
УДК 004.94

А.А. Волчек, В.Ю. Коваленко, Д.А. Костюк, Д.О. Петров, Н.Н. Шешко

**РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ
ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ**

Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь
e-mail: d.k@list.ru

Представлена разработка программно-аппаратной системы мониторинга и прогнозирования паводка, основанная на использовании вычислительного сервера, обрабатывающего потоки данных от распределенной сети размещенных в различных точках бассейна реки автономных гидрологических устройств, и портативных терминалов с функциями геолокации. Обработка выполняется с использованием оцифрованных карт рельефа местности для эффективного отображения паводковой ситуации, а также статистических данных и компьютерных моделей для составления прогноза ее развития.

Проведение противопаводковых мероприятий позволяет минимизировать фактический ущерб, максимально приспособив хозяйственную деятельность к возможным экстремальным условиям [1, 2]. В русле данного направления в ряде стран разрабатываются и внедряются распределенные сис-

темы мониторинга наводнений и паводков. Нами разрабатывается подобная система, ориентированная на контроль и прогнозирование уровня воды в пойме р.Припять; однако легко перестраиваемая конфигурация позволяет максимально достоверно отслеживать наводнения и паводки в бассейне любой реки, при наличии контрольных измерительных точек, а также необходимых статистических и топографических данных [1].

В состав системы (рисунок 1) входит вычислительный сервер, обрабатывающий поток данных, поступающих с сети автономных гидрологических устройств, располагаемых в средних точках русла бассейна реки. Данные устройства, в разработанной конфигурации, предназначены для измерения скорости течения реки и ее уровня; однако доработка программы для входящей в состав устройства однокристалльной микроЭВМ и оснащение устройства дополнительными датчиками легко расширяет спектр проводимых измерений, позволяя, например, отслеживать загрязнение сточными водами [2].



Рисунок 1 – Система мониторинга паводка

Входящий в состав системы вычислительный сервер выполняет расчет и визуализацию затопления территорий с учетом движения водных масс на основе данных от контрольных точек мониторинга и статистических сведений. Кроме того, в состав системы входит мобильный терминал на основе промышленного планшетного компьютера, позволяющий использовать беспроводной доступ к сети и систему позиционирования GPS для отображения паводковой ситуации и ее прогноза применительно к точке нахождения оператора, а также являющийся дополнительным средством ввода результатов изменений с автоматическим определением координат и включением соответствующих значений в банк данных сервера. В качестве среды передачи данных между измерительными устройствами, вычислительным сервером и мобильными терминалами используется GSM-сеть.

Важной частью разработки является подсистема компьютерного моделирования, выполняющая расчет паводковой ситуации на основе оцифрованных карт рельефа и информации о реальном либо прогнозируемом уровне воды в контрольных точках [3].

Программное обеспечение сервера помимо блока интерфейса с сетью измерительных устройств включает также блок диалога с оператором и блоки прогнозов (рисунок 2). Банк гидрологических данных хранит принятые результаты измерений, а также может в ручном либо полуавтоматическом режиме пополняться информацией с неавтоматизированных гидропостов. Внесение информации оператором предусмотрено для выполнения статистических прогнозов. На данный момент наибольшую эффективность показывают методы составления прогноза на основе статистических данных. Данный подход требует наличия многолетней статистики, однако дает более точные долгосрочные совпадения с реальным развитием паводка [4].

Моделирование паводкоопасной ситуации обеспечивает точную визуализацию затопления территорий и заключается в построении пересечения поверхности рельефа с зеркалом поднявшейся воды. На текущий момент нами разработано программное обеспечение, позволяющее строить картину затопления поймы р.Припять на участке местности протяженностью от г.Пинск до г.Мозырь.

Для построения картины затопления использована цифровая модель рельефа в виде матрицы высот, полученной путем обработки результатов топографической радарной съемки земной поверхности из космоса с разрешением 3 угловые секунды, выполненной Shuttle Radar Topographic Mission в

феврале 2000 г. в рамках проекта HydroSHEDS [5]. Область затопления формируется путем геометрического пересечения модели рельефа местности с моделью поверхности поднявшейся воды. Операция пересечения производится по алгоритму, исключающему затопление тех участков местности, доступу воды на которые препятствуют особенности рельефа (рисунок 3).

