

УДК 502.36

РОЗРАХУНОК ЗАТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПАВОДКУ

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

Брестський державний технічний університет

Представлено алгоритм та реалізація програмного модуля для системи моніторингу і прогнозування паводку, що виконує розрахунок картини затоплення паводковими водами на основі даних про рівень води, що надходять з розташованих в руслі річки контрольних точок. Розрахунок включає побудову криволінійної поверхні дзеркала води і лінії її перетину з моделлю рельєфу місцевості. Представлений метод не вимагає високопродуктивних обчислювальних засобів, дозволяє коректно моделювати поширення води по складному рельєфу місцевості і може використовуватися в розподілених обчислювальних мережах.

Ключові слова: паводок, візуалізація, розрахунок затоплення, цифрова карта рельєфу

Вступ. Щорічно значні території в багатьох країнах, не виключаючи і Білорусь, опиняються в зоні паводку, на ліквідацію наслідків якого витрачаються значні кошти. Особливо відчутно, а в окремі роки катастрофічно, вплив паводків у Білорусі проявляється в заповненні р. Прип'ять та її притоках. Проведення протипаводкових заходів дозволяє скорочувати фактичний збиток від повеней, однак вимагає значних витрат і експлуатаційних витрат. Оскільки повністю виключити повені в Білорусі неможливо, першочергове завдання полягає в тому, щоб максимально пристосувати господарську діяльність до можливих екстремальних умов, і тим самим мінімізувати нанесення шкоди [1, 2]. У рамках вирішення цієї проблеми нами розробляється розподілена програмно-апаратна система спостереження і прогнозування повеней [2, 3]. Система орієнтована на контроль паводку в заповненні р. Прип'ять, проте конфігурація мережі вимірювальних пристроїв, що легко перебудовується, дозволяє максимально достовірно прогнозувати повені в басейні будь-якої річки, за наявності контрольних вимірювальних точок, а також необхідних статистичних та топографічних даних.

Важливою частиною розробки є підсистема комп'ютерного моделювання, що виконує розрахунок паводкової ситуації на основі оцифрованих карт рельєфу і інформації про реальний або прогнозований рівні води в контрольних точках, розташованих у руслі річки [2].

Апаратна частина системи включає єдиний інформаційний центр, який обробляє потік даних, що надходять з мережі автономних гідрологічних пристроїв, що розташовуються в середніх точках русла річки. Як середовище передачі даних використовується GSM-мережа. Інформаційний центр являє собою обчислювальний сервер, що накопичує

інформацію, що надходить по каналу стільникового зв'язку, а також розраховує і відображає актуальну і / або прогнозовану картину затоплення заплави річки.

I. Методика розрахунку затоплення території. Моделювання паводконебезпечних ситуацій забезпечує точну візуалізацію затоплення територій і полягає в побудові перетину поверхні рельєфу з дзеркалом води. У випробуваному нами спочатку [2, 3] простому випадку поверхня води була представлена горизонтальною площиною і задання побудови картини її перетину з моделлю рельєфу, представленою матрицею висот, виконувалася застосуванням модифікованого растрового алгоритму заповнення області із «затравкою» [2]. Як початкова точка заповнення («затравка») використовувалось місце розташування вимірювального пристрою. До недоліків такого підходу можна віднести його локальність, що не дає можливості побудувати точну картину паводку на всій спостережуваній території, а не на окремих ділянках, що містять контрольні точки.

Більш точний алгоритм розрахунку, реалізація якого представлена нами в даній роботі, передбачає побудову тривимірних похилих площин, що наближено описують дзеркало води, і визначення перетину площин з цифровою моделлю рельєфу. У загальному випадку алгоритм включає наступні етапи:

- побудова цифрової тривимірної моделі місцевості по растрових і / або векторних картах;
- побудова на цифровій моделі контрольних точок рівня води на основі актуальних даних автоматизованих та / або ручних вимірювань на гідропостах, результатів роботи модуля прогнозування;
- побудова дзеркала води на основі отриманої лінії урізу води та модифікованого рекурсивного алгоритму заповнення області з «затравкою».

II. Моделювання рельєфу місцевості. Цифрова модель рельєфу (ЦМР), на основі якої виконується розрахунок затоплення територій, може бути отримана двома способами:

- побудова інтерполяційної сітки по набору горизонталей, експортованих з векторної карти, виконане засобами стандартної ГІС (наприклад, ArcGIS);
- отримання ЦМР, виконаної дистанційним зондуванням рельєфу місцевості з космічного супутника.

На поточний момент нами випробувані обидва варіанти. Недоліком першого підходу є можливість отримання поверхні, що відрізняється від реальної картини рельєфу через невдалий вибір параметрів і алгоритму інтерполяції: результатом є або зображення рельєфу у вигляді терас, відповідних окремим горизонталям, або математично гладка поверхня, що скрадає різкі перепади висот. Обмеження другого підходу пов'язані з роздільною здатністю використовуваного супутником сенсора, а також з його чутливістю до елементів, які не є частиною рельєфу (відбиття від хмар і дерев).

