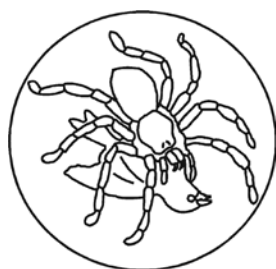


**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA ZOOLOGIE**



**Jak ptáci kategorizují reálné a
abstraktní objekty?**

Bakalářská práce

David Nácar

Školitel: RNDr. Roman Fuchs, CSc., PřF JU
Odborný konzultant: Mgr. Eva Landová, Ph.D., PřF UK

České Budějovice
2011

Nácar, D., 2011: Jak ptáci kategorizují reálné a abstraktní objekty? (How do birds categorize real and abstract objects? – Bc. Thesis, in Czech), 64 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

This thesis reviews the experiments about the visual categorization in birds, especially pigeons, based on the operant conditioning and employed both real and abstract objects. These experiments are focused on the simple object recognition, complex concept formation and the picture-object recognition. This thesis tries to find the reasons of the inconsistencies among conclusions of these experiments.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 3. 1. 2011

David Nácar

Obsah

Úvod	1
Diskriminace a kategorizace.....	1
Podmiňování.....	2
Cíle práce.....	3
Metody	4
Skinnerův box.....	4
Obecný design kategorizačních experimentů	4
Schémata odpovídání v kategorizačních experimentech	5
Kategorizace kreseb jednoduchých objektů	8
Základní teorie kategorizace.....	8
Experimenty podporující <i>particulate feature theory</i>	8
Experimenty podporující teorii <i>recognition by components</i>	10
Další testování využití PFT a RBC	13
Manipulace s <i>geony</i>	16
Shrnutí.....	19
Tvorba konceptu kategorie u ptáků	28
Základní experimenty	28
Koncepty více kategorií	31
Nepřirození stimuly	31
Kategorie vyšší úrovně	32
Paměť	34
Nerelevantní znaky	35
Zkušenost	36
Role lokálních znaků	37
Části těla	41
Imitace lidské postavy	42
Shrnutí	44
Co ptáci vidí na fotografiích?	47
Experimentální důkazy	48
Experimenty založené na naučené kategorizaci objektů	49
Nedostatky experimentů s jednoduchými objekty	51
Komplexní trojrozměrné objekty	52

Komplexní fotografie	53
Rozpoznávání fotografií konkrétní osoby	55
Shrnutí.....	56
Závěr.....	59
Literatura.....	61

Úvod

Diskriminace a kategorizace

Pro přežití jakéhokoli živočicha je zásadní schopnost vnímat stimuly přicházející z prostředí, ve kterém se vyskytuje. Stimuly působící na živočicha lze rozdělit do určitých tříd nebo kategorií. Tyto kategorie mají pro různé živočichy různý význam a každá vyžaduje odlišnou reakci. Například přítomnost predátora vyvolává zcela jinou reakci než přítomnost potravy nebo potenciálního partnera.

Schopnost diskriminace znamená odlišovat od sebe stimuly jednotlivých kategorií, tedy chápat rozdíl, například mezi partnerem a kompetitorem. Kategorizace zahrnuje schopnost zařadit určitý stimulus do správné kategorie a následně provést adekvátní reakci odpovídající dané kategorii, např. únik před predátorem či předvádění se potenciálnímu partnerovi (Pearce, 1994).

Existuje několik teorií snažících se popsat, čím jsou definovány jednotlivé kategorie a podle čeho živočichové kategorizují různé stimuly. Definice některých kategorií může mít živočich vrozené, jiné kategorie tvoří na základě zkušeností s jejími zástupci během života (Pearce, 1994).

Teorie znaků předpokládá existenci souboru jednoduchých (jednoznačných) struktur, které jasně definují stimulus patřící do dané kategorie (Bruner et al., 1956, Huber, 2001). Soubor znaků je pro každou kategorii specifický a nový stimulus je kategorizován na základě porovnání znaků, které obsahuje, se znaky definujícími kategorii.

Teorie exempláře předpokládá zapamatování si všech představitelů kategorie, se kterými se živočich setkal (Huber, 2001). Kategorizace probíhá porovnáváním stimulu se zapamatovanými exempláři. Čím je stimulus podobnější zapamatovaným exemplářům, tím úspěšnější je kategorizace. Zjevným nedostatkem této teorie je nutnost zapamatování si obrovského množství stimulů, se kterými se živočich setkal.

Teorie prototypu předpokládá existenci typického představitele kategorie, jakéhosi „průměrného exempláře“, který ale sám o sobě nemusí existovat v reálném světě (Neumann, 1977, Huber, 2001). Kategorizace stimulu pak probíhá jeho porovnáváním s prototypem kategorie a podobně jako v případě exempláře je tím úspěšnější, čím je kategorizovaný stimulus podobnější prototypu.

Poslední teorie předpokládá existenci konceptu kategorie. Koncept vyjadřuje určitou v mysli vytvořenou představu kategorie, která definuje všechny její zástupce. Podle definice Kellera & Schoenfelda (1950) umožňuje koncept kategorie rozlišovat zástupce různých kategorií (diskriminace mezi kategoriemi) a současně do těchto kategorií zařazovat nové stimuly (generalizace vlastností kategorie). Koncept se uplatní zejména při kategorizaci komplexních stimulů variabilních kategorií, které není jednoduché definovat.

Podmiňování

Všichni živočichové reagují nějakým způsobem na podněty z okolního prostředí. Adekvátní reakce na určitý stimulus může být buď vrozená a neuvědomělá (instinkt), nebo naučená v průběhu života. Nejjednodušší formou učení je podmiňování.

Teorie klasického (pavlovovského) podmiňování vychází ze známých experimentů Pavlova (Shettleworth, 1998). Principem tohoto typu podmiňování je asociace podmíněného a nepodmíněného stimulu. Přítomnost nepodmíněného stimulu (v případě Pavlova experimentu se psy potrava) vyvolává u živočicha vrozenou neuvědomělou reakci (slinění). Podmíněný stimulus je původně pro živočicha neutrální. Pokud je podmíněný stimulus často prezentován v souvislosti s nepodmíněným (zvonek těsně před podáváním potravy) vytvoří se mezi těmito stimuly asociace. Důsledkem této asociace je podmíněná reakce na původně neutrální stimulus (zvonek) shodná s reakcí na nepodmíněný stimulus (slinění).

Dalším typem je tzv. operantní podmiňování (Shettleworth, 1998). Princip operantního podmiňování spočívá v tom, že živočich musí adekvátně reagovat na původně neutrální stimulus, aby došlo k prezentaci nepodmíněného stimulu (podání potravy). Živočich zpočátku jedná neuvědoměle, teprve po opakované správné reakci na stimulus následované podáním potravy dochází k asociaci této reakce s potravou. Kromě podání potravy za správnou reakci na stimulus může být v experimentálních podmínkách živočich trestán za špatnou reakci (nepříjemný zvuk, elektrické šoky). Experimenty využívající operantní podmiňování jsou nejčastěji prováděny v tzv. Skinnerově boxu (viz Metody). Například v experimentech popisovaných v této práci musí holub reagovat správným způsobem (klováním) na přítomnost vizuálního stimulu, aby mu byl umožněn přístup k potravě. Za špatnou odpověď je zde někdy trestán zhasnutím osvětlení na určitou dobu (podrobněji viz Metody).

Cíle práce

Tato práce se pokouší shrnout a porovnat výsledky experimentů zabývajících se kategorizací vizuálních stimulů u ptáků, s cílem odhalit mechanismy, které kategorizaci umožňují. Práce se zaměřuje na experimenty založené na operantním podmiňování, tj. ptáci se v nich učí adekvátní reakce na prezentované stimuly a pak je aplikují na nové stimuly stejných kategorií (generalizace). Zdaleka nejpoužívanějším ptákem je v tomto typu experimentů holub domácí (*Columba livia*), jiné druhy ptáků se objevují zřídka (např. Brown & Dooling, 1993). Vynechána je v této práci většina experimentálních výzkumů přirozených reakcí (jak v terénu, tak i v laboratoři).

První část práce stručně popisuje metody v tomto typu experimentů používané. Druhá část se zaměřuje na kategorizační experimenty, které využívají jednoduché kresby a snaží se odhalit znaky odpovědné za úspěšnou kategorizaci těchto stimulů. Třetí část popisuje a porovnává experimenty využívající komplexní fotografie snažící se odhalit podstatu formování konceptu komplexních a variabilních kategorií. Kresby mají v porovnání s fotografiemi výhodu v jednoduchosti. Umožňují snazší identifikaci konkrétních znaků využívaných pro kategorizaci a snazší manipulaci s těmito znaky. Na druhou stranu jsou pouhým abstraktním shlukem znaků, takže je obtížné zobecňovat závěry s jejich pomocí vytvořené na komplexnější stimuly. Fotografie svou komplexitou více odpovídají reálnému prostředí, není však jednoznačně prokázáno, zda nejsou pro ptáky také pouhým shlukem abstraktních znaků. Otázkou, zda jsou ptáci schopni vnímat souvislost mezi reálným prostředím a jeho zobrazením na fotografii, se zabývá čtvrtá část této práce.

Metody

Skinnerův box

Skinnerův box (*operant conditioning chamber*) je zařízení široce využívané pro studium operantního podmiňování u ptáků i savců. Box v úpravě pro studium vizuální kategorizace u ptáků obsahuje v čelní stěně prostor pro prezentaci stimulů. Jedná se buď o plochu (monitor), na kterou jsou promítány fotografie nebo kresby (Herrnstein et al. 1976, Vaughan & Greene, 1984, Cerella, 1979), nebo o průzor, za kterým jsou prezentovány reálné objekty (Lumsden, 1977, Spetch & Friedman, 2006). V blízkosti plochy pro prezentaci stimulů se nachází odpověďové tlačítko (*response key*), které zaznamenává odpovědi v podobě klování (Siegel & Honig, 1970, Herrnstein et al. 1976, Vaughan & Greene, 1984). Odpověďové tlačítko může být kombinováno přímo s plochou pro prezentaci stimulů, holub pak odpovídá klováním přímo do zobrazeného stimulu (Lumsden, 1977, Watanabe et al., 1995), v modernější verzi se takto využívá dotyková obrazovka (Aust & Huber, 2001, 2002). Ve spodní části stěny boxu se nachází krmítko poskytující přístup k potravě jako odměnu za správnou odpověď zaznamenanou odpověďovým tlačítkem.

Obecný design kategorizačních experimentů

Všechny kategorizační experimenty založené na operantním podmiňování mají tři fáze. Ve fázi pretréninku si pták zvyká na prostředí Skinnerova boxu, učí se vybírat potravu z krmítka a klovat do odpověďového tlačítka (tlačítek). Během této fáze je odměňováno každé klovnutí do odpověďového tlačítka.

