

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta  
Katedra Psychologie

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zapamatovatelnost a nápadnost změn – vztah paměti a vnímání

Scene memorability and change salience: memory-perception relationship

Bc. Barbora Ptáčková

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Lukavský, Ph.D.

Studijní program: Psychologie

Studijní obor: N PSYCH (7701T005)

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Zapamatovatelnost a nápadnost změn – vztah paměti a vnímání vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 13. 7. 2017

.....  
Barbora Ptáčková

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala především Mgr. Jiřímu Lukavskému, Ph.D. za trpělivost, ochotu, cenné rady a rychlou komunikaci při vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Psychologickému ústavu AV ČR za poskytnutí prostor psychologické laboratoře pro realizaci mého experimentu. V neposlední řadě bych ráda poděkovat svým blízkým za podporu a pomoc při psaní této práce.

Barbora Ptáčková

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vztahem mezi vizuální pamětí a schopnosti detekovat změny na fotografiích. V teoretické části práce se snažím především představit téma detekce změny spolu s ústředním pojmem „slepota ke změně“. Dále se věnuji tématu vizuální paměť a v neposlední řadě uvádím výzkumy, které se již v minulosti zabývaly rolí dlouhodobé vizuální paměti při detekci změn. Cílem empirické části je porovnání vztahu mezi vizuální pamětí (snadností zapamatování podnětů) a schopností detekce změny na fotografiích vnitřních i venkovních scén. Výzkum byl realizován pomocí experimentu navrženém v programu PsychoPy s použitím flicker experimentálního designu. Výzkumný vzorek tvořilo 42 respondentů převážně vysokoškolských studentů. Výsledky výzkumu nepotvrdily existenci vztahu mezi vizuální pamětí a výkony v detekci změny. Závislost mezi těmito proměnnými nebyla potvrzena ani na úrovni jednotlivých kategorií. Tyto výsledky naznačují, že výkony detekce změny pravděpodobně závisí na jiných faktorech, než je dlouhodobá vizuální paměť.

## **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Slepota ke změně, dlouhodobá vizuální paměť, detekce změny, zapamatovatelnost, vnímání, experiment

## **ABSTRACT**

In the thesis, I focus on the relationship between visual memory and the ability to detect changes in photographs. In the theoretical part I introduce the change detection and „change blindness“ phenomenon. Next, this work explores visual memory and refers to studies that focused on visual long-term memory and its role in change detection. The objective of the empirical part of this thesis is to map the relation between visual memory (scene memorability) and change detection illustrated on the ability to recognize changes in photographs of indoor and outdoor scenes. Research was conducted by means of an experiment devised in PsychoPy using flicker paradigm. The research sample comprised 42 respondents, mainly university students. Research results did not confirm the existence of a relation between visual memory and change detection. No correspondence was found between these variables, not even at the level of each category, suggesting that change detection depends on other factors than visual long-term memory.

## **KEYWORDS:**

Change blindness, visual long-term memory, change detection, memorability, perception, experiment

## Obsah

I.	ÚVOD.....	8
II.	TEORETICKÁ ČÁST .....	10
1	Detekce změny.....	10
1.1	Fenomén slepota ke změně.....	10
1.2	Change blindness blindness.....	12
1.3	Empirické přístupy ke zkoumání detekce změny.....	13
1.4	Teorie slepoty ke změně.....	17
1.5	Slepota ke změně a pozornost .....	20
2	Paměť.....	21
2.1	Vizuální paměť.....	22
2.2	Zapamatovatelnost fotografií.....	24
3	Dlouhodobá vizuální paměť a detekce změny.....	27
III.	EMPIRICKÁ ČÁST .....	33
1	Výzkumné cíle a hypotézy.....	33
2	Výzkumný soubor.....	34
3	Metody.....	34
3.1	Ishiharův test barvosleposti .....	34
3.2	Podněty a design experimentu.....	35
3.3	Průběh experimentu.....	37
4	Zpracování dat .....	38
5	Výsledky .....	38
5.1	Popisná statistika .....	38
5.2	Zapamatovatelnost scén.....	40
5.3	Velikost prezentovaných změn.....	43
5.4	Ishiharův test barvosleposti .....	44

5.5	Vztah velikosti změny a výkonu v detekci změny .....	44
5.6	Vztah paměti a detekce změny .....	45
5.7	Venkovní kategorie scén .....	46
5.8	Vnitřní kategorie scén.....	55
IV.	DISKUSE.....	65
V.	ZÁVĚR.....	68
VI.	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	69

## I. ÚVOD

Ve své diplomové práci se zabývám především vztahem paměti a vnímání, a zaměřuji se na jeden konkrétní aspekt, kterým je detekce změny. Z výzkumů vyplývá, že lidé jsou překvapivě nevíšaví ke změnám a mnohdy nezaznamenají ani velké změny v percepčním poli. Tento fenomén se nazývá „slepota ke změně“ (angl. „*change blindness*“) a v zahraničních studiích je mu věnováno mnoho pozornosti. Fenomén slepoty ke změně se objevuje nejen v rámci designů výzkumů, ale je přítomný především v každodenním životě, kde může vést i k mnoha ohrožujícím situacím. Zajímavá je nejen samotná zarážející neschopnost zaznamenat změnu, ale také mylné přesvědčení pozorovatelů, že by takové změny zaznamenali.

V českém prostředí tento koncept není příliš známý a doposud nebyl systematicky zkoumán. Právě proto si myslím, že je důležité rozšířit povědomí nejen o fenoménu slepoty ke změně, ale také o výzkumech zabývajících se detekcí změny a snažit se toto téma dále rozvíjet. Cílem diplomové práce je tedy především představit téma detekce změny a fenoménu slepoty ke změně a v rámci empirické části se pokusit zmapovat vztah paměti a detekce změn na fotografiích.

Teoretická část práce je rozdělena do tří větších tematických celků. V první části s názvem Detekce změny se nejvíce zabývám ústředním pojmem „slepota ke změně“. Nejprve se snažím tento koncept definovat a následně také zasadit do kontextu výzkumů, které se jím v minulosti systematicky zabývaly. Větší prostor v rámci této kapitoly věnuji empirickým přístupům ke zkoumání detekce změny, kde se snažím poskytnout ucelený přehled experimentálních designů, které se používají ve výzkumech detekce změny. V neposlední řadě shrnuji čtyři hlavní teorie, prostřednictvím kterých se v současné době nejčastěji vysvětluje fenomén slepoty ke změně. Ve druhé části s názvem Paměť se zabývám především vizuální pamětí a studii, které zkoumaly kapacitu a detailnost reprezentací ve vizuální dlouhodobé paměti. Na závěr této kapitoly se věnuji pojmu zapamatovatelnost fotografie a na základě studií definuji skóre zapamatovatelnosti, které jsme využili v rámci našeho experimentu. V poslední kapitole Dlouhodobá vizuální paměť a detekce změny uvádím některé studie, které se stejně jako náš experiment zabývaly dlouhodobou pamětí a zároveň detekcí změny.

V empirické části vymezuji cíl výzkumu, popisuji výzkumný vzorek a metody použité ve výzkumu. V rámci metod nejprve představuji Ishiharův test barvosleposti a následně popisuji



podněty, design experimentu a jeho průběh. Ve výsledcích uvádím popisnou statistiku, a především výsledky jednotlivých korelačních analýz. V diskusi shrnuji výsledky experimentu a následně se tyto výsledky snažím interpretovat a vztáhnout k teoretickým poznatkům.

## II. TEORETICKÁ ČÁST

### 1 Detekce změny

Detekce změny je důležitou schopností, kterou uplatňujeme v každodenním životě. Tuto schopnost využíváme v různých situacích, například při zvládnání dopravních situací, zaznamenání toho, že někdo vešel do místnosti nebo sledování kotěte, jak běží pod stolem. Ačkoliv se jedná o běžný každodenní fenomén, ukázalo se, že studium detekce změny je překvapivě obtížné. Termínem detekce změny rozumíme nejen vizuální procesy, které se podílejí na prvním zpozorování změny, tedy určení existence změny pozorovatelem, ale zahrnuje také identifikaci a lokalizaci dané změny, tzn. určení, co se změnilo a kde se to změnilo (Rensink, 2002).

#### 1.1 Fenomén slepota ke změně

Ve své diplomové práci se zabývám především detekcí změny a jejím ústředním pojmem „slepota ke změně“, proto je důležité tento pojem dobře vymežit. Fenomén „*change blindness*“ nebyl zatím v českém prostředí systematicky zkoumán, proto na toto téma neexistuje v podstatě žádná česká literatura. V celé práci tedy vycházím především ze zahraničních vědeckých zdrojů. Jedinou českou vědeckou prací na toto téma je slovenský článek, který byl zveřejněn v časopise Československá psychologie. Autorka překládá pojem „*change blindness*“ do slovenštiny jako „slepotu k zmene“ (Porubanová, 2010). V českém prostředí se tento pojem označuje nejednotně. Můžeme se setkat se zachováním anglického termínu „*change blindness*“ nebo různými překlady tohoto termínu do češtiny, nejčastěji se objevuje „slepota ke změně“ či „slepota vůči změně“. Pro účely své diplomové práce jsem se rozhodla používat český překlad tohoto pojmu „slepota ke změně“ a tím navázat na článek Porubanová (2010).

Pozorovatelé jsou v nejrůznějších podmínkách překvapivě nevšímaví ke změnám. Změny nevidí, ani když jsou velké, opakovatelné a předvídatelné. Tento zarážející jev se nazývá „slepota ke změně (angl. *change blindness*)“. Tato neschopnost zaznamenat změnu poukazuje na určité percepční mechanismy a poskytuje lepší vhled do povahy vizuálního vnímání, pozornosti a vědomí (Rensink, 2002).

Výzkumy zabývající se detekcí změny se objevovaly již od 60. let 20. století, ale fenomén slepoty ke změně se stal ústředním tématem výzkumů až od počátku 90. let.

Rensink (2002) rozděluje historii zkoumání detekce změn do tří fází. První zhruba do roku 1960, kdy všechny studie poukazyvaly na překvapivě slabý výkon v detekci změn podmíněnou proložením dočasné pauzy nebo sakadickými pohyby očí. Nicméně nebyl učiněn pokus začlenit celý soubor poznatků do systematického rámce. Druhá fáze 1970 - 1980 např. Pollack (1972), Phillips & Singer (1974), a Pashler (1988), kteří systematicky zkoumali limity detekce změn v zobrazení jednoduchých figur. Třetí fáze začala na počátku devadesátých let a pokračuje do současnosti. Např. Simons (1996), Rensink et al. (1997) a Henderson & Hollingworth (1999).

Ačkoliv byla detekce změn zkoumána již desetiletí, teprve současné práce přenesly zkoumání fenoménu slepoty ke změně z laboratoře do prostředí typičtější percepční zkušenosti a přispěly k chápání pozornosti, vnímání, a dokonce i vědomí (Simons & Rensink, 2005). K posunu ve zkoumání slepoty ke změně došlo v roce 1996, kdy byly uveřejněny výsledky studie (Grimes, 1996) zkoumající změny na fotografiích během očních pohybů. V této studii pozorovatelé často nepostřehli velké změny na fotografiích, např. polovina pozorovatelů si nevšimla, že kovbojové na lavičce si vyměnily hlavy. Další studie se snažily zjistit, zda by docházelo k takovému selhání při absenci očních pohybů, což bylo impulzem pro vznik nových experimentálních designů ke zkoumání detekce změny jako je například flicker experimentální design (angl. *flicker paradigm*), změny provedené během mrknutí oka (angl. *blink-contingent procedures*), tzv. cákance bahna (angl. *mudsplats*), krátká okluze (angl. *brief occlusion*) a postupné změny (angl. *gradually change*). Ukázalo se, že pro vnímání změny je zapotřebí pozornost a slepota ke změně se projevuje ještě více, pokud je změna neočekávaná.

Stejně výsledky se projeví také ve studii, která zkoumala detekci změny ve filmových scénách. Dospělí pozorovatelé selhávali při detekci změny dokonce i v případech, kdy se během střihu nebo změny úhlu kamery zaměnila osoba herce (Levin & Simons, 1997). Stejní autoři (Simons & Levin, 1998) chtěli ve své další studii vyvrátit argument, že fenomén slepoty ke změně je podmíněn situací, kdy proband pasivně sleduje 2D zobrazení. Navrhli experiment, ve kterém byla jedna osoba tajně nahrazena jinou během reálné interakce. Jednalo se o situaci, kdy se experimentátor ptal na cestu náhodného chodce. Během této konverzace mezi experimentátorem a chodcem prošly dvě osoby nesoucí dveře. V tomto okamžiku se experimentátoři vyměnili a druhý experimentátor pokračoval v započaté konverzaci s chodcem. Pouze polovina chodců dokázala

zaznamenat změnu, což naznačuje, že k selhání detekce změny může docházet i v reálných situacích.

## 1.2 Change blindness blindness

Zajímavé je, že přes výsledky, které poukazují na neschopnost pozorovatelů zaznamenat i překvapivě velké změny je většina lidí přesvědčena, že by si všimla i relativně malých změn. Levin (2000) provedl dva experimenty, které potvrzují tuto metakognitivní chybu. Představil studentům čtyři různé situace, které byly použity v předchozích výzkumech detekce změny (Levin & Simons, 1997; Simons & Levin, 1998). Jednalo se o změny provedené ve filmovém záznamu během posunu pohledu kamery nebo střihu a změny v reálných situacích. V prvním experimentu se studentů dotazovali, zda si myslí, že by si změny všimli či nikoliv. Ve druhém experimentu měli studenti zhodnotit, zda by někdo jiný zaznamenal představené změny. Výsledky ukázaly, že pozorovatelé se domnívají, že by našli i relativně malé změny, které v předchozí studii zaznamenal pozorovatel jen zřídka. Druhý experiment potvrdil předpoklad, že lidé mají všeobecně tendenci nadhodnocovat nejen svou schopnost detekovat změnu, ale i schopnost druhých. Levin (2000) nazval tento fenomén neschopnosti odhadnout reálnou šanci detekovat změnu „*change blindness blindness*“ (Levin, Momen, Drivdahl, & Simons, 2000).

Možný důvod, proč si lidé natolik věří ve své schopnosti detekovat změny by mohl plynout z obecné zkušenosti z reálného života. Změny v reálných situacích jsou vždy doprovázeny pohybovým signálem, který upoutá naši pozornost k místu změny, proto si ve většině případů změny všimneme. Avšak experimentální designy určené ke zkoumání detekce změny jsou navrženy tak, aby byl pohybový signál skrytý, např. vložením prázdné obrazovky mezi originální a změněnou scénu. V takovém případě není upoutána pozornost pozorovatele a dochází k selhání detekce změny (Rensink, 2000b).

Přeceňování schopností detekovat změny může mít mimo experimentální podmínky také negativní důsledky v reálném životě. Např. přesvědčení řidičů, že náhlá změna automaticky upoutá jejich pozornost, jako např. chodec vstupující do vozovky, se může v některých situacích stát velmi nebezpečným. Dalším v současné době často probíraným tématem je používání mobilních telefonů za jízdy. Ačkoliv je z výzkumů známo, že člověk není schopen zaznamenat často i velké změny ve vizuálním poli a používání mobilních telefonů za jízdy upoutává naši pozornost, která je nutná k detekci změn, tak

většina lidí i přesto věří ve své schopnosti detekovat důležité události v okolí (Simons & Ambinder, 2005).

### 1.3 Empirické přístupy ke zkoumání detekce změny

Většina současných studií detekce změny používá základní design výzkumu. Nejprve jsou pozorovateli zobrazeny podněty (obrázek nebo pole izolovaných objektů), následně je provedena změna tohoto podnětu a poté je měřena odpověď respondenta (Rensink, 2002). Právě kolem tohoto designu byla vyvinuta široká škála přístupů. V následující části se budu některými z nich podrobněji zabývat.

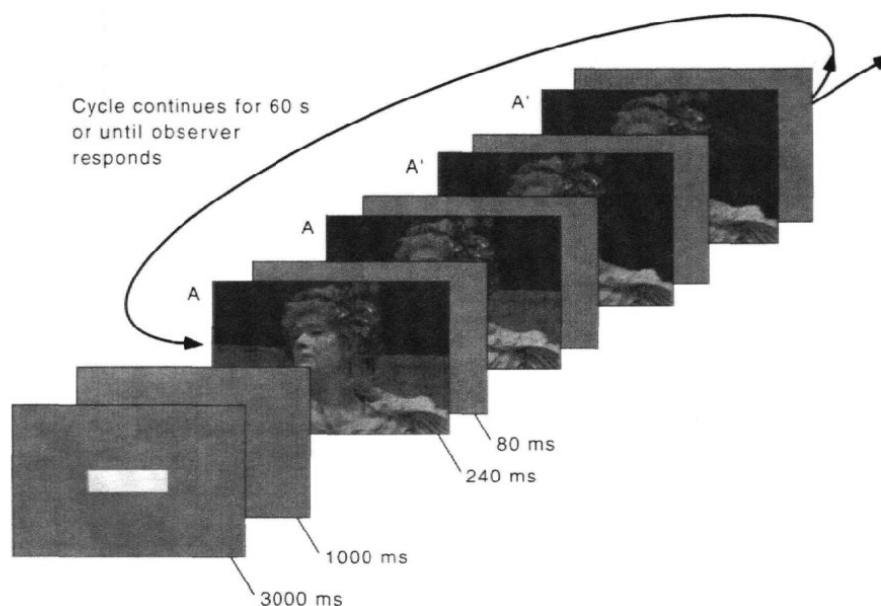
Hlavním kritériem při vytváření experimentálního designu detekce změn je způsob, jakým se zajišťuje, aby detekce změny závisela na paměti, nikoliv na detekci pohybu při vzniku změny, který přitahuje pozornost a detekce změny je ovlivněna pouze tímto pohybovým signálem. Oddělení změny od pohybu se ve většině experimentů dosahuje vložením nějaké akce mezi originální a změněnou scénu. Některé experimentální designy využívají sakadických pohybů očí, mrknutí oka nebo různých typů rozptýlení pozornosti. Změna může být provedena během zobrazení prázdné obrazovky mezi obrázky, ve filmových scénách během střihu či změny pozice kamery. V reálných situacích se např. využívá krátké zakrytí podnětu (Rensink, 2002; Simons & Levin, 1997).

V první fázi výzkumů se nejčastěji používaly dva experimentální designy. V jednom z nich je změna provedena během pauzy mezi originálním a změněným podnětem. Pauza je navozena zobrazením prázdného pole nebo nějaké vzorované masky, která je vložena mezi originální a změněnou scénu. Tento design minimalizuje zapojení očních pohybů a dlouhodobé paměti. Rozdíl mezi tímto designem a flicker experimentálním designem, kterému se věnuji níže spočívá především v počtu opakování. V tomto tzv. one-shot experimentálním designu (angl. *one-shot task paradigm*) je originální i změněný podnět a prázdné pole zobrazeno pouze jednou, zatímco ve flicker experimentálním designu (angl. *flicker paradigm*) se opakuje v sekvenci, která vytváří viditelné blikání. Výkon detekce změny ve one-shot experimentálním designu je primárně měřena přesností určení místa změny, zatímco ve flicker experimentálním designu reakčním časem (Rensink, 2000a, 2002). Druhý experimentální design využívá sakadických pohybů očí, během nichž je provedena změna. V tomto designu mají probandí studovat fotografie na následující rozpoznávací test. Probandům je poskytnuta informace, že během studia se

mohou scény občas změnit. Pokud si nějaké změny všimnou, mají za úkol ji nahlásit experimentátorovi. Princip tohoto designu spočívá v provedení změny v okamžiku, kdy proband během studia obrázků rychle přesune zrak z jednoho objektu na druhý (Simons & Levin, 1997).

V současné době se ve výzkumech nejčastěji objevuje flicker experimentální design, který byl navržen Rensinkem v roce 1997 (Rensink, O'Regan, & Clark, 1997). Princip je založen na střídání originální a změněné fotografie, které jsou oddělené prázdnou obrazovkou. Tato sekvence se opakuje, dokud pozorovatel změnu nenajde. Vložení prázdné obrazovky mezi fotografie vytváří viditelné blikání a maskuje signál, který by upoutal pozornost v okamžiku vzniku změny (Simons & Ambinder, 2005). Rozdíly mezi originální a změněnou fotografií mohou být jakékoliv velikosti a typu. Pozorovatel sleduje blikající sekvenci obrázků a jeho úkolem je např. stisknout klávesu, jakmile změnu zaznamená. Abychom zamezili hádání, můžeme se probanda ptát, kde se změna nacházela a jaký typ změny viděl, např. v našem experimentu měl proband za úkol určit přesné místo změny kliknutím myši. Autoři tohoto experimentálního designu vyzdvihují, že podněty jsou prezentovány dlouhou dobu, což pozorovateli umožňuje vytvoření si reprezentace, která napomáhá vnímání změn ve scéně. Naopak u designů krátkého zobrazení jako např. provedení změny během sakadických pohybů očí, může být zjištěná slepota ke změně důsledkem nedostatečného času pro vytvoření reprezentace scény (Rensink et al., 1997). V původní studii (Rensink et al., 1997) byl každý obrázek zobrazen po dobu 250 ms a prázdná obrazovka 80 ms. V sekvenci se střídal originální obrázek A s upraveným obrázkem A'. Obrázky byly odděleny proložením prázdné šedivé obrazovky a zobrazeny v pořadí A, A, A', A' (Obrázek 1).

Ukázalo se, že pozorovatelé jen zřídka dokáží detekovat změnu po prvním opakování celého cyklu a některé změny nejsou schopni nalézt dokonce ani po 1 minutě opakování. Díky použití flicker experimentálního designu bylo také zjištěno, že pozorovatel najde změnu mnohem rychleji, pokud se týká důležitých oblastí fotografie. Stupeň zájmu objektů nebo oblastí scény byl určen nezávislým experimentem, ve kterém probandi slovně popisovali scény na fotografiích. Na základě tohoto experimentu byl definován centrální zájem (angl. *central/marginal interest*) jako objekt nebo oblast scény, kterou pozorovatelé zmiňovali nejčastěji, naopak jako okrajové byly označovány objekty a oblasti, které nikdo nezmínil.



