

1.2.1.1 Barva jako kartografický vyjadřovací prostředek

Barva je na mapě nejsilnějším vyjadřovacím prostředkem. Barevné plochy značně ovlivňují čitelnost mapy – zatěžují mapu, pokud jsou použity v plochách.. Zásady práce s barvami známé z kartografických publikací ([12],[18],[24],[28],[29],[42],[58]) a z kartografické praxe lze v mnohém obohatit o zkušenosti z dosud v kartografii nedoceňované teorie malby ([47],[61]) a široké oblasti zabývající se počítačovou grafikou ([17],[34],[35]). Zatímco první dva jmenované zdroje jsou v podstatě orientovány na teorii percepce barev, praktické zkušenosti i poznatky získané z oblasti počítačové grafiky jsou z velké části technologicky orientovány.

Teorie barev

Barva primárně vzniká odrazem části spektra od povrchu. Právě schopnost předmětů pohltit povrchem pouze část „bílého“ světla nám umožňuje barevné vidění. Rozkladem bílého světla získáme šest základních spektrálních složek – purpurovou (magenta), červenou (red), žlutou (yellow), zelenou (green), azurovou (cyan) a tmavě modrou (blue). Za „pravé“ barvy (true colour) považujeme ty, které tvoří virtuální prostor vyplněný necelými 17 milióny barevnými odstíny. Lidské oko je schopné rozlišit cca 17 000 odstínů chromatických barev a asi dalších 300 odstínů šedi [3]. Barevné modely jsou jedním ze způsobů, jak zorganizovat barvy a jak vymezit prostor obsahující odstíny, které je schopen člověk vnímat, které jsme schopni tisknout nebo které jsme schopni zobrazit na monitoru počítače.

Obr.6 Barevné spektrum



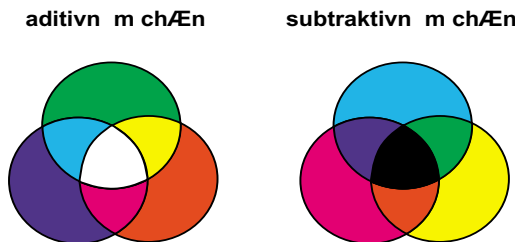
Obecně lze barevné modely rozčlenit do čtyř skupin [34]:

- Modely založené na fyziologii oka – RGB model, CMYK model
- Kolorimetrické barevné modely, založené na fyzikálním měření spektrální odrazivosti – chromatický diagram CIE
- Komplementární modely, založené na percepčních experimentech, užívající dvojice komplementárních barev
- Modely psychologické a psychofyzikální - HSV

Modely založené na fyziologii oka – RGB model, CMYK model

Na výše zmíněných šesti základních spektrálních barvách stojí dva hlavní barevné modely současnosti – **RGB**, používaný všemi barevnými monitory, a **CMY**, používaný pro barevný tisk. Podle těchto dvou modelů **rozlišujeme barvy světelné a barvy pigmentové**. Kostru teorie barev tvoří poznatek, že použitím tří barev - červené (red - R), zelené (green - G) a modré (blue - B) = RGB, při aditivním míchání barev nebo tyrkysové (cyan - C), purpurové (magenta - M) a žluté (yellow - Y) = CMY, při použití subtraktivního míchání barev - lze získat libovolnou jinou barvu.

Obr.7 Míchání barev



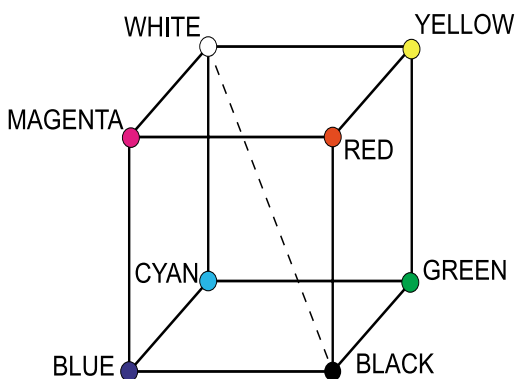
RGB model

RGB (red/červená, green/zelená, blue/modrá) model pracuje na principu aditivního, neboli **světelného** (také sčítacího) míchání barev. Základem tohoto principu je fakt, že tři světelné svazky, tmavě modrý, sytě červený a sytě zelený, dohromady vytvářejí jasné, zářivé bílé světlo; jinými slovy, rekonstruuji světlo, jehož složkami jsou [47]. Na základě tohoto modelu pracují všechny monitory, televizní obrazovky apod. Data a informace zobrazované na nich tedy vždy vnímáme právě prostřednictvím tohoto modelu a i lidské oko je svými receptory přizpůsobeno pro vnímání a „míchání“ barev z těchto tří složek. Celá obrazovka se skládá z malých reflektorů vyzařujících červené, zelené a modré světlo. Teprve nedokonalost oka spolu s intenzitou jednotlivých světelných paprsků vytvoří výsledné barvy.

Barevný prostor, tj. myšlenková transformace barevného spektra a jeho změna do fyzicky existujícího tělesa, je představován tzv. **jednotkovou krychlí**. Jednotlivé barevné odstíny jsou v tomto prostoru definovány množstvím (intenzitou) primárních barev. Intervaly změny odstínu jsou definovány jako lineární (každá ze tří primárních barev může nabývat stejného počtu hodnot), nejběžnější je dělení 0-255 (při RGB kódování 24bitové barvy).

Jednotková krychle má ve vrcholech horní podstavy zleva doprava bílou, žlutou, červenou a purpurovou, ve vrcholech spodní podstavy pak zleva doprava azurovou, zelenou, černou a modrou. Spojnice bílá-černá tvoří jednu z vnitřních os krychle a je achromatická.

Obr.8 RGB a CMY barevný prostor – jednotková krychle



Červená, zelená a modrá jsou **primárními** světelnými barvami, jejich vzájemným smísením vznikají **sekundární** světelné barvy žlutá (zelená + červená), azurová (modrá + zelená) a purpurová (červená + modrá). Azurová je vžitý technický termín odpovídající středně syté neutrální modré, purpurová pak představuje středně sytou karmínovou červeně.