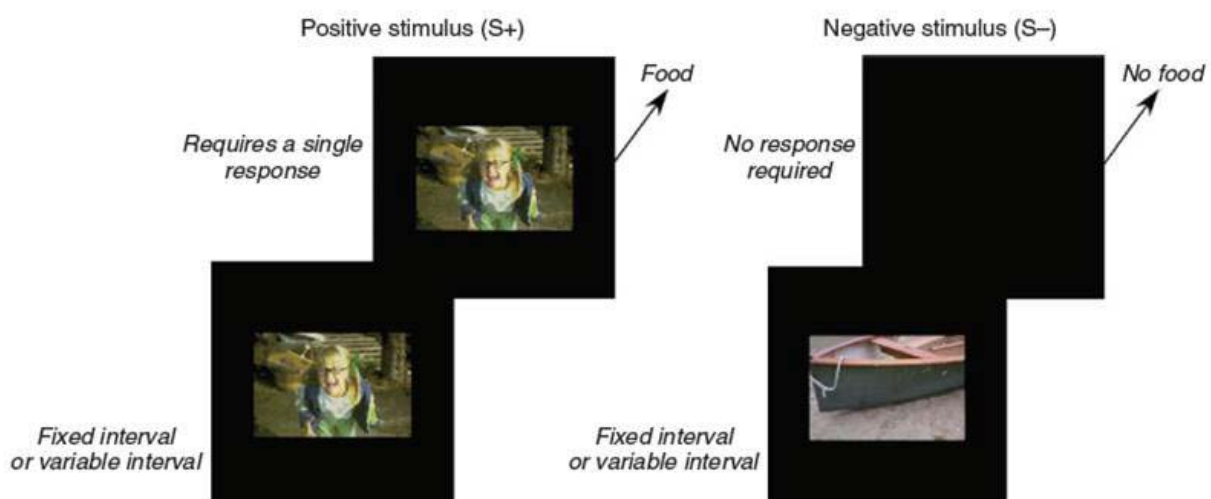
Ve fázi tréninku jsou prezentovány stimuly různých kategorií. Podle příslušnosti stimulu k určité kategorii se pták učí odpovídat určitým způsobem (viz níže). Za správnou odpověď je odměňován časově omezeným přístupem k potravě v krmítku. Za špatnou odpověď je někdy trestán zhasnutím osvětlení boxu a nucen „opravit“ svou odpověď na opakovanou prezentaci téhož stimulu (*correction trial*). Každá denní experimentální relace (*session*) obsahuje prezentaci určitého počtu stimulů (*trial*) všech kategorií prezentovaných v náhodném pořadí. V průběhu tréninku tak pták získává povědomí o jednotlivých kategoriích a vlastnostech, které je definují, a postupně zvyšuje úspěšnost kategorizace. Trénink probíhá,

dokud není dosaženo určité, předem stanovené úrovně úspěšnosti, která jasně dokazuje, že se pták dostatečně vypořádal s předloženou úlohou.

Poté, co se pták dostatečně dobře naučí kategorizovat tréninkové stimuly, postupuje do testové fáze experimentu. V ní jsou mu prezentovány nové stimuly náležející do kategorií naučených v tréninku. Pokud pták odpovídá na tyto stimuly stejným způsobem jako na zástupce tréninkových kategorií, prokáže schopnost generalizace naučené kategorizace na neznámé zástupce příslušných kategorií. Nebo mohou být testové stimuly určitým způsobem upraveny a sleduje se, do jaké kategorie je pták zařazuje. Na základě jeho reakce je možné určit strukturu stimulu, které ovlivňují identifikaci jednotlivých kategorií.

Schémata odpovídání v kategorizačních experimentech

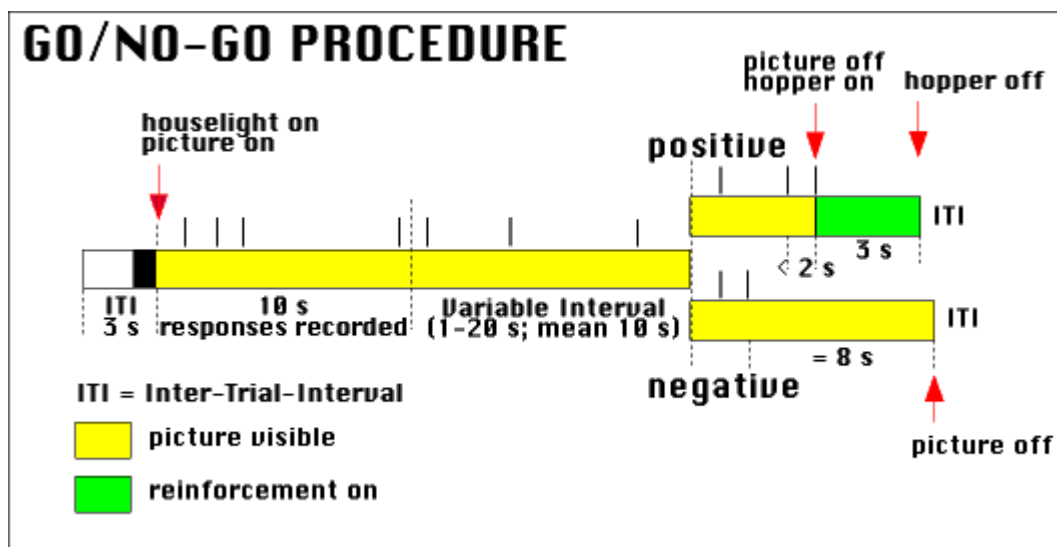
Kategorizační experimenty využívají různé postupy, jak testovaný subjekt odpovídá na prezentované stimuly. Nejjednodušším a nejpoužívanějším postupem je tzv. *successive go/no-go procedure* (Herrnstein & Loveland, 1964, Herrnstein et al., 1976, Cerella, 1980, Lazareva & Wasserman, 2008). Jeho podstatou je použití stimulů dvou kategorií – pozitivní (S+) a negativní (S-), (obr. 1). Každý stimulus je prezentován samostatně. Prezentace pozitivní kategorie vyžaduje odpověď klováním do odpověďového tlačítka, která je následována odměnou. Negativní kategorie vyžaduje jako správnou odpověď neodpovídat klováním po dobu určitého intervalu (tzv. fáze *extinction*) a není v žádném případě následována odměnou. U stimulů, které rozezná jako zástupce negativní kategorie, ztrácí pták



Obr. 1: Jednoduché schéma *successive go/no-go procedure* (Lazareva & Wasserman, 2008).

tendenci odpovídat klováním, u stimulů pozitivní kategorie naopak klove intenzivně. Porovnáním intenzity klovaní lze jednoduše určit, do které z kategorií pták zařazuje prezentovaný stimulus.

Obrázek 2 detailně zobrazuje nejpoužívanější modifikaci *successive go/no-go procedure* (Herrnstein et al., 1976, Vaughan & Greene, 1984, Huber, 2001). Schéma zobrazuje průběh prezentace jednoho stimulu (trial). Počáteční fáze prezentace stimulu jsou shodné bez ohledu na jeho příslušnost k určité kategorii. Během prvních 10 sekund prezentace stimulu (*fixed interval*) jsou zaznamenávána všechna klovnutí do odpověďového tlačítka, ale neovlivňují způsob prezentace stimulu. Následuje proměnlivý *variable interval* (VI), jehož úkolem je zajistit náhodnou délku prezentace stimulu. Po uplynutí VI se další postup liší podle příslušnosti stimulu k jedné z kategorií. V případě prezentace pozitivního stimulu je vyžadováno dosažení určité frekvence klovaní (na obr. 2 nejméně dvě klovnutí během dvou sekund), které je následováno zmizením stimulu a odměnou (*reinforcement*). V případě prezentace negativního stimulu je vyžadováno po určitou dobu neodpovídat (zde osm sekund). Teprve pak dojde ke zmizení stimulu, ale bez odměny (*extinction*). Nesprávná odpověď v této fázi prodlužuje prezentaci stimulu. Prezentaci jednotlivých stimulů odděluje tzv. *inter-trial interval* (ITI), po němž se celý cyklus opakuje s dalším stimulem. Pták je schopen naučit se kritéria odpovídání na jednotlivé kategorie během závěrečné fáze, ale kvůli přítomnosti VI neví, kdy tato fáze nastává. Postupným učením získá tendenci klovat intenzivně nebo klovat minimálně (ale klove i při prezentaci negativního stimulu) v průběhu celé prezentace stimulu, včetně počáteční fáze, ve které jsou zaznamenávána klovnutí. Zaznamenaná klovnutí jsou pak porovnávána. Statisticky signifikantní rozdíl v intenzitě

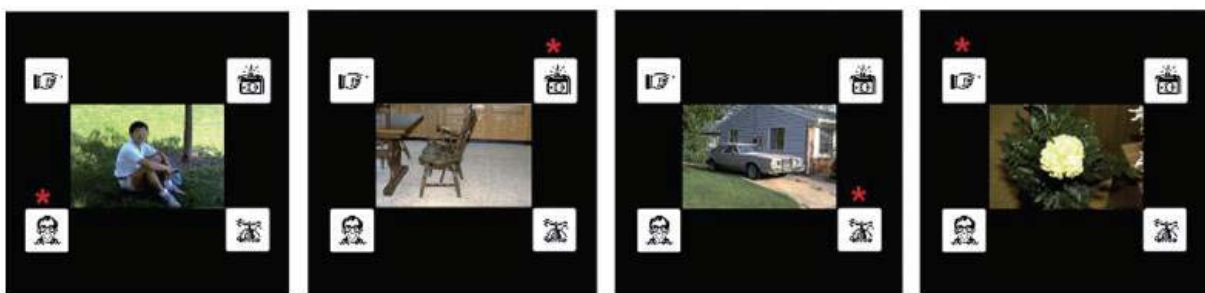


Obr. 2: Detailnější schéma *successive go/no-go procedure* (Huber, 2001). Svislé černé linky znázorňují jednotlivá klovnutí.

klování pro obě kategorie znamená, že se pták naučil dané kategorie diskriminovat.

Přítomnost fáze *extinction* může negativně ovlivnit pozornost, kterou ptáci věnují prezentovaným stimulům (Siegel & Honig, 1970, Bhatt et al., 1988). Postupem, který tuto nevýhodu odstraní, může být tzv. *simultaneous go/no-go procedure* (Siegel & Honig, 1970, Spetch & Friedman, 2006), kdy jsou prezentovány najednou stimuly z obou kategorií, a pták odpovídá klováním do stimulu pozitivní kategorie. V tomto případě je tedy odměňován při každé prezentaci stimulů a fáze *extinction* zde odpadá.

