

## ЮҚОРИ АНИҚЛИКДАГИ КООРДИНАТАЛАРНИ ҲИСОБЛАШДА AUSPOS ОНЛАЙН ТИЗИМИДАН ФОЙДАЛАНИШ (PRECISE POINT POSITIONING)

*А. А. Абдисаломов<sup>1</sup>, Ж. А. Қудратов<sup>2</sup>.*

*“ТИҚХММИ” МТУ нинг Қарши ирригация ва агротехнологиялар институти.*

*e-mail: [abduraufabdusalomov8@gmail.com](mailto:abduraufabdusalomov8@gmail.com)*

**Аннотация:** Ҳозирги вақтда геодезик тармоқларни куриш ҳам қиммат жараён бўлиб, узлуксиз ишлов бериш учун махсус дастурлар (BERNESE, EUPOS, GIPSY ва бошқалар) мавжудлиги доимий равишда қайта ишлашни талаб қилинади. Шу сабабли, охириги йиллар давомида PPP (Precise Point Positionинг) юқори аниқликдаги жойлашишни аниқлаш усули номи билан амалиётга кирган муқобил усул таклиф қилинди. AUSPOS онлайн тизими Бернесе дастурий таъминотидан фойдаланган ҳолда олинган координаталар ечимларини ҳисоблайди.

**Калит сўзлар:** AUSPOS, PPP (Precise Point Positionинг), сунъий йўлдош, BERNESE, EUPOS, GIPSY, дифференциал усул

**Аннотация:** В настоящее время построение геодезических сетей также является дорогостоящим процессом, а наличие специальных программ (BERNESE, EUPOS, GIPSY и др.) для непрерывной обработки требует постоянной обработки. По этой причине за последние годы был предложен альтернативный метод, который вошел в практику под названием PPP (Точное точечное позиционирование) - метод высокоточного позиционирования. Онлайн-система AUSPOS рассматривает решения координат, полученные с помощью программного обеспечения Bernese.

**Ключевые слова:** AUSPOS, PPP (Precise Point Positionинг), спутник, BERNESE, EUPOS, GIPSY, дифференциальный способ

**Асосий қисим.** Канада фазовий мос ёзувлар тизими - аниқ нуқталарни аниқлаш (CSRS-PPP) бу GNSS маълумотларини қайта ишлаш учун онлайн дастур бўлиб, у фойдаланувчиларга кузатув маълумотларини Интернет орқали юбориш ва аниқ GNSS Орбитаси ва Соат маълумотлари, Канадада жойлашишни аниқлашнинг яхшиланган аниқлигидан фойдаланган ҳолда тиклаш имконини беради. Фазовий маълумот тизими (CSRS) ва Халқаро ер усти маълумот рамкаси (ITRF).

<sup>1</sup> А. А. Абдисаломов – “ТИҚХММИ” МТУ нинг Қарши ирригация ва агротехнологиялар институти стажёр-ўқитувчиси.

<sup>2</sup> Ж. А. Қудратов – “ТИҚХММИ” МТУ нинг Қарши ирригация ва агротехнологиялар институти стажёр-ўқитувчиси.

