

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ НА РЕЧНОЙ СЕТИ

Волчек А. А., Костюк Д. А., Петров Д. О., Шешко Н. Н.

Белорусский государственный технический университет

Брест, Республика Беларусь

E-mail: volchak@tut.by, dmitriykostiuk@gmail.com, polegdo@gmail.com, optimum@tut.by

*Защита пойм рек от наводнений является серьезной социально-экономической проблемой, которая может быть решена только частично (поскольку наводнения не могут быть полностью устранены). Одно из таких решений, направленное на оперативное проведение противопаводковых мероприятий, заключается в развитии автоматических средств гидрологического мониторинга, комплексное применение которых позволяет быстро формировать картину наводнения, выполнять прогнозирование его развития с постоянной корректировкой прогноза по вновь поступающим данным. Разработке программного комплекса для решения этой задачи применительно к пойме реки Припять посвящена настоящая работа.*

Представляемый программный комплекс осуществляет мониторинг уровня воды в речной сети, расчет и визуализацию зоны затопления, а также составление прогноза развития паводка. Соответственно, его архитектуру можно представить в виде совокупности из трёх подсистем: получения данных, визуализации и прогноза.

Подсистема получения данных имеет следующую структуру. Модуль учета автоматизированных гидрометеостанций (АГС) обрабатывает информацию о расположении и текущем статусе датчиков АГС. Модуль импорта предназначен для получения результатов измерений (например, значений уровня подъема воды) от АГС и их накопления в хранилище гидрологических данных. Также данный модуль позволяет импортировать внешние табличные данные (архивные данные могут повысить точность прогноза).

Основой подсистемы визуализации является модуль расчета зоны затопления, который вычисляет [1] контур пересечения поверхности воды с моделью рельефа на основе реальных или прогнозных данных. Затем модуль векторизации зоны затопления производит преобразование совокупности покрытых водой элементов цифровой модели рельефа в единственный многоугольник для его последующего экспорта. Модуль загрузки картографической основы скачивает из сети необходимые элементы мозаики карты поверхности Земли в проекции Меркатора и сохраняет полученные данные в локальной базе данных для последующего использования, и, наконец, модуль отображения формирует интерактивную карту зоны затопления путем наложения вычисленного многоугольника и отметок на мозаичную картографическую основу.

Подсистема прогнозирования уровня воды в контрольных точках реки построена на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). Модуль подготовки данных обеспечивает возможность выбора наборов входных параметров — значений уровня воды в текущей точке, темпе-

ратуры воздуха, объема выпавших осадков, а также данных о накопленных снеготопках. Модуль конфигурирования и обучения прогнозирующей ИНС в результате своей работы генерирует сеть, обученную на заданном наборе данных, которая далее используется модулем формирования прогноза путем обработки предшествующих значений рядов гидрометеорологических величин. Далее результаты прогнозирования поступают на вход подсистемы визуализации, обрабатывающей их таким же образом, как при построении текущей картины затопления.

Вычисление области затопления поймы реки — как бесприточного участка реки, так и разветвленной сети рек — выполняется с использованием двумерного клеточного автомата на основе следующих входных данных: цифровой модели рельефа поймы в виде матрицы высот, схемы гидрографической сети в виде набора осевых линий отдельных участков (водотоков), и схемы расположения гидрологических постов наблюдения в форме множества точечных объектов с зарегистрированными значениями уровня воды.

Результатами расчета являются контуры зоны затопления в виде сложного многоугольника и карта глубин в зоне затопления, представленная в матричной форме. Оперативное отображение расчетной области затопления выполняется поверх картографической основы с использованием открытых данных некоммерческого проекта OpenStreetMap [2]. Для оперативного вычисления границ возможной зоны затопления при повышении высоты уровня вода во время половодья, соответствующие данные об уровне воды в контрольных створах должны поступать в систему от автоматических гидрометеорологических станций [1].

В разработанном программном обеспечении данный подход был апробирован применительно к территории Брестской области с использованием соответствующих АГС. За период с 2011 по 2016 гг. на территории Брестской области были

смонтированы 6 АГС на пунктах гидрологических наблюдений (ГП) на реке Припять и следующих ее притоках: Стырь, Горынь, Ясельда, Цна и Пина. Первые три АГС поставлены в РБ по программе НАТО «Наука ради мира» для реализации международного проекта «Мониторинг и прогнозирование наводнений в бассейне реки Припять». Последние три станции были поставлены в рамках реализации проекта программы развития ООН «Взаимосвязь между проблемами окружающей среды и безопасности в Беларуси».

