

Trendy v povodňových stupních: kontrastní výsledky z říčního systému řeky Mississippi a řeky Rýn

PINTER, N., B. S. ICKES, J. H. WLOSINSKI AND R. R. VAN DER PLOEG Trends in flood stages: Contrasting results from the Mississippi and Rhine River systems. *Journal of Hydrology*, 2006, 331(3–4), 554-566. ISSN: 0022-1694

Úvod

V posledních desetiletích na několika řekách v USA a v Evropě došlo k mnoha krutým a opakovaným záplavám. Počet nedávných povodní, jejich síla a frekvence, vede ke spekulacím, že byly způsobeny nebo alespoň ovlivněny, činností člověka. Účelem je testovat hypotézu, že záplavy vzrostly na síle a/nebo frekvenci, použitím dat z řeky Mississippi a jejich přítoků (Missouri, Ohio, Illinois) v USA a řeky Rýn v Německu. Všechny analýzy byly vedeny paralelně na obě řeky s cílem porovnat povodně po čase na obou říčních systémech.

Studované území

- Říční systém řeky Mississippi

Délka řeky Mississippi je 3780 km (pramen v jezeře Itasca v Minesotě, ústí do Mexického zálivu), plocha povodí 3 200 000 km². Se svým přítokem Missouri tvoří čtvrtou nejdelší řeku světa a třetí nejrozsáhlejší povodí. Prvořadými přítoky: Missouri, Ohio. Dalšími přítoky jsou: Illinois, Arkansas, Red a White. Mississippi tvoří tepnu vnitrozemní plavby v USA, obsluhuje tak 17 hlavních linek splavných řek s délkou 9 793 km. Řeka Mississippi je často rozdělena do tří toků: Horní Mississippi (proti proudu k soutoku s řekou Missouri), Střední Mississippi (mezi řekami Missouri a Ohio) a Dolní Mississippi (po proudu od soutoku s řekou Ohio). Změna land – use vedla ke změnám využívání půdy v povodí řeky Mississippi, což vedlo časem ke změnám v průběhu toku (např. změna až k šestinásobku velké vody).

Koryto, břehy a povodňová oblast řeky Mississippi byla výrazně modifikována v minulých 100-200 let. Od konce 19. století a během 20. století konstrukce na regulaci a hloubky lodního kanálu. Minimum hloubky k plavbě 3,7 m proti proudu Mississippi-Ohio, 2,7 m dál po proudu a na její splavné přítoky. Vláda převzala odpovědnost za povodňovou kontrolu na začátku 20. století po hrozné záplavě v roce 1927. Na dolní Mississippi od roku 1812-1855 hráz od 160-1600 km vysoká 10 m nad břehem. Podél horní Mississippi dnes již 13 000 km hráze.

- Říční systém řeky Rýn

Délka řeky Rýn 1 300 km a rozlohou povodí 185 000 km². Povodí řeky Rýn je domovem 50 000 000 obyvatel v 9 státech – hustota zalidnění je desetkrát vyšší než v povodí řeky Mississippi. Povodí řeky Rýn má dlouhou historii změn s potencionálním významem na výskyt a sílu povodní.

Osídlení je to přes 2000 let. Zaměření na zemědělství, což vedlo k obnažování půdy v blízkosti říčního koryta. Tato činnost člověk nejspíše vedla k posílení síly povodní.

Koryto řeky Rýn bylo modifikováno několikrát v historii, začalo se již na začátku 19. století. Práce zahrnovala zjednodušení a narovnění toku. Došlo k ulehčení plavby. Rýn je dnes primárně komerční řeka v Evropě, převezí se více jak 290 000 000 metrických tun za rok. Minimum hloubky na řece Rýn je dnes od 4,5 m do pouhých 1,9 m. Nejmělejší je na středním Rýnu mezi Bingen a Bonnem.

Metody

Byla použita data z 14 měrných static na Mississippi, Missouri, Ohio a Illinois v USA a 8 stanic na německém Rýnu. Data pro americké řeky poskytl Geological Survey a americká armáda (Corps of Engineers). Německá data byla poskytnuta Global Runoff Data Centre (GRDC) a Germany Federal Water Authority. U všech dat se zjišťovala kontinuita a kvalita. (př. Data o vodních stavech v Rees jsou datována už od 1814, ale kvůli 12leté pauze v 1842, se použila data pouze od 1854.) Paralelní údaje o průtocích a vodních stavech byly použity k oddělení chyb v datech. Změny ve vodních stavech (oh) mezi následujícími dny byly porovnány s odpovídajícími si změnami v průtoku (oQ) a pokud absolutní hodnota oh/oQ překročila kritickou hodnotu 5% na amerických a 20% na evropských řekách, pak se tyto údaje přezkoumávaly manuálně. Vyšší kritická hodnota byla použita na řeku Rýn, protože proud řeky Rýn se měnil rychleji než proud řeky Mississippi. Pokud chyba mohla být jednoduše přepsána, pak se hodnota brala za správnou. V opačném případě byla hodnota vyřazena z analýzy.

Trendy vodních stavů povodní

Nejvyšší roční vodní stavy během zkoumaného období byly na každém místě analyzovány s použitím autoregresivní regrese nejmenších čtverců (?), obyčejné regrese a časové řady plovoucích průměrů (Tab. 2). Pro každý případ byla testována nulová hypotéza. Ta byla zamítnuta, když byl pozorován značný spád ve výsledcích regrese ($P \leq 0,05$). Pro každý případ byl navíc použit Durbin-Watsonův test k diagnóze přítomnosti či nepřítomnosti významné dočasné autokorelace. Autokorelace, pro známá i neznámá data, může ovlivnit odhady koeficientu regresního spádu a vyústit v nesprávný zásah (Zar, 1999).

