

вигодою для місцевого населення розвивати зелений туризм.

Отримані результати про існуючі рекреаційні навантаження дають можливість чіткіше обмежувати використання рекреаційних територій, спланувати і організувати проведення тих чи інших культурно – масових заходів, пропанду природоохоронних

знань і обслуговування відпочиваючих. Очікуване, в результаті збільшення чисельності населення і, в зв'язку з цим підвищення лісорекреаційної активності, рекреаційне навантаження є проєктованим і в майбутньому може служити основним чинником при визначенні рівня благоустрою рекреаційної території.

Література

1. Генсирук С. А. Рекреационное использование лесов / С. А. Генсирук, М. С. Нижник, Р. Р. Возняк. – К.: Урожай, 1987. – 248 с.

2. Тарасов А. И. Экономика рекреационного лесопользования / А. И. Тарасов. – М.: Наука, 1980. – 160 с.

3. Кепеняк Н. М. Дослідження рекреаційного навантаження на території НПП «Сколівські Бескиди» // Реалії, проблеми та перспективи розвитку географії в Україні. Матеріали XI

Всеукр. студ. наук. конф. – Львів, Вид. центр ЛНУ імені І. Франка, 2010. – 282с.

4. Національний природний парк «Сколівські Бескиди» [Електронний ресурс]. – НПП «Сколівські Бескиди. – 2008- 2013. – Режим доступу : <http://skole.org.ua/>

Надійшла до редколегії 11.04.2014

УДК 551.515.9

О. І. КЛАПОУЩАК

Івано-Франківський національно-технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019,
oksana_kl@meta.ua

ВСТАНОВЛЕННЯ ТІСНОТИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ДАНИМИ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ДАНИМИ РІВНЯ ВОДИ РІЧКИ ПРУТ

Виявлення тісноти кореляційних взаємозв'язків між даними метеорологічних станцій (атмосферні опади, дефіцит вологості повітря, швидкість вітру) і рівнем води ріки Прут здійснено з метою прогнозу і контролю підвищення води рік у період паводків чи повеней, встановлення вагомих факторів впливу на їх підняття. Для виявлення і встановлення рівня взаємозв'язку використовувались відомі коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена.

Ключові слова: вагомі фактори, паводкові води, метеорологічні дані, рівень вод, річка Прут

Klapoushchak O. I. ESTABLISHING CLOSENESS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DATA WEATHER STATIONS AND DATA OF WATER LEVEL OF THE RIVER PRUT

Identify closeness correlation relationships between the data of meteorological stations (precipitation, humidity deficit, wind speed) and the water level of the river Prut done to forecast and control the increase of water in rivers during floods or flooding, establishing important factors influencing their elevation. To identify and establish the level of correlation coefficients were used known Pearson and Spearman.

Key words: important factors, flood waters, meteorological data, water level, river Prut

Клапоущак О. И. УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕСНОТЫ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ДАННЫМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ДАННЫМИ УРОВНЯ ВОДЫ РЕКИ ПРУТ

Вывявления тесноты корреляционных взаимосвязей между данными метеорологических станций (атмосферные осадки, дефицит влажности воздуха, скорость ветра) и уровнем воды реки Прут осуществлено с целью прогноза и контроля повышения воды рек в период паводков или наводнений, установления весомых факторов влияния на их поднятия. Для выявления и установления уровня взаимосвязи использовались известные коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена.

Ключевые слова: весомые факторы, паводковые воды, метеорологические данные, уровень воды, река Прут

Вступ

Катастрофічні паводки, які мали місце як в Україні (1998 р., 2001 р., 2008 р., 2013 р., 2014 р.), так і в Європі (Польща, Словаччина 2012 р., 2014 р.; Чехія, Великобританія, 2013 р.; Німеччина, 2002 р.) [1], їх наслідки для економіки, екології та безпеки життєдіяльності людей обумовлюють необхідність розробки методів, моделей, та засобів їх реалізації для прогнозування рівнів паводкових вод на основі інформації, яка одержується з метеорологічних станцій про метеорологічні, геокліматичні та фізико-хімічні особливості річок та ґрунтів в зоні їх басейнів. Дані, що одержуються, можуть бути використані для встановлення взаємозв'язку між ними та рівнями води в річках, зокрема, в річці Прут.

