

УДК 19.711+519.6+681.3.01+556:06

Використання екстраполяції для удосконалення методів прогнозування

Т. П. Мельник

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Розглянуто можливість удосконалення методів прогнозування випадкової складової моделювання процесів формування стоку в екстремальних ситуаціях. На прикладі р. Тиси в межах м. Рахів здійснено дослідження використання методів екстраполяції та визначення зони реального та можливого затоплення при проходженні максимальних витрат, що може бути основою для детального просторового прогнозування стоку води. Узагальнення отриманих результатів дозволить розробити елементи комплексного програмного забезпечення автоматизації інформаційно-виміральної системи.

Ключові слова: екстраполяція, прогнозування, стохастичне моделювання, максимальний стік, зони затоплення.

Рассмотрена возможность усовершенствования методов прогнозирования случайной составляющей моделирования процессов формирования стока в экстремальных ситуациях. На примере р. Тисы в пределах г. Рахов проведено исследование использования методов экстраполяции и определения зоны реального и возможного затопления при прохождении максимальных расходов, что может быть основой для детального пространственного прогнозирования стока воды. Обобщение полученных результатов позволит разработать элементы комплексного программного обеспечения автоматизации информационно-измерительной системы.

Ключевые слова: экстраполяция, прогнозирование, стохастическое моделирование, максимальный сток, зоны затопления.

The possibility of improving methods of forecasting random component modeling of runoff processes in extreme situations. On the example of the river within the city of Rahim by using research methods of extrapolation and determine areas of real and possible flooding during the passage of the maximum cost that can be the basis for a detailed spatial prediction of water flow. Generalization of the results will allow the development of complex software elements automation of information-measuring systems.

Keywords: extrapolation, forecasting, stochastic modeling, maximum flow, flood zone.

1. Постановка проблеми

Максимальний стік відноситься до розряду катастрофічних явищ природи. Найбільше значення має зазвичай максимальна витрата, яка визначає висоту підняття рівня води, тобто зону затоплення, швидкість течії, розмиваючу здатність потоку в цілому. При розрахунку максимального стоку використовували біноміальні криві, а також криві трьохпараметричного гамма-розподілу або при розрахунку дощових паводків логарифмічно-нормальні криві забезпеченості. Г.П. Калінін [1, 2] запропонував використати узагальнені криві забезпеченості, які відображають характерні умови формування для конкретного регіону максимального стоку річок. Ці методи також не дають точного результату і є усередненими. Вони не відображають часткових особливостей певного розрахункового водозбору. Є.В. Болдаков запропонував екстраполяції біноміальних кривих забезпеченості до певного стоку, який відповідає нульовій

забезпеченості. Цю границю вибирають довільно, так як зазвичай дуже важко отримати його фізичне обґрунтування. В результаті витрати води малої забезпеченості можуть бути перебільшені по забезпеченості на цілий порядок. Більш коректно задача про визначення розрахункових значень паводкового стоку може бути розв'язана шляхом використання способу композиції розподілу ймовірносних максимумів стоку по розподілу ймовірностей визначаючих його факторів (С.Н.Крицкий, М.Ф.Менкель) [3]. Недоліком такого методу є наявність корелятивної залежності між факторами і відсутність достатньо надійних кривих забезпеченості цих факторів, що ускладнює використання. У 1990 році створено розподілену концептуальну модель на основі рівняння Сен-Венану. З 2002 року використовують розподілену модель на основі ГС даних басейну зокрема р.Тиса. О.І. Лук'янець і М.М.Сусідко [4] розглянули науково-методичні засади створення басейнових прогностичних систем. На прикладі басейну р. Тиси вони показали застосування математичних моделей формування стоку води як основи методичної бази системи та її функціональних складових.

На даний час проблема прогнозування потоків русла і математичного моделювання оптимізації режиму роботи протипаводкових систем в умовах Закарпаття лишається однією з найбільш важливих задач. Оцінка параметрів підтоплень і затоплень має наукове і практичне значення.

