



## MÜASİR ÖLÇMƏ TEXNOLOGİYALARI VƏ TƏRS GNSS

**Zahid Zakir oğlu İdriszadə**  
Bakı Mühəndislik Universiteti  
E-mail: zahid.idriszade@gmail.com

GNSS kimi qəbul edilən Qlobal Naviqasiya Peyk Sistemləri peyklərdən istifadə edərək kosmosdan siqnallar göndərən və istifadəçinin yerdəki coğrafi mövqeyini müəyyən edən naviqasiya sistemidir. GNSS ilə istifadəçinin coğrafi mövqeyi tərs kəsdirmə üsulu ilə müəyyən edilir. Bu üsulda peyk-qəbuledici məsafəsi, siqnalın peykdən qəbulediciyə çatana qədər keçdiyi vaxtın işıq sürətinə hasili ilə əldə edilir. Bu ölçmə üsulu ilə istifadəçinin harada olmasından asılı olmayaraq mövqeyi asanlıqla müəyyən edilə bilər. GNSS sistemləri GPS, QLOMSS, GALILEO, BEIDOU/COMPASS, QZSS kimi bir çox peyk əsaslı sistemlərdən ibarətdir. Bu sistemlər arasında ABŞ-da yerləşən GPS və Rusiyada yerləşən QLOMSS dünyada ən çox istifadə edilən qlobal mövqemüəyyənətmə sistemləridir. GPS sistemi 1978-ci ildə ABŞ Müdafiə Nazirliyi tərəfindən yaradılmışdır. GPS mütəmadi olaraq orbitdə hərəkət edən 32 peykdən ibarətdir. Bu peyklər çox zəif radiosiqnallar yayır. Yayılan zəif radiosiqnallar GPS qəbuledicisi tərəfindən qəbul edilir. Bununla da yer səthində istənilən nöqtənin mövqeyini müəyyən etmək mümkün olur. GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema). 1979-cu ildə 4 peyklə işləyən ilk peyk əsaslı mövqemüəyyənətmə sistemi yaradılmışdır. “Kosmos” adlı ilk GLONASS peyki 1982-ci il oktyabrın 12-də kosmosa buraxılıb. Sistem GPS ilə demək olar ki, eyni xüsusiyyətlərə malik idi. Sistemə nəzarət etmək üçün Rusiya sərhədləri daxilində 8 yerüstü stansiya yerləşdirilmişdi. 2010-cu ilə qədər GLONASS bütün Rusiya ərazisini əhatə edirdi. 2011-ci ilin oktyabrında isə 24 peykdən ibarət olmaqla tam qlobal əhatə dairəsi üçün istifadə verilmişdi.

Bu məqalədə yeni nəsil ölçmə sistemindən əlavə mövqe müəyyənətmənin yeni üsulu tərs GNSS haqqında məlumat veriləcək və prerekviziti kimi GNSS şəbəkəsinə görə fərqləri araşdırılacaqdır.

