

Univerzita Karlova

Filozofická fakulta

Katedra psychologie



Bakalářská práce

Kristýna Černá

Kapacita vizuální paměti a věrnost vzpomínek

Visual Memory – its capacity and fidelity

Praha, 2018

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

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala mému školiteli Mgr. Jiřímu Lukavskému, Ph.D. za cenné rady, vstřícný přístup a ochotu a čas, který mi při psaní práce věnoval. Velké poděkování patří také mé rodině a přátelům za trpělivou podporu při psaní bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, že jsem řádně citovala všechny použité prameny a literaturu a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne

.....

Kristýna Černá

Abstrakt

Vizuální krátkodobá a vizuální dlouhodobá paměť jsou dva odlišné paměťové systémy s rozdílnou kapacitou uložení. Nejnovější výzkumy kapacity krátkodobé vizuální paměti naznačují, že využívá omezený kapacitní zdroj, který je nerovnoměrně přerozdělován mezi uchované položky. Věrnost vzpomínky konkrétní položky je tím vyšší, čím více kapacitního zdroje je jí přiděleno. Protože rané výzkumy vizuální dlouhodobé paměti naznačují, že její kapacita je téměř neomezená, novější studie se zabývají především věrností uchovaných vzpomínek. Kapacita vizuální paměti, ať už krátkodobé nebo dlouhodobé, je definována obojím, jak množstvím uložených vzpomínek, tak jejich věrností. Práce je literární rešerší zpřehledňující výzkumy kapacity vizuální paměti. Popisuje vizuální paměťové systémy a charakterizuje vznik vizuální reprezentace. Zabývá se principy zapamatování si detailů vizuálních scén a zapamatovatelností obrázků. V empirické části je navržen výzkum věnující se zapamatování detailů z rozdílných dílčích centrálních částí obrázku.

Klíčová slova

kapacita vizuální paměti, věrnost vzpomínek, zapamatovatelnost, vizuální reprezentace

Abstract

Visual short-term memory and visual long-term memory are two memory systems which differ in storage capacity. The latest research on short-term visual memory indicates that it uses a limited capacity source which is being unequally re-allocated between the stored items. The fidelity of memory recall concerning a specific item improves with the increase of the allocated source capacity. Because early research on visual long-term memory suggests that its capacity is almost unlimited, newer studies focus on the fidelity of preserved memories. Visual memory capacity, be it about short-term or long-term memory, is defined by both the number of stored memories and their fidelity. The thesis presents a literature review systemizing research on visual memory capacity. It describes the visual memory systems, characterizes the formation of a visual representation, and discusses the principles of remembering details of visual scenes and the memorability of pictures. The empirical part includes a research design focusing on remembering details from different specific central parts of a picture.

Key words

capacity of visual memory, fidelity of memories, memorability, visual representation

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Paměť.....	9
3	Vizuální paměť	11
3.1	Senzorická a vizuální krátkodobá paměť.....	11
3.2	Vizuální dlouhodobá paměť.....	12
4	Vnímání vizuálních scén a tvorba reprezentace	12
4.1.1	Gist.....	14
4.1.2	Prostorové uspořádání scény a tvorba schématu	14
5	Kapacita vizuální paměti	16
5.1	Výzkumné metody kapacity vizuální paměti.....	16
5.2	Kapacita krátkodobé vizuální paměti.....	17
5.3	Kapacita dlouhodobé vizuální paměti.....	20
5.3.1	Kvantitativní kapacita	20
5.3.2	Věrnost uchovaných vizuálních vzpomínek.....	22
5.3.3	Zapamatovatelnost obrázků	26
6	Návrh výzkumu.....	28
6.1	Výzkumné otázky.....	29
6.2	Základní design a stanovení hypotézy	30
6.3	Materiály a metody	30
6.3.1	Výzkumný vzorek.....	30
6.3.2	Soubor stimulů.....	31
6.3.3	Výzkumná metoda	33
6.4	Analýza dat.....	35
6.5	Další aplikace	35
7	Diskuse.....	36
	Závěr	37
	Literatura.....	38

Seznam zkratek

ANOVA	analýza rozptylu	Analysis of variance
FIGRIM		FIne-GRained Image Memorability
LTM	dlouhodobá paměť	long term memory
STM	krátkodobá paměť	short term memory
VSTM	vizuální krátkodobá paměť	visual short term memory
VLTM	vizuální dlouhodobá paměť	visual long term memory
WM	pracovní paměť	working memory

1 Úvod

Cílem bakalářské práce je zpřehlednit poznatky o kapacitě vizuální paměti s přihlédnutím k věrnosti uchovaných vzpomínek. Téma jsem si vybrala proto, abych pochopila úroveň současného poznání o kapacitě vizuální paměti, neboť nejnovější výzkumy nejsou shrnuty v rámci přeložených učebnic. Shrnutí poznatků o kapacitě představuje vstupní znalost o tom, jak lidé vnímají a jak si zapamatovávají vizuální scény. Je kapacita vizuální krátkodobé a dlouhodobé paměti omezená? Do jakých detailů si pozorovatelé zapamatovávají fotografie? Je možné kvantifikovat do jaké míry je reprezentace detailní?

Paměť je neurokognitivní kapacitní systém, jehož funkcí je vštěpovat, ukládat a vybavovat uchované informace (Tulving, 2005). Na základě modelu Atkinsona a Shiffrina je paměť rozdělena na senzoričnou paměť, krátkodobou paměť (STM) a dlouhodobou paměť (LTM) (R. Atkinson & Shiffrin, 1968).

Vizuální paměť zastupují tři odlišné systémy. Jedná se o senzoričnou paměť, krátkodobou vizuální paměť (VSTM) a dlouhodobou vizuální paměť (VLTM). Tyto systémy se mezi sebou vzájemně liší především rozdílnými mechanismy zpracování vizuální informace, rozdílnou délkou času jejich uchování a kapacitou (Luck & Hollingworth, 2008).

Vnímání vizuálních scén a tvorba reprezentace jsou vázány na pozornost a interakci VSTM s VLTM. Krátkodobé vizuální reprezentace vznikají pomocí navádění pozornosti, rozpoznání významu scény a informace o prostoru jednotlivých objektů v celkovém rozvržení. Vizuální schéma obsahuje nejen předchozí zmíněné vizuální kvality, ale také rozpoznání scény na základě propojení s již dlouhodobě uloženými reprezentacemi (Rensink, 2000).

Kapacita VSTM je velmi omezená. V průběhu jejího zkoumání došlo ke zformování celkem čtyř spekulativních modelů, které se snaží objasnit, jak tento systém pracuje, a jaký přesný limit omezená kapacita má (Ma, Husain, & Bays, 2014). Kapacita VLTM se podle výsledků studií zdá být téměř neomezená. V nejnovějších výzkumech bylo zjištěno, že VLTM má vysokou věrnost vzpomínek, neboť uchovává detailní informace (Brady, Konkle, Alvarez, & Oliva, 2008).

Empirická část práce nabízí návrh výzkumu, který se zabývá rozdíly v zapamatovatelnosti obrázku jeho konkrétních centrálních částí. Pokud by detaily v centrálních částech nesly přibližně stejně důležitou informaci stejného významu, klade si za cíl zodpovědět otázku, zda bude rozdíl v zapamatovatelnosti jeho konkrétních centrálních částí.

Literatura je v práci citována podle citační normy APA (2010).

LITERÁRNĚ – PŘEHLEDOVÁ ČÁST

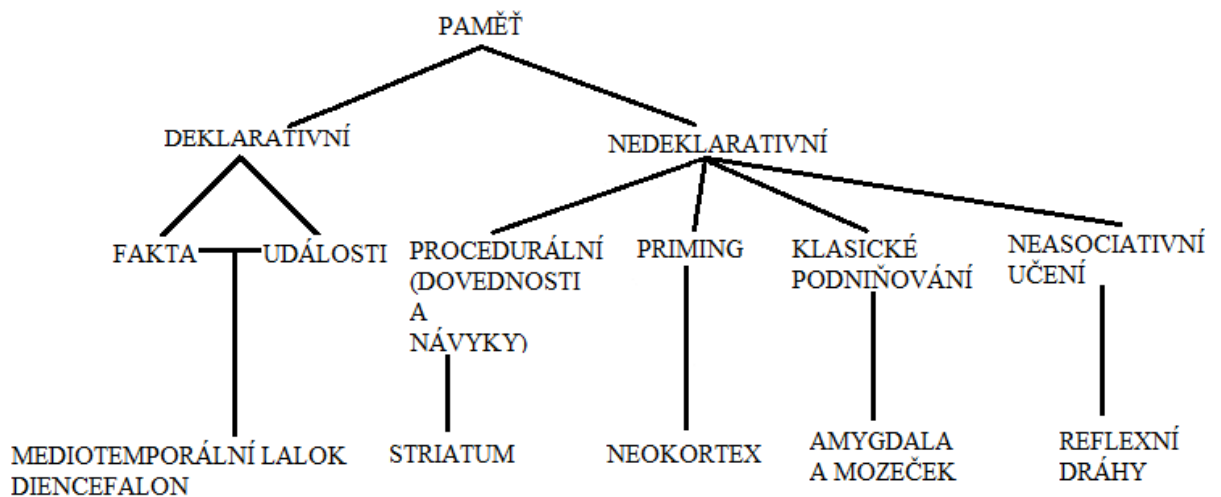
2 Paměť

Paměť je v nejširším významu definována jako neurokognitivní kapacita, jejíž funkcí je vštěpovat, ukládat a vybavovat uchované informace (Tulving, 2005). Paměť lze z hlediska určitých specifík rozdělit na dílčí vnitřní systémy. Základním rozdělením funkčních jednotek paměti je její rozčlenění na sensorickou paměť (*senzory registr*), krátkodobou paměť (STM) a dlouhodobou paměť (LTM) (R. C. Atkinson & Shiffrin, 1968).

Informace, přijímané smysly, přichází nejprve do sensorické paměti. Některé z přijímaných položek jsou vědomým procesem selektovány a dostanou se tak do STM, která zpracovává nejen sensorické vstupy, ale pracuje také s informacemi z LTM (R. Atkinson & Shiffrin, 1968). Koncept STM byl v roce 1974 Baddeleym a Hitchem rozpracován a nahrazen konceptem pracovní paměti (WM), která se skládá ze tří složek namísto jednotného systému krátkodobého úložiště. První komponentou je omezená kapacita pozornosti, která se nazývá centrální výkonná složka (*central executive*). Další dva podřazené subsystemy vyjadřují krátkodobé úložní pracovní systémy. Jedná se o fonologickou smyčku (*phonological loop*) a vizuálně prostorový náčrtník (*visuo-spatial sketch-pad*). Fonologická smyčka slouží k okamžitému zpracování zvuku a hraje zásadní roli v paměti na slova a učení se jazyka. Vizuálně prostorový náčrtník je vizuální alternativou fonologické smyčky, zpracovávající okamžité vizuální podněty za přítomnosti pozornosti. V roce 2000 byl k tříložkovému systému WM přiřazen další systém – epizodický buffer (*episodic buffer*), jehož funkce je především grupování jednotek a interakce mezi fonologickou smyčkou s vizuálně prostorovým náčrtníkem. Obsah je kontrolován centrální výkonnou složkou a zpracovává informace za přítomnosti pozornosti a vědomí (Baddeley, 2003). V důsledku toho, se často WM objevuje jako termín nahrazující VSTM. Cílem definování konceptu WM však není snahou nahradit VSTM, ale zdůraznit posun jejího paradigmatu k výzkumu systému, jehož základní úlohou je kognitivní zpracování více než pouhé úložiště (Luck & Hollingworth, 2008). V práci jsou citovány studie, které nepoužívají označení jednotně. Krátkodobou vizuální paměť označují souhrnně jako VSTM, která v tomto pojetí zahrnuje jak funkci úložiště, tak funkci kognitivního zpracování.