Дана проблема вивчалась багатьма авторами, а саме: метод прогнозування паводкових вод та оцінки ризику затоплення в географічній зоні з урахуванням однієї змінної клімату по географічному районі [3]; метод прогнозування паводкових вод на основі атмосферних опадів, де вихідна величина отримується з радару і на основі інтенсивності опадів здійснюється прогноз про виникнення паводків чи повеней [4]; метод прогнозування паводкових вод на основі таких вихідних величин як атмосферні опади, тривалість паводків, площі та форми басейну на основі штучної нейронної мережі [5, 6] і комп'ютерні методи обробки супутникових

даних використовують обробку даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [7, 8].

Не дивлячись на ряд існуючих недоліків, вище перерахованих методів, таких як врахування лише одного чи двох метеорологічних показників; відсутній взаємозв'язок атмосферних опадів з іншими кліматологічними показниками; не врахування геофізичних даних про водозбір; надання лише інформації про безпечний спосіб маршрутизації під час паводкових вод; значення кроку моделювання необхідно вибирати вручну; необхідність використання декількох зображень – дана задача виявлення факторів, які впливають на рівень паводкових вод залишається актуальною як і задача вибору оптимального апарату для встановлення типу та кількісної характеристики вказаного впливу.

Метою даної роботи є встановлення тісноти взаємозв'язку між даними, що збираються на метеорологічних станціях (кількість атмосферних опадів, швидкість вітру, дефіцит вологості повітря, водно-фізичні та теплові властивості ґрунтів тощо) та рівнем води в ріці, зокрема розглядаються дані по річці Прут. При цьому використовуються статистичні методи, пов'язані з обчисленням коефіцієнтів Пірсона та Спірмена, що дозволить виділити і врахувати основні природні фактори.

Результати та обговорення

Дослідження тісноти взаємозв'язку між вихідними даними (кількість атмосферних опадів, швидкість вітру, дефіцит вологості повітря та рівнем води ріки) дозволить виділити і врахувати основні природні фактори впливу підняття рівня води рік у період паводків чи повеней.

Розрахунок коефіцієнтів кореляції Пірсона (лінійний коефіцієнт кореляції) та Спірмена (ранговий коефіцієнт кореляції) здійснюється з використанням формул 1, 2:

$$r_{P,xk,yk} = \frac{\sum (x_k - M_x)(y_k - M_y)}{\sqrt{\sum (x_k - M_x)^2 \sum (y_k - M_y)^2}}, \quad (1)$$

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

де $r_{P,xk,yk}$, ρ – коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена, відповідно, x_k , y_k – зна-

чення випадкових величин: кількість атмосферних опадів, дефіцит вологості та швид-

кість вітру, $M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$, $M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k$

– оцінки математичного очікування випадкових величин x_k , y_k , n – обсяг вибірки, d

– різниця рангів [9].

Коефіцієнт кореляції Пірсона є показником кореляції (лінійної залежності) між двома змінними x_k , y_k , який набуває значень від -1 до +1 включно. Значення +1 означає, що залежність між x_k , y_k є лінійною і відображає зростання Y при зростанні X . Значення -1 – відображає зменшення Y при зростанні X . Якщо коефіцієнт кореляції Пірсона дорівнює 0, то лінійної кореляції між змінними немає.

Рангова кореляція Спірмена є непараметричною мірою статистичної залежності між двома змінними, який визначають між рангами, тобто рядами одержаних кількісних значень, ранжованих у порядку спадання або зростання.

При $\rho > 0$ зв'язок між показниками прямий, а при $\rho < 0$ – обернений. Якщо ρ наближається до 1, між показниками існує тісний (сильний) зв'язок, якщо $\rho < 0,3$ вважається, що взаємозв'язок практично відсутній.

Перевірка значимості коефіцієнтів кореляції Пірсона та Спірмена здійснюється на основі порівняння критичних (табличних значень коефіцієнтів кореляції Пірсона та Спірмена) [6] і якщо вичислена по модулю величина буде меншою теоретичної, то вза-

ємозв'язку між двома змінними x_k, y_k немає [10].

Для розрахунку тестових значень коефіцієнтів використовувались експериментальні дані (метеорологічні дані та дані про рівень води) на основі збору з басейнів Прута з 3 метеорологічних станцій (Яремча, Коломия та Чернівці) та 14 гідрологічних постів (табл. 1) [2].

