

Metodika hodnocení nových variant dopravních značek a jejich kombinací z hlediska vizuální percepce a interpretace

Výstup řešení projektu: Dopravní VaV centrum

Reg. číslo projektu: CZ.1.05/2.1.00/03.0064

Zpracovatel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV)

Autoři: Mgr. Michal Šimeček, Ph.D., Ing. Pavel Tučka,
Ing. Miroslav Bidovský, Ing. Pavel Skládáný

Obsah

PŘEDMLUVA	4
1 Úvod	5
2 Účel metodiky.....	6
3 Základní percepčně-kognitivní charakteristiky grafických symbolů a dopravních značek.....	7
3.1 Výraznost dopravního značení	7
3.2 Čitelnost dopravního značení	9
3.2.1 Velikost v zorném poli	9
3.2.2 Odolnost proti rozmazání.....	10
3.2.3 Odolnost vůči okluzi	10
3.2.4 Odolnost vůči deformaci	11
3.2.5 Odolnost vůči nízkému kontrastu.....	11
3.2.6 Odolnost vůči šumu.....	14
3.2.7 Čitelnost dopravní značky a informační zátěž.....	14
3.3 Porozumění významu dopravního značení	15
4 Experimentální podmínky	16
4.1 Vzorek osob účastnících se výzkumu	16
4.2 Prostředí a aparatura	16
4.2.1 Svítivost a kontrast monitoru zobrazujícího podnětový materiál.....	16
4.2.2 Vzdálenost monitoru od probanda	16
5 Experimentální designy, vhodné pro zjišťování čitelnosti dopravních značek.....	18
5.1 Test vyhledávání.....	18
5.2 Rozpoznávací test.....	19
5.3 Diskriminační test.....	20
5.4 Diskriminační test s proměnlivou délkou expozice	22
6 Design experimentu pro zjišťování porozumění symbolu dopravní značky.....	23
6.1 Popis předpokládaného významu dopravní značky	23
6.2 Popis chování řidiče.....	23
6.3 Popis potíží s porozuměním předloženého symbolu	23
6.4 Posouzení na subjektivní škále	24

7	Postup při posouzení nových variant dopravních značek a jejich kombinací	25
7.1	Nová dopravní značka	25
7.2	Nová varianta dopravní značky	26
7.3	Kombinace dopravních značek.....	26
	Literatura	27

PŘEDMLUVA

Tato metodika ukazuje detailní postup pro hodnocení nových variant dopravních značek v praxi. Definuje kritéria jejich návrhu, postup a vyhodnocení. Vhodný návrh nové dopravní značky je rozhodující při rozpoznávání v praxi, proto správné užití Metodiky může vést k minimalizaci nerozeznání nových dopravních značek. Metodiku ve své práci využije hlavně Ministerstvo dopravy České republiky, ale opřít o ní se můžou také Policie ČR, projektanti pozemních komunikací nebo auditoři bezpečnosti pozemních komunikací.

1 Úvod

Provoz na pozemních komunikacích se řídí zákonem č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 30/2001 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích. Pod tuhle vyhlášku spadají i veškeré dopravní značky, kterých je v současné době několik desítek. Zvyšující se rychlost provozu na pozemních komunikacích, moderní technologie (mobily, iPady,...), reklamní poutače a mnoho dalších negativních faktorů snižuje pozornost řidičů a jejich schopnost vnímat dopravní značky. Obzvláště to platí pro nové dopravní značení a jejich kombinace.

Hodnocení dopravních značek ve vztahu k lidskému vnímání a interpretaci je základem v tom, že do procesu hodnocení vstupují jak vlastnosti samotné dopravní značky, tak i percepčně-kognitivní¹ schopnosti a dovednosti lidí, kteří se posuzování účastní. Vlastnosti pozorovaného objektu (dopravní značky) a pozorovatele (člověka) od sebe nelze oddělit.

Z toho vyplývají dvě obtíže, se kterými se musí posuzování dopravních značek vypořádat.

1. Percepčně-kognitivní vlastnosti se mohou lišit, pozorovatel od pozorovatele. Proto tyto lidské vlastnosti vstupují do výsledků zkoumání a představují významnou chybu měření.
2. Percepční vlastnosti grafických symbolů dopravních značek nejsou objektivní (např. fyzikální) veličiny a většinou je takto také nelze měřit. Posouzení dopravních značek tedy musí vždy probíhat ve vzájemné relaci.

Skutečnost, že nelze posuzovat dopravní značku z hlediska percepce bez toho, aby se do výsledků nepletly schopnosti a dovednosti pozorovatele je řešitelná tím, že je posuzování dopravních značek prováděno na souboru více pozorovatelů. Dostatečně velký a dobře vybraný soubor pozorovatelů dokáže zajistit, že dva různé soubory pozorovatelů budou dávat přibližně stejné výsledky pro stejné posuzované značky.

Ačkoli psychofyzika² provádí měření nebo manipulaci s fyzikálními veličinami, pomocí nich se pouze usuzuje na vlastnosti, které mají psychologickou a nikoli fyzikální povahu. To se týká jak pozorovatele, tak i pozorovaného objektu. Když tedy například Schieber (1998) zjistí, že určitý grafický symbol má práh rozpoznatelnosti při rozmazání 11 cyklů na obrázek, tento údaj nemá žádný význam, pokud není vztažen ke stejným prahovým hodnotám u jiných grafických symbolů. Proto je potřeba nové varianty dopravních značek posuzovat vždy spolu se značkami stávajícími. Zjišťuje se pak, jestli má nová značka sledované vlastnosti srovnatelné s ostatními značkami a která varianta dopravní značky má sledované vlastnosti nejlepší.

¹ percepce – vnímání; kognitivní - poznávací

² exaktní věda o funkčních vztazích mezi tělem a duší se snahou vystihnout fyzikálními zákony psychické děje

2 Účel metodiky

Účelem metodiky je hodnocení nových variant dopravních značek a jejich kombinací z hlediska vizuální percepce a interpretace z pohledu účastníků silničního provozu. Metodika na začátku popisuje stávající dopravní značky, jejich rozpoznatelnost a čitelnost v reálných podmínkách, se kterými se řidiči dennodenně na silnicích setkávají. Rozpoznání dopravního značení je nevyhnutnou podmínkou k bezpečnému chování na pozemních komunikacích.

U nových variant dopravního značení je důležité pochopení základního významu dopravní značky. Proto metodika popisuje návrhy nového dopravního značení, metody rozpoznávání, podmínky zkoušení za jakých má docházet u testování a správné předpoklady účastníků na pozorování.

V závěrečné kapitole poukazuje metodika na jednoduchém příkladu na postup při posuzování nových variant dopravních značek a jejich kombinací.

Předkládaná metodika bude sloužit pro potřeby Ministerstva dopravy, odboru pozemních komunikací při vytváření nových symbolů a kombinací dopravních značek.

3 Základní percepčně-kognitivní charakteristiky grafických symbolů a dopravních značek

V situaci řidiče motorového vozidla může percepce dopravní značky ovlivnit celá řada faktorů, které se týkají:

- a) Světla, které na značku dopadá – šero, tma, nerovnoměrné osvětlení,
- b) grafického symbolu na značce – jeho tvaru, kontrastu, uspořádání a interpretovatelnosti pozorovatelem,
- c) samotné značky jako reálného objektu – oprýskání, pokreslení nebo polepení, deformace,
- d) atmosféry, přes kterou obraz putuje do oka řidiče – mlha, kouř, déšť,
- e) neprůhledných překážek – větve, projíždějící auta, která značku zakrývají,
- f) průhledných překážek – voda na čelním skle řidiče může deformovat části obrazu značky,
- g) vlastností oka řidiče – např. ostrost, citlivost ke kontrastu,
- h) vlastnosti percepčního zpracování obrazu – oddělení objektu od zbytku scény (visual parsing), přiřazení vizuálního podnětu zapamatovaným vizuálním vzorům,
- i) porozumění významu grafického symbolu značky – závisí na znalosti řidiče a kontextu, ve kterém se řidič nachází.

Uvedený seznam, který jistě není úplný, ukazuje, že existuje mnoho faktorů, které ovlivňují čitelnost a srozumitelnost symbolu dopravní značky. Charakter samotného grafického symbolu je jen jeden z nich. Většina se týká prostředí, ve kterém má percepce a kognitivní zpracování dopravní značky probíhat (a, c-f). Tyto faktory mají fyzikální charakter a grafického symbolu značky se týkají v tom, jak ovlivní obraz, který bude moci pozorovatel vnímat.