**Açar sözlər:** GPS, GPS-CORS, AzPOS, Qəbuledici, Statik, Real Time Kinematik.

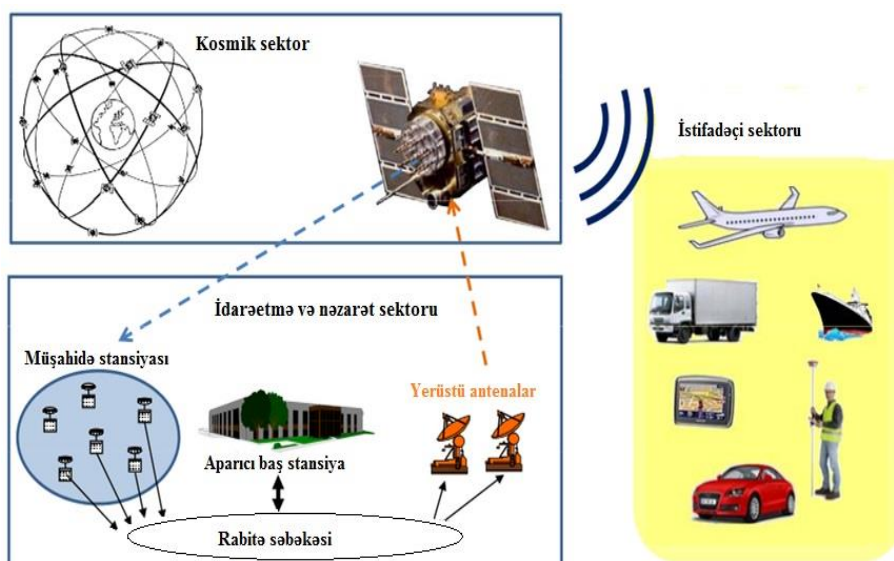
### GİRİŞ

Peyk texnologiyaları, qlobal miqyasda təşkilat və istifadəçilərə xidmət edən və hətta internet kimi sərhəddi olmayan bir dünyanın əvəzolunmaz təchizatıdır. Bu texnologiyaların məhsulu olaraq, qlobal mövqemüəyyənətmə ideyası Amerika hərbi qüvvələrini müəyyən sahələrdə koordinasiya etmək üçün ortaya atılmış və 1990-cı ildən etibarən tədqiqatçıların və vətəndaşların istifadəsinə verilmişdir [10]. Tədqiqatçılar çoxölçülü bu sistemi qitə hərəkətlərinin müəyyən olunmasından ölkə geodeziya şəbəkələrinin modernləşməsinə qədər fərqli sahələrdə istifadə etmişlər. Bundan əlavə mülki işlərdə, xüsusilə xəritə və ölçmə işlərində, eyni zamanda nəqliyyat vasitələrinin izlənilməsi zamanı mövqemüəyyənətmə sistemlərindən geniş istifadə olunur [9].

Qlobal miqyasda məqsədinə çatmış yeganə GNSS olan GPS, məlum olduğu kimi kosmos, nəzarət və istifadəçi sektorlarından ibarətdir (şəkil 1). Əgər sistemi bu üç hissədən ibarət götürsək, əlavə olaraq yalnız peyk radiotranslyasiyaları və IGS (International GNSS service for geodynamics) məlumatlarını da əldə etməliyik. IGS-dən əldə edilən məlumatların sistemin nüvə hissələri ilə birbaşa əlaqəsi yoxdur.

### MATERIAL VƏ METODLAR

Məlum olduğu kimi GPS bir çox xəta mənbəyinin təsiri altındadır. Atmosfer şəraiti, qəbuledici və peyk antenna radiodalğalarının təsiri, peyk orbitindəki nizamsızlıqlar, peykdən gələn siqnala təsirlər, saat xətalrı kimi problemlər ölçmələrə ciddi təsir göstərir [1, 8].



**Şəkil 1.** GPS-in sektorları

Peyk radiotranslyasiyalarından faza və kod ölçməsi olaraq iki cür mövqe məlumatı göndərə bilər. Kod ölçmələrinin sürətli və sadə olmasına baxmayaraq faza ölçmələri kimi dəqiq nəticələr verə bilmir. Ancaq kod ölçmələri bir SBAS (Satellite Based Augmentation System) ilə 3 metrə yaxın dəqiqlikdə mövqe məlumatı verir. Faza ölçmələrində isə vəziyyət fərqlidir. Mürəkkəb hesablamalar və müxtəlif üsullar sayəsində sm-dən daha kiçik dəqiqliyə çatmaq mümkündür.

