

Statistická korekce denních srážkových úhrnů z klimatických modelů

autoreferát doktorské disertační práce

PRAHA 2016

Jan Hnilica

Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

OBSAH

ÚVOD DO PROBLEMATIKY.....	2
CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	3
STRUKTURA DISERTAČNÍ PRÁCE.....	4
POUŽITÁ DATA	5
LINEÁRNÍ POVAHA KOREKCE A PODOBNOST METOD	6
NOVÉ LINEÁRNÍ METODY	8
KOREKCE ZÁVISLOSTNÍ STRUKTURY	11
SOUHRN.....	15
SUMMARY	16
LITERATURA.....	17
ŽIVOTOPIS AUTORA.....	18
PUBLIKAČNÍ ČINNOST AUTORA.....	20

ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Odhad budoucích klimatických změn a zhodnocení jejich potenciálního dopadu představují jeden z klíčových úkolů současné vědy. Nezastupitelnou úlohu při predikci vývoje klimatu sehrávají regionální klimatické modely. Jejich prostorové rozlišení je ale příliš hrubé pro kvalitní predikci meteorologických veličin v lokálním měřítku, která je nezbytná pro posouzení dopadu klimatické změny. Výstupy z regionálních modelů, zejména teploty a srážkové úhrny, jsou proto před použitím v dopadových studiích podrobovány statistické korekci systematických chyb.

Korekce chyb je v oboru klimatologie aktuálně diskutovaným tématem a korekční metody prodělaly v posledních letech značný rozvoj. Aktuálně užívané metody jsou však stále spojeny s řadou problémů, které vnášejí nejistoty do navazujících studií.

Primárním problémem je především statistická povaha korekcí. Hlavní devizou regionálních modelů je především to, že pracují v souladu s fyzikálními zákony determinujícími vývoj atmosférického a oceánského proudění. Aplikací statistických metod na konečné výstupy modelu je do procesu vnesena nehomogenita s těmito zákony a konečné výsledky mohou být nekonzistentní s reálně dosažitelnými daty.

Statistická povaha korekcí je zásadním a také obtížně odstranitelným problémem. Nicméně i v rámci statistických metod existuje řada dílčích problémů, které je možné řešit, umožnit dosažení realističtějších výsledků korekce a tím také zvýšit hodnověrnost dopadových studií.

CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Předkládaná disertační práce se soustředila na dva problematické aspekty spjaté s korekcemi denních srážkových úhrnů.

Prvním spočívá v tom, že korekce jsou aplikovány na datové soubory s odlišnými statistickými vlastnostmi, než mají data, na kterých byly kalibrovány. Tato nestacionarita vnáší nejistotu do výsledků navazujících studií.

Druhým řešeným problémem je fakt, že korekce jsou obvykle kalibrovány a aplikovány odděleně pro jednotlivé prostorové body (meteorologické stanice, modelové grid-boxy). Takováto procedura však nijak neopravuje vzájemné korelační a kovarianční vazby mezi jednotlivými datovými soubory, což může vést k chybám při použití korigovaných dat např. v hydrologických studiích.

Cílem práce bylo odvodit a validovat nové metody korekce, umožňující řešit dva výše zmíněné problémy, nebo alespoň dosahovat realističtějších výsledků v porovnání s běžně používanými metodami.

STRUKTURA DISERTAČNÍ PRÁCE

Rešeršní část práce se zabývá problematikou globálního a regionálního klimatického modelování a dále podrobněji metodami používanými pro korekci denních srážkových úhrnů.

Praktická část je rozdělena do tří víceméně nezávislých studií.

První studie navazuje na literární rešerši a poukazuje na lineární povahu a vzájemnou podobnost jednotlivých korekčních metod. Lineární povaha je uvedena teoretickým rozbohem a demonstrována na měřených a modelových datech. Další studie pak těchto poznatků využívají.

Ve druhé studii jsou odvozeny a validovány nové metody korekce, vykazující zvýšenou odolnost proti nestacionárním podmínkám.

Třetí studie se soustředí na prostorové vazby mezi datovými soubory a obsahuje odvození a validaci procedury, která koriguje závislostní (tj. korelační a kovarianční) struktury modelových dat.

