

УДК 528.236(581)
DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-4-49-58

Основные направления развития государственной координатной основы в Афганистане

Х. З. Наджибулла^{1,2}, Е. Г. Гиенко^{1*}

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Кабульский политехнический университет, г. Кабул, Афганистан

* e-mail: elenagienko@yandex.ru

Аннотация. Выполнен обзор современного состояния государственной координатной основы Афганистана, созданной как наземными, так и спутниковыми методами. Отмечено, что при развитии геодезической сети Афганистана полезно использовать существующий в других странах опыт создания государственных геодезических сетей спутниковыми методами, но с учетом территориальных особенностей государства. Сформулированы основные направления развития государственной координатной основы: выбор государственной системы координат и ее реализация, создание геодинимических полигонов, установка постоянно действующих базовых станций ГНСС. Рекомендовано в малодоступных районах для определения координат методами ГНСС использовать высокоточные сервисы дифференциальной коррекции. На основании сформулированных предложений будет возможно создать на территории Афганистана высокоточную стабильную и развивающуюся государственную геодезическую сеть для выполнения топографо-геодезических работ разного назначения, геопространственного мониторинга, картографирования и геодинимических исследований.

Ключевые слова: государственные геодезические сети, государственная координатная основа, постоянно действующие базовые станции (CORS), геодинимика

Введение

Исторически государственная геодезическая сеть на территории Афганистана создавалась методами триангуляции, полигонометрии; государственная высотная сеть – с помощью геометрического и тригонометрического нивелирования. Работы по определению координат и высот пунктов начались при участии Индийской и Российской геодезических служб (1852–1869 гг.), где основной задачей было установление границ государств. История геодезии Афганистана изложена в [1, 2].

За всю картографическую и связанную с ней деятельность в Афганистане отвечает Главное управление геодезии и картографии Афганистана (AGCHO – Afghan Geodesy and Cartography Head Office, <http://www.agcho.org/> [2]), где специалисты отдела «Геодезия и картография» выполняют геодезические работы на государственном уровне по всей стране. В настоящее время AGCHO не работает в связи с политическим положением Афганистана.

На данный момент на территории Афганистана имеется сеть долговременно закрепленных пунктов триангуляции, нивелирования, а также сеть гравиметрических пунктов. Исходный пункт триангуляции находится на холме Ахмад Хан в Кабуле, параметры эллипсоида – ADG66 (Австралийская система отсчета 1966 г.). Эти исходные геодезические даты использовались при создании топографических карт Афганистана. Нормальные высоты переданы геометрическим нивелированием с пограничных столбов СССР и относятся к Балтийской системе высот БСВ-77. Гравиметрические пункты созданы для введения гравиметрических поправок в результаты геометрического нивелирования и относятся к международной гравиметрической сети The International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71) [2].

В таблице приведено количество пунктов триангуляции, полигонометрии и нивелирования, а также гравиметрических пунктов [2].

Количество пунктов государственной геодезической сети Афганистана

№	Сеть	Класс	Число
1	Триангуляция	1	251
2		2	293
3		3	139
4		4	200
5	Городская полигонометрическая сеть г. Кабула	1	802
6	Пункты нивелирования	I	370
7		II	1072
8		III	76
9		Стенной репер	114
10	Гравиметрические пункты	1	41

Следует отметить, что большое количество этих точек в последние годы не обследовалось, поэтому нельзя сказать, сколько их в сохранности и сколько разрушено.

Что касается современных спутниковых геодезических сетей, то в 2008 г. Национальной геодезической службой США (NGS) было установлено 9 постоянно действующих базовых станций ГНСС (CORS) (запланировано 11) совместно со специалистами AGCHO для использования их в качестве опорных [3, 4] (рис. 1). Каждая из этих базовых станций покрывает площадь радиусом 200 км, что является очень большим расстоянием для использования базовых станций при работе в режиме кинематики в реальном времени RTK. Станции CORS Афганистана находились в пассивном режиме и не представляли собой сеть для кинематического позиционирования в реальном времени RTK. Однако следует отметить, что ГНСС-измерения на нескольких базовых станциях Афганистана в режиме статики использовались при геодинамических исследованиях в регионе [5], а также предусматривались для включения в Азиатско-Тихоокеанскую координатную основу APREF [6].

В итоге анализа результатов миссии CORS Афганистана было решено в декабре 2010 г. вывести из эксплуатации эти базовые станции.

Таким образом, государственные геодезические сети, основанные на ГНСС-измерениях, в настоящее время в стране практически отсутствуют. С другой стороны, с помощью со-

временных ГНСС-приемников можно решать множество прикладных задач, связанных с координатным обеспечением, не обязательно опираясь при этом на государственную геодезическую сеть. Например, в [7] представлены результаты определения координат на плотине Султана (область Газни) по ГНСС-измерениям с помощью онлайн-сервисов обработки ГНСС-измерений. В условиях отсутствующей или редкой государственной геодезической сети подобный подход имеет право на существование.