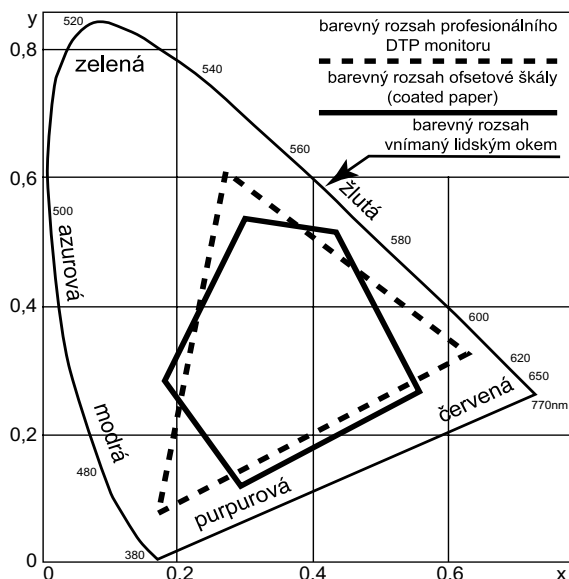
Výhodou tohoto modelu je snadná matematická definice barvy a tím pádem vhodnost pro použití v programování a počítačové grafice, nevýhodou na představivost náročné určení požadované barvy. Právě tato náročnost na lidskou představivost a myšlený pohyb uvnitř jednotkové krychle spolu s relativní snadností definice a převodu barvy vede u mnoha systémů ke skrytí vlastního RGB modelu, nutného pro zobrazení na monitoru, pod modely typu HSL, HSV – modely psychologické a psychofyzikální. Důvod je nasnadě – definice nebo určení barvy v barevném prostoru je přirozenější, pokud jsou odstín (HUE), nasycení (CHROMA) a světlost (LIGHTNESS, VALUE) indikovány jako oddělené parametry.

CMY (CMYK) model

CMY (cyan/azurová, magenta/purpurová, yellow/žlutá) model pracuje na principu subtraktivního, nebo-li **pigmentového** (také odečítacího) míchání barev. Na rozdíl od RGB modelu, který je v podstatě založen na vyzařování světla, je pigmentový model založen na **odrazu** světla. Snadno můžeme rozdíl demonstrovat na následujícím příkladu: smísením červeného a zeleného paprsku světla získáme světlo žluté, opak smísením azurového a žlutého pigmentu získáme zelenou barvu (azurové barvivo pohlcuje červenou složku dopadajícího bílého světla, žlutá pohlcuje modrou složku a obě odráží zelenou složku - výslednou barvu předmětu). Barevný prostor je obdobně jako u RGB zastoupen jednotkovou krychlí. Metody a tedy i problémy s mícháním barev jsou obdobné jako u RGB modelu. Zatímco ale při aditivním míchání skutečně získáme čistě černou barvu (nepřítomnost světla), subtraktivním smícháním azurového, purpurového a žlutého pigmentu čistě černé barvy nedosáhneme. Maximálně dosažitelná je tmavošedá barva. CMY model je proto obvykle obohacován o čtvrtou složku – černou (black). Výsledný model **CMYK** je druhým základním barevným modelem naší reality. Stejně jako všechny monitory principiálně pracují v RGB módu, většina tiskáren nakonec bude pracovat v módu CMYK.

Právě užívání tohoto modelu při tisku dělá z vlastností a omezení CMYK modelu nejdůležitější fázi přípravy veškerých materiálů pro výstupy. V současné době existují i vícebarevné tiskárny (šesti – sedmi barevné), navíc je možnost dotisknout jakoukoliv vybranou barvu (metalické barvy), ale náklady na tisk se neúnosně zvyšují. Teoreticky jsou sice možnosti RGB a CMYK modelu totožné, ve skutečnosti je tisknutelné barevné spektrum oproti světelnému menší a to zejména v oblasti jasných „zářivých“ barev okrajů spektra (viz Obr.9)

Obr.9 Spektrum použitelné pro RGB, CMY a lidské oko (Kočička, 1998)



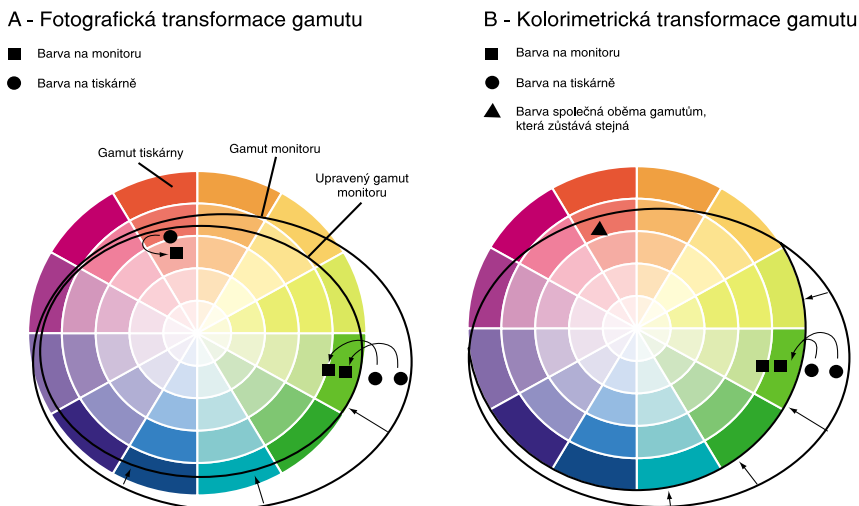
Při převodu z RGB (pracovní model při počítačové tvorbě mapy jako podkladu pro tisk klasické papírové analogové mapy) do CMYK (výstupový model na papír) dochází jak je z předchozího zřejmé k nutné **degradaci**, která se děje na úkor kontrastnosti, tak důležité právě v kartografii. Stažení jasu vysoce zářivých odstínů může značně ovlivnit čitelnost mapy a proto je nutné přípravě podkladů pro tisk věnovat značnou pozornost, aby výsledná degradace byla co nejmenší. Tato příprava je nutná nejen pokud se jedná o tzv. „rychlý“ tisk – na příruční tiskárně či plotteru nebo jde o velkokapacitní tisk na ofsetové tiskárně.

Základním pojmem pro kontrolovanou barevnou degradaci tiskového výstupu je tzv. **kontrola gamutu**.

Definice: **Gamut** (český ekvivalent – rozsah – se v praxi nepoužívá) znamená maximální barevný rozsah, který je schopen daný barevný model pojmut [17].