Dlouhodobá paměť představuje dlouhodobé uložení informací, které byly přeneseny z STM. Tyto vybrané položky jsou kopírovány z jednoho celku a přeneseny do dalšího úložiště, aniž by byly ztraceny informace z úložiště původního (R. Atkinson & Shiffrin, 1968). Skládá ze systematických celků, které mají svou specifickou lokalizaci, různé pracovní principy a

odpovědnost za odlišné funkce. Aktuálním předmětem odborných debat a výzkumu je otázka, do jaké míry jsou funkční celky dlouhodobé paměti propojené, respektive jak jsou na sobě funkčně závislé. Hierarchická taxonomie systémů dlouhodobé paměti je dobře zpřehledněna následujícím schématem (obr.1) (Squire, 2004).



Obrázek 1 Model hierarchické taxonomie systémů dlouhodobé paměti. Přejato a upraveno od (Squire, 2004).

Deklarativní (explicitní) paměť je systém označující uchovávání vědomých vzpomínek faktů a skutečných událostí. Jedná se zejména o paměť pro slova, scény, tváře a příběhy. Obsah deklarativní paměti může být vědomě připomenut. Paměťové funkce tohoto systému závisí na mediálním temporálním laloku a diencefalonu (Squire, 1992). Deklarativní paměť je vyjádřena vybavením konkrétních vzpomínek, které tak zprostředkovávají způsob modelování vnějšího světa (Squire, 2009).

Nedeklarativní (implicitní) paměť je souborem nevědomých paměťových schopností. Zahrnuje několik dalších druhů paměti, mezi které se řadí procedurální paměť, priming, klasické podmiňování a neasociativní učení. Tyto odlišné celky mají zároveň odlišné neuroanatomické rozmístění (obr.1) (Squire, 1992). Zkušenosti uložené v nedeklarativní paměti mění chování, ale konkrétní akce nevyžaduje vědomé vybavení si zkušenosti nebo konkrétní vzpomínky, kterou paměť používá (Squire, 2009).

Deklarativní a nedeklarativní systémy se oba společně podílejí na formování chování. V hypotetické situaci je-li dítě například zraněno velkým psem, může vést tento zážitek ke stabilní deklarativní vzpomínce na samotnou traumatickou událost. Naproti tomu

nedeklarativní paměť ukládá dlouhotrvající strach ze psů, respektive má charakter spíše osobnostního rysu, než vzpomínky (Squire, 2009).

Práce se dále zaměřuje na vizuální paměť. Je přehledovou studií výzkumů zabývajících se definováním kapacity vizuální paměti. Zabývá se procesem vzniku a obsahem krátkodobých a dlouhodobých vizuálních reprezentací.

3 Vizuální paměť

3.1 Senzorická a vizuální krátkodobá paměť

Senzorická paměť (*senzory registr*), často nazývána také ikonická paměť (*iconic memory*), je definována jejími dalšími podsystemy. Prvním z nich je „viditelné přetrvání“ (*visibe persistency*) definované jako stálé přetrvání vizuálního vjemu viděného stimulu poté, co skončilo jeho fyzické působení. Druhým systémem je „informační přetrvání“ (*information persistency*) definované jako přetrvání informace o vizuálním stimulu (nikoliv vizuálního vjemu), který již ukončil své fyzické působení (Coltheart, 1980). Příkladem viditelného přetrvání je situace, kdy ve tmě vytvoříme světelný záblesk na několik milisekund. Vizuální vjem přetrvává, postupně bledne, až úplně zmizí. Informační přetrvání neobsahuje tento fenomenologický zážitek postupného blednutí. Zatímco doba viditelného přetrvání je 80–100 ms, informační přetrvání je zachováno přibližně 150–300 ms po tom, co stimul přestal působit (Luck & Hollingworth, 2008).

VSTM je krátkodobý paměťový systém jehož úlohou je krátkodobé vizuální úložiště a kognitivní zpracování vizuálně vnímaných objektů. Krátkodobé vizuální reprezentace vznikající rychlostí 20–50 ms na jednu položku, přetrvávající ve VSTM jen několik sekund. Krátká doba uchování reprezentace souvisí s aktivním mechanismem na úrovni neuronů. Ty během uchování nepřetržitě páli a udržují reprezentaci. Při ukončení tohoto aktivního krátkodobého procesu je ukončena reprezentace (Luck & Hollingworth, 2008). VSTM je systém závislý na pozornosti a významně se podílí na tvorbě zpracování vizuálního vnímání a tvorbě vizuálních scén, dále popsán v kapitole 4 (Rensink, 2000). Vizuální krátkodobé úložiště je nezávislým systémem na verbálním krátkodobém úložišti, neboť výsledky výzkumů nabízejí skutečnost, že verbální zatížení neomezuje práci VSTM (Luck & Vogel, 1997). Definice VSTM na základě její kapacity je poměrně proměnlivá napříč studiemi, které se jí zabývají (popsány a zpřehledněny v kap. 5.2).

3.2 Vizuální dlouhodobá paměť

VLTM je deklarativním paměťovým systémem, úložištěm fakt, informací a události z minulosti. Uchovává informace o konkrétní vizuální podobě viděných objektů a zažitých scén. Umí je třídit a kategorizovat. Paměťové vizuální reprezentace jsou zachovány pasivně prostřednictvím modifikováním neurální struktury, které vede k následné změně synaptické síly. Na rozdíl od krátkodobých reprezentací, které jsou závislé na nepřetržité neurální aktivitě, mohou být dlouhodobé reprezentace uchovány neomezeně dlouho (Luck & Hollingworth, 2008).

VLTM si také můžeme představit jako schopnost zapamatování si obrazů, které byly v minulosti viděny, ale momentálně nejsou drženy v aktivní mysli. Tento systém je pasivním úložištěm a následným vyhledávačem vizuálních epizodických informací, které umožňuje rozhodnout, zdali je viděný objekt ten stejný, jako byl viděn dříve, nebo nikoli (Brady, Konkle, & Alvarez, 2011).

Centrem pro konsolidaci paměťových stop do VLTM a dalších subsystémů deklarativní paměti, jsou mozkové struktury mediálního temporálního laloku. Dominantní roli hraje hipokampus, který je aktivně využíván k rozpoznání a vytváření specifických vizuálních zkušeností. Funguje jako neurální substrát, který se přímo zapojuje do vytváření reprezentací a upevňování vzpomínek do kortikální reprezentace. Konečným úložištěm VLTM je mozková kůra (Squire, 2004).

Definice VLTM vymezením její kapacity obsahuje jak studie zabývající se kapacitou z pohledu množství uložených položek, tak studie, které přihlíží na kvalitu zapamatovaných reprezentací. Budou zde zpřehledněny a porovnány obsahy výzkumů, zabývající se kvantitou VLTM a kvalitativním aspektem uložených reprezentací. Dohromady tyto studie s doklady o procesu vnímání vizuálních scén poskytují nejpřesnější informaci o tom, co charakterizuje obsah zapamatované reprezentace a do jaké kvalitativní míry je člověk schopen zapamatovanou položku rozpoznat.

4 Vnímání vizuálních scén a tvorba reprezentace

Vizuální vzpomínka reprezentovaná v paměti je zprostředkována vizuálním vnímáním a procesem uložení. V každém okamžiku mají pozorovatelé pocit, že jsou obklopeni vizuálním světem, který je bohatý a detailní. Zůstává otázkou, do jaké míry pozorovatelé ukládají vnímané vizuální detaily (Rensink, 2000).

Aby byla z přítomného vjemu vytvořena úplná reprezentace, je třeba shromažďovat a neustále spojovat jednotlivé fixace oka. To by mohlo být zprostředkováno pomocí velkokapacitní vizuální vyrovnávací paměti. Vizuální okolí je však natolik detailní, že obsahuje informace velké kvantity. Uložení všech těchto informací by mohlo způsobovat problémy dalším procesům, které zpracovávají vizuální reprezentaci na vyšších úrovních. Několik studií vyvozuje, že není důkaz pro existenci integrační vyrovnávací vizuální paměti, která by akumulovala všechny přítomné detaily na vizuální scéně (Rensink, 2000).

Abychom měli vlastní dojem úplného vizuálního světa, naše oko se neustále pohybuje a fixuje pohyb, neboť právě ten nejvíce navádí naši zaměřenou pozornost ke konkrétním objektům. Dalším z omezení může být selekce pozornosti. Na začátku 90. let se objevil rozsáhle zkoumaný fenomén „slepota vůči změně“ (*Change blindness*). Tento termín popisuje situaci, kdy si pozorovatel většinou nevšimne velkých změn na vizuální scéně. Ačkoli záměna centrálních objektů je více než pravděpodobně očividná, není automatické, že by si jí pozorovatel všiml (Simons & Levin, 1997). V přirozených podmínkách pohyb v zorném poli navádí pozornost a umožní pozorovateli detekovat změnu. Výzkumy slepoty vůči změně využívaly takové techniky, které narušily již zmíněný pohybový signál. Fenomén nastává tehdy, pokud pohybové signály nestihly upoutat pozornost pozorovatele (Simons & Rensink, 2005).

Výzkumy, věnující se problematice slepoty vůči změně, si kladou otázku, jak detailní povahu mohou mít vizuální reprezentace, pokud pozorovatelé nejsou schopni detekovat změny na sledované vizuální scéně. Výsledky vedou k domněnce, že to, co je schopen pozorovatel ukládat, je jádro neboli “gist“. Gist (viz. kap. 4.1.1) je charakterizován jako abstraktní význam nebo významová podstata vizuální scény, která je nezbytnou součástí paradigmatu charakterizující tvorbu vizuální reprezentace (Simons & Levin, 1997).

Neschopnost detekovat změnu, mohlo často vést k chybným závěrům, že vizuální reprezentace vnímaných scén, jsou velmi řídké a chudé. To vede k nadhodnocování informací, které vnímáme teď a tady. Neboť neschopnost detekce změn nemusí nutně znamenat limitaci uložení detailní reprezentace do VLTM (Simons & Rensink, 2005). Pozorovatelé mohou zjistit změnu až později, což znamená, že informace o původním stavu objektu jsou fixovány ještě před tím, než byly změněny. Pak by to znamenalo, že tyto procesy mohou používat zcela odlišných mechanismů reprezentací. Změna by mohla být detekována systémy, které jsou nezávislé na pozornosti a až následně upozornit systém, který je na pozornosti závislý a odvodit, že se na vnímané scéně něco změnilo (Rensink, 2000).

Je důležité uvědomit si, že mechanismy detekce změny, které byly testovány, jsou procesem VSTM a je třeba nezaměňovat je s VLTM, která je v pravděpodobně zodpovědná za pozdější uvědomění si pozorovatele, že je něco jinak. Uložení detailů do VLTM nemusí přímo záviset na momentálně pozorované detekci změny (Simons & Rensink, 2005).

4.1.1 Gist

Gist je nejabstraktnějším aspektem, který charakterizuje vnímanou vizuální scénu. Je proměnnou, která zůstává konstantní, pokud pozorovatelé mění pohled nebo pokud nastane změna uspořádání kompozice objektů na scéně (Rensink, 2000).

Extrahovaný gist, což může být například piknik, prostředí města nebo přístav, se zdá být jedním z aspektů, který usnadňuje vnímání a zaměřování naší pozornosti na konkrétní objekty. Podle toho, jaký význam jsme připsali právě vnímané vizuální scéně, usnadní směřování pozornosti k objektům, které jsou podle rozpoznání gistu na scéně očekávané. V tomto pojetí je gist procesovním systémem VSTM (Rensink, 2000).

Z bohatého vizuálního zážitku vznikajícího během každé fixace oka, je abstrahován gist. Pokud je při následné fixaci totožný jako předchozí, vjemový systém pozorovatele předpokládá, že i detaily budou stejné. Podle toho, co na scéně pozorovatel očekává už z minulých vizuálních zážitků, mu pomáhá rozpoznat detaily a jednotlivé objekty scény (Simons & Levin, 1997). Oční pohyby a pozornost je směřována k objektům, které jsou pro danou scénu relevantní, vzbuzují zájem a vedou k dalším pokračujícím úkonům (Chun, 2003).