V rámci autoreferátu budou stručně představeny výsledky jednotlivých studií.

POUŽITÁ DATA

V disertační práci byly použity datové podklady dvojího typu.

Prvním typem jsou měřená data ze sedmnácti meteorologických stanic v povodí řeky Malše a v jejím blízkém okolí, doplněná simulacemi regionálního klimatického modelu REMO (Jacob, 2001) s prostorovým rozlišením cca 0.1°. Měřená data tedy představují úhrny zachycené jednotlivými srážkoměry, modelová data reprezentují úhrny pro jednotlivé modelové grid-boxy. Měřená a modelová data byla k dispozici za časové období 1961–1997.

Druhým typem dat jsou průměrné hodnoty srážkových úhrnů, připadající na plochy deseti vybraných povodí v severovýchodní části České republiky. Měřené průměry pochází z datového souboru získaného interpolací z více než 500 meteorologických stanic na pravidelnou síť o prostorovém rozlišení 25 kilometrů, detaily viz Štěpánek et al. (2011). K výpočtu průměrných úhrnů na plochu povodí byl použit vážený průměr grid-boxů zasahujících na plochu povodí s váhami odpovídajícími podílu grid-boxů na ploše příslušného povodí. Simulace klimatického modelu pochází z projektu EURO-CORDEX (Giorgi et al., 2009), použita byla data z regionálního modelu ALADIN53 s rozlišením 0.11°. Pro odvození modelových průměrů na plochy povodí bylo použito stejného váženého průměrování jako v případě měřených dat. Měřená i modelová data byla k dispozici pro období 1970–2005.

Přehled jednotlivých meteorologických stanic a povodí včetně mapových podkladů je uveden v kapitole 4 disertační práce.

LINEÁRNÍ POVAHA KOREKCE A PODOBNOST METOD

Nejpoužívanějšími korekčními metodami jsou tzv. metody přímé. Korekční funkce těchto metod přebírají jediný argument, kterým jsou modelové srážkové úhrny a vrací jejich korigovanou hodnotu. Funkce jsou odvozeny tak, aby se korigovaná data jako celek shodovala ve vybraných statistických ukazatelích s daty měřenými.

Základními korekčními funkcemi jsou

$$x_T = \frac{\mu(X_O)}{\mu(X_M)} x_M \quad (1)$$

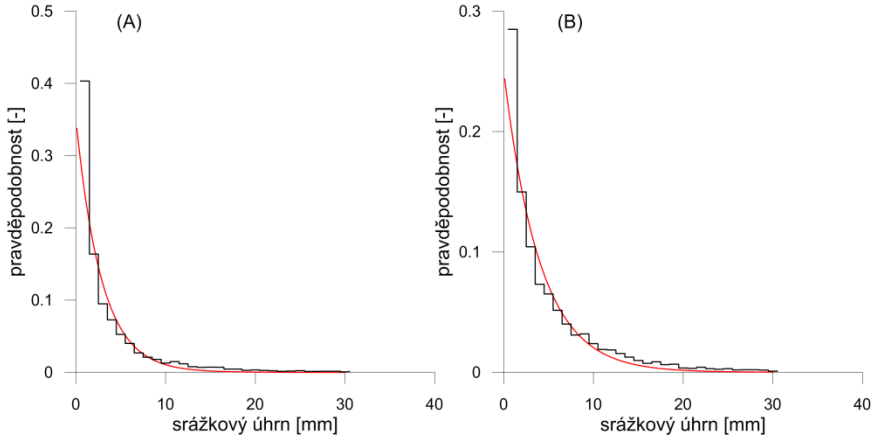
$$x_T = a x_M^b \quad (2)$$

$$x_T = F_O^{-1}(F_M(x_M)) \quad (3)$$

kde X značí datový soubor, x konkrétní hodnotu srážky, indexy O, M, T značí měřená, modelová a korigovaná data, symbol μ značí střední hodnotu a symbol F distribuční funkci.

Vzorec (1) představuje nejjednodušší lineární metodu (Lenderink et al., 2007), korigující chybu střední hodnoty modelových dat. Vzorec (2) je mocninnou korekcí, jejíž parametry a, b lze odvodit způsobem zaručujícím korekci střední hodnoty a rozptylu (Leander a Buishand, 2007). Vzorec (3) je korekční formule metody kvantilového mapování, které koriguje kompletní rozdělení pravděpodobnosti modelových dat (např. Piani et al., 2010).