2. Обґрунтування актуальності вирішення

Найбільш поширеними методами прогнозування на сьогодні є експертиза і фактографічні методи. Найчастіше на практиці використовуються екстраполяція, інтерполяція, тренд-аналіз, які є недостатньо опрацьованими у вирішенні проблеми затоплення території Закарпаття з точки зору прогнозування випадкової складової моделювання процесів формування стоку в екстремальних ситуаціях паводку. Не завжди дослідження базуються на розрахунках засобами програмного забезпечення ЕОМ, що є необхідним для більш точного і термінового вирішення ситуації. Варто, також, зупинитися на зручності та ефективності інтерполяції, що дає змогу визначити граничні умови, описати залежності з розривами функцій та їх похідні, правильно організувати введення та виведення даних при математичному моделюванні, виконати аналіз одержаних результатів, порівняти результати з експериментальними даними.

3. Мета та загальна постановка задачі

Мета дослідження – розробити математичне забезпечення для аналізу умов і процесів формування паводкового стоку. Перевірити розрахунками достовірність результатів та здійснити наукове обґрунтування прогнозування можливих зон затоплень із врахуванням імовірності процесу формування стоку.

4. Виклад основних елементів досліджень щодо реалізації мети

На підставі наявних матеріалів на ділянку проведення моніторингу [5-8] виконано гідравлічні розрахунки проходження паводків різної водозабезпеченості (1 %, 5 %, 10 %) та отримано такі характеристики: горизонти поверхні води, швидкості течії у руслі та на заплавах (табл. 1). Розрахункові рівні наведено на поздовжньому профілі р. Тиси (див. картосхему).

Таблиця 1.

Характер затоплення заплави р.Тиси паводком з витратами 1 % водозабезпеченості в межах м. Рахова

Номер поперечника ПК+	Шар затоплення (сторона); м	Ширина затоплення (сторона); м	Наявність захисних споруд	Характеристика заплави
ПП 50 – ПП 47 ПК62+77...ПК59+87	обох брівок	-	-	-
ПП 47 – ПП 46 ПК59+87...ПК58+01	лівої брівки – до 2,6	лівої брівки – до 35	-	вільна від забудови, поросла чагарником
ПП 46 – ПП 45 ПК58+01...ПК56+53	ліва брівки до 1,3	лівої брівки до 80	-	вільна від забудови, поросла чагарником
ПП 45 – ПП 41 ПК56+53...ПК51+91	лівої брівки – до 2,0 правої - до 0,3	лівої брівки – до 80 права – до 30	на правому березі – підпірна стінка	ліва – свердловини водозбору, права – пролягає автодорога
ПП 41 – ПП 37 ПК51+91...ПК47+63	лівої брівки – до 2,0	лівої брівки – до 80	на правому березі – захисна дамба, укісне габіонове кріплення	ліва – розташовані свердловини водозбору
ПП 37 – ПП 35 ПК47+63...ПК46+23	обох бровок	-	на обох берегах – захисні дамби, укісне габіонове кріплення	-
ПП 35 – ПП32 ПК46+23...ПК42+58	обох брівок	-	на лівому березі – захисна дамба з кріпленням, на правому – підпірна стінка	-
ПП 32 – ПП 29 ПК42+58...ПК39+78	обох брівок	-	на лівому – захисна дамба, укісне габіонове кріплення	-

ПП 29 – ПП 28 ПК39+78...П К38+70	правої – брівки до 0,3	правої брівки – до 30	на лівому березі – захисна дамба з кріпленням, на правому – підпірна стінка	права – пролягає автодорога
ПП 28 – ПП 26 ПК38+70...П К 36+37	лівої брівки – до 1,5 правої – до 0,6	лівої брівки – до 110, правої – до 30	на правому березі – підпірна стінка	ліва – забудована; права – пролягає автодорога
ПП 26 – ПП 18 ПК36+37...П К28+49	лівої брівки – до 1,7	лівої брівки – до 170	підпірні стінки на обох берегах	ліва – промислова та житлова забудови
ПП 18 – ПП 15 ПК28+49...П К25+53	лівої брівки – до 1,7	лівої брівки – до 150	на лівому березі – укісне кріплення мостінням, на правому – підпірна стінка	ліва – промислова та житлова забудови
ПП 15 – ПП 13 ПК25+53...П К23+25	лівої брівки – до 1,7	лівої брівки – до 150	підпірні стінки на обох берегах	ліва – промислова та житлова забудови
ПП 13 – ПП 3 ПК23+25...П К3+58	лівої брівки – до 1,8 правої – до 1,9	лівої брівки – до 150 права – до 220	на лівому березі – укісне кріплення	промислова та житлова забудови
ПП 3 – ПП 1 ПК3+58...ПК 0	лівої брівки – до 0,8	лівої брівки – до 50	на лівому березі – укісне кріплення	вільна від забудови

*Дані Державного проектно-пошукового інституту «Львівдіпроводгосп»

В основу підрахунків покладено виміряні витрати води у період вільного русла. Використано такі залежності [9]:

$$Q = Q(H), \quad (1)$$

середніх швидкостей:

$$v = v(H) \quad (2)$$

і площ водного перетину:

$$w = w(H). \quad (3)$$

У період паводку слід здійснити екстраполяцію кривої $Q = Q(H)$ і це є необхідною умовою при проектуванні гідротехнічних споруд, коли проєктовані рівні перевищують високі рівні води.