Koncept gistu a fenomén slepoty vůči změně vedly k interpretaci, že jediné, co pozorovatelé extrahují z vizuálního vjemu scény, je právě její pouhý strohý význam (Simons & Levin, 1997).

4.1.2 Prostorové uspořádání scény a tvorba schématu

Prostorové uspořádání scény "layout" je dalším vnímaným aspektem povahy vizuální reprezentace. Zahrnuje vnímání a zapamatování si prostorového rozvržení, které by podobně gist, mohlo usnadnit vnímání detailních objektů. Stejně tak funguje prostorové rozvržení na úrovni zpracování informací VSTM (Rensink, 2000).

Vizuální schéma obsahuje nejen předchozí zmíněné vizuální kvality, ale také rozpoznání scény na základě propojení s již dlouhodobě uloženými reprezentacemi. Obsah schématických struktur je soudržnější a podrobnější, než u reprezentace pouhého gistu (Rensink, 2000).

Schémata vizuálních scén jsou uloženy v parahipokampální korové oblasti. Při sledování scény, nejen že pozorovatel náhodně kmitá očními pohyby, ale také na základě informací z gistu a prostředí zobrazí schéma, které ovlivňuje jeho pozornost a navádí ho k následnému “správnému“ poznávacímu chování. Jedná se tedy o neustálou interakci vnímání prostředí a obsahy schémat uložených ve strukturách VLTM (Chun, 2003).

S podporou těchto tvrzení v roce 2006 publikoval Andrew Hollingworth z Univerzity v Iowě výzkum, ve kterém se pokouší odpovědět na otázku, zda prostorové uspořádání vizuální scény ovlivňuje zapamatování jednotlivých objektů. Zajímalo ho, jestli je vizuální paměť pro objekty epizodicky vázána v kontextu prohlížené scény. Pro účastníky 1. a 2. experimentu tohoto výzkumu bylo vytvořeno 40 obrázků vizuálních scén, na kterém se vyskytovalo vždy 7-11 objektů. Objekty byly na scéně rozmístěny tak, aby byly prostorově zasazeny do kontextu scén prolnutím křivkami na scéně, které tvořily jejich prostorové rozvržení. Ve zkušební sérii měli pozorovatelé za úkol rozhodnout, které ze dvou promítnutých scén viděli. Alternativní obrázky scén se od těch původních lišily dvojím způsobem. V první záměně byl jeden z původních objektů na scéně zaměněn za jiný objekt stejné kategorie, zasazen do stejné scény a na stejné místo. Druhým typem záměny bylo otočení původního objektu o 90°. Pro zkoumání efektu pozadí byly dvojice variant, kde měli pozorovatelé za úkol rozhodnout který z objektů viděli. Nastavení se lišilo tím, že v této testové situaci nebylo přítomno pozadí. Porovnávali pak pouze samotný objekt v absenci pozadí s jiným objektem stejné kategorie bez pozadí nebo se stejným objektem otočeným o 90° též bez pozadí. V experimentu 1 následoval ihned po promítnutí obrázku zkušební úkol, zatímco v experimentu 2 byla po původní scéně promítnuta následující scéna a až teprve po jejím zhlédnutí následovala testovací otázka na scénu předešlou. Tento zpožděný design byl uplatněn při celém testování experimentu 2. Výsledky experimentu 1 a 2 ukázaly, že konkrétní objekty jsou do paměti ukládány jako část větší scénové reprezentace. U obou případů byl zaznamenán signifikantně větší úspěch vybavování si objektů z paměti, pokud je testovaný objekt v původním dříve viděném kontextu vizuální scény. U obou případů měli pozorovatelé lepší rozlišovací schopnost dříve viděného objektu, pokud rozlišovali mezi původním a zaměněným objektem, než mezi původním objektem a jeho otočením o 90° (Hollingworth, 2006).

Ve studii je diskutováno, že experiment 1 je více vázán na VSTM, zatímco design experimentu 2 vyžaduje také struktury VLTM. Naznačuje tedy, že i VLTM pro objekty je vázána na scénový kontext, ve kterém byly poprvé viděny (Hollingworth, 2006).

5 Kapacita vizuální paměti

5.1 Výzkumné metody kapacity vizuální paměti

Nejčastější metodou měření kapacity VSTM je detekce změny pozorovatelem (*change-detection task*). Pokud se jedná o tzv. “one-shot” výzkumný design, pozorovatel má nejprve k dispozici jednoduchý vzorek pole objektů, které má za úkol zapamatovat si. Vzorek se skládá z jednoho a více objektů často na pozadí šedého pole. Po krátké expozici nastane mezera zastoupena promítnutím samotného šedého pole, následovaná testovacím polem. Pokud v testovacím poli pozorovatel zaznamená změnu, má za úkol detekovat ji označením. Vzorová pole jsou s testovacími shodná v 50 % pokusů přičemž ta testovací pole která se liší, mohou zkoumat variabilní rozpětí obtížnosti změněných situací (Luck & Vogel, 1997).

Jinou variantou detekce změny pozorovatelem je tzv. “flicker” výzkumný design. Jedná se o situaci, kdy je pozorovateli nejprve promítnuta fotografie následovaná mezerou šedého pole. Testovací pole tvoří stejná fotografie s nějakou detailní změnou. Pozorovatel má za úkol detekovat a označit tuto změnu. Pokud si změnu nepamatuje nebo si jí nevšimne, sekvence se znovu zopakuje. Opakování blikání probíhá tak dlouho, dokud není změna zaznamenána, přičemž je měřen čas, který uběhl mezi prvotní expozicí a detekcí. Volba velikosti a umístění změny mohou být variabilní v závislosti na konkrétních výzkumech. Flicker design je používán zejména v experimentech zkoumajících fenomén slepoty vůči změně (Luck & Hollingworth, 2008).

Kapacita VLTM byla v raných výzkumech nejčastěji měřena prostřednictvím promítání obsáhlých souborů fotografií a testována metodou nucené volby (*forced-choice recognition task*). Obrázky, na kterých je měřeno, zda si je pozorovatelé pamatují, jsou společně s dalšími distraktorovými obrázky promítnuty v učební sadě. Testovací sada se skládá z testovacích úkolů obsahující dvě fotografie, přičemž jedna již byla viděna v učebním souboru a druhá je nová, kterou učební soubor neobsahoval. Pozorovatel má za úkol rozpoznat a určit, která z fotografií již byla promítnuta v předcházející učební sadě (Shepard, 1967). Velikost učebního a testovacího souboru se velmi liší napříč různými studiemi.

V novějších studiích střídá metodu nucené volby metoda detekce opakování (*repeat-detection task*). Metoda spočívá v promítnutí pouze jedné sady fotografií, která se skládá z cílových a distraktorových fotografií. Obrázky jsou přerušeny krátkou mezerou v podobě šedého pole s fixačním křížem. Cílové fotografie jsou do sekvence promítání zakomponovány tak, aby se po stejném stanoveném intervalu jednou zopakovaly. Pozorovatel má za úkol

detekovat opakování, přičemž dostává o svém rozpoznání zpětnou vazbu. Pokud je detekce správná, fixační kříž se rozsvítí zeleně. Pokud nikoliv, zčervená (Brady et al., 2008).

Základní princip designu principu detekce opakování je v různých studiích vylepšována a modifikována. Nejnovější studie, které se zabývají zapamatovatelností obrázků, promítají fotografie v rámci sestavení paměťové hry (Isola, Xiao, Torralba, & Oliva, 2011). Prostřednictvím tohoto designu jsou obrázky rozčleněny na úrovně, z nichž každá obsahuje 120 fotografií. Po každé dokončené úrovni se pozorovatelům zobrazí jejich skóre a mohou si dát krátkou přestávku. Maximální počet dosažených úrovní bylo 30, s tím, že každý pozorovatel mohl hru kdykoli opustit. Účastníci byli platově ohodnoceni za dokončení každé úrovně. Paměťová hra byla vylepšena tak, že do sekvence fotografií byly přidány distraktorové opakující se fotografie, které se opakovaly více než jednou a v častějším intervalu, neboť prověřovaly, zda hraje pozorovatel poctivě a neustále udržuje pozornost. Pokud byl zaznamenán pokles na 50 % úspěšnost v 10 posledních úkolech ověřující pozornost, probandi byli vyřazeni ze hry. Dalším důvodem k vyřazení, bylo nesprávné označení 30 posledních fotografií, které se neopakovaly (Isola et al., 2011).

5.2 Kapacita krátkodobé vizuální paměti

V raných výzkumech kapacity VSTM byla demonstrována omezená kapacita krátkodobého paměťového systému. George Armitage Miller převratně definuje kapacitu jako magické číslo sedm, které určuje počet jednotek neboli “chunks”, ohraničující kapacitu uložitiště VSTM. I přesto, že některé jednotky nesou více informací než jiné, magické číslo sedmi kapacitních jednotek je neměnné. To je uskutečněno pomocí organizace a seskupování více informací do jediného systému, který je pak uložen jako jedna jednotka. Jedná se o specifický proces, kdy je skupina informací překódována, čímž vzniká kódování nové paměťové reprezentace označující celou specifickou skupinu vstupních položek. Výzkumy byly prováděny na verbálním zapamatování. G.A. Miller uvažuje nad stejným způsobem překódování u zpracovávání obrázků (Miller, 1956).

V návaznosti na výše citovanou studii byla dále prověřována správnost hodnoty sedm. Výzkum vedl k zjištění, že kapacitní jednotky VSTM jsou omezeny na pouhé čtyři. Vzniklo tak Cowanovo číslo 4 (Cowan, 2001).

Při převedení zkoumání kapacity VSTM do vizuálního experimentu byla zvolena metoda one-shot detekce změny, kde byly probandům na obrazovku promítnuty barevné čtverce. V testovém nastavení bylo probandům promítnuto totožné seskupení nebo byl změněn jeden

čtverec. Výkon při tomto specifickém paměťovém úkolu byl neměnně vysoký pro 1–3 položky, pak se systematicky snižoval od 4-12 položek. Probandi byli schopni zachovat barvu přibližně čtyř položek. Testovalo se zde, jak se bude měnit kapacita, pokud bude paměť zatížena úkolem zapamatování si více vlastností. Nejprve byla testována barva společně s orientací. Pro obě funkce byly účinky zatížení paměti shodné. I přesto, že byla paměť zatížena dvěma znaky současně, počet čtyř zapamatovaných jednotek byl stálý. V experimentu byly nakonec seskupeny až 4 funkce na jednu jednotku (barva, orientace, velikost a přítomnost nebo nepřítomnost mezery v objektu). Ukázalo se, že výkon byl stejně dobrý v této čtyřnásobné podmínce čtyřech spojených vlastností stejně tak, jako to bylo u každé vlastnosti zvlášť. Tato skutečnost zobecňuje, že pokud máme šestnáct vizuálních vlastností rozložené napříč čtyřmi jednotkami, probandi si zapamatují více vlastností, než když jsou přítomny pouze čtyři vlastnosti napříč čtyřmi jednotkami. To, co je určující pro kapacitu, jsou čtyři systémové kapacitní jednotky uložení, nikoliv množství informací uložených na jednu jednotku. Ve studii je diskutováno, že vysoký výkon při spojení vlastností nastává kvůli tomu, že každá z vlastností by mohla využívat odděleného a nezávislého paměťového systému pro každou vlastnost. To bylo vyvráceno v následném uspořádání designu, kdy se jednotky skládaly z dvou barevných rámečků právě kvůli tomu, aby rozdílné kvality, které byly zkoumány, byly společnou vlastností. Výkon paměti byl při vztažení na jednotky stejný, jako když byly čtverečky prezentovány a zkoumány každý zvlášť. Nepředpokládá se tedy, že by každá vizuální vlastnost měla své individuální nezávislé uložení (Luck & Vogel, 1997).