Kvantilové mapování je nejkompexnější a nejpoužívanější korekční metodou, nicméně formule (3) je velmi obecná a neříká nic o tom, jak odhadovat hustotu rozdělení modelových a měřených dat. Srážkové úhrny jsou náhodnou veličinou, jejíž hustota rozdělení vykazuje exponenciální tvar a je alespoň zhruba popsitelná parametrickým exponenciálním modelem. To ukazuje obrázek 1, který srovnává histogramy a exponenciální hustoty dat ze stanice České Budějovice pro (A) měřená data a (B) časově a prostorově odpovídající výstupy klimatického modelu REMO.



Obr. 1 Histogramy (černé linky) a odhady exponenciálního rozdělení (červené linky) pro (A) měřená data ze stanice České Budějovice a (B) prostorově a časově odpovídající výstup modelu REMO.

V disertační práci bylo dokázáno, že metody lineární korekce (1) a kvantilového mapování (3) jsou pro exponenciálně rozdělená data zcela identické. Korekce rozdělení se tedy od lineární funkce odchyloje do té míry, do jaké se skutečné hustoty odchylojí od exponenciálního modelu. Na měřených a modelových datech byly provedeny odhady hustot pro parametrická rozdělení, která se k popisu srážek skutečně používají: gama, weibull, log-logistické a smíšené exponenciální. Bylo demonstrováno, že odchylky od čistě exponenciálního rozdělení jsou nevelké a korekční funkce kvantilového mapování mají pro všechny uvedené pravděpodobnostní modely silně lineární charakter. Dále bylo ukázáno, že kvantilové mapování s daty rozdělenými podle weibullova či log-logistického rozdělení odpovídá mocninné korekci podle vzorce (2).

Bylo tedy zjištěno, že mezi metodami existují vazby a že za určitých podmínek tyto metody přecházejí jedna v druhou. Tyto podmínky jsou dány uvažovaným typem rozdělení pravděpodobnosti při kvantilovém mapování. Protože jsou si křivky rozdělení pro jednotlivé teoretické modely podobné, jsou si podobné i korekční funkce všech metod. Protože zároveň jedna z nich je čistou přímkou, je výsledný charakter korekce lineární bez ohledu na použitou metodu.

NOVÉ LINEÁRNÍ METODY

Jedním z problematických faktorů při aplikacích korekcí na modelová data je nestacionarita v časových řadách srážek - korekční funkce jsou aplikovány na datové soubory s odlišnými charakteristikami, než byly soubory použité k jejich kalibraci.

Předchozí kapitola ukázala, že lineární funkcí lze dosáhnout velmi dobré shody mezi pravděpodobnostními rozděleními měřených a korigovaných dat. Použití lineární korekce je také motivováno přesvědčením, že jednodušší funkce s menším počtem parametrů bude obecně méně náchylná k chybám způsobeným nestacionaritou než přesná funkce kvantilového mapování.

Lineární metoda vyhovuje exponenciálně rozděleným datům, jak bylo ukázáno, což je příliš svazující předpoklad. Cílem tedy bylo odvodit lineární korekci založenou na konverzi mezi gama rozdělenými daty. Gama rozdělení je dáno hustotou ve tvaru

$$f(x) = \frac{(x/\beta)^{\alpha-1} \exp(-x/\beta)}{\beta \Gamma(\alpha)} \quad (4)$$

Parametry rozdělení α, β jsou kladná reálná čísla, Γ značí gama funkci. Zápis $X \sim \Gamma(\alpha, \beta)$ značí, že X je gama rozdělená náhodná veličina s parametry α, β .