Faktor g) je fyziologický a poslední dva faktory (h, i) jsou psychologické. Do značné míry se týkají dopravně-psychologického vyšetřování. Nicméně je zřejmé, že i u člověka s dobrou schopností zpracovávat obrazové informace musí do oka doputovat signál, který má dostatečnou kvalitu. Je zřejmé, že určité grafické tvary jsou odolnější vůči různým zkreslením a jiné nikoli. Kvalita obrazové informace tedy ovlivní kvalitu jejího zpracování a interpretace různou měrou, podle vlastností samotného grafického symbolu (faktor b).

Při tvorbě grafických návrhů nového dopravního značení je také nutné počítat s tím, že se v praxi s dopravní značkou budou setkávat lidé, kteří její význam přímo neznají. Má smysl proto sledovat, jak bude interpretovat význam znaků zmiňovaná skupina lidí.

Nyní uvedeme několik termínů, které jsou pro posuzování dopravních značek důležité a dotýkají se zároveň percepčně-kognitivního procesu, který vede k rozpoznání dopravní značky řidičem.

3.1 Výraznost dopravního značení

Termín výraznost byl zaveden psychologem Alexandrem Wertheimem v roce 1989 (Porathe, Strand, 2011) a označuje odchylku od centra zorného pole, kde je již objekt maskován okolím a není tudíž viditelný.

Tato vlastnost je z principu závislá na vizuálním kontextu, do kterého je vsazena konkrétní dopravní značka. Výraznost se proto týká jen málo samotného grafického návrhu značky. Jak ukazuje obrázek 1.



Obrázek 1: Výraznost dopravní značky závisí na kontextu, ve kterém se značka nachází (obrázek vlevo: jasně čitelná DZ; obrázek vpravo: zvýrazněná dopravní značka P 4 Dej přednost v jízdě zaniká mezi dalšími žlutými reklamními tabulemi)

Snížená výraznost dopravní značky může způsobit její přehlédnutí řidičem a bývá dávána do souvislosti s mnoha dopravními nehodami na křižovatkách. Dobrá výraznost dopravní značky naopak vede ke včasnému rozpoznání významu značky řidičem (ETSC, 2006).

K měření výraznosti se používá sledování očních pohybů většinou v simulátorových studiích nebo jsou řidiči bezprostředně dotazováni, zda si dopravní značky všimli a zapamatovali si ji (Bezuidenhout, 2014). Popřípadě je pouze sledováno, zda na příslušnou dopravní značku adekvátně zareagovali (Sun et al, 2011; Inman, 2012).

Z důvodu zdůraznění významu a především zvýšení výraznosti byl do dopravního značení zaveden retroreflexní žlutozelený fluorescenční podklad. S výjimkou dopravních značek A 32a, A 32b, P 4, P 6 má podkladová tabule tvar pravoúhlé desky. Tato retroreflexní úprava má barvu tzv. signální žluté a bývá vysoce reflexivní (třída RA3). Signální žlutá je barva o takové vlnové délce, na kterou je lidské oko zvláště citlivé a která se v přírodě jako barevná plocha nevyskytuje často. Retroreflexní podklad řeší případné potíže s výrazností, ale na druhou stranu by mohl pro svoji vlastní výraznost ohrozit čitelnost dopravní značky jako takové.



Obrázek 2: Příklad dopravních značek s retroreflexním podkladem

3.2 Čitelnost dopravního značení

Čitelností grafického symbolu rozumíme schopnost být jednoznačně rozpoznán. Čitelnost závisí na kvalitě obrazové informace, která proniká do oka pozorovatele a tato kvalita se může podle podmínek dosti lišit. V nepříznivých percepčních podmínkách klesá čitelnost tak, jak je obraz kvůli těmto zhoršujícím se podmínkám degradován. Proto bývá studován práh degradace obrazu, za kterým se symbol stává pro pozorovatele nečitelný. To má praktický význam pro studium dopravních značek, protože ty bývají sledovány v různých percepčních podmínkách.

Percepční podmínky se mohou měnit v několika směrech, které jsou z hlediska hodnocení čitelnosti dopravního značení zajímavé a dají se studovat. Je to například velikost v zorném poli, kontrast obrazu, odolnost proti rozmazání obrazu, okluzi nebo šumu.

3.2.1 Velikost v zorném poli

Řidič potřebuje sledovat dopravní značení z různých vzdáleností. Spolu s tím se mění úhlová velikost značky v řidičově zorném poli. Podle Technických podmínek *TP65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích* má být „viditelnost mimo obec nejméně ze vzdálenosti 100 m“. Při velikosti zákazové značky 700mm to znamená velikost sítnicového obrazu necelý půl stupeň. Pro srovnání jde o velikost o něco menší, než má měsíční kotouč na obloze. V této vzdálenosti ještě nejde o kompletní rozpoznání významu dopravní značky. Značka by měla být rozpoznatelná, jako dopravní značka, a její základní zařazení podle tvaru a barvy by mohlo být identifikovatelné.

Technické podmínky nijak neupravují, v jaké vzdálenosti má být řidič schopen identifikovat kompletní význam dopravní značky, ale z hlediska konstrukce jejího grafického designu je zřejmé, že čím větší tato vzdálenost bude, tím lépe.

Pro studium hraniční úhlové velikosti není nutné konstruovat experimentální designy, které pracují se vzdálenostmi až 100 m. Příslušných úhlových velikostí sítnicového obrazu lze dosáhnout zmenšením prezentovaného podnětu podle rovnice

$$\alpha = 2 \arctg \frac{h}{2d}$$

kde α – úhlová velikost sítnicového obrazu

h – skutečná výška prezentovaného podnětu v milimetrech

d – vzdálenost oka pozorovatele od prezentovaného podnětu v milimetrech.

Z uvedeného vztahu vyplývá, že k dosažení stejné úhlové velikosti při menší vzdálenosti stačí úměrně změnit velikost sledovaného objektu. Chceme-li například simulovat vnímání dopravní značky o průměru 700mm ze vzdálenosti 100m pomocí obrazu na monitoru ve vzdálenosti 2m od pozorovatele, zmenšíme úměrně velikost obrazu značky 50x, tedy na 14mm.

Schopnost rozpoznat dopravní značku o určité úhlové velikosti je závislá na zrakové ostrosti zkoumaných osob. Protože není cílem posuzovat zrak probandů³, ale charakter dopravní značky, mají mít pokusné osoby dobrou zrakovou ostrost, která je předem ověřena.

3.2.2 Odolnost proti rozmazání

Studium prahové velikosti v zorném poli může být technicky náročné. Při počítačové administraci totiž není možné jenom zmenšit zobrazenou značku na monitoru. V takovém případě by rozlišení monitoru začalo nepříznivě vstupovat do výsledku. Velikost v zorném poli však je pro počítačové testy možné do jisté míry nahradit rozmazáním obrazu, protože mezi velikostí sítnicového obrazu a intenzitou rozmazání existuje vztah, který potvrdil Schieber (1994). Schopnost identifikovat rozmazaný obraz navíc málo souvisí s individuální zrakovou ostrostit probanda, takže individuální rozdíly tolik nevstupují do výsledků posuzování. K rozmazání prezentovaných podnětů se používá Gaussovské rozmazání (Romeny, 1997, Schieber, 1994, 1998) a sleduje se nejvyšší úroveň rozmazání obrazu, kdy je pozorovatel ještě schopen zobrazený symbol rozpoznat (Westheimer, 2013; Scheiber, 1998; Vinot, Athenes, 2012).

Obrázek 3: Rozlišitelnost dvou značek od sebe při různých stupních rozmazání



Obrázek 3 ukazuje situaci, kdy při určitém stupni rozmazání nelze rozlišit od sebe dvě různé dopravní značky.

Rozmazání pomocí gaussovského filtru je dobře kontrolovatelné. V grafických programech se obvykle udává velikost směrodatné odchylky filtru v pixelech, kterou pak lze převést na stupně sítnicového obrazu, nebo na poměr rozmazání vzhledem k (pixelové) velikosti obrázku (grafického symbolu). Tuto míru, která je vlastně prahovou frekvencí rozmazání vzhledem k celému obrazu podnětu používá Schieber (1998). Míra udává, kolik cyklů na obrázku má prostorová frekvence, která je po aplikaci gaussovského filtru pro rozpoznání hraniční.