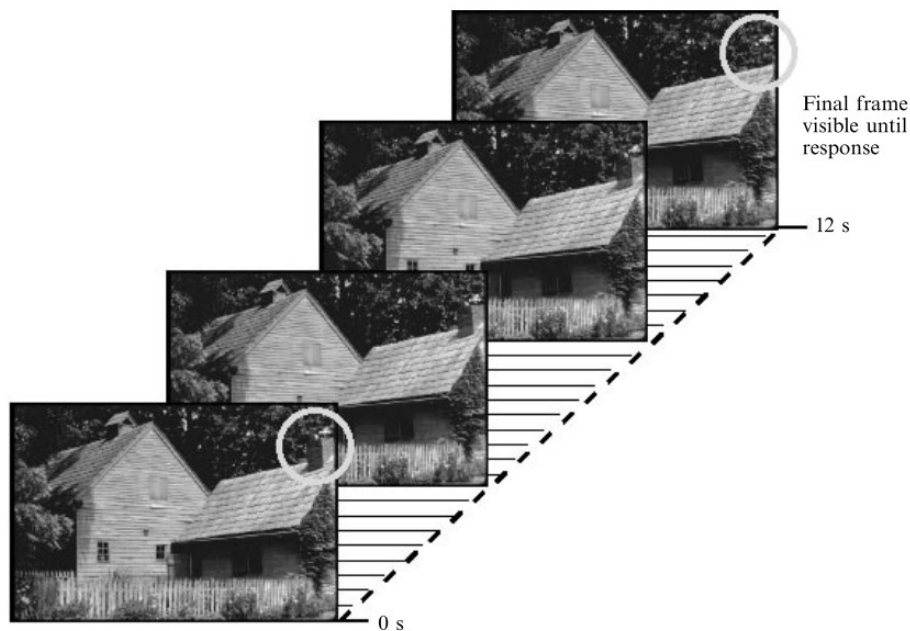
Obrázek 1: Flicker experimentální design (Rensink et al., 1997).

Toto zjištění poukazuje na souvislost s pozorností, která je častěji zaměřena na centrální objekty. Z tohoto důvodu proband nalezne změny v centrální oblasti rychleji než okrajové změny (Rensink et al., 1997; Simons, 2000).

V experimentálním designu nuceného výběru (angl. *forced choice detection*) je fotografie probandům prezentována pouze jednou a úkolem probanda je volba z nuceného výběru (Simons, 2000).

Ve flicker experimentálním designu a experimentálním designu nuceného výběru se jedná o úkol záměrné detekce změny (angl. *intentional change detection tasks*), tzn. probandi vědí, že nastane nějaká změna a aktivně se jí snaží hledat. I přesto, že se probandi plně soustředí na hledání změny, tak se v těchto podmínkách slepota ke změně projevuje.

Úkoly na detekci změny mohou také pracovat s podmínkami rozdělené pozornosti (angl. *divided attention conditions*). Princip spočívá v zadání jiného úkolu, např. zapamatování si obrázků na následující paměťový test. Zároveň je probandům sděleno, že pokud zaznamenají nějakou změnu, tak ji mají hlásit experimentátorovi. Posledním typem úkolů na detekci změny je náhodný přístup. Probandi nedostanou žádnou instrukci o hledání změny, ale obvykle jim je zadán jiný úkol. Teprve zpětně se jich experimentátoři dotazují, zda si všimli změn. Jak bychom mohli předpokládat,



**Obrázek 2: Experimentální design postupné změny (angl. *gradual change*)** (Simons et al., 2000). V průběhu 12 s se postupně mění originální fotografie ve změněnou. V tomto ilustrativním příkladu dochází k postupnému mizení komínu (místo změny označeno kroužkem). Konečná verze obrázku zůstává viditelná, dokud proband neoznačí místo změny kliknutím myši.

v posledním typu úloh se fenomén slepoty ke změně projevuje nejvíce. Slepota ke změně je tedy přítomna v různé míře ve všech typech úloh manipulujících se záměrem pozorovatele. Tento aspekt záměru pozorovatele ovlivňuje nejen míru očekávání změny, ale také strategie a mechanismy použité při detekci změn (Rensink, 2002; Simons, 2000).

Dlouhou dobu se předpokládalo, že je nutné mezi originální a změněný podnět vložit nějaký distraktor, který zamezí upoutání pozornosti během vzniku změny, což by vedlo k úspěšné detekci. Později se zjistilo, že fenomén slepoty ke změně se projevuje i za podmínek bez přítomnosti těchto vizuálních distraktorů. Jedná se o experimentální design postupné změny (angl. *gradual change*). Originální fotografie se postupně mění ve změněnou fotografii prostřednictvím krátké animace. Princip spočívá v postupném objevení, zmizení nebo změny barvy objektu. Změna musí být dostatečně kontinuální, aby nevznikal viditelný přechod mezi originální a změněnou scénou. Úkolem probandů je hledat změnu na obrázku, po uplynutí určitého času jsou vyzváni, aby označili místo změny kliknutím myši (Obrázek 2) (Simons, Franconeri, & Reimer, 2000).

Pro navržení experimentálních designů detekce změny se využívají různé vizuální stimuly od jednoduchých figur až po situace z reálného světa. Nejjednodušším způsobem zobrazení jsou jednoduché figury, mohou to být tečky, linky nebo různě uspořádaná písmena. Tato jednodušší zobrazení umožňují lepší kontrolu nad vlastnostmi stimulu jako



je velikost, umístění a intenzita změny, rovněž se lépe analyzují, proto jsou vhodnější ke zkoumání jednotlivých mechanismů. Dále lze použít různé kresby objektů a scén, které mohou být uspořádány do jednoduchých polí nebo tvořit komplexní scény. Ještě větším krokem k realismu jsou snímky objektů a scén tedy především fotografie objektů reálného světa. Výhodou komplexních scén je vyloučení umělé analýzy scény. Dynamická zobrazení, jako jsou filmy, také poskytují vysoký stupeň realismu. Obecně tedy platí, že čím jsou podněty realističtější, tím více vyvolávají slepotu ke změně. Nejvyšší stupeň realismu však poskytují interakce v reálném životě (Rensink, 2002).

Neméně důležitý je výběr typů změn, které budou ve výzkumném designu použity. Nejčastěji se manipuluje s existencí položky (přidání nebo odebrání), dále s různými vlastnostmi položky jako je orientace, velikost, tvar nebo barva a v neposlední řadě se změnou v prostorovém uspořádání položek. Při změně rozložení položek na displeji je třeba hlídat konstantní počet položek a jejich vlastnosti, aby se zabránilo zkreslujícím činitelům. Většina studií se všeobecně snaží zajistit, aby provedené změny nepředstavovaly radikální změnu v celkovém vzhledu zobrazení (Rensink, 2002).

Ve experimentu (Ball, Elzemann, & Busch, 2014) se autoři snažili mimo jiné zjistit, zda mají fyzické vlastnosti změny (salience zasažené oblasti, velikost manipulované oblasti a rozdíly v jasů mezi originální a upravenou scénou) vliv na reakční čas detekce změny. V experimentu jsou použity tři typy změn: změna barvy, pozice a změna odstraněním objektu. Výsledky experimentu ukázaly, že změna pozice byla detekována rychleji než změna odstranění objektu nebo změna barvy. Dále bylo zjištěno, že reakční čas klesá s rostoucí velikostí změny a salience. Jasové rozdíly (poměr měnících se pixelů ve stupních šedi) mezi originální a změněnou scénou neměly žádný efekt na reakční čas.

Z přehledu je patrné, že existuje celá řada empirických přístupů ke zkoumání detekce změn. Ve všech těchto designech se používají dva stimuly: stimul (obrázek, fotografie apod.) před změnou a stimul po změně. Pozoruhodné je, že všechny tyto přístupy ukazují podobné výsledky, kdy pozorovatelé selhávají při detekci mnohdy velkých změn napříč různými druhy výzkumných designů.

#### **1.4 Teorie slepoty ke změně**

V současné době není přesně známo, jaký je mechanismus vzniku slepoty ke změně, vědci se přiklání k několika teoriím vysvětlujícím tento fenomén. Hollingworth (2006)

si pokládá několik otázek, proč detekce změny vůbec existuje vzhledem k důkazům o robustní vizuální paměti pro detaily scén a proč pozorovatelé často selhávají v detekci změn? Na základě těchto otázek vyčleňuje čtyři paradigmata, která se snaží vysvětlit mechanismus a důvod vzniku tohoto fenoménu.

První z nich vidí příčinu slepoty ke změně v **selhávání kódování**. Slepota ke změně se tedy objevuje za předpokladu, že objekt nebyl kódován předtím, než došlo ke změně. Tímto se zabývá výzkum (Hollingworth & Henderson, 2002), který zkoumal detekci změny v souvislosti s tím, zda byl měnící se objekt fixován předtím, než došlo ke změně. Výsledky ukazují, že probandi rychleji detekovali změny objektů, které byly fixovány ještě před změnou. Výkony detekce změny u objektů, které nebyly fixovány naznačují, že pokud objekt není přímo fixován, tak ve většině případů nedochází k zakódování informace, která je nutná k nalezení změny.

Současné studie ukazují, že pozornost a fixace objektu před změnou významně napomáhá ke správné detekci změny. Současně však mnoho pozorovatelů selhává v detekci změny i přestože byl objekt fixován. Např. studie (Simons & Levin, 1998), kde byla jedna osoba vyměněna za jinou během reálné interakce. Přestože byl obličej osoby zcela jistě fixován, tak si mnoho pozorovatelů nevšimlo, že byla osoba zaměněna za jinou.

Druhé paradigma vysvětluje fenomén slepoty ke změně jako **selhání retence**. Proces zapomínání ve vizuální paměti přispívá ke vzniku slepoty ke změně. K největší ztrátě sensorických informací dochází na nejnižší úrovni vnímání bezprostředně po vizuální zkušenosti. Tento přístup předpokládá, že pokud by byly tyto sensorické informace robustně zachovány a integrovány, nedocházelo by k takovému selhávání v detekci změny. Dlouho je však známo, že k takto robustnímu zachování a integrování sensorických informací nedochází, což podporuje vznik slepoty ke změně.

Rensink (2000b) se domnívá, že slepota ke změně je zapříčiněna přepsáním staré reprezentace ve vizuální paměti novou vizuální reprezentací. V okamžiku, kdy se změní originální objekt dochází k přepsání původní informace, na základě tohoto principu dochází k selhávání v úkolech detekce změny (Rensink, 2000b).

Několik studií se snažilo podrobit tento přístup kritické zkoušce. Výsledky ukazují, že i přes selhání v úkolu detekce změny jsou pozorovatelé schopni z paměti popsat vlastnosti originálního podnětu. Např. Hollingworth (nepublikovaná data) zkoumal paměť

pro vizuální vlastnosti originálního objektu za předpokladu, že proband selhal v detekci změny. V experimentu byla změna prováděna během sakadických pohybů očí. Originální objekty byly nahrazovány objekty z jiné kategorie (např. toaster se změnil na mixér). Jestliže proband selhal v detekci změny, následovaly dva úkoly na testování paměti. První úkol testoval paměť pro originální objekty. Participantovi byly předkládány dvě varianty objektu, ze kterého měl zvolit ten, který předtím pozoroval. Jeden z nich byl originální objekt a druhý byl pouze jinou verzí originálního objektu např. jiný toaster. Druhý úkol byl obdobný s tím rozdílem, že testoval paměť pro nové objekty např. mixer. Výsledky tohoto experimentu ukazují, že paměť pro původní objekty je signifikantně lepší než pro objekty nové. Z takovýchto výsledků můžeme vyvozovat, že nová vizuální reprezentace nemusí nutně přepsat původní, ale i tak je možné, že nová reprezentace do jisté míry novou reprezentaci narušuje.

Další paradigma spatřuje důvody vzniku slepoty ke změně v **selhání vyvolání informací z vizuální paměti a následné porovnávání**. Aby pozorovatel úspěšně našel změnu, musí být nejprve reprezentace vyvolána z paměti a následně porovnávána s aktuální vizuální informací. K nalezení změny tedy nestačí pouze přesná paměťová reprezentace, ale je nutné, aby byl objekt po provedení změny znovu fixován.

Jakou roli hraje selhání vyvolávání a porovnávání reprezentací ve vztahu k slepotě ke změně zkoumal (Hollingworth, 2003) pomocí manipulace s vodítkem. Detekce změny byla testována pomocí dvou variant. V prvním případě bylo úkolem participantů určit, zda se ve scéně něco změnilo. Ve druhém případě byl cílový objekt označen zelenou šipkou a participant měl určit, zda došlo ke změně či nikoliv, tzn. porovnával pouze označený objekt s paměťovou reprezentací. Výsledky ukázaly, že participanté dosahují signifikantně lepšího výkonu v detekci změny v podmínkách, kdy byl cílový objekt označen šipkou. Tyto výsledky podporují teorii, že důvodem vzniku slepoty ke změně je selhání vyvolávání informací z paměti a porovnávání paměťových reprezentací.

Poslední vysvětlení slepoty ke změně je založeno na **implicitní detekci a prahových mechanismech**. Tyto mechanismy byly zkoumány pomocí sakadických pohybů očí. Často se stává, že během sakadického pohybu očí dochází k minutí cílového objektu, který měl být fixován. Tato diskrepance může být způsobena nepřesností očního pohybu (vnitřní chyba), nebo také pohybem cílového objektu během sakadického očního pohybu.

Vědci zjistili, že pokud je přemístění cílového objektu větší než jedna třetina vzdálenosti sakády, tak pozorovatelé zaznamenávají posunutí cílového objektu a tuto nesrovnalost připisují změně ve vnějším prostředí. Pokud se jedná pouze o malé rozdíly, tak vizuální systém tuto změnu přisoudí chybě vnitřních mechanismů a pozorovatel si žádné změny nevšimne. V tomto případě tedy dochází ke slepotě ke změně.

Tyto prahové mechanismy mohou také vysvětlovat necitlivost zaznamenávat postupné změny. Studie (Hollingworth, 2004) potvrdila, že pozorovatelé jsou velmi necitliví k postupným změnám. V experimentu s použitím flicker experimentálního designu probandi sledovali postupně rotující se scénu (každý obrázek se změnil o jeden stupeň orientace v hloubce). Předpokladem je, že v paměti jsou tyto rozdíly reflektovány, ale aktuální reprezentace scény není porovnávána s původní reprezentací scény, ale nedávno změněným stavem scény. Důsledkem je, že rozdíl mezi aktuální vizuální informací a reprezentací v paměti je tak malá, že nepřekročí prahovou hodnotu pro uvědomění si změny, a proto se objevuje slepota ke změně.

### **1.5 Slepota ke změně a pozornost**

Výsledky studií slepoty ke změně ukazují, že změny významově centrálních objektů scény jsou detekovány rychleji než změny okrajové, a to i za předpokladu, že jsou stejné fyzické nápadnosti. Tato zjištění naznačují, že pozornost je více soustředěna na centrální položky, které jsou s větší pravděpodobností kódovány a porovnávány, proto jsou změny těchto objektů detekovány rychleji (Simons & Levin, 1997; Simons & Rensink, 2005).

I když může být pozornost distribuována na 4 – 5 položek najednou, je možné zaznamenat pouze jednu změnu v jednom okamžiku. Mechanismus pozornosti sloučí vlastnosti položek do jednoho celku, proto pozornost není zárukou, ale spíše nezbytným předpokladem úspěšné detekce změny. Pozornost umožňuje, aby se změna dostala do centra našeho vědomí a tudíž byla zpracována (Simons & Rensink, 2005).

Rensink (2002) se snaží vysvětlit mechanismus slepoty ke změně právě pozorností. Domnívá se, že změna v reálném světě je vždy doprovázena pohybovým signálem, který je nějakým způsobem jedinečný, nebo alespoň větší, než šum pozadí, a proto přitahuje pozornost, což umožňuje zaznamenání změny. Pokud je tento signál příliš slabý (např. je vytvořen velmi pomalu nebo je pohlcen přechodovými jevy, jako jsou sakadické pohyby

očí, blikání nebo prázdná obrazovka) nepřitáhne pozornost a výsledkem je slepota ke změně.

## 2 Paměť

Lidská paměť je ve vědeckých kruzích často předmětem sporu. V některých případech jsou lidé schopni si vzpomenout na velmi detailní informace z minulosti a jiné případy naopak ukazují její nespolehlivost, limity a zkreslující účinky (Kassin, 2004). K demonstraci paměti se používá celá řada metafor. Paměť je často přirovnávána k fyzickému prostoru, ve kterém jsou umístěny naše vzpomínky a myšlenky nebo knihovnímu katalogu (Eysenck & Keane, 2008). V současné době se nejčastěji používá analogie počítače a lidské mysli, kde paměť funguje jako systém zpracovávající informace (Kassin, 2004). Většina současných učebnic dělí paměť v rámci zpracování informací na sensorickou, krátkodobou a dlouhodobou.

Senzorická paměť uchovává informace ze smyslových modalit po dobu několika zlomků sekund po skončení působení podnětu na naše smysly. Podněty, které upoutají pozornost, jsou převedeny do krátkodobé paměti. V rámci sensorické paměti se nejčastěji rozlišuje ikonická paměť pro zrakové informace a echoická paměť pro informace přijaté sluchovým systémem (Eysenck & Keane, 2008; Kassin, 2004). Krátkodobá paměť dokáže udržovat informace po dobu několika vteřin. Vyznačuje se omezenou kapacitou, v krátkodobé paměti jsme obvykle schopni udržet sedm plus / minus dvě položky např. čísel nebo krátkých slov. Příkladem demonstrující kapacitu krátkodobé paměti je situace, kdy si chceme zapamatovat telefonní číslo jen do té doby, než číslo vytočíme. Informace udržované v krátkodobé paměti jsou náchylné na jakékoliv narušení informacemi novými, které způsobují zapomínání původních informací (Eysenck & Keane, 2008; Říčan, 2013). Rychlému zapomínání informací můžeme zabránit prostřednictvím fonologického opakování položek. Tato technika nám umožňuje udržet informace v krátkodobé paměti delší dobu a využívat je např. při řešení nějakého úkolu. Krátkodobá paměť uchovává informace jen přechodnou dobu, dokud informace není zcela zapomenuta nebo uložena procesem konsolidace do dlouhodobé paměti (Hort & Rusina, 2007).

Dlouhodobá paměť umožňuje skladování obrovského množství informací v časovém měřítku od několika minut až po celý život. V současné době se vědci přiklání k dělení

dlouhodobé paměti na explicitní a implicitní paměť. Vštěpování informací do explicitní paměti probíhá za účasti vědomí, naopak pro uložení informací do implicitní paměti není vědomé zpracování zapotřebí. Tyto paměťové systémy se rovněž liší druhem obsahu ukládaných informací. Vzpomínky uložené v explicitní paměti mají většinou charakter faktických znalostí a vzpomínek na různé události, které můžeme verbalizovat. Naopak implicitní vzpomínky lze verbalizovat jen obtížně, může se např. jednat o zautomatizované senzomotorické dovednosti jako je jízda na kole (Plháková, 2008).

## 2.1 Vizuální paměť

V této kapitole vycházím především z konceptu vizuální paměti tak, jak ho pojímá Hollingworth (2006). Vizuální paměť obsahuje paměťové reprezentace, které zahrnují informace získané skrze vizuální systém. Vizuální paměť umožňuje zapamatování si fotografií, proto hraje významnou roli v detekci změn. Pozorovatel je schopen zaznamenat změnu dvou po sobě jdoucích fotografií pouze za předpokladu, že si zapamatuje původní fotografii (stimul před změnou), kterou následně porovnává se změněnou fotografií (stimul po změně).

Vizuální paměť se skládá ze tří systémů: vizuální sensorické paměti, vizuální krátkodobé (VSTM) a vizuální dlouhodobé paměti (VLTM).

Vizuální sensorická paměť také nazývaná ikonickou paměť je někdy stále v učebnicích považována za jednoduchý prostorový obraz. Příkladem sensorické vizuální paměti je situace, kdy se v temné místnosti snažíte vyfotit fotku s bleskem. Blesk osvětlí místnost jen na několik milisekund, ale vjem osvětleného pokoje zmizí zhruba za půl sekundy (Luck & Hollingworth, 2008). Podle přetrvávání vizuální informace rozlišujeme dvě kategorie: vizuální perzistence a informační perzistence. Vizuální perzistence představuje subjektivní dojem přetrvávajícího obrazu poté, co podnět zmizel z percepčního pole. Vizuální perzistence odpovídá obecné představě o ikonické paměti. Informační perzistence neobsahuje tento zážitek postupného blednutí obrazu, ale přetrvávání informace po odejmutí podnětu. Tento typ paměti je velmi pomíjivý a pravděpodobně nehraje žádnou roli na vyšších úrovních lidské kognice, ale je důležitý na úrovni časných a středních fázích vizuálního vnímání (Coltheart, 1980).

Druhým systémem vizuální paměti je vizuální krátkodobá paměť, která uchovává vizuální reprezentace malého počtu objektů i několik sekund po odejmutí podnětu. Tyto

reprezentace jsou oproti přesným časným reprezentacím sensorické paměti relativně abstraktní. VSTM je schopná uchovat 3 nebo 4 reprezentace jednoduchých objektů a 1 nebo 2 reprezentace složitějších objektů (Luck & Vogel, 1997). Oproti vizuální sensorické paměti dokáže VSTM udržet reprezentace napříč zpoždění i následnému vnímání. Právě tyto vlastnosti VSTM umožňují krátkodobé překlenutí různých narušení v úlohách detekce změny jako jsou např. sakadické pohyby očí, mrknutí nebo krátké okluze. Pozorovatel je tedy díky této vlastnosti VSTM schopen porovnávat informace napříč těmito narušeními a díky tomu zjistit, že se objekt během narušení změnil (Irwin, 1992; Phillips, 1974). Vizuální krátkodobá paměť se také vyznačuje robustností reprezentací, ale je omezena malou kapacitou a není schopna informace uchovat po delší dobu (Luck & Hollingworth, 2008).