Pokud provádíme kontrolu gamutu, obvykle dojde k vyznačení kritických částí spolu s nabídkou barvy, která bude použita pro tisk. Proces, při němž dochází k nahrazení jedné barvy barvou jinou označujeme jako fotografickou nebo kolorimetrickou transformaci [30]. V případě úpravy pseudorealistických obrazů typu fotografie, orthofotomapa, letecký nebo družicový snímek se používá **fotografická transformace** barev (viz Obr.10), neboť lidské oko v těchto případech snáze snese celkové deformace než barevný posun. **Kolorimetrická transformace** se používá u přímých barev, jejichž použití je nejčastější při přípravě klasických mapových obrazů, kdy se barvy ležící mimo výsledný gamut převedou do okrajové zóny výsledného gamutu [30]. Princip zkrácení barev převodem barev z RGB do CMYK je patrný z Obr.10

Obr.10 Transformace gamutu



Z Obr.10 jasně vyplývá, že v určitých oblastech jednoznačně dochází při tisku ke „slití“ odstínů dohromady. Tento poznatek je zvlášť důležitý při klasifikaci kategorií, kdy může, při zvolení nesprávných odstupů volených odstínů, docházet ke snížení čitelnosti mapy.

Dalšími pojmy, které mohou podstatně změnit kvalitu tiskového výstupu oproti monitoru jsou dithering a halftoning.

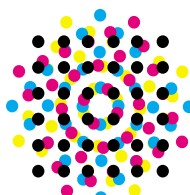
Definice: Dithering (rozklad, rozptylování) je proces, při němž dojde k nahrazení barevné plochy sítí bodů základních barev, které díky nedokonalosti vnímání lidského oka vytvoří prostřednictvím optického míchání barev dojem barvy původní.

Dithering vychází ze schopnosti lidského oka vytvářet z několika blízkých barevných paprsků vjem jediného paprsku, jehož barva je dána aditivním složením barev paprsků původních. Existuje několik metod ditheringu (náhodné rozptýlení, maticové rozptýlení).

Jak už bylo řečeno, většina tiskáren je čtyřbarevných, takže ditheringu se lze jen těžko vyhnout. Naopak je nutné si uvědomit, že i monitor de facto dokáže zobrazit jen čtyři barvy (RGB + černá při nepřítomnosti světla). Dochází tedy i na něm k ditheringu. Výsledný vjem barev v lidském oku nazýváme **optické míchání barev**. Specifickou metodou ditheringu je tzv. halftoning (polotónování).

Definice: Halftoning (polotónování) je specifickou metodou ditheringu (rozkladu). Při dvoubarevném tisku je intenzita barvy daná velikostí procenta pokrytí plochy barvou. Obvykle je použita pravidelná síť bodů, při vícebarevném tisku jsou sítě jednotlivých barev potřebných k vytvoření efektu barvy výsledné natočeny v určitém úhlu a to tak, aby nedocházelo ke vzniku nepravidelných rušivých vzorků.

Obr.11 Natočení polotónových rastrů



Teorie ditheringu úzce souvisí s optickými vlastnostmi lidského oka a jeho nedokonalostmi, které umožňují jednak zkvalitnění vnímaného jevu (zástupnost barev), jednak ale mohou způsobit chybnou interpretaci jevu či znaku („optické triky“, viz např. [12],[17],[29],[42]). Přes to, že zástupnost barev je dobře využitelná při tisku, problém převodu RGB modelu do CMYK modelu neřeší. Zástupnými barvami totiž nelze namíchat jasné zářivé „světelné“ odstíny barev, jejichž základní podstatou je vlastní energetický zdroj.

RGB a CMYK modely mají jednu společnou nevýhodu. Jde o na představivost náročnou tvorbu požadovaného odstínu a obtížné vytvoření harmonických škál. Ačkoliv matematicky jsou oba dva modely relativně snadnou záležitostí a ani převod mezi nimi není neřešitelným problémem (viz např. [34]), interaktivní a vizuálně kontrolované míchání záležitostí triviální není. Problematikou optimální kalibrace počítačového hardware vzhledem k zobrazování barev a propojením na tiskové jednotky se detailně zabývají všechny větší firmy zabývající se počítačovou grafikou. Díky tomuto lze v dnešní době nalézt mnoho barevných vzorníků, jak v tištěné, tak v digitální formě. Použití těchto vzorníků (s uvedenou definicí ve CMYK i RGB) se jeví jako alternativní řešení v situaci, kdy software neumožňuje zvolit některý z intuitivních barevných modelů (HSV, HSL, Munsell). Použití některého z **připravených barevných vzorníků** (např. Pantone) zabezpečuje po stránce barev vyhovující kvalitu tisku.