3.2.3 Odolnost vůči okluzi

V reálných podmínkách se někdy stane, že čitelnost dopravní značky je zhoršena překrytím její části (okluzí). U dopravních značek to může být nějakým předmětem (větev stromu, jiná značka) nebo překreslením (grafitti), ale také může být značka překryta jiným vozidlem apod.

³ Osoba účastníci se výzkumu

Je zřejmé, že grafické symboly mají části, které jsou pro přečtení klíčové (Vinot, Athenes, 2012). Tyto tzv. diagnostické části mají různou velikost a jejich zastření může vést k záměně s různým počtem jiných dopravních značek.

Dopravní značení má dvě úrovně významu. Na obecné úrovni (výstraha, příkaz, zákaz...) je význam značky značně odolný proti okluzi. K rozpoznání stačí jen část značky (Obrázek 4a). Specifický význam dopravní značky je odolný méně (Obrázek 4b). Symbol specifického významu se totiž nachází na relativně malém procentu plochy značky a má množství variant, se kterými je záměna možná.



Obrázek 4: Rozdílná odolnost proti okluzi u obecného a specifického významu značky.

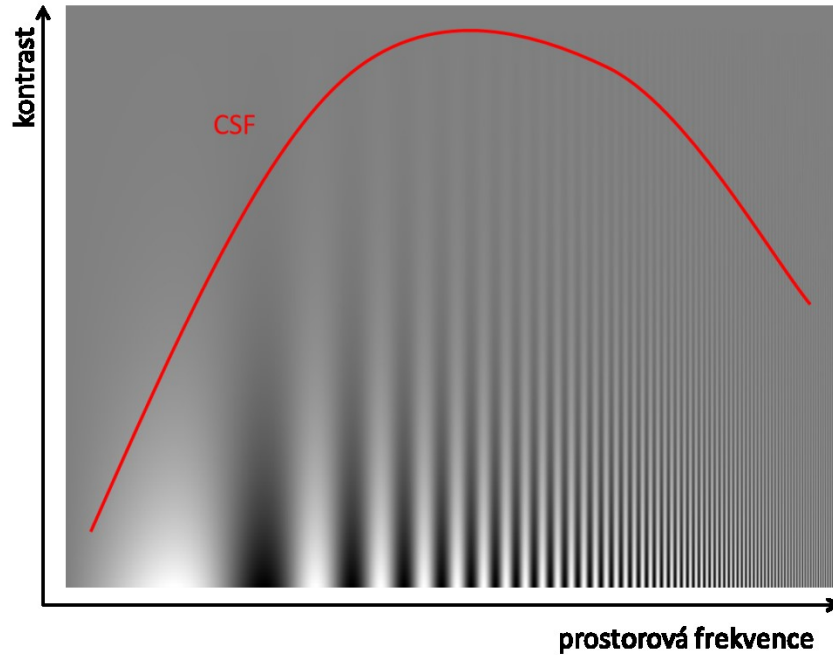
Zkoumat odolnost proti okluzi pomocí psychofyzických metod je velmi komplikované, protože, jak ukazuje obrázek 4b, cílené zastření i jen malé diagnostické části dopravní značky může vést ke ztrátě významu, zatímco podstatné zastření nediagnostických částí (Obrázek 4c) ke ztrátě významu nevede.

3.2.4 Odolnost vůči deformaci

Čitelnost symbolů se mění při deformování jejich obrazu. Obraz dopravní značky může být deformován nejen tak, že je zdeformovaná její plocha, ale také díky nevhodnému pozorovacímu úhlu. Umístění dopravních značek je navrženo tak, aby řidič, kterému je určena, dopravní značku mohl sledovat z úhlu, který je dostatečně komfortní. Proto odolnost čitelnosti dopravní značky vůči deformaci není u dopravního značení klíčovým aspektem.

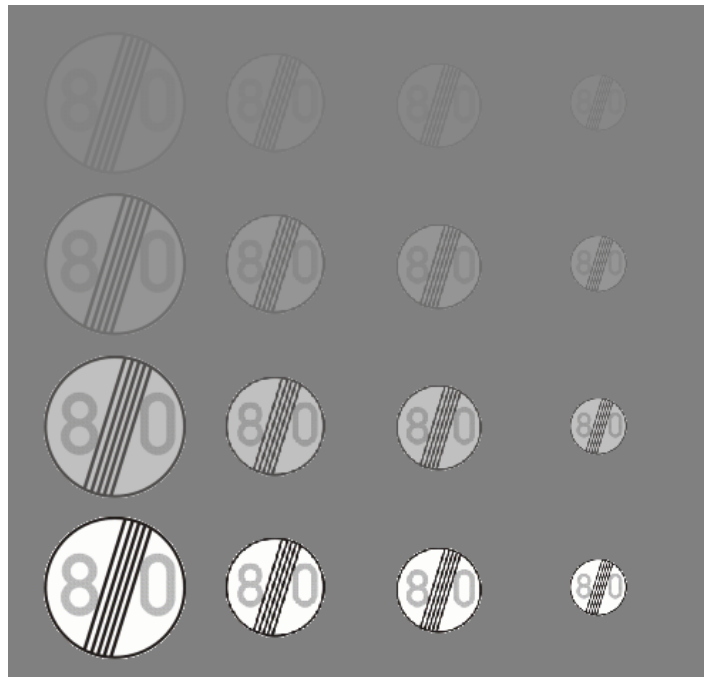
3.2.5 Odolnost vůči nízkému kontrastu

Je intuitivně zřejmé, že se snižujícím se kontrastem obrazu klesá i schopnost rozlišit jeho části a klesá tedy i čitelnost. Situace je ovšem složitější. Schopnost rozlišovat menší detaily a naopak větší celky se s klesajícím kontrastem snižuje rychleji. O tom hovoří vztah mezi kontrastem a prostorovými frekvencemi obrazu (CSF – Contrast, spatial frequency).



Obrázek 5: Závislost citlivosti ke kontrastu na prostorových frekvencích (křivka CSF)

Křivka CSF se u různých lidí liší. Závisí například na věku (Dewar, Kline, Schieber, Strawson, 1994). Neurologicky byla zjištěna existence nezávislých kanálů, které propouští jen určité frekvence (band-pas channels). Citlivost těchto kanálů se může lišit individuálně (Campbell, Robson, 1968). Dále se křivka CSF liší v závislosti na celkovém osvětlení. Podle intenzity osvětlení se mění jak charakter CSF, tak také barvocit.



Obrázek 6: Závislost citlivosti ke kontrastu na prostorových frekvencích (dopravní značka)

Zatímco měření CSF u jednotlivých osob by bylo spíše záležitostí dopravní psychodiagnostiky, pro konstrukci a zhodnocení dopravních značek je třeba mít na paměti, že se zvyšujícím se detailem, zobrazeným na dopravní značce se obecně snižuje schopnost rozpoznat tento detail při nízké úrovni kontrastu. Obrázek 6 ukazuje situaci, kdy se zmenšující se dopravní značkou (nárůstem prostorových frekvencí) klesá schopnost rozpoznat šedivý číselný údaj a také klesá schopnost odlišit od sebe jednotlivé čáry přeškrtnutí.

Kontrast obrazu je dobře kontrolovatelný za předpokladu, že je dobře kontrolovaný kontrast zařízení zobrazujícího podnět. Kontrastnost prezentovaného obrazového materiálu lze odstupňovat. Vyjádřit lze kontrast několika používanými způsoby, z nichž tři zde uvedeme (Peli, 1990).

Klasický je Weberův kontrast, který je definován jako poměr rozdílu svítivosti mezi figurou a pozadím ΔL a svítivostí pozadí L .

$$C_{Weber} = \frac{\Delta L}{L}$$

Weberův kontrast se používá tam, kde je malý objekt s uniformní svítivostí prezentován na rovněž uniformním pozadí. Weberův kontrast variuje od mínus nekonečna do plus nekonečna.

Michelsonův kontrast je definovaný vztahem mezi maximální svítivostí nejsvětlejších částí L_{max} a částí nejtmašších L_{min} .

$$C_{Michelson} = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

Takto definovaný kontrast se používá pro periodicky se opakující vzory. Michelsonův kontrast variuje od 0 do 1.