Екстраполяція вважається надійною, якщо крива $Q = Q(H)$ зростає до $0,2((H_{\max} - H_{\min}))$ і спадає до $0,5((H_{\max} - H_{\min}))$.

Зокрема, в цьому дослідженні використано екстраполяцію за Фрудом. Використано дані вимірів і визначено число Фруда:

$$Fr = \alpha v^2 / (gh_{mi}), \quad (4)$$

де α – коефіцієнт Коріоліса, який прирівнюють до 1.

Побудуємо графік залежності $Fr = Fr(H)$. Ця залежність наблизитиметься до лінійної. Екстраполюючи її до необхідного рівня, обчислимо середню швидкість потоку:

$$v = \sqrt{Frgh_{mi}}, \quad (5)$$

де витрата води:

$$Q = wv. \quad (6)$$

У деяких випадках доцільно для екстраполяції використати формули Шезі (або продовживши криву, або екстраполюючи по кривих $w = w(H)$ та $v = v(H)$).

5. Приклади реалізації

Таблиця 2

Результати обчислень швидкості течії річки

Номер поперечника	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Швидкість, м/с										
середня в руслі	3,74	2,93	3,21	3,81	3,84	3,36	3,37	3,32	3,21	3,81
максимальна в руслі	5,78	4,53	4,98	5,90	5,94	5,19	5,22	5,15	4,96	5,89
Середня в заплаві 1	0,00	0,93	0,00	0,73	0,00	0,73	0,91	0,54	0,00	0,00
максимальна в заплаві 1	0,00	1,53	0,00	1,23	0,00	1,28	1,51	0,91	0,00	0,00
середня в заплаві 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,41	0,14	0,01	0,43	0,46
максимальна в заплаві 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,70	0,25	0,03	0,75	0,80
середня між пунктами	3,81	2,77	3,34	3,55	3,27	2,29	2,58	2,86	1,73	2,00

Номер поперечника	11	12	13	14	15(1)	15	16	17	18	19
Швидкість, м/с										
середня в руслі	3,77	3,88	3,98	3,34	3,79	3,12	3,37	3,68	4,08	3,72
максимальна в руслі	5,83	6,00	6,15	5,14	5,88	4,81	5,20	5,68	6,28	5,74
середня в заплаві 1	0,45	0,12	0,22	0,28	0,00	0,00	0,72	0,59	0,49	0,49
максимальна в заплаві 1	0,76	0,22	0,40	0,49	0,00	0,00	1,20	1,00	0,83	0,84
середня в заплаві 2	0,30	0,11	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
максимальна в заплаві 2	0,54	0,21	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
середня між пунктами	2,66	3,28	3,19	2,79	10,68	3,52	2,75	2,86	3,15	2,86
Номер поперечника	20	21	22	23	24	25	26	27	27(1)	27(2)
Швидкість, м/с										
середня в руслі	3,52	3,76	3,91	3,39	3,30	4,13	4,76	4,09	4,57	3,44
максимальна в руслі	5,44	5,82	6,05	5,24	5,11	6,38	7,36	6,30	7,05	5,30
середня в заплаві 1	0,21	0,17	0,04	0,30	0,26	0,00	0,28	0,52	0,70	0,54
максимальна в заплаві 1	0,38	0,30	0,08	0,53	0,45	0,01	0,50	0,88	1,17	0,91
середня в заплаві 2	0,00	0,00	0,10	0,31	0,36	0,00	0,00	0,97	1,22	1,30
максимальна в заплаві 2	0,00	0,00	0,18	0,52	0,62	0,00	0,00	1,55	1,95	2,05
середня між пунктами	3,30	3,81	4,94	2,82	3,50	4,31	5,25	3,78	6,30	2,23
Номер поперечника	27.3	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Швидкість, м/с										
середня в руслі	3,58	4,07	2,96	2,74	3,45	3,52	4,58	2,60	2,75	3,53