Отримані розрахункові значення коефіцієнта Пірсона на основі вихідних даних, у кількості 10-16, з трьох метеорологічних станцій і даних про рівень води ріки Прут, а також згідно [7], а саме: 0-0,2 свідчать про дуже низький кореляційний зв'язок, 0,2-0,5 – низький, 0,5-0,7 середній, 0,7-0,9 – високий та 0,9-1 – дуже високий.

Таблиця 1

Експериментальні дані для розрахунку коефіцієнтів кореляції

№ п/п	Дата / час, год.	Рівні води р. Прут, см			Метеорологічні станції та дані									
		м. Яремча	м. Коломия	м. Чернівці	м. Яремча			м. Чернівці			м. Коломия			
					Опади, мм	Дефіцит вологості,	Швидкість вітру, м/с	Опади, мм	Дефіцит вологості,	Швидкість вітру, м/с	Опади, мм	Дефіцит вологості,	Швидкість вітру, м/с	
1	23.07.08/09	218	313	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	23.07.08/15	-	368	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	23.07.08/21	276	403	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	24.07.08/03	300	348	264	3,0	0,6	0	2,0	2,0	2	-	1,6	2	
5	24.07.08/09	420	338	314	28,0	0,8	2	2,0	1,0	4	34,0	0,8	2	
6	24.07.08/15	385	468	265	18,0	0,6	4	25,0	1,3	4	-	0,8	2	
7	24.07.08/21	390	498	392	4,0	0,2	0	5,0	1,4	5	43,0	1,0	4	
8	25.07.08/03	540	734	497	82,0	0,4	0	0,6	2,4	3	43,0	0,4	3	
9	25.07.08/09	420	668	532	7,0	0,6	1	6,4	1,3	5	16,0	0,2	2	
10	25.07.08/15	360	468	700	7,0	0,8	0	0,5	2,9	0	2,0	6,1	3	
11	25.07.08/21	370	428	840	15,0	0,6	0	1,5	1,5	4	1,0	1,9	1	
12	26.07.08/03	375	468	850	18,0	0,6	0	8,0	1,4	5	24,0	0,4	1	
13	26.07.08/09	340	458	775	7,0	1,1	0	31,0	1,4	6	12,0	0,7	5	
14	26.07.08/15	370	408	655	11,0	1,1	1	0,3	4,1	5	11,0	2,9	4	
15	26.07.08/21	476	468	645	34,0	1,0	1	-	2,4	2	5,0	3,0	4	
16	27.07.08/03	490	518	670	25,0	0,8	0	3,0	1,5	3	5,0	3,4	1	
17	27.07.08/09	450	498	710	13,0	1,0	0	-	4,2	3	14,0	1,9	3	
18	27.07.08/15	325	418	810	-	4,8	3	22,3	8,3	2	-	12,4	3	
19	27.07.08/21	300	368	765	-	2,1	0	0,0	8,7	3	-	9,7	1	

Аналізуючи отримані дані (табл. 2), можна зробити наступні висновки:

– розрахункове значення коефіцієнта Пірсона (рівень води – кількість опадів), яке становить 0,7908 для ріки Прут (м. Яремча) засвідчує тісноту взаємозв'язку досліджу-

ваних величин – високий та дуже високий. Здійснюючи перевірку значимості отриманого коефіцієнта кореляції Пірсона з критичним (табличним значенням коефіцієнта кореляції г-Пірсона), при рівні значимості

$\alpha = 0,5$ і ступені свободи $m - 2 = 12$ критичне значення коефіцієнта кореляції r -Пірсона дорівнює 0,576 [3], що дає підстави стверджувати про те, що отримане значення коефіцієнта Пірсона є більшим від теоретичного (критичного) і вказує на взаємозв'язок досліджуваних величин. Також згідно [12, 13], ступеня свободи коефіцієнта кореляції r -Пірсона розраховуються, як $m - 2$, де m – кількість величин у двох вибірках, і згідно [7] критичне значення коефіцієнта кореляції Пірсона становить 0,388 та при перевірці параметричної гіпотези $m = 14 - 0,532$, що теж є меншим за отримане розрахункове значення коефіцієнта кореляції;