III. Побудова поверхні дзеркала води. При розробці підходу до побудови дзеркала води був обраний метод апроксимації смуги криволінійної поверхні плоскими трикутними гранями, що дозволяє зменшити питоме обчислювальне навантаження при збереженні досить високої точності розрахунку. Алгоритм включає наступні етапи. Через контрольні точки з координатами Z , рівними виміряній висоті рівня води, проводиться ламана осьова лінія. Для формування поперечних перерізів майбутньої криволінійної

поверхні через ці ж точки проводяться відрізки прямих, паралельні площині XY розглянутої геометричної моделі (рис. 1).

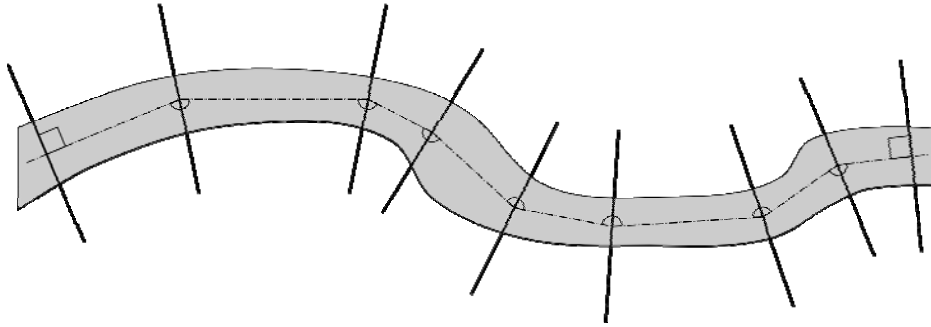


Рис. 1. Осьова лінія смуги криволінійної поверхні з побудованими поперечними відрізками

Відрізки поперечних прямих, що проходять через першу і останню контрольні точки, перпендикулярні першому і останньому сегменту осьової ламаної лінії, а решта - орієнтовані вздовж бісектрис кутів, утворених на площині XY суміжними сегментами осьової лінії. Довжина поперечних відрізків обмежується, щоб виключити можливість їхнього взаємоперетину.

Модель дзеркала води складається з розбитих на трикутні грані сегментів, утворених апроксимацією руху твірної уздовж осьової лінії між сусідніми поперечними перетинами криволінійної поверхні (рис. 2). Передбачена можливість підбору кроку апроксимації руху твірної дозволяє змінювати деталізацію поверхні, і тим самим отримувати необхідний баланс точності і тривалості розрахунку.

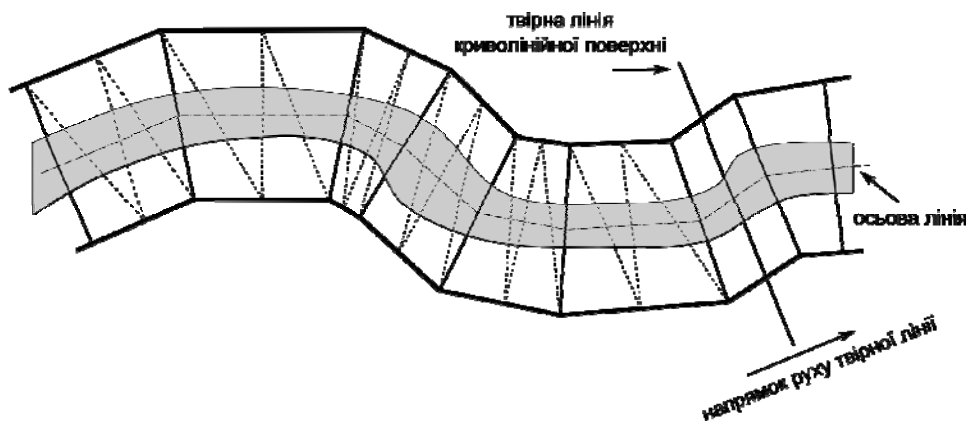


Рис. 2. Побудова поверхні дзеркала води

Побудова перетину поверхні дзеркала води з моделлю рельєфу, представлена матрицею висот, включає растрезацію триангульованої поверхні в матрицю висот і вико-

нання модифікованого растрового алгоритму заливки з «затравкою», координати якої відповідають розташуванню першого гідропоста на цифровій моделі рельєфу. Алгоритм має рекурсивний характер. На кожній ітерації виконується вибір на матриці висот сусідніх невідмічених точок, що належать поверхні дзеркала води (що мають висоту, яка не перевищує реальний або прогнозований рівень води). Далі обрані точки відзначаються як затоплення, і виконується перехід до наступної ітерації алгоритму, аж до досягнення умови неможливості вибору нових точок на матриці висот, які відповідають заданому критерію.