Další nevýhodou *go/no-go procedure* je omezení jejího použití pouze na experimenty pracující s dvěma kategoriemi. Alternativou je tzv. *multiple-alternative forced-choice procedure* (Bhatt et al., 1988), která teoreticky umožňuje pracovat s libovolným počtem kategorií. Bhatt et al. (1988) využívá ve svém experimentu *4-alternative forced-choice procedure* (obr. 3), umožňující pracovat se čtyřmi kategoriemi stimulů. Okolo plochy, na níž jsou prezentovány stimuly, je v každém rohu jedno odpověďové tlačítko (*response key*). Jednotlivá tlačítka jsou různě zbarvena, nebo označena určitým znakem (nesouvisející přímo s testovanými kategoriemi). Každé tlačítko odpovídá jedné kategorii testovaných stimulů. Při prezentaci stimulu se po dosažení určitého počtu klovnutí přímo do obrázku (tzv. *observing response*) rozsvítí 4 rohová odpověďová tlačítka. Klovnutí do správného tlačítka otevře přístup k odměně, po chybné odpovědi následuje trest v podobě zhasnutí na určitou dobu a stimulus je opět prezentován jako *correction trial*. Prezentace dalšího stimulu je oddělena *inter-trial* intervalem.



Obr. 3: Schéma *4-alternative forced-choice procedure* (Lazareva & Wasserman, 2008). Hvězdičky označují správné odpověďové tlačítko náležející každé ze čtyř kategorií.

Kategorizace kreseb jednoduchých objektů

Základní teorie kategorizace

Proces, kterým živočichové vytvářejí kategorie objektů, se pokouší vysvětlit dvě protichůdné teorie. V případě ptáků jsou obě podloženy experimentálními důkazy získanými z experimentů s kresbami jednoduchých objektů.

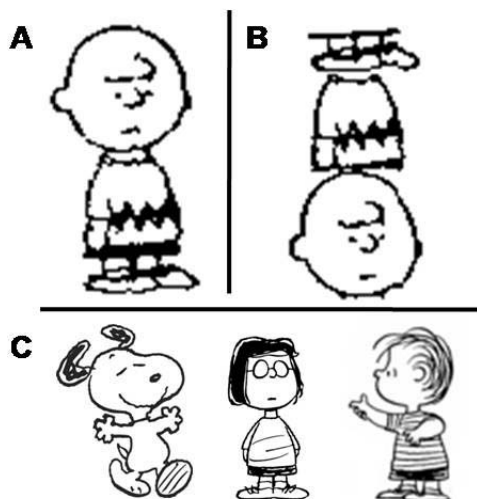
První z nich, *particulate feature theory* (PFT), byla vytvořena na základě experimentů s ptáky (Cerella, 1986). Tato teorie říká, že ptáci vidí objekty jako neorganizovaný soubor abstraktních lokálních znaků. Pro vizuální kategorizaci objektů pak používají pouze informaci o přítomnosti těchto lokálních znaků. Další zásadní vlastnosti objektu, jako je například vzájemná poloha lokálních znaků nejsou schopni efektivně využít pro kategorizaci.

Druhá teorie, *recognition by components* (RBC), byla vytvořena na základě experimentů s lidmi (Biederman, 1987). Podle ní se každý objekt skládá z několika základních geometrických tvarů, nazývaných *geony*. *Geonů* existuje omezené množství, ale je možné z nich vytvořit všechny existující objekty. Každý objekt je definován jak obsaženými *geony* (lokální znaky), tak jejich vzájemnou polohou. Tato skutečnost umožňuje obrovské množství kombinací, ale je v zásadním rozporu s předchozí teorií.

Experimenty podporující *particulate feature theory*

Experimentální důkazy pro PFT přinesl jako první Cerella (1977, 1979, 1980). V základním tréninku experimentu Cerelly (1980) holubi rozlišovali v *successive go/no-go procedure* mezi dvěma kategoriemi stimulů. Pozitivní kategorii tvořila kresba Charlieho Browna (obr. 4A), hrdiny amerického komiksového seriálu Peanuts, v různých postojích a oděvech. Negativní kategorii tvořily kresby několika dalších postav z téhož komiksu (obr. 4C). V následujícím testu pak byly kresby Charlieho Browna upraveny. Každý obrázek byl příčně rozdělen na tři části – hlavu, trup a nohy. Tyto části pak byly zkombinovány v novém pořadí (*scrambling*) tak, že žádné dvě v originálu spojené části nyní spojeny nebyly (např. hlava nikdy nebyla hned nad trupem, atd.). Všechny části zůstávaly ve stejné orientaci, změněna byla pouze vzájemná poloha jednotlivých částí (obr. 4B).

Holubi reagovali na upravené obrázky stejně jako na původní neupravené kresby Charlieho Browna, zamíchání jednotlivých částí těla tedy nemělo žádný efekt na kategorizaci

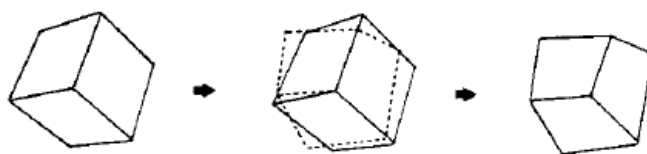


Obr. 4: Příklady stimulů použitých Cerellou (1980):
 A) příklad originální verze stimulu pozitivní kategorie,
 B) příklad upraveného testového stimulu,
 C) příklady některých postav použitých jako stimuly negativní kategorie.

stimulů. To podle Cerelly (l.c.) znamená, že diskriminace nezávisí na globálních znacích obrázků (vzájemná poloha jednotlivých částí), které byly úpravou zcela potlačeny, ale výhradně na přítomnosti lokálních znaků, které zde zůstaly kompletně zachovány. Pro holuby jsou jednotlivé obrázky souborem mnoha lokálních znaků, přitom k úspěšné diskriminaci postačuje pouze samotná přítomnost těchto znaků a nezáleží na jejich absolutní ani relativní poloze.

V další části experimentu Cerella (l.c.) byla postava Charlieho Browna na některých obrázcích částečně zakryta. Zakrytí postavy způsobilo pouze minimální pokles úspěšnosti. Z toho Cerella (l.c.) odvodil, že pro úspěšnou kategorizaci nejsou nutné všechny znaky přítomné na originálním stimulu.

Předchozí závěry o vlivu lokálních a globálních znaků pro kategorizaci potvrzují i další experimenty Cerelly (1977, 1979). V první z prací (Cerella 1977) měli holubi rozlišovat mezi dvěma kategoriemi kreseb krychleí prezentovaných z různých úhlů pohledu. Pozitivní kategorii tvořily krychle neporušené, negativní kategorií byly zdeformované krychle (obr. 5). Tyto kresby byly shodné v obsahu lokálních znaků (útvary tvořené stykem hran na vrcholech). Odlišovaly se od sebe pouze vzájemnými vztahy těchto znaků. Holubi nedokázali v experimentu rozlišit mezi těmito dvěma kategoriemi stimulů ani po intenzivním tréninku.



Obr. 5: Příklady stimulů použitých v experimentu Cerelly (1977). Vlevo krychle jako pozitivní kategorie, vpravo deformovaná krychle jako negativní kategorie, uprostřed způsob vytvoření deformované krychle z původní. V experimentu použito více úhlů pohledu na objekty.

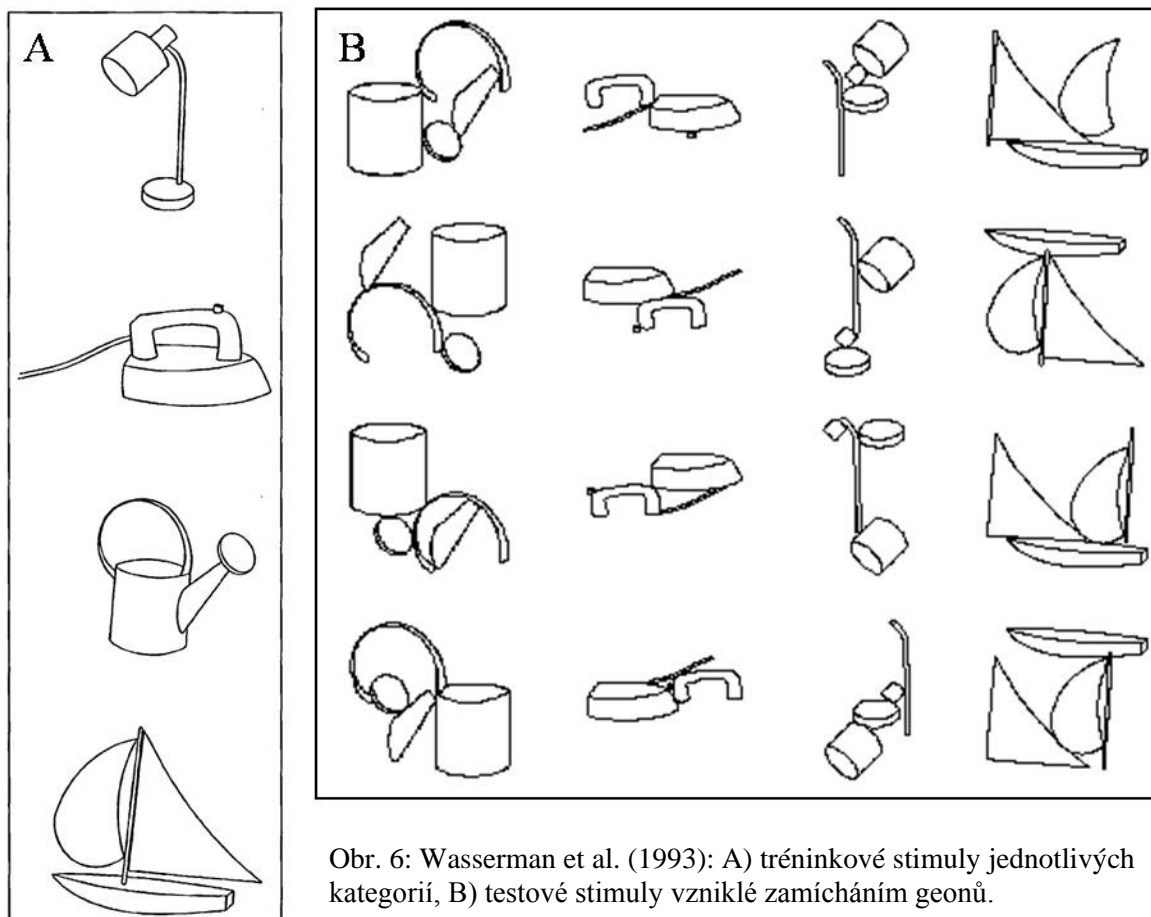
V druhém experimentu (Cerella, 1979) měli holubi nejprve za úkol rozlišovat mezi kresbou dubového listu (pozitivní kategorie) a kresbami listů jiných druhů stromů. Dubový list byl díky svým typickým lalokům (lokální znak) snadno odlišitelný od ostatních. V další fázi experimentu byly přidány kresby jiných forem listu téhož druhu, které obsahují podobné laloky, ale v jiném vzájemném uspořádání. Tyto nové listy holubi snadno zařadili do stejné kategorie jako původní kresbu dubového listu, na základě přítomnosti stejných lokálních znaků, ale v dalším experimentu je od původní kresby nedokázali odlišit (Cerella, l.c.). Vzájemné odlišení kreseb jednotlivých dubových listů vyžaduje schopnost vnímat rozdíly ve vzájemné poloze lokálních znaků, což holubi v tomto experimentu nedokázali.

