

Problematika komplexních thw indexů a její řešení v biometeorologické předpovědi ČHMÚ

Solution to complex thw indices problems for CHMI's biometeorological forecast

M. NOVÁK

ČHMÚ, pobočka Ústí nad Labem, Kočkovská 18, PO Box 2, 400 11 Ústí n.L., Czech Republic (e-mail: novakm@chmi.cz)

Abstract One of problems with current CHMI's biometeorological forecast model (BMF, version IIIc) is an absence of index which respects current effect of temperature, humidity and wind on the human body.

A new BMF model (version 2007) is developed at the CHMI now. For this model have been selected two indices: Heat Index (from American NWS) for summer days (for temperature above 25 °C) and Wind Chill Temperature Index (from NOAA) primarily for cold part of a year.

Within the frame of programme COST 730 is developed a new generation index – Universal Thermal Climate Index (UTCI). We plan to utilize the UTCI in our BMF model for the future.

Key words: *biometeorological forecast, thermal comfort, thermal index, wind chill, heat indices*

Úvod

Už od roku 1993 vydává ČHMÚ v rutinním provozu biometeorologickou předpověď (BMP, verze IIIc) pro území celé České republiky. Tento model vycházel z více než desetiletí spolupráce mezi ČHMÚ, Fakultní nemocnicí v Plzni a Výzkumným ústavem balneologickým v Mariánských lázních. Vycházel z tehdejší úrovně poznání vazeb mezi lidským organizmem a vnějším prostředím, limitujícím faktorem byla ale i tehdejší úroveň meteorologie a úspěšnost předpovědí konkrétních meteorologických charakteristik.

V dnešní době je tak třeba konstatovat, že je současný model BMP již zastaralý a nekoresponduje se současnou úrovní znalostí. Oproti možnostem má malou rozlišovací schopnost (umožňuje předpovídat zátěž jen na třístupňové škále), pouze zprostředkovaně využívá výstupů rutinně počítaných matematických modelů atmosféry na omezené oblasti (LAM). Zřejmě největším nedostatkem ale je, že jen velmi nedostatečně vystihuje současné působení teploty, vlhkosti a proudění vzduchu na lidský organismus. Všechny tyto faktory výrazně ovlivňují tepelnou bilanci povrchu lidského těla i jeho ventilaci. Proto je potřeba předpovídat časový i plošný vývoj polí těchto charakteristik nikoli odděleně, ale současně. Tuto problematiku řeší tzv. THW (teplota – vlhkost – proudění vzduchu) indexy, popisující míru subjektivního či objektivního tepelného komfortu/diskomfortu člověka.

Data a metody

Problematikou současného působení teploty, vlhkosti a proudění vzduchu na lidský organismus se věnovala řada autorů a výsledkem jsou řádově stovky různých účelových či univerzálnějších indexů, které mají komplexní vliv těchto charakteristik popisovat. Pro účely nového modelu BMP ČHMÚ (s pracovním názvem BMP, verze 2007) tak nebyl vyvíjen nový index, který by musel procházet dlouhým vývojem a náročnými testy chování tohoto indexu v mezních situacích, ale bylo rozhodnuto, že bude vybrán nějaký z existujících ukazatelů rutinně nasazených nebo velmi důkladně vyzkoušen v experimentech nad reálnými daty.

Mnohé z těchto ukazatelů jsou založeny na empirickém výzkumu, nepoužívají vůbec charakteristiky vycházející z fyziologie člověka, ale jsou stanoveny na základě projevů diskomfortu (míry nemocnosti, úmrtnosti, subjektivního hodnocení dostatečně rozsáhlého vzorku cílové skupiny) a jejich vazbě na vývoj měřených nebo pozorovaných meteorologických charakteristik. Mezi ně patří například Apparent Temperature (Steadman, 1979), z něj odvozený Heat Index (Robinson, 2001), Wind-chill Index (Steadman, 1971) a na něj navazující projekty, včetně updatovaného Wind Chill Temperature Index (OFCM, 2003).

Jiní autoři vyvíjeli indexy založené na tepelném komfortu z hlediska tepelné bilance lidského těla, přesněji řečeno

většinou tepelné bilanci povrchu lidského těla. Většina současných prací je odvozována od modelu tepelné bilance, se kterým pracoval P.O.Fanger, který také zavedl tzv. Predicted Mean Vote, PMV (Fanger, 1970). Konstrukce PMV už nepoužívá jen meteorologické charakteristiky, protože ty jsou jen součástí celé tepelné bilance, současně však do ní vstupují i jiné faktory (míra oblečení, míra fyzické námahy, vnitřní metabolismus apod.). A stejně tak je tomu u novějších prací a nově zaváděných indexů.