Как отмечается в [3], в настоящее время современная государственная геодезическая сеть Афганистана неоднородна и не в полной мере отвечает своему назначению – быть носителем единой системы координат на территории страны. Это связано с внутренней гражданской войной, которая нанесла огромный ущерб геодезической инфраструктуре Афганистана.

В связи с повсеместным переходом координатного обеспечения на спутниковые методы требуется разработать концепцию реализации государственной координатной основы с учетом территориальных особенностей государства Афганистан. Здесь необходимо рассмотреть области применения государственной координатной основы от установления границ, управления территориями и кадастра, строительства и других прикладных задач и до научных исследований в области изучения гравитационного поля Земли и геодинамики.

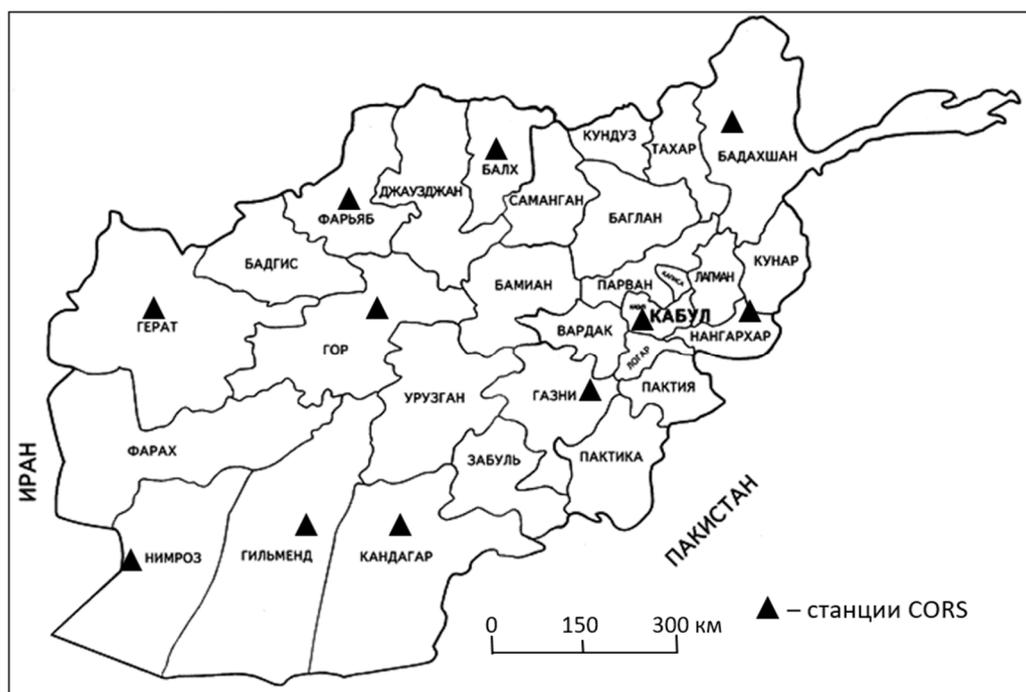


Рис. 1. Местоположение станций CORS Афганистана

Географическое положение, территориальные особенности государства

Афганистан (Исламская Республика Афганистан) – гористая страна с равнинами на севере и юго-западе, не имеющая выхода к морю, расположенная в самом сердце азиатского континента. Площадь Афганистана составляет 652,86 тыс. км². Более 49 % общей площади суши находится выше 2 000 м (рис. 2).

В Афганистане 34 области, столица – Кабул, самые населенные города – Кабул, Кандагар, Герат, Мазари-Шариф, Джелалабад. Основа дорожной системы Афганистана – шоссе, соединяющее главные города. Линии нивелирования, как и ряды триангуляции, расположены вдоль шоссе, окружая основной горный массив в центре страны, который практически не охвачен пунктами государственной геодезической сети и государственной нивелирной сети.

На территории государства простирается сеть крупных и мелких активных геологических разломов, связанных с недавним и продолжающимся горообразованием (рис. 3).

В связи с геологическими особенностями актуальными являются геодинамические исследования, в том числе на основе постоян-

ных ГНСС-измерений и периодического нивелирования. В [5] приведены результаты изучения деформаций в результате Альпийско-Гималайского столкновения, по наблюдениям ГНСС, и в этих исследованиях использовались данные с нескольких станций CORS Афганистана. Подобные работы следует продолжать. При разработке концепции государственной координатной основы, с учетом геологической ситуации в регионе, следует предусмотреть создание и развитие геодинамических полигонов для предотвращения жертв во время землетрясений и оползней.

Молодые горы Афганистана рассекаются глубокими ущельями с горными реками на дне. Подобный рельеф осложняет выполнение ГНСС-измерений – оказывают влияние такие факторы, как многопутность и плохая геометрия расположения спутников. Прием дифференциальных поправок от базовых станций в режиме RTK может осложняться (как по радиосвязи, так и по сотовой связи). Тропосферные поправки на базовой станции и ровере могут значительно отличаться из-за перепадов высот и разных погодных условий. В [10] приведены особенности ГНСС-измерений в горной местности и сформулированы предложения по учету этих особенностей.