Experimenty podporující teorii *recognition by components*

Použití RBC ptáky poprvé testoval Wasserman et al. (1993). V experimentu použil jednoduché kresby čtyř předmětů – lampa, žehlička, konev a plachetnice (obr. 6A). Každou z těchto kreseb je možné rozdělit na čtyři různé jednoduché *geony*. Holubi se naučili kategorizovat tyto čtyři předměty v *4-alternative forced-choice procedure*. Každý ze čtyř kategorizovaných předmětů byl následně rozdělen na jednotlivé *geony* a jejich vzájemná poloha byla změněna (*scrambling*). Z každého tréninkového stimulu takto vznikly čtyři testové stimuly lišící se způsobem zamíchání *geonů* (obr. 6B). Upravené verze jednoho tréninkového stimulu se odlišovaly pouze polohou jednotlivých *geonů* (nebyly otáčeny ani převráceny). Výsledky experimentu ukázaly prudké zhoršení úspěšnosti při kategorizaci upravených stimulů, úspěšnost kategorizace známých stimulů byla 80%, zatímco úspěšnost kategorizace zamíchaných stimulů jen 52%, avšak stále signifikantně nad hranicí náhodného výběru, která je pro 4 kategorie 25%. Výsledky znamenají, že holubi jsou sice schopni kategorizace na základě přítomnosti *geonů*, avšak značný propad úspěšnosti ukazuje i na zásadní vliv vzájemné polohy jednotlivých *geonů*.

V dalším experimentu (Wasserman et al., l.c.) se každý ze čtyř holubů (jiní než v předchozím) učil rozlišovat jen mezi jednotlivými polohou *geonů* se lišícími verzemi jedné kategorie (obr. 6B), tedy kategorizované stimuly se od sebe lišily pouze informací o prostorovém uspořádání lokálních znaků. Holubi byli schopni se tuto úlohu naučit stejně rychle jako rozlišování originálních kreseb (obr. 6A) a potvrdili tak zásadní roli prostorové organizace lokálních znaků v kategorizaci objektů.

Výsledky Wassermana et al. (1993) potvrdil experiment Kirkpatrick-Steger et al. (1996). Pět holubů bylo trénováno na kategorizaci stejných kreseb (obr. 6A). Poté byli testováni na kategorizaci osmi zamíchaných verzí každé z kreseb, čtyř shodných s Wasserman et al. (1993) a čtyř nových. Experiment potvrdil, že ptáci kategorizují stimuly na základě identifikace jednotlivých *geonů* i jejich prostorových vztahů. Dále ukázal, že jednotlivé zamíchané verze jednoho originálního stimulu nejsou kategorizovány stejně úspěšně (rozptyl 29-91,5%) a že jsou zde i značné individuální rozdíly (rozptyl 0-100%). Analýza ukázala v některých případech preferenci polohy jednoho konkrétního *geonu* vzhledem k ostatním, nebo vliv vzájemné polohy dvou určitých *geonů*. Například v případě obrázku plachetnice byla pro dva holuby zásadní poloha trupu (trup pod ostatními *geony* znamenal vyšší úspěšnost, trup nad nimi znamenal prudké snížení), pro dalšího vzájemná poloha obou plachet (opačná pozice plachet způsobila zhoršení) a kategorizaci dvou zbývajících ovlivnily oba případy. Kategorizaci obrázku žehličky ovlivňovala vzájemná poloha držadla a její spodní části (dva ptáci z pěti). Kategorizace lampy byla nejméně úspěšná, když alespoň jeden z dalších *geonů* (podstavec, stínidlo, objímka) byl na vrcholu stojanu a jeden na jeho bázi. Takovéto seskupení nejvíce napodobuje celkový vzhled originální lampy. Kategorizace konve byla pro dva holuby úspěšnější, pokud se držadlo nacházelo nad nádobou.



Obr. 6: Wasserman et al. (1993): A) tréninkové stimuly jednotlivých kategorií, B) testové stimuly vzniklé zamícháním *geonů*.

Jiný způsob, jak dokázat platnost teorie RBC použila Van Hamme et al. (1992). Stimuly byly kresby podobně jako v předchozích případech, ale zde byly pro trénink použity obrázky, ve kterých byla polovina linek smazána (obr. 7 vlevo). Každý stimulus tak obsahoval méně informací než kompletní kresba. Jednotlivé *geony* tvořící obrázek byly pouze naznačeny, žádný z nich nebyl kompletní. V testové části byly prezentovány stimuly zobrazující stejné objekty, ale byly složeny pouze z linek, které chyběly v tréninkových obrázcích. Obsahem znaků tedy byly komplementární k tréninkovým stimulům a společně tvořily kompletní kresbu. Jedna skupina testových stimulů obsahovala znaky v poloze originální kresby (obr. 7 uprostřed). Druhou skupinu testových stimulů tvořily stejné linky jako první, ale byly navíc prostorově zamíchány (obr. 7 vpravo). Pokud by holubi rozpoznávali stimuly pouze na základě přítomnosti lokálních znaků (podle *particulate feature theory* – PFT), neuspěli by v testu, protože testové stimuly nesdílí s tréninkovými vůbec žádné lokální znaky. Kategorizaci tréninkových stimulů se holubi naučili s úspěšností průměrně 84%. Kategorizaci komplementárních testových stimulů zvládli s úspěšností 69,5%, což je výsledek signifikantně nižší než pro tréninkové stimuly, ale stále dostatečně nad úroveň náhody ($p < 0,01$). Tento výsledek ukazuje, že holubi jsou schopni „domyslet“ si *geony* tvořící stimulus podle linek komplementárních k již známým z tréninku na základě jejich relativní polohy (Van Hamme et al., 1992). Vliv vzájemné polohy znaků potvrdil i propad v úspěšnosti kategorizace stimulů se zamíchanými znaky (37%). Tyto se od komplementárních lišily pouze prostorovými vztahy mezi znaky (obr. 7), obsažené lokální znaky zde byly naprosto stejné.

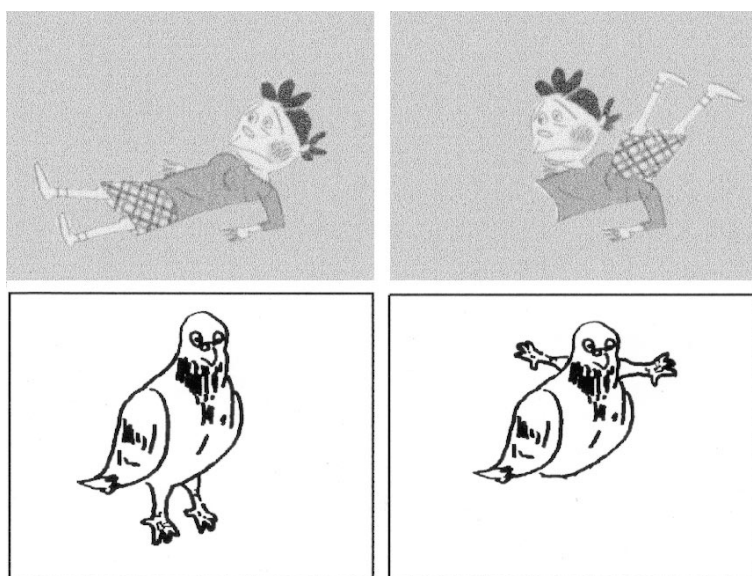
Význam vzájemných prostorových vztahů potvrdil další experiment Van Hamme et al. (1992), kdy byly testovány zamíchané verze tréninkových stimulů. Tyto zamíchané verze obsahovaly lokální znaky důvěrně známé z tréninku. Podle PFT by úspěšnost kategorizace měla zůstat vysoká i přes zamíchání lokálních znaků, které však stále zůstávají přítomny. Zamíchání však zničilo prostorové vztahy umožňující z kresby analyzovat jednotlivé *geony*, takže kategorizace zamíchaných kreseb by podle RBC by neměla být možná. Značné snížení úspěšnosti v testu prokázalo nedostatečnost informace poskytované pouhou přítomností lokálních znaků. Výsledky obou experimentů tedy naplňují předpoklady teorie *recognition-by-components* a naopak vyvrací PFT (Van Hamme et al., 1992).



Obr. 7: Příklady stimulů použitých Van Hamme et al. (1992): vlevo tréninkový stimulus; uprostřed testový stimulus; vpravo zamíchaný testový stimulus.

Další testování využití PFT a RBC

Rozpor mezi studii dokládajícími využití PFT a RBC se pokusil objasnit Watanabe (2001a). Ve svém experimentu vytvořil čtyři kategorizační úlohy lišící se typem stimulů, přičemž každou z nich testoval na jiné skupině holubů. V každé úloze bylo jejich úkolem kategorizovat mezi dvěma kategoriemi v *successive go/no-go procedure*. Prvním typem stimulů byly kresby lidí. Pozitivní kategorii tvořily kreslené obrázky japonské komiksově postavy Sazae San (obr. 8, nahoře), negativní kategorii tvořily postavy ze stejného komiksu. Tyto obrázky byly barevné, postavy byly v různých polohách a postojích na jednotném zeleném pozadí. Dalším typem stimulu byly kresby ptáků. Pozitivní kategorií byly kresby holubů, negativní kresby jiných ptáků. Stimuly byly získány z japonské knihy Arashi a jednalo se pouze o černobílé kresby (obr. 8, dole). Dalšími dvěma typy stimulů byly barevné fotografie. Jeden typ byly fotografie lidí, jeden konkrétní člověk jako pozitivní, jiní lidé jako negativní kategorie. Druhý typ byly fotografie holubů jako pozitivní a fotografie jiných druhů ptáků jako negativní kategorie. Fotografie obsahovaly pouze postavu nebo ptáka na neutrálním zeleném pozadí. Testována byla schopnost holubů generalizovat kategorizaci naučenou v tréninku na nové obrázky nebo fotografie pozitivní kategorie. Některé pozitivní stimuly již známé z tréninku byly upraveny. Objekty znázorněné na těchto stimulech byly rozděleny na jednotlivé části těla, které pak byly vzájemně prostorově přeorganizovány (obr. 8, vpravo), u fotografií podobně jako u kreseb. Jednotlivé části mohly být otáčeny (na rozdíl od stimulů použitých Cerellou, 1980), všechny však byly spojeny, žádná část



Obr. 1: Příklady stimulů použitých Watanabem (2001a) jako pozitivní kategorie pro kategorizaci kreseb lidí (nahore) a ptáků (dole). Vlevo originální tréninkové stimuly, vpravo stimuly upravené zamícháním jednotlivých částí. Kresby lidí použité v experimentu byly barevné.

nebyla separována od ostatních.