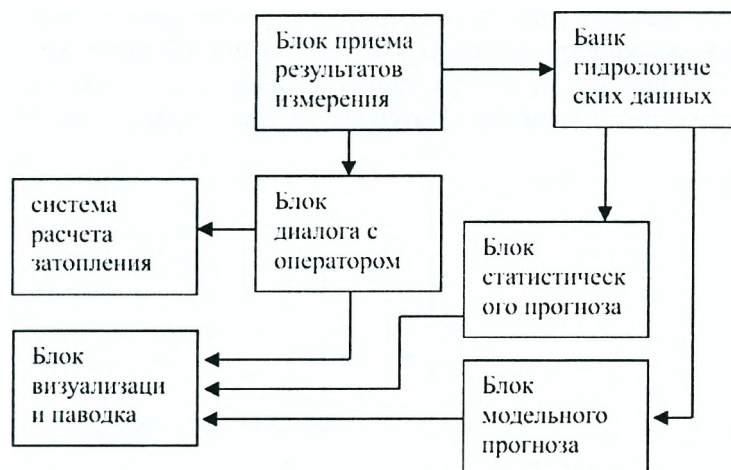


Рисунок 2 – Структура программного обеспечения вычислительного сервера

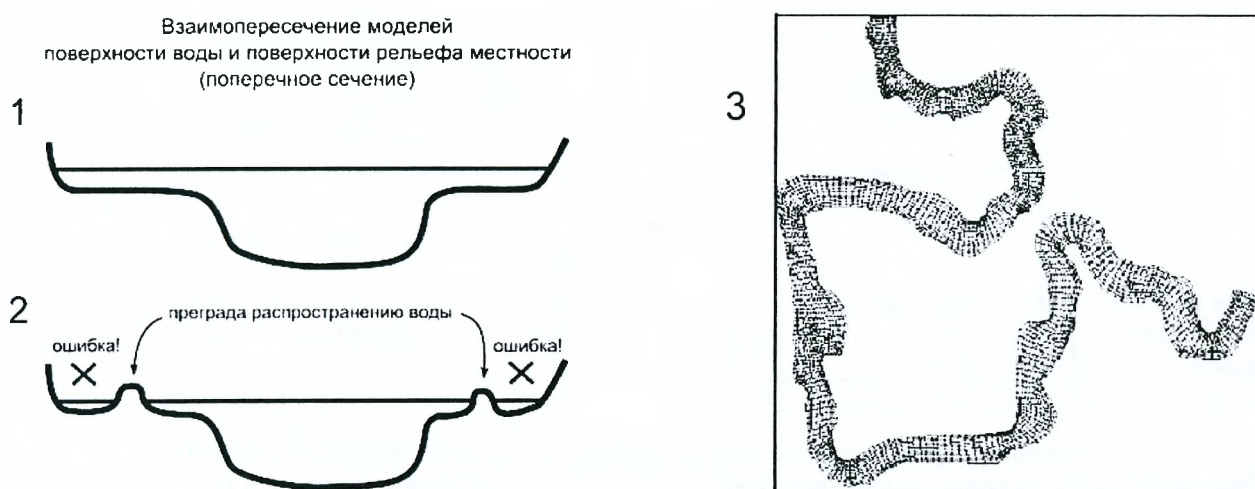


Рисунок 3 – Пример возможной ошибки при геометрическом пересечении модели рельефа с моделью водной поверхности без учета преград распространению воды (1, 2), а также пример сеточного представления модели поверхности воды (3)

Алгоритм расчета, реализация которого представлена нами в рамках разработанного программного обеспечения, предполагает построение трехмерных наклонных плоскостей, приближенно описывающих зеркало поднявшейся воды, и определение пересечения плоскостей с цифровой моделью рельефа. В общем случае алгоритм включает следующие этапы:

- построение цифровой трехмерной модели местности по растровым и/или векторным картам;
- построение на цифровой модели контрольных точек уровня воды на основе актуальных данных автоматизированных и/или ручных измерений на гидропостах, либо на основе результатов работы модуля прогнозирования;
- построение зеркала воды на основе полученной линии уреза воды и модифицированного рекурсивного алгоритма заполнения области с «затравкой».

Таким образом, модель поверхности воды представлена сеткой, составленной из множества плоских граней. Обеспечена возможность построения сеточной модели водной поверхности как на основе прямого измерения высоты уровня воды в серии точек, расположенных вдоль русла реки, так и на основе гидродинамического моделирования.

Использованный подход является более ресурсоемким по сравнению с простым случаем, когда поверхность воды представлена горизонтальной плоскостью и задача построения картины ее пересечения с моделью рельефа выполняется применением модифицированного растрового алгоритма заполнения области с «затравкой» [1]. Однако данное усложнение оправдано, поскольку локальная природа упрощенного подхода позволяет строить точную картину паводка не на всей наблюдаемой территории, а только на отдельных участках, содержащих контрольные точки [6].

Для обеспечения возможности оценки угрозы затопления объектов хозяйствования и населенных пунктов, используется визуальное отображение публично-доступных картографических данных, получаемых в реальном масштабе времени с Интернет-ресурса <http://openstreetmap.org> (рисунок 4).