Poslední systém vizuální paměti představuje vizuální dlouhodobá paměť (VLTM). Díky její velké kapacitě a vysoce robustní retenci umožňuje učení se tisícům vizuálních podnětů během jedné prezentace. Vizuální dlouhodobá paměť uchovává vizuální vlastnosti objektů a umožňuje kategorizaci objektů a scén. Reprezentace VLTM jsou udržovány prostřednictvím strukturálních změn v synaptických spojeních, což umožňuje větší trvalost reprezentací.

Studie dokládají, že vizuální dlouhodobá paměť je schopná uchovat obrovské množství objektů. Např. výzkum Hollingworth (2004) ukázal, že pozorovatelé jsou schopni určit správně objekt, který pozorovali i při prezentaci více než 400 objektů (např. viděl jsi tyto nebo tamty hodiny?) (Hollingworth, 2004). Současné studie také ukazují, že tyto reprezentace VLTM jsou detailnější, než se dříve předpokládalo. Např. výzkum (Brady, Konkle, Alvarez, & Oliva, 2008) potvrzuje, že pozorovatelé jsou schopni si zapamatovat detaily tisíců obrázků jen po jednom shlédnutí. Ve studii bylo probandům prezentováno 2 500 obrázků objektů reálného světa. Každý obrázek byl pozorován po dobu 3 s a úkolem probanda bylo, zapamatovat si co nejvíce detailů. Po prezentaci všech obrázků následoval test, ve kterém probandi vybírali z páru předložených obrázků ten, který se objevil mezi prezentovanými objekty. V tomto testu byla podobnost obrázků v páru variována třemi způsoby. V první variantě byl dříve pozorovaný objekt spárován s novým objektem z odlišné kategorie (např. pohovka a hodiny). V těchto podmínkách bylo dostačující pro správné určení objektu si zapamatovat pouze kategorii. Ve druhé variantě byl dříve pozorovaný objekt spárován s fyzicky stejným novým objektem ze stejné

základní kategorie (např. dort a jiný druh dortu). Pokud by si proband zapamatoval jen základní kategorii, vedlo by to v těchto podmínkách k náhodnému výkonu. V poslední variantě byl dříve pozorovaný objekt spárován s naprosto stejným objektem, který se lišil pouze polohou nebo byl zobrazen v jiném stavu (např. zavřená taška a otevřená taška). V posledních dvou variantách bylo nutné ke správnému určení objektu si zapamatovat celou řadu detailů. Ve všech třech podmínkách výběru ze dvou položek měli probandi velmi vysoké výkony (92 %, 88 % a 87 %; pro srovnání: náhodné hádání by vedlo k výsledku 50 %). Tyto výsledky potvrzují předpoklad o velké kapacitě paměťového systému, který je schopen udržet vysoký počet objektů s velkým množstvím detailních informací.

Detailností reprezentací scén ve vizuální dlouhodobé paměti se zabýval výzkum (Konkle, Brady, Alvarez, & Oliva, 2010). V experimentu pozorovatelé studovali tisíce fotografií zobrazující scény různých kategorií a poté následoval paměťový test, ve kterém měli určit ze dvou alternativ, kterou fotografii předtím viděli. Studovaná fotografie byla spárována buď s fotografií z jiné nebo ze stejné kategorie scény. Výsledky ukázaly, že pozorovatel je schopen v paměti udržet dostatečné množství detailů scény potřebných k tomu, aby byl schopen rozlišit studovanou fotografii od jiné fotografie stejné scény. Výsledky byly překvapivě podobné jako v experimentu na zapamatování objektů (Brady et al., 2008). Ačkoliv byly reprezentace objektů a scén vždy považovány za odlišné vizuální entity, tak v souvislosti s posledními výzkumy se o nich začalo uvažovat jako o entitách na podobné úrovni abstrakce ve vizuální dlouhodobé paměti.

Každý systém vizuální paměti má své specifické vlastnosti lišící se především kapacitou, dobou udržení reprezentací a jejich abstraktností. Z těchto vlastností vyplývá, že pouze systémy vizuální krátkodobé a vizuální dlouhodobé paměti jsou schopny udržet a následně porovnávat vizuální informace přes různorodá narušení během sledování scény, což je podstatné pro úspěšnou detekci změny.

## **2.2 Zapamatovatelnost fotografií**

V běžném životě jsme neustále vystavováni různým reprodukcím reálných scén, ať už v podobě fotografií, obrázků nebo videí, které vidáme všude kolem nás prostřednictvím televize, internetu, plakátů, obrazů apod. Navzdory přesycení vizuálními podněty jsou lidé velmi dobří v zapamatování si tisíců obrázků i s některými jejich detaily. Poslední



výzkumy dokazují, že ne všechny fotografie jsou stejně zapamatovatelné, některé nám uvíznou v paměti, zatímco jiné rychle zapomeneme. Důvody, proč si některé fotografie pamatujeme lépe jsou různé, např. mohou obsahovat známé osoby jako jsou přátelé nebo členové rodiny. Jiné fotografie nemusí obsahovat žádné známé objekty ani osoby, a přesto jsou dobře zapamatovatelné (Isola, Xiao, Parikh, & Torralba, 2014).

V současné době se vědci přiklánějí k pohledu, že zapamatovatelnost je vnitřní vlastností obrázku, která je nezávislá na skupině pozorovatelů, tzn., že navzdory rozdílným zkušenostem mají jednotlivci tendenci si pamatovat a zapomínat stejné obrázky. Pomocí dat z experimentu rozlišili typy obrázků, které si lidé dobře pamatují a které rychle zapomínají. Na základě toho vyvinuli algoritmus, který automaticky predikuje zapamatovatelnost obrázku (Oliva, Isola, Khosla, & Bainbridge, 2013).

Predikce zapamatovatelnosti obrázků má potenciál k široké škále využití. Žijeme v době charakteristické záplavou dat a predikce zapamatovatelnosti by mohla sloužit jako metoda pomáhající tyto vizuální informace redukovat. Např. výběr několika zapamatovatelných fotografií do fotoalba, které shrnují celkový příběh. Ve vzdělávání by učitelé mohli vybírat dobře zapamatovatelné příklady k ilustraci probíraného učiva. Zapamatovatelnost by se dala také využít ke zlepšení designu uživatelského rozhraní, např. zapamatovatelné ikony by zjednodušily orientaci na ploše počítače (Oliva et al., 2013).

Výzkumné práce autorů Massachusettského technologického institutu (Isola et al., 2014; Isola, Xiao, Torralba, & Oliva, 2011) jsou prvním pokusem kvantifikovat tuto užitečnou vlastnost obrázku. Tyto práce se snaží systematicky zkoumat rozdíly mezi jednotlivými fotografiemi a zjišťovat, zda jsou tyto rozdíly konzistentní u různých pozorovatelů.

Zapamatovatelnost obrázku definují jako pravděpodobnost, že pozorovatel správně určí opakující se fotografii, která je prezentována ve sledu za sebou jdoucích fotografií. Opakující se fotografie se objevuje s variabilním časovým zpožděním od první expozice. Toto nastavení umožňuje měřit dlouhodobou paměť pro velké množství fotografií (Isola et al., 2011).

Pro měření zapamatovatelnosti fotografií byla nejprve vytvořena paměťová počítačová hra, kterou hrálo 665 participantů. Hra se skládala z 30 kol, v každém z nich participant sledovali sekvenci fotografií. Jejich úkolem bylo stisknout mezerník pokaždé, když

v sekvenci fotografií zaznamenali opakující se fotografie. Po každém stisknutí klávesy dostali participantů zpětnou vazbu (zelený symbol při správném určení opakující se fotografie a šedivý symbol při chybném určení fotografie). Databáze obsahovala 2 222 opakujících se fotografií a 8 220 neopakujících se fotografií tváří, interiérů, přírodních scén, ulic a dalších (Isola et al., 2014, 2011; Oliva et al., 2013).

Každé opakující se fotografii bylo přiděleno „skóre zapamatovatelnosti“ definované jako procento správně určených opakujících se fotografií ve studii. Každý obrázek v průměru detekovalo 78 účastníků (Isola et al., 2014, 2011; Oliva et al., 2013). Výzkumníci zjistili, že fotografie lidí a fotografie s nějakým ústředním objektem jsou lépe zapamatovatelné, naopak krajiny patřily mezi nejhůře zapamatovatelné fotografie (Oliva et al., 2013).

V další části studie autoři zkoumali některé vybrané vlastnosti zapamatovatelných fotografií: barvu a základní vlastnosti obrázku, statistiku objektů (např. počet objektů nebo velikost prostoru, který objekt na obrázku zaujímá), sémantiku objektů (např. zvíře nebo auto), a sémantiku scény (např. kuchyň nebo krajina). Pomocí vizuálních počítačových technik vyvinuli algoritmus, který automaticky predikuje zapamatovatelnost obrázku. Tento algoritmus správně určil fotografie lidí jako nejvíce zapamatovatelné, vnitřní scény a velké objekty o něco hůře zapamatovatelné a přírodní scény jako nejméně zapamatovatelné (Isola et al., 2014, 2011; Oliva et al., 2013).

Další studie těchto autorů (Isola et al., 2014) zkoumá, zda je zapamatovatelnost konzistentní v čase, jakou roli v zapamatovatelnosti obrázků hrají sémantické vlastnosti a zda lze predikovat zapamatovatelnost fotografií v rámci jedné kategorie. Výsledky ukazují, že zapamatovatelnost je stabilní v čase. Zajímavé je, že již u nejmenšího intervalu zpoždění (opakující fotografie se zobrazila po 11–19 snímcích, tzn. 24–48 s) byly patrné velké rozdíly v zapamatovatelnosti fotografií a tyto rozdíly byly pozoruhodně podobné výsledkům u delších intervalů zpoždění. Dále autoři zkoumali 127 sémantických vlastností scény, které zahrnují uspořádání scény, estetiku, dynamiku, umístění, emoce a akci scény, stejně jako demografické ukazatele a vzhled lidí na fotografii. Výsledky naznačují, že sémantické vlastnosti scény jsou obzvláště efektivním způsobem charakterizujícím zapamatovatelnost obrázků. Pro zjištění rozdílů v zapamatovatelnosti v rámci jedné kategorie bylo vybráno několik podskupin fotografií z celého datového souboru. Fotografie lidí patří mezi nejlépe zapamatovatelné obrázky z celého datového

souboru, naopak fotografie přírodních scén mají tendenci být hůře zapamatovatelné. Autoři prokázali, že i v rámci těchto omezených podskupin existuje variabilita v zapamatovatelnosti fotografií.

Další současné práce týkající se zapamatovatelnosti obrázků se např. zabývají zapamatovatelností různých částí obrázku. Studie představuje nový rámec pro predikci zapamatovatelnosti obrázku zohledňující, které části obrázku jsou lépe a které hůře zapamatovatelné (Khosla, Xiao, Torralba, & Oliva, 2012). Některé studie zkoumaly zapamatovatelnost užších kategorií obrázků jako jsou fotografie tváří (Bainbridge, Isola, & Oliva, 2013) a vizualizací (Borkin et al., 2013). Nejrozsáhlejší datový soubor zapamatovatelnosti obrázků LaMem obsahující 60 000 obrázků z různých zdrojů představuje studie z roku 2016 (Khosla, Raju, Torralba, & Oliva, 2016).

Souhře mezi vnějšími a vnitřními faktory, které ovlivňují zapamatovatelnost obrázku se věnuje studie (Bylinskii, Isola, Bainbridge, Torralba, & Oliva, 2015). Zvážením vnitřních a vnějších faktorů zapamatovatelnosti se autorům podařilo vyvinout komplexnější a jemnější model zapamatovatelnosti obrázků, než bylo předtím dostupné. Tento článek mimo jiné potvrdil a rozšířil předchozí zjištění, že skóry zapamatovatelnosti jsou vysoce konzistentní u různých pozorovatelů. Studie ukázala, že tato konzistence je stabilní v rámci 21 různých vnitřních i venkovních kategorií scény. Tato vysoká konzistence se také prokázala v rámci jednotlivých experimentů, které se lišili kontextem, experimentálními podmínkami a skupinami účastníků (online, v laboratoři).

Pro účely této studie byla vytvořena nová databáze fotografií FIne-GRained Image Memorability (FIGRIM) skládající se z 21 různých vnitřních i venkovních kategorií scény pocházejících z databáze SUN (Xiao, Ehinger, Oliva, Torralba, & Hays, 2010). Každá kategorie obsahovala stovky fotografií vysokého rozlišení. Právě fotografie z této databáze byly využity k vytvoření souboru fotografií pro experiment v empirické části této práce.

### **3 Dlouhodobá vizuální paměť a detekce změny**

Současné uvažování o roli vizuální paměti ve vnímání scén bylo významně ovlivněno fenoménem slepoty ke změně. Pozorovatelé selhávají při detekci často zjevných změn v úkolech detekce změny. Závislost detekce změny na paměti je docílena použitím rozmanitých narušení, která oddělují originální a změněnou scénu (Hollingworth, 2006).

Zarážející slepota ke změně vedla mnoho výzkumníků k závěrům, že paměť nehraje žádnou roli při detekci změn. Např. v experimentu (Horowitz & Wolfe, 1998) bylo úkolem probandů vyhledávat písmeno „T“ mezi písmeny „L“. Úloha na vyhledávání byla použita ve dvou podmínkách. Nejprve byla pozice vyhledávaných položek stabilní, ve druhém případě se písmena náhodně přemísťovala každých 111 ms. Výsledky ukázaly, že výkon ve vyhledávání byl přibližně stejný v obou podmínkách. Na základě těchto výsledků autoři došli k závěru, že vizuální vyhledávání není spojeno s pamětí. Pokud by bylo pro vizuální vyhledávání nutné zapamatovat si objekty, které již byly prohlédnuty, výsledky by ukázaly snížený výkon ve vyhledávání v podmínkách měnících se podnětů, které vylučují funkci paměti. Závěry vyplývající z tohoto výzkumu vedly k podobnému teoretickému pohledu na vnímání, pozornost a paměť jako Rensinkova teorie koherence (Rensink, 2000b).

Rensink (2000b) vychází z předpokladu, že paměť je schopna uchovat jen řídké reprezentace scén, a proto je pro správnou detekci změny objektu vyžadována soustředěná pozornost. Tato soustředěná pozornost může být ve stejný čas věnována jen omezenému počtu položek v percepčním poli. Následkem omezené kapacity soustředěné pozornosti nemáme vytvořenou stabilní reprezentaci pro všechny objekty a tím vznikají podmínky pro vznik slepoty ke změně. Rensink ve své teorii koherence mluví o tzv. proto-objektech, které jsou neustále tvořeny v zorném poli. Jedná se o nejčasnější formu reprezentace objektu ve vizuálním systému. Tyto reprezentace jsou velmi prchavé, jakmile se objeví jiný podnět jsou okamžitě přepsány. Soustředěním pozornosti na určitý počet proto-objektů se vytváří stabilní reprezentace objektů, která se vyznačuje vyšší mírou koherence v prostoru i čase. Jakmile přestaneme soustředit pozornost na daný předmět, reprezentace se opět rozkládá na elementární proto-objekty.

Horowitz & Wolfe, (1998) a Rensink (2000b) dospěli k podobným závěrům, že vizuální reprezentace vyžadují pro svou existenci zaměřenou pozornost, v opačném případě dochází k jejich rozkladu na elementární prvky.

Předpoklad těchto a dalších autorů, že paměť nehraje žádnou roli v detekci změn spustil vlnu dalších výzkumů, které se snažily dokázat, že paměť je důležitou komponentou vizuálního vyhledávání. Např. výsledky studie Hollingworth (2005) potvrdily předpoklad, že dlouhodobá vizuální paměť hraje centrální roli v udržení vizuální

reprezentace dříve pozorovaných objektů. V rámci třech experimentů byla probandům nejprve prezentována řada fotografií různých scén a poté následoval test detekce změn, který byl předkládán s různou časovou prodlevou. Výkon v detekci změny při aktuálním prohlížení scény byl srovnáván se zpožděním jedné úlohy, celé relace úloh a nakonec se zpožděním 24 hodin. Výsledky ukázaly malý nebo žádný pokles ve výkonu detekce změn u zpoždění jedné úlohy nebo celé studijní relace oproti aktuálnímu prohlížení scény. Výkon detekce změny zůstal nad úrovní náhody i se zpožděním 24 hodin (Hollingworth, 2005).

Ve výzkumu Vierck a Kiesel (2008) se snažili zjistit, zda se během úloh zaměřených na detekci změn shromažďují informace ve vizuální paměti, které zlepšují výkon v těchto úlohách. Ve třech experimentech manipulovali s počtem opakování originální a změněné scény v rámci flicker experimentálního designu. Výkon detekce změn se zlepšoval se zvyšujícím se počtem opakování. Nejlepších výkonů v detekci změn bylo dosaženo při opakování originální i změněné scény, naopak nejhorší výkon se objevil za podmínek, kdy bylo opakování podnětů náhodné. Rovněž tato studie podporuje důležitost shromažďování vizuálních reprezentací v paměti při detekci změn, čímž napomáhá ke zlepšení výkonu (Vierck & Kiesel, 2008).

Podobně i v rámci našeho experimentu nás zajímá výkon detekce změny v souvislosti s dlouhodobou pamětí. Stejnými aspekty se v poslední době zabývaly ještě další výzkumy. Jedním z nich je studie Varakin & Levin (2006), jejichž primárním cílem bylo ukázat, že slepota ke změně se může objevovat i v kontextu dobré vizuální paměti. Ve výzkumu je měřena náhodná detekce změny. Podmínky byly navrženy tak, aby pozorovatelé bez explicitní instrukce soustředili pozornost na objekty před i po změně, aby se kódovaly v paměti relevantní informace. Experimenty v rámci této studie opakovaně potvrdily nízkou úroveň výkonu náhodné detekce změny přes vysoké výkony v paměťových úlohách. Tato studie mohla jako první potvrdit, že slepota ke změně se objevuje i za předpokladu, že jsou potřebné informace zakódovány v dlouhodobé paměti. Výsledky výzkumu zdůrazňují rozdíl mezi schopností vizuálního systému ukládat informace pro pozdější využití a tendencí využívat tyto informace k monitorování konzistence vizuální informace napříč zpožděním a narušením (Varakin & Levin, 2006).

I když dřívější práce poukazovaly na zásadní roli paměťových systémů (Hollingworth, 2005; Jiang & Song, 2005; Vierck & Kiesel, 2008) teprve Nishiyama a Kawaguchi (2014) poprvé detailně zkoumali, jak přesně paměť ovlivňuje slepotu ke změně.

Ve všech experimentálních designech zkoumajících detekci změny se používají vždy dva stimuly – stimul (obrázek) před změnou a stimul po změně. Mnozí autoři tvrdí, že slepota ke změně se objevuje, protože stimul před změnou je nedostatečně vštípen do paměti, či není v paměti udržen, kupříkladu: Beck & Levin, 2003; Becker & Pashler, 2002; Brady, Konkle, Oliva, & Alvarez, 2009; O'Regan & Noë, 2001; Rensink, O'Regan, & Clark, 1997. Další pak tvrdí, že slepota ke změně je způsobena neschopností vybavování si stimulu před změnou či neschopností porovnání stimulu před a po změně. Např. Angelone et al., 2003; Busch, 2013; Hollingworth, 2003; Mitroff et al., 2004; Simons et al., 2002. Tyto výzkumy naznačují, že zlepšení dostupnosti stimulu před změnou by mělo mít pozitivní vliv na výkon v detekci změny. Na druhou stranu zlepšení dostupnosti stimulu po změně by mělo mít efekt zcela opačný.

Nishiyama a Kawaguchi (2014) se rozhodli tento předpoklad otestovat tak, že participantům při první fázi výzkumu představili obrázky, které pak později využili jako stimuly před a po změně. V první fázi výzkumu ukotvili reprezentace obrázků v dlouhodobé paměti pomocí úkolu na detekci opakujících se obrázků. Obrázky byly prezentovány s proložením prázdné obrazovky a úkolem probanda bylo stisknout mezerník pokaždé, když zaznamenal opakující se obrázek. V této studijní fázi se objevilo 24 obrázků, které byly prezentovány celkem pětkrát. Polovina těchto studovaných podnětů byla následně použita ve fázi detekce změny, druhou polovinu tvořily kompletně nové podněty. Při testování detekce změny byl použit one-shot experimentální design, tedy mezi stimulem před změnou a po změně byla vložena prázdná obrazovka. Po zobrazení celé sekvence měl proband stisknout klávesu, která odpovídala umístění změněného objektu. V poslední fázi výzkumu byla probandům prezentována sekvence podnětů jejichž úkolem bylo rozpoznat, zda se objevil v předchozí fázi detekce změny nebo nikoliv. Jejich předpoklad se potvrdil, jelikož lepší paměť stimulu před změnou zlepšila schopnost participantů rozeznávat změnu, naopak lepší paměť stimulu po změně zhoršila schopnost participantů rozeznávat změnu. Zajímavé bylo, co se stalo, když jim v první fázi prezentovali jak stimul před změnou, tak po změně. Vzhledem k tomu že

vlivy působily pravděpodobně proti sobě, nepřineslo to žádnou změnu ve výkonu participantů rozeznávat změnu (Nishiyama & Kawaguchi, 2014).