Byly odvozeny dvě metody korekce. První je založena na tom, že $X \sim \Gamma(\alpha, \beta)$ implikuje $AX \sim \Gamma(\alpha, A\beta)$, kde A je reálné číslo. Nabízí se tedy korekce ve tvaru $x_T = Ax_M$, kdy parametr A je hledán tak aby minimalizoval rozdíl mezi hustotami měřených a modelových dat. Rozdíl byl vyjádřen jako účelová funkce (UF) ve tvaru

$$UF(A) = \int_0^q \left| f_O(x) - \frac{(x/A\beta_M)^{\alpha_M-1} \exp(-x/A\beta_M)}{A\beta_M \Gamma(\alpha_M)} \right| dx \quad (5)$$

Optimální hodnota A je nalezena minimalizací (5) vzhledem k A . Nově odvozená metoda je označována jako LM1.

Lineární korekce může být realizována i v obecnějším tvaru $x_T = Ax_M + B$. Účelová funkce pak může být vyjádřena např. jako

$$UF(A) = \int_0^q \left| f_0(x) - \frac{(x/\beta_M^*)^{\alpha_M^* - 1} \exp(-x/\beta_M^*)}{\beta_M^* \Gamma(\alpha_M^*)} \right| dx \quad (6)$$

kde parametry modelového (korigovaného) rozdělení α_M^* a β_M^* závisí na aktuálních hodnotách A a B . Během minimalizačního procesu byl modelový datový soubor přepočítáván a parametry α_M^* a β_M^* byly odhadovány po každém kroku v kartézském systému $A \times B$. Optimální hodnoty parametrů A, B jsou nalezeny minimalizací (6) vzhledem k A, B , korekční metoda je označována jako LM2.

Obě odvozené metody byly testovány při korekci dat modelu REMO na srážková data z povodí Malše. Pro porovnání bylo do testu zahrnuto i kvantilové mapování (QM) podle (3) a lineární korekce (LS – „linear scaling“) podle (1). Pro kalibraci i validaci byla zvolena velmi krátká šestiletá období, kalibrace byla prováděna s daty z let 1961–1966, validace pak na datech z období 1992–1997. Toto uspořádání bylo zvoleno pro posílení efektu nestacionarity v časových řadách. Jako kritéria pro posouzení shody měřených a korigovaných dat byly určeny: střední hodnota, rozptyl, 90% kvantil a celková shoda rozdělení. Výsledky jasně ukázaly, že nově odvozené lineární metody jsou v nestacionárních podmínkách efektivnější než metody QM i LS. Kvantilové mapování obecně nejlépe korigovalo rozptyl, nicméně rozdíl oproti lineárním metodám obecně nebyl nijak výrazný. Pokud jsou uvažována všechna hodnotící kritéria, byla nejlepším metodou nově odvozená LM2.

Identický test byl proveden i pro korekci dat modelu ALADIN53 na měřená data z deseti vybraných povodí. Měřená data i modelové simulace zde představují průměrné hodnoty na plochu uvedených povodí, v případě měřených dat navíc odvozené ze staničních dat interpolovaných na pravidelnou prostorovou mřížku. Pro kalibraci korekcí byla použita data z let 1970–1987, validace probíhala na datech z let 1988–2005. Oproti předchozímu testování tedy došlo k těmto změnám: byla použita prostorově interpolovaná data, kalibrační a validační období jsou delší a následují ihned po sobě. Tyto faktory způsobují nižší míru nestacionarity a dále

odklon průměrů od původních rozdělení staničních dat. Výběr korekčních metod a použitá hodnotící kritéria se oproti předchozímu testu nijak nezměnily.

Výsledky ukázaly, že oproti prvnímu testu došlo ke změně v hodnocení metod. Nejlepší metodou bylo v tomto případě QM, kdežto metoda LM2 byla vyhodnocena až jako druhá nejlepší. Tento test demonstroval, že pro efektivitu nově odvozených metod je zapotřebí určitá míra nestacionarity a také dobrá shoda rozdělení datových souborů s teoretickým modelem gama rozdělení.