Шу кунга қадар яратилган геодезик ва картографик потенциални сақлаб қолиш ва янги миллий фазовий маълумотлар тизимини жорий этишда сунъий йўлдош ва анъанавий ўлчовларни тўғри тенглаштириш учун икки тизимлар ўртасидаги ўтишга таъсир қилувчи асосий омил тармоқ нуқталарининг координаталарини юқори аниқлик билан аниқлашдир [1]. Шу сабабли, ишнинг ушбу қисмида янги доимий станциялардан ўлчовларни қайта ишлашнинг аниқлиги баҳолаш бўйича тадқиқот олиб борилди. Ўзбекистон миллий геодезия тармоғини қуришда тармоқнинг янги киритилган тармоғ пунктларининг аниқ координаталари жаҳон геодезия тизимига (WGS-84) ёки халқаро ер таянч тизимига (ITRF) нисбатан аниқланиши керак. Ўлчов усулини танлаш, агар у тегишли норматив меъёрий ҳужжатда кўрсатилмаган бўлса, маълумотларнинг тезкорлигига қўйиладиган талаблар, назорат нуқталаридан (таянч пункт) узоклик даражаси, иш динамикасининг табиати, тегишли инфратузилма мавжудлиги ва бошқалар каби кўплаб омилларга боғлиқ. Бироқ, асосий омил, албатта, усулнинг потенциал аниқлигидир [2]. Ҳозирги кунда кенг қулланиладиган сунъий йўлдошлар маълумотига асосан жойлаштиришнинг дифференциал усули миллиметр даражасида координаталарни ҳисоблаш имконини беради. Бу ҳолда ўлчовлар камида иккита икки частотали қабул қилувчилар ёрдамида амалга оширилади, улардан бири маълум координатали таянч станцияга ўрнатилиши керак. Бундай ўлчовларни амалга оширишнинг зарурий шарти маълум бир ҳудуд учун таянч станциялари тармоғининг ривожланган инфратузилмаси, қимматбаҳо ускуналарнинг мавжудлиги ва таянч станцияда "узок муддатли боғланиш" ни амалга ошириш, координаталари маълум бўлган нуқта ва янги станция билан квазинхрон кузатувларни ўтказишдир. Фаза ноаниқликларини ечиш бир ва икки хил фарқлардан фойдаланиш орқали амалга оширилади [3]. Ҳозирги вақтда геодезик тармоқларни қуриш ҳам қиммат жараён бўлиб, узлуксиз ишлов бериш учун махсус дастурлар (BERNESE, EUPOS, GIPSY ва бошқалар) мавжудлиги доимий равишда қайта ишлашни талаб қилинади. Ҳозирги кунда республика ҳудудидаги мавжуд тармоқ мазкур талабларга жавоб бермайди (ҳозирча фаолият юритаётган истеҳкомларнинг чекланган сони, тармоқ тузилмаси жойлаштириш босқичида, маълумотларни қайта ишлашни тўлиқ автоматлаштириш йўқ ва бошқалар). Шу сабабли, охириги йиллар давомида PPP (Precise Point Positioning) юқори аниқликдаги жойлаштиришни аниқлаш усули номи билан амалиётга кирган муқобил усул таклиф қилинди. Бу усулнинг концепцияси биринчи марта 70-йилларда таклиф қилинган ва назарий тамойиллар Zumberge ва бошқалар томонидан яратилди. PPP усули яқин келажакда нафақат тармоқ маълумотларини қайта ишлаш учун, балки ўлчаш усуллари учун ҳам муқобил сифатида кўриб чиқилиши мумкин, чунки реал вақтда кинематик ва

дифференциал GPS ўлчовлари (RTK) бажалириши имкони яратилди [4]. GPS сигналининг псевдокодлари ва фазалар ёрдамида кузатиш тенгламалар ёрдамида қўйидагича моделлаштирилади [5]. Бунда фақатгина ефемерида-вақт маълумоти (ЭВМ) аниқлигига боғлиқ L фазанинг ионосфера-еркин комбинациялар (IF) модели ва (P) коддан фойдаланилган:

$$P_{IF} = \rho + cdt_{P_{IF}}^r - cdt_{P_{IF}}^s + T + \varepsilon_{P_{IF}} \quad (1)$$

$$L_{IF} = \rho + cdt_{P_{IF}}^r - cdt_{P_{IF}}^s + T - \lambda_{IF} N_{IF} + (b_{L_{IF}}^r - b_{P_{IF}}^r) - (b_{L_{IF}}^s - b_{P_{IF}}^s) + \varepsilon_{L_{IF}} \quad (2)$$

бу ерда  $L_{IF}, P_{IF}$  – приёмник билан ўлчанган фаза ва псевдоузоқлик,  $\rho$  – геометрик масофа,  $c$  – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги,  $dt_{P_{IF}}^r, dt_{P_{IF}}^s$  – приемник ва йўлдош соатининг хатоликлари,  $T$  – тропосфера кечикиши,  $\varepsilon_{P_{IF}}, \varepsilon_{L_{IF}}$  – хатолик (шовқин) ҳамда код ва фазанинг моделланмайдиган таъсири,  $\lambda_i$  –  $i$ -частотадаги тўлқин узунлиги,  $N$  – фазанинг бир маъноли эмаслиги,  $b_{P_{IF}}^r, b_{L_{IF}}^r$  - приемник жиҳозлари силжиши,  $b_{P_{IF}}^s, b_{L_{IF}}^s$  – йўлдош жиҳозлари силжиши.

