

УДК 519.711+519.6+681.3.01+556:06

МОДЕЛЮВАННЯ СТОКУ Р. ТИСА ІЗ УРАХУВАННЯМ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ПРИТОК

© Т. П. Мельник

Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Коперника, 12, кв. 12, м. Львів, 79000, Україна

E-MAIL: *Tatiana_Krizhovec@mail.ru*

Abstract. Considered the mathematical model of the flow of the river Tisza in view the maximum cost flows. Determined of the value of maximum flows by the method of bandwidth analysis. Provided recommendations on further use of this method.

Вступ

Основними причинами формування стихійних явищ Карпатського регіону є природно-кліматичні та геологічні особливості, внаслідок чого різкий підйом рівнів води в річках призводить до затоплення територій населених пунктів, виробничих об'єктів і завдає значних збитків економіці області [1]. Така ж проблема існує і в інших державах, які розташовані в басейні р. Тиси, що потребує міжнародної координації системи спостережень та оповіщення населення і необхідність забезпечення [2]:

- постійних замірів в характерних створах витрат та рівнів води, які дадуть достовірну основу для розрахунків гідрологічних процесів;
- оперативної передачі для обробки первинної інформації та подальшого імітаційного моделювання гідрологічних процесів.

Дослідження *ґрунтується* на застосуванні матеріалів спостережень служби гідрологічного моніторингу, зокрема, на водомірних постах і гідроморфометричних створах з використанням даних геодезичних вимірювань на ділянках рік Закарпаття, а також топографічні і тематичні карти, довідково-методична і спеціальна література.

Метою є визначення величини максимальних потоків, які можна пропустити через русло річки, виходячи із даних водомірних постів.

1. Постановка задачі

Перш за все варто відмітити, що довготермінові точні прогнози неможливі із-за випадковості кліматичних проявів. Природа ймовірності є настільки різнобічною, що неможливо знайти явище, яке б не несло випадковості. Тому наявна вона і в

математичних рівняннях, що відображають об'єктивно існуючу реальність у вигляді моделей.

Нехай, маємо мережу з n витоків приток і одним стоком p . Тиси i нехай дуги приток матимуть обмежену здатність. Необхідно знайти такі потоки по руслах приток, що сформуують максимальний потік, що відповідає потоку русла p . Тиси під час ситуації паводку.

Використаємо метод міток, зафіксувавши деяке допустиме значення залежності $Q(h)$. Вузли розглянемо як проміжні водомірні пости річки, а дуги — як розподільчі канали.

Нехай мітку водомірного поста будемо використовувати для встановлення величини Q і джерела притоки або самої річки, що впливає на зміну стоку по річці. q_j — величина потоку із вузла i у вузол j це викликає збільшення потоку по цій дузі, то будемо приймати, що вузол j мічений із вузла i символом $(+q_j)$. Вузлу j припишемо мітку $[+q_j, i]$. Якщо q_j одиниць потоку викликають зменшення потоку по дузі, то вузол j мічений із вузла i символом $(-q_j)$, тоді вузлу j приписують мітку $[-q_j, i]$.

Потік із вузла i у вузол j збільшується, коли q_j одиниць додаткового потоку направляється у вузол j по дузі (i, j) в напрямку, який співпадає з орієнтацією. Тоді дуга (i, j) буде наближатися до прямої. Якщо вузол j мічений із вузла i дуга (i, j) пряма, то потік по даній дузі збільшується і величина, яка відповідає решті невикористаної пропускної здатності дуги, повинна бути потрібним чином скорегована. Це і буде *надлишковою пропускною здатністю*.

Якщо деякому вузлу припишемо мітку i при цьому використаємо пряму гілку, то вона може мати тільки надлишкову пропускну здатність. Шлях потоку, який збільшує видатки визначимо як зв'язну послідовність прямих і обернених дуг, по яких об'єднуються декілька потоків в один. Потік по кожній прямій дузі збільшується, при цьому за наявності перевищення утворюються зони затоплення. Оптимальний шлях потоку використаємо для вибору такого способу зміни потоку, при якому потік у вузлі збільшується і для кожного внутрішнього вузла мережі при цьому не буде відхилено умову збереження потоку.