Obr.12 Příklad vzorníku barev nabízeného firmou PANTONE

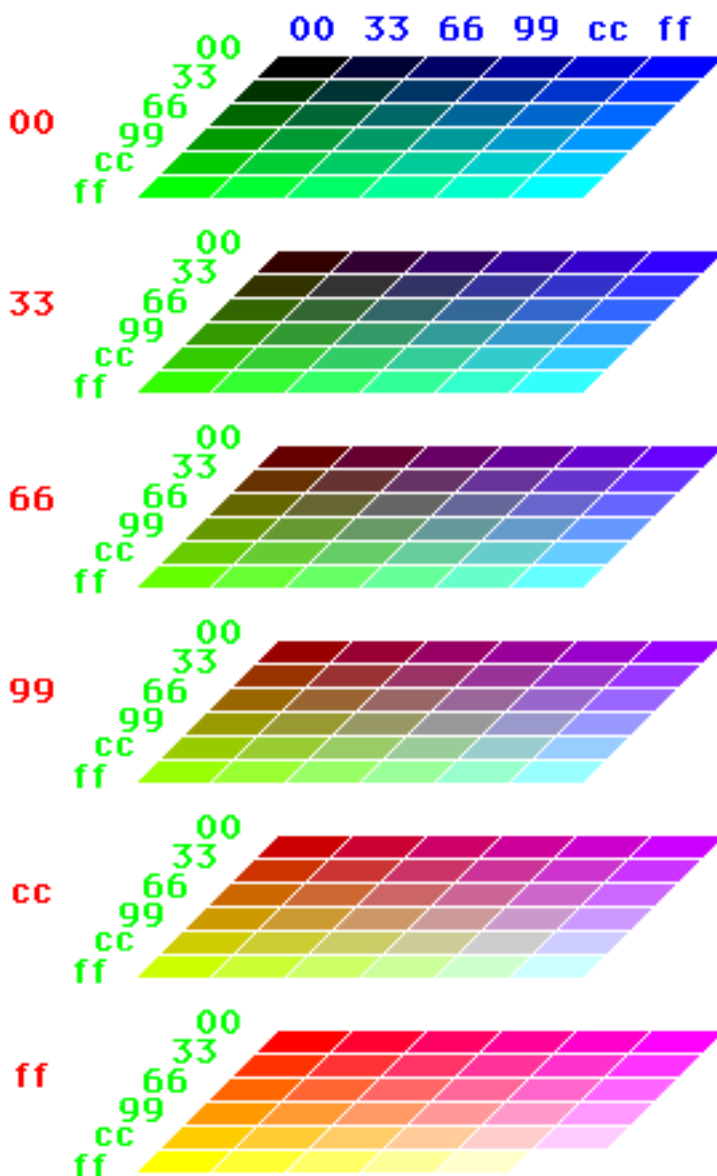


Barvy v elektronickém publikování

Při publikování map elektronickou formou odpadá problém konverze z RGB modelu do CMYK modelu. Každý monitor (s výjimkou B/W) pracuje v RGB módu, výpočetní technika však stále v mnoha případech není natolik dokonalá, aby dokázala zobrazit celé barevné spektrum – RGB gamut. Skutečnost je taková, že se zobrazují pouze vybrané odstíny, podle bitové hloubky monitoru – 8, 256, 32.768, 65.536 nebo 16.777.216 barevných odstínů. Nejběžnější 8bitové zobrazování umožňuje bez problémů zobrazit 256, respektive 216 barev (40 odstínů jsou tzv. systémové barvy, různé pro různé platformy – UNIX/Windows). Pro elektronické publikování – publikování v síti Internet prostřednictvím WWW a tedy jazykem HTML jsou tak striktně vymezeny mantinely, které je nutné s ohledem na uživatele respektovat. I když se jedná o poměrně omezený počet využitelných odstínů, z nichž je navíc většina pro kartografické využití nevhodná není situace z kartografického hlediska tak kritická. Oproti fotografiím je většina map barevně velmi chudá – běžně jsou zde velké plochy vyplněné jednou barvou. Na rozdíl od fotografie (orthofotomap, leteckých a

družicových snímků) je naopak u map žádoucí, aby byly hranice mezi barevnými plochami a jednotlivými odstíny jasně rozlišitelné. **Systémová barevná tabulka** (systémová paleta barev) je orientována především na zobrazování materiálů typu fotografie. Barvy jsou prakticky všechny v obdobné hodnotě jasu, což může poněkud zkomplikovat zobrazování popisu, mimoměřítkových znaků apod. a tím snižovat informační hodnotu mapy a její čitelnost.

Obr.13 Systémová barevná tabulka pro PC



Jednotlivé barvy systémové palety barev jsou ve WWW browseru definovány **hexadecimálním** kódem. Barevné těleso tvoří krychli (viz Obr.13), kde každá strana obsahuje 6 barev (celkem tedy 216) – týká se PC. Barvy jsou vedeny v RGB modelu a každá ze složek modelu nabývá hodnot 00, 33, 66, 99, CC, FF (v decimálním kódu pak 0, 51, 102, 153, 204, 255). Základní barvy jsou pak zapsány pod těmito kódy: červená – #FF0000, zelená – #00FF00, modrá – #0000FF. Vyskytne-li se na obrázku či mapě jiná barva, než je uvedena v systémové paletě, může dojít ke dvěma situacím. Je-li „neznámá“ barva blízká některé ze systémových, je jednoduše touto blízkou systémovou barvou nahrazena. Pokud se tato operace nepodaří, dochází k použití ditheringu (dithering viz výše).

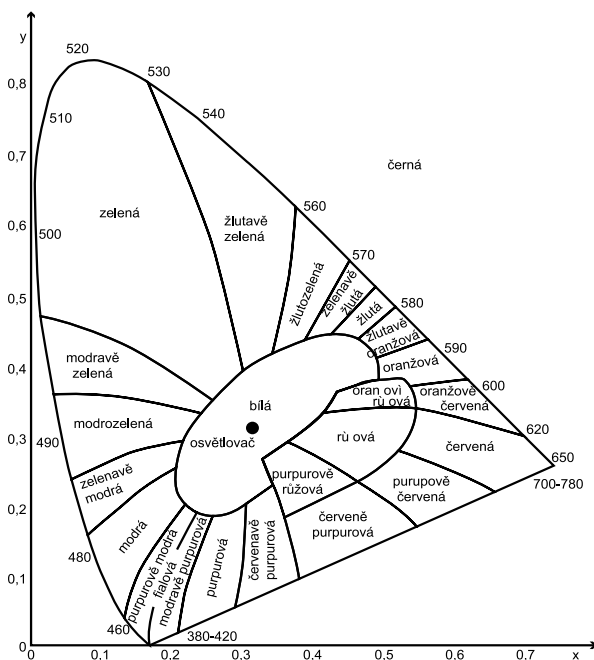
Obecně není vhodné nechat provedení ditheringu na koncovém zařízení (adaptéru uživatele Internetu), neboť výsledek většinou neodpovídá představám a potřebám tvůrce WWW prezentace. Ideálním řešením je provedení ditheringu (tentokrát v RGB modelu) ještě před uveřejněním prezentace. Bohužel soubory, kde je použito ditheringu jsou větší, pomaleji se přenášejí a texty někdy bývají hůře čitelné než tam, kde ditheringu použito není.

Kolorimetrické barevné modely, založené na fyzikálním měření spektrální odrazivosti – chromatický diagram CIE

Diagram CIE

S ohledem na proměnlivost citlivosti lidského zraku na různé vlnové délky byl Mezinárodní komisí pro osvětlení (International Commission on Illumination - CIE) sestaven kolorimetrický diagram (viz Obr.14). Tento diagram byl sestaven na základě dlouhodobého výzkumu a experimentů s lidským vnímáním stejně jako na základě fyzikálních měření a experimentů se světlem a barvami. Jedná se o poměrně složitou konstrukci, v rámci níž je každou barvu možné jednoznačně definovat pomocí tzv. „trojbarvé jednotky“ ve vztahu k základním barvám. V praxi se tato konstrukce pro práci s barvami používá pouze jako teoretický podklad.

Obr.14 Diagram barev mezinárodního kolorimetrického systému



Komplementární modely, založené na percepčních experimentech, užívající dvojice komplementárních barev

Teorie **komplementárních (doplňkových) barev**: Smísením dvou primárních barev vzniká sekundární barva, jejímž doplňkem je ta primární barva, která v její kompozici chybí (purpurová + azurová = tmavě modrá, doplněk = žlutá) [47].

