ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗОН ПОКРЫТИЯ ТЕРРИТОРИИ ПОПРАВКАМИ ОТ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ СТАНЦИЙ ГЛОНАСС/GPS

А.Ф. Варфоломеев, А.К. Коваленко**, Е.А. Коваленко**, К.С. Тесленок*, С.А. Тесленок**

**ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»*

Саранск, Санкт-Петербург, Россия

***ООО «Геостроймастер»*

г. Саранск, Россия, 430011

alex_varfol@mail.ru, alex_kow@mail.ru, 007jeka007@list.ru, kirilltesl@mail.ru, teslserg@mail.ru

GIS TECHNOLOGY IN THE DETERMINATION OF COVER ZONES OF THE TERRITORY AMENDMENTS FROM PERMANENT GLONASS/GPS STATIONS

A.F. Varfolomeev, A.K. Kovalenko**, E.A. Kovalenko**, K.S. Teslenok*, S.A. Teslenok**

**Ogarev Mordovia State University*

Saransk, Sankt-Peterburg, Russia

***'Geostroymaster'*

Saransk, Russia, 430011

alex_varfol@mail.ru, alex_kow@mail.ru, 007jeka007@list.ru, kirilltesl@mail.ru, teslserg@mail.ru

Abstract. The possibility of using of GIS technologies for the construction of buffer zones and Voronoi polygons and cartograms which help to do the design work at a higher quality level with the application of one of the effective method of GPS surveying – the survey in real time kinematic (RTK) is demonstrated in the article.

Keywords: GIS technology, a buffer zone (buffer), Voronoi polygon (Voronoi cartogram, Thiessen polygon), coverage area, permanently functioning reference stations, topographic survey, Global Navigation Satellites System (GNSS), Real Time Kinematic (RTK), GPS-receiver, extension module.

Введение. В настоящее время одним из эффективных методов геодезической ГЛОНАСС/GPS - съемки является кинематическая съемка в режиме RTK, благодаря которой геодезисты могут получать координаты с точностью до нескольких сантиметров непосредственно в полевых условиях [1, 2]. Обычно в состав спутникового оборудования для RTK-съемки входит комплект из двух или более двухчастотных ГЛОНАСС/GPS-приемников с антеннами, как минимум одним контроллером, штативом, трегерной установкой для крепления антенны базовой станции, и вехой для подвижного приемника. Один комплект, называемый базовой (опорной или референсной) станцией, жестко устанавливается на пункте с известными координатами. Остальные комплекты, называемые мобильными (подвижными или роверными) приемниками (роверами), используют для определения координат объектов съемки. Для получения высокоточных координат в режиме реального времени в состав каждого комплекта включают радиомодемы, задача которых – принимать спутниковую и служебную информацию, передаваемую от БС. Получение поправок подвижным приемником (ровером) от ближайшей ПДС или БС предпочтительнее, т. к. соблюдаются одинаковые условия прохождения спутникового сигнала к БС и роверу и соблюдаться условия отслеживания спутниковой аппаратурой одних и тех же спутников (база и ровер наблюдают «одно и тоже небо»). Это способствует более быстрому получению достоверных (фиксированных) решений [1, 2].

Постановка проблемы. Для создания буферных зон вокруг ПДС или БС можно использовать входящий в стандартную поставку ГИС ArcView версий 3.x базовый модуль расширения «Буферизация» ('Create Buffers'), предназначенный для создания буферов на определенном заданном расстоянии вокруг объектов. В этом случае расчетом и построением эквидистантных линий (эквидистант), равноудаленных относительно буферизуемых пространственных объектов [5], формируется новый векторный полигональный слой.

Однако по ряду причин (прежде всего, исходя из соображений гораздо более удобного использования и большей наглядности) предпочтительнее применять инструментарий группы модулей создания буферных зон (в частности, модули «Буферизация» («Создание буферных зон 1.0») «Динамическая буферизация») [5], подготовленных одним из авторов при разработке и формировании ГИС «Мордовия» в Мордовском государственном университете им. Н.П. Огарева. Главными их особенностями являются возможности формирования разноориентированных гексагональных буферов и динамической буферизации.