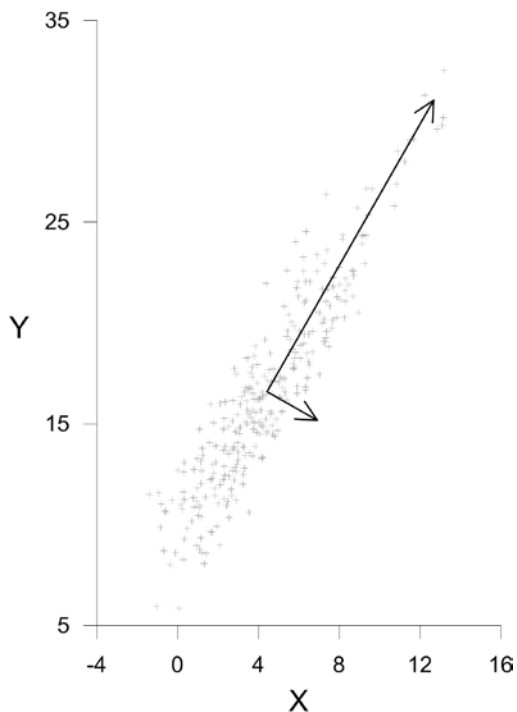
Při klimatických projekcích zatížených zvýšenými koncentracemi skleníkových plynů lze však nestacionární podmínky očekávat, proto lze nově odvozené metody považovat za efektivní nástroj na potlačení jejich vlivu na výsledky korekcí.

KOREKCE ZÁVISLOSTNÍ STRUKTURY

V klimatologických studiích jsou korekce zpravidla kalibrovány a aplikovány odděleně pro jednotlivé prostorové body (meteorologické stanice, modelové grid-boxy). Korigované soubory pak sice vykazují dobrou shodu statistických ukazatelů s měřenými daty, ale závislostní struktury korigovaných a měřených dat se navzájem liší (Ehret et al., 2012). Cílem této části disertační práce proto bylo odvodit a validovat proceduru, umožňující korekci prostorových korelací a kovariancí u mnoho-rozměrných srážkových souborů.

Metoda pro korekci závislostní struktury je založena na hlavních komponentách, což jsou lineární kombinace jednotlivých originálních veličin. Analýzou n -rozměrného souboru obdržíme n hlavních komponent. Koeficienty hlavních komponent jsou dány vlastními vektory kovarianční matice originálních dat. Pokud jsou vlastní vektory seřazeny v sestupném pořadí podle příslušných vlastních čísel, první hlavní komponenta určuje směr, ve kterém datový soubor vykazuje maximální rozptyl. Další hlavní komponenty pak vždy definují směr, ve kterém data vykazují maximální možnou část zbytkového rozptylu nevysvětleného předchozími hlavními komponentami. Kovarianční matice je symetrická a pozitivně-semidefinitní, její vlastní vektory tedy definují ortogonální bázi n -rozměrného vektorového prostoru. Vlastní čísla jsou nezáporná a lze ukázat, že jsou rovna rozptylům příslušných hlavních komponent (Jolliffe, 2002).

Při odvození korekční metody byly hlavní komponenty využity jako alternativní souřadná soustava, která reflektuje skutečnou polohu a tvar datového souboru. Získáme jí tak, že vlastní vektory umístíme do bodu středních hodnot datového souboru a upravíme jejich délku tak, aby byla rovna odmocnině z příslušného vlastního čísla, tzn. směrodatné odchylce ve směru daném vlastním vektorem. Takový souřadný systém pro syntetický dvourozměrný datový soubor je znázorněn na obrázku 2.



Obr. 2 Demontrace alternativní souřadné soustavy, založené na hlavních komponentách, na příkladu dvou-
rozměrného syntetického datového souboru.

Nechť \mathcal{O} a \mathcal{M} reprezentují alternativní souřadné soustavy měřených a modelových dat. Původní souřadná soustava, daná kanonickou bází, je označena jako \mathcal{C} . Korekce spočívá v konverzi modelových dat mezi souřadnými systémy \mathcal{M} a \mathcal{O} , celý proces je možné stručně zapsat jako

$$\mathbf{t} = \mathbf{e}_O + \mathbf{O}\mathbf{M}^{-1}(\mathbf{m} - \mathbf{e}_M) \quad (7)$$

kde

- \mathbf{m} je vstupní sloupcový vektor modelových dat
- \mathbf{e}_O a \mathbf{e}_M jsou sloupcové vektory středních hodnot jednotlivých měřených a modelových proměnných
- \mathbf{M} je matice, jejíž jednotlivé sloupce jsou tvořeny vektory báze \mathcal{M} , tudíž \mathbf{M}^{-1} (inverzní matice k \mathbf{M}) je maticí přechodu z báze \mathcal{C} do báze \mathcal{M}

- \mathbf{O} je matice, jejíž sloupce jsou tvořeny vektory báze \mathcal{O} , tudíž \mathbf{O} je maticí přechodu z báze \mathcal{O} do báze \mathcal{C}
- \mathbf{t} je výsledný sloupcový vektor korigovaných dat.