GPS ölçmə alətlərinin yer səthində qurulması teodolitlərin qurulmasına bənzəyir. Lakin nisbi mövqemüəyyənətmənin zamandan asılı olması və geriye doğru ölçməni tamamlamağa imkan verməməsi ən böyük çatışmazlıqdır. Bununla yanaşı daha dəqiq nəticələr əldə etmək üçün qəbulediciləri eyni anda istifadə etmək lazım gəlir. Yəni nisbi mövqemüəyyənətmə işləri həyata keçirilir. Eyni peyklərdən informasiyaları qəbul edən bərabər zamanlı GPS qəbuledicilərində olan məlumatlar faza fərqlərinin və qeyri-müəyyən məqamların olması ilə baza və peyk qəbuledici məsafələrinin hesablanmasına köməklik göstərir. Bununla məlumat əldə etmə, tarazlaşdırma və transformasiya ilə istənilən informasiyada yeni məntəqələrin koordinatlarına çatmaq mümkündür [5]. GPS-də geodeziya ölçmələri statik və kinematik olaraq iki əsas təməl qaydaya görə həyata keçirilir. Statik ölçmə, qəbuledici antenası sabit saxlanılan, tək nöqtə mövqemüəyyənətmə və nisbi mövqemüəyyənətmə üsullarına bağlı olaraq koordinat əldə edən bir üsuldur. Kinematik ölçmə isə qəbuledici antenanın hərəkət halında olduğu digər üsuldur.

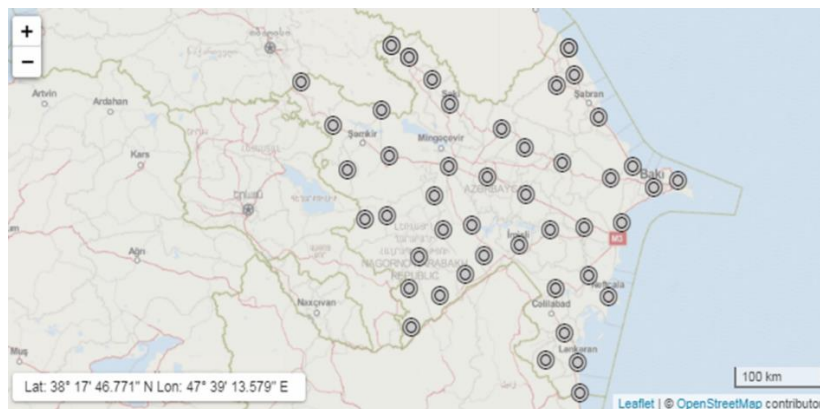
Kinematik ölçmədə başlanğıc faza qeyri-müəyyənliyinin həlli məlum deyil [3]. Bu səbəblə, bu üsul yüksək dəqiqlikli nəticələr verə bilməz. Ancaq kinematik ölçmə üsulunun mənbəyi sayılan peyk texnologiyalarındakı inkişaf sayəsində qısa bazalı (10-15 km) ölçmələrdə kinematik qayda ilə (RTK) sm-dən daha az dəqiqliklə koordinat müəyyən olunur. Daha uzaq məsafələr üçün istifadə edilən diferensial üsullarda (DGPS) isə dəqiqlik azalır. Bəhs edilən RTK ilə DGPS üsulları arasında dəqiqlik baxımından böyük fərqlər vardır. Həmçinin DGPS əsasən hərəkətli vasitələrdə daha çox istifadə olunur. Eyni zamanda qısa bazalarda süni peyk (pseudolite) radiotranslyasiyaları da peyk siqnallarının məhdud olduğu yerlərdə (qapalı sahə, kanyon) istifadə edilə bilən bahalı üsullardan biridir [4].

RTK şəbəkəsi. Geodeziyada GPS şəbəkələrinə baxdıqda, dünya miqyasında 373-ü fəal olmaqla, 414 nöqtə ilə təşkil olunmuş IGS GPS şəbəkəsi bir çox regional şəbəkələrə nümunə göstərilir. Bunların ən çox mübahisə doğurarı şübhəsiz, Yaponiyanın Geonet şəbəkəsidir. Bu şəbəkə 1200 ədəd daimi işləyən qəbuledici ilə xidmət göstərir. Bu cür şəbəkələr davamlı məlumat toplayıb nəza-

rət mərkəzlərinə göndərilir. Şəbəkə göstəriciləri gündəlik və ya real zaman daxilində informasiyaları emal edirlər. Dünya miqyasında belə stansiyaların əsas faydası həssas peyk efemerid məlumatının və Yerın fırlanmasının ölçmə sonrasında müxtəlif dəqiqlik səviyyələrində istifadəçilərə bildirilməsidir [11].