Ранее возможности этого и подобных модулей были использованы нами при обработке методики автоматизированного построения карт зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводных сооружений, санитарно-защитных полос сетей водоснабжения [6], карт водоохранных зон аквальных геосистем [5], в организации и ведении мониторинга компонентов природной среды акваторий водохранилищ на основе ГИС [9], визуализации данных земельного учета [5], управлении земельными ресурсами в целях рационализации сельскохозяйственного природопользования [10].

Материалы и методы исследований. Рассмотрим особенности применения модуля «Динамиче-

ская буферизация» для определения зон ближайших расстояний (зон влияния) при тестировании спутниковой аппаратуры JAVAD, приемников (TRIUMF-1) и возможностей работы в режиме RTK от сети из десяти ПДС ГЛОНАСС/GPS, создаваемой в г. Санкт-Петербурге (рис. 1).

Рис. 1. Сеть постоянно действующих ГЛОНАСС/GPS станций г. Санкт-Петербург

С его использованием вначале устанавливаем пробный размер буферных зон в 10 км вокруг каждой базовой станции (рис. 2).

Рис. 2. Начало работы с модулем «Динамическая буферизация»

Эта величина обусловлена тем, что в проведенных ранее работах по тестированию используемой аппаратуры было установлено, что на таком расстоянии аппаратура получает фиксированные решения RTK при стандартных настройках. Получение фиксированных решений на большем удалении от БС требует дополнительных настроек (например, включения или отключения спутников ГЛОНАСС и т. п.)

Результаты анализа выявляют наличие мертвых зон, в пределах которых не обеспечиваются оптимальные условия получения поправок от ПДС. Поэтому на следующем этапе необходимо найти такое расстояние от станций, чтобы мертвые зоны отсутствовали. С помощью модуля в интерактивном режиме динамически увеличиваем размер буфера, например до 14 км (рис. 3).

Рис. 3. Увеличение размер буферных зон ПДС

Как видим, размеры мертвых зон существенно уменьшились, но они все же присутствуют. После визуальной оценки их величины вновь осуществляем процедуру интерактивной динамической буферизации, повышая размер буферных зон базовых станций уже до 16 км. Результаты моделирования в этом случае показывают, что мертвые зоны при использовании данного размера буферных зон исчезают (рис. 4). Возможности модуля «Динамическая буферизация» позволяют создать шейп-файл (см. рис. 2–4).

Рис. 4. Полигональная модель покрытия района работ поправками от ПДС

Итогом работ этого этапа является получение полигональной модели буферной зоны, представляющую собой площадь покрытия территории планируемых работ при получении поправок от ПДС используя стандартные настройки аппаратуры (см. рис. 4).

На следующем этапе использован дополнительный модуль расширения «Картограммы Вороного» [Работа с дополнительными модулями, 2014]. Проводим построение картограмм (зон, областей) Вороного (полигонов Тиссена) [4] для точечных координатных моделей на основе функций определения близости [Работа с дополнительными модулями, 2014] – ближайших расстояний от каждой базовой станции, устанавливая зоны их влияния, и рассчитываем площади каждого из полученных полигонов (рис. 5).

Рис. 5. Построение картограмм Вороного и определение зон влияния ПДС

Далее оцениваем экстремальные (минимальное и максимальное) и среднее значения площадей зон влияния, а так же соответствующие им ПДС, а затем осуществляем классификацию по площади покрытия территории поправками от ПДС с определением зон ближайших расстояний (рис. 6).

Рис. 6. Результаты классификации площади покрытия территории поправками от ПДС и определения зон ближайших расстояний

Построение буферных зон и картограмм Вороного с использованием ГИС-технологий и геоинформационно-картографический анализ полученных материалов [5] позволяют произвести оценку близости и зон влияния.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате получаем возможность определить и выбрать ближайшую для каждой конкретной территории станцию для подключения, а также определить зоны уверенного и неуверенного функционирования аппаратуры и площади этих зон, что важно при проектировании и проведении комплекса работ с использованием технологии RTK и значительно повышает их качество.

