

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ РАДАРНОЙ СЪЁМКИ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ¹

В.А. Матьяш, М.Р. Пономаренко, И.Ю. Пиманов (Санкт-Петербург)

Оперативное прогнозирование паводковых наводнений позволяет существенно снизить наносимый ими экономический ущерб и является необходимым условием обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в потенциально опасных районах. Применение компьютерного моделирования для прогнозирования паводков на реках сокращает влияние субъективного фактора при оценке их возможных негативных последствий [1, 2]. Эффективное использование результатов моделирования требует наличия оперативной пространственной информации о территории затопления для своевременного выполнения калибровки и верификации используемых гидродинамических моделей.

Используемые для решения этой задачи данные наземных методов гидрометеорологического мониторинга не всегда эффективны, т.к. измерения, производимые на наблюдательных станциях, позволяют оценить обстановку только на отдельных участках речной сети. В связи с этим в качестве источника необходимой информации всё чаще используется дистанционное зондирование Земли из космоса, в частности, радиолокационная съёмка [3].

Радарная съёмка даёт возможность получать данные высокого пространственного разрешения в любое время суток и независимо от погодных условий, тем самым позволяя регулярно осуществлять оперативный мониторинг затопления территорий. Кроме того, на основе данных космического радиолокационного зондирования выполняется обновление крупномасштабной пространственной основы на территорию зоны затопления, включая получение актуальной информации об объектах инфраструктуры и построение цифровых моделей рельефа (ЦМР).

На сегодняшний день на базе космических радиолокационных данных функционируют сервисы оперативного мониторинга наводнений, среди которых можно выделить Copernicus Emergency Management Service, включающий модули Copernicus EMS - Mapping и European Flood Awareness System (EFAS), и Thematic Exploitation Platform – Hydrology (TEP Hydrology), включающий сервис мониторинга наводнений Flood Monitoring Service [4, 5].

Дешифрирование водных объектов по радарным данным основано на том, что при взаимодействии с гладкими водными поверхностями отраженный радиосигнал распространяется в направлении от антенны, в результате чего водная гладь на радарном снимке представлена пикселями с низким значением интенсивности. Основным методом автоматического выделения водных поверхностей является классификация радарного изображения с использованием порогового значения интенсивности отраженного сигнала.

Характер водной поверхности и параметры исходных данных (в частности, поляризация сигнала, при которой были получены снимки) во многом определяют эффективность классификации. Наиболее предпочтительной для картографирования наводнений является горизонтальная (HH) поляризация [6, 7]. Будучи наименее чувствительной к мелкомасштабной шероховатости водной поверхности по сравнению с вертикальной поляризацией (VV) и перекрёстными поляризациями (HV, VH), она обеспечивает наибольший контраст между открытыми водными объектами и окружающей незатопленной территорией. Вертикальная поляризация применяется преимущественно для исследования гидрологических и

¹ Исследования проводились при финансовой поддержке Программ НТС Союзного государства «Мониторинг-СГ» (проект 1.4.1-1) и «Технология-СГ» (проект 06/НИР/2017), грантов РФФИ (№№15-08-08459, 16-07-000925, 16-08-00510, 17-01-00139, 17-06-00108, 17-08-00797), гранта РНФ № 17-11-01254, госзадания Министерства образования и науки РФ №2.3135.2017/К, в рамках бюджетных тем №№0073–2014–0009, 0073–2015–0007.

атмосферных процессов, проявляющихся на водной поверхности. Перекрестные поляризации могут быть эффективны для изучения частично затопленных территорий. Классификация данных, представленных одновременно в нескольких поляризациях, также эффективна, т.к. позволяет выделить объекты местности по характеру обратного рассеяния. Увеличение шероховатости водной поверхности за счёт растительности, а также наличие объектов городской застройки усложняют процесс выявления водных объектов и зон затопления [8]. В этом случае зоны затопления можно выделить, проанализировав изменение отражательных характеристик подстилающей поверхности. Для этого используются различные методы, в том числе основанные на обработке интерферометрических данных: на основе пар снимков рассчитывается когерентность, характеризующая уровень фазового шума, одной из причин возникновения которого может быть изменение отражательных характеристик поверхности. Для большинства типов местности характерно, что участки, которые были затоплены в период между двумя циклами радарной съёмки, имеют, как правило, низкие значения когерентности, даже если они не были покрыты водой на момент получения первого или второго снимков [9].

