Сучасні приймачі здатні визначати фазу. Для того, щоб розрахувати невідоме зміщення фази, протягом останніх 15 років використовувалося два основних підходи:

- диференціальні поправки від базових станцій – RTK, кінематика в реальному часі;
- отримання нової і кращої інформації про становище і помилку годин супутників – PPP, преціонне точкове позиціонування.

Обидва підходи мають переваги і недоліки, які всебічно описані у фаховій літературі і ми коротко підсумуємо їх:

RTK надає миттєве високоточне рішення в статичному і динамічному режимах, але тільки в близькості від базової станції, точне положення якої відомо.

Ця технологія передбачає канал зв'язку між базовою станцією і приймачем і використовується цілим рядом комерційних сервісів, пропонованими приватними компаніями такими як NavCom Technology, OmniSTAR і Veripos.

PPP спочатку використовувалося в режимі пост-обробки за допомогою сервера, який отримує дані від рухомого приймача і має інформацію про точну позиції і похибки годин супутників. Деякі громадські організації надають таку інформацію практично в реальному часі через інтернет-сайти, тому пост-обробка може також проводитися в реальному часі.

Уточнення сигналу в реальному часі може проводитися завдяки мовленню ефемерид і похибки годин навігаційних супутників за допомогою геостаціонарних космічних апаратів. Один з недоліків полягає в тому, що уточнення в реальному часі вимагає часу на підготовку (також час збіжності), яке становить для приймача близько 30 хвилин.

Ці два методи можна виразити дуже просто (де «точне положення» означає позиціонування на основі вимірів коду і фази, що точніше, ніж вимірювання лише за кодом):

- RTK: «Скажи мені точне положення твоєї базової станції, і я скажу тобі точне положення твого мобільного приймача».

- PPP: «Скажи мені точне положення навігаційних супутників, і я скажу тобі точне положення твого мобільного приймача».

Основний недолік прецизійного точкового позиціонування, а саме час збіжності для приймача) може бути подолана завдяки таким діям:

- Природне збільшення обчислювальної потужності (за законом Мура) в майбутньому допоможе знизити час збіжності.

- Доведено, що використання кількох сузір'їв для PPP може знизити час збіжності.

- Використання більш ніж двох частот також допоможе знизити час збіжності.

Два вищезазначених методу розробляються протягом часу. Наприклад, RTK використовує кілька базових станцій замість однієї. PPP використовує одну, дві або три навігаційні частоти і / або одне або більше сузір'їв, включаючи моделювання зміщення супутників.

Однак обидва методи мають щось спільне: обидва усувають нездатність навігаційного повідомлення сучасних глобальних навігаційних супутникових систем дати можливість приймачу використовувати вимірювання фази. Архітектура навігаційного повідомлення спроектована з метою надати дійсні параметри орбіти і похибки годин протягом тривалого часу (зазвичай від одного до трьох годин). Цього достатньо для позиціонування на основі вимірів коду, але не для вимірювання фази.

Обидва методи пропонують еквівалентну точність. В добавок, вони не є взаємовиключними і можуть поєднуватися. Однак тільки PPP пропонує глобальне і автономне диференціальне рішення (т. Е. Без підтримки базової станції). Саме тому можна очікувати, що цей метод стане наступним кроком в супутникової навігації.

Виникає питання: чому навігаційний сигнал не може включати необхідну точну інформацію про положення супутників і похибки годин, яка дозволила б використовувати позиціонування за допомогою вимірювань фази?

Є дві причини поточної ситуації. По-перше, наземна інфраструктура ГНСС не розрахована на безперервну передачу поправок на супутники; замість цього дані завантажуються періодично. У будь-якому випадку, оператори цих систем не пропонують ефемериди і похибка годин в реальному часі. Чи не тому, виробляти такі розрахунки технічно неможливо, а скоріше тому, що не усвідомлюють необхідність в цьому або не мають провайдера для виконання цього.

Інші організації, такі як Міжнародна служба ГНСС (IGS) з великим кількістю станцій спостереження надають ці дані. Французьке космічне агентство, CNES, розробило проект PPP-WIZARD, що усуває невизначеність фази за допомогою методу визначення орбіти.

Специфічність ситуації полягає в тому, що поправки для PPP доступні безкоштовно через інтернет, але доступні через канали супутникового зв'язку лише для обмеженої кількості користувачів, здатних заплатити за міжнародний сервіс, для якого потрібно близько 10 геостаціонарних супутників.

Точка зору експертів світу полягає в тому, що поправки для PPP повинні стати невід'ємною частиною навігаційного повідомлення всіх сигналів ГНСС, в ідеалі безкоштовно, так що коригування де факто стануть публічною інформацією. [**Error! Reference source not found.**]

Висновок

Таким чином, бачимо, що такий термін, як “навігація” вже став невід'ємною частиною наших життів, набувши багатьох значень – від

допоміжних систем у автомобілях, до способів оптимізації й структу-
рування веб-сайтів. Зокрема, у сучасному світі з кожним днем
важливості набирають навігаційні системи – як у професійному так і
непрофесійному полях.

Цей феномен пояснюється зростанням попиту на засоби
знаходження оптимального маршруту або місцязнаходження одиниці
транспорту – будь то літак, автобус чи корабель. На даний момент дві
найпопулярніші такі системи – GPS та ГЛОНАСС, але маємо й менш
відомі – такі як, наприклад, Galileo.

Джерела

1. Навигация – это... Что такое навигация? [Електронний
ресурс] // Академик – Словари и энциклопедии. – Режим доступу:
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/166336>.

2. Визуальная навигация [Електронний ресурс] // Рекламно-
производственная компания Манис – Режим доступу: [https://manis-
reklama.ru/vizualnaya-navigacziya/](https://manis-reklama.ru/vizualnaya-navigacziya/).

3. GPS – Вікіпедія [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим
доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GPS>.

4. Супутникова навігація – Вікіпедія [Електронний ресурс] //
Wikipedia – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Супутни-
кова_навігація](https://uk.wikipedia.org/wiki/Супутникова_навігація).

5. Satellite Navigation – GPS – How It Works [Електронний
ресурс] // YouTube – Режим доступу:
<https://www.youtube.com/watch?v=KVczD9KeUK8>.

6. ГЛОНАСС – Вікіпедія [Електронний ресурс] // Wikipedia –
Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ГЛОНАСС>.

7. В чем разница между Glonass и GPS ? [Електронний ресурс] //
сообщество LifeGlobe - Режим доступу: <https://lifeglobe.net/entry/9512>.

8. ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ ГЛОНАСС ОТ GPS? [Електронний
ресурс] // МСС Глонасс – Федеральный оператор по мониторингу
полного цикла – Режим доступу: [https://mssglonass.ru/articles/chem-
otlichaetsya-glonass-ot-gps](https://mssglonass.ru/articles/chem-otlichaetsya-glonass-ot-gps).

9. GALILEO: the European Global Satellite Navigation System [Электронный ресурс] // YouTube – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=JaudGwe34Ro>.

10. О МЕТОДИКЕ ТОЧНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (PRECISE POINT POSITIONING) И ПЕРСПЕКТИВАХ ЕЁ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ [Электронный ресурс] // КиберЛенинка – научная электронная библиотека – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-metodike-tochnogo-differentsialnogo-pozitsionirovaniya-precise-point-positioning-i-perspektivah-eyo-sovershenstvovaniya>.