Nejnovější ze studií zabývající se dlouhodobou pamětí a detekcí změn, kterou bych ráda představila podrobněji, je studie autorů Wood & Simons (2016). V rámci tohoto výzkumu se zjišťovalo, zda mohou lidé využít dlouhodobou paměť ke zlepšení výkonu v úlohách detekce změny. V každém z experimentů probandi nejdříve studovali soubor objektů, teprve poté jim byla předložena sada úloh zahrnující úkoly na detekci změny a paměťové úkoly na rozpoznávání objektů. V první fázi experimentu probandi studovali objekty ze setu, který obsahoval dvojice stejných objektů, ale různých exemplářů (např. dva různé plyšové medvídci). Do setu studovaných objektů byl zařazen vždy jeden z dvojice těchto objektů. V experimentu byly použity dva typy úloh detekce změny. Prvním typem byla detekce změny obsahující známou položku, tzn. položku, která se objevila ve sledu studovaných položek. Nejprve bylo zobrazeno pole se šesti objekty (1200 ms), pět z nich bylo vybráno náhodně ze setu doplňkových objektů a posledním objektem byl nestudovaný objekt z dvojice exemplářů. Poté se na 400 ms zobrazila prázdná obrazovka a následovalo změněné pole, kde byl nestudovaný objekt nahrazen studovaným objektem z dvojice exemplářů. Úkolem probanda bylo označit kliknutím myši změněný objekt. Druhým typem byla úloha na detekci změny, která neobsahovala žádnou známou položku, tzn. změna objektů byla identická jako v předchozí úloze s tím rozdílem, že ani jeden objekt z dvojice exemplářů nebyl studován. Paměťové úlohy v experimentu byly také dvojího typu. V prvním typu se pozorovateli zobrazilo pole se 6 objekty, kdy jeden z nich byl náhodně vybraný ze setu studovaných položek a zbylých 5 bylo náhodně vybráno z doplňkových objektů. Úkolem probanda bylo označit myší objekt, který se objevil mezi studovanými položkami. Druhá paměťová úloha byla identická, ale obsahovala dvojici exemplářů, z nichž se vždy jeden objevil ve studijní fázi. Wood & Simons (2016) provedli 6 experimentů, které se odlišovaly typem použitých úloh a instrukcemi pro pozorovatele.

Výsledky z prvního experimentu ukázaly, že pozorovatelé nebyli schopni spontánně využít informace o známosti objektu ke zlepšení výkonu v úlohách detekce změny. Tento známý objekt byl v zobrazení po změně vždy také změněným objektem. Ve druhém experimentu byla probandům tato informace explicitně sdělena, ale ani v tomto případě se výkon detekce změny nezlepšil v porovnání s výkonem v úloze detekce změny

s neznámými objekty. Ve třetím a čtvrtém experimentu byl probandům poskytnut přesný návod, jak využít dlouhodobou paměť v úlohách detekce změny. Využití tohoto návodu zlepšilo jejich výkon, ale tento výkon nebyl lepší než v úloze rozpoznávání objektů ze šesti položek. Až v pátém a šestém experimentu byli probandí schopni využít obou typů informací ke zlepšení výkonu v detekci změny, a to díky prodloužení času expozice zobrazení objektů před změnou. Z experimentů vyplývá, že pozorovatelé nejsou ochotni současně využívat krátkodobé informace o změnách a dlouhodobé informace o známosti objektu, pokud je vynaložené úsilí pro jejich získání příliš velké, což naznačuje, že jsou tyto dva systémy částečně nezávislé (Wood & Simons, 2016).

Stejně jako v těchto nedávných studiích se i náš experiment věnuje dlouhodobé vizuální paměti v souvislosti s výkony detekce změny. Můžeme si všimnout, že všechny tyto výzkumy zahrnují studijní fázi podnětů nebo jiným způsobem zajišťují kódování stimulů v paměti. Oproti tomu v našem výzkumu vycházíme z databáze fotografií, u nichž byla již dříve změřena zapamatovatelnost (skóre zapamatovatelnosti). Dalším podstatným rozdílem oproti našemu experimentu je typ použitých podnětů. V předchozích studiích se většinou jedná o jednoduché obrázky objektů nebo tvarů, v našem experimentu byly použity fotografie vnitřních a venkovních scén. V následující části práce je podrobněji popsán průběh i výsledky celého experimentu.

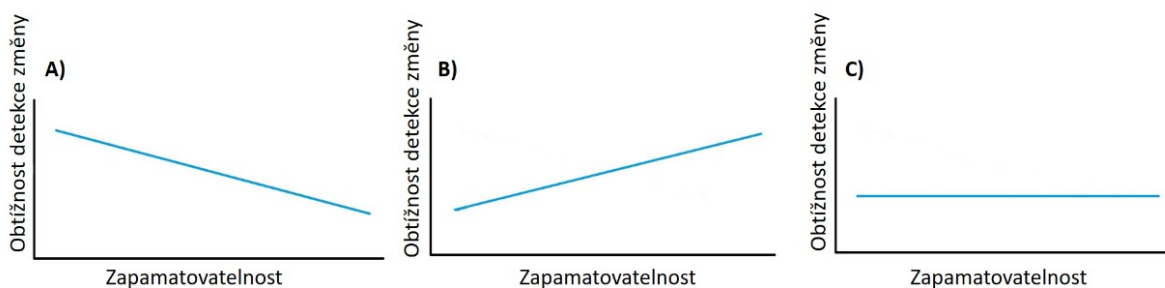


### III. EMPIRICKÁ ČÁST

#### 1 Výzkumné cíle a hypotézy

Cílem této práce je zmapování vztahu paměti a detekce změn na fotografiích. Původním záměrem bylo testovat jak dlouhodobou paměť, tak také detekci změn na fotografiích. Po pečlivém zvážení jsme došli k závěru, že by takový výzkum byl nejen mimo naše možnosti, ale také schopnosti lidí, proto jsme se na problematiku snažili podívat z jiného úhlu. Rozhodli jsme se upustit od testování paměti a vzít fotografie, u kterých bylo v předchozích studiích změřeno, zda jsou dobře nebo špatně zapamatovatelné. Při měření detekce změn vycházíme tedy z databáze fotografií, kde jsou známy skóry zapamatovatelnosti jednotlivých fotografií. Naším cílem je porovnávat vztah mezi zapamatovatelností a schopností nalézt změnu na fotografiích venkovních i vnitřních scén.

Obecně můžeme předpokládat několik možností. (A) Může existovat lineární rostoucí vztah mezi reakčními časy detekce změny a skóry zapamatovatelnosti fotografie: Čím vyšší skóre zapamatovatelnosti fotografie, tím je delší reakční čas potřebný k detekci změny, tzn., že čím lépe si proband fotografii zapamatuje, tím hůře je schopen detekovat změnu. (B) může existovat lineární klesající vztah: Čím je vyšší skóre zapamatovatelnosti fotografie, tím kratší reakční čas potřebuje proband k nalezení změny tzn., že u dobře zapamatovatelných fotografií je snazší nalézt změnu. (C) Poslední možnost, kterou lze předpokládat je neexistence lineárního vztahu mezi proměnnými, tzn. mezi zapamatovatelností fotografií a detekcí změn na fotografiích žádný vztah neexistuje.



Obrázek 3: Možné lineární závislosti mezi zapamatovatelností a výkony v detekci změny

Na základě těchto předpokladů můžeme stanovit nulovou a alternativní hypotézu:

H<sub>0</sub>: Mezi zapamatovatelností a reakčním časem detekce změny neexistuje vztah.

H<sub>A</sub>: Mezi zapamatovatelností a reakčním časem detekce změny vztah existuje.

## 2 Výzkumný soubor

Výzkumný vzorek tvořilo 42 respondentů převážně vysokoškolských studentů. Část respondentů se účastnila experimentu jako součást ke splnění požadavků předmětu v rámci školy, druhá část dostávala odměnu 100 Kč. Do výzkumného vzorku byli zahrnuti pouze respondenti bez poruch zraku, pozornosti a barevného vidění. Zrakové vady korigované brýlemi nebo čočkami nebyly determinujícím faktorem pro vyřazení z výzkumného souboru. Pro kontrolu barevného vidění byl před samotným experimentem u všech respondentů administrován Ishiharův test barvosleposti. Celkový počet osob se skládá z 37 žen a 5 mužů, procentuálně tedy 88 % žen a 12 % mužů. Vzhledem k tomu, že muži tvoří jen malou část vzorku, nezohledňujeme ve výsledcích rozdělení podle pohlaví. Věkové rozmezí osob se pohybuje od 18 do 32 let, průměrný věk respondentů je 21,86 let.

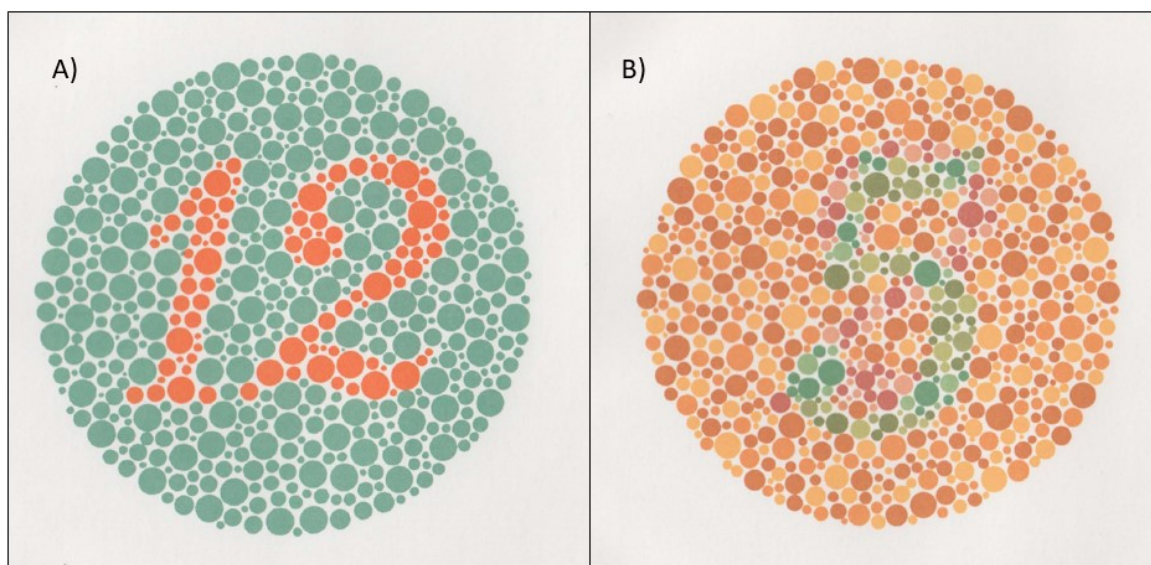
## 3 Metody

### 3.1 Ishiharův test barvosleposti

Jak jsem zmínila výše, u každého respondenta jsme kontrolovali schopnost barevného vidění pomocí Ishiharova testu barvosleposti, který slouží k rychlému a poměrně přesnému posouzení vrozených vad barevného vidění. Nejčastější formy poruchy barvocitu jsou charakterizovány deficitem v rozpoznávání červené a zelené barvy. Existují dva typy této poruchy se kterými test pracuje. Prvním z nich je protanopie, jedná se o poruchu barvocitu, kdy postižený nedokáže rozeznat červenou barvu. Její částečná forma se nazývá protanomalie. Druhým typem poruchy barvocitu je deuteranopie, při které postižený nevnímá zelenou barvu. Částečná forma se nazývá deuteranomalie. U poruch rozpoznávání červené a zelené barvy je typické, že modrou a žlutou barvu vnímají postižení velmi jasně v porovnání s červenými a zelenými barvami. Právě této vlastnosti využívá Ishiharův test k rozpoznání deficitů barevného vidění. Mimo těchto poruch barvocitu existují ještě další, např. částečná nebo úplná barvoslepost. Částečná barvoslepost se vyznačuje porušeným vnímáním jen některých barev. Při úplné

barvosleposti postižený vnímá svět v odstínech šedi. Ishiharův test pracuje i s těmito poruchami barvocitu a dokáže je odlišit od deficitu červeno-zeleného vidění. Posledním typem vrozené poruchy barevného vidění je tritanopie. Jedná se o velmi vzácnou poruchu, která se vyznačuje neschopností vnímat modrou a žlutou barvu. Ishiharův test s touto vzácnou poruchou nepracuje, nelze tedy na základě výsledků testu rozpoznat diagnózu tritanopie (Ishihara, 2013; Králíček, 2002).

Administrace testu je velmi rychlá, trvá pouze několik minut. Úkolem probanda je do 3 s uvést, co vidí na předkládaných tabulích. Test se skládá ze 14 tabulí, na většině z nich je zobrazeno nějaké číslo v kruhu, které lze rozpoznat pouze díky barevnému rozlišení (Obrázek 4). Test by měl být administrován pouze za denního světla. Pro účely našeho experimentu jsme probandům předkládali pouze 11 tabulí, které stačí k rozlišení osob s normálním barevným viděním od osob s deficitním barevným viděním. Vyhodnocení se posuzuje na základě počtu správně čtených tabulí. Pokud proband přečte správně 10 a více tabulí můžeme u osoby vyloučit poruchu barvocitu, ale pokud přečte správně jen 7 a méně tabulí, jedná se o deficitní barevné vidění (Ishihara, 2013).



Obrázek 4: **Ishiharův test barvosleposti:** Ukázka tabulí A) tabule č. 1: ukázková tabule, každý dokáže přečíst tuto tabuli - člověk s normálním barevným viděním, i člověk s deficitem barevného vidění; B) tabule č. 3: člověk s normálním barevným viděním čte „5“, člověk s deficitem červeno-zeleného vidění „2“ (Ishihara, 2013).

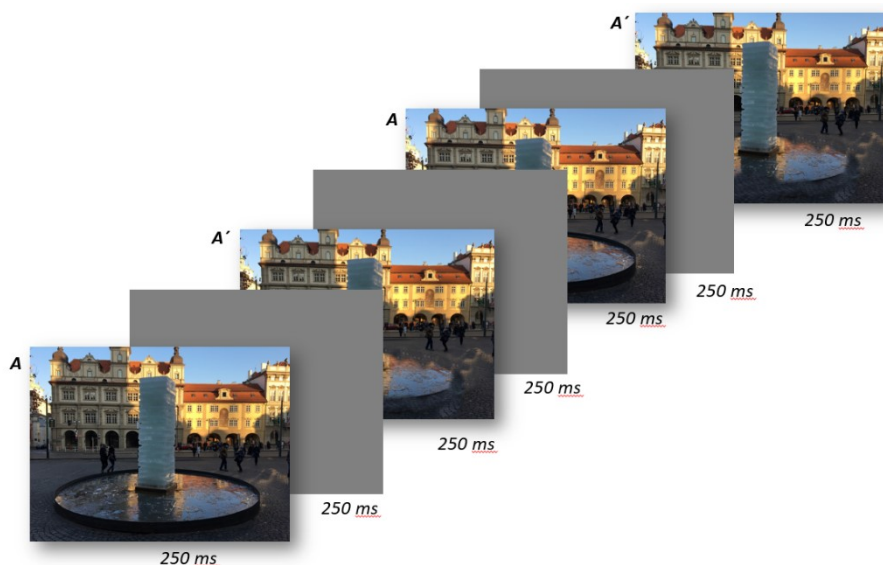
### 3.2 Podněty a design experimentu

Při výběru stimulů jsme vycházeli z databáze fotografií FIGRIM (the FIne-GRained Image Memorability), která byla shromážděna pro účely studie Bylinskii et al. (2015).

Jedná se o soubor fotografií, který byl použit ke sběru skóre zapamatovatelnosti a testování výkonu lidské paměti. Databáze obsahuje 1754 fotografií z 21 vnitřních i venkovních kategorií scén s vysokým rozlišením (nejméně 700 x 700 px) a skórem zapamatovatelnosti (Bylinskii et al., 2015).

Pro účely našeho výzkumu jsme zvolili 8 kategorií scén, čtyři vnitřní scény: obývací pokoje, koupelny, ložnice, zasedací místnosti a čtyři vnější kategorie scén: dětská hřiště, dálnice, domy a letištní terminály. I když jsou letištní terminály spíše vnitřní scénou, zařadili jsme je do kategorie vnější scény, jelikož se jedná o velmi prostorné interiéry, kde člověk vidí na velké vzdálenosti. Konečný design experimentu se skládal ze 128 párů testovacích fotografií (4 ks fotografií x 4 kvartily zapamatovatelnosti x 8 kategorií scén). Na fotografiích jsme s pomocí grafika provedli dva typy změn: změna barvy a odstranění objektu nebo jeho částí. Změny byly umístěny v různých částech fotografie a zaujímaly různě velký prostor.

Fotografie byly prezentovány v náhodném pořadí s použitím flicker experimentálního designu v programu PsychoPy (Peirce, 2007). Flicker experimentální design je design výzkumu navržený pro zkoumání detekce změny, který poprvé použil Rensink v roce 1997. Jedná se o vložení prázdné šedivé obrazovky mezi originální a změněnou fotografii. Tyto mezery vytváří v neustále se opakující sekvenci viditelné blikání. Originální (A) a změněná fotografie (A') se zobrazovaly v sekvenci A, A', A, A', ..., s prázdnými šedivými obrazovkami vloženými mezi originální a modifikovanou fotografii po dobu 30 s. Každá fotografie a šedivá obrazovka byla zobrazena 250 ms (Obrázek 5). Úkolem probanda bylo bezprostředně po nalezení změny stisknout mezerník. Po stisknutí mezerníku nebo uplynutí časového limitu 30 s se na 0,5 s zobrazila prázdná šedivá obrazovka a poté originální verze fotografie. Na statické fotografii měl proband, co nejpřesněji označit místo změny kliknutím myši. Během experimentu nebyla probandům poskytována zpětná vazba o správnosti jejich odpovědí a na každé fotografii byla vždy jen jedna změna. Celý experiment probíhal za denního světla v dobře osvětlené místnosti. Fotografie velikosti 19 cm byly prezentovány na LCD monitoru s úhlopříčkou 60 cm značky Philips. Testované osoby seděli od LCD obrazovky v obvyklé vzdálenosti pro práci cca 70 cm, přesná vzdálenost nebyla měřena. U každého probanda byl zaznamenáván reakční čas a správné určení změny na fotografii kliknutím myši s tolerancí 1 cm (36 px).



Obrázek 5: **Flicker experimentální design:** V tomto příkladu se originální fotografie A (fontána s ohraničením) střídá se změněnou fotografií A' (fontána bez ohraničení) v pořadí A, A', A, A'... s prázdnými šedivými obrazovkami mezi jednotlivými fotografiemi. Celý cyklus se opakuje po dobu 30 s nebo dokud respondent nenalezne změnu.

### 3.3 Průběh experimentu

Výzkum probíhal v laboratoři Psychologického ústavu Akademie věd ČR. Respondentů jsme se dotazovali na jejich věk, pohlaví, zrakové vady a každému jsme přidělili identifikační číslo. Před samotným experimentem byl jednotlivým respondentům administrován Ishiharův test barvosleposti pro ověření barevného vidění. Respondentům byla podána informace, že se jedná o výzkum detekce změn na fotografiích, jehož cílem je otestovat, které změny jsou nápadnější a které je naopak náročnější najít. V laboratoři jsme měli k dispozici pět počítačů, proto jsme testovali vždy tři osoby najednou. Probandi měli dostatek času k nastudování vytištěných instrukcí a následně si mohli princip experimentu vyzkoušet na 8 zkušebních fotografiích. Poté následoval samotný experiment, který byl navržen v počítačovém programu. Blikající fotografie se zobrazuje po dobu 30 s, pokud proband do té doby změnu nenajde, kliká myší mimo fotografii. Další fotografie se spustí opět stisknutím klávesy mezerník. Respondenty jsme upozorňovali, že pokud změna nastane u skupiny objektů, stačí označit kliknutím myši pouze jeden z nich. V situaci, kdy omylem stisknou mezerník a neví, kde změna nastala, rovněž klikají vedle fotografie. V instrukcích jsme zdůrazňovali, aby se snažili najít změnu co nejrychleji, ale mezi jednotlivými fotografiemi si mohou dělat přestávky podle

potřeby. Probandům jsme také doporučovali, aby si levou ruku nechali na mezerníku a pravou na myši.

## 4 Zpracování dat

Ke zpracování dat jsem využila MS Excel a statistický program JASP. Jedná se volně dostupný snadno použitelný program, který je alternativou SPSS. JASP umožňuje provádění všech základních statistických operací používaných v psychologickém výzkumu (JASP team, 2017). V rámci své práce jsem JASP využila pro deskriptivní statistiku a korelační analýzy.

Pro zjištění síly vztahu mezi dvěma proměnnými jsem použila Pearsonův korelační koeficient. Korelační koeficient se označuje písmenem  $r$  a může nabývat hodnot v intervalu od -1 do 1. Pokud  $r = 1$ , jedná se o kladný perfektní lineární vztah, kdy se vzrůstající proměnnou  $X$  vzrůstá také proměnná  $Y$ . O naprosté nezávislosti vypovídá hodnota  $r = 0$ . V případě záporného perfektního lineárního vztahu  $r = -1$  jedna hodnota proměnné stoupá a druhá klesá (Disman, 2011).

Při interpretaci se někdy hodnoty korelačního koeficientu zařazují do pásem podle síly asociace tzv. Metoda rozměrového efektu (účinku). Hendl (2015, s. 256) uvádí jeden z možných návrhů podle velikosti korelačního koeficientu: malá  $r = 0,1 - 0,3$ ; střední  $r = 0,3 - 0,7$  a velká  $r = 0,7 - 1,0$ . Při hodnocení síly vztahu musíme myslet také na omezení korelačního koeficientu, který je silně ovlivňován odlehlými hodnotami nebo hodnotami ležícími v určitém intervalu.

## 5 Výsledky

### 5.1 Popisná statistika

Úkolem probanda bylo nalézt a určit místo změny na fotografii. Za validní odpověď jsme považovali, když pokusná osoba stisknula klávesu mezerník a poté kliknula myši do fotografie. Celkové výsledky ukazují, že probandi odpověděli v 89 % případů. Ve zbylých 11 % případů změnu nenašli, tzn. buď vypršel časový limit nebo kliknuli mimo fotografii. Pokud byla odpověď validní, tak pouze v 1 % případů označili změnu na fotografii chybně. Za správnou odpověď bylo považováno, když proband změnu na fotografii označil s tolerancí 1 cm. Z výsledků vyplývá, že probandi byli úspěšní v hledání změn a chybovost při označení místa změny byla minimální.