Kontrast počítačového obrazu bývá vyjadřován jako směrodatná odchylka jasu všech pixelů obrazu a takto vyjádřenému kontrastu se říká RMS kontrast

$$C_{RMS} = \sqrt{\sum_{i=0}^n (L_i - \bar{L})^2}$$

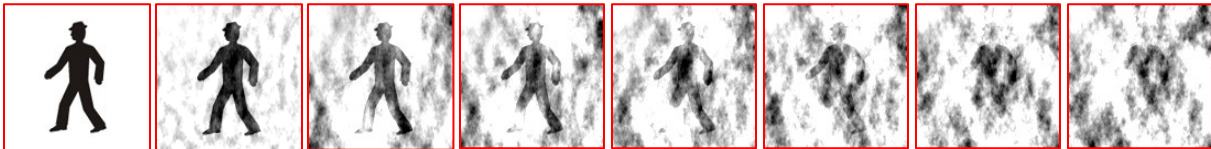
kde L_i je svítivost i -tého pixelu ze všech n pixelů obrazu a \bar{L} je průměrná hodnota svítivosti celého posuzovaného obrazu. RMS kontrast je nezávislý na obsahu hodnoceného obrazu z hlediska prostorových frekvencí.

Protože RMS kontrast slouží k posuzování kontrastu fotografií se všemi stupni jasu, vystačíme si s hodnocením kontrastu grafických symbolů dopravních značek pomocí Weberovy nebo Michelsonovy definice. Michelsonova definice je například použita v hodnocení kontrastu u testu měřícího, citlivost ke kontrastu Pelliho a kolektivu (Pelli et al, 1988).

3.2.6 Odolnost vůči šumu

Odolnost vůči rozmazání, okluzi, deformaci i snížení kontrastu můžeme vnímat obecně jako schopnost objektu být rozpoznán i z degradované vizuální informace. Kromě jiných případů degradace obrazu, které jsme ukázali výše, lze obraz vystavit také degradaci pomocí šumu.

Jako nejpokročilejší se jeví koncept Rapid Image Structure Evolution (RISE) vyvinutý na MIT (Sadr, Sinha, 2001, 2004). Paradigma RISE počítá s postupnou náhodnou degradací obrazu, přičemž míra této degradace je kontrolována. U pokročilých RISE postupů se provádí degradace po jeho fourierovské transformaci. Díky tomu se jen postupně mění jak globální charakteristiky obrazu, jako je jas a kontrast, ale také prostorové frekvence obrazu.



Obrázek 7: RISE degradace fourierovsky transformovaného obrazu chodce ze značky „Zákaz vstupu chodců“

RISE paradigma se používá pro studium schopnosti zrakového rozpoznání objektů u lidí s deficitem ve zrakovém vnímání, ale ukazuje se, že záleží také na vlastnostech původní předlohy, zda zůstane rozpoznatelná při určitém stupni degradace svého obrazu. Na schopnosti rozpoznat degradovaný grafický symbol se totiž podílí odolnost množství a zastupitelnost diagnostických částí a také známost objektu. Tzv. top-down procesy vnímání totiž v případě známosti objektu umožní jeho identifikaci i při značné úrovni degradace obrazu (Šikl et al, 2013).

Zašumění obrazu pomocí fourierovské RISE degradace je, podobně jako gaussovské rozmazání, komplexní proces, který postihuje celý obraz najednou. Tím se tento RISE postup liší od prosté okluzy, jejíž posuzování pomocí psychofyzických metod je, jak jsme uvedli, problematické.

3.2.7 Čitelnost dopravní značky a informační zátěž

Čitelnost grafického symbolu můžeme vnímat také jako dobu, kterou člověk potřebuje k tomu, aby symbol jednoznačně rozpoznal. V tomto čase se odráží tzv. kognitivní zátěž, která je s rozpoznáním spojena. Čitelnost je tedy možno měřit jako čas, potřebný k identifikaci symbolu. Za tímto účelem lze experimentálně zjišťovat prahovou délku expozice, za kterou již není znak rozpoznán. Problém je, že měřený reakční čas je také závislý na dalších intervenujících proměnných, které je obtížné kontrolovat. Těmito proměnnými může být priming⁴ nebo distrakce (Crundall, Underwood, 2001). Proto se tento způsob chápání čitelnosti v praxi dá obtížně použít u jednoduchých symbolů. Svoji užitečnost může najít například u kombinací dopravních značek a složitých směrových tabulí.

⁴ Druh paměti na nevědomé úrovni, který však jedince ovlivňuje a orientuje

3.3 Porozumění významu dopravního značení

Ačkoli je povinností účastníka silničního provozu znát všechny dopravní značky, které jsou mu určeny, z hlediska bezpečnosti silničního provozu na tuto znalost nelze spoléhat. Šance nového dopravního značení, že bude správně rozpoznán a interpretován jeho význam, je důležitým ukazatelem při zavádění zcela nových dopravních značek, nebo při grafické úpravě symbolů dopravních značek stávajících. Je přitom důležité si uvědomit, že význam značky není její název. Shinar a kolektiv (2003) chtějí po probandech, aby co nejpodrobněji popsali předpokládaný význam dopravní značky. Autoři se ptají probanda: „jedete po silnici, když tu uvidíte před sebou na vaší straně silnice tuto dopravní značku. řekněte mi tak podrobně, jak je možné, co si myslíte o významu této dopravní značky.“ (Shinar et al, 2003, s. 1552). Richards a kolektiv (2004) se ptají u informačních tabulí po porozumění, jejich užitečnosti a problémech s dekódováním, zároveň ale v simulátorové studii sledují řídičské chování. V jiných experimentech (Ng, Chan, 2007) subjekt zaznamenával pro každou prezentovanou značku její známost, konkrétnost, jednoduchost a smysluplnost na subjektivní škále.

Dalším aspektem interpretace významu obecně je, že význam může být správně interpretovaný jen ve správném kontextu. V rámci znakového systému dopravních značek je kladen důraz na to, aby byl význam značky kontextově co nejméně závislý. Zatímco v jiných znakových systémech se v různých kontextech význam mění (Eco, 1976, str. 13), v systému dopravních značek by se mimo odpovídající kontext neměla značka vyskytovat. To ale znamená, že pozorovatel-řidič, bude v určitém kontextu očekávat jen významy značek, které tomuto kontextu přísluší a k ostatním významům může být „slepý“.

Při zjišťování významu je tedy potřeba navodit odpovídající kontext, a to co nejpřesněji jak je to možné. Je-li posuzovaná dopravní značka typická pro městské prostředí (například nová varianta informační dopravní značky přechodu pro chodce), měl by být proband instruován, že si má právě městské prostředí představit. Stejně tak, pokud jde o dopravní značku, která dejme tomu upravuje přednost na křižovatce, měl by být proband instruován, aby si představil, že se právě ke křižovatce blíží.

4 Experimentální podmínky

4.1 Vzorek osob účastnících se výzkumu

Výsledky testů čitelnosti jsou závislé na souboru osob, které slouží jako probandi v experimentech. Je potřeba zajistit, aby šlo o lidi s dobrým nebo dobře kompenzovaným zrakem. Mělo by se jednat spíše o mladé zdravé dospělé, u kterých je percepční systém plně vyvinutý a u kterých zároveň nehrozí horší kvalita zraku pozornosti a reakčního času vlivem stáří nebo nemoci. Ideálně by nejprve měli projít alespoň screeningovou diagnostikou zrakové ostrosti a citlivosti ke kontrastu. Tato diagnostika je potřeba zejména u zjišťování odolnosti grafického symbolu dopravní značky proti nízkému kontrastu a mezní úhlové velikosti v zorném poli. K tomuto účelu může posloužit volně dostupný a dobře zdokumentovaný Freiburský test, vytvořený Michaelem Bachem (2007)⁵.

4.2 Prostředí a aparatura

Laboratoř by měla být tichá místnost s možností zatemnění. Proband při zkoušce obvykle sedí co nejpohodlněji, jeho hlava je podle potřeby fixovaná alespoň fixováním brady.

K prezentování podnětového materiálu je potřeba použít počítačový monitor se známým rozlišením a výškou zobrazovací plochy. Proband musí sedět v definované vzdálenosti od monitoru. Většina parametrů může být v určitém rozumném rozsahu změněna. Protože ale každý z těchto parametrů může vstupovat do výsledků, měly by být zdokumentovány. Při vzájemném srovnávání výsledků by nicméně měly být klíčové parametry stejné.