– здійснено порівняння розрахункового значення коефіцієнта Спірмена (рівень води – кількість опадів), який становить 0,7908 для ріки Прут (міст Яремча та Коломия) при рівні значимості $\alpha = 0,5$ та ступенях свободи $m - 2 = 10$ критичне значення коефіцієнта кореляції дорівнює 0,632, що є меншими за 0,9868 і засвідчує про сильний взаємозв'язок, а також здійснено підтвердження наявності даного взаємозв'язку між двома змінними, використовуючи t -критерій Стьюдента:

$$t_{rs} = \rho_{kr} \cdot \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{m - 2}}, \quad (3)$$

де ρ_{kr} – критична точка, яку знаходять за таблицею критичних точок розподі-

лу Стьюдента (мінімальне число ступенів свободи при $m - 2$ складає 3, максимальне – 350), за рівнем значимості α і числі ступенів свободи $m - 2$. При рівні значимості $\alpha = 0,5$ і ступені свободи $m - 2 = 10$ критичні значення t -критерія Стьюдента дорівнюють 2,228 відповідно. При цьому, підставляючи критичне значення (табличне) у формулу (3) отримаємо t_{rs} дорівнюватиме 0,6897 і

згідно умови $\rho > t_{rs}$ вказує на те, що існує ранговий кореляційний зв'язок [9];

– отримано розрахункове значення коефіцієнта Пірсона (кількість опадів – швидкість вітру), яке становить 0,6932 для ріки Прут (м. Яремча) засвідчує середню тісноту взаємозв'язку досліджуваних величин [10]. Перевірка значимості отриманого коефіцієнта кореляції Пірсона [10] з критичним (табличним значенням коефіцієнта кореляції r -Пірсона), при рівні значимості $\alpha = 0,5$ і ступені свободи $m - 2 = 9$ критичне значення коефіцієнта кореляції r -Пірсона дорівнює 0,666, що дає підстави стверджувати проте, що отримане значення коефіцієнтів Пірсона є більшим, а згідно [12, 13] критичні значення коефіцієнта кореляції Пірсона становлять 0,444 та при перевірці параметричної гіпотези $m = 11 - 0,602$, що теж є меншим за отримане розрахункове значення коефіцієнта кореляції.

Таблиця 2

Розрахункові статистичні коефіцієнти для даних з метеорологічних станцій

Показники	Яремча		Коломия		Чернівці	
	r_p	ρ	r_p	ρ	r_p	ρ
Рівень води – кількість опадів	0,7908	0,9868	0,005	0,591	0,0235	-0,009
Рівень води – дефіцит вологості повітря	-0,3868	-0,3	-0,3487	0,3088	0,4183	0,4
Рівень води – швидкість вітру	-0,0886	0,1088	0,105	0,1735	-0,125	0,2206
Кількість опадів – дефіцит вологості повітря	-0,1891	0,1341	-0,4115	-0,2454	-0,4116	-0,7364
Кількість опадів – швидкість вітру	0,017	0,3846	-0,6188	-0,1863	0,6932	0,4364
Швидкість вітру – дефіцит вологості повітря	0,4123	0,5118	-0,078	0	-0,3563	0,1838

Отримані розрахункові статистичні результати коефіцієнтів кореляції Пірсона та Спірмена (табл.2) підтвердили взаємозв'язок рівень води – кількість опадів (м. Яремча).

Щодо коефіцієнтів кореляції таких показників (табл. 2) як рівень води та дефіцит вологості повітря, швидкість вітру; кількість опадів та швидкість вітру, дефіцит

вологості повітря то вони є від'ємними і низькими, оскільки велику роль відіграють як природні фактори (рельєф, геологічна будова та ґрунтовий і рослинний покриви,

географічне положення), так і людські чинники (агротехнічні та меліоративні заходи) спрямовані на зміну поверхні басейнів рік .

Висновки

Отримані розрахункові значення коефіцієнтів кореляції Пірсона та Спірмена між даними метеорологічних станцій Яремча, Коломия та Чернівці та даних про рівень води ріки Прут засвідчили проте, що кількість атмосферних опадів найбільше впливає на підняття рівня води рік і тіснота взаємозв'язку при цьому є вище середнього рівня.

Щодо коефіцієнтів кореляції рівня води з дефіцитом вологості повітря та швидкості вітру, то вони є від'ємними і низькими, оскільки велику роль відіграють як природні фактори (рельєф, геологічна будова та ґрунтовий і рослинний покриви,

географічне положення), так і людські чинники (агротехнічні та меліоративні заходи) спрямовані на зміну поверхні басейнів рік.