U každé položky byl zaznamenáván čas odpovědi, který dále nazýváme jako reakční čas (RT). Když proband změnu nenašel, tak se jednalo o chybějící položku v RT. V Tabulce 1 můžeme vidět, že pokud změnu našli (RT), tak ji v průměru našli za 6,517 s, nejrychlejší reakce byla za 0,4 s a nejdelší reakční čas 29,32 s. Medián RT 4,017 naznačuje, že v 50 % položek byla změna zaznamenána pod 4 s, tzn. proband viděl celý cyklus 4x, 4x se zobrazila originální fotografie, 4x změněná fotografie a 8x šedivá obrazovka. Pro analýzy jsme případy, kdy člověk neodpověděl nahradili maximálním možným časem, který mohl získat (30 s). Tuto proměnnou jsme nazvali RTA (*response time adjusted*) a její popisné statistiky jsou rovněž uvedeny v Tabulce 1. Po této úpravě se změnil průměrný reakční čas na 9,3 s a medián na 4,8 s.

Tabulka 1: Reakční časy – popisná statistika

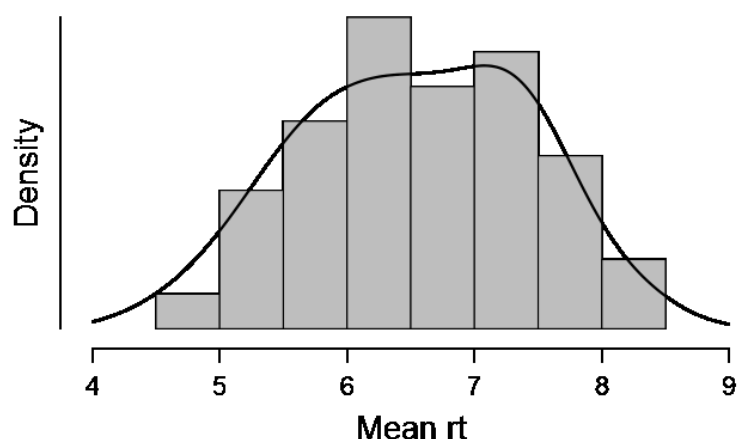
	RT	RTA
<b>Mean</b>	6.517	9.300
<b>Median</b>	4.017	4.800
<b>Std. Deviation</b>	6.522	9.801
<b>Minimum</b>	0.4002	0.4002
<b>Maximum</b>	29.32	30.00

Při hledání změn byli někteří probandi rychlejší, jiní pomalejší. Tuto variabilitu napříč všemi lidmi můžeme zjistit pomocí průměrných reakčních časů. Zjistila jsem, že průměrný reakční čas u všech respondentů je 6,534 s, medián 6,53 s a směrodatná odchylka nabývá hodnoty 0,893, což naznačuje, že reakční časy jednotlivých probandů byly poměrně podobné.

Tabulka 2: Průměrné reakční časy – popisná statistika

	Mean RT	Mean RTA
<b>Mean</b>	6.534	9.300
<b>Median</b>	6.530	9.055
<b>Std. Deviation</b>	0.8930	1.727
<b>Minimum</b>	4.560	5.750
<b>Maximum</b>	8.300	12.98

Graf 1 znázorňuje distribuci průměrných reakčních časů probandů. Z histogramu je patrné, že u 50 % testovaných osob se průměrný reakční čas pohybuje od 5 do 8 s. Graf neukazuje žádné očividné odlehle hodnoty průměrných reakčních časů.



*Graf 1: Histogram distribuce průměrných reakčních časů probandů*

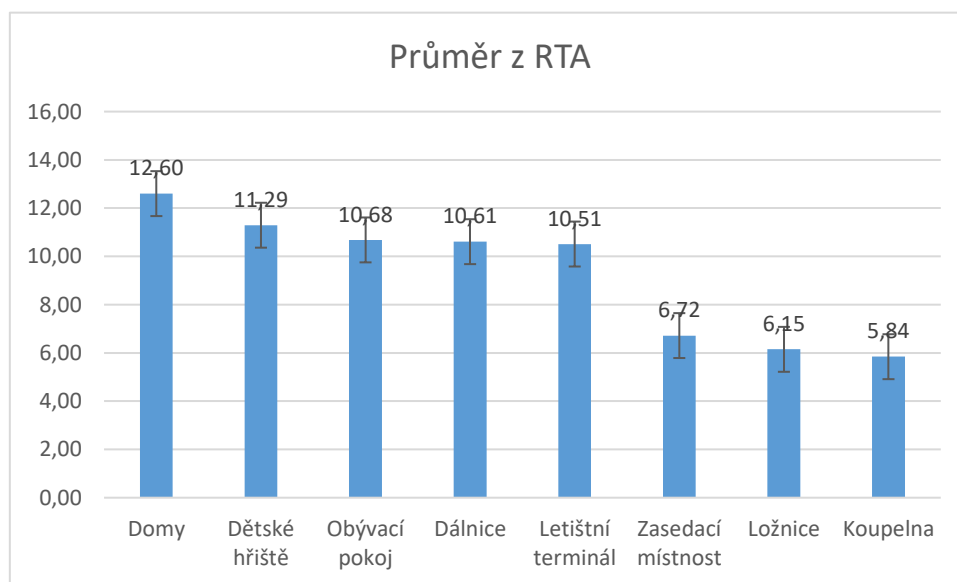
Jednotlivé úlohy byly rozděleny do 8 kategorií scén, čtyři vnitřní scény: obývací pokoje, koupelny, ložnice, zasedací místnosti a čtyři venkovní kategorie scén: dětská hřiště, dálnice, domy a letištní terminály. Graf 2 ukazuje průměrné reakční časy RTA pro jednotlivé kategorie scén. Průměrný reakční čas RTA zahrnuje maximální časový limit 30 s u probandů, kteří změnu na fotografii nenašli, proto lépe vypovídá o obtížnosti nalezení změny v dané kategorii. Mezi nejtěžší kategorie scén pro nalezení změny patří domy s průměrným reakčním časem RTA 12,6 s, dětská hřiště 11,29 s, obývací pokoje 10,68 s, dálnice 10,61 s a letištní terminály 10,51 s (Graf 2). Z průměrných reakčních časů vyplývá, že obecně dělají probandům větší potíže změny ve venkovních scénách. Z vnitřních scén bylo nejobtížnější najít změnu v kategorii obývacích pokojů.

## 5.2 Zapamatovatelnost scén

V experimentu byly použity fotografie z databáze FIGRIM, ve které bylo pro každou fotografii změřeno skóre zapamatovatelnosti, které je definováno jako pravděpodobnost, že pozorovatel správně určí opakující se fotografii, která je prezentována ve sledu za sebou jdoucích fotografií. Jinými slovy se jedná o procento správně určených opakujících se fotografií ve studii (Bylinskii et al., 2015). Nejhůře zapamatovatelná fotografie v našem souboru má skóre zapamatovatelnosti 0,43 a nejlépe zapamatovatelná

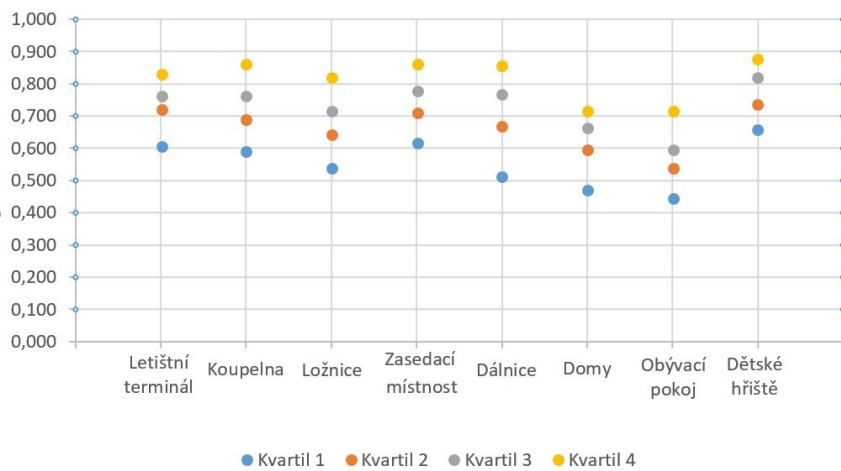


0,89. Průměrné skóre zapamatovatelnosti je 0,69 a směrodatná odchylka nabývá hodnoty 0,12. Fotografie jsou v databázi uspořádány do 4 kvartilů podle jejich skóre zapamatovatelnosti. Kvartil 1 obsahuje nejhůře zapamatovatelné fotografie a kvartil 4 nejlépe zapamatovatelné fotografie. Ukázky fotografií z jednotlivých kvartilů demonstruje Obrázek 6 pro vnější scény a Obrázek 7 pro vnitřní kategorie scén. Pro účely našeho experimentu jsme u každé kategorie scény vybrali 4 fotografie z každého kvartilu. Průměrná hodnota zapamatovatelnosti scény se pohybuje od 0,57 do 0,77. V našem podnětovém materiálu jsou nejhůře zapamatovatelné obývací pokoje (0,57) a domy (0,61), naopak nejlépe se pamatují dětská hřiště (0,77) a zasedací místnosti (0,74). Graf 3 ukazuje průměrné skóre zapamatovatelnosti jednotlivých scén pro každý kvartil. Můžeme si např. všimnout, že nejhorší letištní terminály byly zhruba stejně zapamatovatelné jako druhé nejlepší obývací pokoje nebo nejhorší obývací pokoje jsou zhruba na stejné úrovni zapamatovatelnosti jako druhá nejlepší dětská hřiště (Graf 3).



**Graf 2: Průměrné reakční časy RTA pro kategorie scén podle kvartilů**

Průměrná zapamatovatelnost scén podle kvartilu



Graf 3: Průměrná zapamatovatelnost kategorií změn podle kvartilu



Obrázek 6: Kategorie vnějších scén: ukázka fotografií z jednotlivých kvartilů. Kvartil 1 obsahuje nejhůře zapamatovatelné fotografie a kvartil 4 nejlépe zapamatovatelné fotografie.

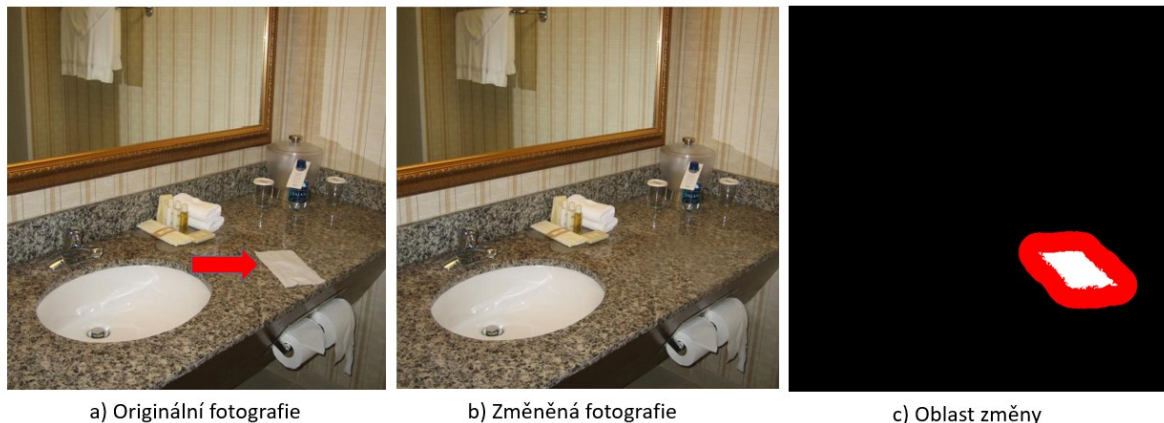


Obrázek 7: Kategorie vnitřních scén: ukázka fotografií z jednotlivých kvartilů. Kvartil 1 obsahuje nejhůře zapamatovatelné fotografie a kvartil 4 nejlépe zapamatovatelné fotografie.

### 5.3 Velikost prezentovaných změn

Pro účely experimentu byly použity fotografie s vysokým rozlišením (nejméně 700 x 700 pixelů). Pixel (px) je zkratka anglických slov *picture element* tedy obrazový prvek, jedná se o nejmenší prvek digitální rastrové grafiky. Průměrná změna na fotografii byla 4245 px, tzn., že zaujímá zhruba 1 % obrázku. Minimální velikost změny byla 222 px a maximální 31 763 px. Rozsah změny se tedy pohyboval od 0,05 % po 6,48 % obrázku. Odpověď byla považována za správnou, pokud proband označil změnu s tolerancí 1 cm. Průměrná velikost této oblasti byla 20 129 px a zaujímala 4 % fotografie. Nejmenší oblast měla 6197 px a největší 116 354 px. Procentuálně se rozsah tolerované oblasti pohyboval od 1 % do 24 % obrázku. Obrázek 8 je ukázkou průměrné velikosti změny na fotografii. Bílá oblast na obrázku 7 c) představuje samotnou změnu, která zaujímá 1,07 % obrázku, červená barva oblast tolerované odpovědi zahrnující 4 % obrázku a zbytek je černá oblast zahrnující špatné odpovědi. Pokud tedy proband klikne myší do bílé a červené oblasti, je

odpověď zaznamenána jako správná, ale pokud označí místo v černé oblasti je odpověď považována za chybnou.



Obrázek 8:(a) originální fotografie, (b) změněná fotografie, (c) oblast změny: černá oblast - špatná odpověď, červená oblast - tolerance správné odpovědi (21 838 px), bílá oblast – změna (5 226 px).

#### 5.4 Ishiharův test barvosleposti

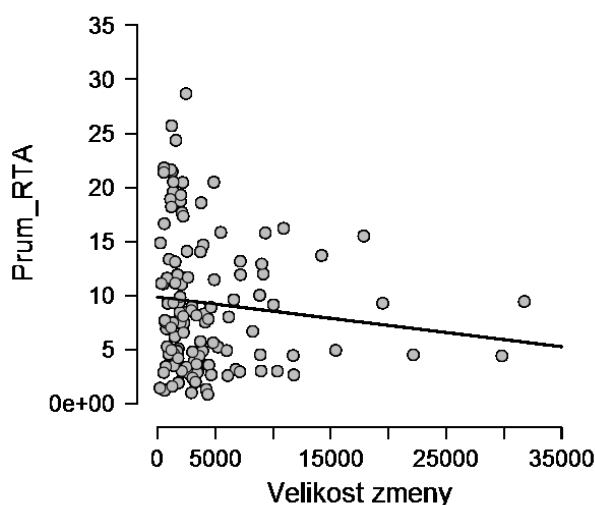
Výsledky Ishiharova testu barvosleposti se hodnotily na základě počtu správně přečtených tabulí. V rámci našeho experimentu jsme probandům předkládali 11 ze 14 tabulí. Tento počet je podle manuálu dostatečný k rozpoznání deficitu barevného vidění. Pro normální barevné vidění musí proband správně přečíst 10 a více tabulí. Při správném přečtení 7 a méně tabulí je barevné vidění hodnoceno jako deficitní.

Z celkového počtu 44 respondentů dosáhlo plného počtu 11 bodů 39 z nich (89 %), 4 dosáhli 10 bodů (9 %) a jeden pouze 3 bodů (2 %). Z výsledků vyplývá, že u 98 % respondentů jsme mohli vyloučit deficit barevného vidění. U respondenta, který dosáhl jen 3 body byl potvrzen deficit barevného vidění a ze souboru byl vyřazen. Dále byl ještě vyřazen respondent, který neviděl na jedno oko, jelikož i tato vada by mohla ovlivnit výsledky experimentu.

#### 5.5 Vztah velikosti změny a výkonu v detekci změny

Pro ověření existence vztahu mezi velikostí změny na fotografiích a výkonu v úlohách detekce změny jsem použila Pearsonův korelační koeficient. Průměrná velikost změny na fotografii se pohybuje kolem 4245 px se směrodatnou odchylkou 5173. Výkon detekce změny byl měřen pomocí průměrného reakčního času RTA ( $M = 9,3$  s,  $SD = 6,260$ ). Korelační koeficient mezi těmito dvěma proměnnými dosahuje hodnoty  $r = -0,108$

( $p = 0,223$ ). Podle metody účinku se jedná o mírnou negativní závislost mezi velikostí změny a průměrným reakčním časem (Graf 4). Záporný korelační koeficient naznačuje lineární závislost proměnných, kdy jedna hodnota proměnné stoupá a druhá klesá. Čím větší je změna na fotografii, tím nižší je reakční čas, tzn., že pozorovatel si rychleji všimá větších změn na fotografii. Tato závislost však nebyla prokázána jako signifikantní na hladině významnosti 5 %.

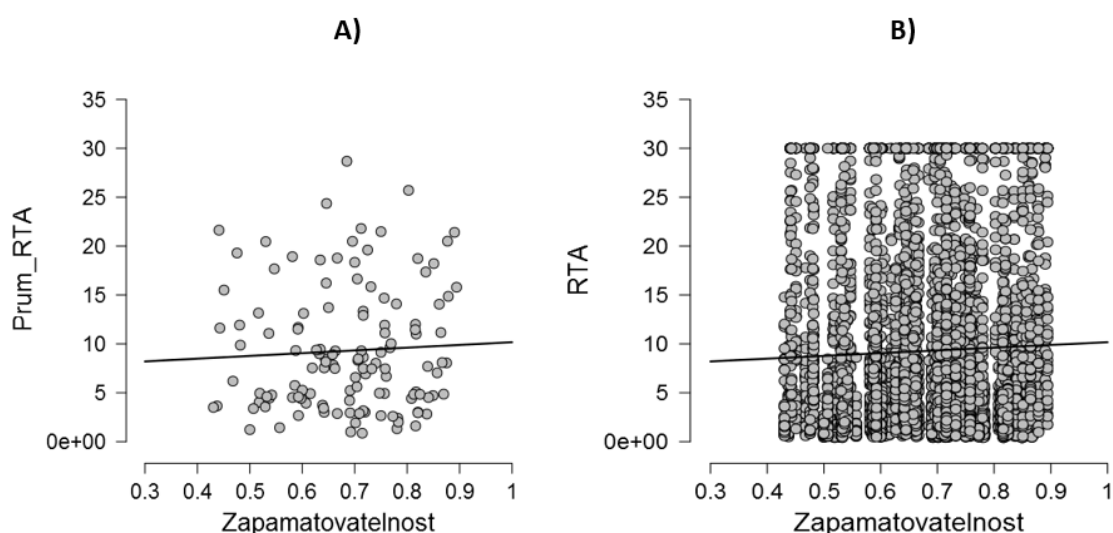


Graf 4: **Korelační analýza:** vztah mezi velikostí změny a výkonem v detekci změny

## 5.6 Vztah paměti a detekce změny

Hlavním cílem diplomové práce je zmapování vztahu mezi vizuální pamětí a schopností detekce změny. V našem experimentu pro tento účel pracujeme se dvěma proměnnými. První z nich je skóre zapamatovatelnosti každé fotografie ( $M = 0,69$ ;  $SD = 0,12$ ), které nám říká, jak dobře si člověk danou scénu pamatuje, což vypovídá o dlouhodobé paměti. Druhou proměnnou jsou reakční časy (RTA,  $M = 9,3$ ;  $SD = 1,72$ ), tzn., výkon probandů v úloze detekce změny. Pro zjištění vztahu mezi těmito proměnnými jsem využila Pearsonův korelační koeficient, který dosahuje hodnoty  $r = 0,053$  ( $p = 0,552$ ). Vzhledem k nízké hodnotě korelačního koeficientu nebyl prokázán signifikantní vztah mezi proměnnými na hladině významnosti 5 %. Velmi nízká korelace blízká se nule vypovídá o neexistenci lineárního vztahu mezi zapamatovatelností fotografií a výkonem v detekci změn. Nezávislost obou proměnných je zřejmá ze znázornění korelační analýzy v Grafu 5. Část A) zobrazuje korelační analýzu mezi průměrnými reakčními časy každé fotografie

a jejich skórem zapamatovatelnosti, část B) ukazuje korelační analýzu pro všechna měření reakčních časů v každé úloze.



Graf 5: **Korelační analýza:** A) Zapamatovatelnost a průměrné reakční časy (RTA) B) Zapamatovatelnost a reakční časy (RTA)

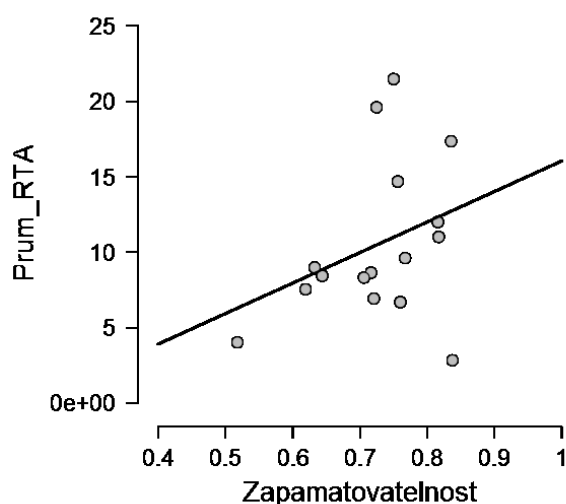
Vztah mezi zapamatovatelností a průměrným reakčním časem napříč všemi kategoriemi prokázán nebyl, ale je tomu tak i na úrovni jednotlivých kategorií? V další části se proto budu věnovat výsledkům jednotlivých kategorií vnitřních i venkovních scén a také se budu snažit zjistit, jestli jsou tyto výsledky konzistentní. Mimo zjišťování vztahu mezi těmito proměnnými mě také zajímají konkrétní typy změn, které by mohly ovlivňovat výkon v úlohách detekce změny.