4.2.1 Svítivost a kontrast monitoru zobrazujícího podnětový materiál

Pro posuzování odolnosti proti nízkému kontrastu je bezpodmínečně potřeba znát svítivost monitoru při různých stupních šedi. K tomuto účelu existují kalibrační systémy, pomocí kterých lze aktuální hodnoty zjistit a popřípadě pomocí adjustace monitoru nastavit požadované hodnoty. Jsou to například systémy:

- SpectraCal's CalMAN RGB
- ColorVision Spyder 3 Pro
- The ColorVision Color Plus
- Monaco Systems MonacoOPTIX
- Gretag Macbeth Eye-One Display⁶

4.2.2 Vzdálenost monitoru od probanda

Rozlišovací mez oka je zhruba 1 úhlová minuta. Tato mez, která vyplývá z fyziologie oka, je dosažitelná pouze za ideálních podmínek. Vzdálenost monitoru od probanda by měla být taková, aby byla úhlová velikost jednoho pixelu stejná nebo menší, než je rozlišovací mez oka. V tom případě bude zajištěno, že

⁵ Program je dostupný na: <http://michaelbach.de/fract/index.html>

⁶ Seznam pochází ze stránky <http://www.wikihow.com/Calibrate-Your-Monitor>

hrubost rastru monitoru nebude vstupovat do výsledků ani při administraci malých podnětů. Ideální vzdálenost monitoru od probanda můžeme odvodit z výpočtu úhlové velikosti objektu.

$$d = \frac{h_p}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_m}{2}}$$

Kde d – ideální vzdálenost monitoru od probanda

α_m – rozlišovací mez oka (1')

h_p – výška jednoho obrazového pixelu monitoru

Například pro monitor o výšce zobrazovací oblasti 25 cm a rozlišení na výšku 1080 px (full HD) je velikost jednoho pixelu 0,23 mm. Ideální vzdálenost od oka pozorovatele je pak 791 mm. V této vzdálenosti zabírá výška zobrazovací plochy monitoru úhlovou velikost 18°.

Takto bychom měli počítat vzdálenost monitoru pro určení hraniční velikosti sítnicového obrazu. Pro jiné aplikace lze zvolit jiné uspořádání.

Maximální velikost prezentovaného podnětu je dána výškou zobrazovací plochy monitoru. Je dobré přitom počítat s rozumným okrajem, který zůstane nevyužit. Na okrajích monitoru totiž mohou být značné rozdíly ve svítivosti i v podání barev. Například Scheiber (1998) volil velikost podnětu tak, že podnět zabíral přibližně 6° sítnicového obrazu.

Minimální velikost podnětu je dána výškou zobrazovací plochy monitoru a jeho rozlišením, respektive velikostí jednoho pixelu. V závislosti na druhu prezentovaného materiálu by obraz neměl být menší, než 50 pixelů.

Odpovědi je možné zaznamenávat na klávesnici, myši případně jiným ovládacím prvkem. Odpovědi obvykle zajišťuje proband sám.

5 Experimentální designy, vhodné pro zjišťování čitelnosti dopravních značek

K laboratornímu ověřování čitelnosti lze použít experimentální počítačově administrované designy, u kterých se sleduje reakční čas, nebo kde je reakční čas testem kontrolovanou proměnnou a měří se úspěšnost. Úlohy mohou mít buď rozpoznávací, nebo diskriminační charakter.

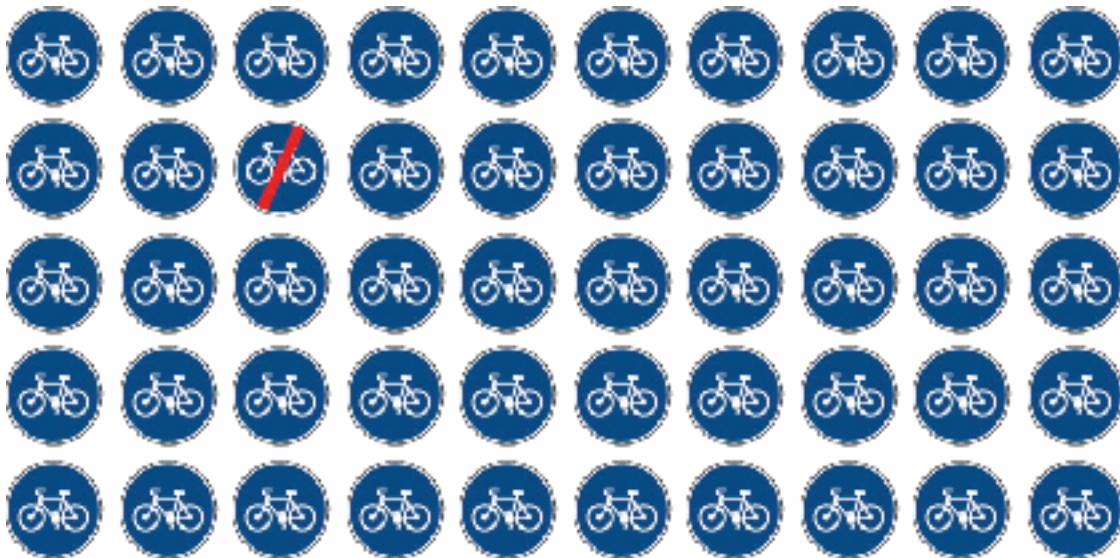
Dále budeme popisovat experimentální designy, které jsou vhodné zejména k posuzování čitelnosti v závislosti na složitosti grafického znaku, jeho úhlové velikosti, úrovni rozmazání, kontrastu, šumu a také času, který je potřeba k rozpoznání posuzovaného grafického symbolu.

5.1 Test vyhledávání

Úkolem probandů v této úloze je najít určitý objekt (dopravní značku) mezi jinými objekty (dopravními značkami) v předloženém poli. Cílovým objektům se říká targety. Objekty mohou být uspořádané, nebo chaoticky rozmístěné v poli. Target může být jeden, nebo jich může být víc. Ostatní objekty, které vlastně slouží k znesnadnění úlohy, se nazývají distraktory. Objekty jsou zobrazeny na monitoru počítače, nebo jsou vytištěny na papíře.

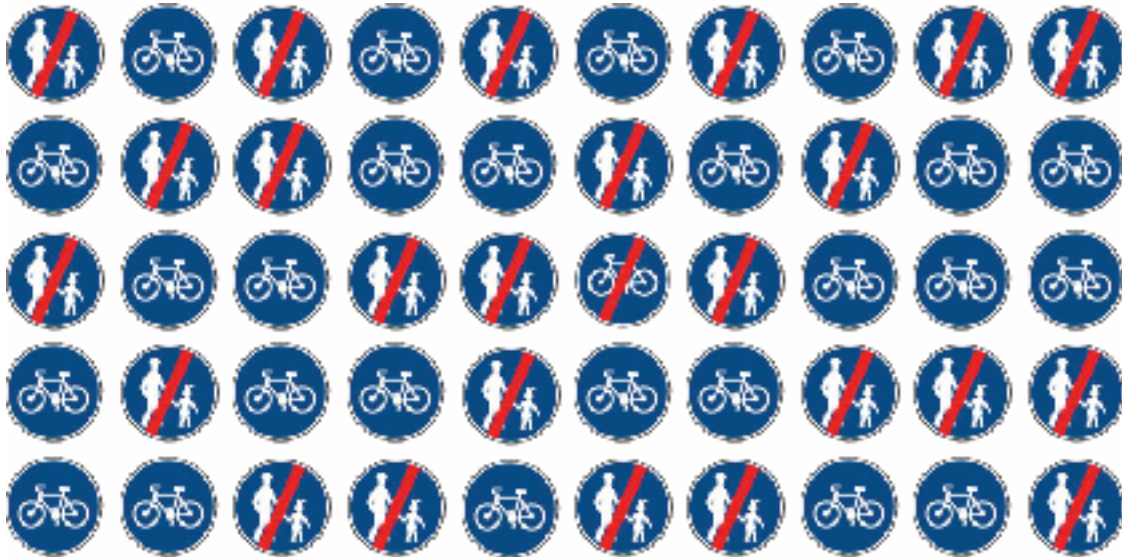
Úkolem probanda je co nejrychleji označit každý výskyt určitého objektu. Obvykle se při této úloze měří reakční čas, který proband potřebuje k nalezení všech zadaných objektů.

