

# Aplikace matematiky

---

Oto Dub

Použití matematické statistiky v hydrologii

*Aplikace matematiky*, Vol. 4 (1959), No. 5, 295 (395)--297 (397)

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/102678>

## Terms of use:

© Institute of Mathematics AS CR, 1959

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

## DISKUSE

## POUŽITÍ MATEMATICKÉ STATISTIKY V HYDROLOGII

Diskusní příspěvek

OTO DUB

V hydrologii je statistických metod a počtu pravděpodobnosti používáno v široké míře. Použití statistiky vyplývá z toho, že hydrologie získává svoje poznatky z pravidelných pozorování jevů hydrologických ale i jiných, které je vyvolávají anebo ovlivňují. Běžnými statistickými metodami se určují charakteristické hodnoty množin získaných pozorováním, vyjadřují se vztahy hydrologických veličin k jiným apod. Získáme tak informace o vývoji sledovaného jevu v minulosti. Stavební výroba žádá ale údaje výpočtových hodnot v budoucnosti, přičemž chce mít jasno i o tom, s jakou bezpečností budou nároky na určité průtoky zajištěny (např. při využití vodní energie, při dodávce vody pro průmysl apod.), anebo s jakou bezpečností bude objekt chráněn před velkou vodou (kulminačním průtokem) rozličeného významu (např. při stavbě mostu, ochranných hrází, kanalizační sítě apod.). I v tomto případě musíme vycházeti z výsledků pozorování minulosti, z nichž tvoříme homogenní řady, které dále zpracováváme metodami matematické statistiky.

Zatím co použití statistických metod při běžném zpracovávání hydrologických údajů je všeobecně vžitě, jsou proti zavádění pojmu pravděpodobnosti do hydrologie často vznášeny námitky a v některých krajinách se tyto metody vůbec neužívají anebo odmítají. Důvodů je více.

Jedním z nich je nesporná skutečnost, že hydrologické jevy kromě náhodných změn vykazují určité jednostranné tendence, způsobované rozhodujícími činiteli, kterými jsou krajina a klima. Postupná (stejnoseměrná) změna krajiny např. geologických, morfologických, půdních a vegetačních poměrů vytváří jiné podmínky, než jsou ty, které se uplatnily v minulosti, z které pocházejí naše údaje. Známé jsou i trvalé změny klimatu (např. postupné oteplování apod.). A konečně zasahuje někdy velmi radikálně do odtokových poměrů člověk svojí činností.

Vycházejíce z toho, kritici použití matematické statistiky tvrdí, že uvedené okolnosti nedovolují najít ani takové nezbytné charakteristiky pro použití pravděpodobnostních metod jako je dlouhodobý průměr a tím méně použití součtových čar četností (čar překročení), ať přímo sestavených z řad hodnot

anebo zobených matematickými křivkami. Tyto křivky (v hydrologii se nejčastěji používá křivka Pearsonova III. typu) mají kromě průměrné hodnoty další parametry (např. koeficienty variace a asymetrie, příp. jiné). Při nepřímém určování hydrologických hodnot používá se někdy izochar těchto parametrů anebo rozličných způsobů, např. vzorců, k jejich odvození. To vede podle mínění kritiků k odtažitosti, svádí k formálnímu používání metody bez hlubšího fyzického rozboru apod.

Tato kritika je jen z části oprávněná. Předpoklad stálosti klimatických poměrů v prakticky krátkých obdobích je jistě přijatelný. Změny jiných přírodních poměrů jsou zjištělné a jejich vliv na poměry hydrologické umíme vyjádřit. Pokud jde o časovou extrapolaci, kontrolujeme její oprávněnost průzkumem (např. zjišťováním tzv. historických povodní apod.) a používání analogie (např. i mapovým zobrazením) je v hydrologii odůvodněno dobrými zkušenostmi.

Bylo by možno uvést ještě mnoho jiných důvodů svědčících v prospěch používání matematické statistiky v hydrologii, ale nejzávažnější je ten, že to je metoda zatím nenahraditelná a hodnocení jevů pravděpodobností jejich překročení umožňuje lépe než jiný způsob (téměř možno říci že výhradně) hospodářsky rovnocennou výstavbu s předem volenou bezpečností. Co můžeme spíše právem vytknouti, je ještě nepostačující přesnost a nejednotnost, která se projevuje např. při nejčastěji se vyskytujícímu problému a to při určení pravděpodobnosti překročení největších průtoků. Nejistota a nejednotnost počíná již při sestavování řady. Řada může být složena buď z ročních maximálních hodnot, anebo vytvořeny řady maxim stejného období (zimních, letních) anebo konečně z průtoků, překračujících určitou hodnotu. První způsoby umožňují použití nejrozpracovanějších metod např. použití Pearsonových křivek. Poslední způsob naproti tomu odstraňuje nelogickou skutečnost prvních, že totiž tyto řady neobsahují mnohé významné průtoky, které nejsou ročním maximem, i když některá roční maxima značně překračují.