Výsledky experimentu byly velmi různorodé. Úspěšnost kategorizace zamíchaných verzí fotografií byla u lidí i holubů nižší než kategorizace zamíchaných kreseb. Watanabe (2001a) tento rozdíl vysvětluje možností, že holubi vidí postavy na fotografiích jako reprezentanty reálných holubů a lidí. Zamíchané verze těchto fotografií pak na holuby působily nereálně a tím je mátlý v odpovídání.

Vyšší propad u fotografií holubů než lidí, vysvětluje autor tím, že jiní holubi jsou pro pokusovaného holuba biologicky bližší kategorií než lidé, proto je nerealistický obraz více mate. Možnost, že na fotografiích vidí reprezentanty reálných holubů, by také mohla vysvětlovat, proč se holubi ve skupině s fotografiemi holubů a jiných ptáků v tréninku naučili kategorizaci více než dvakrát rychleji než holubi v ostatních skupinách (Watanabe, 2001a). Kategorizaci fotografií lidí se holubi učili déle (srovnatelně s kresbami), přestože by zde měli také vidět spojitost mezi fotografií a realitou jako u fotografií ptáků. Vedle lepší schopnosti holubů poznávat zástupce vlastního druhu, může hrát roli i to, že se v případě fotografií ptáků jedná o mezidruhovou kategorizaci, zatímco u lidí pouze o vnitrodruhovou (Watanabe, 2001a).

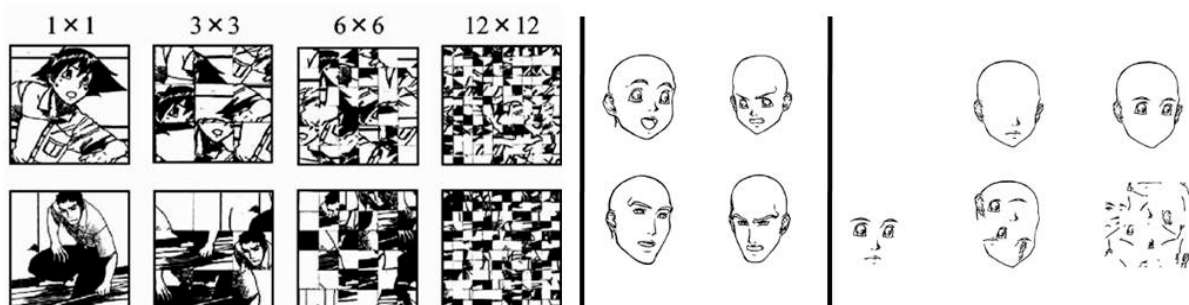
U kreseb lidí i holubů byly zamíchané verze původních tréninkových stimulů kategorizovány úspěšněji než nové stimuly. U zamíchaných verzí kreseb lidí bylo snížení úspěšnosti malé (83%-ní úspěšnost kategorizace zamíchaných stimulů), nebyl tedy zaznamenán žádný významný vliv informace o prostorovém uspořádání jednotlivých částí. Tento výsledek se shoduje s výsledky Cerelly (1980) a podporuje jeho *particulate feature theory*. Naopak u zamíchaných verzí kreseb holubů došlo k mnohem většímu propadu úspěšnosti kategorizace (65%), což naznačuje vliv vzájemných prostorových vztahů na kategorizaci a spíše se blíží výsledkům Wassermana et al. (1993) a Kirkpatrick-Stegerové et al. (1998) a mohlo by tedy podporovat teorii *recognition-by-components*. Watanabe (2001a) ale jednotlivé části nepojmenovává jako *geony*. Nejedná se o skutečné *geony* ve smyslu teorie RBC (Biderman, 1987), která popisuje *geony* jako jednoduché tvary, ze kterých se skládají objekty. Části kreseb, které zde byly přesouvány, jsou spíše shluky *geonů*.

Jaké jsou příčiny takového rozdílu mezi skupinou holubů kategorizujících kresby lidí a skupinou kategorizujících kresby holubů? Vzhledem k tomu, že holubi obou skupin byli testováni stejným způsobem, je nutné je hledat ve struktuře stimulů (obr. 8). Vliv může mít podle Watanabeho (2001a) to, že kresby lidí a holubů vytvořili jiní autoři, tedy jsou kresleny jiným stylem. Navíc kresby lidských postav jsou barevné, což může být zásadní faktor pro kategorizaci. Podle Watanabeho (2001a) vidí každopádně holubi kresby lidí jen jako

neorganizovaný soubor různých znaků a nevnímají prostorové vztahy mezi nimi. Propad úspěšnosti kategorizace kreseb holubů pak naopak svědčí o tom, že holubi v kresbách vidí částečnou spojitost s reálnými ptáky (Watanabe, 2001a), tudíž jsou zamícháním zmateni. Je však pravděpodobnější, že v kresbách holubů vidí holubi také jen pouhý soubor lokálních znaků, ale lokálních znaků zde není dostatek pro úspěšnou kategorizaci (jak je vidět na obr. 8) na rozdíl od kreseb lidí, takže si musí „vypomáhat“ informací o jejich prostorovém uspořádání.

Jiné experimenty na toto téma provedl Matsukawa et al. (2004), který také použil dvě kategorie stimulů a *successive go/no-go procedure*. Dvě kategorie tvořily obrázky dvou odlišných komiksových postav v různých pozicích (jedna jako pozitivní, druhá jako negativní kategorie). Obrázky byly černobílé kresby, na kterých byly vyobrazeny postavy v různých pozicích (obr. 9, vlevo). Pozadí na obrázcích zůstalo zachováno. V testu pak byly obrázky rozděleny na čtverce, které byly náhodně zamíchány (obr. 9, vlevo). Zamíchání čtverců způsobilo fragmentaci některých lokálních znaků kreseb a zlikvidovalo většinu jejich vzájemných prostorových vztahů. Znaky byly více ničeny se zvyšujícím se stupněm fragmentace (obr. 9, vlevo). Se zvyšujícím se stupněm fragmentace také klesala úspěšnost kategorizace. Podle Masukawy (l.c.) tedy holubi pro úspěšnou kategorizaci těchto komplexních stimulů využívají vedle přítomných lokálních znaků také jejich vzájemnou polohu a ztrátu některých lokálních znaků jsou schopni nahradit jinými.

Toto je v rozporu s výsledky Cerelly (1980) i Watanabeho (2001a), kteří použili také kresby lidských postav, ale bez jakýchkoli znaků na pozadí. Právě jejich přítomnost nutí podle Matsukawy et al. (2004) holuby více si všimnout prostorového uspořádání znaků relevantních ke kategorizovaným postavám. Nejzřetelnější znaky pro kategorizaci se nacházely na hlavách kreslených postav (především vlasy), takže kategorizace obrázků,



Obr. 2: Stimuly použité Matsukawou et al. (2004). Vlevo příklady stimulů obou kategorií a různé stupně jejich fragmentace a zamíchání použité v testu. Uprostřed příklad tréninkových stimulů obou kategorií pro experiment zkoumající vliv znaků na hlavách postav. Vpravo příklady testové úpravy stimulů: odstranění očí; odstranění nosu a úst; odstranění obrysu hlavy; zamíchání znaků; fragmentace kresby (6×6) a zamíchání.

kteře obsahovaly pokud možno neporušenou hlavu, byla nejuspěšnější (Matsukawa et al., 2004). I přes značný pokles úspěšnosti u nejvíce fragmentovaných stimulů alespoň částečná schopnost jejich kategorizace přetrvávala, což značí schopnost holubů všimati si i těch nejdrobnějších znaků stimulů, které zůstávají zachovány i přes vysoký stupeň fragmentace a zamíchání (Matsukawa et al., 2004).

Na základě zjištění mimořádného významu znaků nacházejících se na hlavách kreslených postav provedl Matsukawa et al. (2004) ještě další experiment zaměřený právě na tyto znaky. Použité stimuly tvořily pouze kresby hlav obou postav z předchozího experimentu, zbavené vlasů a veškerých znaků z pozadí (obr. 9, uprostřed). Pro test pak byly tyto kresby upraveny smazáním nebo zamícháním jednotlivých částí (obr. 9, vpravo). Největší efekt na snížení úspěšnosti měly kresby s vymazanými očima a obočím. Z příkladů stimulů na obr. 9 (uprostřed) je zřejmé, že obě tváře se zřetelně odlišují tvarem očí, zatímco například tvar úst je dosti variabilní i v rámci jedné tváře, takže je možné, že právě na oči se holubi nejvíce zaměřovali při kategorizaci stimulů (Matsukawa et al., 2004). Naopak odstranění obrysu hlavy úspěšnost příliš neovlivnilo, přitom je z obr. 9 (uprostřed) vidět, že obě tváře se právě tvarem hlavy dosti liší, takže i toto by mohl být klíčový znak pro kategorizaci. Zajímavý je výsledek kategorizace stimulů se zamíchanými lokálními znaky tváře (mimo obrysu, obr. 9 vpravo). Úspěšnost jednoho z holubů nebyla zamícháním vůbec ovlivněna a dobře zvládal i kategorizaci fragmentovaných stimulů, což znamená, že pro kategorizaci použil pouze přítomnost lokálních znaků, ale už ne jejich vzájemnou polohu, a tím podpořil výsledky Cerelly (1980). Ale dva holubi naopak u stejných stimulů prokázali snížením úspěšnosti kategorizace vliv informace o prostorovém uspořádání (Matsukawa et al., 2004). Možným vysvětlením je, že se každý holub v tréninku zaměřuje na jiné charakteristické znaky stimulu. Při kategorizaci v tréninku jsou tyto rozdílné strategie rovnocenné, pokud však dojde ke změnám ve stimulech, může některá z nich selhat a jiná se naopak projevit jako úspěšná.

