

Duhová barevná stupnice její nevýhody a jak ji nahradit

Jan Souček, ARCDATA PRAHA, s.r.o.

S použitím duhové barevné škály (správně bychom patrně měli napsat „stupnice celého barevného spektra“) jste se už jistě setkali, například na některých meteorologických mapách, v termokamerách, při vizualizaci námahy materiálu a ve spoustě dalších simulacích, vizualizacích dat a jiných schématech. V tomto článku se dozvíte, proč byste tuto barevnou stupnici už nikdy neměli použít, a získáte přehled o jejích alternativách.

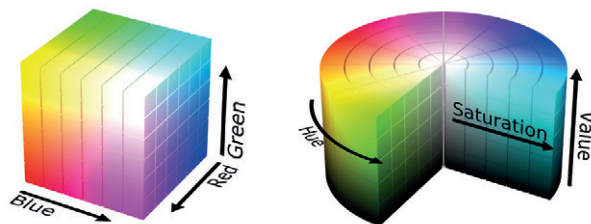
Začněme nejprve otázkou, proč je duhová barevná stupnice tak atraktivní a co vede lidi k tomu, aby ji použili. Zcela nevědecká odpověď, která nás vzápětí napadne, zní: „možná je k dispozici jako výchozí výběr a možná lidem přijde hezká.“ První část odpovědi nás na správnou stopu nepřivede, protože jako výchozí výběr tuto stupnici snad už v žádném softwaru nenajdeme. Druhá část odpovědi nám ale dost napoví. Stupnice se může zdát „hezká“, protože její barvy jsou syté a některé z nich jsou i dost výrazné. Uživatelé také mohou oceňovat, že stupnice obsahuje mnoho barev, a tak předpokládají, že lze díky tomu snadněji rozeznávat jednotlivé hodnoty, které stupnice reprezentuje. Ale je tomu opravdu tak?



Obr. 1. Duhová barevná stupnice.

NEJPRVE BAREVNÁ TEORIE

Existují různé způsoby, jak v digitálním světě popisovat barvy. Barevný model RGB k tomu používá princip skládání tří barevných světél (červeného, zeleného a modrého) a používá se především při zobrazování barvy na displeji.



Obr. 2. Barevné modely RGB a HSV.

Přímo totiž vyjadřuje intenzitu, s jakou mají jednotlivé barevné body obrazovky svítit.

Barevné modely typu HSL popisují v jedné složce jas barvy, ve druhé její sytost a ve třetí odstín. A to je pro duhovou stupnici ideální – sytost i jas stačí držet konstantní a změnou posledního parametru dokážeme procestovat celé barevné spektrum. Je to jednoduché a lze to snadno implementovat, stupnice vytvořená tímto způsobem je však v několika ohledech problematická.

BARVOSLEPÝM NEPOMŮŽEME

I když to zní trochu směšně, musíme jako první nevýhodu barevné stupnice uvést, že není vhodná pro barvoslepe. Při tvorbě našich map je vždy dobré zkontrolovat, zda budou čitelné i pro čtenáře, kteří trpí nejčastějšími poruchami barevného vnímání. Mnoho barevných stupnic je navrženo tak, aby je dokázali uspokojivě rozeznat i oni. Duhová stupnice však mezi ně nepatří, jak se můžete přesvědčit na obrázku 3.



Obr. 3. Duhová barevná stupnice, jak ji vidí člověk postižený protanopií, jednou z poruch barvocitu. Nějakou formu poruchy barvocitu je postiženo až 9 % mužů a 0,5 % žen.

MAPA SE NEVYTISKNE DOBRĚ

Stupnice se lidem může líbit, protože na obrazovce vidí jasné a zářivé barvy. Pokud si však mapu vytisknou, zjistí, že celá jaksi zešedla a výrazné barvy se ztratily. To je zapříčiněno rozdílem mezi barvovým prostorem RGB (ve kterém na počítači obvykle pracujeme) a CMYK (který používají tiskárny). Tiskárna tvoří obraz mícháním inkoustů, a proto zářivé a světlé barvy dokáže vytisknout zejména v oblasti azurové, purpurové a žluté. Ostatní barvy jsou pak již určitým kompromisem, zejména se to projeví na zelených barvách.

I tak ale prostor CMYK nedokáže vytisknout ty úplně nejzářivější barvy. Pokud použijeme stupnici barev s maximálním jasnem a saturací, beze změny bude pouze malý kousek kolem žluté a oranžové, jak je vyznačeno na obrázku 4.