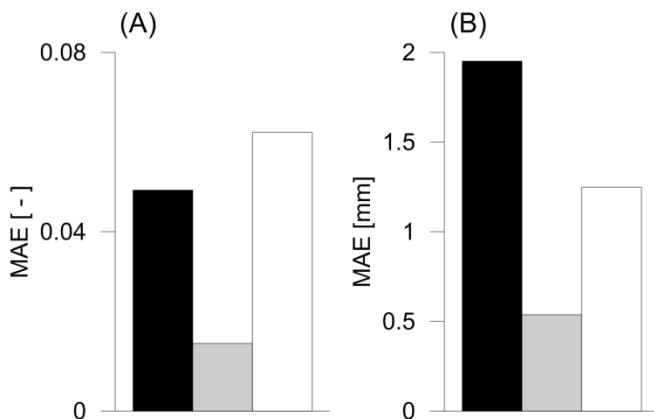
Nedílnou součástí procedury je synchronizace jednotlivých souřadnic systémů \mathcal{M} a \mathcal{O} , proces je popsán v disertační práci.

Odvozená procedura byla označena jako PCC („principal components correction“) a byla testována při korekci výstupů modelu ALADIN53 na data z deseti vybraných povodí. Deseti-rozměrná modelová data byla korigována pomocí vztahu (7). Analýzou korelačních a kovariančních matic bylo ověřeno, že procedura PCC kompletně koriguje závislostní struktury modelových dat. Bylo však také zjištěno, že nedojde k uspokojivé korekci rozdělení pravděpodobnosti jednotlivých souborů.

Současně byl analyzován efekt kvantilového mapování jednotlivých dílčích souborů na závislostní struktury. Výsledky potvrdily lineární povahu této metody. QM sice koriguje jednotlivá rozdělení, ale nemá podstatný vliv na modelové korelace. Vlivem korekce jednotlivých rozdělení sice mírně koriguje modelové kovariance, ale obecně zanechává závislostní struktury nezkorigované.

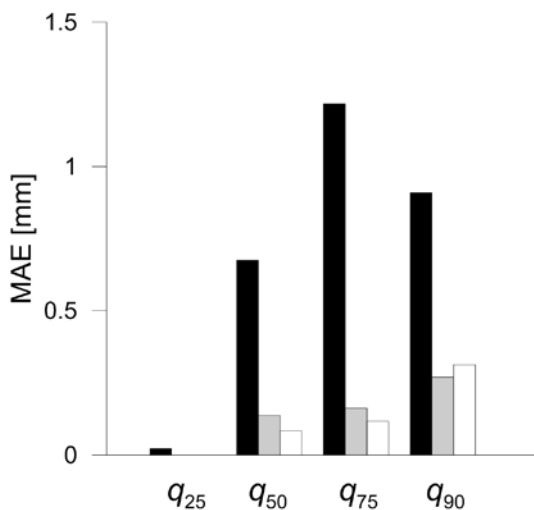
QM a PCC mají tedy doplňující se vlastnosti. Jejich výhody mohou být spojeny následujícím postupem: vícerozměrná data jsou nejprve korigována metodou PCC a následně jsou jednotlivé datové soubory korigovány metodou QM. Podstata této kombinované procedury spočívá v tom, že QM opraví jednotlivá rozdělení a při tom výrazně neporuší korelační a kovarianční struktury korigované v prvním kroku metodou PCC. To je dáno lineární povahou QM, která byla diskutována výše. Kombinovaná procedura označovaná jako PCC+QM tedy opravuje jak závislostní struktury, tak jednotlivá rozdělení.