Další nejistota vzniká při ocenění pravděpodobnosti překročení jednotlivých členů řady, jmenovitě ale prvního (anebo prvních) v sestupně sestavené řadě pozorování. Dnes se určuje ponejvíce empirická pravděpodobnost překročení  $p$  pro  $m$ -tý člen řady o  $n$  členech z vzorce

$$p = \frac{m - 0,3}{n + 0,4}$$

a pro první člen

$$p = \frac{1 - 0,3}{N + 0,4} = \frac{0,7}{N + 0,4},$$

kde  $N$  je zjištěný počet roků, po které byla první povodeň řady největší (tzv. historická povodeň). Hodnota  $N$  jen výjimečně překračuje dobu 100 roků, a i to je doba poměrně krátká na dosti spolehlivé určení povodní o pravdě-

podobnosti překročení  $p = 1\%$  a menší. Nezbyvá, než extrapolovati tyto vzácně se vyskytující hodnoty právě pomocí některé analyticky vyjádřené křivky. Tato možnost sváděla k použití kritických průtoků i značně menších než  $1\%$ , což sice nepůsobilo žádné větší těžkosti při odvození, ale proti čemuž byly vznášeny rozhodné námitky, i když vlastně šlo o kritéria, ustanovená více méně konvenčně. Třeba přiznati, že důvěru otřáslí některé případy výskytů povodní, které překročili vícekrát tyto povodně charakterizované jako mimořádně vzácné, anebo naopak vedli k hodnotám, jichž možnost výskytu se vůbec popírala.

To vedlo k myšlence, najítí vůbec nějakou horní mez hodnoty jevu. Poněvadž maximální průtok je výsledkem působení více faktorů, byla prohlášována za horní hranici výsledná hodnota, vzniklá při uvážení střetnutí hodnot činitelů pro vytvoření maxima nejpříznivějších (např. nejúčinnější možné srážky, největší možný odtokový součinitel). Taková možnost nebyla přitom fyzicky dokazována a pravděpodobnostně už vůbec nemohla být posouzena, poněvadž nebyla určována pravděpodobnost faktorů, z kterých se vyšlo.

Tyto nedostatky se pokouší odstraniti metoda kompoziční. Spočívá v tom, že se neřeší pravděpodobnost překročení maximálních průtoků jako výsledného jevu více činitelů, ale pro tyto činitele pokud jsou na sobě nezávislé, anebo pro odchylky od regresní čáry, pokud jde o činitele na sobě závislé. Tím je možno bez extrapolace získati hodnoty o pravděpodobnosti překročení i  $1$ -krátě za  $n^2$  let.

Konečně třeba upozornit na možnost širokého uplatnění počtu pravděpodobnosti při vodohospodářských úvahách. Vodohospodářská díla jsou často víceúčelová a musíme posouditi míru zabezpečení jednotlivých účelů, kterým slouží. Tak např. ochrana proti velkým vodám zamezí škodám podle míry této ochrany. K tomu účelu je třeba určití vztah mezi průtoky rozličného významu a jimi způsobenými škodami. Jde-li např. o ochranu proti velkým letním vodám ohrožujícím úrodu, navrhuji následující postup. Sestavíme přehled škod způsobených rozličnými průtoky, najdeme vztah mezi těmito škodami a velikostí průtoků a použijeme jej pro prodloužení řady na celé období, po které máme zjištěny řady největších průtoků. Sestavením čar překročení z obou dvou řad snadno zjistíme potřebný stupeň ochrany pro předem určenou míru bezpečnosti, anebo obráceně můžeme určití finanční efekt rozličných stupňů v daném případě letní protipovodňové ochrany.

Uvedené příklady ukazují jen na malém úseku hydrologie způsobu použití matematické statistiky. Rozsah použití v celém oboru je neobyčejně veliký. Do budoucnosti možno očekávati, že s hlubším poznáváním fyzické podstaty hydrologických jevů a s rostoucí aplikací těchto poznatků pro tzv. genetické metody nepřímého určování hydrologických hodnot se změní jen pole působnosti matematicko-statistických metod a jejich kvalita, ne ale rozsah jejich použití.