Z těch nejcitovanějších současně používaných indexů jmenujme Physiological Equivalent Temperature, PET (Höppe, 1999) nebo Perceived Temperature, PT (Jendritzky et al., 2000). Tyto ukazatele zdánlivě neobsahují výše jmenované „nemeteorologické“ charakteristiky, ale to je způsobeno tím, že je jejich hodnota předvolena v podobě konstanty, tedy autoři předpokládají „průměrného jedince“ s „průměrným oblečením“ a „průměrnou fyzickou námahou“.

Srovnání některých výše uvedených indexů provedl např. Robert E. Davis s kolektivem (Davis et al., 2006). Z konfrontace s reálnými americkými vlnami veder vyšel z „klasických“ indexů nejlépe PET. Rozdíly mezi jednotlivými indexy byly ale velice malé a pořadí tak není statisticky významné. Zajímavá je ale úspěšnost jiného, čistě empirického ukazatele – Spatial Synoptic Classification, SSC (Kalkstein, Greene, 1997). Ten je založen na analýze vzduchových hmot, kombinaci jejich geografické a termické klasifikace doplněné o konkrétní hodnoty teplot a vlhkosti vzduchu. Tato metoda synoptické klimatologie je ale využitelná jen na omezené oblasti, výrazný vliv má četnost výskytu teplotně a vlhkově extrémních vzduchových hmot v dané lokalitě.

Existence tak velkého množství indexů a fakt, že jsou často konstruovány nad projevy nebo důsledky tepelného diskomfortu a nevycházejí z jeho příčin, vedl ke snaze Mezinárodní biometeorologické společnosti (International Society of Biometeorology – ISB) o kooperaci výzkumů, které se tímto tématem zabývají. Ustanovil svou 6. komisi, jejímž cílem je vývoj univerzálního indexu, (Universal Thermal Climate Index – UTCI). V roce 2005 byl tento výzkum, který koordinuje prof. Gerd Jendritzky, přenesen pod novou akci COST 730 (UTCI, 2001-2006), zakončení projektu COST 730 je plánováno na rok 2009.

Konstrukce nového indexu počítá s jeho operativním nasazením v meteorologických službách (to znamená, že vstupy do výpočtu budou nejen měřitelné – pro zpětné vyhodnocování organismus zatěžujících situací – ale také předpověditelné). Současně – na rozdíl od velké většiny zmíněných indexů – bude UTCI určen pro celoroční použití, nebude tedy specializován na chladné nebo teplé období roku. Současně je podmínkou jeho konstrukce využitelnost nezávislá na geografických podmínkách.

Řešení

Pro účely konstrukce modelu BMP ČHMÚ bylo pro výběr vhodného indexu stanoveno následující zadání:

- index musí být počítaný z běžně měřených meteorologických charakteristik (podmínka možné verifikace, zpětného hodnocení, případových studií);
- index musí být počítaný z běžně předpověditelných meteorologických charakteristik (podmínka nasazení v operativním provozu);
- index nesmí kombinovat větší počet předpovídaných charakteristik (snížení rizika násobení nejistot v předpovědi obsažených);
- index musí být ověřen operativním provozem.

Zájem ze strany zejména sdělovacích prostředků ukazuje, že pro činnost předpovědních pracovišť Českého hydrometeorologického ústavu by navíc bylo vhodné, aby byl index jednoduše interpretovatelný samostatně. To znamená, že ideálně by vyjadřoval hodnotu „pocitové“ teploty.

Všem výše uvedeným kritériím nejvíce vyhovuje vyvíjený index UTCI (alespoň podle zadání jeho vývoje). Protože ale práce na jeho konstrukci stále pokračují, a ještě několik let pokračovat budou, není možné s jeho nasazením v nejbližších letech počítat.

Indexy založené na modelech tepelné bilance povrchu lidského těla jsou v praxi používány v německé povětrnostní službě Deutscher Wetterdienst (konkrétně PET, PT), převážně ale pro účely vyhodnocování vybraných situací, pro případové studie vln veder nebo naopak velmi chladných epizod, případně pro komerční mapování lokalit vhodných pro klimatické lázeňství a turistiku starších osob). Do jejich výpočtu vstupují kromě běžných charakteristik i některé, které jsou z hlediska prognózy problematické a zvyšuje se nejistota předpovědi. Do výpočtu vstupuje pro potřeby stanovení pravděpodobné radiační teploty podmíněné množstvím a vzájemným poměrem přímého a rozptýleného slunečního záření pokrytí oblohy oblačností, a to nejen celkové, ale i množství oblaků v jednotlivých výškových patrech. Výška oblaků a jejich množství je určující pro jejich optickou mohutnost, a tedy i míru absorpce a rozptylu záření. Úspěšnost těchto předpovědí ale není dosud uspokojivá. Kombinace s mírou nejistoty předpovědi ostatních vstupů by tedy mohla vést k nízké vypovídající schopnosti výsledné informace.