Исследования такого рода имеют важное практическое значение. Прежде всего, их эффективность заключается в том, что они позволяют обеспечить конечных пользователей высокоточными и оперативными данными о местоположении в режимах кинематики с пост-обработкой и кинематики реального времени RTK; обеспечивают высокую производительность и существенно уменьшают затраты времени и средств на выполнение топографических, геодезических, кадастровых, землеустроительных, строительных работ и

проведение научных исследований, обеспечивая оперативность формулирования и принятия управленческих решений [6–9]; одновременно с этим увеличивают их перечень, объемы и позволяют сохранять постоянную точность проводимых измерений и вычислений.

Ниже приведен конкретный пример практического использования рассмотренной технологии и алгоритм определения территорий оптимальных с точки зрения обеспечения сигналом от БС. Он определяется установленной мощностью радиомодема, обеспечивающей соответствующую удаленность работающего подвижного приемника (ровера) от базы. Сотрудниками ООО «Геостроймастер» на территории административного центра Вырицкого городского поселения Гатчинского района Ленинградской области – поселка Вырица заложено девять реперов планово-высотного обоснования (ПВО) для установки базовых станций в местах, пригодных для проведения ГЛОНАСС/GPS-измерений (рис. 7).

В статическом режиме ГНСС-измерений от пунктов государственной геодезической сети были получены координаты и высоты пунктов ПВО, на основании которых была рассчитана модель местного геоида и параметры перехода от системы координат (СК) WGS-84 к местной СК (принятой для данной территории).

Рис. 7. Места установки базовых станций на территории поселка Вырица

Аналогично рассмотренной выше методике, также с использованием модуля «Динамическая буферизация» [5] осуществляем построение буферных зон для базовых станций с начальным размером 1 км. В этом случае на территории поселка выявляется наличие нескольких не покрываемых сигналом (мертвых) зон (рис. 8, а).

Для уверенного покрытия территории сигналом строим буферные зоны несколько увеличенного размера – до 1,5 км. Результаты проведенного визуального анализа показывают, что этой величины уже вполне достаточно и в этом случае «мертвые» зоны практически отсутствуют (рис. 8, б).

Рис. 8. Начальные этапы работ по определению оптимальных зон обеспечения сигналом базовых станций для проведения ГЛОНАСС/GPS-измерений

На заключительном этапе работ по определению оптимальных зон обеспечения сигналом базовых станций для проведения измерений средствами глобальных навигационных спутниковых систем создаем площадную модель полученной буферной зоны 1,5 км (рис. 9, а) и для нее производим построение картограмм Вороного (рис. 9, б).

Рис. 9. Заключительные этапы работ по определению оптимальных зон обеспечения сигналом базовых станций для проведения ГЛОНАСС/GPS-измерений

Исходя из результатов проделанной работы, можно сделать вывод, что мощность радиомодема должна быть установлена на уровне, обеспечивающем уверенную работу ровера от базы на определенном расстоянии с помощью ГИС-технологий в 1,5 км. Мощность радиомодема, превышающая полученное значение, может способствовать получению неоправданных помех и вызывать сбой в работе электронной аппаратуры других пользователей.

Выводы. Таким образом, полученная геоинформационно-картографическая модель ближайших расстояний от базовой станции позволяет в значительной степени оптимизировать проведение комплекса изыскательских работ, способствовать получению точных и надежных результатов при осуществлении топографической съемки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК REFERENCES