Obsah výsledků raných studií, vedl k ucelení konceptu do prvního modelu kapacity vizuální paměti – slot modelu. Sloty neboli položkové limity jsou definovány jako 3–4 nezávislé paměťové systémy, kde obsah jedné položky zabírá jeden slot. Funguje na principu buď všechno, nebo nic. V případě, že se objekt dostane do slotu, je detailně uchován. A pokud ne, k uchování objektu nedojde. Je-li vnímáno více položek než je slotů, jedna nebo více položek se neuloží (Ma et al., 2014).

Následné zkoumání kapacity VSTM se zabývalo detekcí změny variabilně složitých objektů. Jednalo se o perokresby různých předmětů, 3D krychle, náhodné polygony, čínské znaky, písmena a barevné čtverce. Ukázalo se, že schopnost uchovat určitý počet stimulů je závislý na tom, o jakou třídu testovaných stimulů se jedná. Probandi si některé z objektů jako například barevné čtverce pamatovali lépe, než ostatní objekty, jako jsou čínské znaky nebo náhodné polygony. Stimuly se liší ve své informační zátěži na jednu položku. Čím je jedna položka více informačně zatížená, tím méně kapacity zbývá pro uložení zbývajících objektů.

Podle výsledků je omezená kapacita VSTM definovaná celkovým množstvím informací, ale také stále platí kapacita fixního počtu objektů, jak bylo zjištěno a publikováno v dřívějších studiích. Pokud si mají probandi zapamatovat jednoduché objekty, které nenesou žádné detailní informace, stále může být uloženo pouze 4-5 objektů, které se vejdu do úložiště. Jak celkové informační zatížení, tak počet objektů, které mohou být uloženy, definují kapacitu VSTM. Ve výzkumu je diskutováno, že komplexita prezentovaných objektů která se týkala rozlišení více hodnot v jedné dimenzi, jako například barva krychlí a orientace, vyžaduje uchování věrnější a detailnější reprezentace, což vyžaduje větší informační zátěž na jednu položku, než jak bylo publikováno dříve, neboť nebyly přímo zkoumány položky s tak velkou zátěží (Alvarez & Cavanagh, 2004).

Hypotéza, že počet zapamatovaných položek kapacity VSTM se mění v závislosti na informačním zatížení, je rozpracována ve výzkumech se zájmem zkoumat věrnost uchovaných vzpomínek. Ve studii zabývající se přesností, se kterou mohou být jednotlivé položky uchovány, bylo demonstrováno, že VSTM má omezený zdroj kapacity uchování informací připadající na jednu položku. Pokud se však v rámci vnímaných položek objeví ty, které jsou pro pozorovatele vizuálně zajímavé nebo důležité, jsou uloženy s větší přesností než ostatní zbylé, které tuto prioritu nenesou. VSTM je tak sice limitována informačním zdrojem kapacity, může však být flexibilně přerozdělována mezi vnímané položky. Zdroj kapacity VSTM je nejprve rovnocenně distribuován mezi vnímanými položkami, kde posléze nastane flexibilní přerozdělování zdroje kapacity tak, že přesnost vybavení informace je částečně odebrána z položky, která není tak důležitá. Tím se sníží náklady na její přesnou reprezentaci v paměti a zároveň se uvolní kapacita, která je následně využita k zapamatování přesnějších a detailnějších informací o prioritních položkách. V této studii bylo také zkoumáno, jestli přesnost vybavení si položky závisí na délce času, se kterým je položka prezentována. Výsledky nasvědčují, že při delší expozici se nezvyšuje přesnost reprezentace, ale blíží se k maximální hodnotě, která je závislá na omezeném počtu uložených položek, zastupující množství informací, jaké lze současně reprezentovat v pracovní paměti (Bays, Gorgoraptis, Wee, Marshall, & Husain, 2011).

Studie, které svými výsledky podpořily výše popisované zjištění o kapacitě VSTM, byly později shrnuty v modelu zdroje (*resource models*). Jedná se o koncept omezeného množství reprezentačního média flexibilně sdíleného mezi položkami, kde je flexibilita v přidělování tím, čím se tento model liší od slot modelu. Přesnost, se kterou může být vybavena jedna položka, závisí na množství zdroje, které bylo konkrétní položce přiděleno. Pokud je zdroj kapacity

rovnoměrně rozdělen mezi všechny položky, které jsou právě zapamatovávány, s jejich množstvím roste variabilita chyb. Podle tohoto pohledu je výkon omezen spíše kvalitou než množstvím reprezentací ve VSTM (Ma et al., 2014).

Další model, vysvětlující kapacitu VSTM byl definován jako model diskrétní reprezentace (*discrete representation*) (Ma et al., 2014). Kapacita je zde chápána jako spojení slot modelu a modelu zdroje, kde je paměť omezena fixním počtem slotů, ale jedna položka může být sdílena napříč více sloty (Zhang & Luck, 2008). Položka by mohla být uložena prostřednictvím několika nezávislých reprezentací, které jsou zprůměrovány při vybavení. Zásadní rozlišení mezi modelem zdrojů (flexibilní předělování zdroje mezi položkami) a modelem diskrétní reprezentace je to, že limituje pevnou horní hranici informací, které mohou být uloženy na limit jedné položky. Tahle modifikace slot modelu se absolutně liší od jeho klasického předchůdce a více se přiklání na stranu modelů zdroje (Ma et al., 2014).

Poslední variantou modelu, jak si představit kapacitu VSTM je model variabilní přesnosti (*variable precision*). V rámci tohoto modelu je uvažována přesnost vzpomínky jako variabilní napříč položkami a různorodými úkoly (van den Berg, Shin, Chou, George, & Ma, 2012). I přesto, že velikost pozorovaného souboru je fixní, přesnost zapamatování konkrétních položek může být různá. Zdroje jako rozdílnost podnětů, proměnlivost bdělosti, posuny pozornosti, seskupování podnětů nebo prioritizace některých položek, proměňují individuální variabilitu přesnosti každé položky, která je zapamatována. Ve studii navrhuje tento model je konstatováno, že je zapotřebí dalšího výzkumu pro určení původu variabilní přesnosti, aby mohlo být popsáno její konkrétní rozmístění (Ma et al., 2014).

5.3 Kapacita dlouhodobé vizuální paměti

5.3.1 Kvantitativní kapacita

První studie zabývající se pamětí se soustředily především na množství zapamatovaných položek. Středem jejich zájmů je snaha definovat, kolik obrázkových položek je proband schopen uchovávat v paměti. Množství uložených položek bylo definováno procenty vyjadřující podíl správně vybavených již dříve viděných položek.

Jedna z prvních studií, která se zabývá množstvím zapamatovaných obrázků, byla uskutečněna Shepardem a kol. v roce 1967. Pro uskutečnění studie bylo shromážděno 748 barevných obrázků, přičemž kritéria k tomu, aby byly právě tyto obrázky vybrány, byla zcela subjektivní. Experimentátoři je vybrali tak, aby podle nich byly jednotlivě stejně dobře zapamatovatelné, respektive nebyly si vzájemně podobné. Tyto obrázkové položky byly

pořízeny z barevných výtisků, fotografií a dalších ilustrací z různých zdrojů, jako jsou především reklamy v časopisech. V samotném procesu výzkumu bylo nejprve probandům promítnuto 612 barevných obrázků. Poté je následovala zkušební sada, která obsahovala 68 párů, přičemž testování probíhalo metodou nucené volby. Každý z 84 probandů měl za úkol rozhodnout, na které straně se nachází již dříve viděný, a tedy zapamatovaný obrázek. Výsledky této studie říkají, že probandi dokázali rozlišit mezi dříve viděnými a neviděnými obrázky s mediánem 98,5 % správných odpovědí (Shepard, 1967).

Již dříve bylo zjištěno, že procenta, která vypovídají o schopnosti znovu si vybavit zapamatované, jsou vysoká. Ve studii uskutečněné Nickersonem v roce 1965 bylo použito 600 černobílých obrázků. V následné testovací úloze, kde bylo postupně promítnuto 400 obrázků, měl každý z 56 probandů rozhodnout, zda již dříve tento obrázek viděl. Úroveň jejich výkonu byla vysoká, neboť medián správných odpovědí činil 95 %. Tato dřívější studie se kromě barevnosti obrázku lišila především tím, že zde nebyla použita nucená volba, ale probandi označovali pouze jednotlivé obrázky jako již dříve viděné nebo nikoli (Nickerson, 1965).

První studie, kde bylo využito větší množství fotografických podnětů, byla uskutečněna v roce 1970. Probandům bylo promítnuto 2560 fotografií. V následné testovací sadě 280 párů probandi opět vybírali ze dvou fotografií metodou nucené volby. Avšak experiment s tímto konkrétním počtem položek (experiment II) byl prováděn pouze na pěti probandech. Rozptyl jejich úspěšných odpovědí byl 85–95 % (Standing, Conezio, & Haber, 1970).

O tři roky později bylo zjištěno, že probandi jsou s velkou přesností schopni rozlišit již dříve viděné fotografie od starých i v případě, že učební sada obsahuje 10 000 fotografií. Tato rozsáhlá studie zkoumá schopnost zapamatování ve variabilních podmínkách a porovnává zapamatování živých obrázků (lépe zapamatovatelné, s příběhem, výrazné dění), normálních obrázků (standartní magazínové a reklamní obrázky z různých kategorií) a slov. Ve výsledku měli respondenti největší schopnost uchování pro živé obrázky, pak pro normální obrázky a následně pro slova. Schopnost uchování velkého množství obrázků byla testována v experimentu číslo I této studie. V porovnání s množstvím podnětů ze studie v roce 1970 zde byla rozšířena učební sada na 4000 a 10000 obrázkových podnětů. Tyto sady obsahovaly pouze normální obrázky. Byly testovány pomocí 160 párů metodou nucené volby. V případě 4000 obrázků dokázali odpovědět správně v 2490 případech a v případě 10000 obrázků v 6600 případech. Ve výsledku byl zaznamenán pokles zapamatovaných položek, avšak v závislosti na zvyšování množství položek v učební sadě. Bylo zde také diskutováno, že obrovské učební sady mohou být velmi náročné nikoli na zapamatování, ale na únavu, neboť je to zdlouhavý a

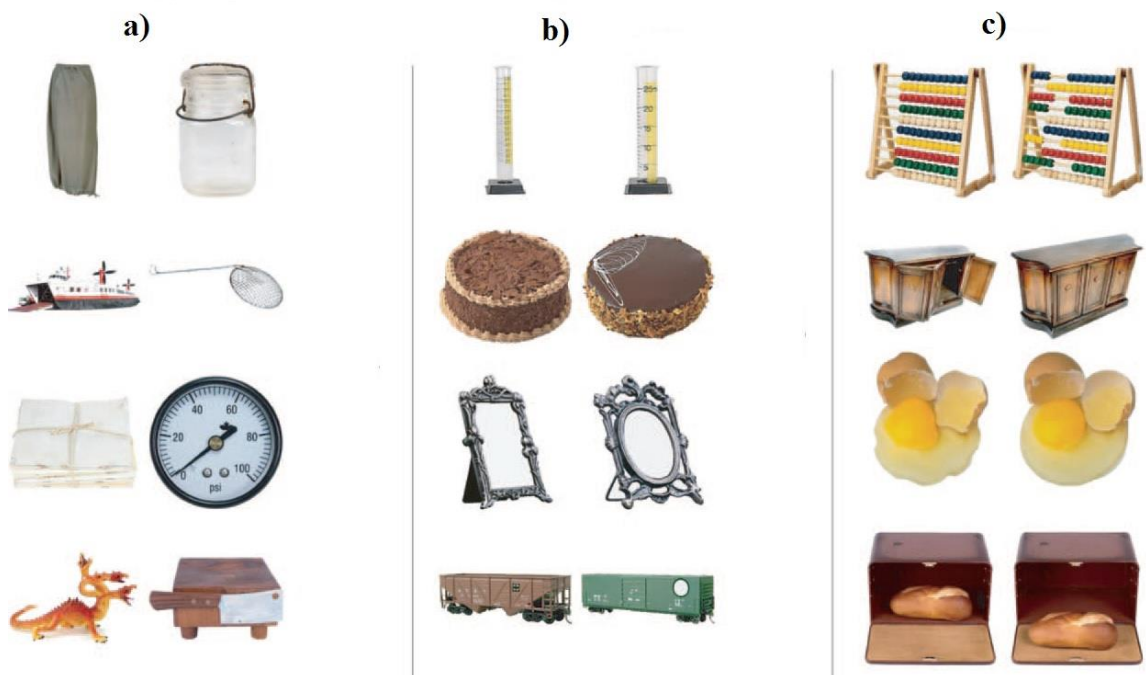
vyčerpávající proces. Vystala zde myšlenka, že horní hranice pro kapacitu zapamatovaných obrázkových položek, může být neomezená, neboť s přibývajícím počtem položek v učebních sadách stále roste i počet vybavených položek (Standing, 1973).