Obr.15 Primární a sekundární barvy a jejich doplňky



Doplňkové barvy leží v barevném spektru vždy na **protilehlých** stranách. Jejich použití je vhodné pro vytvoření nápadných barevných kontrastů, protože maximálního barevného kontrastu dosáhneme právě položením barvy vedle jejího barevného doplňku. Pokud doplňkové barvy neleží vedle sebe, mají tendenci svému okolí barvu svého doplňku vnímat – efekt, který má za následek pocit neostrých, rozmytých rozhraní barev (**zákon indukce doplňkových barev**). Celkový kontrast mezi dvěma doplňkovými barvami je kromě barvy určen ještě **tonem**. Barvy s nízkým tonálním kontrastem (po převedení do odstínů šedi jsou prakticky nerozlišitelné) a velkým barevným kontrastem (purpurová/zelená) vyvolává efekt rozřesenosti – **doplňkové barvy podobného tónu jsou neslučitelné** [47]. Proto jsou definovány tzv. **barvy kontrastní**, u nichž je kromě barevného kontrastu využito i kontrastu tonálního. Kontrastní barvy se liší od doplňkových barev nejvíce pro modrou a žlutozelenou část spektra [12].

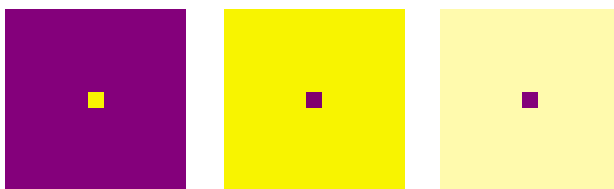
Obr.16 Barevný kontrast a tonální shoda



Dalším úskalím je opomíjená „**síla**“ barvy. Barvy s obdobnou sytostí a vysokou kontrastností mají schopnost „přehlušit“ své okolí různou intenzitou. Nezáleží tedy jen na vlastnostech barvy, ale i na jejím množství. Malá plocha jasně žluté barvy na sytě fialovém pozadí intenzivně září, fialová jí dodává maximální možnost vyniknout. V obráceném provedení – malá fialová plocha na jasně žluté ploše je zcela přehlušena. Žlutá barva doslova „pohltní“ fialovou a opticky snižuje její význam. Aby byly barvy v rovnováze, je nutné, aby

poměr ploch byl u dvojice žlutá:fialová 1:3, modrá:oranžová 2:1, purpurová:zelená 1:1. Tento fakt lze zobecnit do jednoduchého pravidla: *čím intenzivnější je barevný odstín (jasná červená až žlutá), tím menší může být plocha, na níž je použita*. Tento nepříjemný efekt „silových“ barev lze odstranit zvýšením tonálního kontrastu (projeví se zmenšením nasycení jasného odstínu).

Obr.17 Příklad silového působení barev



Natural Colour System

Modely tohoto typu jsou založeny na teorii „opačných“ barev. Podle této teorie existují dva páry barev (*červená/zelená* a *žlutá/modrá*), z nichž lze odvodit všechny ostatní barvy. Každou další barvu lze rozložit na základní složky s podmínkou, že může obsahovat vždy jen jednu barvu z každého páru. Existuje tedy zelenomodrá nebo červenomodrá (fialová), ale ne zelenočervená nebo žlutomodrá. Pro tvorbu šedých odstínů je přidán ještě třetí doplňkový pár *bílá/černá*, který současně definuje nasycení a světlost/tmavost barvy.

Parametry tohoto barevného modelu jsou **HUE** (barva, odstín) – určuje procento zastoupení dvou ze čtyř základních „párových“ barev (citrónově zelená = 65% žluté a 35% zelené), **BLACKNESS** (světlost/tmavost) a **CHROMATICNESS** (odpovídá nasycení, tedy poloze barvy na stupnici páru bílá/černá).

Tento model přináší důležitý aspekt - v kvadrantu od modré k červené je více barev než ve kvadrantech ostatních, což zohledňuje citlivost oka na různé vlnové délky. V praxi se s tímto modelem příliš nesetkáme, i když pro tvorbu kartografických škál by byl jistě přínosem.

Obr.18 Barevné páry NCS a jejich přechody

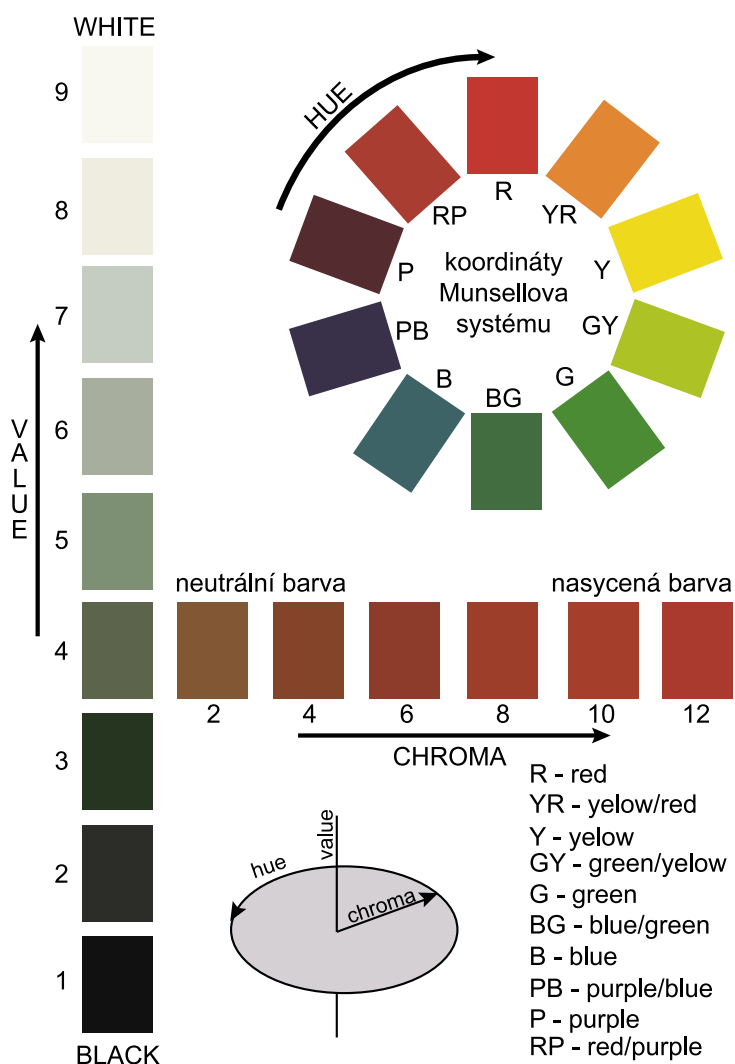


Modely psychologické a psychofyzikální

Munsell Colour System

Munsellův barevný model patří mezi první pokusy definovat barevný prostor (1946). Je definován jako srovnávací subtraktivní a je založen více na subjektivním pozorování než na přímém měření fyzikálních hodnot. Dodnes je hojně používán, zejména v oblasti průmyslu, který se věnuje práci s barvami. Munsell klasifikuje barvy třemi parametry – **HUE**, **VALUE** a **CHROMA**. Základní barvy jsou červená, žlutá, zelená, modrá a purpurová, dalších pět je získáno smícháním sousedních barev. Mezi nimi se rozlišují ještě další tři odstíny. Výsledných 40 barev je umístěno v kruhu, tvořícím podstavu válce, v jehož ose, která je achromatická, se mění VALUE (0 = černá, 10 = bílá). Poslední z parametrů, chroma roste od osy směrem k obvodu válce.