Візьмемо за основу алгоритм Гоморі, ідея якого полягає в побудові максимального дерева, гілки якого відповідають перерізам, а параметр гілок — величині перетинів.

Нехай (i, j) має потік $x_{i,j} \geq 0$, а $p_{i,j}$ — пропускна здатність дуги, тоді:

якщо $x_{i,j} \leq p_{i,j}$ — ситуація відсутності затопленої території,

якщо $x_{i,j} \geq p_{i,j}$ — то наявна паводкова ситуація.

Різниця $x_{i,j} - p_{i,j}$ буде наявною надлишковою витратою, що формує зону затоплення, потік по прямій дузі (i, j) може збільшуватися на $q_j = \min |q_i, x_{i,j} - u_{i,j}|$. Зменшення потоку по дузі (i, j) можливе тільки тоді, коли $x_{i,j} > 0$. Відповідно, потік по оберненій дузі (i, j) може бути зменшеним на $q_j = \min |q_i, x_{i,j}|$. Потоку р. Тиси присвоїмо мітку $[+q_j, n]$, де n — номер вузла, тоді максимальний потік може бути збільшений, або зменшений на q_i вузла.

Нехай $F = (N, M)$, де N — множина вузлів, M — множина дуг, і нехай $c_{i,j}$ — пропускна здатність дуги (i, j) із множини M , і $c_{i,j} = c_{j,i}$. Максимальний потік між вузлами i і j дорівнює $q \max_{i,j}$, $(P, \bar{P})_{i,j}$ — мінімальний перетин, який відокремлює вузол i від j : $i \in P$; $J \in \bar{P}$; $c(P, \bar{P})_{i,j}$ — пропускна спроможність мінімального перетину, який відокремлює вузол i від j . Згідно теореми про максимальний потік і мінімальний перетин $q \max_{i,j} = c(P, \bar{P})_{i,j}$.

Якщо деякий вузол $s \in \bar{P}$, то $q \max_{i,s} \leq c(P, \bar{P})_{i,j}$.

Якщо деякий вузол $s \in P$, то $q \max_{s,j} \leq c(P, \bar{P})_{i,j}$.

Звідси випливає, що $q \max_{i,j} \geq q \max_{i,s}$ і $q \max_{i,j} \geq q \max_{s,j}$, тому $q \max_{i,j} \geq |q \max_{i,s}; q \max_{s,j}|$. У загальному можна записати,

що $q \max_{i,j} \geq \min[q \max_{i,p}, q \max_{p,s}, q \max_{s,q}, q \max_{q,j}]$,

але $q \max_{i,j} \leq \min[q \max_{i,p}, q \max_{p,s}, q \max_{s,q}, q \max_{q,j}]$,

де (i, j) — довільна дуга, яка не належить дереву. Отже, замість цієї дуги можна взяти іншу з більшою вагою і для будь-якої дуги, яка не належить дереву: $q \max_{i,j} = \min[q \max_{i,p}, q \max_{p,s}, q \max_{s,q}, q \max_{q,j}]$.

При необхідності визначити максимальний потік між двома вузлами в дереві знаходять шлях, який з'єднує ці вузли і вибрати при цьому дугу з мінімальною вагою. Її вага і буде максимальним потоком між цими вузлами. Нехай d — це джерело, а вузол x — стік, то максимальний потік між ними $q \max_{d,x} = c(P, \bar{P})_{d,x}$. Нехай $\bar{W}_{i,j}$ — множина вузлів, яка утворюється у результаті конденсації всіх вузлів, які знаходяться по одну сторону перерізу, де не містяться вузли i і j ; $\bar{M}_{i,j}$ — множина дуг, які об'єднують вузли із множини $\bar{W}_{i,j}$. Якщо відома пропускна здатність дуг, які належать множині $\bar{M}_{i,j}$, то для знаходження максимального потоку між вузлами i і j використаємо метод міток.