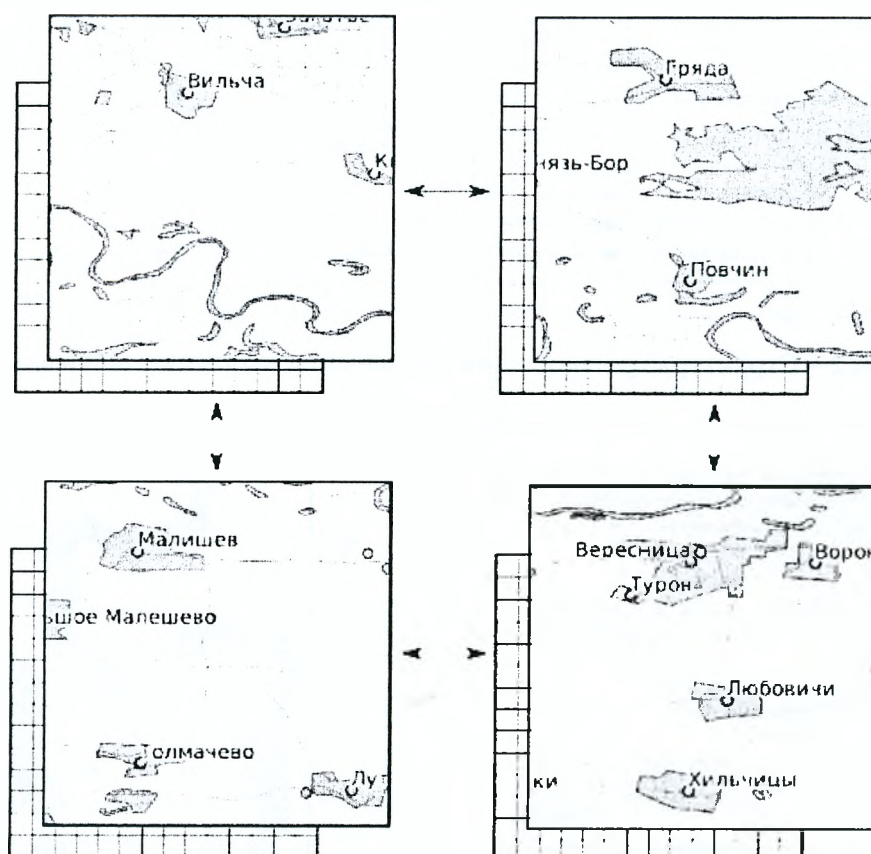


Рисунок 4 – Двухслойное мозаичное представление хранимых данных (нижний слой – матрица высот, верхний слой – картографические данные в виде полигонов)

Вследствие представления модели рельефа местности матрицей высот, при увеличении степени ее детализации значительно возрастает как объем обрабатываемых данных, так и время, необходимое для выполнения расчетов. Особенности разработанного алгоритма построения области затопления позволяют осуществить распределенную обработку данных с высокой степенью параллельности вычислений для повышения скорости расчетов.

Распределение вычислительной нагрузки реализуется благодаря схеме декомпозиции исходных данных на связанные участки (рисунок 4). Высокая степень параллельности вычислений достигается благодаря растровой природе обрабатываемых данных, что позволяет использовать значительные вычислительные ресурсы графических процессоров даже бюджетных современных графических карт.

Работа выполнена в рамках задания «Разработать вычислительные средства централизованного мониторинга и прогнозирования паводка» ГПНИ «Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций».

• Литература

1. Козак А.Ф., Костюк Д.А., Кузавко Ю.А., Петров Д.О. Распределенная электронно-информационная система мониторинга и прогнозирования паводка // Вестник БрГТУ. 2008. №5: Физика, математика, информатика. С. 104–106.
2. Kostiuk D., Kuzavko Yu., Tomassi P. Acoustoelectronic intellectual control of electrochemical liquid wastes // Biuletyn galwanotechnika, № 16 (31), 2008. P. 7–8.

3. Волчек А.А., Кузавко Ю.А., Козак А.Ф., Костюк Д.А. Технические средства мониторинга и прогнозирования наводнений // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сборник тезисов докладов IV Международной научно-практической конференции в 3 т., Минск, 6–9 июня 2007 г. Мн., 2007. Т. 1. С. 244–247.
 4. Volchek A., Kozak A., Kostiuk D., Petrov D. Electronic system of flood monitoring and visualization // 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.
 5. The shuttle radar topography mission. / Farr Tom G., Hensley Scott, Rodriguez Ernesto, Martin Jan, Kobrick Mike. // CEOS SAR Workshop. Toulouse 26–29 Oct. 1999. Noordwijk. 2000. С. 361–363.
 6. Волчек А.А., Костюк Д.А., Петров Д.О., Шешко Н.Н. Модуль расчета затопления для системы мониторинга и прогнозирования паводка // Вестник БрГТУ. 2011. №5: Физика, математика, информатика. С. 43–45.
-
-