Obr.19 Munsell Color System

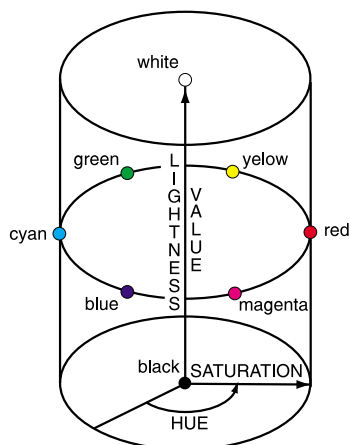


HSV a HSL modely

Modely HSV (HUE, SATURATION, VALUE) a HLS (HUE, LIGHTNESS, SATURATION) jsou velmi obdobné a pracuje se s nimi téměř stejným způsobem. Barevný prostor je definován jako **válec**. Základních barevných odstínů (**HUE**), definovaných na obvodu podstavy je zde 6 (červená, purpurová, modrá, azurová, zelená a žlutá), osa válce je achromatická, s bílou barvou v oblasti horní podstavy a černou v oblasti dolní podstavy, mění se na ní **VALUE** (u HSV) a **LIGHTNESS** (u HLS), což prakticky představuje světlost/tmavost odstínů. Proměnlivost nasycení (**SATURATION**) je řízena vzdáleností odstínu od středové osy válce (mění se v poloměru).

Předností tohoto typu modelu je **intuitivní míchání barev**. Při manipulaci s barvou je v první fázi zvolen příslušný barevný odstín (**HUE**), ve druhé fázi pak nasycení a světlost (**SATURATION** a **LIGHTNESS**). Barevný odstín se při manipulaci s nasycením a světlostí nemění, čehož se dá při míchání barev v RGB nebo CMYK dosáhnout jen těžší. Postup je tak shodný s postupem jak jej známe z obecné školy při kreslení vodovými barvami. V tomto případě také napřed volíme barevný pigment a následně jej ředíme vodou tj. „ubíráme“ nasycení a ztmavujeme či zesvětlujeme přidáváním černé (nebo jiné tmavé barvy) nebo běloby tj. upravujeme světlost.

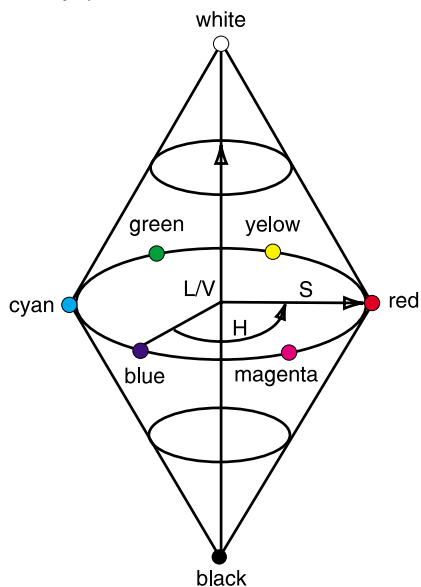
Obr.20 HSL a HSV barevný prostor



Nutno poznamenat, že válec, představující barevný prostor, nevystihuje jeho vlastnosti zcela dobře. Přesnost s jakou válec odpovídá „skutečnému“ barevnému tělesu je srovnatelná s přesností jakou elipsoid skutečný zemský povrch (rozdíl ve vnímání základních barev viz Obr.22). Zohledníme-li vlastnosti lidského oka (vjemy jednotlivců jsou rozdílné nejen člověk od člověka, ale mění se i u jednoho jedince v čase, a proto je barevný vjem pokládán z velké části za vjem psychologicky podmíněný) a vlastnosti barev (křivky odrazivosti jsou rozdílné – viz CIE nebo Munsell), získáme těleso vzdáleně připomínající **dva kužely spojené základnami**, s povrchem stejně zbrázděným jako má Země. Ve vrcholech tělesa se bude nacházet bílá a černá, v jeho ose achromatická škála šedé, spojené základny budou představovat oblast maximálního jasu. Kužel je nejvhodnějším tělesem proto, že rozlišitelnost odstínů klesá spolu se snižující se či zvyšující se světlostí tím, jak ubývá počtu

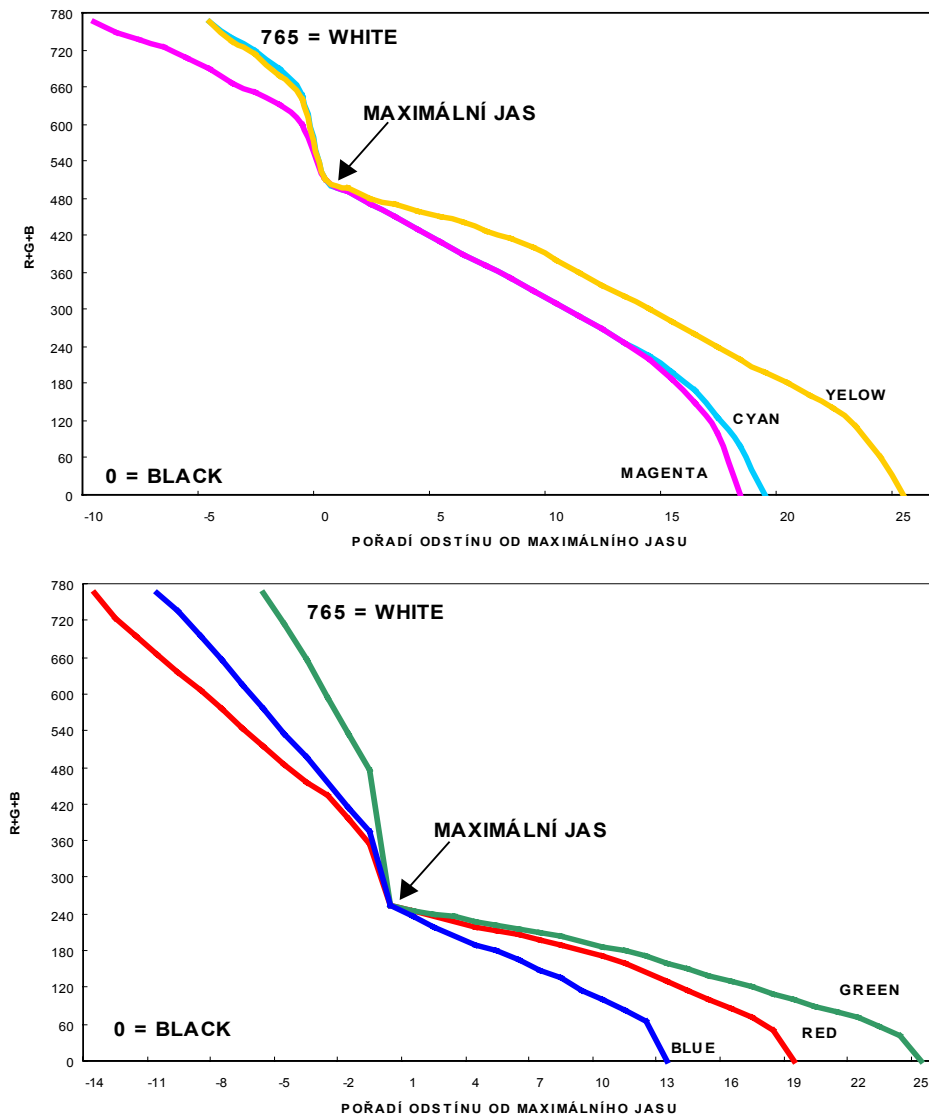
rozpoznatelných odstínů barev. Stejně tak těchto odstínů ubývá se snižujícím se nasycením (směrem do středu kužele se vodorovný řez jím zmenšuje). Extrémní hodnoty pak jsou bílá a černá ve vrcholech, které jsou přirozeným vyústěním všech barev.