Mezi indexy založenými na empirických výzkumech není žádný, který by byl celoročně vhodný pro popis tepelného komfortu. Pro chladné období roku je operativní praxí vyzkoušený Wind Chill Temperature Index (OFCM, 2003), který provozuje povětrnostní služba USA (National Weather Service NOAA) a kanadská povětrnostní služba (Environment Canada's Meteorological Service). Pro teplé období roku je zejména v akademických kruzích často používán Heat Stress Index, americká NWS v operativním režimu používá Heat Index (Robinson, 2001).

Závěry

Na základě výše popsaného zadání byl pro BMP, verze 2007 vybrán pro chladné období roku Wind Chill Temperature Index (WCTI), který je počítán ze zadávané standardní teploty vzduchu (ve 2 m nad povrchem) a standardní hodnoty rychlosti větru (v 10 m nad povrchem). Tento index prošel v historii od první publikace (Steadman, 1971) do současnosti svůj vývoj, byl v průběhu posledních desetiletí několikrát revidován. Poslední revize proběhla v roce 2001 (OFCM, 2003), právě tento tvar WCTI bude použit v BMP.

Pro teplejší část roku bylo zvažováno použití Heat Stress Indexu (HSI) nebo Heat Indexu NWS. Protože je výpočet HSI komplikovaný, předpokládá i předpovědi pokrytí oblohy oblačností nebo průběžný propočet Apparent Temperature (AP), byl nakonec zvolen Heat Index NWS počítaný z teploty vzduchu (ve 2 m) a relativní vlhkosti vzduchu (ve 2 m).

Vstupy pro oba indexy budou tvořit výsledky rutinních výpočtů matematického modelu atmosféry na omezené oblasti (LAM) ČHMÚ Aladin, ovšem se zachováním možnosti editace vstupů meteorologem. Oba indexy tedy nebudou přímými, ale až v modelu BMP počítanými vstupy.

Poděkování

Práce vznikla v rámci projektu MŽP ČR VaV-1C/5/18/04.

Literatura

[1] Davis R.E. et al. (2006): A comparison of biometeorological comfort indices and human mortality during heat waves in the United States, 17th Conference on Biometeorology and Aerobiology, 2006, San Diego, <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/110867.pdf> (ver. 25.6.2007);

[2] Fanger P.O. (1970): Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering, Danish Technical Press, Copenhagen;

[3] Höppe P. (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, *Int J Biometeorol*, 43:71-75;

[4] Huang J. (2007): Prediction of air temperature for thermal comfort of people in outdoor environments, *Int J Biometeorol*, 51:375-382;

[5] Jendritzky G. et al. (2000): The perceived temperature: The method of the Deutscher Wetterdienst for the assessment of cold stress and heat load for the human body, Internet Workshop on Windchill, April 3-7, 2000, Meteorological Service of Canada;

[6] Kalkstein L. S., Greene J. S. (1997): An evaluation of climate/mortality relationships in large US cities and the possible impacts of climate change, *Environ Health Perspect*, 105:84-93;

[7] Matzarakis A. et al. (1999): Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature, *Int. J Biometeorol*, 43:76-84;

[8] Matzarakis A. et al. (2007): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model, *Int J Biometeorol*, 51:323-334;

[9] OFCM (2003): Report on wind chill temperature and extreme heat indices: evaluation and improvement projects, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, Washington, <http://www.ofcm.gov/jagti/r19-ti-plan/r19-ti-plan.htm> (ver. 25.6.2007);

[10] Robinson P.J. (2001): On the definition of a heat wave, *J Appl Meteor*, 40:762-775;

[11] Steadman R.G. (1971): Indices of windchill of clothed persons, *J Appl Meteor*, 10:674-683;

[12] Steadman R.G. (1979): The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science, *J Appl Meteor*, 23:1674-1687;

[13] UTCI (2001-2006): UTCI, www.utci.org (průběžně doplňováno – ver. 25.6.2007);

[14] Watts J.D., Kalkstein L.S. (2004): *J Appl Meteor*, 43:503-513;