## 5.7 Venkovní kategorie scén

### 5.7.1 Letištní terminály

Letištní terminály patří mezi dobře zapamatovatelnou kategorii scény s průměrnou zapamatovatelností 0,726 a směrodatnou odchylkou 0,09. Ačkoliv jsou fotografie letištních terminálů dobře zapamatovatelné, výkon v detekci změny patří s průměrným reakčním časem nalezení změny 10,51 s a směrodatnou odchylkou 5,3 mezi horší v porovnání s ostatními kategoriemi. Pearsonův korelační koeficient nabývá hodnoty  $r = 0,335$  (Graf 6). Tato hodnota podle metody účinku poukazuje na střední závislost mezi

proměnnými. V tomto případě by to znamenalo, čím je vyšší skóre zapamatovatelnosti fotografie, tím více času potřebuje proband k nalezení změny, tzn., že u letištních terminálů, které jsou dobře zapamatovatelné je pro pozorovatele nalezení změny obtížnější než u hůře zapamatovatelných letištních terminálů. Přestože korelační koeficient odpovídá střední závislosti mezi proměnnými, tak kvůli malému počtu měření (16 fotografií) tato hodnota nestačí na to, aby byla prokázána jako statisticky významná na hladině významnosti 5 %.



Graf 6: **Korelační analýza:** vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scény letištní terminály

Nejhorší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 1A (Obrázek 9), kde zmizela černá kolečka na střeše stánku mezi C a D. Druhý nejdelší reakční čas byl naměřen u obrázku 2A (Obrázek 9), kde byly odstraněny dva menší květináče. Na třetí fotografii s nejdelším reakčním časem se jednalo o změnu barvy žluté čáry vlevo na podlaze na světle šedivou. Tyto změny jsou různého typu i velikosti, což pravděpodobně ve výkonu detekce změny nehrálo žádnou roli. Dále si můžeme všimnout, že změny na fotografiích s nejhoršími reakčními časy se nacházejí v okrajových částech fotografie, které pravděpodobně nejsou centrem zájmu pozornosti.

Nejlepší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 1B (Obrázek 9), kde došlo k odebrání požární cedule. U fotografie s druhým nejlepším reakčním časem (Obrázek 9, 2B) se změnila barva cedule ze žluté na bílou. Společným znakem změn na těchto fotografiích by mohlo být umístění změny v centrální části fotografie. U fotografie s třetím nejlepším

výkonem detekce změny dochází opět ke změně barvy, v tomto případě červené přepážky na šedivou. Tato změna se sice neobjevuje v centrální části obrázku, ale změna barvy z červené na šedivou je velmi kontrastní a zaujímá oproti prvním dvěma změnám poměrně velkou plochu fotografie (8246 px), což mohlo také přispět k rychlejšímu zaznamenání změny. Na základě této podrobnější analýzy se můžeme domnívat, že ve výkonech detekce změny v kategorii letištních terminálů by mohlo hrát roli umístění změny na fotografii, její velikost a kontrast změny barvy.



Obrázek 9: **Letištní terminály:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).

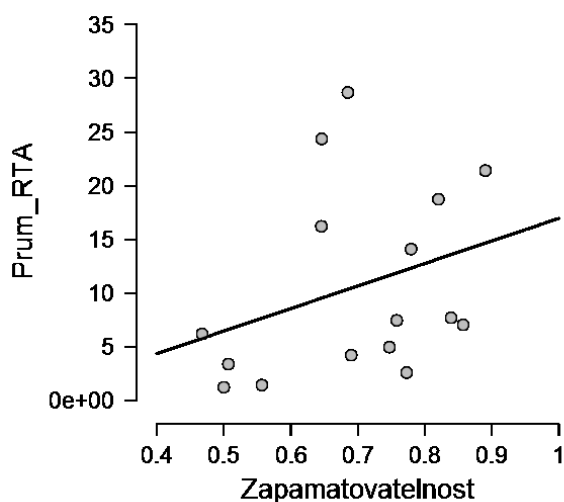
### 5.7.2 Dálnice

Fotografie z kategorie dálnic mají průměrné skóre zapamatovatelnosti 0,698 a směrodatnou odchylku 0,13. V porovnání s ostatními kategoriemi v našem souboru bychom tuto hodnotu mohli považovat za střední míru zapamatovatelnosti. Výkony detekce změny v této kategorii spadají mezi horší výkony v rámci všech kategorií s průměrným reakčním časem 10,61 s a směrodatnou odchylkou 8,8.

Korelace mezi zapamatovatelností fotografií scén dálnic a reakčními časy nalezením změny nabývá hodnoty  $r = 0,321$  ( $p = 0,225$ ), kterou bychom mohli podle metody účinku považovat za středně silnou závislost dvou proměnných. Tato hodnota tedy naznačuje



stejný vztah proměnných jako u letištních terminálů, tzn. probandům dělá větší problém zaznamenat změnu u lépe zapamatovatelných fotografií (Graf 7). Ovšem ani v tomto případě se závislost nepotvrdila jako signifikantní na hladině významnosti 5 %.

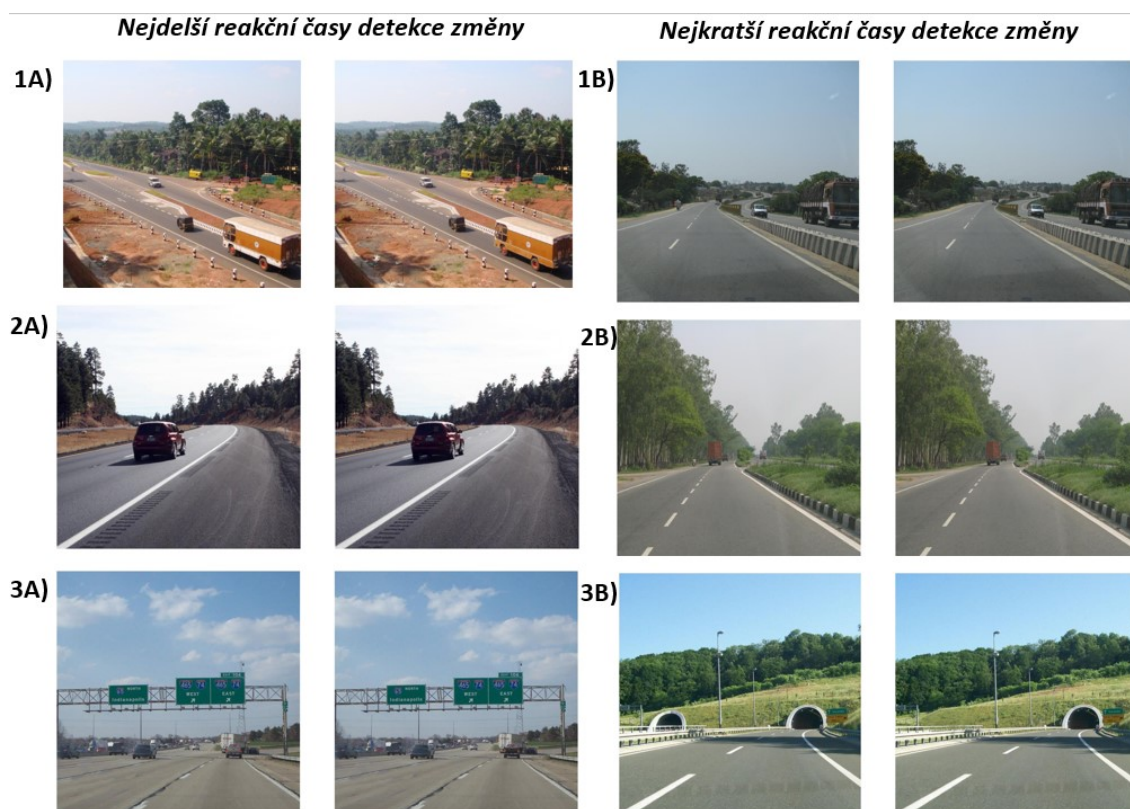


Graf 7: Korelační analýza: vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scény dálnice

Nejdelší reakční časy nalezení změny v této kategorii byly 28,68 s a 24,36 s. Z grafu 7 je patrné, že se jedná o odlehlejší hodnoty. V prvním případě došlo ke změně barvy spodní části nákladního automobilu z původní bílé na hnědou. Tato změna barvy je vzhledem k okolním barvám nevýrazná, proto mohla být snadno přehlédnuta (Obrázek 10, 1A). Ve druhém případě se jedná o zmizení dvou stromů na obzoru (Obrázek 10, 1B). Změna byla pro pozorovatele pravděpodobně obtížně detekovatelná, jelikož jsou stromy v dálce mírně rozostřené a splývají s porostem kolem silnice. Na fotografii se třetím nejdelším reakčním časem došlo ke změně barvy odbočujícího automobilu z okrové na tmavě modrou (Obrázek 10, 1C). Změna barvy nebyla příliš výrazná i vzhledem k velikosti automobilu, který v rámci fotografie zaujímal pouze 553 px, což mohlo vést k obtížné detekci změny.

Nejrychlejší reakční časy v této kategorii se vyskytují u fotografií s nejmenšími skóry zapamatovatelnosti, což je v souladu se závislostí proměnných, kterou naznačuje hodnota korelačního koeficientu. Nejrychleji probandi detekovali změnu na fotografii 1B a 2B (Obrázek 10). Můžeme si všimnout, že tyto fotografie si jsou velmi podobné, jak rozložením scény, tak typem a velikostí změny. V prvním případě se jedná o zmizení

balónků, které jsou umístěné na okraji silnice. Ve druhém případě jde rovněž o změnu odstranění objektu, tentokrát motocyklisty, který se nachází na stejném místě vzhledem k rozložení fotografie. Tyto fotografie se vyznačují relativně malými změnami, ale centrálně důležitých objektů na fotografii. Třetího nejlepšího reakčního času probandů dosahovali při detekci změny na fotografii 3B (Obrázek 10), kde došlo ke zmizení tunelu v levé části fotografie. Jednalo se o poměrně velkou změnu (6086 px), která nejspíše upoutala pozornost pozorovatele.

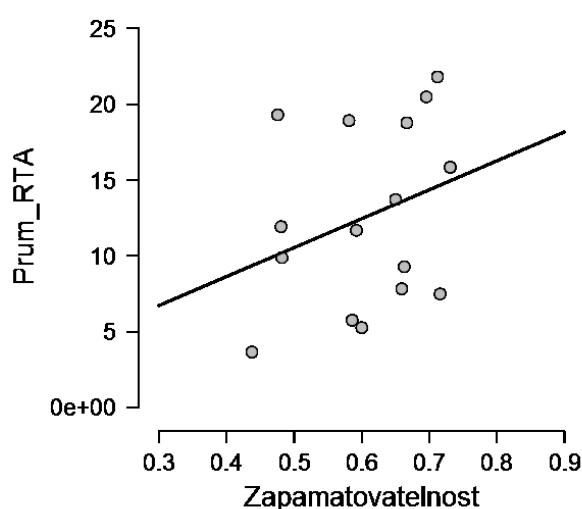


Obrázek 10: **Dálnice:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).

### 5.7.3 Domy

Kategorie domů patří mezi nejméně zapamatovatelné kategorie hned po obývacích pokojích s průměrným skóre zapamatovatelnosti 0,608 a směrodatnou odchylkou 0,1. V porovnání s ostatními kategoriemi byly v kategorii domů zaznamenány nejhorší výkony v detekci změn, tzn. probandům dělalo nalezení změny v kategorii domů největší potíže. Průměrný reakční čas zaznamenání změny byl 12,6 s se směrodatnou odchylkou 5,95.

Pearsonův korelační koeficient  $r = 0,306$  ( $p = 0,249$ ) ukazuje stejnou tendenci k závislosti průměrného reakčního času na zapamatovatelnosti jako v předchozích kategoriích. Se vzrůstající zapamatovatelností fotografií se prodlužuje reakční čas odpovědi, tzn. lidem se změny hledají hůře v lépe zapamatovatelných scénách (Graf 8). Stejně jako v předchozích případech dosahuje korelační koeficient střední závislosti mezi proměnnými, ale z důvodu malého počtu měření nebyl tento vztah prokázán jako signifikantní na hladině významnosti 5 %.



Graf 8: **Korelační analýza:** vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scény domy

Při podrobnější analýze můžeme vidět, že nejlepších výkonů v detekci změny je dosahováno u fotografií s nízkou zapamatovatelností (0,4 – 0,6). Nejrychleji byla změna detekována na fotografii 1B (Obrázek 11). Jedná se o změnu odstranění kanálu před domem. Kanál je umístěn v dolní části fotografie na dobře viditelném místě, kde se kromě kanálu nic dalšího nenachází, což pravděpodobně zvyšuje nápadnost změny a vede k její rychlé detekci na obrázku. Druhou nejlépe detekovatelnou změnou je zmizení střešního okna domu na fotografii 2B (Obrázek 11). Můžeme si všimnout, že stejně jako na předchozí fotografii je změna umístěna na dobře viditelném místě. V tomto případě na ploše střechy, kde jsou jen dvě okna a malý komín. Fotografie se třetím nejlepším reakčním časem 3 B (Obrázek 10) se vyznačuje odlišným typem změny. Na fotografii došlo ke změně barvy ubrusu z původní modré, která byla poměrně výrazná na neutrální zelenou, která splývá s okolím. Tato volba změny barvy ubrusu spolu s umístěním stolu před domem mohla vést k rychlejší detekci změny. Je patrné, že všechny změny na těchto

fotografiích se týkají objektů, které jsou pravděpodobně v centru zájmu pozorovatele a snadno upoutávají pozornost.

Nejhorší výkony v detekci změny v kategorii domů můžeme vidět na Obrázku 10 fotografie 1 A, 2 A, 3 A. Nejdelší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 1 A, kde došlo ke zmizení malého okna nad červeným keřem. Obtížnost detekce této změny mohla být způsobena velkým množstvím oken domu a umístěním malého okna v rohové části domu, kde zmizení malého okýnka snadno zaniká. Druhou nejhůře detekovatelnou změnou je změna barvy keříků (Obrázek 11, 2A). Zajímavé je, že přestože se keříky nacházejí v popředí fotografie a jedná se o poměrně velkou změnu (4876 px), měli probandi obtíže změnu najít. Dalším možným faktorem, který mohl v tomto případě hrát roli je, že barva keříků se změnila na stejnou barvu, jako mají tůje v okolí. Třetí nejdelší čas detekce změny byl zaznamenán u fotografie 3A (Obrázek 11). Zde si můžeme všimnout, že se nejedná o odstranění celého objektu, ale pouze jeho části. V tomto případě tedy zmenšení velkého okna. Můžeme předpokládat, že detekce tohoto typu změny je pro pozorovatele obtížnější než zmizení celého objektu.

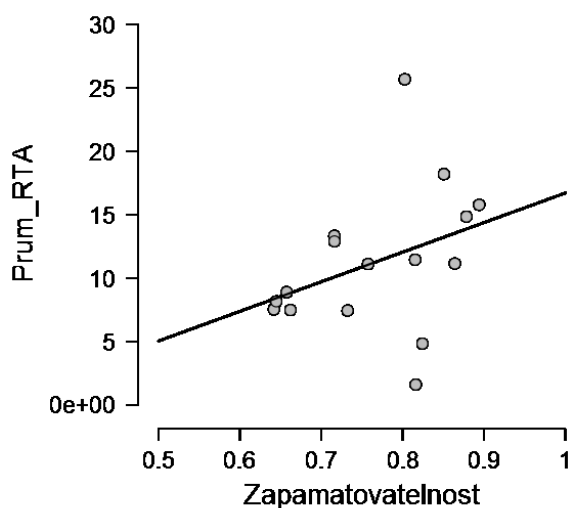


Obrázek 11: **Domy:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).

#### 5.7.4 Dětská hřiště

Poslední venkovní kategorií, kterou jsme zařadili do našeho experimentu jsou dětská hřiště. Fotografie scén dětských hřišť mají nejvyšší zapamatovatelnost ze všech kategorií s průměrným skórem zapamatovatelnosti 0,767 a směrodatnou odchylkou 0,09. Naopak reakční časy detekce změn v kategorii dětských hřišť patří mezi nejhorší výkony ze všech kategorií.

Mezi zapamatovatelností a průměrným reakčním časem detekce změny byla pomocí Pearsonova korelačního koeficientu vypočítána hodnota  $r = 0,357$  ( $p = 0,175$ ). Tato střední pozitivní korelace poukazuje na stejnou závislost mezi proměnnými jako u předchozích kategorií. Probandům šlo hledání změn u dobře zapamatovatelných fotografií obtížněji, než u hůře zapamatovatelných fotografií (Graf 9). Ačkoliv korelační koeficient ukazuje nejsilnější střední závislost proměnných ze všech venkovních kategorií scén, nebyla závislost vzhledem k malému počtu měření prokázána jako signifikantní na hladině významnosti 5 %.

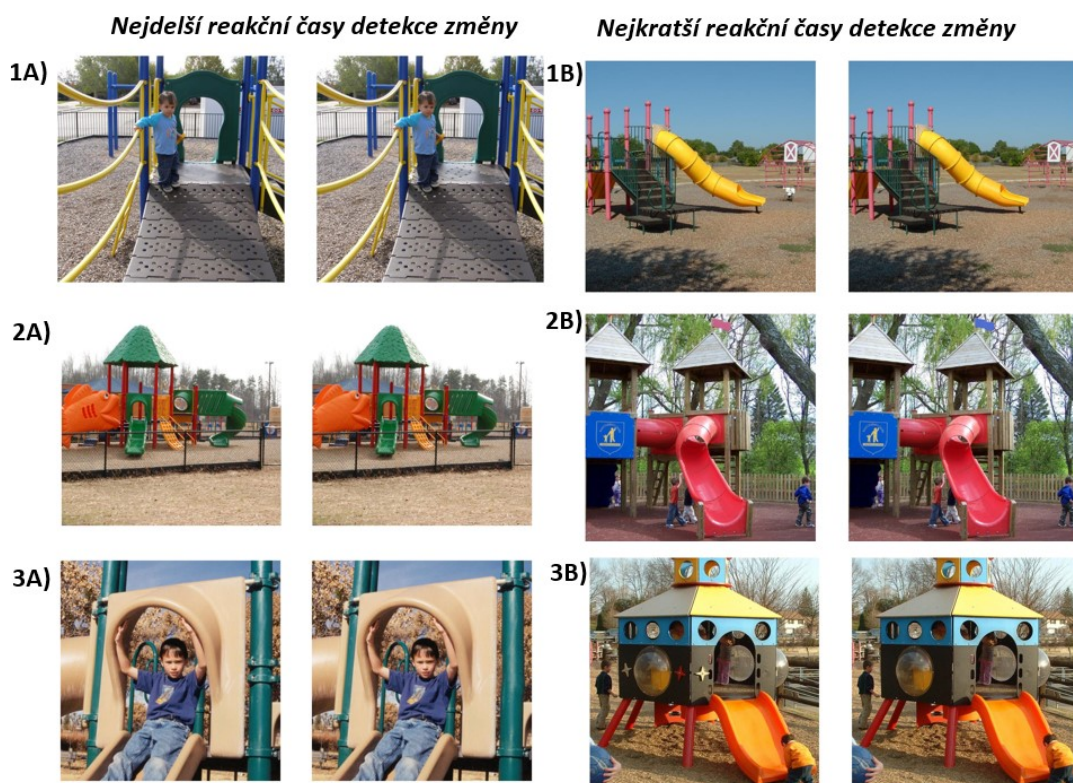


Graf 9: Korelační analýza: vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scén dětská hřiště

Nejdlejší hodnota reakčního času dosahuje 25,7 s (Graf 9). Jedná se o změnu textury tečkování na ploše prolézačky (Obrázek 12, 1A). Obtížnost nejspíše spočívá právě v typu změny, tzn. změna textury na platformě z děrované na hladkou. Druhý nejdelší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 2A (Obrázek 12), kde zmizely žábry z oranžové ryby. Třetí obtížně detekovatelnou změnou bylo odstranění dvou úchytek na tyči vpravo

od chlapce na Obrázku 11, 3A. Zde pravděpodobně přitahoval více pozornosti chlapec v centrální části fotografie, proto zůstala změna v okrajové části nepovšimnuta.

Naopak nejlepší výkon v detekci změny byl zaznamenán u fotografie 1B (Obrázek 12), kde z dětského hřiště zmizelo bílé houpadlo o velikosti pouhých 1279 px. Na hřišti se nacházejí jen tři objekty: velká dětská prolézačka se skluzavkou, houpadlo a prolézačka v pozadí. Dalo by se předpokládat, že toto přehledné uspořádání scény povede k rychlé detekci změny v takovém případě, že zmizí jeden z hlavních objektů scény. Druhou nejrychleji detekovatelnou změnou byla změna barvy vlajky na fotografii 2B (Obrázek 12), která je umístěna v horní části obrázku. Třetího nejlepšího reakčního času bylo dosaženo u fotografie 3B (Obrázek 12), kde zmizely tři ozdobné hvězdičky umístěné v centrální části fotografie.



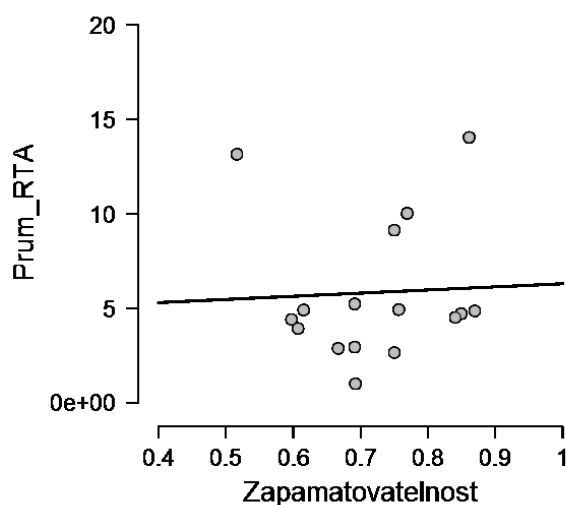
*Obrázek 12: Dětská hřiště: ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).*

## 5.8 Vnitřní kategorie scén

### 5.8.1 Koupelny

Kategorie koupelen patří v porovnání s ostatními kategoriemi mezi středně zapamatovatelné s průměrným skóre zapamatovatelnosti 0,720 a směrodatnou odchylkou 0,1. V této kategorii probandi dosahovali nejlepších výkonů detekce změn s průměrným reakčním časem 5,84 s a směrodatnou odchylkou 3,8.