Pro ověření efektivity byly metody PCC+QM a samotné QM kalibrovány s použitím dat z let 1970–1987 a aplikovány na data z let 1988–2005. Korigovaná data z validačního období byla porovnána s měřenými daty. Byly analyzovány korelační a kovarianční matice a rozdělení jednotlivých datových souborů. Výsledky jsou sumarizovány na následujících grafech. Obrázek 3 ukazuje střední absolutní chyby jednotlivých hodnot (A) korelačních koeficientů a (B) kovariancí pro modelová data, data korigovaná metodou PCC+QM a data korigovaná metodou QM.



Obr. 3 Střední absolutní chyby (MAE) korelačních koeficientů (A) a kovariancí (B) pro modelová data (černé sloupce), data korigovaná metodou PCC+QM (šedé sloupce) a data korigovaná metodou QM (bílé sloupce).

Obrázek 4 stejným způsobem ukazuje střední absolutní chyby vybraných kvantilů.



Obr. 4 Střední absolutní chyby (MAE) jednotlivých kvantilů pro modelová data (černé sloupce), data korigovaná metodou PCC+QM (šedé sloupce) a data korigovaná metodou QM (bílé sloupce).

Obrázky 3 a 4 demonstrují, že kombinovaná metoda PCC+QM je efektivním nástrojem, simultánně korigujícím závislostní struktury i jednotlivá rozdělení.

SOUHRN

V rámci disertační práce byla demonstrována lineární povaha korekce a podobnost korekčních metod a byly vysvětleny příčiny těchto jevů. Teoretické závěry byly ověřeny na reálných měřených a modelových datech. Tyto výsledky se staly podkladem pro další studie.

Druhým bodem praktické části bylo odvození nových metod korekce založených na lineární konverzi mezi dvěma gama rozděleními. Bylo ověřeno, že při určitém stupni nestacionarity mezi kalibrací a aplikací jsou nově odvozené metody efektivnější než kvantilové mapování.

Třetím bodem praktické části bylo odvození procedury, která koriguje závislostní strukturu ve vícerozměrném datovém souboru. Bylo ověřeno, že metoda koriguje kompletní korelační a kovarianční matice modelových dat. Analýzou kvantilů bylo posléze zjištěno, že nově odvozená procedura nedostatečně koriguje jednotlivá pravděpodobnostní rozdělení. Proto byla nově odvozená procedura vložena jako pre-processing před klasickou korekční metodu (v tomto případě kvantilové mapování). Touto kombinací procedur dojde ke korekci závislostních struktur i jednotlivých rozdělení, což plyne z lineární povahy korekce.

Závěrem lze konstatovat, že disertační práce splnila vytčené cíle. Byly odvozeny a validovány metody reálně využitelné v dopadových klimatologických studiích. Metody umožňují získat věrohodnější klimatické scénáře než klasické korekce a tedy realističtěji posoudit dopady klimatické změny.

Klíčová slova: regionální klimatický model, korekce chyb, nestacionarita, korelace, kovariance

SUMMARY

Climate change prediction and evaluation of its impact currently represent one of the key challenges for the science community. Regional climate models (RCM) have been recently established as a main source of the data for climate change assessment studies. Nevertheless, RCM outputs suffer from systematic errors caused primarily by their low spatial resolution and cannot be used directly without any form of bias correction.

The bias correction is an actual topic in climatology and several correction methods were developed, ranging from the simple additive method to more advanced approaches (e.g. quantile mapping). However, despite this progress, the bias correction methods suffer from several difficulties, which bring another source of uncertainty into the climate change impact assessment studies.

The thesis is focused on two problematic points connected with the bias correction of daily precipitation data. The first one is a non-stationarity between calibration and application periods. New correction methods are developed, showing an increased resistance to non-stationary conditions.

The second problem is related to the correction of a dependence (i.e. correlation and covariance) structure of multivariate precipitation data. A new procedure is proposed, correcting the complete dependence structure of the model data.

All newly introduced methods are validated using measured and RCM-simulated data; the validation demonstrates their suitable applicability.

Keywords: regional climate model, bias correction, non-stationarity, correlation, covariance

LITERATURA

Ehret, U., Zehe, E., Wulfmeyer, V., Warrach-Sagi, K., Liebert, J. (2012): "Should we apply bias correction to global and regional climate model data?" *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9): 3391-3404. Doi: 10.5194/hess-16-3391-2012.

Giorgi, F., Jones, C., Ghassem, R. (2009): Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *World Meteorological Organization (WMO) Bulletin* 58(3): 175-183.