Podle Treismanové (1980) mohou při vyhledávání v komplexní scéně nastat dvě situace. Když je úloha řešitelná pomocí automatických a paralelních procesů, proband nalezne rychle výskyt targetu nebo targetů v poli mezi distraktory. Efektu se říká pop-out, target doslova vyskočí z obrazu. Na obrázku 8 je případ, kdy je target (C 8b Konec stezky pro cyklisty) dobře odlišený od distraktorů (C 8a Stezka pro cyklisty).



Obrázek 8: Efekt pop-out v testu vyhledávání

Když na druhou stranu musí proband při vyhledávání integrovat oddělené charakteristiky cílového objektu, bude jeho vyhledávání spíše sériové, bude vyžadovat pozornost, a proto bude pomalejší. Na obrázku 9 je target (C 8b Konec stezky pro cyklisty) maskovaný distraktory (C 8a Stezka pro cyklisty a C 7b Konec stezky pro chodce).



Obrázek 9: Test vyhledávání bez pop-out efektu

V praxi lze tento postup použít tehdy, pokud existuje podezření, že nová dopravní značka bude zaměnitelná s nějakou jinou nebo jinými stávajícími dopravními značkami. Reakční čas, potřebný pro nalezení targetu koresponduje s duševní námahou, kterou musí proband vynaložit k vyřešení úlohy.

Kromě reakčního času lze měřit také nesprávně označené objekty (false alarm), které mohou indikovat potíže s diskriminací mezi dvěma různými objekty. To má smysl zejména tehdy, pokud se společně s targetem v poli vyskytuje větší počet různých distraktorů. Falešné alarmy ovšem mohou být způsobené výběrem typů distraktorů, a proto není jejich hodnocení v testu vyhledávání dobrým indikátorem. Pro analýzu falešných alarmů je vhodnější použít diskriminační test.

5.2 Rozpoznávací test

Schieber (1994) použil k určení odolnosti grafického symbolu proti rozmazání metodu, kdy je probandovi postupně administrován obraz se zmenšující se úrovní rozmazání. Úkolem probanda bylo určit hranici, při které již je schopen symbol bezpečně rozpoznat. Tuto metodu lze využít také u ostatních parametrů čitelnosti (sítnicová velikost symbolu, úroveň kontrastu, úroveň šumu).

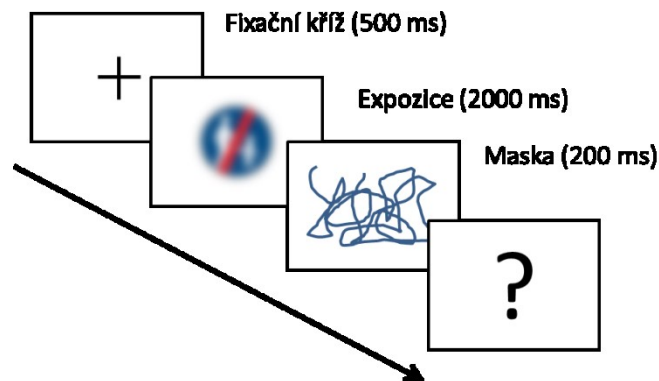
Na začátku se určí krajní úroveň degradace obrazu. Nejmenší úroveň degradace má být taková, aby proband bezpečně symbol rozpoznal. Největší úroveň degradace obrazu má být naopak taková, aby proband neměl šanci symbol poznat.

Probandovi se postupně promítá podnětový materiál od největší úrovně degradace po nejmenší. Úkolem probanda je určit úroveň, kde je schopen symbol rozpoznat.

V rámci jednoho kroku je nejprve probandovi promítnut fixační kříž – místo uprostřed monitoru, kde bude později promítnut podnět. Fixační kříž slouží k tomu, aby se proband připravil na „příjem“ obrazové informace.

Následuje expozice podnětu o předem stanovené délce (obr. 10). Doba expozice by měla být dost dlouhá na to, aby zrakový systém probanda měl čas obraz analyzovat. Na druhou stranu by expozice neměla být dlouhá příliš, aby proband neměl čas zapojit nepercepční heuristiky⁷. V příkladu je zvolena expozice 2 vteřiny.

Po expozici podnětu je ještě promítnuta maska. Maskou se rozumí jakýkoli útvar, který nemá žádný význam. Může to být například obdélník nebo chaotické čáry nebo náhodný bodový vzor. Maska slouží k tomu, aby byl ukončen zrakově poznávací proces probanda a aby se zabránilo vzniku paobrazů, které mohou obraz objektu uchovat po delší dobu.



Obrázek 10: Administrace jedné položky v Rozpoznávacím testu

Teprve pak proband může odpovídat. Pokud proband není schopen grafický symbol rozpoznat, test pokračuje snadnější položkou. Po rozpoznání symbolu test končí.

Výsledkem rozpoznávacího testu je změřená prahová hodnota pro každého probanda. Rozpoznávací test má určité psychometrické potíže a k přesnému určení prahových hodnot se příliš nehodí. Pro určitý symbol je pro jednoho probanda získána pouze jediná prahová hodnota bez možnosti určit přesnost jejího zjištění. Na druhou stranu je rozpoznávací test jednoduchý.

5.3 Diskriminační test

Diskriminační test je stejně jako rozpoznávací test založen na rozpoznání (resp. rozlišení) exponovaného podnětu, ovšem v kontextu jiných podnětů. Jedná se zde tedy o rozlišení určitého podnětu od jiných. Cílem testu je určit prahovou hodnotu jedné proměnné pro schopnost rozlišit daný podnětový materiál. Tato sledovaná proměnná může být v našem případě:

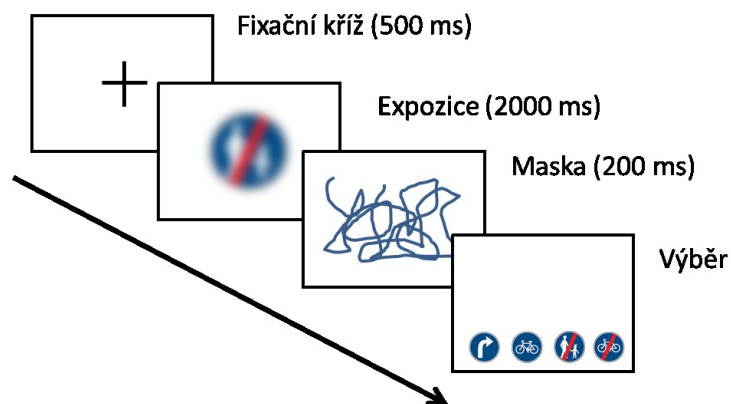
- sítnicová velikost symbolu

⁷ teorie řešení problémů, neobvyklé řešení

- úroveň rozmazání
- úroveň kontrastu
- úroveň šumu

V testu variuje právě ta proměnná, kterou chceme měřit. Hledá se taková úroveň zjišťované proměnné, kde ještě je schopen proband správně rozlišit podnětový materiál.

Stejně jako u rozpoznávacího testu se na začátku nejprve určí krajní úrovně degradace obrazu. Nejmenší úroveň degradace má být taková, aby proband bezpečně symbol rozpoznal. Největší úroveň degradace obrazu má být naopak taková, aby proband neměl šanci symbol poznat. Pokud bude pásmo určeno příliš úzce, hrozí nebezpečí, že někteří probandi budou mít vlastní prahovou hodnotu mimo toto pásmo. Pokud budou mezní hodnoty stanoveny příliš široce, bude trvat dlouho, než testová procedura nalezne prahovou hodnotu s dostatečnou přesností. Mezní hodnoty se určí zkusmo.



Obrázek 11: Administrace jedné položky v diskriminačním testu

Průběh administrace jedné položky diskriminačního testu je stejný jako u rozpoznávacího testu. Odpověď může být ve formátu ANO/NE (byl nebo nebyl promítnut cílový objekt) nebo může jít o výběr z více možností (jako je v příkladu na obrázku). Dichotomický⁸ formát odpovědi se hodí v případě, že je zkoumána jedna dopravní značka, zatímco výběr z více možností má smysl zejména tehdy, pokud je zkoumáno více dopravních značek dohromady. Při dichotomickém formátu odpovědi má smysl náhodně střídat různé podněty, které slouží jako distraktory.

U dichotomického formátu odpovědi, kde je použit jeden target a distraktory, by měl být výskyt targetu a distraktorů v položkách rozložen náhodně v poměru jedna ku jedné.

K určení prahové úrovně sledované proměnné lze využít některou z metod adaptivního testování, jako jsou metoda staircase (Gescheider, 1997), bayesovské metody nebo metody maximální věrohodnosti založené na teorii odpovědi na položku (Urbánek, Šimeček, 2001).