Pearsonův korelační koeficient mezi zapamatovatelností a reakčním časem detekce změny dosahuje  $r = 0,046$  ( $p = 0,864$ ). Tato nízká hodnota blíží se k nule vypovídá o nezávislosti obou proměnných, jak je patrné i z Grafu 10. Mezi zapamatovatelností a výkony v úlohách detekce změny nebyla prokázána existence lineárního vztahu na hladině významnosti 5 %.



Graf 10: **Korelační analýza:** vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scény koupelny

Kategorie koupelen se vyznačuje nejlepším výkonem v úlohách detekce změny. V průměrně nejhorším výkonu trvalo pozorovatelům najít změnu za 14 s. Jednalo se o fotografii, kde zmizela část koberečku (Obrázek 13, 1A). Druhý nejdelší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 2A (Obrázek 13), kde došlo ke zmizení střešního okna. Změna byla pravděpodobně hůře detekovatelná vzhledem k jejímu umístění na stropě v horní části fotografie mimo centrum zájmu pozorovatele. Třetí nejdelší reakční čas 10 s byl zaznamenán rovněž u fotografie, kde došlo ke změně pouze části objektu.

V tomto případě se jednalo o zmizení části zrcadla (Obrázek 13, 3A). Na základě této podrobnější analýzy se můžeme domnívat, že nejhůře se pozorovatelům hledají změny, kdy není odebrán celý objekt, ale pouze jeho část.

V kategorii koupelen našli probandi nejrychleji změnu za pouhou 1 s. Jednalo se o zmizení šikmého držadla ve sprše na obrázku 13, 1B. Tato scéna je velmi jednoduchá, tzn. obsahuje jen několik objektů a změna se nachází v centrální části fotografie. Souhrou těchto faktorů mohla být změna detekována prakticky ihned po prvním shlédnutí obou fotografií ve flicker experimentálním designu. Druhý a třetí nejkratší reakční čas byl zaznamenán rovněž u hledání změny v poměrně jednoduché scéně. V prvním případě se jednalo o změnu centrálně významného objektu, tzn. okna v centrální části fotografie (Obrázek 13, 2B), kde změna spočívala v zatažení žaluzií. Ve druhém případě (Obrázek 13, 3B) byla odstraněna dolní rohová polička se šamponem. Můžeme si všimnout, že v kategorii koupelen probandi nejrychleji zaznamenali změnu, která se nacházela v centrální části fotografie a v jednoduchých typech scény. Nejlepší průměrný výkon detekce změny v kategorii koupelen, v porovnání s ostatními kategoriemi, bychom pak mohli přisoudit jednoduchosti scén, které zahrnují nízký počet objektů.



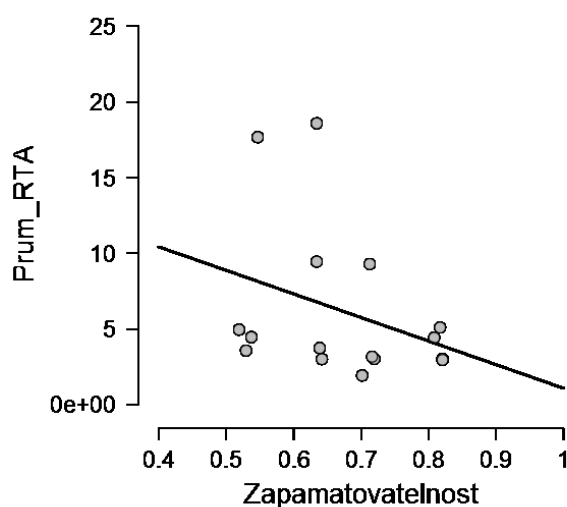
Obrázek 13: **Koupelny:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).



### 5.8.2 Ložnice

Hned po kategorii koupelen dosahují pozorovatelé nejlepších výkonů v hledání změn v kategorii ložnic. V experimentu si pozorovatel změny všiml průměrně za 6,15 s (SD = 5,14). Naopak co se týká zapamatovatelnosti, patří scény ložnic k těm hůře zapamatovatelným s průměrným skóre zapamatovatelnosti 0,675 a směrodatnou odchylkou 0,11.

Vztah mezi zapamatovatelností a průměrným reakčním časem jsme zjišťovali pomocí korelačního koeficientu, který ukázal negativní střední závislost  $r = -0,325$ . Záporná korelace naznačuje vztah, kdy jedna hodnota proměnné stoupá a druhá klesá, tedy čím vyšší skóre zapamatovatelnosti, tím nižší reakční čas detekce změny (Graf 11). V tomto případě by to znamenalo, že si pozorovatelé lépe všimají změn u dobře zapamatovatelných fotografií ložnic. Vzhledem k malému počtu měření však tento vztah nebyl prokázán jako signifikantní na hladině významnosti 5 %.

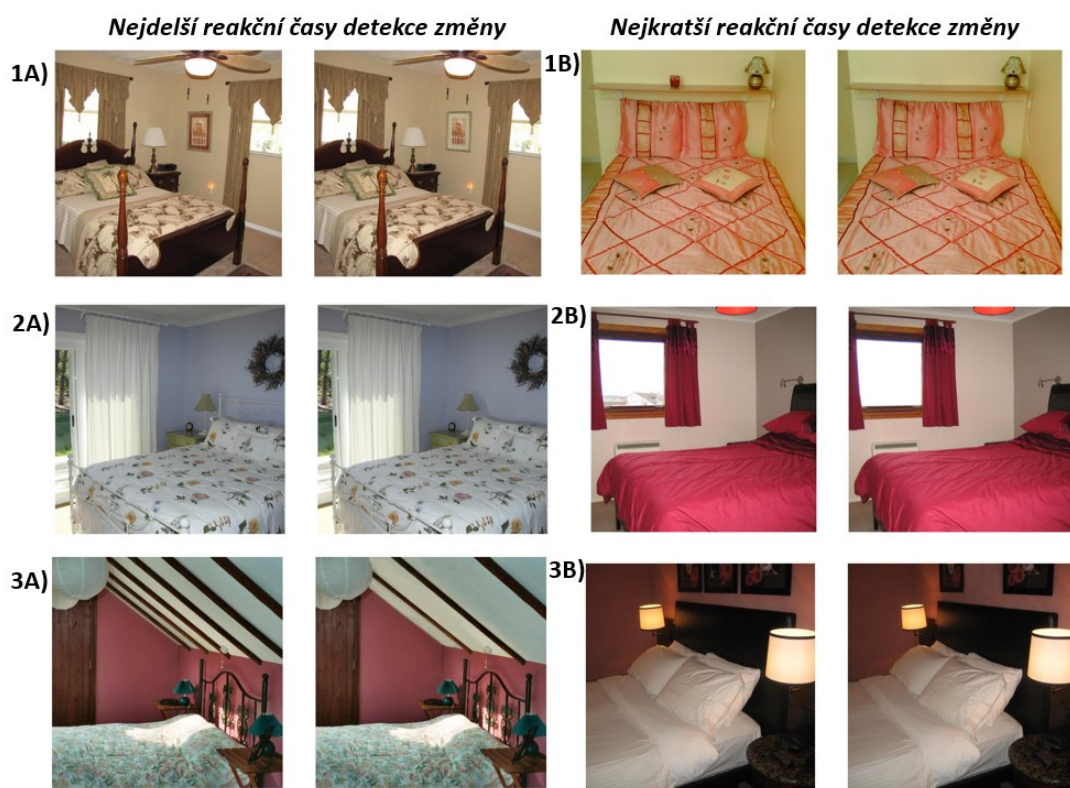


Graf 11: **Korelační analýza:** vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scény ložnice

V Grafu 11 vidíme čtyři odlehlé položky, ve kterých probandi podávali nejhorší výkony v detekci změny. Tyto nejvyšší reakční časy se pohybovaly od 9,3 s do 18,6 s. Nejdelší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 1A (Obrázek 14), jednalo se o změnu barvy červeného okraje obrazu na bílou. Druhý nejhorší výkon v detekci změny se objevil u fotografie 2A (Obrázek 14), kde byla smazána přední část pelesti postele a na třetí z fotografií (Obrázek 14, 3A) došlo ke zmizení sudých dřevěných trámků na stropě

ložnice. Pokud se na tyto položky podíváme detailněji, můžeme si všimnout, že typy změn jsou relativně různorodé, zahrnující jak změny barvy, tak také zmizení objektů. Společným znakem však je, že se všechny změny týkají jen nějaké části objektu nebo takového objektu, který je součástí větší skupiny stejného typu objektů.

Nejrychleji probandi detekovali změnu na fotografii 1B (Obrázek 14), kde zmizela svíčka z poličky nad postelí. Rozsahem se jednalo o malou změnu, ale vzhledem k umístění svíčky ve středu poličky a jednoduchosti scény bylo nalezení změny poměrně snadné. Druhý nejlepší výkon detekce změny probandi podávali u fotografie 2B (Obrázek 14). Změna na této fotografii spočívala ve zmizení domů v okně. V tomto případě se jednalo o poměrně velkou změnu v centrální části fotografie, rovněž scéna ložnice byla jednoduchá, protože zahrnovala jen několik objektů. Třetí nejlepší reakční čas byl zaznamenán u fotografie 3B (Obrázek 14), kde došlo ke zmizení prostředního obrazu nad postelí. K rychlé detekci změny i v tomto případě přispěla jednoduchost scény obsahující jen několik položek. Navíc změna odstranění jedné ze tří poměrně velkých položek je velmi nápadná.



Obrázek 14: **Ložnice:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).

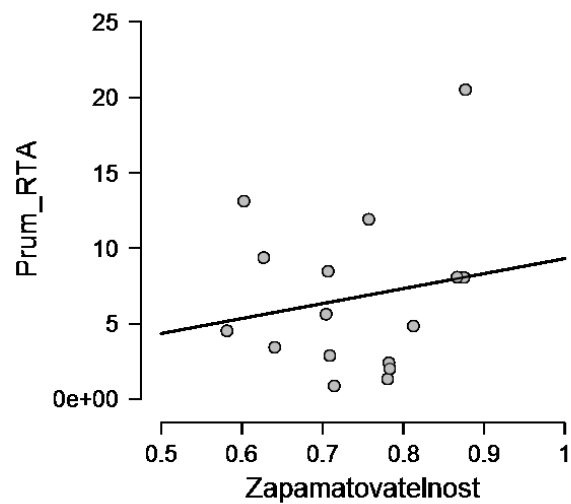
### 5.8.3 Zasedací místnosti

Kategorie zasedacích místností patří ke kategoriím s nejlépe zapamatovatelnými fotografiemi s průměrným skórem zapamatovatelnosti 0,739 a směrodatnou odchylkou 5,23. Průměrný čas detekce změny v této kategorii je 6,72 s (SD = 5,23), tzn. jedná se o třetí nejlepší průměrný výkon hned po koupelnách a ložnicích.

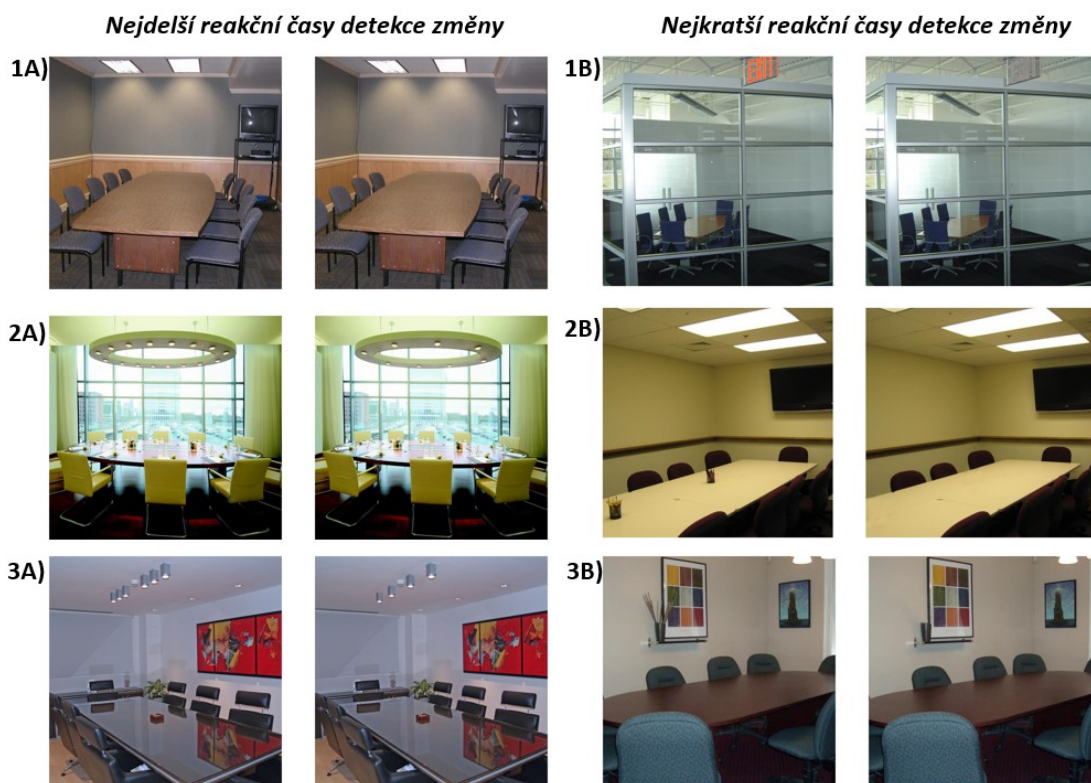
Korelace mezi zapamatovatelností a výkonem detekce změny dosahuje hodnoty  $r = 0,180$  ( $p = 0,506$ ). Podle metody účinku se jedná o malou závislost mezi proměnnými, která naznačuje, že se vzrůstající zapamatovatelností fotografie se prodlužuje čas potřebný k nalezení změny (Graf 12). Na hladině významnosti 5 % však ani tato závislost nebyla prokázána jako signifikantní.

Při podrobnější analýze si můžeme všimnout, že nejhorší výkony se objevují u podobných typů změn. Nejhorší výkon s průměrným reakčním časem 20,5 s byl zaznamenán u úlohy, kde zmizela jedna poslední židle u velkého stolu (Obrázek 15, 1A). Druhý a třetí nejhorší průměrný reakční čas (13,1 s a 11,9 s) byl zaznamenán u fotografií se stejným typem změny. Jednalo se o zmizení sudých bodových světél ze stropu zasedací místnosti (Obrázek 15, 2A, 3A). Z těchto zjištění vyplývá, že v kategorii zasedacích místností dělala probandům největší potíže detekce změny, kdy zmizela pouze nějaká část z větší skupiny objektů. Můžeme předpokládat, že tento typ změny je velmi podobný typu změny, kdy je odstraněna pouze nějaká část objektu, jejichž nalezení činilo probandům největší potíže ve všech předchozích vnitřních kategoriích scény.

Nejlepšího výkonu v detekci změny probandi dosahovali u fotografie 1B (Obrázek 15), kde došlo ke změně barvy nápisu Exit z oranžové na šedivou. Tato značka se pravděpodobně dostává do centra zájmu pozornosti kvůli svému umístění a kontrastní barvě nápisu oproti okolí. Druhou nejrychleji detekovanou změnu můžeme vidět na fotografii 2B (Obrázek 15), kde ze stolu zmizí dva stojánky s tužkami. K rychlé detekci změny pravděpodobně přispívá jednoduchost celé scény, umístění stojánků v centrální části fotografie a také to, že mimo těchto dvou stojánků je stůl prázdný. Třetí nejlepší výkon v detekci změny byl zaznamenán u fotografie 3B (Obrázek 15). I zde se jedná o změnu zmizení objektu, v tomto případě dekorace z květináče vedle obrazu. Tato změna sice není moc výrazná, ale nachází se vedle barevného obrazu, který je pravděpodobně centrem zájmu pozorovatelů a váže jejich pozornost.



Graf 12: **Korelační analýza:** vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scény zasedací místnosti

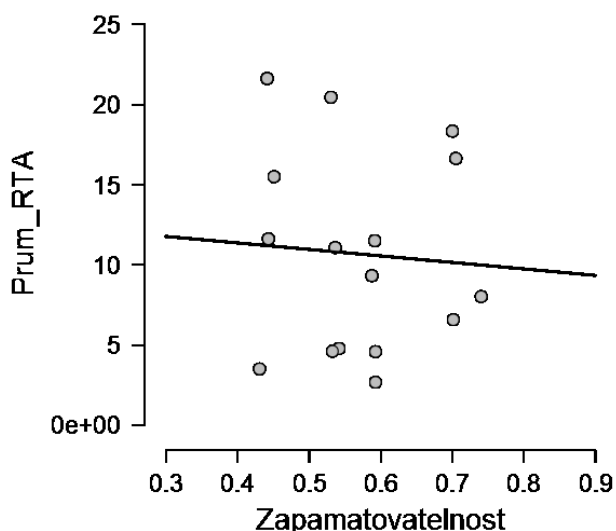


Obrázek 15: **Zasedací místnosti:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1A), 2A), 3A); nejlepší výkony 1B), 2B), 3B).

#### 5.8.4 Obývací pokoje

Fotografie obývacích pokojů se lidem pamatují nejhůře ze všech kategorií scén. Průměrné skóre zapamatovatelnosti je 0,57 se směrodatnou odchylkou 0,1. V rámci všech kategorií patří výkony detekce změny v obývacích pokojích mezi nejhorší (po domech a dětských hřištích) s průměrným reakčním časem 10,68 s a směrodatnou odchylkou 6,24. Při porovnání v rámci kategorií vnitřních scén je výkon detekce změny v obývacích pokojích rovněž nejhorší. Průměrný reakční čas je o 3,96 s delší než druhý nejhorší výkon v kategorii vnitřních scén (zasedací místnosti).

Korelační koeficient mezi zapamatovatelností a výkony v detekci změn dosahuje v této kategorii velmi nízké záporné hodnoty  $r = -0,066$ , která nebyla prokázána jako signifikantní na hladině významnosti 5 %. Tento záporný vztah blíží se nule značí nezávislost obou proměnných (Graf 13).



Graf 13: **Korelační analýza:** vztah zapamatovatelnosti a průměrných reakčních časů v kategorii scéně obývací pokoje

Nejhorší výkon v kategorii obývacích pokojů dosahoval průměrného reakčního času 21,6 s a byl zaznamenán u položky s velmi nízkým skórem zapamatovatelnosti 0,44. Jednalo se o zmizení zásuvek a šňůry na zdi v blízké vzdálenosti od podlahy (Obrázek 16, 1A). Tato změna byla podstatně malá a mohla lehce zaniknout ve složité scéně obývacího pokoje, která obsahovala mnoho věcí. Druhý nejhorší průměrný reakční čas byl zaznamenán u fotografie 2A (Obrázek 16), kde došlo ke zmizení lampy stojící u okna.

Stejně jako u předchozí fotografie obsahuje tato scéna obývacího pokoje mnoho objektů, mezi nimiž je obtížné změnu detekovat. Na fotografii s třetím nejhorším reakčním časem byly odstraněny šachy z malého stolku (Obrázek 16, 3A). Rovněž tato scéna obsahuje velké množství objektů a takto malá změna v ní snadno zanikne.

Nejlepší výkon detekce změny byl zaznamenán u fotografie 1B (Obrázek 16), kde došlo k odstranění obrazu ze zdi. Ačkoliv je tato scéna obývacího pokoje složitá, zmizení jednoho ze tří obrazů na zdi je poměrně nápadné. U fotografie s druhým nejlepším reakčním časem (Obrázek 16, 2B) zmizely nástěnné hodiny v zadní části pokoje a na fotografii s třetím nejlepším reakčním časem zmizel ovladač z konferenčního stolku (Obrázek 16, 3B). I když jsou hodiny relativně malé, jsou v zadní části pokoje nejnápadnějším prvkem, což pravděpodobně přispívá k rychlejší detekci změny. Při detekci změny zmizení ovladače hraje spíše roli jeho umístění v centrální části fotografie na prázdném stolku.



**Obrázek 16: Obývací pokoje:** ukázka fotografií nejlepších a nejhorších výkonů v detekci změny: nejhorší výkony 1 A), 2 A), 3 A); nejlepší výkony 1 B), 2 B), 3 B).

### 5.8.5 Shrnutí

Výsledky korelací mezi zapamatovatelností fotografií a průměrnými reakčními časy úlohy detekce změny jsou napříč kategoriemi venkovních scén konzistentní. Korelační koeficienty u všech venkovních kategorií dosahují pozitivní střední závislosti mezi proměnnými, tzn., že probandům se hůře hledaly změny v lépe zapamatovatelných scénách. Tato závislost však nebyla u žádné z nich vzhledem k malému počtu měření (16 fotografií) prokázána jako signifikantní na hladině významnosti 5 %. V takovém případě tedy nemůžeme mluvit o závislosti výkonu detekce změny na zapamatovatelnosti fotografií.

Z podrobnější analýzy typů změn u nejrychleji a nejpomaleji detekovaných změn v kategoriích venkovních scén vyplynulo, že by zde mohlo hrát roli několik faktorů. Pozorovatelé lépe zaznamenali změnu položek v centru zájmu, jednalo se o důležité objekty scény, objekty umístěné v centrální části fotografie nebo položky výrazné vzhledem ke kontextu scény, které přitahovaly pozornost. Dalším faktorem ovlivňujícím výkon v detekci změny je složitost scény, změny umístěné ve složité scéně snadno zanikly ve velkém množství objektů. Naopak výkonu v detekci změny napomáhalo umístění objektu v rámci jednoduché scény, kde objekt nezanikal mezi dalšími. Lepší výkony se také objevovaly u změn s velkým kontrastem barev mezi originální a změněnou scénou. Dále si můžeme všimnout, že zaznamenat zmizení části objektu nebo jednoho objektu z větší skupiny, bylo pro pozorovatele obtížnější než zmizení celého objektu či celé skupiny objektů.