5.3.2 Věrnost uchovaných vizuálních vzpomínek

V reakci na předchozí výzkumy, kde bylo zjištěno, že kvantitativní kapacita VLTM je téměř neomezená a její horní hranice mají velmi obtížné experimentální vymezení, vzrostl zájem o to zjistit, jak věrné jsou vizuální reprezentace, respektive jakou kapacitu má VLTM pro uchování detailu.

Přelomová studie demonstrující výsledky o kvalitě vizuálních vzpomínek byla publikována v roce 2008. Tento výzkum představuje výsledky, které otevírají nové paradigma uvažování o kapacitě vizuální paměti. Na místo definování množství uložených položek, se zajímá o množství uložených informací připadající na jednu položku. Nezáleží tedy už pouze na definování kvantity zapamatování dříve viděných obrázků, ale rozšíření výzkumné otázky na zabývání se detailem vizuální reprezentace (Brady et al., 2008). V rámci této studie probandi zhlédli učební sadu s 2500 různými obrázkovými objekty shromážděných z komerční databáze (*HemeraPhoto-Objects*) a obrázků vyhledaných prostřednictvím Googlu. V učební sadě byly promítány obrázky, které byly kategoricky velmi odlišné. Výzkumníci uvažovali, že pokud by informace uložené ve vizuální paměti měly hierarchické, kategorické uspořádání, pak by mohla být schopnost vybavování, ovlivněna vzájemným rušením obrázků ze stejné významové kategorie.

Probandi byli informováni o tom, aby si zkusili detailně zapamatovat promítané objekty. V testovací fázi byla použita metoda nucené volby. Testování probíhalo ve třech různých typech nastavení, zkoumající výkon zapamatování. První typ nucené volby byl mezi odlišnými objekty různé kategorie (obr. 2 a), druhá možnost nastavení představovala výběr mezi různými objekty, ale stejné kategorické příslušnosti (obr. 2 b) a nakonec třetí možnost, která při testování nabízela výběr mezi dříve viděným objektem a stejným objektem, který byl pozměněn pouze v detailu jeho stavu (obr. 2 c) (Brady et al., 2008).



Obrázek 2 Ukázky tří různých typů nastavení testování výkonu paměti. Přejato a upraveno od (Brady et al., 2008).

První nastavení nucené volby (obr. 2 a) vyžaduje rozlišit pouze mezi rozdílnými objekty podobně jako tomu bylo ve dřívějších výzkumech. Zbývá dvě testovací nastavení (obr. 2 b, c) vyžadují uchování detailní reprezentace objektu. Naměřený výkon podílu správných odpovědí byl v nastavení a) 92,5 %, b) 87,6 % a c) 87,2 %. I přesto, že v nastavení b) a c) byl zaznamenán nižší výkon, než tomu bylo u nastavení a), výkon správného vybavení si dříve viděného objektu byl nenáhodný a stále velmi vysoký. Bylo zde demonstrováno, že vizuální reprezentace obsahují detaily, což vyvrací původní závěry, že lidé si pamatují pouze gist z vizuální reprezentace bez uchování detailu (Brady et al., 2008).

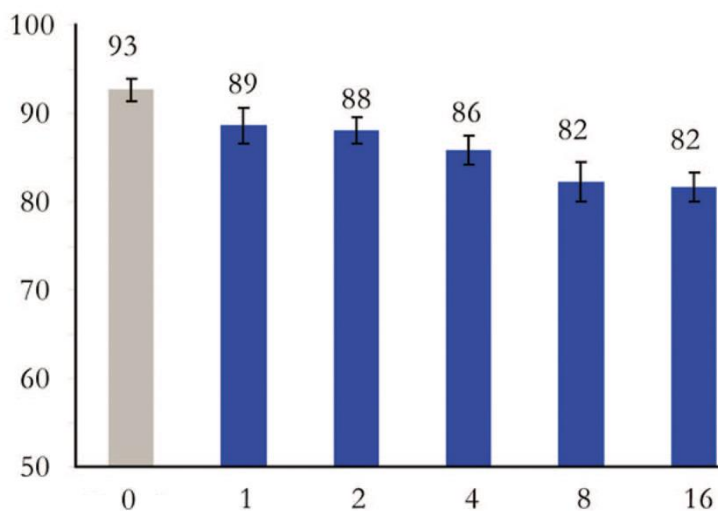
Výsledky výše popsaného výzkumu se setkaly s kritikou, neboť při promítání obrazových položek se jednalo o objekty na bílém pozadí, nikoli o celé vizuální scény. Vysoká schopnost zapamatování si detailů, by mohla být způsobena především tím, že kapacita vizuální paměti není zatížena informacemi pocházejícími ze složitého pozadí scény, kterému objekt náleží (Brady et al., 2011).

O dva roky později byl proveden výzkum, který obhájil vysokou věrnost uchování vizuálních vzpomínek i v situacích, kdy jsou probandům ve zkušební sérii promítány celé vizuální scény v kontextu pozadí. Učební série tohoto výzkumu obsahovala 2912 fotografií. Testovací sadě náleželo 224 párů fotografií, kde probandi nucenou volbou vybírali dříve viděné

fotografie. Jedním z designu experimentálního natavení byl stav, kdy měl proband vybrat mezi dvěma fotografiemi scén stejné kategorie. V tomto nastavení byl změřen výkon paměti 84 % správných odpovědí (Konkle, Brady, Alvarez, & Oliva, 2010b).

Další současné studie nejen že přináší důkazy o přítomnosti detailu vizuálních vzpomínek, ale také konstatují, že kvalita vizuálních reprezentací uložená v naší paměti může být proměnná v závislosti na řadě ovlivňujících faktorů. Tyto zákonitosti souvisí především s kognitivním zpracováním vizuální informace a specifickou funkcí vizuálního úložiště.

Jeden z faktorů, který ovlivňuje schopnost vybavení se detailu promítané fotografie, je kategorická interference. Už dříve bylo uvažováno, že vizuální vzpomínky mohou mít kategorické uspořádání (Brady et al., 2008). Zkoumání důkazů kategorické interference vizuálních objektů a scén však vyžaduje poměrně náročný experimentální design. Studie byla provedena tak, že výzkumníci připravili v rámci učební sady několik nastavení. 2800 obrázků z původní sady promítaných obrázků byly buď kategoricky odlišné, nebo obsahovaly různý počet kategoricky stejných obrázků (konkrétně 1,2,4, 8 a 16). Pokud by se ukázalo, že existuje kategorická interference vizuálních vzpomínek, paměť by se pro správné odpovědi měla zhoršovat tím více, čím více bylo stejně kategorických objektů prezentováno uvnitř původní učební sady. V testovací fázi probandi absolvovali 240 úkolů nucené volby mezi dvěma obrázky. I přesto, že bylo testováno například 16 různých obrázků na jednu kategorii, v testovací fázi byl použit vždy první z kategorie, který byl promítnutý v učební sadě, neboť to pomohlo zařídit, aby byly všechny položky v době testování rovnocenné. Experiment byl zajištěn tak, aby byly všechny kategorie pozorovány ve všech podmínkách. Nejlepší výkon paměti 93 % správných odpovědí (obr. 3) byl naměřen v případě, pokud byl dříve pozorovaný obrázek porovnán s novým kategoricky odlišným obrázkem. Výkon se postupně snižoval o 2 % s počtem promítaných obrázků na (od 1–16) jednu kategorii (obr. 3). Výsledky demonstrují, že i přesto, že bylo zjištěno, že interference významně snižuje výkon vybavení si dříve viděných obrázků, výkon rozpoznávání dříve viděného je stále vysoký (Konkle, Brady, Alvarez, & Oliva, 2010a).



Obrázek 3 Graf výkonu paměti v rozpoznávání dříve viděných obrázků. Přejato a upraveno od (Konkle et al., 2010a).

Na ose x je znázorněn počet promítnutých položek na jednu kategorii v učební sadě. Od nuly (v učební sadě nebyl promítnut žádný další obrázek, který by byl kategoricky stejný) až po 16 (v učební sadě bylo 16 kategoricky stejných obrázků v rámci jedné učební sady). Na ose y jsou znázorněná procenta úspěšných odpovědí v nucené volbě (Konkle et al., 2010a).

Dalším faktorem, který ovlivňuje schopnost zapamatování si konkrétních objektů vizuální scény, je obsah pozadí, do kterého je objekt zasazen. Ve výzkumu Vogta a Magnussena, bylo v roce 2007 probandům promítnuto 400 kategoricky stejných fotografií. Jednalo se o snímky, na kterých byly vyfotografovány různé dveře z Osla a okolních měst (obr. 4 a). Probandům bylo nejprve promítnuto 400 originálních snímků těchto dveří a správnost jejich odpovědí byla testována metodou nucené volby. Následně byly změněny experimentální podmínky tak, že v testovací fázi byly promítnuty upravené původní obrázky pomocí Photoshopu (obr. 4 b). Jejich změna spočívala především ve vymazání některých okolních detailů scény, do kterých byly dveře zasazeny. Změny však nezasahovaly do samotných dveří jako objektu (obr. 4). Pokles výkonu rozpoznávání, které dveře byly viděny dříve v učební sadě, činil 20 %. Tyto výsledky naznačují, že úbytek detailů z okolí, ačkoli jsou tak zanedbatelné, že si jich pozorovatel nemusí na první pohled všimnout, snižují výkon rozpoznávání dříve viděných snímků (Vogt & Magnussen, 2007).



Obrázek 4 Ukázka originálních (a) a upravených (b) fotografií dveří. Přejato od (Vogt & Magnussen, 2007).

5.3.3 Zapamatovatelnost obrázků

V návaznosti na studie, které ukazují, že samotná zapamatovatelnost může záviset na dalších faktorech, vyvstává otázka, zda existuje a zda je možné kvantifikovat zapamatovatelnost obrázků. To, do jak velkých detailů si fotografii zapamatujeme, by nezáleželo pouze na paměťových schopnostech, ale na interakci paměťových schopností a specifických vlastnostech obrázku. Nedávné studie o zapamatování vizuálních scén zkoumají proměnnou zapamatovatelnost obrázku definovanou jako vlastnost, která určuje míru schopnosti zapamatovat si konkrétní obrázek. Uvažují, že zapamatovatelnost je vnitřní vlastností obrázků, a proto by napříč všemi pozorovateli měla zůstat neměnná (Isola et al., 2011).