Jacob, D. (2001) A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 77:61–73. doi:10.1007/s007030170017.

Leander, R., Buishand, T.A. (2007): Resampling of regional climate model output for the simulation of extreme river flows. *Journal of Hydrology*, 332:487-496. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.08.006.

Lenderink, G., Buishand, A., van Deursen, W. (2007) Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3): 1143-1159.

Piani, C., Haerter, J.O., Coppola, E. (2010): Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 99:187-192. doi: 10.1007/s00704-009-0134-9.

Štěpánek, P., Zahradníček, P., Huth, R. (2011): Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of a Central European daily time series. *Idojaras*, 115(1-2): 87-98.

ŽIVOTOPIS AUTORA

Jan Hnilica

Narozen dne 17. 3. 1981 v Chomutově

Vzdělání

- 2010 – 2016 doktorské studium
ČZU, Fakulta životního prostředí
obor Environmentální modelování
- 2008 – 2010 magisterské studium
ČZU, Fakulta životního prostředí
obor Environmentální modelování
- 2004 – 2007 bakalářské studium
ČZU, Fakulta lesnická a environmentální
obor Aplikovaná ekologie
- 1995 – 1999 Střední průmyslová škola sdělovací techniky
obor Technické lyceum

Profesní zkušenosti

- 2007 – 2016 Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i.
Oddělení hydrologie a životního prostředí
pozice: odborný pracovník, doktorand

Účast na grantových projektech

Grant	Název	Období
SP/1a6/151/07 (MŽP ČR)	Hodnocení vlivu klimatických změn na hydrologickou bilanci a návrh praktických opatření ke zmírnění jejich dopadů	2007-2011
GA205/08/1174 (GA ČR)	Hydrologické toky v systému půda-rostlina-atmosféra	2008-2012
IAA300600901 (GA AV ČR)	Variabilita prvků hydrologického cyklu povodí v souvislosti s vývojem vegetačního krytu a klimatických faktorů	2009-2013
GA205/09/1918 (GA ČR)	Rozpustná a nerozpustná frakce anorganických polutantů v různých druzích srážek, jejich kvantifikace a vstup těchto látek do ekosystémů	2009-2013
TA02021451 (TA ČR)	Vývoj a použití nových technologií pro budování systému včasné výstrahy před bleskovými povodněmi	2012-2015
GA16-05665S (GA ČR)	Režim půdní vody v malých horských povodích vystavených klimatickému stresu	2016-2018

PUBLIKAČNÍ ČINNOST AUTORA

Články v časopisech s impakt faktorem:

Hnilica, J., Puš, V. (2013): Linear methods for the statistical transformation of daily precipitation sums from regional climate models. *Theoretical and Applied Climatology*, 111(1-2): 29-36. doi: 10.1007/s00704-012-0638-6.

Hnilica, J., Hanel, M., Puš, V. Multisite bias correction of precipitation data from regional climate models. *International Journal of Climatology*. *Accepted*.

Příspěvky ve sborníku:

Němečková, S., Hnilica, J. (2010): Verification of outputs from regional model REMO for impact studies in the basins in the southern Bohemia. In *Conference Abstracts*. Kyjev: Ukrainian Hydrometeorological Institute: 58-59. ISBN 978-966-521-567-7.

Hnilica, J., Šípek, (2011): V. Statistická transformace srážkových dat z regionálního klimatického modelu na specifické podmínky povodí Malše. In *Hydrologie malého povodí 2011*: 137-142. Ústav pro hydrodynamiku AVČR, 2011, Praha. ISBN 978-80-02-02290-9.

Hnilica, J. (2012): Statistical correction of daily precipitation data from the climate models. *Geophysical Research Abstracts* 14: 4780. ISSN 1607-7962.

Hnilica, J. (2013): An optimal separation of the year to periods with different number of precipitation days. *Geophysical Research Abstracts* 15: 4724. ISSN 1607-7962.

Hnilica, J., Puš, V. (2014): Kernel density estimates used in stochastic precipitation generator. In *Hydrologie malého povodí 2014*: 120-124. Ústav pro hydrodynamiku AVČR, 2014, Praha. ISBN 978-80-02-02525-2.