Standart GPS şəbəkəsi ilə RTK-GPS şəbəkəsinin birlikdə istifadə edilməsi kontinental rabitə imkanlarının məhdud və avadanlığın bahalı olması səbəbləri ilə ilk zamanlar mümkün olmamışdır. Böyük miqyaslı izləmə sistemləri ilə əlaqə yaratmaq, hərəkət edən istifadəçinin mövqeyini müəyyən etmək üçün bir çox bahalı RTK qəbuledicisi və eyni sayda əlaqə vasitəsinə ehtiyac duyulur. Hər bir səyyar qəbuledicisi üçün də bir kompüterin olmasını tələb edir [2].

Hal-hazırda istifadə edilən CORS (Continuously Operating Reference) sistemi inkişaf etmiş bir RTK tətbiq etməsidir. İstinad stansiyaları internet və ya mobil kommunikasiya infrastrukturunu istifadə edərək peyk məlumatlarını məlumat mərkəzinə göndərilir. Sistemin birdən çox istinad stansiyası ilə əldə etdiyi düzəlişlər radiomodemlərə ehtiyac olmadan istifadəçilərə göndərilir. Məsəfəsi 100 km-dən kiçik olan stansiyalardan eyni anda bir çox istifadəçi yararlanı bilər. Buna görə də klassik RTK-ya nəzərən sabit qəbuledicilərin sayında azalma müşahidə olunur. Ancaq istifadəçi sayında olan çatışmazlıq səbəbindən klassik geodeziya şəbəkələrində olduğu kimi quraşdırılma xərcləri dövlət qurumları tərəfindən qarşılır. Eyni zamanda, aradan qaldırılması vacib olan sistemdəki nasazlıqlar müvəqqəti məlumat itkilərinə yol açır. Buna görə də sistemin qeydiyyatlı istifadəsi nəticəsində istifadəçinin səhv mövqe məlumatları Nəzarət mərkəzində görünür.