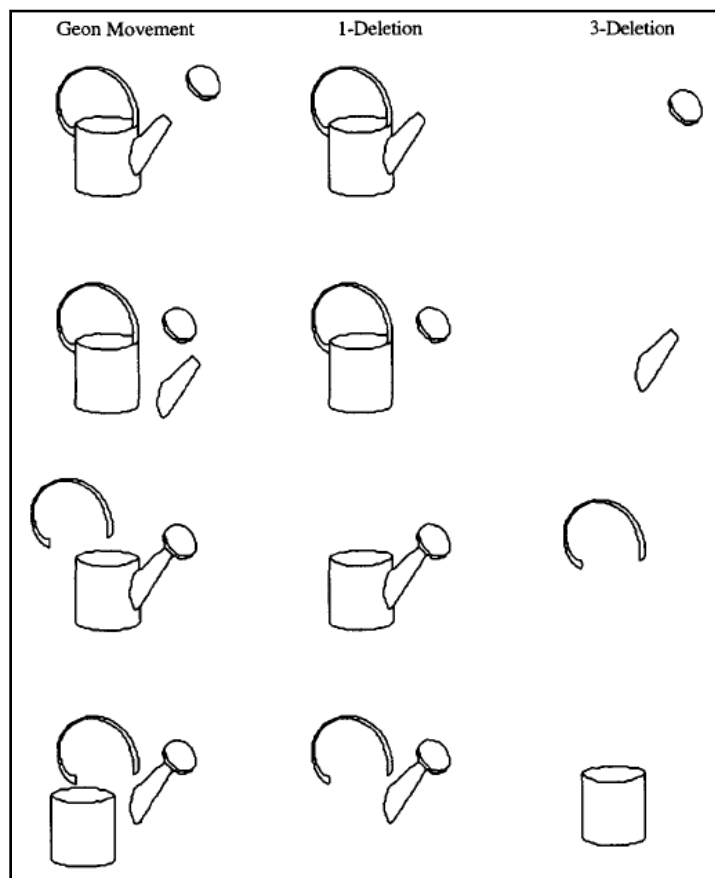
Manipulace s *geony*

Jednotlivé *geony*, ze kterých se skládají objekty, se od sebe liší svým tvarem a relativní velikostí. Je pravděpodobné, že odlišné *geony* budou mít i odlišný význam pro kategorizaci objektů. Výše popsaný experiment (Kirkpatrick-Steger et al., 1996) odhalil, že vzájemná poloha některých *geonů* má vyšší vliv na kategorizaci než poloha jiných *geonů*. Další experimenty Kirkpatrick-Steger et al. (1998) se zabývaly zejména vlivem přítomnosti

jednotlivých *geonů* na kategorizaci (tj. zda je k úspěšné kategorizaci nutná přítomnost všech *geonů* originálního stimulu) a vlivem dodatečných znaků vytvářených v místech, kde se jednotlivé *geony* dotýkají. Předchozí práce (Wasserman et al., 1993, Kirkpatrick-Steger et al., 1996) tyto faktory víceméně opomíjely a soustředily se především na celé *geony* a jejich prostorové vztahy.

Holubi byli opět trénováni v kategorizaci čtyř jednoduchých kreseb (obr. 6A). Následně byli postupně testováni na různým způsobem manipulovaných originálních stimulech.

Obrázek 10 zobrazuje příklad úpravy stimulů pro porovnání vlivu jednotlivých *geonů* na úspěšnost kategorizace použitých Kirkpatrick-Steger et al. (1998). Buď byl jeden z *geonů* posunut směrem od ostatních, takže byl přerušen jakýkoli kontakt mezi nimi, ale tento *geon* zde stále zůstával přítomen (*geon-movement*). Nebo byl jeden *geon* zcela odstraněn (*1-deletion*). V obou těchto případech zůstaly ostatní *geony* přítomny, zachovány zůstaly i jejich vzájemné prostorové vztahy. Ve třetí modifikaci byl vždy ponechán jen jeden z *geonů* ve stejné absolutní poloze, jakou měl v původním stimulu (*3-deletion*). Pokud je některý z *geonů* sám dostačující k úspěšné kategorizaci, bude v případě zachování tohoto *geonu* úspěšnost srovnatelná s úspěšností kategorizace původního neporušeného stimulu. Pokud je

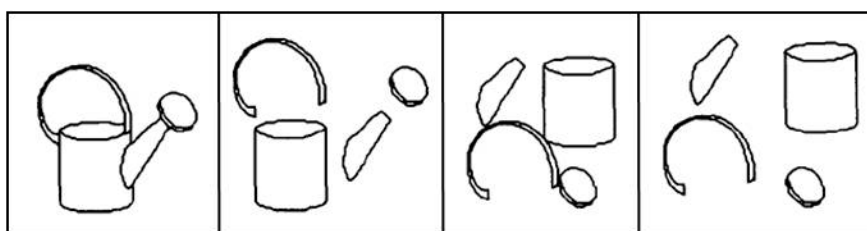


Obr. 10: Příklady úpravy stimulů použitých Kirkpatrick-Steget et al. (1998): posunutí, odstranění a ponechání jednoho z *geonů*.

některý *geon* pro kategorizaci konkrétní kresby nepostradatelný, bude mít jeho nepřítomnost v *1-deletion* testu fatální dopad na úspěšnost. *Geon-movement* může pomoci objasnit vliv relativní polohy jednoho konkrétního geonu vzhledem k ostatním. Výsledky ukázaly, že posunutí (*geon-movement*) ani odstranění (*1-deletion*) jednoho *geonu* nevedlo k zásadnímu snížení úspěšnosti kategorizace, což znamená, že přítomnost žádného z *geonů* není pro kategorizaci bezpodmínečně nutná, kategorizace tedy závisí na více znacích stimulu. Ponechání pouze jediného *geonu* (*3-deletion*) způsobilo značné snížení úspěšnosti (průměrná úspěšnost – 49%). To znamená, že žádný *geon* sám o sobě nestačí k úspěšné kategorizaci.

Podle autorů experimentu je tedy ke kategorizaci nutná přítomnost nejméně dvou *geonů*. Avšak úspěšnost kategorizace podle jednoho *geonu* nebyla pro všechny *geony* stejná. Některé zaznamenaly její totální propad, nejméně u jednoho *geonu* každé kategorie však významně překročila 25%-ní hranici náhodného výběru, tyto *geony* by se pak daly považovat za dostatečné pro kategorizaci, pokud jsou prezentovány osamoceně. Takový výsledek je logický, protože *geony* se mezi sebou odlišují velikostí i tvarem, některé jsou více specifické pro jednu kresbu, další se naopak mohou více podobat *geonu* z jiné kategorie. Nápadnější a specifičtější *geon* má logicky větší vliv na kategorizaci. Například držadlo konve je v rámci stimulu poměrně velké a svým tvarem se nápadně odlišuje od *geonů* z ostatních kreseb. Zaznamenány byly také individuální rozdíly mezi testovanými ptáky (Kirkpatrick-Steger et al., 1998).

Výsledky experimentu Kirkpatrick-Steger et al. (1998) jsou v souladu s teorií RBC, která předpokládá, že pro úspěšnou kategorizaci není nutná přítomnost všech *geonů* a že žádný *geon* není pro kategorizaci nepostradatelný (Biederman, 1987). Ale výsledky *3-deletion* testu, které ukázaly, že některé *geony* samotné umožňují úspěšnou kategorizaci, této teorii odporují, především proto, že samotný *geon* neposkytuje žádnou informaci o jejich vzájemné poloze a vystupuje tedy spíše jako jednotlivý znak. Je to však patrně způsobeno charakterem experimentu, ve kterém jsou zahrnuty pouze čtyři kategorie jednoduchých kreseb, které vždy obsahují některé *geony* specifické právě pro jednu z kategorií (Kirkpatrick-Steger et al., 1998).



Obr. 11: Příklady úpravy stimulů použitých Kirkpatrick-Steget et al. (1998): originální stimulus; originální stimulus s oddálenými geony; zamíchaný stimulus; zamíchaný stimulus s oddálenými geony.

Je také možné, že holubi vnímají i jiné znaky vyskytující se na kategorizovaných stimulech než jednotlivé *geony* a jejich prostorové vztahy (Wasserman et al., 1993). Například na místech, kde se *geony* dotýkají, se vytvářejí různé kombinace linií (*geon intersections*). Pokud jsou tyto znaky dostatečně nápadné a specifické pro některou kategorii, mohou být využívány pro kategorizaci originálních kreseb. Tyto znaky jsou však, podobně jako prostorové vztahy mezi *geony*, zamícháním zničené, tedy nepoužitelné při kategorizaci upravených kreseb. Naopak kontaktem *geonů* v zamíchaných verzích mohou vzniknout jiné, dosud neznámé znaky, které pozorovatele matou a komplikují kategorizaci (Wasserman et al., 1993). Například na některých kresbách na obr. 6B je patrná přítomnost nových *geonů* vytvořených kontaktem tří původních (např. třetí zamíchaný obrázek konve a žehličky a první obrázek lampy obsahují kromě čtyř původních *geonů* i malý trojúhelník). Na otázku, které znaky a do jaké míry ovlivňují kategorizaci těchto stimulů, se pokusily odpovědět další experimenty.

Kirkpatrick-Steger et al. (1998) se zaměřila na vliv těchto znaků. Stimuly byly opět upraveny. V jedné modifikaci byly *geony* v každém stimulu posunuty podobně jako dříve v *geon-movement*, ale tentokrát všechny najednou. Jednotlivé *geony* byly od sebe vzájemně izolovány, takže došlo k potlačení znaků na vzniklých jejich kontaktem, ale jejich relativní poloha v rámci stimulu zůstala zachována (obr. 11). Dále byly použity některé zamíchané verze stimulů z Kirkpatrick-Steger et al. (1996) a jejich úpravy potlačující znaky na místech kontaktu *geonů* (obr. 11). Výsledky ukázaly, že úspěšnost kategorizace zamíchaných verzí stimulů je značně nižší než u původních (původní 88%; zamíchané 61%), ale verze s izolovanými *geony* se od svých vzorů se zachovanými vzájemnými kontakty liší minimálně. *Geon-intersections* tedy nejsou pro ptáky rozhodujícími znaky pro kategorizaci (alespoň u zde použitých kreseb). Nenapomáhají kategorizaci originálních kreseb a ani dále neomezují kategorizaci kreseb, pokud jsou *geony* zamíchány. Vzájemné prostorové vztahy jsou tedy mnohem důležitější, což dále potvrzuje dřívější výsledky (Wasserman et al., 1993, Kirkpatrick-Steger et al., 1996).