В данной работе выполнена обработка радарных данных с целью выявления территорий, затопленных в результате паводкового наводнения, на основе методов автоматической классификации. Территорией исследования является район слияния рек Сухоны и Юга (г. Великий Устюг). Обработка исходного снимка RADARSAT-2 (пространственное разрешение 6 м, поляризация НН, дата съёмки 20.04.2016) выполнена в программе Sentinel-1 Toolbox. Предварительная обработка включала радиометрическую калибровку и удаление спекл-шума. На этапе тематической обработки выполнен расчёт текстурных характеристик с использованием матрицы GLCM. В дальнейшем выполнена автоматическая классификация полученного текстурного изображения с построением маски водных объектов. Постобработка включала автоматическую векторизацию растровых данных и визуализацию полученного векторного слоя, содержащего информацию о зоне затопления территории на момент выполнения радарной съёмки, с использованием информационно-аналитической системы «Регион-В» [10, 11]. «Регион-В» является модульной распределённой системой, которая состоит из серверного и клиентского приложений, геоинформационного сервера, серверов баз данных (рисунок). Все компоненты системы разработаны с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом. Модульный принцип построения системы позволяет гибко распределять ресурсы и легко интегрироваться со сторонними системами. Система также позволяет организовать удалённый доступ к данным без необходимости прямой передачи файлов, совместное редактирование материалов и организацию разграниченного доступа к данным.



Обобщённая схема системы

Результат обработки данных RADARSAT-2 с использованием «Регион-В» сопоставлен с результатами расчёта контуров затопления территории. Разрешающая способность исходных данных, даже с учетом возможных погрешностей, возникающих при использовании выбранной технологии обработки, позволила достичь высокого совпадения контуров затопления на открытых территориях с низким уровнем урбанизации. Стоит отметить, что для уверенного определения требуется, чтобы открытая площадь затопления составляла не менее 24 м².

Таким образом, проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что данные космической радарной съёмки обеспечивают оперативное получение пространственных данных о затопленных территориях и могут быть успешно интегрированы в систему мониторинга и оперативного прогнозирования наводнений.

Литература

1. Алабян А.М., Зеленцов В.А., Крыленко И.Н., Потрясаев С.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Оперативное прогнозирование наводнений на основе комплексного упреждающего моделирования и интеграции разнородных данных // Труды СПИИРАН. 2015. Вып. 4(41). С. 3–33.
2. Зеленцов В.А., Ковалев А.П., Кожанов А.Н., Пиманов И.Ю., Потрясаев С.А., Скобцов В.Ю. Интеграция подсистем и сервисов доступа к результатам космического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций // XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2014)». Санкт-Петербург, 29-31 октября 2014 г.: Материалы конференции \ СПОИСУ. СПб. 2015.
3. Зеленцов В.А., Потрясаев С.А., Пиманов И.Ю., Семенов А.Е. Мониторинг и моделирование наводнений на базе системы с сервис-ориентированной архитектурой // ГеоРиск. 2016. № 1. С. 12–15.
4. Copernicus Emergency Management Service. URL: <http://emergency.copernicus.eu/>
5. Thematic Exploitation Platform – Hydrology TEP. URL: <https://hydrology-tep.eo.esa.int/>
6. Martinis S.; Kersten J.; Twele A. A fully automated TerraSAR-X based flood service // ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2015. 104 . P. 203–212.
7. Bolanos, S.; Stiff, D.; Brisco, B.; Pietroniro, A. Operational Surface Water Detection and Monitoring Using Radarsat 2. Remote Sens. 2016. 8. 285. DOI: 10.3390/rs8040285.
8. Ponomarenko M.R., Pimanov I.Yu. Processing of SAR amplitude images with posting the results on web server // J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol., 2016, 9(7), 994–1000. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-7-994-1000.
9. Refice A., Capolongo D., Pasquariello G., D’Addabbo A., Bovenga F., Nutricato R., Lovergine F., Pietranera L.. SAR and InSAR for flood monitoring: examples with COSMO-SkyMed data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 7 (7), 2014, 2711-2722. DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2305165.
10. Ponomarenko M.R., Pimanov I.Y. Implementation of Synthetic Aperture Radar and Geoinformation Technologies in the Complex Monitoring and Managing of the Mining Industry Objects // In: Silhavy R., Senkerik R., Kominkova Oplatko-va Z., Prokopova Z., Silhavy P. (eds) Cybernetics and Mathematics Applications in Intelligent Systems. CSOC 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Vol 574. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-319-57264-2_30.
11. Zelentsov, V.A., Potryasaev, S.A., Pimanov, I.J., Nemykin, S.A. Creation of intelligent information flood forecasting systems based on service oriented architecture //Advances in Intelligent Systems and Computing vol. 466, Springer International Publishing Switzerland. 2016. P. 371–381. DOI 10.1007/978-3-319-33389-2_35.