Obr.21 Barevný prostor jako dvojitý kužel



S ohledem na rozdílné vlastnosti barev byly primární a sekundární barvy testovány na počet okem rozlišitelných, nezaměnitelných odstínů tak, aby bylo možné z každého zvlášť vytvořit harmonickou škálu použitelnou při tématickém mapování. Výsledky ukázaly zajímavou skutečnost – různé dvojice barev jsou si svým chování příbuzné, ale vždy pouze v jedné polovině – buď od maximálního jasu k bílé nebo od maximálního jasu k černé. V oblasti bílá-maximální jas jsou to žlutá a azurová, přičemž azurová se po dosažení maximálního jasu výrazně kloní k purpurové (viz Obr.22). Mezi červenou, modrou a zelenou tento efekt není tak zřejmý, i když i zde lze vypořádat proměnlivost chování u modré barvy (viz Obr.22).

Obr.22 Rozlišitelnost odstínů základních barev v závislosti na jasnosti (od max. jasnosti dolů) a nasycení (od max. jasnosti nahoru)



Percepce barev

To, jak vnímáme jednotlivé barvy, souvisí kromě fyziologie a fyziky, také s psychikou a kulturním vývojem a zkušenostmi lidstva i jednotlivých národů (např. v Číně je bílá barva považována za barvu smutku). Stejně jako u kartografického znaku se zde setkáváme

s přirozenou a kulturně determinovanou percepcí s tejně jako s tradičním použitím barev. Už jenom znalost vjemu hloubky barev může napomoci konstrukci kvalitních barevných škál (od nehlubší: purpurová, fialová, červená, oranžová, zelenavě modrá, žlutá, modrá, zelená)[39].

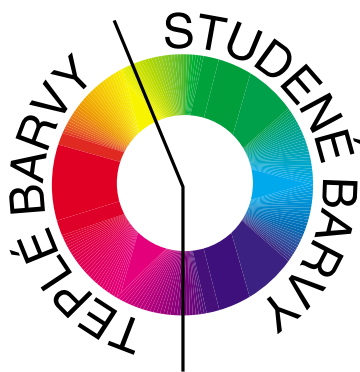
Definice: **Škála** je jakákoliv dokonale uspořádaná posloupnost barev [47]. Tento termín je přejatý z hudební vědy, kde označuje řadu tónů uspořádanou způsobem, který je považován za dokonalý. Základní barevnou škálou je posloupnost spektrálních barev.

Spektrum zde chápeme jako uspořádanou posloupnost primárních, sekundárních a terciárních barev, zleva doprava: purpurová, karmínová, červená, oranžová, žlutá, světle zelená, zelená, smaragdově zelená, azurová, ultramarínově modrá, temně modrá, fialová [47]. Po převodu této posloupnosti do odstínů šedi získáme škálu šedých tónů.

Studené a teplé barvy – teorie ročních dob

Barvy spektra lze rozdělit na chladné a teplé podle jednoduchého klíče. K jejich určení se používá chromatický (barevný) kruh – tedy kruh, obsahující všechny barvy spektra. Hranice, rozdělující spektrum na chladné a teplé tóny, zasahuje přechod ze žlutých do žlutozelených odstínů a opouští spektrum v purpurové oblasti. Na základě dělení spektra na studené a teplé barvy lze vytvářet tzv. **škály s teplotním faktorem**. Základem teplé barevné škály jsou fialová, purpurová, karmínová, červená, oranžová, žlutá a světle zelená barva. Základ studené barevné škály pak tvoří světle zelená, zelená, tmavě zelená, azurová, ultramarínová, tmavě modrá a fialová [47].

Obr.23 Teplé a studené barvy v klasickém pojetí

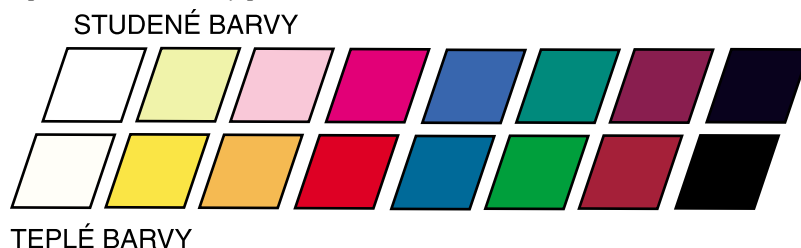


Na teorii dělení barev na teplé a studené úzce navazuje teorie ročních období. Její kořeny tkví v oblasti designérství, což vysvětluje její poněkud poetický název. Dělení barevného spektra na teplé a studené barvy má svá omezení, ta spočívají zejména z kartografického hlediska v malém množství barev použitelných pro vyjádření tepelně zabarvených jevů, kde nelze kombinovat teplou a studenou část spektra. Teorie ročních dob tento nedostatek odstraňuje. Také ona staví na základě teplých a studených barev, rozdíl spočívá v tom, že jak pro teplé, tak pro studené škály využívá všech barev spektra, lišících se pouze odstínem. Zda je odstín téže barvy teplý či studený závisí na tzv. **barevném podtónu**, který může být v podstatě dvojího rázu. Barevný podtón je definován jako přítomnost jedné ze dvou základních barev – žluté a modré. Odstíny s modrým podtónem jsou studené a odstíny se

žlutým podtónem jsou teplé. Současně lze definovat i žluté odstíny s modrým podtónem, tedy studené žluté a modré odstíny se žlutým podtónem – teplé modré. Tento fakt umožňuje namíchat teplou či studenou škálu v rámci celého spektra.