Shrnutí

Všechny zde popsané experimenty se pokoušely zjistit, které znaky objektů využívají holubi pro jejich kategorizaci respektive jaký je jejich relativní (v rámci souboru potenciálních znaků) význam. Výsledky jednotlivých experimentů přinášejí velmi rozdílné závěry. Všechny se nicméně shodují na zásadním a nepopiratelném vlivu lokálních znaků, kterými mohou být

jakékoli útvary nebo vzory obsažené v objektu. Mezi experimenty je naopak zásadní rozpor v otázce významu globálních znaků, především pak vzájemné prostorové organizace lokálních znaků, která je odpovědná i za celkový tvar objektu.

Mezi experimenty popírajícími a potvrzujícími roli globálních znaků je mnoho rozdílů. Odlišný je již způsob testování. Cerella (1979, 1980) a Watanabe (2001a) použili dvě kategorie stimulů a *successive go/no-go procedure*. Pozitivní kategorii tvořila jedna konkrétní struktura (dubový list, Charlie Brown, Sazae San) s drobnými odchylkami v jednotlivých stimulech (např. různé postoje a oděvy Charlieho Browna a Sazae San). Všechny stimuly se nicméně shodovaly v obsahu relevantních znaků. Negativní kategorie byla naproti tomu tvořena souborem více odlišných struktur (různé druhy listů, více komiksových postav). Byla tedy mnohem variabilnější než pozitivní kategorie a každý stimulus mohl mít odlišnou sadu lokálních znaků. Naproti tomu Wasserman et al. (1993) a další (Van Hamme et al., 1992, Kirkpatrick-Steger et al., 1996, 1998) použili čtyři kategorie a *4-alternative forced-choice procedure*. Všechny čtyři kategorie byly jasně definované svými lokálními znaky, takže kategorie si byly z tohoto hlediska rovné. Rovnocenné byly také z hlediska odměny, kdy každá správná odpověď byla odměňována, zatímco v případě *go/no-go* nebyla negativní kategorie odměňována ani za správnou reakci (neodpovídání klováním). Matsukawa et al. (2004) ve svém experimentu sice použil *successive go/no-go procedure*, ale obě kategorie byly rovnocenné svou variabilitou. Navíc, polovina testovaných holubů měla jednu postavu jako pozitivní a druhou jako negativní kategorii a druhá naopak. Na celkovém výsledku experimentu se toto neprojevovalo (Matsukawa et al., 2004).

Výsledky experimentu Cerelly (1980) jednoznačně vyzdvihující roli lokálních znaků mohou mít ještě další příčinu, ukrytou v metodice experimentu. Jeho východiskem je, že pozitivní kategorii tvoří všechny kresby, na kterých se vyskytuje Charlie Brown, zatímco negativní kategorie je vytvořena z kreseb, na kterých Charlie Brown vyobrazen není, jinak se na nich může vyskytovat prakticky cokoliv. Testovaným holubům však byly jako zástupci negativní kategorie prezentovány kresby několika odlišných postav, které poskytují značně variabilní, nicméně stále konečný soubor lokálních znaků. Pokud je holub schopen si tyto znaky zapamatovat, vytvoří pro něj konkrétní uzavřenou kategorii. Reálně pak holub rozlišuje dvě kategorie. Jednu tvoří kresby Charlieho Browna, druhou tvoří kresby jeho „kolegů“. Druhá kategorie je mnohem variabilnější v množství znaků než první, ale jinak si jsou rovnocenné. Pokud má pak holub kategorizovat nějaký modifikovaný stimulus z pozitivní kategorie, například zamíchanou kresbu Charlieho Browna (obr. 4B), může

poznat, že se nejedná o Charlieho Browna, protože ví, že ten má jiné uspořádání znaků (např. hlavu nahoře a ne dole). Pokud by o obou kategoriích platilo východisko uvedené výše, takový stimulus by byl zařazen do kategorie negativní. Pokud by však platila druhá možnost, holub by po pohledu na zamíchanou kresbu usoudil, že se nejedná o stimulus z negativní kategorie, protože neobsahuje dost jejích lokálních znaků, naopak však obsahuje lokální znaky kategorie pozitivní kategorie a zařadil by ho tedy sem. I takto by pak mohl Cerella (1980) dojít ke svým závěrům. Tento problém by se dal vyřešit tím, že by se v rámci negativní kategorie použilo více stimulů s co nejvariabilnějšími lokálními znaky, aby negativní kategorie lépe odpovídala východisku, že obsahuje vše, co není Charlie Brown. Výsledky Cerelly (1980) by toto možná mohlo pozměnit.

Zásadní rozdíly mezi jednotlivými experimenty jsou však především ve stimulech použitých pro kategorizaci. Ve všech případech, kromě fotografií v experimentu Watanabeho (2001a) se jednalo o jednoduché kresby, ve kterých lidský pozorovatel vidí reprezentaci reálných postav lidí (obr. 4, 8 a 9) nebo reálných předmětů (obr. 6). Otázkou je, co v nich ale vidí holubi? Je značně nepravděpodobné, že by například v kresbách předmětů na obrázku 6 holubi viděli reprezentaci reálných objektů, už jen z toho důvodu, že by těžko měli s těmito předměty nějakou předchozí reálnou zkušenost. I kdyby už někdy během svého života tyto předměty viděli, zdá se nepravděpodobné, že by si je dávali do souvislosti s takto silně zjednodušenými kresbami. Cerella (1980), Watanabe (2001a) i Matsukawa et al. (2004) použili jako stimuly komiksové postavy lidí (obr. 4, 8 a 9). Holubi sice zcela určitě mají ze svého života zkušenost s lidskými postavami, ale vidět souvislost reálných postav s komiksovou karikaturou člověka, která neodpovídá reálné postavě například proporcemi těla, pro ně musí být značně obtížné. Zda v kresbách listů (Cerella, 1979) vidí reálné listy stromů, je obtížné posoudit, otázkou také je, zda má pro reálný život holuba smysl od sebe jednotlivé druhy listů odlišovat. Kresby použité v experimentech tedy holubi vnímají spíše jako abstraktní soubor různých znaků, které mezi sebou mají nějaké vztahy, a jsou schopni je podle těchto znaků kategorizovat. Jednotlivé znaky stimulů si patrně nejsou rovnocenné ve významu, který jim holubi přiřkládají při kategorizaci, přičemž se holubí hodnocení nemusí vůbec shodovat s naším, neboť my jsme ovlivněni sdělením, které pro nás kresby přinášejí.

Kresby komiksových postav, které použili jako stimuly Cerella (1980), Watanabe (2001a) a Matsukawa et al. (2004), byly bohaté na lokální znaky (obr. 4, 8 a 9), přičemž mnohé z nich byly pro konkrétní postavu unikátní. Kresby předmětů použitých v experimentu Wassermana et al. (1993) byly podstatně jednodušší a obsahovaly pouze obrysy jednotlivých

částí (*geonů*). Jednotlivé *geony* neměly žádnou vnitřní strukturu a neobsahovaly tedy žádné „dodatečné“ lokální znaky. Zdá se tedy, že pokud mají holubi oddělit kategorii objektů jasně definovanou svými lokálními znaky od více méně chaotického „pozadí“, soustředí se právě na tyto znaky. Naopak při rozlišování mezi více stejně dobře definovanými kategoriemi objektů přicházejí ke slovu znaky globální. Neměli bychom ovšem tento závěr přeceňovat. Bude nepochybně ovlivněn zaměnitelností lokálních znaků jednotlivých kategorií. Pokud bude malá, což ovšem příliš neplatí o experimentech Wassermana et al. (1993), Van Hamme et al. (1992), ani Kirkpatrick-Steger et al. (1996, 1998), není důvod, proč by nemohly být lokální znaky pro kategorizaci využity.

Právě odlišnou strukturou použitých kreseb vysvětluje rozdílné výsledky svých a Cerellových (1980) experimentů Wasserman et al. (1993). Tvrdí, že pokud stimuly obsahují lokální znaky, které jsou dostatečně nápadné a specifické pro jednu z kategorií, věnuje jim testovaný jedinec větší pozornost a tyto znaky se pak stanou dominantním faktorem pro kategorizaci. Pokud se pak tyto znaky v nezměněné formě zachovají i po úpravě stimulu, je pak silně pravděpodobné, že upravený stimulus bude na základě identifikace těchto znaků zařazen do stejné kategorie jako neupravený stimulus. Jako nejnápadnější příklad uvádí Wasserman et al. (l.c.) klikatý vzor na triku Charlieho Browna. Tento vzor je dostatečně nápadný, unikátní pro příslušnou kategorii a nemění se ani při zamíchání částí stimulu. Naproti tomu jeho vlastní stimuly podle Wassermana et al. (l.c.) neobsahují žádné „dodatečné“ lokální znaky a některé z *geonů* jsou si podobné, takže pro úspěšnou kategorizaci je nutné použít i nějaké další informace, které stimulus poskytuje, konkrétně vzájemné prostorové vztahy mezi *geony*. Když jsou tyto vztahy zničeny zamícháním, dochází k značnému snížení úspěšnosti.

V experimentu Cerelly (1980) byla navíc v upravených stimulech porušena jen vzájemná poloha tělních částí (hlava trup, nohy), vzájemná poloha menších znaků nacházejících se uvnitř každé z nich však zůstala zachována. Nejvýrazněji je to vidět na kresbě hlavy, vzájemná poloha znaků představovaných vlasy, očima, nosem a ústy zůstává zachována i v zamíchané verzi stimulu (obr. 4). Nelze tedy tvrdit, že všechny prostorové vztahy mezi znaky jsou na ní porušeny.

Na kresbách použitých Cerellou (1980) a Watanabem (2001a) byly navíc zobrazeny samotné postavy bez jakéhokoliv pozadí a jeho možných rušivých vlivů. Úprava stimulů byla provedena rozdělením kreslené postavy na tělní části. Poloha těchto částí pak byla určitým způsobem změněna. Jednotlivé části si zachovaly nejen svou vnitřní strukturu (viz výše), ale i tvar a v případě experimentu Watanabeho (2001a) také barvy. Oproti tomu na kresbách,

keré použil Matsukawa et al. (2004), byly vyobrazeny postavy v různých pozicích a s poměrně heterogenním pozadím obsahujícím mnoho rušivých znaků nerelevantních k rozlišovaným kategoriím, které mohly komplikovat kategorizaci. Stimuly byly upraveny rozdělením obrázku na síť čtverců, které pak byly zamíchány. Zamícháním došlo k fragmentaci znaků, které se nacházely na hranicích čtverců, neporušené zůstaly jen menší znaky (obr. 9). Úspěšnost kategorizace takto zamíchaných stimulů poklesla, což nasvědčuje tomu, že holubi pro kategorizaci používali jak lokální tak i globální znaky. Zdá se, že holubi věnují více pozornosti vzájemné poloze relevantních lokálních znaků, pokud stimuly obsahují nějaké znaky nerelevantní (rušivé).