V rámci modifikace metody detekce opakování probandi hráli paměťovou hru, kde mohli postupovat do dalších úrovní (viz. kap.5.1). Celá série (všechny úrovně) se skládala z 2222 opakujících se a 8220 distraktorových fotografií. Zapamatovatelnost je zde zkoumána jako vlastnost, kterou proband detekuje zaznamenáním situace, že se obrázek v proudu promítané sady zopakoval. Skór zapamatovatelnosti procentuálně vyjadřuje pravděpodobnost, že proband zjistí, že se obrázek uvnitř promítané sady opakuje. Bylo zjištěno, že největší zapamatovatelnost mají fotografie, na kterých jsou lidé. Hůře zapamatovatelné jsou fotografie, kde jsou vyobrazeny vnitřní scény a velké objekty. Nejméně zapamatovatelné byly fotografie krajin. V této studii byl spočítán pořadový algoritmus, který má schopnost automaticky předvídat zapamatovatelnost daného snímku. Vzniká široký experimentální prostor, kde mohou

být korelovány různé vlastnosti scény se skorém zapamatovatelnosti a následně kvantifikováno, které kvality dělají obrázek zapamatovatelným (Isola et al., 2011).

Navazující studie zkoumá další proměnné, které doplňují informace o zákonitosti zapamatovatelnosti obrázků. Dokládá výsledky o ověření zapamatovatelnosti jako stabilní vlastnosti, neměnné při měření na dvou nezávislých skupinách probandů, pomocí randomizovaných pořadí promítaných obrázků. Dále zkoumá, zda se zapamatovatelnost mění v závislosti na čase. Jinými slovy to znamená, jestli ovlivňuje zapamatovatelnost délka času, která uběhne mezi zopakováním jednoho obrázku. Zapamatovatelnost v čase se podle výsledků jeví jako stabilní proměnná. Pro predikci zapamatovatelnosti proto není třeba modelovat komplexní funkce, které závisí na čase (Isola, Xiao, Parikh, Torralba, & Oliva, 2014).

Výzkum si klade především otázku, jaké konkrétní vlastnosti a kvality obrázku ho dělají zapamatovatelným. Jako první bylo zkoumáno, zda hodnocení probanda, jestli je obrázek krásný a poutavý, souvisí s jeho zapamatovatelností. Ve výsledku bylo prezentováno, že hodnocení probanda obrázku jako krásný nebo poutavý nepredikují, zda bude mít obrázek větší zapamatovatelnost. Tyto vlastnosti však silně korelují s tím, co si probandi intuitivně myslí, že zapamatovatelnost predikuje. To navazuje na další zjištění, že probandi nemají správnou intuici o tom, které obrázky budou dobře zapamatovatelné a které nikoli (Isola et al., 2014).

Dále byla vypočtena objektová statistika obrázku zjišťující, zda je pro zapamatovatelnost obrázků stěžejní počet objektů, které jsou jeho součástí nebo například množství pixelů, které na obrázku třída objektů zabírá. Žádná z těchto proměnných objektové statistiky není prediktorem zapamatovatelnosti (Isola et al., 2014).

To, co určuje zapamatovatelnost je význam objektu. Nejprve byla kvantifikována funkce, která určuje, jakou mírou přispívá objekt k celkové zapamatovatelnosti fotografie. Celkový příspěvek objektu na obrázek byl spočítán na všech fotografiích, kde objekty zabíraly více než 4000 pixelů z celkového obrázku. Na základě toho byly vygenerovány objekty, které jsou důležité napříč všemi fotografiemi. Zatímco podle této metody lidé, interiéry, popředí a lidské objekty pozitivně přispívají k zapamatovatelnosti obrázku, exteriéry, širokoúhlý výhled, pozadí a přírodní scény mají opačnou tendenci. Dalšími prvky, které jsou zásadní pro zapamatovatelnost, je význam scén a jednotlivé významové vlastnosti scény. Výsledky také popisují, že fotografie se liší v zapamatovatelnosti i v rámci jedné kategorie (Isola et al., 2014).

V další z rozšiřujících studií zabývající se zapamatovatelností obrázků, byl vyvinut nový a přesnější prediktivní model. Kromě vnitřních vlastností obrázku zahrnuje i vnější prediktory jako je specifické chování pozorovatele – jeho oční pohyby a kontext, ve kterém je

obraz viděn. Byl zde získán vzorec očních pohybů při první prezentaci obrázků a nabídnuta aplikace, která tak predikuje zapamatovatelnost z očních pohybů. Měření kontextového efektu na zapamatovatelnost proběhlo prostřednictvím kvantifikace kontextových rozdílů a jedinečnosti obrázku. Největší zapamatovatelnost mají obrázky, které jsou odlišné vzhledem k mnoha kontextům. Kdybychom měli za úkol hypoteticky vybrat co nejzapamatovatelnější obrázek vzhledem ke kontextu, museli bychom zvážit kontexty, kterým obraz pravděpodobně náleží a následně vybrat takový obrázek, který je uvnitř všech těchto kontextů jedinečný (Bylinskii, Isola, Bainbridge, Torralba, & Oliva, 2015).

V rámci téhle studie vznikla databáze obrázků FIne-GRained Image Memorability (FIGRIM), která sdružuje fotografie o známém skóru zapamatovatelnosti 21 kategoricky odlišných scén. Dohromady je v databázi 1754 obrázků se změřeným skórem zapamatovatelnosti jak v rámci kategorie, tak napříč kategoriemi. Databáze je přístupná na internetu z: <http://figrim.mit.edu/> (Bylinskii et al., 2015).

V roce 2015 byla publikována studie, která shromažďuje širokou škálu fotografií známé zapamatovatelnosti napříč nejrůznějším volitelným atributům. Obrázková databáze Large – scale Memorability Dataset (LaMem) obsahuje 60 000 obrázků rozmanitých typů z různých zdrojů. Je dostupná na internetu z <http://memorability.csail.mit.edu/> (Khosla, Raju, Torralba, & Oliva, 2015).

EMPIRICKÁ ČÁST

6 Návrh výzkumu

V literárně přehledové části byly shrnuty výzkumy, které se věnují kapacitě vizuální paměti. Bylo zde demonstrováno, že výzkum kapacity VSTM je pravděpodobně závislý na více faktorech, které více či méně ovlivňují investování množství kapacitního média do přesnosti vybavování konkrétních položek. Výzkum, který posouvá dále poznatky o kapacitě VSTM vyžaduje modelování neuronových sítí a správnou interpretaci dat, která by dostatečně vysvětlovala principy rozdělování kapacity mezi položky. Výsledkem by měla být kvantifikace detailů krátkodobých vizuálních reprezentací nebo tvorba modelu, který by dokázal zpřístupnit predikci vzorce přerozdělování kapacitního zdroje.

Výzkumné otázky kapacity VLTM se nejprve zabývají kvantitativním aspektem dlouhodobých vizuálních reprezentací. Později se výzkum zaměřuje na věrnost vzpomínek,

tedy kvalitu uchovaných vizuálních reprezentací. V současném výzkumu se do popředí dostává fenomén zapamatovatelnosti, jako vnitřní vlastnosti obrázku. V rámci toho dochází ke kvantifikaci různých obrázkových vlastností, přinášející informace o tom, co konkrétně dělá obrázek zapamatovatelným, respektive jak pozorovatelé uchovávají detail. Předešlé výzkumy také nabízí obsáhlé databáze obrázků s již známými skóry zapamatovatelnosti, které jsou volně dostupné na internetu. Poskytují tak materiál pro další výzkumné designy na poli zapamatovatelnosti. V návaznosti na literárně přehledovou část se věnuji rozpracování designu výzkumu uchování detailní reprezentace ve vizuální paměti. Poskytují návrh výzkumu, který by mohl přinést další informace na poli zapamatování si detailu vizuálních scén.

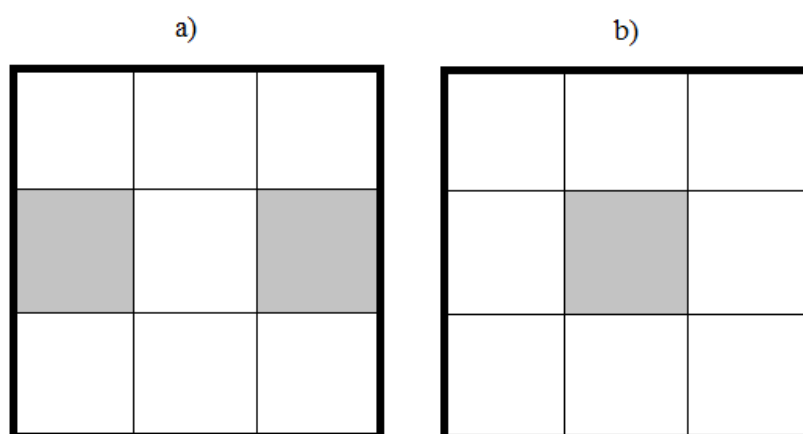
6.1 Výzkumné otázky

Na poli výzkumů, které se věnují detailu uchovaných reprezentací, hraje stěžejní roli otázka, co dělá obrázek zapamatovatelnější než jiný. Bylo zjištěno, že největší zapamatovatelnost mají ty části obrázku, které nesou specifický význam (Isola et al., 2014). Vystává otázka, jaké další charakteristiky by mohly pomoci odhalit, jak si lidé pamatují detail. Pokládám si otázku, jaké části sledovaného obrázku, jsou důležité pro jeho zapamatování. Detailní informace, z jakých částí jsou pro pozorovatele stěžejní pro rozpoznávání již dříve viděného obrázku. Pokud by nastala hypotetická situace, že detaily v určitých částech nesou přibližně stejně důležitou informaci stejného významu, jaké části jsou pro pozorovatele stěžejní? Byl by v takové situaci detail z jedné části obrázku stejně důležitý, než detail z jiné části? Zkoumání situací, jak si lidé zapamatovávají a tvoří vizuální reprezentaci, pokud snímají například jen omezenou část obrazu, by mohla přiblížit poznání o různé nebo stejné zapamatovatelnosti jeho dílčích částí.

V rámci vlastního šetření mě zajímá, zda odstranění konkrétní centrální části obrázku znemožňuje jeho znovuzpoznání. Podle výsledku výzkumu by se dalo uvažovat o míře důležitosti detailů pro zapamatování podle části, ze které pochází. Protože máme k dispozici obrázky změřené zapamatovatelnosti nesoucí stejný význam scény, můžeme sestavit experimentální design, který přibližuje hypotetickou situaci, že máme obrázek s objekty podobné informační a významové hodnoty. Kladu si výzkumnou otázku, zda je pro celkovou zapamatovatelnost fotografie stěžejní detail, z jaké jeho centrální části. Zajímá mě, zda je rozdíl v zapamatovatelnosti fotografie, pokud zakryjeme detail ve variabilních částech jeho středu.

6.2 Základní design a stanovení hypotézy

Design bude realizován pomocí proměnlivého překrývání v centrální části fotografií. Překrývání se bude měnit podle dvou variant, protože mě zajímá, zda je pro zapamatování fotografie pozorovatelem stěžejní laterální část nebo úplné centrum obrázku. Při konkrétním překrytí, bude každá fotografie rozdělena na devítiny (obr. 5), přičemž náhodné zakrývání částí bude realizováno ve dvou konkrétních nastaveních a) obrázky jsou upraveny tak, že černé pole překrývá jednu nebo druhou laterální centrální část obrázku (obr. 5 a), b) obrázky jsou upraveny tak, že černé pole překrývá centrální část obrázku (obr. 5 b). K dispozici máme konkrétní fotografie, u kterých je již změřená jejich zapamatovatelnost. Můj výzkum má tedy tři různé skupiny obrázků. 1. skupina: cílové obrázky z databáze o známém skóre zapamatovatelnosti, 2. skupina: upravené cílové obrázky s černým polem v pravé nebo levé laterální části (obr. 5 a) 3. skupina: upravené cílové obrázky s černým polem v centrální části (obr. 5 b).



Obrázek 5 Schématická ukázka překrytí ve dvou konkrétních nastaveních.