Сўнги йилларда бир қатор таҳлил марказлари юқори аниқликдаги координата усулидан фойдаланган ҳолда янги белгиланган нуқталар учун координаталарни ҳисоблаш учун бепул онлайн хизматларни ишлаб чиқдилар. Автоматик аниқ жойлашишни аниқлаш хизмати (APPS), Jet Propulsion Laboratory (JPL) томонидан ишлаб чиқилган (<http://apps.gdgps.net/>), Австралиянинг таянч тизимини яратиш лабораториясининг AUSPOS (<https://gnss.ga.gov.au/auspos>) ва Канада фазовий маълумотлар тизими Canadian Spatial Reference System (CSRS) (<http://www.geod.nrcan.gc.ca/>). Уларнинг қисқача тавсифи:

RINEX форматида тақдим етилган GPS ўлчовларининг босқичлари ва кодларини қайта ишлаш учун JPL лабораториясининг Автоматик Аниқ Поозициялаштирувич Хизмат (APPS) лабораториянинг GIPSY-OASIS дастурининг 5-версиясидан фойдаланади. Zumbege-да тасвирланган юқори аниқликдаги жойлашишни аниқлаш усули [6], орбиталарнинг JPL қийматлари ва соат тузатишларидан фойдаланган ҳолда, станция координаталари (статик режим) ёки станция вақт қаторлари (кинематик режим), фаза ноаниқликлари, гидростатик ва нам ҳаво ҳужумига қарши кечикиши ҳар 2 соатда 0,3 мм ўзгаришлар билан аниқланади.

Ионосферик еркин комбинация Канада фазовий таянч тизимининг (CSRS) группаси томонидан юқори аниқликдаги IGS орбиталаридан фойдаланган ҳолда моделлаштирилган. Статик ва кинематик режимларда асосий фазани бирлаштириб, станциянинг ҳолатини, фазанинг ноаниқлигини, антенналарнинг силжиши, сув оқими ва океан юқларини симуляция қилиш, ернинг айланиш

параметрларини аниқлаш мумкин. Статик режимда икки частотали ўлчовларнинг олинган координаталарининг аниқлиги 1-2 см га етади [7].

AUSPOS онлайн тизими еса Бернесе дастурий таъминотидан фойдаланган ҳолда олинган координаталар ечимларини ҳисоблайди. Берн Астрономия Университети (AIUB) томонидан ишлаб чиқилган ушбу комплекс бир ва икки частотали ўлчовларни қайта ишлаш, узоқ базавий чизиқлардаги ноаниқликларни бартараф етиш, ионосфера ва тропосферани моделлаштириш ва бошқалар учун мўлжалланган, асосан GPS маълумотларини қайта ишлашнинг дифференциал усули. Бернес дастурий пакетининг PPP варианты қуйидагиларни ўз ичига олади: дастлабки маълумотни тайёрлаш, кузатишларни дастлабки қайта ишлаш, ҳар бир нуқта учун PPP координаталарини ҳисоблаш ва танланган мос таянч тизимига якуний ўтиш. Бироқ, Берн Астрономия институти ушбу процедуранинг фақат дастлабки 3 босқичини амалга оширган [9]. Уфқ бурчаги ишлов бериш жараёнида  $10^\circ$  ни ташкил етади, IGS ва IERS стандартларига мувофиқ геофизик моделлар танланган [8].