1. Варфоломеев А.Ф., Чудайкина О.Ю. Использование RTK-режима систем глобального позиционирования GPS и ГЛОНАСС при проведении топографических работ [Электронный ресурс] // Огарев-онлайн. Раздел «Науки о Земле». 2015. №4. URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/ispolzovanie-rtk-rezhima-sistem-globalnogo-pozicionirovaniya-gps-i-glonass-pri-provedenii-topograficheskikh-rabot>
- Varfolomeev A.F., Chudajkina O.Yu. Ispol'zovanie RTK-rezhima sistem global'nogo pozicionirovaniya GPS i GLONASS pri provedenii topograficheskikh rabot [Elektronnyy resurs] [RTK mode of global positioning systems of gps and glonass for topographical works], Ogarev-online, Razdel 'Nauki o Zemle', 2015, №4, URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/ispolzovanie-rtk-rezhima-sistem-globalnogo-pozicionirovaniya-gps-i-glonass-pri-provedenii-topograficheskikh-rabot> (in Russian).
2. Манухов В.Ф. Применение GPS-технологий в инженерно-геодезических разбивочных работах // Актуальные вопросы строительства: материалы Всерос. науч.-технич. конф. Саранск: Изд-во Морд.ун-та, 2006. С. 336–337.
- Manuhov V.F. PrimenenieGPS-tehnologijvinzhenerno-geodezicheskikhrazbivochnyhrabotah [Application ofGPS-technologiesforengineeringandgeodeticstakeoutwork], Aktual'nye voprosy stroitel'stva: materialy Vseros. nauch.-tehnich. konf. Saransk, Izd-voMord. un-ta, 2006, pp. 336–337 (inRussian).
3. Манухов В.Ф., Тюряхин А.С. Глоссарий терминов спутниковой геодезии: учеб. пособие. Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2006. 48 с.
- Manuhov V.F., Tjurjahin A.S. Glossarijterminovsputnikovojgeodezii: ucheb. posobie [GlossaryofTermssatellitegeodesy: aTutorial], Saransk, Izd-voMord. un-ta, 2006, 48 p. (in Russian).
4. Манухов В.Ф., Разумов О.С., Спиридонов А.И., Тюряхин А.С. Спутниковые методы определения координат пунктов геодезических сетей : учеб. пособие. Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2011. 128 с.
- Manuhov V.F., Razumov O.S., Spiridonov A.I., Tjurjahin A.S. Sputnikovye metody opredelenija koordinat punktov geodezicheskikh setej: ucheb. Posobie [Satellite methods for determining the coordinates of points of geodetic networks: a Tutorial], Saransk, Izd-vo Mord. un-ta, 2011, 128 p. (in Russian).
5. Тесленок С.А., Янглаев В.Р. Работа с дополнительными модулями ГИС ArcView в курсах «ГИС в географии», «Использование карт в географии», «Геоинформационные системы»: метод. пособие: в 2 ч. Ч. 1: Модулидляработысвекторнымитемами. Саранск: Изд-воМордов. ун-та, 2014. 44 с.
- Teslenok S.A., Jangljaev V.R. Rabota s dopolnitel'nymi moduljami GIS ArcView v kursah 'GIS v geo-

графий', 'Ispol'zovanie kart v geografii', 'Geoinformacionnye sistemy' [Work with additional modules of ArcView GIS courses 'GIS in geography,' 'Using maps in geography' 'Geographic Information Systems'], metod. posobie: v 2 ch., Ch. 1: Moduli dlja raboty s vektornymi temami, Saransk, Izd-vo Mordov. un-ta, 2014, 44 p. (in Russian).

6. *Тесленок К.С.* Возможности ГИС ArcView в визуализации данных земельного учета // Географическое изучение территориальных систем: в 2 кн. Кн. 2. Социально-экономические и геополитические аспекты исследования территориальных систем: сб. материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых. Пермь, 2010. С. 327–329.

Teslenok K.S. Vozmozhnosti GIS ArcView v vizualizacii dannyh zemel'nogo ucheta [Possibilities of ArcView GIS in data visualization of land registration], Geograficheskoe izuchenie territorial'nyh sistem: v 2 kn. Kn. 2. Social'no-jekonomicheskie i geopoliticheskie aspekty issledovanija territorial'nyh sistem: sb. materialov IV Vseros. nauch.-prakt. konf. stud., asp. i molodyh uchenyh, Perm', 2010, pp. 327–329 (in Russian).

7. *Тесленок К.С.* Геоинформационное картографирование и моделирование в управлении земельными ресурсами Республики Мордовия // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XV Междунар. науч. конф. (Минск, 23–24 окт. 2014 г.). Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2014 а. С. 264–266.