Типовая АГС представляет собой водонепроницаемый корпус, в котором расположены устройства регистрации и передачи данных, блок электропитания и/или резервные батареи, а также набор датчиков, подключение которых производится через внешние разъемы. Передача данных может осуществляться напрямую на ПК через проводной интерфейс или средствами беспроводной телеметрической связи (в настоящее время — преимущественно по протоколу TCP/IP). Одна станция может совмещать несколько средств телеметрии (для мест, подверженных паводкам и потому требующих гарантированной регулярной передачи измерений). Программное обеспечение АГС позволяет запрашивать текущие данные, а также просматривать их реальном масштабе времени. Также может выполняться автоматическая передача данных: по расписанию, по запросу или при превышении параметром заданного порога, устанавливаемого пользователем отдельно для каждого датчика.

В связи с неоднородностью АГС, используемых в настоящее время, и широкими возможностями конфигурирования АГС, доступных на рынке, для получения данных гидрометеозмерений была разработана программная архитектура на основе динамически подключаемых модулей [3], показанная на рисунке 1. Модуль импорта гидрометеорологических данных сканирует подкаталог, содержащий скрипты запуска мо-

дулей связи с АГС. Каждый скрипт запуска обеспечивает загрузку типового модуля связи с АГС с набором параметров, соответствующих конкретному ГП. Список параметров зависит от выбранного типового модуля и в частности включает IP-адрес, назначенный конкретной АГС, и параметры авторизации, необходимые для доступа к результатам измерений. Модуль связи устанавливает соединение по протоколу TCP/IP, получает данные в формате, в котором их предоставляет соответствующая АГС, преобразовывает их и возвращает в систему в виде табличного файла формата CSV. Табличный файл содержит произвольное количество столбцов; первой строкой идет заголовок с идентификаторами считанных данных, а за ним — не менее одной строки с полученными значениями. При этом в первом столбце всегда находится отметка времени (фактически дата), соответствующая моменту проведения измерений. Модуль связи с АГС, поставленными в рамках программы ПРООН, возвращает уровень воды, температуру воды и воздуха, а также уровень осадков. Модуль связи с АГС, поставленными в рамках программы «Наука ради мира» возвращает тот же набор параметров и относительную влажность воздуха.

1. Petrov, D. Electronic system of flood monitoring and visualization / D. Petrov, A. Volchek, A. Kozak, D. Kostiuik // Hydrology: from research to water management. XXVI Nordic hydrological conference, Riga, Latvia, August 9–11, 2010. – Riga: University of Latvia Press, 2010. – P. 66–68.
2. Пятроў, Д. О. Выкарыстанне картаграфічных дадзеных праекта OPENSTREETMAP у прыкладных праграмах ГІС / Д. О. Пятроў, А. А. Волчак, Д. А. Касцюк // Третья МНПК FOSS Lviv 2013: Збірник наукових праць, Львів, 18–21 квітня 2013 р. – Львів, 2013. – С. 129–132.
3. Маркина, А. А. Система параллельного тестирования эффективности человеко-машинного взаимодействия / А. А. Маркина // 13 конференция разработчиков свободных программ: тезисы докладов, Калуга, 01–02 октября 2016 г. – Базальт СПО, 2016. – С. 32–37.

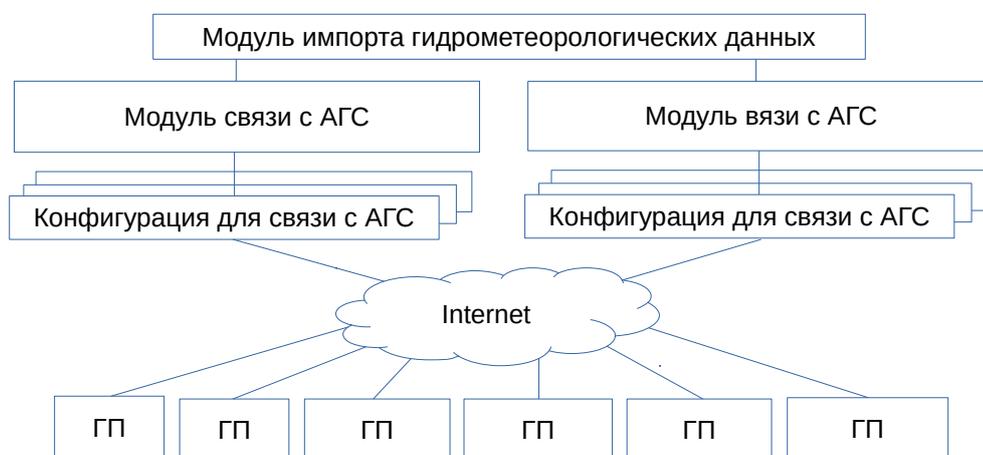


Рис. 1 – Система получения данных с АГС