Trendy ve frekvenci povodní

Trendy ve frekvenci povodní jsou během času zkoumány za použití χ^2 testů v obousměrných tabulkách nahodilosti, aby se odvodily změny frekvence povodní. Denní hodnoty vodních stavů byly analyzovány během zkoumaného období pro každou stanic na řekách Mississippi a Rýn. Na každém místě byly řady vodních stavů zobrazeny pro vrchní 1% těchto záznamů. Každý rok, který obsahoval alespoň jednu hodnotu ve zmíněném horním procentu denních vodních stavů, byl počítán jako povodňový rok; kterýkoliv rok bez takové hodnoty byl počítán jako nepovodňový rok. Ačkoliv je hranice vrchního 1% pohyblivá, velmi dobře rozlišuje mezi povodňovými a nepovodňovými roky na všech stanicích. Pro každou ze stanic bylo celé zkoumané období rozděleno na dvě poloviny. Počet povodňových a nepovodňových roků, jak je popsáno výše, byl v obou polovinách časového rozpětí sečten a zpracován do obousměrné tabulky. Pearsonova χ^2 analýza byla vykonána na každé z 22 tabulek k účelu testování nulové hypotézy „žádného rozdílu“ ve frekvencích záplav mezi obdobími.

Specific-gage analýza

Specific-gage analýza je technika pro rozpoznání změn v obdobích zkoumání vodních stavů. Na rozdíl od předchozích analýz, které využívaly holé hodnoty vodních stavů, specific-gage analýza třídí stavy k rozpoznání změn nebo trendů během času také s průtoky.

Výsledky

Trendy vodních stavů povodní

Hypotéza „žádného trendu“ v nejvyšším ročním stavu během zkoumaného období byla zamítnuta u 10 ze 14 amerických stanic, ale jen pro 1 z 8 rýnských stanic.

Trendy ve frekvenci záplav

Nulová hypotéza „bez rozdílu“ v analýze frekvence záplav byla zamítnuta na 10 ze 14 stanic na Mississippi a na 2 z 8 stanic na Rýnu. Z 10 amerických stanic, pro které byla hypotéza zamítnuta, 8 vykazovalo významně více záplav v druhé polovině zkoumaného období a dvě naopak. Z dvou stanic na Rýnu, pro které byla nul. hypotéza zamítnuta, obě vykazaly více povodní ve druhé půli zkoumaného období.

Specific-gage analýza

Specifické změny vodních stavů na nejmenších průtocích odráží řez dnem nebo agradaci na, nebo poblíž místa měření. Nejnížší množství agradace v kanálu jsou zaznamenány na horních úsecích toku, u Maxau a Speyeru. Na všech těchto stanicích se po proudu zvyšují až k průměru 2cm/rok u Rees.

Diskuze

Mechanismy, které mohou změnit rozsah pravděpodobnosti zaplavení v jistém místě podél řeky, mohou být rozděleny na „upstream faktory“ a „instream faktory“. Upstream faktory odkazují na procesy, které mohou zvýšit nebo snížit pravděpodobnost generování vysokých průtoků z povodí, kdežto instream faktory zahrnují procesy uvnitř samotné oblasti záplav podél kanálu. Vrcholné vodní stavy jsou nejširší možnou veličinou pro měření záplav během času. Jakékoliv statisticky významné trendy nutně odrážejí spojené efekty poproudových a protiproudových faktorů, včetně změny klimatu, land-use, a/nebo úpravy kanálu. Narozdíl od toho se specific-gage analýza se zaměřuje na výhradně na změny uvnitř toku, jako např. ztráta říční schopnosti transportu.

Trendy ve vodních stavech

Na řece Mississippi a jejích přítocích byla zamítnuta zobecněná hypotéza „žádné změny“ na většině stanic. Hranice zamítnutí pro tuto nulovou hypotézu je na 95% pravděpodobnosti velmi konzervativní, a zamítnutí nul. hypotézy pro takto širokou škálu povodňových parametrů pro tolik stanic ukazuje velké a významné změny v chování řek Mississippi, Missouri, Ohio a Illionis během minulého století.

Všechny tyto řeky vykazovaly stoupající trend na všech stanicích ve všech testech, a to 9 z 10 pro výšku povodní (kromě Vicksburgu) a 8 z 10 pro frekvenci (všechny kromě Vicksburgu a Memphisu). Tyto dvě stanice jsou umístěny na dolní Mississippi, kde je řeka napřímená a zkrácená sérií přerušovaných meandrů během pozdních 20. let a 30. let. V okolí Vicksburgu byla řeka zkrácena o 45% mezi lety 1929 a 1936, což zvýšilo spád řeky.

Na Rýnu byla nulová hypotéza „žádného rozdílu“ zamítnuta pouze na jedné stanici (Maxau) v testu nejvyšších ročních stavů, a na 2 stanicích v testu frekvencí povodní. Na Rýnu byla zaznamenána jediná ukázka zvyšující se četnosti povodní v Maxau, což je dlouhodobě nejvýše položená stanice na německé části Rýnu. Kdekoliv na této řece nevykázaly stanice žádnou významnou změnu během zkoumaného období.

Slovníček

flood stage – povodňový stupeň

flooding – záplava

streamflow (discharge) – tok vody v řece

precipitation - srážky

headwater – pramen

tributary – přítok

basin area – povodí

navigation – plavba

influence – soutok

downstream – po proudu

upstream – proti proudu

floodplain – povodňová oblast

measurement stations – měrné stanice

discharge – průtok

stage – vodní stav

rising – stoupající

falling – klesající

flood conveyance capacity - kapacita povodňové vlny

discharges – vypouštění

navigation – plavba

dredged channels - vybagrování kanálů

engineering strategies - technické řešení

channel - kanál