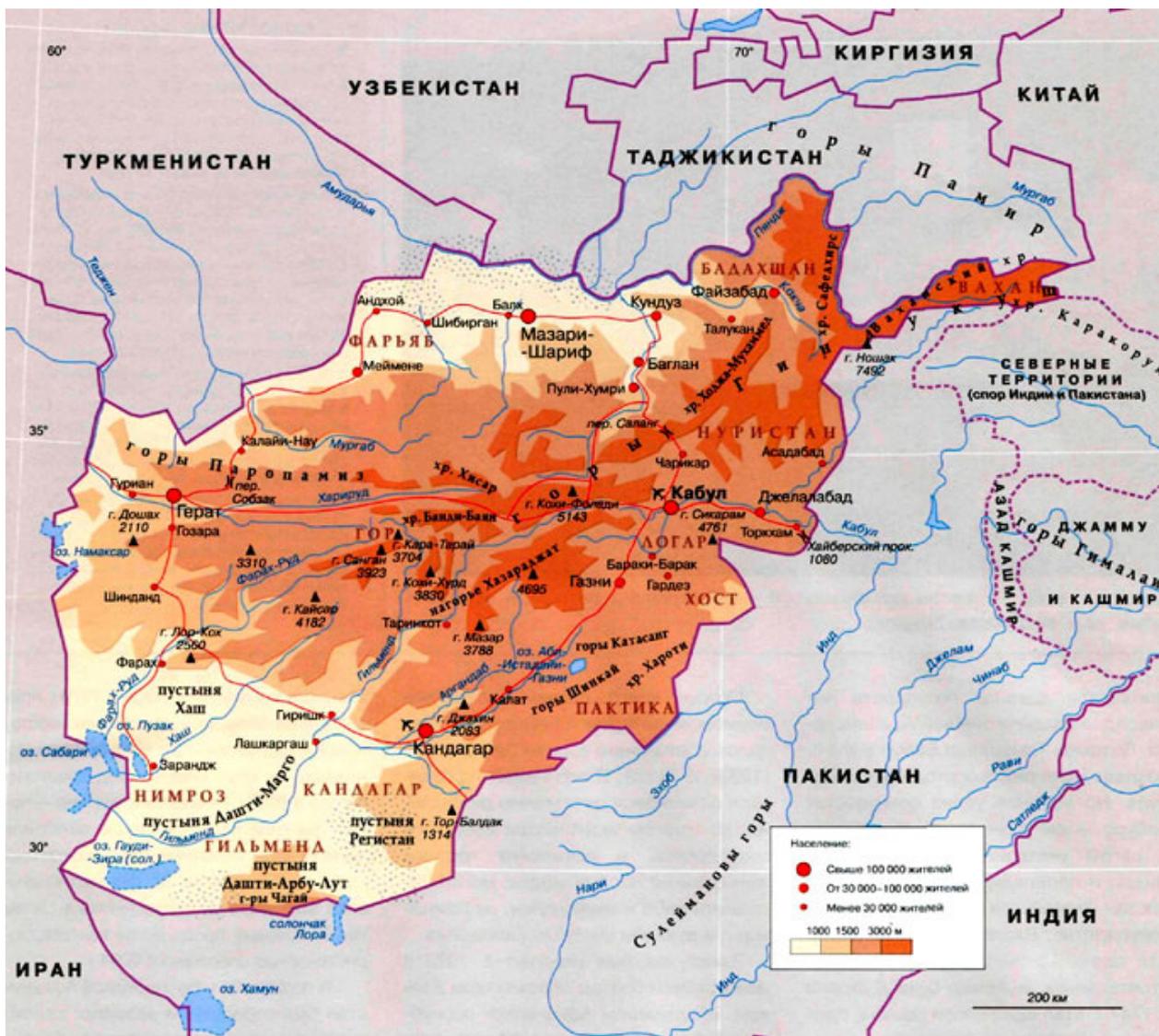


Рис. 2. Географическая карта Афганистана [8]