Obr. 4. Červenou barvou je vyznačeno, které části barevné stupnice se při tisku (jinými slovy při převodu z RGB do CMYK) změní.

NĚKTERÉ BARVY JSOU VÝRAZNĚJŠÍ

Jednoduchost, s jakou model HSL popisuje barvy, má nevýhodu v tom, že hodnota jasu barvy neodpovídá tomu, jak jas barvy vnímají naše oči. Není zaručeno, že různé odstíny barvy se stejnou hodnotou jasu a sytosti budeme vnímat stejně výrazně. Podíváme-li se na duhovou barevnou stupnici, hodně na nás bude zářit žlutá a azurová, zatímco modrá se zdá velmi tmavá. Ještě lépe si to vyzkoušíme, pokud stupnici převedeme do stupňů šedi (obr. 5). Vyvážená stupnice by byla rovnoměrná (a to buď celá stejně šedá, nebo by se jedním směrem zesvětlovala, případně ztmavovala).



Obr. 5. Po převodu do stupňů šedi je vidět, které barvy v duhové stupnici působí výrazněji. Lidské oko je totiž na změnu jasu citlivější než na změnu barevného odstínu. (Pokud vám přijde, že si světlosti v oblasti azurové barvy neodpovídají, na vině je to, že převodem do stupňů šedi jsme analyzovali původní stupnici v RGB, zatímco vrchní stupnice je vytištěná, a tedy ve CMYK.)

Tyto variace ve světlosti jsou dalším důvodem, proč některým lidem přijde tato stupnice jako „pestrá“ a jako stupnice, na které bude možné rozeznat mnoho hodnot. Tyto velké rozdíly však mohou snadno zapříčinit, že vizualizovaná data budou špatně interpretována. Ukážeme si to hned vzápětí.

DUHA VEDE KE ŠPATNÉ INTERPRETACI

Barevnou stupnici pro vizualizaci dat volíme tak, aby bylo dobře poznat, která data mají nízkou a která vysokou hodnotu. Lidské vnímání je dobře přizpůsobeno k rozeznávání jasu, rozeznávání barevných odstínů je však mnohem těžší. Kromě toho, že nám může situaci zkomplikovat barvoslepost, není řazení barev do spektrálního pořadí intuitivní. Asi každý dokáže seřadit pět šedých kartiček od nejsvětlejší po nejtmaší. Ale dokázali byste za sebe správně seřadit pět barev? Pokud vy ano, co váš kolega, který nemá zkušenosti s grafikou? Dítě? Babička? A kolik přemýšlení to zabere? Pořadí barev dle vlnové délky světla se musí každý někde

naučit. Není to poslušnost, na kterou bychom byli geneticky připraveni.

Zrazuje nás také intuitivní vnímání teplých a studených barev. Doufám, že nejsem jediný, komu přijde sytá purpurová barva jako docela teplá – najdeme ji však jako „nejstudenější“ barvu ve spektru. A přijde vám na mapě teplejší zářivě žlutá ve třetině spektra, nebo červeno-oranžová na jeho nejteplejším kraji?

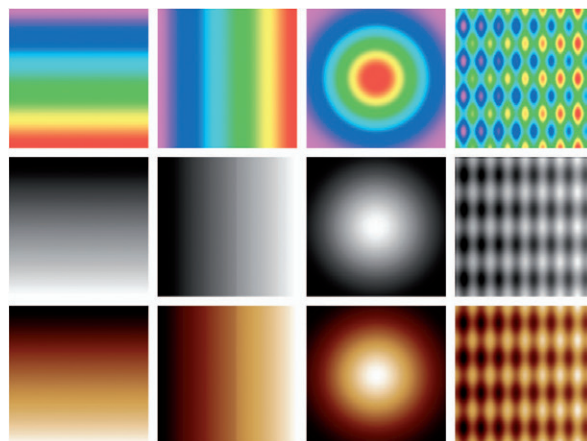
Vnímání barev je tedy ovlivněno nejistotou, kterou si do procesu dekódování barevné stupnice přináší každý čtenář na základě svých schopností a zkušeností.



Obr. 6. Seřadit šedé čtverce podle jejich tmavosti není těžký úkol. Ale dokážete správně seřadit barevné čtverce podle spektrálního pořadí? Zařadíte prostřední barvu spíš na začátek, nebo na konec spektra?