Například lze využít PEST metodu maximální věrohodnosti (Harris, Lieberman, Pentland, 1982). Adaptivní testování založené na teorii odpovědi na položku spočívá v tom, že se po každé administrované položce

⁸ Dvojčlenný, rozdělený na dvě části

vypočítá odhad prahové hodnoty a následující položka se volí tak, aby její přínos pro nový odhad byl co největší. Test může skončit tehdy, když je prahová hodnota odhadnuta s požadovanou přesností.

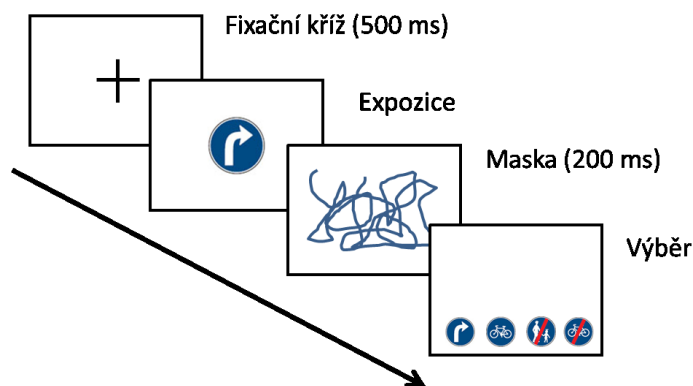
Výsledkem diskriminačního testu je odhad prahové hodnoty pro každého probanda. Součástí tohoto odhadu je i jeho přesnost.

5.4 Diskriminační test s proměnlivou délkou expozice

Diskriminační test s proměnlivou délkou expozice je založen na krátké expozici podnětu. Po ukončení této expozice má proband za úkol rozhodnout, zda šlo či nešlo o cílový podnět, po případě má určit, který z možných podnětů byl administrovaný.

V testu se modifikuje doba expozice podnětu a hledá se prahová délka expozice, která je potřeba k tomu, aby proband dokázal exponovaný objekt odlišit od ostatních objektů.

Procedura administrace jedné položky je ukázána na obrázku 12 a je v zásadě stejná jako u diskriminačního testu. Liší se pouze v proměnlivé délce expozice podnětu.



Obrázek 12: Administrace jedné položky v diskriminačním testu s proměnlivou délkou expozice

Přestože v tomto testu jde především o určení prahové hodnoty času, lze si všimnout také chybných odpovědí. Jejich charakter může pomoci určit, které objekty jsou snáze zaměnitelné.

Diskriminační test s proměnnou délkou expozice se hodí zejména k posuzování složitějších informačních tabulí nebo společného umístění dopravních značek, kde je ke správnému rozlišení potřebný delší čas.

6 Design experimentu pro zjišťování porozumění symbolu dopravní značky

Pokusná osoba je požádána, aby si představila, že se nachází v situaci, která je typická pro posuzovaný grafický symbol. Například si má představit, že jede po silnici, resp. dálnici, jede po silnici a blíží se ke křižovatce, míří do města M. Následně si má proband představit, že uvidí na příslušném místě (po pravé straně vozovky, nad svým jízdním pruhem apod.) dopravní značku. Pokusné osobě je předložen grafický symbol, s jehož významem nebyl dopředu seznámen.

Grafický symbol může být administrován na papíře nebo prostřednictvím počítače. Způsob administrace může být shodný s administrací položky v rozpoznávacím testu. Relativně krátká expozice ukončená promítnutím masky totiž odpovídá skutečné situaci řidiče, který dopravní značku vidí pouze omezenou dobu a většinou své chování upravuje podle jejího významu, až když dopravní značku nevidí.

Úkolem pokusné osoby může být:

- co nejdetailněji popsat předpokládaný význam předloženého symbolu
- co nejdetailněji popsat, jak by se měl jako řidič zachovat
- popsat potíže s porozuměním předloženému symbolu
- posoudit na subjektivních škálách například informační užitečnost, jednoznačnost apod.

6.1 Popis předpokládaného významu dopravní značky

Hodnocení popisu předpokládaného významu probandem se zaznamená na zvukový záznam nebo doslovně přepíše. Analýza tohoto hodnocení je kvalitativní a výstup z ní může být například kódován na čtyřbodové škále (Shinar et al, 2003): „odpověď správná a kompletní“, „odpověď částečně správná“, „nesprávná odpověď“ a „odpověď v opozici ke správné odpovědi“. Ve sporných případech by se mělo kódování účastnit víc kodérů. Škála je pořadová, ovšem Shinar (Shinar et al, 2003) jednotlivým bodům na škále přiřazuje hodnoty (2, 1, 0, -2) a s takto upravenými výsledky dál pracuje jako s kontinuální proměnnou.

6.2 Popis chování řidiče

Popis chování řidiče lze zpracovávat stejným způsobem, jako popis předpokládaného významu. Nabízí se zde však možnost odpovědi snadněji kategorizovat nebo dokonce získat od probanda přímo kategorie tak, že jej necháme odpověď vybrat z předem nabízených možností. Probandova úloha může být také předem definovaná (například „Míříte do Brna, do kterého pruhu se zařadíte?“).

6.3 Popis potíží s porozuměním předloženého symbolu

Pokud je posuzovaný grafický symbol složitý (například složitá směrová cedule), stojí zato identifikovat místa, která probandovi způsobovala potíže s porozuměním. Probandovi je možné opět předložit příslušný grafický symbol a nechat jej problematická místa identifikovat a problém popsat. Kódování

těchto odpovědí bude patrně otevřené a výsledkem bude popis problémů, se kterými se probandi nejčastěji setkali.

6.4 Posouzení na subjektivní škále

K subjektivnímu posouzení se používají likertovské škály, které jsou založeny na míře souhlasu s určitým výrokiem. Například informační užitečnost může reprezentovat výrok: „Tato dopravní značka informuje zcela dostatečně.“ Škála samotná má například pět stupňů: „zcela souhlasím“, „spíše souhlasím“, „nemohu souhlasit, ale ani nesouhlasit“, „spíše nesouhlasím“, „naprosto nesouhlasím“. Jinou možností je nechat probanda „informační užitečnost“ oznámkovat jako ve škole. Opět by se pak jednalo o pětibodovou škálu. Další možností je bipolární škála založená na polaritách, mezi kterými se škála nachází (např. „Tato dopravní značka informuje zcela dostatečně“, „Tato dopravní značka vůbec neinformuje“). Likertovské a i další subjektivní škály jsou pořadové a mělo by se s nimi takto počítat.

7 Postup při posouzení nových variant dopravních značek a jejich kombinací

Nyní uvedeme příklady postupu posuzování pro typické případy nových značek, variant a kombinací značek. Použité metody posouzení jsou volitelné podle aktuální potřeby.

7.1 Nová dopravní značka

Dejme tomu, že máme nové dopravní značky „Sněhové řetězy“ a „Sněhové řetězy – konec“, které budou teprve zavedeny, a jejich vhodnost máme posoudit.

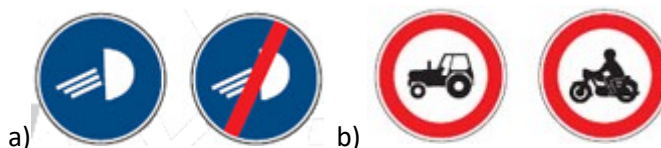


Obrázek 13: dopravní značky „Sněhové řetězy“ a „Sněhové řetězy – konec“

U těchto dopravních značek musíme posoudit riziko percepční zaměnitelnosti s podobnými dopravními značkami a také, jak dopravní značky bude interpretovat naivní pozorovatel.

Nejprve experimentem, který zjišťuje porozumění novému symbolu dopravní značky, zjistíme, zda se při interpretaci naivním pozorovatelem nevyskytují závažné omyly.

Pro posouzení rizika záměny najdeme podobné stávající dopravní značky, které jsou nejvíce podobné (Obrázek 14a) a pro srovnání vybereme dvě stávající značky, které si jsou podobné vzájemně (Obrázek 14b).



Obrázek 14: referenční značky

Nyní můžeme pomocí diskriminačních testů zjišťovat, do jaké prahové úrovně rozmazání, degradace obrazu šumem nebo sníženým kontrastem jsou nové značky (Obr. 13) rozeznatelné od podobných značek (Obr. 14a). Vždy bude administrována nová značka se svým podobným protějškem v samostatném diskriminačním testu. Zjištěné prahové úrovně budou následně srovnány s prahovými úrovněmi podobných stávajících dopravních značek (Obr. 14b).