Нехай j_1, j_2, \dots, j_ℓ — вузли із множини \bar{P} , де $i \in P$, пропускні здатності дуг із множини $\bar{M}_{i,j}$. При конденсації множини \bar{P} дуги $(i, j_1), (i, j_2), \dots, (i, j_\ell)$ приймають за одну дугу, яка з'єднує вузол i і кондиційований вузол \bar{P} . Пропускна здатність цієї дуги $c_{i,\bar{P}} = c_{i,j_1} + c_{i,j_2} + \dots + c_{i,j_\ell} = \sum_{z=1}^{\ell} c_{i,j_z}$. Для визначення величини $q \max_{i,j}$ знову потрібно знайти мінімальний переріз, який відокремлює вузли i і j , тобто $(P, \bar{P})_{i,j}$

з мінімальною пропускною здатністю. Далі вибираємо другу пару вузлів, яка належить P , або \bar{P} , і побудуємо конденційовану мережу. Далі методом міток визначимо другий перетин і побудуємо нову конденційовану мережу і так далі.

ВИСНОВКИ

Для аналізу формування величини стоку р. Боржави здійснено обстеження від автодорожнього мосту через р. Тису в південній частині м. Рахів до злиття рік Біла Тиса та Чорна Тиса. Для можливості врахування максимальних витрат приток здійснено дослідження водозборів річок Тересви, Шопурки і Косівської. На основі чого можна зробити висновок, що рівень води у р. Боржаві формує об'єм стоку русла р. Тиси, що значною мірою поповнюється водами приток. Звідси впливає необхідність акумуляції паводкового стоку основного русла р. Тиси та її приток, що дозволить уникнути критичних рівнів на р. Боржаві, забезпечити збалансованість фактора зволоження ґрунтів сільськогосподарських земель, запобігти збитків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чіпак В. П. Система протиаводкових заходів у басейні р. Боржава / Чіпак В. П. — Рівне: Волинські береги, 2008. — 202 с.
2. Якушев А. І. Гідроморфологічний моніторинг стоку річок басейну р. Тиси і її приток / Якушев А. І., Зубач В. М., Мельник Т. П. — Рівне: Волинські береги, 2009. — 64 с.
3. Лук'янець О. І. Визначення характерних рівнів води при нестабільних умовах переміщення водних мас по русловій мережі / Лук'янець О. І., Сусідко М. М. // Наук. праці УкрНДГМІ, 2007. — Вип. 256. — С. 207–213.
4. Лазарчук Н. А. Математичне моделювання дощового стоку на осушуваних системах гірських районів України / Лазарчук Н. А., Петрук В. А. // Екологічні проблеми при зрошенні і осушенні: Тези докладів міжнар. конф. — Київ, 1993. — С. 80–89.
5. Ромащенко М. І. Катастрофічна повінь і затоплення на Закарпатті у березні 2001 р. / Ромащенко М. І., Савчук Д. П. — К.: Водне господарство України, 2002. — №1-2. — С. 4–10.
6. Ромащенко М. Водні стихії. Карпатські повені / Ромащенко М., Савчук Д. — К.: Аграрна наука, 2002. — 304 с.
7. Приймаченко Н. В. Структурні особливості дощових паводків на гірських водозборах / Приймаченко Н. В. // Наук. праці УкрНДГМІ, 2003. — Вип. 251. — С. 49–53.
8. Сапсай Г. І. Елементи автоматизації системи державного моніторингу гідрологічного режиму річок / Сапсай Г. І., Чіпак В. П., Мельник Т. П. // Тези доповідей V Міжн. наук.-практ. конф. «Передові наукові розробки — 2006». — Дніпропетровськ, 01-15 вересня 2006 р.
9. Мельник Т. П. Негативний вплив дощових паводків на водний режим ґрунтів території басейну річки Тиса / Мельник Т. П. // Materialy IV mezinarodni vedecko - prakticka konference „Veda a technologie: krok do budoucnosti — 2008”. — Dil 14. Zemepis a geologie. Ekologie: Praha. Publishing House „Education and Science” s.r.o. — S. 21–24.

Стаття поступила в редакцію 20.11.2011