Vidíme, co není, a nevidíme, co je

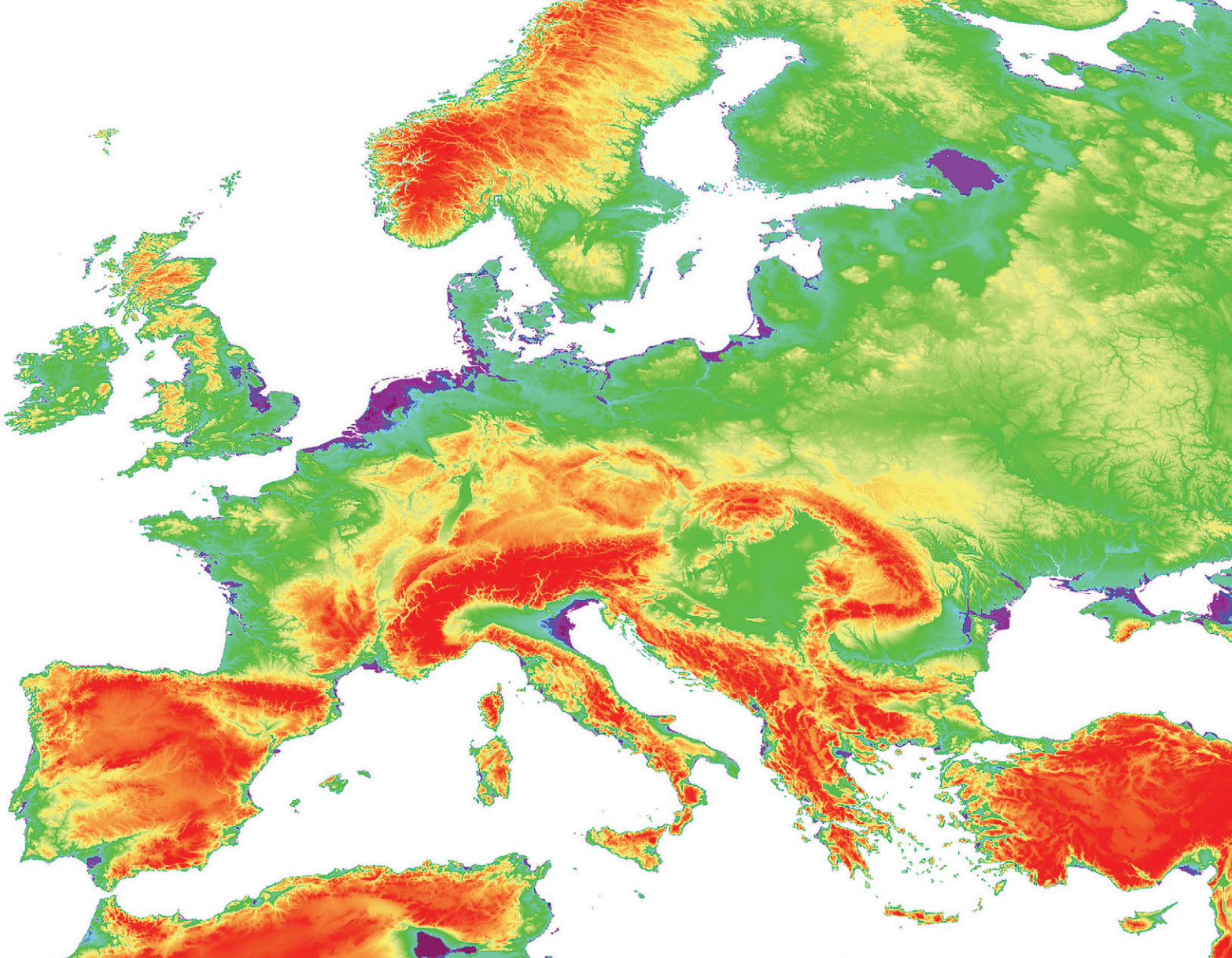
Rozdíly v různém vnímání jednotlivých barev stupnice zapříčínají zásadní nevýhodu: v datech můžeme vidět vzory, které se v nich ve skutečnosti nevyskytují. Na obrázku 7 vidíme různá ukázková data zobrazená duhovou stupnicí, ve stupních šedi a nakonec gradientem od tmavě hnědé po žlutou a bílou. První sloupec ukazuje použitou stupnici



Obr. 7. Různé typy dat zobrazené třemi stupnicemi. Duhová neukáže schůdek v datech ve druhém sloupečku, ve třetím a ve čtvrtém vytváří z plynulých dat zdánlivé „schody“.

ci, ve druhém sloupci je uprostřed čtverce nespojitost v datech; malý „schůdek“, kterého si ve spodních dvou řádcích díky změně jasu všimneme – u barevného odstínu ale tak malou změnu nejsme schopni rozeznat.