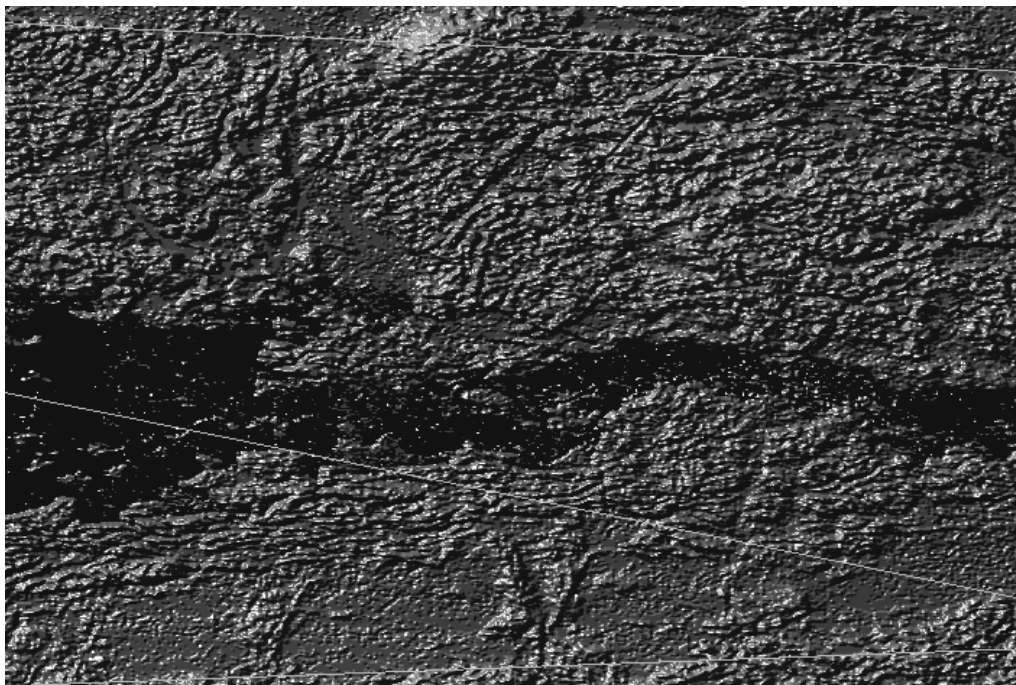


Рис. 3. Моделювання розливу річки

На рис. 3 представлений результат моделювання розливу річки Прип'ять на ділянці довжиною 145 км між гідропостами, розташованими в околицях населених пунктів Кочановичі і Петриков. ЦМР побудована на основі даних радіолокаційної зйомки з роздільною здатністю 3 кутові секунди, виконаної шатлом Ендевор в 2001 р. в ході спільного проекту NASA і Національного агентства георозвідки США [4].

Реалізація даного підходу дозволяє підвищити універсальність і точність розрахунку затоплення території за рахунок геометричного розв'язку задачі побудови контуру меж води з урахуванням нахилу його поверхні вздовж русла річки.

1. 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. – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 244 – 247.
2. 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.
3. 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.
4. Shuttle radar topography mission. <http://srtm.usgs.gov> 21.07.2011

FLOODING AREA CALCULATION UNIT FOR THE FLOOD MONITORING AND PREDICTION SYSTEM

A. Volchek, D. Kostiuk, D. Petrov, N. Sheshko

State Technical University of Brest, Belarus

The algorithm and software implementation for a unit of the floods observation and prediction system is presented, calculating flooding situation based on water level data streamed from control points placed in the river basin. The calculation includes constructing the curved surface of a water mirror and finding the line of its crossing with digital elevation map of the terrain. Proposed method needs no high processing power but correctly models the spread of water over the complex terrain and can be used in distributed calculating networks.

Key words: flood, visualization, flooding calculation, digital elevation map.

РАСЧЕТ ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАВОДКА

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

Брестский государственный технический университет

Представлен алгоритм и реализация программного модуля для системы мониторинга и прогнозирования паводка, выполняющего расчет картины затопления паводко-

выми водами на основе данных об уровне воды, поступающих из расположенных в русле реки контрольных точек. Расчет включает построение криволинейной поверхности зеркала воды и линии ее пересечения с моделью рельефа местности. Представленный метод не требует высокопроизводительных вычислительных средств, позволяет корректно моделировать распространение воды по сложному рельефу местности и может использоваться в распределенных вычислительных сетях.

Ключевые слова: паводок, визуализация, расчет затопления, цифровая карта рельефа.

Стаття надійшла до редколегії 06.05.2012

Прийнята до друку 19.06.2012