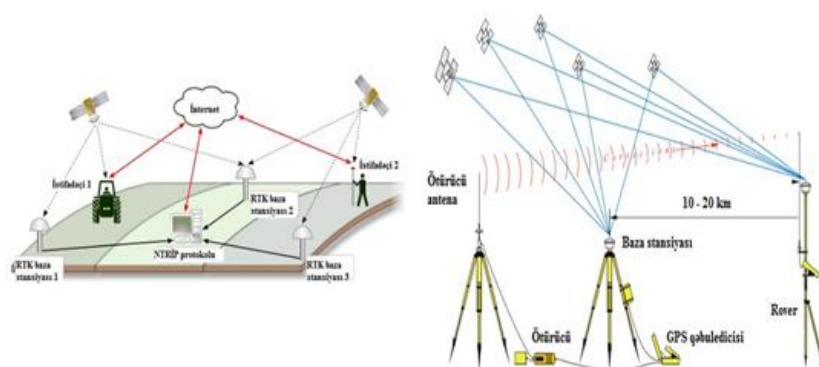


**Şəkil 2.** Azərbaycanda CORS/AzPOS stansiyaları

CORS-AzPOS (Azerbaijan Positioning Observation System) Respublikamızın müxtəlif bölgələrində 45 ədəd fasiləsiz fəaliyyət göstərən istinad stansiyaları (FFGİS-CORS) şəbəkəsidir (Şəkil 2). Bu sistem daimi olaraq Amerikanın GPS və Rusiyanın GLONASS peyk siqnallarını qəbul edir. Xidmət hər iki-RTK (real time kinematic) və DGNSS (Differensial Global Navigation Satellite System) əməliyyatların çevikliyini təklif edir. RTK əməliyyatları DGNSS əməliyyatlarına nisbətən daha uzaq məsafəyə doğru genişlənmə bilər. Hər iki real-time əməliyyatları sürətli və etibarlı internet əhatəsini tələb edir. AzPOS ölçmə işlərindən sonra emal (post-processing) xidmətini də tələb edir. FFGİS stansiyaları 7 gün 24 saat fasiləsiz olaraq fəaliyyət göstərir. Sistem hələ tam təhvil verilməyən Avropa İttifaqının Galileo peyk siqnallarını da qəbul etmək iqtidarındadır. Bu sistem ən son GNSS texnologiyası ilə yaradılmışdır.

AzPOS Azərbaycan Respublikası ərazisində geodeziya ölçmə işlərində tətbiq olunan yüksək dəqiqlikli məlumatları emal etməklə, zaman-məkan daxilində qəbuledicilərin köməyi ilə koordinatları müəyyən edən informasiya sistemidir. AzPOS şəbəkəsi məlumatları dəqiq vaxt rejimində RTK və Differensial Qlobal Naviqasiya Peyk sistemi vastəsi ilə emal olunduqdan sonra (DGNSS Post-Processing) elektron formada ötürür [13].

Tərs GNSS. İstehsalçı-istehlakçı modeli olaraq tanınan və mənbələrdə "reverse RTK, inverse RTK, remote RTK və ya Inverted RTK" adları ilə göstərilən tərs GNSS, klassik RTK-dan fərqli bir sistem anlayışını təklif edir [7]. Şəkil 3-də sol tərəfdə CORS (şəbəkə RTK), sağda tərs RTK modeli verilmişdir. Standart şəbəkə RTK modelində istifadəçi xətalı mövqə məlumatlarını istinad stansiyasının bağlı olduğu mərkəzə göndərir və burada səyyar qəbulediciyə məxsus bir düzəliş hazırlanaraq qəbulediciyə çatdırılır. Bu çatdırılanda düzəltmələrlə və peyk məlumatları ilə qəbuledicidə koordinatlar hesablanır. Tərs GNSS-də isə prosedur fərqli baş verir. İstifadəçinin qəbuledicisinə gələn məlumatlar, şəbəkə mərkəzinə göndərilən məlumatlar RTK prinsipi ilə işlənir və koordinatlar səyyar qəbulediciyə göndərilir. Klassik CORS-da sabit stansiyalar və məlumat mərkəzi istifadəçiyə düzəliş məlumatı göndərirdi üçün sabit RTK, yeni nəsil ölçmələrdə isə istifadəçi şəxsi peyk məlumatlarını Nəzarət mərkəzi ilə paylaşdığına görə tərs RTK (inverted RTK) adları ilə qeydiyyatda düşür. Bundan başqa, rabitə cihazları hər hansı bir məhdudiyyət qoymadığı üçün sabit RTK mərhələsindən tərs RTK mərhələsinə keçilə bilər [6].



Şəkil 3. Sol tərəfdə CORS (şəbəkə RTK), sağda tərs RTK modeli

### NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

RTK demək olar ki, hər zaman RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) siqnalları ilə işləyir [12]. Əlaqə üsulunun sellülar xəbərləşməyə və ya peyk rabitəsinə üstünlük verməsi siqnalın quruluşu ilə bağlı deyil. RTCM siqnalları müəyyən kodlarla ifadə olunmuş cümlələrdən ibarətdir. Kodlar siqnalın bir şablonu olaraq gələn və ya gedən cümlənin məzmununu, sözlərin sıralamasını və tiplərini verir. CORS nəzarət mərkəzindən məlumat ala bilən başqa mərkəzlər olmasından dolayı ərazidəki istifadəçi üçün xüsusi həll yolları ilə verilə bilər. 5 fərqli CORS əməliyyat modeli verilir. Bunlar;