Pro prozkoumání kognitivní náročnosti rozlišovat podobné značky od sebe lze provést test vizuálního vyhledávání, kde bude úkolem probandů hledat jednu z nových a podobných dopravních značek (Obr. 13, 14a).

Těmto experimentům podrobíme stejný soubor probandů, takže bude zajištěno, že srovnání se stávajícími značkami nebude ovlivněno rozdíly mezi zkoumanými osobami.

7.2 Nová varianta dopravní značky

Z důvodu zvýšení výraznosti byly stávající dopravní značky zvýrazněny retroreflexním žlutozeleným fluorescenčním podkladem. Potíže s interpretací dopravních značek se v tomto případě nepředpokládají, ale je třeba ověřit, zda retroreflexní podklad nezpůsobí potíže se zřetelným rozlišováním.

Respondentům jsou v rozpoznávacím testu předkládány značky s retroreflexní úpravou a jejich příslušné varianty bez této úpravy. Sleduje se, zdali a jak výrazně se od sebe liší při různých formách degradace obrazu.

Je-li posuzováno více podobných dopravních značek, je možné s výhodou použít diskriminační test, kde jsou zjišťovány prahové hodnoty degradace obrazu společně pro všechny posuzované značky s retroreflexním podkladem. V druhém kroku jsou zjišťovány prahové hodnoty pro tytéž značky bez retroreflexního podkladu a výsledky jsou následně srovnány.

7.3 Kombinace dopravních značek

U kombinace dopravních značek hraje roli, jak tuto kombinaci řidiči budou interpretovat. Zároveň může být důležité, jaká je vizuálně-kognitivní náročnost této kombinace.

Experimentem, který zjišťuje porozumění kombinaci dopravních značek, zjistíme, zda se při interpretaci nevyskytují závažné misinterpretace. Probandi mohou být dotazováni na části kombinace dopravních značek, které jim dělaly při porozumění potíže.

V diskriminačním testu budou mít respondenti za úkol rozpoznat příslušnou kombinaci dopravních značek od jiných, podobných. V testu bude variovat čas a bude se tak sledovat prahová délka expozice podnětu, která je potřebná k rozpoznání studované kombinace dopravních značek. Pro srovnání se použijí výsledky stejně designovaného diskriminačního testu, kde ale bude cílová kombinace dopravních značek jiná, než je posuzovaná kombinace.

Literatura

- Bach M. (2007). The Freiburg Visual Acuity Test-variability unchanged by post-hoc re-analysis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2007 Jul; 245(7): 965-71.
<http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/redze/FrACT/s00417-006-0474-4.pdf>
- Bezuidenhout U. (2014). Road sign conspicuity and memorability: What we see and remember. IPENZ Transportation Group Conference, Shed 6, Wellington – 23 – 26 March
<http://conf.hardingconsultants.co.nz/workspace/uploads/bezuidenhout-urie-road-sign-532241e3b255c.pdf>
- Campbell F. W., Robson J. G. (1968). Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. J Physiol. Aug;197(3):551-66. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1351748/pdf/jphysiol01098-0040.pdf>
- Centrum dopravního výzkumu Brno (2002). Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích: technické podmínky 65. II. Vydání.
- Cornsweet, T. N. (1970) Visual Perception. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, Orlando, FL
- Dewar, R., Kline, D., Schieber, F. & Swanson, A. (1994). Symbol signing design for older drivers [DTFH61-01-C-00018]. McLean, VA: Federal Highway Administration. 249 pp.
- Eco U. (1979). A Theory of Semiotics. Indiana University Press.
- ETSC (2006). Conspicuity and Road Safety. ETSC Fact Sheet 9,
http://archive.etsc.eu/documents/FINAL_Fact_Sheet_Conspicuity.pdf
- Gescheider G (1997). Psychophysics: The Fundamentals. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Harris R. Lieberman, Alex P. Pentland (1982). Microcomputer-based estimation of psychophysical thresholds: The Best PEST. Behavior Research Methods & Instrumentation 14(1), 21-25
<http://link.springer.com/article/10.3758/BF03202110>
- Inman V. W. (2012). Conspicuity of Traffic Signs Assessed by Eye Tracking and Immediate Recall. PROCEEDINGS of the HUMAN FACTORS and ERGONOMICS SOCIETY 56th ANNUAL MEETING, 2251-2255. <http://pro.sagepub.com/content/56/1/2251.full.pdf+html>
- Vinot J., Athenes S. (2012). Legible, are you sure?: an experimentation-based typographical design in safety-critical context. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12). ACM, New York, NY, USA, 2287-2296. DOI=10.1145/2207676.2208387
<http://doi.acm.org/10.1145/2207676.2208387>
- Ng A. W. Y., Chan A. H. S. (2007). Cognitive Design Features on Traffic Signs. Engineering Letters, 14:1.
http://pdf.aminer.org/001/270/946/cognitive_design_features_on_traffic_signs.pdf

- Peli E. (1990). Contrast in complex images. *J. Opt. Soc. Am. A/Vol. 7, No. 10*, 2032-2040
<http://www.ics.uci.edu/~majumder/docs/peli.pdf>
- D. G. Pelli, J. G. Robson, A. J. Wilkins (1988). The Design of a New Lettet Chart For Measuring Contrast Sensitivity. *Clin.Vision Sci. Vol. 2, No.3*, 187-199.
- Porathe T., Strand L (2011). Which sign is more visible? Measuring the visibility of traffic signs through the conspicuity index method. *European Transport Research Review*, Volume 3, Issue 1, 35-45.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s12544-011-0050-9/fulltext.html>
- Richards A., McDonald M., Fisher G., Brackstone M. (2004). Investigation of Driver Comprehension of Traffic Information on Graphical Congestion Display Panels using a Driving Simulator. *EJTIR*, 4, 417-435
- Romeny B. H. (1997). Applications of Scale-Space Theory. In Sporring J., Nielsen M., Florack L., Johansen P. [eds.] *Gaussian Scale-Space Theory*. Kluwer Academic Publishers, 3-19.
- Sadr J., Sinha P. (2001). Exploring object perception with random image structure evolution. MIT Artificial Intelligence Laboratory Memo No. 2001-6.
<http://18.7.29.232/bitstream/handle/1721.1/7221/AIM-2001-006.pdf?sequence=2>
- Sadr J., Sinha P. (2004). Object Recognition and Random Image Structure Evolution. *Cognitive Science* 28, 259-287. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1207/s15516709cog2802_7/pdf
- Shinar D., Dewarb R. E., Summalac H. & Zakowskad L. (2003). Traffic sign and symbol comprehension: a cross-cultural study. *Ergonomics*, 46(15), 1549-1565
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0014013032000121615#.U9tBF-MOHT4>
- Schieber F. (1994). Using the "blur tolerance" technique to predict and optimize the legibility distance of symbol highway signs. *Proceedings of the Human Factors Society* , Vol. 2, pp. 912-915.
<http://apps.usd.edu/coglab/schieber/pdf/bpredict.pdf>
- Schieber F. (1998). Optimizing the legibility of symbol highway signs. In A. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles VI*. Amsterdam: Elsevier (pp. 163-170).
<http://apps.usd.edu/coglab/schieber/materials/optimize.pdf>
- Sun L., Yao L., Rong J., Lu J., Liu B., Wang S. (2011). Simulation analysis on driving behavior during traffic sign recognition. *International Journal of Computational Inteligence Systems*, Vol 4, No. 3.
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/18756891.2011.9727793?journalCode=tcis20#.U9tEPuMOHT4>
- Šíkl, R., Šímeček, M., Porubanová-Norquist, M., Bezdíček, O., Kremláček, J., Stodůlka, P., Fine, I., Ostrovsky, Y. (2013) Vision after 53 years of blindness. *i-Perception*. Roč. 4, č. 8 (2013), s. 489-507. ISSN 2041-6695

Treisman A., Gelade G. (1980) A feature integration theory of attention. *Cognit Psychol* 12:97–136
http://www.researchgate.net/publication/15848226_A_feature-integration_theory_of_attention/file/32bfe50f56f0b3ec4b.pdf

Urbánek, T., Šimeček, M. (2001). Teorie odpovědí na položku. *Československá psychologie* 45 (5) 428 - 440.