Hypotézy, které si stanovuji zní:

H0: Mezi průměry zapamatovatelností fotografií 1., 2., a 3. skupiny neexistuje statisticky významný rozdíl

H1: Mezi průměry zapamatovatelností fotografií 1., 2., a 3. skupiny existuje statisticky významný rozdíl

6.3 Materiály a metody

6.3.1 Výzkumný vzorek

Zapamatovatelnost obrázku je jeho vnitřní vlastností, která není významně proměnná mezi pozorovateli (Isola et al., 2011). Motivace účastníků by v tomto případě neměla hrát

stěžejní významnou roli. Nábor probandů může být dobrovolný, přičemž jednotlivci mohou být ohodnoceni malou finanční odměnou, jejíž výše by odrážela možnosti nákladů na celé šetření. Nábor zájemců může probíhat z řad studentů. Podmínkou pro zařazení do výzkumného souboru jsou probandi bez vad zraku, poruch pozornosti a poruch paměti. V případě vad zraku je nutná korekce čočkami nebo brýlemi. Účastníci budou požádáni, aby na výzkum nepřišli omezení únavou.

Zapamatovatelnost je procentuální vyjádření správné detekce probandem již viděného obrázku, který se zopakoval v rámci promítané série. Pro výzkum budou již použity obrázky z databáze, které mají známy skór zapamatovatelnosti. V předchozím výzkumu byly skóry změřeny v situaci, že každý obrázek vidělo v průměru 80 probandů (Bylinskii et al., 2015). Při těchto dvou experimentálních nastaveních uvažují, že pokud by jeden proband viděl totožnou fotografii ve dvou různých nastaveních, mohlo by to zkreslit výsledek. Aby jedna fotografie byla viděna jedním probandem pouze jednou, je potřeba, aby výzkumný vzorek obsahoval 160 probandů. Skupina 160 probandů bude následně náhodně rozdělena do dvou skupin. Ve fázi, kdy každá skupina obsahuje právě 80 probandů, dostanu minimální počet probandů, pro výpočet vlastních skórů zapamatovatelnosti pro dvě výše popsaná nastavení a) a b). Získané skóry z těchto dvou nastavení budou vzájemně porovnány s již známými skóry z předchozího výzkumu.

Probandi výzkumu budou obeznámeni, že výzkumné šetření bude probíhat pro účel výzkumu paměti. Budou podrobně informováni o času jeho trvání a případné náročnosti. Jejich dobrovolná účast na výzkumu bude potvrzena podepsáním informovaného souhlasu. Každému z probandů bude přidělen individuální kód pro následnou anonymizaci dat. Po vyhodnocení dat budou mít probandi možnost účastnit se specifického rozboru výzkumu “debriefingu”, kde jim budou poskytnuty informace o tom, jaký význam měl sběr dat, a k jakým výsledkům došel.

6.3.2 Soubor stimulů

K výzkumu využiji volně přístupnou databázi fotografií FIGRIM (Bylinskii et al., 2015). Jak bylo již zmíněno, konkrétní fotografie v databázi mají spočítaný skór zapamatovatelnosti. Stanovila jsem podmínky pro konkrétní výběr cílových obrázků, které budou z databáze vybrány. První z nich je, aby byly v databázi FIGRIM dostupné v dostatečném množství, které je pro výzkum potřeba (minimální počet cílových fotografií pro vlastní výzkum jsem stanovila na 53 obrázků viz kap. 6.4). Druhou podmínkou pro výběr je zkoumání pouze těch fotografií, které jsou ze stejné kategorie (například jenom dětská hřiště nebo jenom koupelny apod.), neboť vycházím z předchozích zjištění, že kategorická odlišnost

pomáhá ke zvýšení zapamatovatelnosti fotografií (Konkle, Brady, Alvarez, & Oliva, 2010). Pak by mohl v zapamatovatelnosti hrát roli efekt odlišnosti kategorie na místo rozdílu v zapamatovatelnosti ve dvou různých nastaveních. Třetí podmínkou je jejich dobrá zapamatovatelnost ve srovnání s ostatními kategoriemi, neboť existuje rozdíl v zapamatovatelnosti pro celé kategorie. Je-li pro výzkum vybrána nějaká z dostupných kategorií interiérů (např. kuchyně), budou si pozorovatelé celkově pamatovat obrázky lépe, než kdyby se jednalo o krajiny (např. širokoúhlé výhledy) (Bylinskii et al., 2015).

Pro učební sadu jsem zvolila 60 fotografií kuchyní (počet stimulů je zdůvodněn v kap. 6. 4). Soubor kuchyní databáze FIGRIM obsahuje 120 fotografií se skórem zapamatovatelnosti od nejnižšího skóru 14,4 % až po nejvyšší skór 60,8 % v rámci kategorie kuchyní. Dále je popsán postup, podle kterého bude zvoleno 60 konkrétních cílových fotografií. Nejvýhodnější by bylo vybírat z velkého souboru fotografií a poskytnout takovou skupinu 60 fotografií, která má co nejhomogennější hodnoty skóru. V databázi je však možnost čerpat pouze 120 fotografií, s různými skóry. Pro výběr bude třeba znázornit rozložení hodnot v souboru. Následně vybrat obrázky hodnot, které se budou pohybovat v rozmezí lépe zapamatovatelných fotografií a současně nebude zahrnovat ojedinělé fotografie s největší zapamatovatelností. Jinými slovy, počet 60 obrázků bude vybrán tak, aby byl v rámci všech 120 obrázků co nejhomogennější, lépe zapamatovatelný a neobsahoval odlehle hodnoty. Pro ukázkou poskytnu příklad dvou fotografií kuchyní s naměřeným skórem zapamatovatelnosti 44 % v rámci kategorie kuchyní (obr. 6).



Obrázek 6 Ukázka fotografií kuchyní z databáze FIGRIM. Dostupné z <http://figrim.mit.edu/>.

Probandům se budou promítat dvě sady fotografií. Nejprve učební sada ve studijní fázi, následně testovací sada v testové fázi viz kap. 6. 3. 3. Učební sada fotografií bude sestavena ze všech vybraných cílových obrázků (60 fotografií) a 400 náhodně vybraných distraktorových fotografií kategorie kuchyní. Tyto doplňkové obrázky poskytuje databáze pouze jako

distraкторы ze stejné kategorie, které můžeme ve výzkumu použít. Jsou pouze k doplnění, a nebyl na nich v předchozím výzkumu měřen skór zapamatovatelnosti. Při nedostatečném počtu distraкторových fotografií budou ostatní dohledány prostřednictvím obrázků Google.

Testovací sada se bude skládat z 60 cílových upravených fotografií a 400 distraкторových upravených fotografií. K prověření důvěryhodnosti vzpomínek z konkrétních centrálních částí budou všechny fotografie z testovací sady rozsegmentovány na 9 dílů (obr. 7) (viz. kap. 6. 2). Horní a dolní část fotografie většinou tvoří strop nebo podlaha, u kterých předpokládáme, že nesou zanedbatelnou informační hodnotu oproti objektům, které jsou umístěny v centrální části fotografie. Po rozsegmentování, budou fotografie upraveny tak, že náhodně zakryjeme jednu z laterálních centrálních částí fotografie (vpravo nebo vlevo) (obr. 7 a) nebo střední část fotografie (obr. 7 b). Zbylé distraкторové fotografie poskytnete databáze FIGRIM, nebo budou dohledány a shromážděny prostřednictvím obrázků Google.



Obrázek 7 Ukázka dvou typů nastavení upravených fotografií.

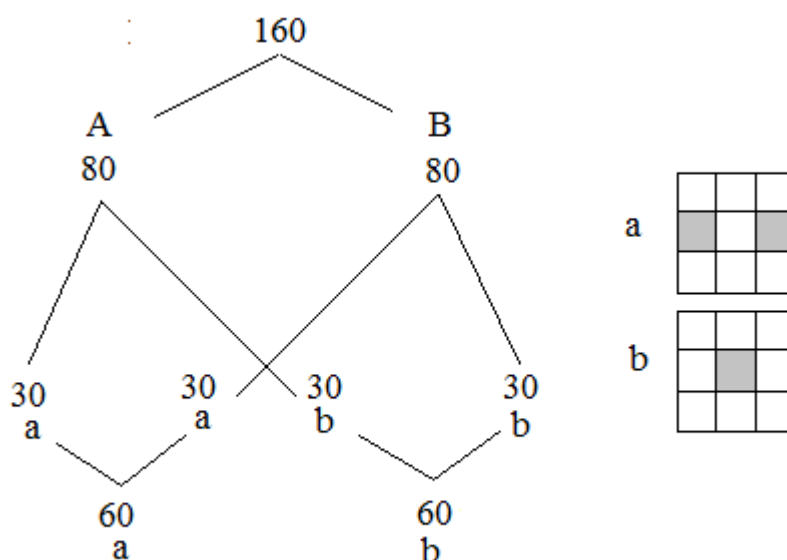
6.3.3 Výzkumná metoda

Studijní fáze se bude skládat z 60 cílových fotografií, které jsou náhodně zamíchány mezi 400 distraкторových fotografií. Každý proband uvidí všechny tyto fotografie rozdělené do dvou studijních bloků po 230 obrázcích. Každá fotografie bude promítnuta po dobu 3 s, přičemž po každé bude následovat fixační kříž po dobu 800 ms. Probandi budou pozorovat fotografie na vlastním monitoru. Dva následné studijní bloky oddělí 5minutová přestávka. Probandi budou požádáni, aby si v jejím průběhu nesdělovali informace týkající se promítaných obrázků. Průběh studijní procedury je z části inspirován (Brady et al., 2008).

Testovací fáze se bude skládat z 60 upravených obrázků (úprava obrázků viz. kap. 6.2 a 6.3.2) náhodně zamíchaných mezi 400 upravených distraкторových fotografií. Distraкторové

obrázky promítnuté v testové fázi budou jiné, než byly distraktorové obrázky v rámci fáze studijní.

Probandi budou náhodně rozděleni do dvou skupin na skupinu A a skupinu B (obr. 8). Každý z 60 upravených cílových obrázků bude upraven podle nastavení a) a pro nastavení b). Vznikne tedy stav, kdy máme jeden obrázek připraven ve dvou nastaveních. Následně obě tato nastavení skupiny obrázků a) i skupiny obrázků b) rozdělím na poloviny. Skupině A bude přidělena polovina obrázků nastavení a) a polovina nastavení b). Skupině B bude přidělena druhá polovina nastavení a) a druhá polovina nastavení b) (obr. 8). Každý z 80 probandů uvidí 60 cílových obrázků v jednom ze zvolených nastavení. Žádný z probandů neuvidí jeden totožný obrázek v obou nastaveních. V rámci testového souboru, bude pro každého probanda náhodně promícháno 30 obrázků v nastavení a) a 30 obrázků v nastavení b).



Obrázek 8 Schématické znázornění rozdělení probandů a přidělení cílových obrázků.

V procesu testování bude 60 upravených obrázků následně randomizováno s 400 distraktorovými obrázky. Celkový počet 460 upravených obrázků pro testování budou promítnuty ve 4 sériích fotografií, z nichž každá bude obsahovat 115 obrázků. Každá fotografie bude promítnuta po dobu 1 s, následovaná fixačním křížem po dobu 1,4 s. Probandi mají v rámci této metody za úkol stisknutím mezerníku označit obrázek, pokud ho již viděli v rámci učební série. Po označení fotografie dostanou zpětnou vazbu: fixační kříž se rozsvítí zeleně, pokud odpověděli správně nebo se zčervená, pokud odpověděli špatně. Design je z části inspirován paměťovou hrou (Isola et al., 2011).

6.4 Analýza dat

Data sesbíraná z výzkumu budou vyhodnocena jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA), kterou budu zjišťovat, zda se mezi sebou liší průměry indexů zapamatovatelnosti jednotlivých typů úpravy fotografií (tzn. nezakrytí, zakrytí laterální centrální části-nastavení a, zakrytí centrální části-nastavení b). Následně provedu post-hoc testy pro zjištění, které z typů úpravy fotografií se mezi sebou liší. Předpokládám rovněž použití Bonfferoniho korekce na multiplicitu.