U kategorií interiérů jsou výsledky korelací mezi zapamatovatelností a reakčními časy detekce změny méně konzistentní než v kategorii venkovních scén. V kategorii obývacích pokojů a koupelen vyšla hodnota korelačního koeficientu blížící se nule, což poukazuje na nezávislost proměnných. Korelační koeficient v kategorii ložnice odpovídal střední negativní závislosti proměnných, tzn. probandi rychleji našli změnu u dobře zapamatovatelných fotografií. V poslední kategorii zasedacích místností odpovídal korelační koeficient nízké pozitivní závislosti mezi proměnnými, tzn. probandi podávali horší výkony u dobře zapamatovatelných fotografií. Avšak u žádné z vnitřních kategorií tento vztah nebyl prokázán jako signifikantní na hladině významnosti 5 %. Stejně jako u venkovních kategorií nemůžeme tedy mluvit o závislosti těchto proměnných.

Nejhorší výkony detekce změny v kategoriích interiérů se objevují v úlohách, které obsahují změnu části objektu nebo jednoho objektu, který je součástí skupiny objektů podobného typu. Druhým významným faktorem ovlivňujícím výkon detekce změny je jednoduchost či složitost scény. Probandům dělalo větší obtíže nalézt změnu ve složitějších scénách interiérů, tzn. takové scény, které obsahují hodně věcí a změna mezi nimi snadno zanikne. I v kategoriích vnitřních scén se pozorovatelům lépe hledaly změny v centru zájmu pozornosti. Mezi dobře detekovatelnými změnami se také častěji objevoval typ změny, kdy byl odstraněn jeden ze tří předmětů. Probandům tedy dělalo potíže zaznamenat změnu, kdy zmizel jeden objekt z nějaké větší skupiny podobných objektů, ale naopak změnu, kdy byl odstraněn jeden ze tří objektů zaznamenali snadno.

Nejhorší výkony v detekci změn byly zaznamenány v kategorii obývacích pokojů, naopak nejlepších výkonů probandi dosahovali v kategorii koupelen. Zároveň se tyto dvě kategorie liší v míře složitosti scény. Obývací pokoje patří mezi nejsložitější scény a koupelny naopak mezi nejméně složité. Z tohoto důvodu se můžeme domnívat, že složitost scény je velmi významným faktorem ovlivňujícím výkon detekce změny v rámci kategorií interiérů.

Ačkoliv u některých kategorií dosahoval korelační koeficient střední závislosti, nebyla v žádné z kategorií venkovních ani vnitřních scén prokázána signifikantní závislost mezi zapamatovatelností a výkonem v detekci změn na hladině významnosti 5 %. Tyto výsledky mohly být pravděpodobně ovlivněny malým počtem měření, tzn. 16 úloh v jedné kategorii. Z podrobnější analýzy typů změn můžeme usuzovat, že pozorovatel si lépe všimne změny, která se nachází v centru zájmu pozornosti. Dalším faktorem, který pravděpodobně ovlivňuje výkon detekce změny je složitost scény, který se výrazněji projevuje v kategoriích vnitřních scén. Dále se ukázalo, že pokud dojde ke změně pouze části objektu nebo jednoho objektu z nějaké skupiny podobných objektů je velmi těžké takový typ změny detekovat. Tyto faktory pravděpodobně ovlivňují výkony v detekci změny, proto by v budoucnosti mohly hrát významnou roli ve výzkumech detekce změn.



## IV. DISKUSE

Pro zmapování vztahu paměti a detekce změny na fotografiích jsme si na začátku výzkumu stanovili nulovou a alternativní hypotézu. Paměť byla v našem experimentu zastoupena proměnnou skóre zapamatovatelnosti jednotlivých fotografií a výkon detekce změny jsme měřili pomocí reakčního času odpovědi, kdy pozorovatel zaznamenal změnu. Alternativní hypotéza tedy předpokládá existenci vztahu mezi těmito proměnnými. Na začátku jsme předpokládali tři možnosti tohoto vztahu. První možností je existence vztahu, kdy u dobře zapamatovatelných fotografií je snazší nalézt změnu. Druhá možnost předpokládá rovněž existenci vztahu mezi proměnnými, kdy je naopak u dobře zapamatovatelných fotografií obtížnější změnu nalézt. Poslední předpokládanou možností je neexistence vztahu mezi zapamatovatelností fotografií a detekcí změn na fotografiích.

Výsledky korelační analýzy nepotvrdily existenci lineárního vztahu mezi skóry zapamatovatelnosti a reakčními časy detekce změny, tzn., že **hypotéza  $H_A$  nebyla prokázána na hladině významnosti 5 %**. Z těchto výsledků můžeme tedy předpokládat, že zapamatovatelnost fotografií a výkony v detekci změny jsou nezávislé proměnné. Pro zjištění konzistence výsledků napříč všemi kategoriemi jsem udělala korelační analýzu pro každou z 8 kategorií scény. Ani v rámci jednotlivých kategorií nebyla potvrzena existence vztahu mezi zapamatovatelností a výkony v detekci změny. Přestože u některých z nich dosahoval korelační koeficient střední závislosti, nebyl u žádné kategorie potvrzen jako statisticky významný na hladině významnosti 5 %. V takovém případě nemůžeme mluvit o závislosti těchto proměnných. Výsledky jsou tedy v rámci jednotlivých kategorií konzistentní a rovněž se shodují s výsledky korelační analýzy napříč všemi kategoriemi. Pravděpodobná je také možnost, že korelační koeficienty, které dosahovaly střední závislosti mezi proměnnými nebyly potvrzeny jako statisticky významné kvůli malému počtu měření.

Nepotvrzení alternativní hypotézy může znamenat, že výkony v detekci změny pravděpodobně závisí na jiných faktorech, než je paměť. Tento výsledek vypovídá o rozdílnosti mezi zapamatováním si fotografie a všimnutím si, zda se na fotografii něco změnilo. Tuto rozdílnost lze demonstrovat na příkladu, kdy si profesor na vysoké škole zapamatuje nějakého studenta na přednášce, ale nevšimne si, že má nové brýle nebo se

ostříhal. Pravděpodobně se jedná o dva různé typy úloh, které vyžadují trochu jiné mechanismy. Tyto výsledky jsou v souladu s nedávnými studii, které se rovněž zabývaly vztahem dlouhodobé paměti a detekce změny (Varakin & Levin, 2006; Wood & Simons, 2016).

Pokud jsou tedy zapamatovatelnost a výkon v detekci změny nezávislé proměnné, co tedy hraje hlavní roli ve výkonu detekce změn?

V rámci podrobnějších analýz nejrychleji a nejpomaleji detekovaných změn v rámci každé kategorie se ukázalo, že důležitým faktorem ovlivňujícím výkon detekce změny je centrum zájmu pozorovatele. Jednalo se o objekty umístěné v centrální části fotografie, důležité objekty scény nebo položky výrazné vzhledem ke kontextu scény. Objekty v centru zájmu pravděpodobně přitahují pozornost, díky které jsou změny rychleji zaznamenány. Podobný faktor ve své studii zahrnuje Rensink (1997), který zjistil, že pozorovatel změnu detekuje rychleji, pokud je umístěna v centru zájmu. Centrální zájem definoval v rámci nezávislého experimentu jako objekt nebo oblast scény, kterou pozorovatelé při shlédnutí scény zmiňují nejčastěji (Rensink et al., 1997). Zjištění, že pozorovatel nalezne změny v centrální oblasti rychleji než okrajové změny, poukazuje na souvislost s pozorností. Objekty, na které je více soustředěna pozornost jsou s větší pravděpodobností kódovány a porovnávány v paměti, proto jsou změny těchto objektů detekovány rychleji (Simons & Levin, 1997; Simons & Rensink, 2005).

Jako druhou proměnnou jsme zvolili skóre zapamatovatelnosti. Jedná se o jakousi vnitřní vlastnost obrázku, která není závislá na skupině pozorovatelů a vypovídá o dlouhodobé paměti. Skóre zapamatovatelnosti bylo určeno jako pravděpodobnost, že pozorovatel správně určí opakující se fotografii, která je prezentována ve sledu za sebou jdoucích fotografií (Isola et al., 2011; Oliva et al., 2013). V rámci studie Isola (2014) se zjišťovala souvislost zapamatovatelnosti s dalšími vlastnostmi fotografie, mezi nimiž byla také barevnost scény. Barevnost scény je faktor, který ovlivňuje pozornost, je tomu tak i u zapamatovatelnosti? Výsledky ukázaly, že barevnost scény zapamatovatelnost nijak neovlivňuje, tzn., že zapamatovatelnost pravděpodobně nesouvisí ani s pozorností. Tyto výsledky hovoří v souladu se zjištěním nezávislosti zapamatovatelnosti na výkonu v úlohách detekce změny.

Nedávné studie ukazují, že pozorovatel je schopen si zapamatovat velké množství fotografií i s mnoha detaily již po jednom shlédnutí (Brady, Konkle, & Alvarez, 2011; Brady et al., 2008; Konkle et al., 2010). Paměť tedy hraje podstatnou roli při detekci změny, ale rozhodujícím faktorem, který ovlivňuje výkon detekce změny je pravděpodobně pozornost. Díky systémům vizuální krátkodobé a vizuální dlouhodobé paměti jsou pozorovatelé schopni udržet a následně porovnávat vizuální reprezentace napříč zpoždění a různorodým narušením v úlohách detekce změny. Pozornost tedy ovlivňuje pravděpodobnost, že bude daný objekt v paměti uchován a porovnáván. Z tohoto důvodu pozorovatel rychleji detekuje změnu u objektu, na který více soustředil pozornost.

## V. ZÁVĚR

Z výzkumu vyplývá, že dlouhodobá paměť a výkon detekce změny na fotografiích jsou nezávislé proměnné. Tyto výsledky naznačují, že výkon detekce změny na fotografiích je více ovlivněn jinými faktory, než je dlouhodobá paměť. Zapamatování fotografie a všimnutí si změny jsou pravděpodobně různé typy úloh, které vyžadují odlišné mechanismy a dovednosti. Vztah mezi pamětí a detekcí změn nebyl prokázán ani na úrovni jednotlivých kategorií scén. Z podrobnější analýzy nejrychleji a nejpomaleji detekovaných změn u jednotlivých kategorií vyplynulo mnoho dalších faktorů, které mohou ovlivňovat výkony detekce změny. Jedná se např. o složitost scény, typ změny týkající se pouze části objektů nebo jednoho objektu ze skupiny objektů podobného typu. Nejrychleji si však pozorovatelé všimli změn v centru zájmu, jednalo se o změny v centrální části fotografie, důležité objekty scény nebo položky výrazné vzhledem ke kontextu scény. Objekty v centru zájmu pravděpodobně nejvíce přitahují pozornost, tudíž jsou změny těchto objektů zaznamenány nejrychleji.

Budoucím výzkumům bych doporučila se více zabývat pozorností a faktory, které by mohly ovlivňovat pozornost při detekci změn. V následujících experimentech by bylo velmi přínosné ověřit, zda výše zmíněné faktory skutečně ovlivňují výkon detekce změny na fotografiích. Dále bych doporučila se zaměřit na faktor centrum zájmu pozorovatele, který není jednoznačně definován, ale v minulosti se mu již ve svém výzkumu věnoval Rensink (1997).

V rámci své diplomové práce jsem měla možnost se věnovat jen malé části tématu, které tímto není zdaleka vyčerpané. Přesto doufám, že tato práce přispěje k rozšíření povědomí o tématu detekce změny a fenoménu slepoty ke změně v českém prostředí a do budoucna mu bude v rámci výzkumných studií věnováno více prostoru.

## VI. SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

Angelone, B. L., Levin, D. T., & Simons, D. J. (2003). The Relationship between Change Detection and Recognition of Centrally Attended Objects in Motion Pictures. *Perception*, 32(8), 947–962.

Bainbridge, W. A., Isola, P., & Oliva, A. (2013). The intrinsic memorability of face photographs. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1323–1334. <http://doi.org/10.1037/a0033872>

Ball, F., Elzemann, A., & Busch, N. A. (2014). The scene and the unseen: Manipulating photographs for experiments on change blindness and scene memory Image manipulation for change blindness. *Behavior Research Methods*, 46(3), 689–701. <http://doi.org/10.3758/s13428-013-0414-2>

Beck, M. R., & Levin, D. T. (2003). The role of representational volatility in recognizing pre- and postchange objects. *Perception & Psychophysics*, 65(3), 458–468.

Becker, M. W., & Pashler, H. (2002). Volatile visual representations : Failing to detect changes in recently processed information. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 744–750.

Borkin, M., Vo, A., Bylinskii, Z., Isola, P., Sunkavalli, S., Oliva, A., & Pfister, H. (2013). What Makes a Visualization Memorable? *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2306–2315.

Brady, T. F., Konkle, T., & Alvarez, G. A. (2011). A review of visual memory capacity: Beyond individual items and toward structured representations. *Journal of Vision*, 11(5). <http://doi.org/10.1167/11.5.4>

Brady, T. F., Konkle, T., Oliva, A., & Alvarez, G. A. (2009). Detecting changes in real-world objects. *Communicative & Integrative Biology*, 2(1), 1–3. <http://doi.org/10.1073/pnas.0803390105>. [www.landesbioscience.com](http://www.landesbioscience.com)

Brady, T. F., Konkle, T., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2008). Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(38), 14325–14329. <http://doi.org/10.1073/pnas.0803390105>

- Bush, N. A. (2013). The fate of object memory traces under change detection and change blindness. *Brain Research, 15*(20), 107–115.
- Bylinskii, Z., Isola, P., Bainbridge, C., Torralba, A., & Oliva, A. (2015). Intrinsic and extrinsic effects on image memorability. *Vision Research, 116*, 165–178. <http://doi.org/10.1016/j.visres.2015.03.005>
- Coltheart, M. A. X. (1980). Iconic memory and visible persistence. *Perception & Psychophysics, 27*(3), 183–228.
- Disman, M. (2011). *Jak se vyrábí sociologická znalost* (4th ed.). Praha: Karolinum.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2008). *Kognitivní psychologie* (4th ed.). Praha: Academia.
- Grimes, J. (1996). On the failure to detect changes in scenes across saccades. *Perception, 89*–109.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1999). The role of fixation position in detecting scene changes across saccades. *Psychological Science, 10*(5), 438–443.
- Hendl, J. (2015). *Přehled statistických metod* (5th ed.). Praha: Portál.
- Hollingworth, A. (2003). Failures of retrieval and comparison constrain change detection in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 29*(2), 388–403. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.29.2.388>
- Hollingworth, A. (2004). Constructing visual representations of natural scenes: The roles of short- and long-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 30*(3), 519–537. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.30.3.519>
- Hollingworth, A. (2005). The relationship between online visual representation of a scene and long-term scene memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 31*(3), 396–411. <http://doi.org/10.1037/0278-7393.31.3.396>
- Hollingworth, A. (2006). Visual memory for natural scenes: Evidence from change detection and visual search. *Visual Cognition, 14*(4–8), 781–807. <http://doi.org/10.1080/13506280500193818>
- Hollingworth, A. (unpublished data). Memory for visual objects after an undetected

change: Evidence against the overwriting hypothesis.

Hollingworth, A., & Henderson, J. M. (2002). Accurate visual memory for previously attended objects in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(1), 113–136. <http://doi.org/10.1037//0096-1523.28.1.113>

Horowitz, T. S., & Wolfe, J. M. (1998). Visual search has no memory. *Psychological Science*, 12(4), 287–292. <http://doi.org/10.1111/1467-9280.00353>

Hort, J., & Rusina, R. (2007). *Paměť a její poruchy : paměť z hlediska neurovědního a klinického*. Praha: Maxdorf.

Irwin, D. E. (1992). Memory for position and identity across eye movements. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18(2), 307–317. <http://doi.org/10.1037/0278-7393.18.2.307>

Ishihara, S. (2013). *Ishihara's Tests for Colour Deficiency 2013: 14 Plate Book Concise Edition*. Graham Field.

Isola, P., Xiao, J., Parikh, D., & Torralba, A. (2014). What Makes a Photograph Memorable? *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36(7), 1469–1482. <http://doi.org/10.1109/TPAMI.2013.200>

Isola, P., Xiao, J., Torralba, A., & Oliva, A. (2011). What makes an image memorable? *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Pages 145-152. Retrieved from <http://cvcl.mit.edu/memorableImages.html>

Jiang, Y., & Song, J.-H. (2005). Spatial context learning in visual search and change detection. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 67(7), 1128–1139. <http://doi.org/10.3758/BF03193546>

Kassin, S. (2004). *Psychologie* (4th ed.). Praha: CPress.

Khosla, A., Raju, A. S., Torralba, A., & Oliva, A. (2016). Understanding and predicting image memorability at a large scale. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* (Vol. 11–18–Dece, pp. 2390–2398). <http://doi.org/10.1109/ICCV.2015.275>

- Khosla, A., Xiao, J., Torralba, A., & Oliva, A. (2012). Memorability of Image Regions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, (1), 296–304. Retrieved from <https://papers.nips.cc/paper/4570-memorability-of-image-regions>
- Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2010). Scene Memory Is More Detailed Than You Think: The Role of Categories in Visual Long-Term Memory. *Psychological Science*, 21(11), 1551–1556. <http://doi.org/10.1177/0956797610385359>
- Králíček, P. (2002). *Úvod do speciální neurofyzologie* (2nd ed.). Praha: Karolinum.
- Levin, D. T., Momen, N., Drivdahl, S. B., & Simons, D. J. (2000). Change Blindness Blindness: The Metacognitive Error of Overestimating Change-detection Ability. *Visual Cognition*, 7(1–3), 397–412. <http://doi.org/10.1080/135062800394865>
- Levin, D. T., & Simons, D. J. (1997). Failure to detect changes to attended objects in motion pictures. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(4), 501–506. <http://doi.org/10.3758/BF03214339>
- Luck, S. J., & Hollingworth, A. (2008). *Visual memory*. (S. J. Luck & A. Hollingworth, Eds.) *Visual memory*. Oxford university press. [http://doi.org/10.1016/S0376-7361\(09\)70018-4](http://doi.org/10.1016/S0376-7361(09)70018-4)
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(20), 279–281.
- Mitroff, S. R., Simons, D. J., & Levin, D. T. (2004). Nothing compares 2 views: Change blindness can occur despite preserved access to the changed information. *Perception & Psychophysics*, 66(8), 1268–1281. <http://doi.org/10.3758/BF03194997>
- Nishiyama, M., & Kawaguchi, J. (2014). Visual long-term memory and change blindness: Different effects of pre- and post-change information on one-shot change detection using meaningless geometric objects. *Consciousness and Cognition*, 30, 105–117. <http://doi.org/10.1016/j.concog.2014.09.001>
- Oliva, A., Isola, P., Khosla, A., & Bainbridge, W. a. (2013). What makes a picture memorable? *SPIE Newsroom*, 2–4. <http://doi.org/10.1117/2.1201304.004806>
- O'Regan, J. K., & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 939–1031.



- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, 44(4), 369–378.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1–2), 8–13. <http://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>
- Phillips, W. A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception & Psychophysics*, 16(2), 283–290. <http://doi.org/10.3758/BF03203943>
- Plháková, A. (2008). *Učebnice obecné psychologie* (1st ed.). Praha: Academia.
- Pollack, I. (1972). Detection of changes in spatial position: III. Dot number or dot density? *Perception & Psychophysics*, 12(6), 487–491.
- Porubanová, M. (2010). Slepota k změně: úvod do problému. *Československá Psychologie*, 54(4), 14.
- Rensink, R. A. (2000a). Seeing, sensing, and scrutinizing. *Visual Research*, 40(10–12), 1469–1487. [http://doi.org/10.1016/S0042-6989\(00\)00003-1](http://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00003-1)
- Rensink, R. A. (2000b). The Dynamic Representation of Scenes. *Visual Cognition*, 7(1–3), 17–42. <http://doi.org/10.1080/135062800394667>
- Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245–277. <http://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135125>
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To see or not to see: The Need for Attention to Perceive Changes in Scenes. *Psychological Science*, 8(5), 368–373. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00427.x>
- Říčan, P. (2013). *Psychologie* (4th ed.). Praha: Portál.
- Simons, D. J. (1996). In sight, out of mind: When Object Representations Fail. *Psychological Science*, 7(5), 301–305. <http://doi.org/10.1080/0950069032000070342>
- Simons, D. J. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition*, 7(1–3), 1–15. <http://doi.org/10.1080/135062800394658>
- Simons, D. J., & Ambinder, M. S. (2005). Change blindness - Theory and consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 14(1), 44–48. <http://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00332.x>

- Simons, D. J., Franconeri, S. L., & Reimer, R. L. (2000). Change blindness in the absence of a visual disruption. *Perception*, *29*(10), 1143–1154. <http://doi.org/10.1068/p3104>
- Simons, D. J., Chabris, C. F., Schnur, T., & Levin, D. T. (2002). Evidence for preserved representations in change blindness. *Consciousness and Cognition*, *11*(1), 78–97.
- Simons, D. J., & Levin, D. T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, *1*(7), 261–267. [http://doi.org/10.1016/S1364-6613\(97\)01080-2](http://doi.org/10.1016/S1364-6613(97)01080-2)
- Simons, D. J., & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*(4), 644–649. <http://doi.org/10.3758/BF03208840>
- Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(1), 16–20. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2004.11.006>
- Varakin, D. A., & Levin, D. T. (2006). Change blindness and visual memory: Visual representations get rich and act poor. *British Journal of Psychology*, *97*(1), 51–77. <http://doi.org/10.1348/000712605X68906>
- Vierck, E., & Kiesel, A. (2008). Change detection: Evidence for information accumulation in flicker paradigms. *Acta Psychologica*, *127*(2), 309–323. <http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.06.004>
- Wood, K., & Simons, D. J. (2016). Reconciling change blindness with long-term memory for objects. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *79*(2), 438–448. <http://doi.org/10.3758/s13414-016-1240-2>
- Xiao, J., Ehinger, K. A., Oliva, A., Torralba, A., & Hays, J. (2010). SUN database: Large-scale scene recognition from abbey to zoo. In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 3485–3492).