- 1-ci Model: Təşkilati CORS infrastruktur, ticarət xidməti yoxdur;
- 2-ci Model: Dövlət CORS infrastruktur, ticarət xidmətləri həyata keçirilir;
- 3-cü Model: Dövlət CORS infrastruktur, məlumatları özəl sektor qeydiyyatda alır;
- 4-cü Model: Xüsusi mülk kooperativ CORS infrastruktur, ticarət xidmətləri həyata keçirilir;
- 5-ci Model: Xüsusi mülk CORS infrastruktur, ticarət xidmətləri həyata keçirilir.

Sistemin quraşdırılması tamamilə dövlət səlahiyyətləri daxilində olduğu üçün ilk üç model arasında seçim edilməsi daha məqsədə uyğundur.

### YEKUN NƏTİCƏ

Beləliklə, GPS aktual hadisələr baxımından müzakirə olunmuşdur. Müasir dövrdə gedən inkişaf nəticəsində qlobal mövqemüəyyənətmə sisteminin istifadəsi bu sahədə çalışanların işində böyük bir irəliləyişə səbəb olmuşdur. Bununla yanaşı ərazidə aparılan geodeziya işlərində müxtəlif fərqli



qaydaları görmək mümkündür. CORS daim işləyən stansiyalardan ibarət olan bir GPS şəbəkəsidir. Bu şəbəkə RTK ölçmə qaydasını özündə birləşdirir. Sabit RTK prinsipinə əsasən işləyən bir şəbəkə üçün müxtəlif həll yolları, məsələn, VRS, FKP, GEO++ və s. məlumatlarda verilir. Ancaq bu üsullar koordinatları qəbul edicidə toplayır və eyni mərkəzdə toplama anlayışından uzaqdır. Tərs RTK-nin CORS-la birləşdirilməsi tərs GNSS anlayışını ortaya çıxarmışdır. Bu üsulla məlumatların keçmişə yönəlik işlənməsi təmin edilə biləcəyi kimi, ölçmə nöqtələri də mərkəzdən yoxlanıla bilər. Hətta ərazidəki bütün ölçmələr hər hansı şirkət mərkəzlərində toplanırsa, buna görə də topoqrafik xəritələrin hazırlanmasında yeni bir anlayış irəli sürülə bilər.

## ƏDƏBİYYAT

1. Hugentobler, U. Bernese GPS Software Version 4.2 / U.Hugentobler, S.Schaer, P.Fridez – Switzerland: – 2001.
2. Kanzaki, M. Inverted RTK system and its applications in Japan / M.Kanzaki. Nippon GPS Solutions Corporation, – 2006.
3. Kahveci, M. Kinematik GNSS ve RTK Cors Ağları / M.Kahveci. – Ankara: Zerpa yayıncılık, – 2009.
4. Rizos, C. Alternatives to current GPS-RTK services and some implications for CORS infrastructure and operations, GPS Solutions / C.Rizos. – London: Springer, – 2007. – 7 p.
5. Tsugawa, T. Mediumscale traveling ionospheric disturbances observed by GPS receiver network in Japan: a short review / T.Tsugawa, N.Kotake, Y.Otsuka [et al.] // GPS Solutions, – 2007. – p. 139–144.
6. Uzel, T. Ulusal Cors Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü Projesi İkinci Çalıştayı / T.Uzel, K.Eren – İstanbul: – 2007.
7. Wübbena, G. GNSS Network-RTK Today and in the Future // International Symposium on GNSS, Space-based and Ground based Augmentation Systems and Applications. Berlin, – 2008.
8. Xu, G. GPS data processing with equivalent observation equations, GPS Solutions / G.Xu. – 2002. – 5 p.
9. Xu, G. GPS Theory, Algorithms and Applications / G.Xu. – Berlin: Springer, – 2002.
10. Evolution of Multipath Error Reduction with Signal Processing, GPS Solutions / A.Zhdanov, M.Zhodzishsky, V.Veitsel [et al.] – 2002. – 9 p.
11. <http://igsb.jpl.nasa.gov/network/list.html>
12. <http://rtcm.org>
13. <https://emlak.gov.az/news/view/4853-AzPOS-haqq%C4%B1nda>