Pro zjištění potřebné velikosti souboru (n získaných indexů zapamatovatelnosti fotografií) potřebuji znát minimální počet fotografií, na kterém lze prokázat efekt o střední síle (effect size). Power, neboli sílu testu, jsem stanovila 0,8 (akceptace 20 % pravděpodobnosti, že nastane chyba 2. druhu). Předpokládaná hodnota velikosti středního efektu je u analýzy rozptylu 0,25. Prostřednictvím softwaru G*power bylo spočteno, že minimální velikost vzorku činí dohromady 159 indexů. Jelikož pro analýzu předpokládám 3 skupiny úprav fotografií (z nichž pro jednu indexy již znám), potřebuji tedy celkem minimálně 53 indexů zapamatovatelnosti z každé skupiny. Z toho vyplývá, že z databáze potřebuji získat minimálně 53 fotografií, neboť každá fotografie mi dá dohromady 3 indexy zapamatovatelnosti – jeden pro každou skupinu. Pro zpřehlednění přikládám názorný obrázek tabulky (obr. 9). Protože 53 fotografií je minimální počet a velikost databáze dovoluje stáhnout více fotografií, stanovila jsem velikost souboru na 60 cílových obrázků.

	zapamatovatelnost obrázku		
	sk. 1: předem známé indexy	sk. 2: zakrytá laterální část	sk. 3: zakrytá centrální část
obr. 1			
obr. 2			
obr. 3			
obr. 4			
obr. 5			
až obr. 60			

Obrázek 9 Ukázka tabulky pro výstupní data.

6.5 Další aplikace

Zjištění, že pozorovatelé si lépe pamatují specifické části obrázku, by mohlo být využito k dalším aplikacím, především v reklamě a umění. Pokud bychom například pro reklamu chtěli sami sestavit co nejzapamatovatelnější kompozici, rozdílná zapamatovatelnost jejích částí by umožnila výhodné rozmístění cílových objektů. K výhodné kompozici by však musely být uváženy i další vlastnosti, které si již dříve ukázaly v zapamatovatelnosti významné. Při tvorbě

uměleckého díla by bylo možné uvažovat nejen o významu scény, která má být znázorněna, ale také o specifické kompozici, která bude ve výsledku lépe pamatována pozorovatelem.

Zjištění, že specifická kompozice významně ovlivňuje zapamatování, by mohla otevřít nové paradigma výzkumných otázek, zda existuje stejná nebo různá zapamatovatelnost částí. Další výzkumy by mohly navázat na prověřující zapamatovatelnost variabilních částí. Vystala by například otázka, jaká je nejmenší část obrázku, která by se dala označit za velmi dobře zapamatovatelné místo. Při zjištění, že zapamatovatelnost se mezi sebou neliší, výsledky naznačují, že neexistuje rozdílná zapamatovatelnost částí, a že je vhodné hledat jiné vlastnosti, které vážou významné zapamatování jejího pozorovatele.

7 Diskuse

Vlastní návrh výzkumného designu přináší jistá metodologická úskalí, které představují zkreslení dat možnými intervenujícími proměnnými. Zaprvé to mohou být intervenující proměnné na straně probandů. V případě, že by jejich momentální nastavení, únava nebo nespoupráce mohla zkreslit výsledky. Tohle omezení je v předešlých výzkumech eliminováno vysokým počtem výzkumného vzorku. Kdy je zapamatovatelnost vypočtena pro situaci, že obrázek vidí průměrně 80 probandů (Bylinskii et al., 2015). S rozdílem mého návrhu, kdy předpokládám, že nebude možné sehnat tak velký počet probandů a v designu uvažuji, že všichni uvidí každý obrázek. 80 probandů tedy není průměrný počet pozorovatelů, ale jejich absolutní počet.

U výzkumného designu předpokládám, že okrajové nezakryté části, mají menší informační hodnotu, než zkoumané centrální části. Pokud tomu tak není a v těchto částech se objeví významný objekt, může být stěžejním pro celkovou zapamatovatelnost. Pak nehraje roli variabilní zakrytí centrálních částí, ale právě horní nebo spodní část, kterou jsem uvažovala jako informačně zanedbatelnou.

Dalším předmětem pro diskuzi jsou výsledky předešlých výzkumů, že odstranění malých detailů z pozadí bez ohledu na to, v jaké části byly odstraněny, zhoršily celkovou zapamatovatelnost scény (Vogt & Magnussen, 2007). Je tedy důležité zamyslet se, zda případné zhoršení zapamatovatelnosti není spíše způsobeno odstraněním detailů, nikoliv zakrytím cílových centrálních částí. Pravděpodobně bychom tak mohli uvažovat, pokud by se lišila zapamatovatelnost skupiny 1. od skupiny 2. a 3., ale nelišila by se v případě skupiny 2. a 3. mezi sebou.

V předešlém možném diskutovaném výsledku (horší zapamatovatelnost mezi skupinou 1. v porovnání se skupinami 2. a 3., ale nelišící se v rámci 2. a 3.) by bylo dobré uvážit nejen, že zakrytí je tak velké, že už neposkytuje spolehlivou informaci, o tom, co je ze středu pro zapamatovatelnost stěžejní, ale může naznačovat, že zvolená kategorie byla příliš těžká pro zapamatování. V takovém případě by i přesto, že pro výzkum byly vybrány kuchyně, neboť v rámci scén jsou středně zapamatovatelné (Bylinskii et al., 2015), by bylo dobré provést studii v rámci jiných, zapamatovatelnějších kategorií.

Po výzkumu by bylo vhodné kvalitativně analyzovat, jak se zapamatovatelnost mění u jednotlivých položek a uvažovat, co jiného než zakrytí částí, mohlo případně ovlivnit naměřené hodnoty. Takhle by mělo být uvažováno především o položkách, u kterých budou případně naměřeny výrazně odlišné hodnoty.

Závěr

Napříč různými výzkumy kapacity vizuální paměti, definují závěry posledních studií kapacitu jak z hlediska množství uložených informací, tak s ohledem na věrnost uložených vzpomínek. V rámci zkoumání VSTM byly zřehledněny čtyři souhrnné modely, které představují mechanismus rozdělování kapacity mezi jednotlivé zdroje. Navržené modely však nejsou schopny tohle specifické přerozdělování predikovat. Otázkou budoucího výzkumu je nalezení vhodných metod, uvažujících proměnlivé faktory, které determinují, jaké položce bude přiděleno nejvíce zdroje.

Na poli výzkumů VLTm, kde byla nejprve demonstrována téměř neomezená kapacita, vyvstaly otázky ohledně věrnosti uchovaných vzpomínek. Jinými slovy, vzrostl zájem o kapacitu s ohledem na kvalitu uložených vizuálních reprezentací. V rámci těchto výzkumů bylo zjištěno, že pozorovatelé uchovávají detailní informace o vnímaných scénách. Další výzkumy odhalily faktory ovlivňující zapamatování jako je kategorická odlišnost, nepatrné detaily v okolí cílového objektu nebo neobvyklost objektu v rámci známého významu scény. Zásadním objevem na poli uchování detailních reprezentací je zapamatovatelnost obrázku, jako jeho vnitřní vlastnost, stabilní v čase mezi různými pozorovateli. V posledních letech byly sestavené databáze, které umožňují stažení fotografií se známými skóry zapamatovatelnosti. Budoucí výzkum se může věnovat ať už kompozičním nebo jiným vlastnostem pozorovaného obrázku, které jsou důležité pro jeho zapamatování.

Literatura

- Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science*, *15*(2), 106–111. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2004.01502006.x>
- Atkinson, R., & Shiffrin, R. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes (Roč. 2, s. 89–195). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60422-3)
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Bays, P. M., Gorgoraptis, N., Wee, N., Marshall, L., & Husain, M. (2011). Temporal dynamics of encoding, storage, and reallocation of visual working memory. *Journal of Vision*, *11*(10), 6–6. <https://doi.org/10.1167/11.10.6>
- 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), 4–4. <https://doi.org/10.1167/11.5.4>
- 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803390105>
- Bylinskii, Z., Isola, P., Bainbridge, C., Torralba, A., & Oliva, A. (2015). Intrinsic and extrinsic effects on image memorability. *Vision Research*, *116*, 165–178. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2015.03.005>
- Coltheart, M. (1980). Iconic memory and visible persistence. *Perception & Psychophysics*, *27*(3), 183–228. <https://doi.org/10.3758/BF03204258>

- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *The Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87–114; discussion 114–185.
- Hollingworth, A. (2006). Scene and position specificity in visual memory for objects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(1), 58–69. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.32.1.58>
- Chun, M. M. (2003). Scene Perception and Memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Roč. 42, s. 79–108). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(03\)01003-X](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(03)01003-X)
- Isola, P., Xiao, J., Parikh, D., Torralba, A., & Oliva, A. (2014). What Makes a Photograph Memorable? *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36(7), 1469–1482. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2013.200>
- Isola, P., Xiao, J., Torralba, A., & Oliva, A. (2011). What makes an image memorable? In *CVPR 2011* (s. 145–152). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2011.5995721>
- Khosla, A., Raju, A. S., Torralba, A., & Oliva, A. (2015). Understanding and Predicting Image Memorability at a Large Scale (s. 2390–2398). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2015.275>
- Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2010a). Conceptual distinctiveness supports detailed visual long-term memory for real-world objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(3), 558–578. <https://doi.org/10.1037/a0019165>
- Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2010b). Scene Memory Is More Detailed Than You Think: The Role of Categories in Visual Long-Term Memory. *Psychological Science*, 21(11), 1551–1556. <https://doi.org/10.1177/0956797610385359>

- Luck, S. J., & Hollingworth, A. R. (Ed.). (2008). *Visual memory*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, *390*, 279.
- Ma, W. J., Husain, M., & Bays, P. M. (2014). Changing concepts of working memory. *Nature Neuroscience*, *17*(3), 347–356. <https://doi.org/10.1038/nn.3655>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Nickerson, R. S. (1965). SHORT-TERM MEMORY FOR COMPLEX MEANINGFUL VISUAL CONFIGURATIONS: A DEMONSTRATION OF CAPACITY. *Canadian Journal of Psychology*, *19*, 155–160.
- Rensink, R. A. (2000). The Dynamic Representation of Scenes. *Visual Cognition*, *7*(1–3), 17–42. <https://doi.org/10.1080/135062800394667>
- Shepard, R. N. (1967). Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *6*(1), 156–163. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(67\)80067-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80067-7)
- Simons, D. J., & Levin, D. T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, *1*(7), 261–267. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(97\)01080-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(97)01080-2)
- Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(1), 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.11.006>
- Squire, L. R. (1992). Declarative and Nondeclarative Memory: Multiple Brain Systems Supporting Learning and Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *4*(3), 232–243. <https://doi.org/10.1162/jocn.1992.4.3.232>

- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2004.06.005>
- Squire, L. R. (2009). Memory and Brain Systems: 1969–2009. *The Journal of Neuroscience*, 29(41), 12711. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3575-09.2009>
- Standing, L. (1973). Learning 10000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25(2), 207–222. <https://doi.org/10.1080/14640747308400340>
- Standing, L., Conezio, J., & Haber, R. N. (1970). Perception and memory for pictures: Single-trial learning of 2500 visual stimuli. *Psychonomic Science*, 19(2), 73–74. <https://doi.org/10.3758/BF03337426>
- Tulving, E. (2005). Concepts of Memory. In *The Oxford Handbook of Memory* (s. 720). Oxford University Press.
- van den Berg, R., Shin, H., Chou, W.-C., George, R., & Ma, W. J. (2012). Variability in encoding precision accounts for visual short-term memory limitations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(22), 8780–8785. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117465109>
- Vogt, S., & Magnussen, S. (2007). Long-Term Memory for 400 Pictures on a Common Theme. *Experimental Psychology*, 54(4), 298–303. <https://doi.org/10.1027/1618-3169.54.4.298>
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453(7192), 233–235. <https://doi.org/10.1038/nature06860>