V první řadě tedy jsou stanoveny teplé roční doby – jaro a podzim a studené roční doby léto a zima. Přitom se vychází z posunů barevného spektra změnou přírodních podmínek. Škály teplých i studených barev jsou budovány v nasycených a bledých odstínech. Obecně jaro (u teplých) a léto (u studených) barev charakterizují jemné, pastelové odstíny, podzim (teplé) a zimu (studené) pak syté barevné tóny. Rozdíl mezi teplými a studenými barvami je asi nejlépe patrná v oblasti přechodu ze žlutých do červených tónů – u teplé škály nalezneme oranžovou, u studené růžovou barvu (teorie ročních dob viz např. [61]).

Obr.24 Teplé a studené barvy podle teorie ročních dob



V mnoha případech, zvláště pro vyjádření intenzity jevů nejsou „spektrální“ barevné škály vhodné. Mnohem více zde vyhovují škály založené na jednom barevném tónu nebo na přechodu dvou barevných tónů. Tyto typy škál označujeme jako „melodické“ a „harmonické“ barevné škály.

Melodickou škálu tvoří příslušná barva figurující ve dvou tónech, černá a bílá

Jednoduchá **harmonická škála** se skládá z řídicí (dominantní) barvy a tří dalších „doprovodných“ barev. Doprovodné barvy jsou: doplňková barva barvy řídicí a její dva nejbližší sousedé v kruhu proti směru hodinových ručiček [47]. Pokud tedy potřebujeme na mapě zvýraznit jeden jev a přitom jako podklad potřebujeme členit i „zbytkový prostor“, zvolení harmonické škály je ideální řešení.

Stejně tak lze využít vnímání barev pro vytvoření **pozitivního** nebo **negativního dojmu** (modré a zelené, s výjimkou žlutozelených, působí uklidňujícím dojmem, červené a oranžové působí výstražně, fialové a purpurové výrazně záporně až nepřírozně, žlutá povzbudivě, šedá neutrálně atd. - Watermann). Tyto poznatky lze efektivně využít při barevné klasifikaci jevů a objektů na mapách.

Vnímání barev je přitom do značné míry individuální záležitostí. Přitom lidské oko reaguje i na jas (svítivost či luminaci) tj. na intenzitu světla, a také na sytost (saturation), tedy na čistotu barvy, která je tím vyšší, čím užší je pásmo frekvencí tvořících barvu. Výzkumy v oblasti citlivosti na barvy ukázaly, že například v oblasti rozlišování modrých a zelených odstínů je citlivost naší populace snížena, zatímco u primitivních národů žijících v pralesních oblastech zůstává značně vyšší. Obdobně v jednom z eskymáckých nářečí existuje okolo 30 výrazů popisujících barvu sněhu. Citlivost na barvy tedy není konstantní. Přesto lze vymezit

okruhy barev působících shodně na velké procento populace (modrá – uklidňující atp.). Kognitivní přístup ke tvorbě mapy může dobře zužitkovat všechny poznatky z oblasti psychologie barev pro zkvalitnění výsledného mapového díla.

1.2.1.2. Textura jako kartografický vyjadřovací prostředek

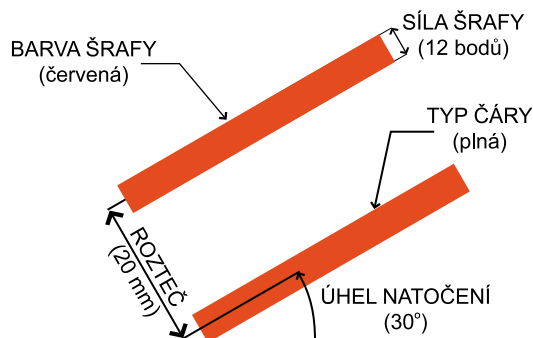
Textury jako vyjadřovací prostředky na mapách nejvíce snižují čitelnost popisů mapy. Jejich přednosti oceníme v případě nemožnosti jiného než černobílého zobrazení. V některých případech jsou schopné plnohodnotně nahradit barevnost. Při použití barevných textur je nutné se vyhnout jak nepříjemnému „přebíjení“ popisu, tak slévání textury s podkladovou barvou (vícevrstevná informace v mapě) a vytváření nových barevných efektů snižujících vypovídací schopnost mapy (ditheringový efekt). Zcela samostatnou kapitolu tvoří textury linií a bodových značek, kde můžeme spíše hovořit o vnitřní struktuře, která by měla asociovat povahu jevu (kroužek pro sídla – přirozený tvar vývoje, čerchovaná čára pro znázornění hranice – evokuje současně prostupnost i neprostupnost)

Textury ploch

Šrafury

Za specifickou skupinu textur můžeme označit čárové rastry – **šrafury**. Jsou nejběžnějším případem použití textur při tvorbě kartogramů. V naprosté většině případů se používají jako textury s pravidelným rozložením znaku. Mohou vyjadřovat jak kvalitativní charakteristiku (přítomnost/nepřítomnost jevu, rozlišení areálů) tak, díky možnosti parametrizace kvantitativní charakteristiku (především gradace jevů zahušťováním šrafur). Základními parametry charakterizujícími šrafuru jsou **rozteč** šraf, **síla** šraf a **úhel** natočení, pod kterým se šrafy vykreslují. Dále je možné definovat **barvu** a **typ čáry** (plná, čárkovaná, se vzorem).

Obr.25 Atributy šrafury



Použitelná rozteč šraf je přímo závislá na výsledném měřítku mapy, nejmenšího areálu příslušné kategorie, síle a barvě šrafy a v neposlední řadě na barvě podkladu. Totéž platí i pro použitelnou sílu šraf. Úhel natočení šrafury je parametrem ne příliš vhodným pro kvantitativní charakteristiky, pokud se však jedná o prosté odlišení areálů, je dobře použitelný, protože umožňuje vygenerovat několik kategorií bez nechtěného zdůraznění některé z nich. Pro