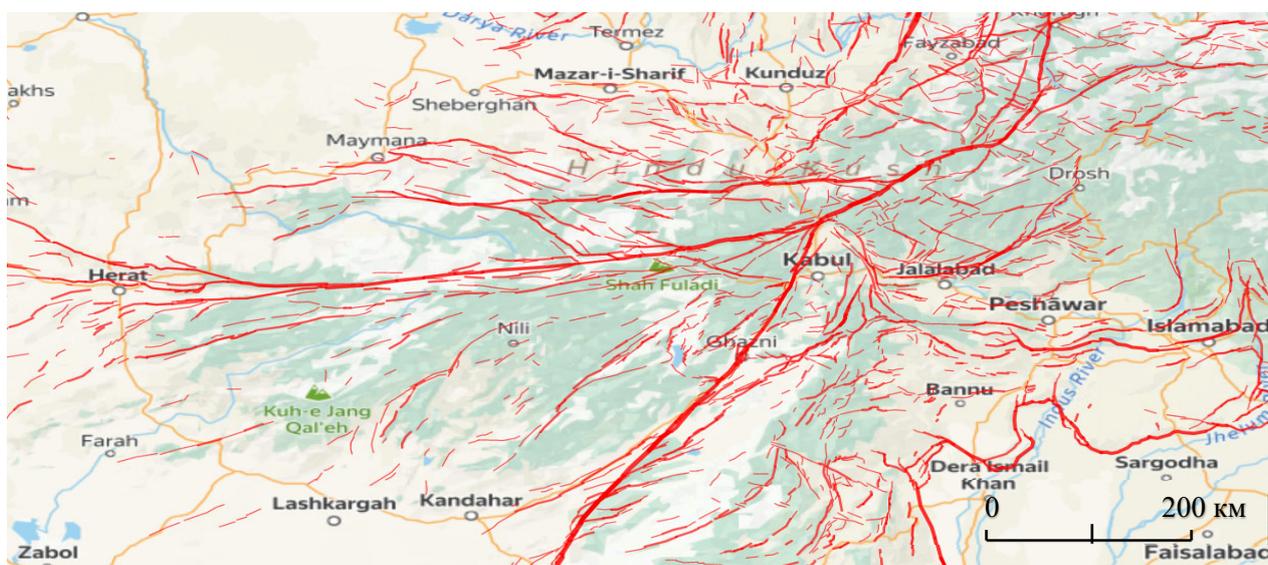


Рис. 3. Карта активных геологических разломов (красный цвет) на территории Афганистана

Направления геодезического обеспечения Афганистана

Развитие государственной координатной основы. В основу развития государственной координатной и высотной основы современными методами можно положить существующий опыт России [11–15] и других стран [16–19], но с учетом территориальных и экономических особенностей Афганистана. Например, в России создана многоуровневая спутниковая геодезическая сеть (ФАГС-ВГС-СГС-1-ДГС). Здесь пункты ФАГС представляют собой систему геодезических центров, где выполнены спутниковые координатные определения, геометрическое нивелирование I класса и абсолютные определения силы тяжести. На рабочих центрах пунктов ФАГС выполняются постоянные ГНСС-измерения [20]. Пункты ВГС, предназначенные для заполнения ФАГС, в большинстве своем базируются на уже существующих геодезических пунктах, и на них также выполнены нивелирование и определение силы тяжести [21].

Расстояния между станциями CORS на территории Афганистана соответствуют требованиям к пунктам ФАГС [20], и эти станции после модернизации можно взять за основу будущей опорной геодезической сети. Определение нормальных высот и абсолютных значений силы тяжести будет необходимо для уточнения модели геоида (квазигеоида) на территории страны. Выполнение ГНСС-измерений на существующих геодезических пунктах (см. таблицу) позволит сгустить спутниковую геодезическую сеть и распространить государственную систему координат на территорию государства, аналогично ВГС России.

Что касается постоянно действующих дифференциальных геодезических станций для обеспечения ГНСС-измерений в режиме RTK, то их развитие требует создания соответствующей инфраструктуры [22], решения ряда задач [23] и целесообразно в населенных районах. Разумеется, область покрытия станций для работы в режиме RTK на сантиметровом уровне точности составляет радиус 20–30 км, для метода NetWork RTK может быть

в два раза больше. Для малозаселенных районов с отсутствием интернета и сотовой связи можно рекомендовать для координатных определений использование сервисов дифференциальной коррекции с приемом поправок от геостационарных спутников (Афганистан попадает в область покрытия этих спутников).

Высотной основой являются пункты нивелирования, расположенные вдоль автодорог вокруг горного массива. Здесь требуется обследование и обновление пунктов и, возможно, повторное нивелирование. Перспективно создание модели квазигеоида на территорию Афганистана или уточнение глобальной модели геоида, что позволит в большей части заменить трудоемкое геометрическое нивелирование спутниковым.

Выбор государственной системы координат. Основной задачей государственного координатного обеспечения является задание системы координат и высот и дальнейшая ее реализация. Спутниковые методы создания геодезических сетей подразумевают использование геоцентрической системы координат. В настоящее время во многих странах государственные системы координат определяются в соответствии с Международной системой отсчета ITRS. Реализацией государственной системы координат может быть совместимая с ITRF Азиатско-Тихоокеанская координатная основа APREF Международной ассоциации геодезии (IAG) [6].

Реализация национальной геоцентрической системы координат может осуществляться относительным методом ГНСС от станций Международной ГНСС-службы IGS, взятых в качестве опорных (рис. 4).

Отдельный вопрос, требующий внимательного изучения, – соотношение государственных и местных систем координат [24, 25].

Корректное преобразование координат и высот в государственную или местную систему потребует при использовании различных ГНСС-сервисов, например, дифференциальной коррекции или онлайн-сервисов обработки ГНСС-измерений. Для этого необходима разработка собственного национального программного обеспечения.