Kopec ve třetím sloupci vypadá v barvě spíš jako soustředné kruhy a vnímání celkového charakteru dat ve čtvrtém sloupci je přirozenější ve spodních dvou řádcích.



Obr. 8. Reliéf Evropy v duhových barvách zvyrazňuje terénní tvary které ve skutečnosti nejsou tak výrazné. Podobné artefakty vytváří duhová stupnice na jakýchkoliv datech, na kterou ji použijeme.

Jak se to projevuje ve skutečných vizualizacích? Zkusme toto barevné schéma aplikovat například na reliéf Evropy. Zejména na rozhraní žlutá/zelená a žlutá/červená vnímáme hranice celků, které ve skutečnosti neexistují. Naopak v oblasti přechodu mezi zelenou a azurovou nevnímáme mnoho změn. Detaily se zde vytrácejí, zdá se, že v nich „není nic důležitého“ a že se máme zaměřit na oranžové a žluté části.

Místo toho, aby nám vizualizace poskytla ucelený pohled na data, nám náhodně některé jevy zdůrazní a jiné potlačí.

CO S TÍM

V zásadě máme dvě možnosti, jak se s nevýhodami duhové barevné stupnice vypořádat. První možností je vybrat si zcela jinou stupnici, druhou možností je pokusit se špatné vlastnosti duhové stupnice opravit.

Možnosti úpravy duhové stupnice

Jedním z problému stupnice je nevyrovnaný jas. Můžeme se jej pokusit opravit, a to tak, že stupnici převedeme do barevného modelu Lab, ve kterém kanál L popisuje jas

a kanály a a b barvy. Pokud kanál L zarovnáme, stupnice bude vypadat (s určitým posunem kvůli tisku) takto:



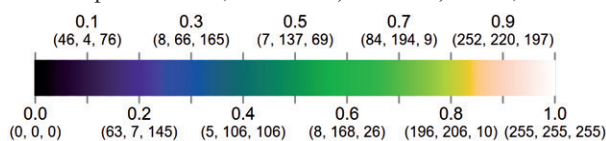
Obr. 9. Stupnice s vyrovnanou složkou jasu.

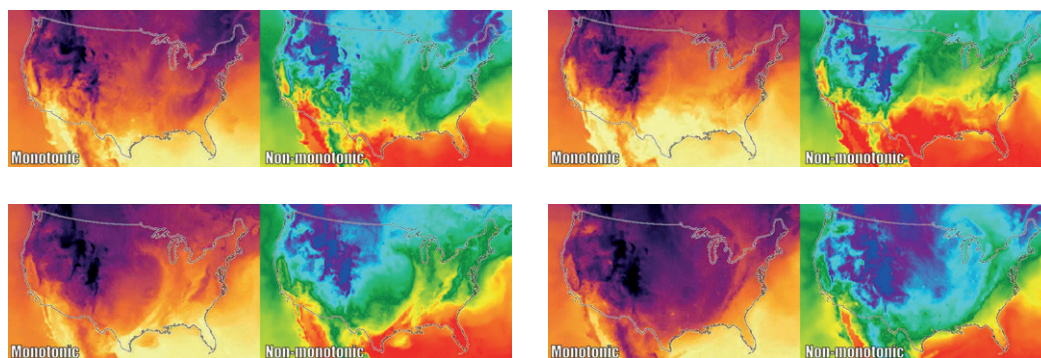
Stupnice vypadá trochu mdlé – to protože žádná z barev není výrazná. Abychom lépe vyjádřili posun od nízkých hodnot k vysokým, můžeme místo uniformního jasu použít přechod, kdy vlevo budou barvy tmavší a vpravo co nejsvětlejší.



Obr. 10. Stupnice s vyrovnanou složkou jasu.