Қушимча айтиб ўтиш лозимки, APPS хизмати учун EGM2008 глобал модели ва Канада хизмати учун NAD83 геоид моделидан фойдаланиш билан боғлиқ. Турли хил онлайн хизматлар, шунингдек, халқаро IGS хизматининг маълумотларни таҳлил қилиш марказлари маълумотларини қайта ишлаш ҳозирги вақтда IERS 2010 стандартлари билан бир қаторда турли хил маълумотларни таҳлил қилиш стратегияларидан (ионосфера моделлари, орбиталар ва соатни тузатишлар ва бошқалар) фойдаланадиган турли дастурий таъминот тизимларидан фойдаланишга асосланган. Турли хил ечимлар горизонтал компонентларда 1-3 мм ва вертикалда 2-6 мм даражасида мос келади [10]. Бироқ, турли хил орбита маълумотлари ва соатларнинг ўзгариши географик марказнинг силжишига олиб келади ва шунинг учун нуқта координаталарини аниқлашнинг аниқлигига таъсир қилади. Ушбу хизматлар томонидан эълон қилинган сантиметр аниқлиги керакли конвергенция вақтини таъминлаган ҳолда турли хил таҳлилий марказларнинг ва бирлаштирилган IGS ечимининг аниқ эфемеридалари ва соат тузатишлари ёрдамида амалга оширилиши мумкин. 30 сонияли ўлчовларни 24-соатлик сессия билан якуний орбитали ечимлар ва 5 дақиқа оралиғида соатни ўзгартириш билан биргаликда фойдаланиш тавсия етилади [11; 12].

### Фойдаланилган адабиётлар

1. «Омерах по реализации инвестиционного проекта «Создание Национальной географической информационной системы». Постановление Президента №2045 от 2013 года. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lex.uz/pages/getpage.aspx?lact id=2242710>

2. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [http://lex.uz/pages/getpage.aspx?lact\\_id=3107042](http://lex.uz/pages/getpage.aspx?lact_id=3107042)
3. «О применении и открытом использовании на территории Республики Узбекистан международных геодезических систем координат» Постановление Кабинета Министров республики Узбекистан. №1022. 26.12.2017 [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [http://www.lex.uz/pages/getpage.aspx?lact\\_id=3481466](http://www.lex.uz/pages/getpage.aspx?lact_id=3481466)
4. Beutler G., Mueller I., Neilan R. The International GPS Service for Geodynamics: development and start of official service on 1 January 1994// Bulletin of Geodesique. 1994. - 68, -pp. 39-70.
5. Willis P., Fagard H., Ferrage P., Lemoine F.G., Noll C.E., Noomen R., Otten M., Ries J.C., Rothacher M., Soudarin L., Tavernier G., Valette J.J. The International DORIS Service (IDS): Toward maturity, in DORIS: Scientific Applications in Geodesy and Geodynamics. P. Willis (Ed.) // Advances in space research. 2010, -45(12). -p.1408-1420, doi: 10.1016/j.asr.2009.11.018
6. Reigber Ch., Schwitzer P., Neumayer K., Barthelmes F., König R., Förster Ch., Balmino G., Biancale R., Lemoine J.-M., Loyer S., Bruinsma S., Perosanz F., Fayard T. The CHAMP-only earth gravity field model EIGEN-2 II Advances in Space Research. 2003. -Volume 31, Issue 8. -pp. 1883-1888.
7. Schone T., Zech C. et all. A new permanent multi-parameter monitoring network in Central Asian high mountains - from measurements to data bases// Geosci. Instrum. Method. Data Syst. 2013, -No. 2, -pp. 97-111.
8. Saunier J. Station re-location at Kitab (Uzbekistan) to get better visibility // IDS Newsletter. 2018. -No. 4. -pp.1-3.
9. Bernese GPS Software Version 5.0. User manual / Edited by Rolf Dach, Urs Hugentobler, Pierre Fridez, Michael Meindl. -Astronomical Institute, University of Bern, 2007. - 612 p.
10. REGINS network. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://space-geodesy.nasa.gov/docs/2011/02/REGINAhostingsitev1\\_en.pdf](https://space-geodesy.nasa.gov/docs/2011/02/REGINAhostingsitev1_en.pdf)
11. Herring T.A., Hager B.H., Meade B., Zubovich A.V... Contemporary horizontal and vertical deformation in the Tien Shan //International seminar "On the Use of Space Techniques for Asia-Pacific Regional Crustal Movements Studies". Moscow, GEOS. 2002, - p. 75-84.
12. Кайранбаева А. Б. Геодезический мониторинг и компьютерное моделирование геодинамических процессов на территории Северного Тянь-Шаня: дис. ... доктора философии (PhD). -Республика Казахстан. Алма-Аты. 2014. - С.145.