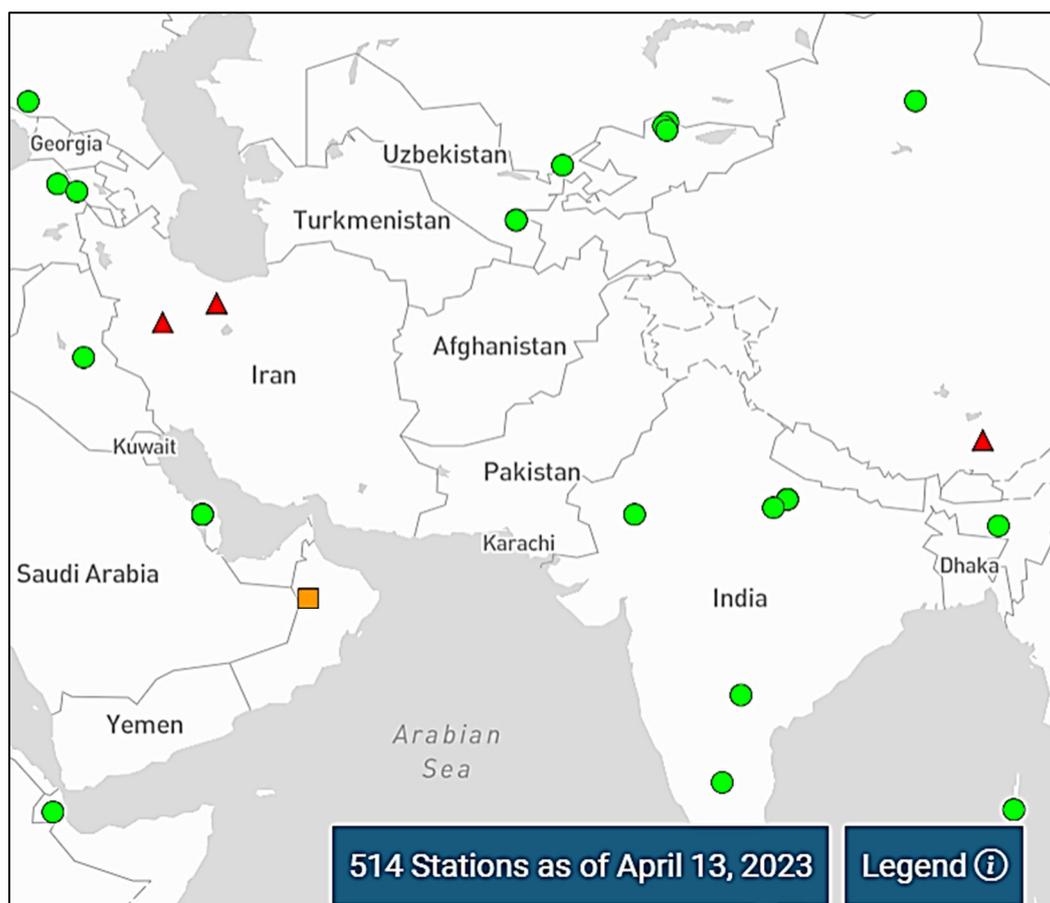


Рис. 4. Станции IGS вокруг Афганистана (<https://network.igs.org>)

Направления государственного геодезического обеспечения в зависимости от решаемых задач

Направления геодезического обеспечения Афганистана можно рассмотреть в зависимости от назначения и решаемых задач, например:

- реализация государственной системы координат на основе спутниковых методов;
- картографирование территорий;
- кадастровые работы и управление территориями [26, 27];
- прикладные задачи – строительство, мониторинг зданий и сооружений и др.;
- геодинамические исследования, уточнение скоростей движения пунктов на основе постоянных ГНСС-измерений;
- уточнение глобальных моделей геоида, создание государственной модели квазигеоида для реализации спутникового нивелирования;

– разработка нормативных документов в отрасли геодезии и картографии;

– международное сотрудничество в области геодезии и картографии.

Для решения перечисленных задач необходимо на государственном уровне готовить специалистов в области геодезии и картографии, развивать образовательные и научные центры, разрабатывать программное обеспечение и центры технической поддержки.

Заключение

Сформулированы основные направления развития государственной координатной и высотной основы Афганистана, что в дальнейшем позволит создать на территории государства высокоточную стабильную и развивающуюся государственную геодезическую сеть для выполнения топографо-геодезических работ разного назначения, геопространственного мониторинга, картографирования и геодинамических исследований.