Jako stupnici vytvořenou tímto způsobem můžeme uvést například tuto (Kindlmann, Reinhard, Creem)²:





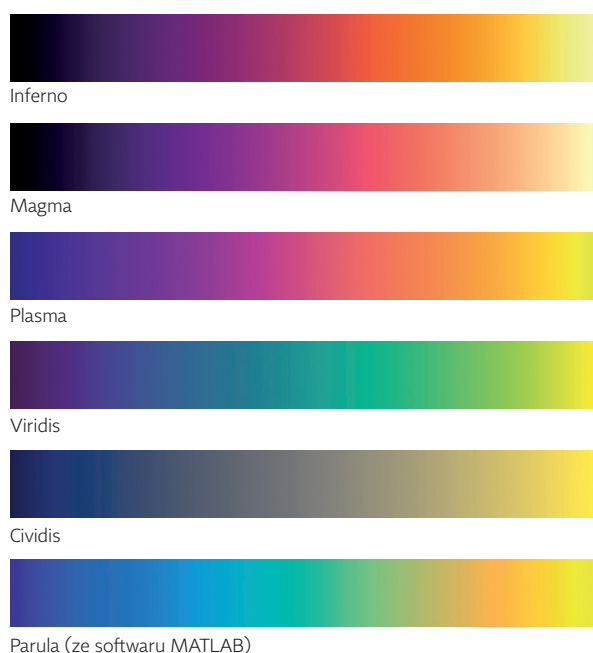
Obr. 13. Rozdíl mezi duhovou stupnicí a stupnicí Inferno. (Zdroj: Twitter Justina Braatena, @jstnbraatena.)

Jiné stupnice

Mnoho prací se zabývá návrhem lepších stupnic, než je duhová. Snaží se dodržet především tyto zásady:

- › Končit žlutou či bílou barvou, aby **nejvyšší hodnoty byly nejsvětlejší**.
- › Postupovat **rovnoměrně** od tmavých barev do světlých.
- › Udržet **jednoznačnost i pro barvoslepé**.

Mezi takové stupnice patří například *Inferno*, *Magma*, *Plasma* a *Viridis*, které najdeme v nabídce aplikace ArcGIS Pro. Zejména na využití barvoslepými je pak zaměřena stupnice *Cividis* (také je v nabídce ArcGIS). V programu MATLAB duhu nahradila stupnice *Parula*.



Obr. 12. Barevné stupnice, které doporučujeme používat místo duhové barevné stupnice.

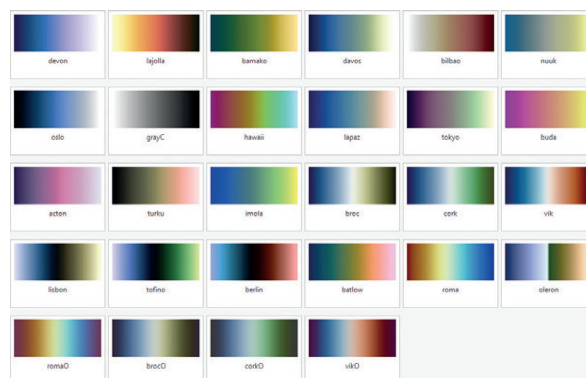
K dalšímu čtení

¹ Borland D., Taylor R. M., *Rainbow Color Map (Still) Considered Harmful*, IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 27, no. 2, str. 14–17, Apr. 2007.

² Kindlmann G., Reinhard E., Creem S. *Face-based luminance matching for perceptual colormap generation*. In Proceedings of IEEE Visualization, str. 299–306, October 2002. DOI 10.1109/VISUAL.2002.1183788.

SCIENTIFIC COLOR SCHEMES

V době sazby tohoto článku vytvořila Esri skupinu na ArcGIS Online s názvem **Scientific Color Schemes**, ve které naleznete styly pro aplikaci ArcGIS Pro, obsahující barevné stupnice vytvořené podle návrhu Fabia Crameriho (www.fabiocramerich.ch). Na jeho stránkách je každá ze stupnic podrobena i percepční analýze. Pokud tedy chcete vyzkoušet nějakou netradiční, ale dobře navrženou stupnici, prohlédněte si jeho stránky a ze skupiny na ArcGIS Online si stáhněte příslušné styly.



Obr. 14. Barevné stupnice podle návrhu Fabia Crameriho.

ZÁVĚR

Duhová stupnice si užila největší slávu v minulosti, kdy bývala výchozí barevnou stupnicí v nejrůznějších programech. To se však mění ve prospěch lepších stupnic. Skvělé je, že s použitím duhové barevné stupnice jsme se mezi našimi uživateli již několik let neseťkali, ať se jedná o soutěž posterů na Konferenci GIS Esri v ČR, nebo o vizualizace ve člancích v ArcRevue, a tak duha snad už navždy zůstane pouze na obloze. ◀◀

Ing. Jan Souček, ARCDATA PRAHA, s.r.o.
Kontakt: jan.soucek@arcdata.cz