максимальна в руслі	5,51	6,27	4,57	4,24	5,34	5,44	7,09	4,02	4,26	5,48
середня в заплаві 1	0,38	0,33	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
максимальна в заплаві 1	0,64	0,57	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
середня в заплаві 2	1,39	1,41	1,09	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
максимальна в заплаві 2	2,19	2,23	1,73	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
середня між пунктами	2,89	4,15	3,00	3,03	3,46	3,98	5,59	2,68	3,10	3,88
Номер поперечника	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Швидкість, м/с										
середня в руслі	4,29	4,37	3,74	3,64	2,91	2,99	3,00	3,22	3,55	3,50
максимальна в руслі	6,66	6,77	5,78	5,62	4,49	4,63	4,65	5,00	5,49	5,43
середня в заплаві 1	0,00	0,00	1,07	1,13	0,83	0,90	0,92	0,80	0,63	0,00
максимальна в заплаві 1	0,00	0,00	1,76	1,86	1,37	1,49	1,52	1,34	1,07	0,00
середня між пунктами	4,33	4,88	3,52	3,67	2,30	2,36	2,47	2,71	3,17	3,56
Номер поперечника	47	48								
Швидкість, м/с										
середня в руслі	3,62	5,36								
максимальна в руслі	5,61	8,29								
середня між пунктами	4,32									

На основі чого було здійснено нанесення на схему меж прогнозованого затоплення території дослідження.



Рис. Схема характеру затоплення заплави р. Тиси паводком з витратами 1 % водозабезпеченості в межах м. Рахова

6. Практична цінність результатів, перспективи подальших досліджень

Аналіз отриманих даних [9] дозволяє визначити зони та рівень затоплюваності заплави р. Тиси під час паводків різної водозабезпеченості. Характеристику проходження паводка 1 % водозабезпеченості з точки зору підтоплення території м. Рахова наведено в табл. 2.

Варто відмітити, що даний метод дає прогнозну точкову оцінку і більш ефективно використовується при короткостроковому прогнозуванні. Перевага даного методу полягає в тому, що він простий у застосуванні і не вимагає великої інформаційної бази.

Наукові засади та методичні розрахунки можуть бути використані проектними інститутами. Узагальнення отриманих результатів дозволить удосконалити розрахунок визначення зон можливих затоплень, розробити елементи комплексного програмного забезпечення автоматизації інформаційно-вимірювальної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1968.–377 с.

2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоздат, 1965.–441 с.
3. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981.–255с.
4. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Карпати - паводкобезпечний регіон України. Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті: методична та технологічна база її складових - Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. - К: Ніка-Центр, Наукова думка, 2009. - 88 с.
5. Приплесь А.Й., Зубач В.М., Мельник Т.П. Топографо-геодезичні дослідження з метою регулювання русла р. Тиси в межах м. Рахів // *Materialy IV międzynarodowej naukowí – praktycznej konferencji “Naukowym progres na rubieży tesiacleci – 2008”* –Тум 17. *Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia.: Przemysl, Nauka i studia.* – S.72-76.
6. Приплесь А.Й., Щучак М.Д. Мельник Т.П. Фізико-географічні та геоморфологічні умови р. Тиси в межах м. Рахів з точки зору розв'язання проблеми паводкобезпечних ситуацій на Закарпатті // *Materialy IV międzynarodowej naukowí – praktycznej konferencji “Aktualne problemy nowoczesnych nauk - 2008”* –Тум 20. *Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia. Weterynaria: Przemysl, Nauka i studia.* – S.83-86.
7. Якушев А.І., Зубач В.М., Мельник Т.П. Гідроморфологічний моніторинг стоку річок басейну р. Тиси і її приток. . – Рівне: Волинські береги, 2009. – 64 с.
8. Б. Волосецький, Т. Мельник Топографо-геодезичні обстеження для дослідження екзогенних процесів р. Тиси в межах м. Рахів з погляду вирішення проблеми тало-дошових паводків Збірник наукових праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва», – Вип.І (17), – С.163-171, – Львів, – 2009р.
9. Мельник Т.П. Аналіз змін характеристик впливу оптимізації протипаводкових заходів басейну р. Тиса на основі дослідження та стохастичного моделювання процесів формування стоку. – Рівне: Волинські береги, 2009. – 216 с.