Исследование выполнено в рамках СЧ НИР «ГЕОТЕХ-Квант».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самсонова Н. В., Реза М. М. Геодезия в Афганистане // Инновационный потенциал развития науки в современном мире: технологии, инновации, достижения : сб. науч. статей по материалам V Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2021. – С. 165–176.
2. AGCHO (Afghan Geodesy and Cartography Head Office) [Electronic resource] // General Information of Geodesy, 2022 [in Pashto]. – Mode of access: <http://www.agcho.org/>.
3. Реджепов М. Б., Файзи А. Р. Актуальные проблемы создания и развития государственной геодезической сети исламской республики Афганистан с использованием глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства : сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, 2019. – С. 273–278.
4. Сарганд Ш. Сеть постоянно активных надежных станций (CORS) Афганистана и ее применение в инженерно-геодезическом деле // Наука и технологии. – Кабул : Кабульский политехнический университет, 2013. – № 46. – Сер. 59. – С. 40–47.
5. Mohadjer S. Geodetic Constraints on Slip Rates of Large Central Asian Faults & Earthquake Emergency Education in Dushanbe, Tajikistan // Professional Papers presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Geosciences. – Missoula : The University of Montana, 2008. – 163 p. – DOI 10.13140/2.1.1440.0008.
6. Matsuzaka S., Dawson J., Wen H. STATUS REPORT for the 19th UNRCC-AP, APREF project, Report of The Working Group 1: Geodesy Technologies and Applications [Electronic resource] // Conference for Asia and the Pacific, Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and the Pacific, UN-Bangkok. – 2012. – P. 1–9. – Mode of access: https://unstats.un.org/unsd/geoinfo/rcc/docs/rccap19/reports/E_Conf.102_4_WG1_report_to_UNRCC19.pdf.
7. Сафари М. А., Лыонг Т. Л., Елшеви М. А. Анализ и оценка обработки данных глобальной навигационной спутниковой системы с использованием онлайн-сервисов на проекте плотина Султана, область Газни – Афганистан // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 12. – С. 193–200.
8. Экономико-географическое положение Афганистана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topogis.ru/ekonomiko-geograficheskoye-polozheniye-afganistana.php>.
9. База данных активных разломов Евразии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://neotec.ginras.ru/index/database/database_map.html.
10. Наджибулла Х. З., Обиденко В. И. Создание и развитие дифференциальных геодезических станций в горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Междунар. науч. конгр., 18–20 мая 2022 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 1. – С. 113–123. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-1-113-123.
11. Мазурова Е. М., Антонович К. М., Лагутина Е. К., Липатников Л. А. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84–89.
12. Мазурова Е. М., Карпик А. П., Ганагина И. Г., Гиенко Е. Г. Эволюция системы государственного геодезического обеспечения территории России : монография. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 184 с.
13. Karpik A. P., Lipatnikov L. A., Lagutina E. K. Development of the Russian Geodetic Reference Network as a Component Part of the Unified System for Positioning, Navigation, and Timing // Gyroscopy and Navigation. – 2016. – Vol. 7, No. 3. – P. 264–268. – DOI 10.1134/S207510871603007X.
14. Васильев И. В., Коробов А. В., Побединский Г. Г. Стратегические направления развития топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 5–23.
15. National report for the International Association of Geodesy of the International Union of Geodesy and Geophysics 2015–2018 – Moscow : Russian academy of sciences national geophysical committee, 2019. – 100p. – DOI 10.2205/2019IUGG-RU-IAG.
16. Cheng P., Cheng Y., Wang X., Xu Y. Update China geodetic coordinate frame considering plate motion // Satellite Navigation. – Springer open, 2021. – 12 p. – DOI 10.1186/s43020-020-00032-w.
17. Geocentric Datum of Australia 2020. Technical Manual. Version 1.3. – Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM), Permanent Committee on Geodesy (PCG), 2020. – 77 p.

18. Фазилова Д. Ш., Магдиев Х. Н. Создание государственной GNSS сети – базового элемента национальной географической информационной системы Узбекистана // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. – 2016. – № 3 (53). – С. 207–214.
19. Мохаммад А. С. Создание современных геодезических сетей в Афганистане // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых : сб. материалов XII Междунар. науч. школы молодых ученых и специалистов. – М. : ИПКОН РАН, 2015. – С. 97–101.
20. ГОСТ 57374–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС). – Введ. 2017–06–01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 16 с.
21. ГОСТ 57372–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты высокоточной геодезической сети (ВГС). – Введ. 2017–06–01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 12 с.
22. Евстафьев О. В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования. – М. : ООО «Издательство «Проспект», 2009. – 48 с.
23. Вдовин В. С., Дворкин В. В., Карпик А. П., Липатников Л. А., Сорокин С. Д., Стеблов Г. М. Проблемы и перспективы развития активных спутниковых геодезических сетей в России и их интеграции в ITRF // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 1. – С. 6–27.
24. Горобец В. П., Ефимов Г. Н., Столяров И. А. Опыт Российской Федерации по установлению государственной системы координат 2011 года // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 24–37.
25. Нехин С. С. Основные проблемные вопросы перевода картографического обеспечения в систему координат ГСК-2011 // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 28–47.
26. Afghanistan Independent Land Authority (ARAZI). Existing geodetic infrastructure evaluation report // Afghanistan Land Administration System Project (ALASP). – The World Bank, Report No: CORS-2020/01, Revision_02, P. 1-38, april-2020. – Kabul, Afghanistan.
27. Реза М. Р., Эбрахими Ш. А., Самсонова Н. В. Анализ и управление данными для эффективного городского планирования в Кандагаре, Афганистан [Электронный ресурс] // Московский экономический журнал. – 2023. – № 1. – Режим доступа: <https://ije.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2023-15/>. – DOI 10.55186/2413046X_2023_8_1_15.