Виявлені вагомні фактори впливу на підняття рівня паводкових вод у подальших дослідженнях будуть використовуватися, як вихідні величини, у інформаційно-вимірчовальній системі, при обробці та аналізі експериментальних даних, які будуть отримані під час контролю рівня води ріки Дністер, а також збору даних про кількість атмосферних опадів, вологості повітря та зволоженості водозборів.

Література

1 Заміховський Л. М. Метод виявлення вагомних факторів, які впливають на розвиток паводку. / Л. М. Заміховський, А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, О. І. Клапоушак. X MEZINÁRODNÍ VĚ DECKO - PRAKTICKÁ KONFERENCE «MODERNÍ VYMOŽENOSTI VĚDY – 2014» (issue Díl 31), Praha Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2014. – P. 76-78. – ISBN 978-966-8736-05-6

2 Гребінь В. В. Оцінка можливості оперативного прогнозування дощових паводків на річках басейнів Прута та Сирету / В. В. Гребінь, О. І. Лук'янець, І. І. Ткачук // Український гідрологічний журнал. – 2012. – № 10. – С. 164–175.

3 WO2013063699, G08B 31/00 (2006.01), G01M 99/00 (2011.01), G06Q 40/08 (2012.01). System and method for predication flooding [Text] / Moss Ian; Tremblay Robert, Insurance bureau of Canada. – PCT/CA2012/050772; international filing 31.10.2012; publication 10.05.13.

4 JP2002107462, G01W 1/10. Rainfall food forecasting system [Text] / Sadamichi Shigemi; Foundation of river & basin integrated communications Japan. –2000296115; application Date 31.10.2000; publication A 10.04.2002.

5 Alexandra, Matei. An ANN Based Flood Prediction System / Alexandra Matei // BULETINUL Universității Petrol – Gaze din Ploiești. – Vol. LXI No. 3/2009 – 353 – 358 pp. – (Seria Tehnică).

6 Скакун С. В. Нейромережевий метод картографування повеней на основі супутникових зображень / С. В. Скакун // Наукові праці ДонНТУ серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» – 2001. – Вип. 10 (153) – С. 52-58.

7 Шуфнарівич М. А. Інтелектуальна система прийняття рішень при прогнозуванні повеней / М. А. Шуфнарівич, М. І. Горбійчук // Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: Всеукр. наук.-практ. конф. , Луганськ, 31 травня – 1 червня 2012. : зб.тез доп. – Івано-Франківськ, 2013 – 175-180 с.

8 Лук'янець О. І. Система прогнозування паводків у Закарпатті на основі дослідження та математичного моделювання процесів формування стоку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 «Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» / О. І. Лук'янець. . – К., 2004. – 25 с.

9 Задачи оптимизации [Електронний ресурс]: Корреляционная зависимость / Офіційний сайт – <http://uchimatchast.ru/teory/stat/korrell.php>

10 Статистический анализ эмпирических исследований [Електронний ресурс]: Критические значения коэффициентов корреляции r-Пирсона (r-Спирмена) / Офіційний сайт http://statexpert.org/articles/таблицы_критических_значений_статистических_критериев

11 Коэффициент корреляции, коэффициент Пирсона [Електронний ресурс]: economyreview.ru/ Офіційний сайт – <http://economyreview.ru/analiz-informacii/koefficient-korrelyacii-koefficient-pirsona>

12 Математическая статистика для психологов [Електронний ресурс]: Таблица Критических значений корреляции Пирсона / Офіційний сайт – <http://statpsy.ru/pearson/tablica-pirsona/>

13 Теория вероятностей и математическая статистика [Електронний ресурс]: Новосибирский Государственный Университет / Офіційний сайт – <http://www.nsu.ru/phorum/read.php?f=6&i=9083&t=9083>

14 Zamikhovska O. L., O. I. Klapoushchak and A.Y. Beley, 2014. Development of a monitoring system for flood waters. /European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences. 1st International scientific conference (issue February 17, 2014), «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, pp: 64-66.ISBN 13 978-3-902986-78-8

15 Консевич Л. М. Загальна гідрологія / Л. М. Консевич – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 131 с. Надійшла до редколегії 19.04.2014