Teslenok K.S. Geoinformacionnoe kartografirovanie i modelirovanie v upravlenii zemel'nymi resursami Respubliki Mordovija [Geoinformation mapping and modeling of land management in the Republic of Mordovia], Problemy prognozirovaniya i gosudarstvennogo regulirovaniya social'no-jekonomicheskogo razvitija: materialy XV Mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, 23–24 okt. 2014 g.), Minsk, NIIEI M-va jekonomiki Resp. Belarus', 2014 a, pp. 264–266 (in Russian).

8. *Тесленок К.С., Тесленок С.А.* Использование геоинформационных технологий для принятия оперативных управленческих решений в целях рационализации сельскохозяйственного природопользования // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник статей X Междунар. науч.-практич. конф. Пенза: РИОПГСХА, 2014 б. С. 103–106.

Teslenok K.S., Teslenok S.A. Ispol'zovanie geoinformacionnyh tehnologij dlja prinjatija operativnyh upravlencheskih reshenij v celjah racionalizacii sel'skhozajstvennogo prirodnopol'zovanija [Use of geoinformation technologies for adoption of operational administrative decisions for rationalization of agricultural environmental management], Agropromyshlennij kompleks: sostojanie, problemy, perspektivy: Sbornik statej X Mezhdunar. nauch.-praktich. konf., Penza, RIO PGSHA, 2014 b, pp. 103–106 (in Russian).

9. *Тесленок К.С., Тесленок С.А., Чирков Н.Н., Янглаев В.Р., Блохин А.В.* Методика автоматизированного построения карт зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Геоинформационное картографирование в регионах России: мат-лы IV (заочной) Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 15 нояб. 2012 г.). Воронеж: Науч. кн., 2012 а. С. 124–130.

Teslenok K.S., Teslenok S.A., Chirkov N.N., Jangljaev V.R., Blohin A.V. Metodika avtomatizirovannogo postroenija kart zon sanitarnoj ohrany istochnikov vodosnabzhenija i vodoprovodov pit'evogo naznachenija [Method for automated builds maps of zones of sanitary protection of water sources and drinking water supplies], Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii [Geoinformation mapping in the regions of Russia], Voronezh, Nauch. kn., 2012 a, pp. 124–130 (in Russian).

10. *Тесленок С.А., Тесленок К.С.* Автоматизированное построение карт водоохранных зон средствами геоинформационных технологий // Материалы междунар. конф. «VII Жандаевские чтения»: «Геоэкологические и геоинформационные аспекты в исследовании природных условий и ресурсов науками о Земле», Алматы, 17–18 апреля 2013 г. Алматы, 2013. С. 120–126.

Teslenok K.S., Teslenok S.A. Avtomatizirovannoe postroenie kart vodoohrannyh zon sredstvami geoinformacionnyh tehnologij [Automated mapping of water protection zones by means of geoinformation technologies]. Materialy mezhdunar. konf. 'VII Zhandaevskie chtenija': 'Geojekologicheskie i geoinformacionnye aspekty v issledovanii prirodnyh uslovij i resursov naukami o Zemle' [Materials Internat. conf. '(VII) Zhandaevskie reading' 'Geoeological and geoinformation aspects in the study of natural conditions and resources of Earth Sciences'], Almaty, 2013, pp. 120–126 (in Russian).

11. *Тесленок С.А. Тесленок К.С.* Мониторинг компонентов природной среды акватории водохранилищ на основе ГИС // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища: мат-лы междунар. науч.-практич. конф. г. Воронеж, 21 ноября 2012 г. Воронеж: Наука-Юнипресс, 2012 б. С. 185–194.

Teslenok K.S., Teslenok S.A. Monitoring komponentov prirodnoj sredy akvatorii vodohranilishh na osnove GIS [Monitoring of environmental components of reservoirs based on GIS] Prioritetnye napravlenija jekologicheskoy reabilitacii Voronezhskogo vodohranilishha [Priority areas for environmental remediation of the Voronezh reservoir], Voronezh, Nauka-Junipress, 2012 b, pp. 185–194 (in Russian).