## MODERN MEASUREMENT TECHNOLOGIES AND INVERTED GNSS

### Z.Z. İdriszada

Global Navigation Satellite Systems, also known as GNSS, is a navigation system that uses satellites to send signals from space and determine the user's geographic location on the ground. With GNSS, the geographic position of the user is determined by the inverse intercept method. In this method, the satellite-receiver distance is obtained by multiplying the time it takes for the signal to reach the receiver from the satellite times the speed of light. With this measurement method, the position of the user can be easily determined regardless of where he is. GNSS systems consist of many satellite-based systems such as GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU/COMPASS, QZSS. Among these systems, US-based GPS and Russia-based GLONASS are the most widely used glo-



bal positioning systems in the world. GPS (Global Positioning System). The GPS system was created in 1978 by the US Department of Defense. GPS consists of 32 satellites in regular orbit. These satellites emit very weak radio signals. The weak radio signals emitted are received by the GPS receiver. With this, it is possible to determine the position of any point on the earth's surface. GLONASS (Global Navigation Sputnik System). In 1979, the first satellite-based positioning system working with 4 satellites was created. The first GLONASS satellite named "Kosmos" was launched into space on October 12, 1982. The system had almost the same features as GPS. To monitor the system, 8 ground stations were placed within the borders of Russia. Until 2010, GLONASS covered the entire territory of Russia. In October 2011, it was launched for full global coverage, consisting of 24 satellites.

In this article, in addition to the next-generation measurement system, a new method of position determination, inverse GNSS, will be presented and its differences will be explored according to the prerequisite GNSS network.

**Keywords:** *GPS, GPS-CORS, AzPOS, Receiver, Static, Real Time Kinematics.*

## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАТНАЯ ГНСС

### 3.3. Идрисзаде

Глобальные навигационные спутниковые системы, также известные как GNSS, представляют собой навигационную систему, которая использует спутники для отправки сигналов из космоса и определения географического положения пользователя на земле. При использовании GNSS географическое положение пользователя определяется методом обратного пересечения. В этом методе расстояние от спутника до приемника получается путем умножения времени, необходимого сигналу для достижения приемника от спутника, на скорость света. С помощью этого метода измерения положение пользователя можно легко определить независимо от того, где он находится. Системы GNSS состоят из множества спутниковых систем, таких как GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU/COMPASS, QZSS. Среди этих систем американские GPS и российская ГЛОНАСС являются наиболее широко используемыми системами глобального позиционирования в мире. GPS (глобальная система позиционирования). Система GPS была создана в 1978 году Министерством обороны США. GPS состоит из 32 спутников на регулярной орбите. Эти спутники излучают очень слабые радиосигналы. Излучаемые слабые радиосигналы принимаются приемником GPS. При этом можно определить положение любой точки земной поверхности. ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система). В 1979 году была создана первая спутниковая система позиционирования, работающая с 4 спутниками. Первый спутник ГЛОНАСС под названием «Космос» был запущен в космос 12 октября 1982 года. Система имела почти те же функции, что и GPS. Для наблюдения за системой в пределах России было размещено 8 наземных станций. До 2010 года ГЛОНАСС покрывал всю территорию России. В октябре 2011 года он был запущен для полного глобального покрытия в составе 24 спутников.

В этой статье, в дополнение к системе измерения следующего поколения, будет представлен новый метод определения местоположения, обратная GNSS, и его отличия будут изучены в соответствии с необходимой сетью GNSS.

**Ключевые слова:** *GPS, GPS-CORS, AzPOS, приемник, статика, кинематика в реальном времени.*