Об авторах

Хасан Зумортай Наджибулла – аспирант СГУГиТ, преподаватель кафедры инженерной геодезии Кабульского политехнического университета.

Елена Геннадьевна Гиенко – кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии.

Получено 03.05.2023

© Х. З. Наджибулла, Е. Г. Гиенко, 2023

The basic development directions of Afghanistan state coordinate framework

H. Z. Najibullah^{1,2}, E. G. Gienko^{1}*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Kabul Polytechnic University, Kabul, Afghanistan

* e-mail: elenagienko@yandex.ru

Abstract. The review of the current state of the Afghanistan state coordinate framework, created by both ground and satellite methods, is carried out. It is outlined that when developing the geodetic network of Afghanistan, it is useful to use the experience existing in other countries, but taking into account the territorial characteristics of the state. The basic development directions of the state coordinate framework are formulated: the choice of the state coordinate system and its implementation, the creation of geodynamic polygons, the installation of continuously operating reference stations (CORS) of GNSS. It is recommended to use high-precision differential correction services in inaccessible areas to determine coordinates using GNSS

methods. Based on the proposals formulated, it will be possible to create a highly accurate sustainable and developing state geodetic network on the territory of Afghanistan to perform topographic and geodetic works for various purposes, geospatial monitoring, mapping, geodynamic research.

Keywords: geodetic networks, state reference frame, continuously operating reference station (CORS), geodynamics

REFERENCES

1. Samsonova, N. V., & Reza, M. M. (2021). Geodesy in Afganistan. In *Sbornik nauchnykh statei po materialam V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Innovatsionnyi potentsial razvitiia nauki v sovremennom mire: tekhnologii, innovatsii, dostizheniia* [Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference: Innovative Potential of the Development of Science in the Modern World: Technologies, Innovations, Achievements] (pp. 165–176). Ufa. Retrieved from <https://elibrary.ru/zjxcis> [in Russian].
2. AGCHO (Afghan Geodesy and Cartography Head Office). (2022). General Information of Geodesy [in Pashto]. Retrieved from <http://www.agcho.org/>.
3. Redzhepov, M. B., & Fajzi, A. R. (2019). Actual problems of creation and development of the State geodetic network of the Islamic Republic of Afghanistan using global navigation satellite systems GLONASS/GPS. In *Sbornik materialov I mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii fakul'teta zemleustroistva i kadastrorov VGU: Aktual'nye problemy zemleustroistva, kadastra i prirodoobustroistva* [Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference of the Faculty of Land Management and Cadastres of VGU: Actual Problems of Land Management, Cadastre and Environmental Management] (pp. 273–278). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publ. Retrieved from <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38544667> [in Russian].
4. Sargand, Sh. (2013). The network of Constantly Active Reliable Stations (CORS) of Afghanistan and its application in engineering and geodesy. *Science and Technology*, 46(59), 40–47 [in Dari].
5. Mohadjer, S. (2008). Geodetic Constraints on Slip Rates of Large Central Asian Faults & Earthquake Emergency Education in Dushanbe, Tajikistan. *Professional Papers Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Geosciences*. Missoula: University of Montana Publ. 163 p. DOI 10.13140/2.1.1440.0008.
6. Matsuzaka, S., Dawson, J., & Wen, H. (2012). STATUS REPORT for the 19th UNRCC-AP, APREF project, Report of The Working Group 1: Geodesy Technologies and Applications. *Conference for Asia and the Pacific, Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and the Pacific, UN-Bangkok* (pp. 1–9). Retrieved from https://unstats.un.org/unsd/geoinfo/rcc/docs/rccap19/reports/E_Conf.102_4_WG1_report_to_UNRCC19.pdf.
7. Safari, M. A., Lyong, T. L., & Elshevi, M. A. (2022). Analysis and evaluation of Global Navigation Satellite system data processing using online service at the Sultan dam project, Ghazni region – Afghanistan. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia* [Advances in Current Natural Sciences], 12. 193–200. Retrieved from <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37970> [in Russian].
8. Economic and geographical position of Afghanistan. (n. d.). Retrieved from <https://topogis.ru/ekonomiko-geograficheskoye-polozheniye-afganistana.php>.
9. Database of active faults of Eurasia. (n. d.). retrieved from http://neotec.ginras.ru/index/database/database_map.html.
10. Najibullah, H. Z., & Obidenko, V. I. (2022). Development of continuously operating reference stations in mountainous areas. In *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2022: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziia, geoinformatika, kartografiia, marksheideriia* [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2022: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying] (pp. 113–123). Novosibirsk: SSUGT Publ. DOI 10.33764/2618-981X-2022-1-113-123 [in Russian].
11. Mazurova, E. M., Antonovich, K. M., Lagutina, E. K., & Lipatnikov, L. A. (2014). Analysis of the Russian national reference network condition considering modern and prospective requirements. *Vestnik SGUGiT* [Vestnik SSUGT], 3(27), 84–89 [in Russian].
12. Mazurov, E. M., Karpik, A. P., Ganagina, I. G., & Gienko, E. G. (2016). *E'voluciya sistemy gosudarstvennogo geodezicheskogo obespecheniya territorii Rossii* [Evolution of the system of state geodetic support of the territory of Russia]. Novosibirsk: SSUGT Publ., 184 p. [in Russian].
13. Karpik, A. P., Lipatnikov, L. A., & Lagutina, E. K. (2016). Development of the Russian Geodetic Reference Network as a Component Part of the Unified System for Positioning, Navigation, and Timing. *Gyroscopy and Navigation*, 7(3), 264–268. DOI 10.1134/S207510871603007X.

14. Vasil'ev, I. V., Korobov, A. V., & Pobedinskij, G. G. (2015). Strategic lines of development for topographic, geodetic and cartographic support in Russian Federation. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 5–23 [in Russian].
15. National report for the International Association of Geodesy of the International Union of Geodesy and Geophysics 2015–2018. (2019). Moscow: Russian academy of sciences national geophysical committee. 100 p. DOI 10.2205/2019IUGG-RU-IAG.
16. Cheng, P., Cheng, Y., Wang, X., & Xu, Y. (2021). Update China geodetic coordinate frame considering plate motion. *Satellite Navigation*. Springer open, 12 p. DOI 10.1186/s43020-020-00032-w.
17. Geocentric Datum of Australia 2020. Technical Manual. Version 1.3. (2020). Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM), Permanent Committee on Geodesy (PCG), 77p.
18. Fazilova, D. Sh., & Magdiev, X. N. (2016). Creation a state GNSS network as a basic component of the national geographic information system of Uzbekistan. *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arkhitektury im. N. Isanova [Bulletin of the Kyrgyz state university of construction, transport and architecture named after N. Isanov]*, 3(53), 207–214. Retrieved from <https://elibrary.ru/item.asp?id=29458419> [in Russian].
19. Moxammad, A. S. (2015). Development of modern geodetic networks in Afghanistan. In *Sbornik materialov XII Mezhdunarodnoi nauchnoi shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov: Problemy osvoeniia nedr v XXI veke glazami molodykh [Proceedings of the XII International Scientific School of Young Scientists and Specialists: Problems of Subsoil Development in the XXI century through the Eyes of the Young]* (pp. 97–101). Moscow: RAS Publ. [in Russian].
20. Standards Russian Federation. (2017). GOST 57374-2016. Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodetic works. Points of the Fundamental Astronomical and Geodetic Network (FAGS). Moscow: Standartinform Publ., 16 p. [in Russian].
21. Standards Russian Federation. (2017). GOST 57372-2016. Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodetic works. Points of the high-precision geodetic network (HGN). Moscow: Standartinform Publ., 12 p. [in Russian].
22. Evstaf'ev, O. V. (2009). *Nazemnaya infrastruktura GNSS dlya tochnogo pozicionirovaniya [Ground-based GNSS infrastructure for precise positioning]*. Moscow: OOO "Prospekt" Publ., 48 p. [in Russian].
23. Vdovin, V. S., Dvorkin, V. V., Karpik, A. P., Lipatnikov, L. A., Sorokin, S. D., & Steblov, G. M. (2018). Current state and future development of active satellite geodetic networks in Russia and their integration into ITRF. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(1), 6–27 [in Russian].
24. Gorobec, V. P., Efimov, G. N., & Stolyarov, I. A. (2015). Experience of Russian Federation in establishment of national coordinate system 2011. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 24–37 [in Russian].
25. Nexin, S. S. (2015). Main problems of cartographic application conversion to coordinate system GSK 2011. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 28–47 [in Russian].
26. Afghanistan Independent Land Authority (ARAZI). (2020). Existing geodetic infrastructure evaluation report. Afghanistan Land Administration System Project (ALASP) – The World Bank, Report No: CORS-2020/01, Revision_02 (pp. 1–38). Kabul, Afghanistan.
27. Reza, M. R., E'braximi, Sh. A., & Samsonova, N. V. (2023). Data analysis and management for effective urban planning in Kandahar, Afghanistan. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal [Moscow Economic Journal]*, No. 1. Retrieved from <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2023-15/>. DOI 10.55186/2413046X_2023_8_1_15 [in Russian].

Author details

Hasan Z. Najibullah – Ph. D. Student, SSGUT; Lecturer / Faculty Member Geomatics and Cadastre – School of Civil Engineering at Kabul Polytechnic University.

Elena G. Gienko – Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy.

Received 03.05.2023

© H. Z. Najibullah, E. G. Gienko, 2023