K obdobným výsledkům jako Matsukawa et al. (2004) dospěl i Watanabe (2001a) v pokusech pracujících s fotografiemi se zamíchanými postavami lidí a holubů. Podle něj je to důkaz, že holubi na fotografiích vidí reprezentanty reálných lidí nebo ptáků, a tak se jim zamíchané stimuly zdají nereálné, což snižuje úspěšnost kategorizace. Možné je ale i alternativní vysvětlení. V případě fotografií lidí, holubi rozlišovali kategorii jednoho konkrétního člověka (pozitivní) od kategorie jiných lidí (negativní), v případě ptáků pozitivní kategorii holub a negativní jiné druhy ptáků. Fotografie jsou mnohem komplexnější než kresby. Holubi mohli mít problém jak ve velkém množství lokálních znaků nalézt ty, které by odlišily konkrétního člověka (holuba) od ostatních lidí (ostatních druhů ptáků), zvláště pokud by nebyly dostatečně nápadné. Proto se soustředili i na jejich prostorové vztahy, zamícháním zničené.

Cerella (1986) připouští, že ptáci mohou vnímat globální strukturu stimulu, nicméně ve svých experimentech ukázal, že ji nepoužívají pro kategorizaci. Stimuly použité Cerellou (1980) jsou postavy jednoho komiksu, tedy jsou kresleny stejným stylem. Bližší pohled na kresby Charlieho Browna a dalších postav (obr. 4) ukáže relativní podobnost celkového obrysu postav i struktury hlava-tělo-nohy, včetně podobných tělesných proporcí, tedy typických globálních znaků. Pokud má holub rozdělit takové kresby do dvou kategorií, „přijde“ na to, že soustředit se na celkový obrys a tělesné proporce je neefektivní, protože jsou si v tomhle směru obě kategorie příliš podobné, a přesune svoji pozornost na výrazné a unikátní lokální znaky, které umožní rychlejší a přesnější kategorizaci. Když se pak globální struktura stimulu změní například zamícháním (obr. 4B), holub zaměřený na jednotlivé lokální znaky si této změny „nevšimne“. Tento výsledek však neznamena, že ptáci nejsou schopni pro kategorizaci využívat informaci o globálním prostorovém uspořádání znaků, ale pouze to, že ji nevyužívají v konkrétním experimentu.

Pro ověření závěrů Cerelly (1980) o neschopnosti holubů využít ke kategorizaci globální znaky by bylo vhodné otestovat, zda by byli schopni rozlišit od sebe jednotlivé, různým způsobem zamíchané verze kresby Charlieho Browna, podobně jako to u svých stimulů provedl Wasserman et al. (1993). Tyto verze by se shodovaly v informaci poskytované lokálními znaky, lišily by se pouze jejich vzájemnou polohou. Pokud by zde holubi nedokázali uspět, pak by potvrdili, že nejsou schopni při kategorizaci používat globální znaky stimulu. Alternativní možností by bylo otestovat, jak by holubi reagovali na kresby, které by neměly změněnou pouze vzájemnou polohu tělních částí, ale zamíchaný by byly všechny znaky stimulu (včetně očí, vlasů...), podobně jako u Matsukawy et al. (2004), aby tak byla zničena skutečně jakákoliv informace o vzájemné poloze znaků. Pokud by se úspěšnost kategorizace takto dokonale zamíchaných kreseb udržela na stejné výši, potvrdilo by to, že holubi globální znaky při výskytu dostatečného množství znaků lokálních skutečně nepotřebují.

Také by bylo vhodné otestovat i zamíchané verze některých stimulů negativní kategorie. Může se zde totiž vyskytnout riziko, že holubi budou na nové stimuly odpovídat v *go/no-go procedure* klováním pouze proto, že tyto stimuly jsou nové (Cerella, 1980).

Jaká alternativní vysvětlení použít pro další experimenty Cerelly? Cerella (1977) použil pro kategorizaci jednoduché kresby normálních a deformovaných krychlí (obr. 5). Holubi nedokázali obě kategorie odlišit, když se lišily pouze vzájemnou polohou lokálních znaků. Je možné, že rozdíly mezi kategoriemi byly příliš malé na to, aby je holubi dokázali úspěšně zachytit. V druhém experimentu (Cerella, 1979) zvládli holubi kategorizaci dubového listu a listů ostatních druhů stromů, pokud se lišily lokálními znaky, ale nezvládli od sebe odlišit různé formy dubových listů, které se lišily pouze polohou lokálních znaků. Možná by výsledek obou experimentů změnilo, pokud by pro kategorizaci byla použita *simultaneous go/no-go procedure*, kdy holub vidí zástupce obou kategorií najednou a vybírá z nich příslušníka pozitivní kategorie.

Všechny výše uvedené komentáře k experimentu Cerelly (1980) platí i pro jeden z experimentů Watanabeho (2001a), který také pracoval s kresbami komiksových postav lidí a jejich zamíchanými verzemi (obr. 8, nahoře). Není proto překvapivé, že dospěl k totožným výsledkům jako Cerella (1980). I zde došlo jen k zamíchání tělních částí s tím, že jednotlivé části si také zachovaly svou vnitřní strukturu včetně vzájemné polohy obsažených znaků. Navíc Watanabeho (2001a) stimuly byly barevné. Barva může být silným lokálním znakem, a pokud je nějaký barevný znak specifický pro jednu kategorii, může být jeho přítomnost pro kategorizaci zásadní. Prostorová organizace v ní pak nehraje podstatnější roli. Bohužel, autor

neposkytuje žádný příklad stimulů negativní kategorie, tak že není možné porovnat, zda by mohl nějaký barevný znak mít na kategorizaci zásadní vliv.

Stimuly používané Wassermanem et al. (1993) a dalšími badateli (Kirkpatrick-Steger et al., 1996, 1998) byly velmi jednoduché kresby sestávající z pouhých čtyř *geonů*, které neobsahovaly žádné další znaky kromě samotného obrysu. I v případě, že by byl na některém *geonu* přítomen nějaký další znak, byl by takový znak podle teorie *recognition-by-components* považován za další samostatný *geon* (Biederman, 1987) a jako takový by musel být v testových obrázcích také přemístěn, tak aby tyto obsahovaly opět pouhé obrysy *geonů*. Žádný *geon* navíc nebyl dostatečně výrazný a specifický pro jednu kategorii. Není proto překvapivé, že samotná informace o přítomnosti jednotlivých *geonů* nebyla dostatečná pro úspěšnou kategorizaci čtyř kategorií stimulů a holubi museli použít informaci o jejich prostorových vztazích. I v takto omezujících podmínkách ale experimenty Kirkpatrick-Steger et al. (1998) ukázaly, že pouhá přítomnost některých *geonů* může úspěšnost kategorizace průkazně zvýšit. Zajímavých výsledků by mohly dosáhnout experimenty používající stimuly, které by sestávaly z více než čtyř *geonů*, zvláště pokud by některé *geony* byly totožné mezi více kategoriemi a jiné naopak specifické. Jaký vliv lokální a prostorové informace by pak ukázaly výsledky kategorizace zamíchaných verzí takových stimulů? Jaký efekt by mělo vymazání jednoho nebo více *geonů*? Výsledek by byl možná úplně jiný než v případě 4-*geonových* stimulů. Nebo, jaký vliv by mělo přidání dalšího, náhodného *geonu* ke kresbě, nebo záměna jednoho *geonu* za úplně cizí a nerelevantní *geon*? Jak by byla ovlivněna kategorizace, kdyby byl některý z *geonů* otočen nebo převrácen? Toto jsou některé alternativní možnosti jak rozšířit poznatky o fungování *geonů* při kategorizaci.

Pokud byla při kategorizaci k dispozici pouze informace o globální struktuře stimulu a lokální znaky byly ve všech kategoriích stejné, pak holubi v jednom z experimentů Wassermana et al. (1993) s jednoduchými kresbami umělých objektů ukázali, že tato informace je dostatečná pro úspěšnou kategorizaci. Naopak v experimentu Cerelly (1979), kde rozlišovali kresby různých forem dubových listů, ukázali, že tato informace samotná nestačí, pokud není podpořena lokálními znaky. Jak si vysvětlit tak zásadní rozdíl u relativně podobných experimentů používajících relativně jednoduché znaky? Variabilita dubových listů prezentovaných Cerellou (1979) daná počtem a tvarem jednotlivých laloků mohla být větší než u umělých objektů (maximálně zjednodušených kreseb lidských výrobků) užitých Wassermanem et al. (1993), což mohl kategorizaci ztížit, zvláště v případě negativní kategorie

tvořené všemi formami listů s výjimkou jediného. Alternativně by měla být otestována schopnost odlišit čtyři různé formy dubového listu v *4-alternative forced-choice procedure*.

Na základě porovnání výsledků všech zde popsaných experimentů lze na závěr říci, že holubi zřejmě vidí prezentované kresby pouze jako abstraktní soubor znaků. Na těchto stimulech jsou schopni vnímat jak informaci o přítomnosti jednotlivých lokálních znaků, tak globální informaci zahrnující prostorové vztahy mezi lokálními znaky. Míra jejich využití pro kategorizaci je však variabilní a závisí především na vlastnostech konkrétních stimulů použitých v experimentech.

Pokud stimuly obsahují dostatečné množství lokálních znaků a tyto znaky jsou dostatečně nápadné a specifické pro rozlišované kategorie, stávají se dominantními zprostředkovateli kategorizace na úkor vzájemných prostorových vztahů, které pak nejsou brány v úvahu. Takový postup vede k zařazování stimulů se zcela odlišnou prostorovou organizací do stejné kategorie (Cerella, 1980, Watanabe, 2001a). Možná není náhodné, že byly tyto výsledky získány při testování kreseb komiksových postav. Matsukawa et al. (2004) upozornil, že komiksové kresby jsou záměrně vytvářeny s důrazem na výrazné znaky specifické pro jednu postavu, aby mohl (lidský) čtenář tuto postavu snadněji identifikovat. Pokud by se v reálném komiksu objevila nějaká postava se zamíchanými částmi těla, čtenář by jí podle specifických znaků snadno poznal a při zběžném pohledu by si ani nemusel všimnout, že s touto postavou není něco v pořádku. Je možné, že holubi jsou schopni tuto vlastnost využívat podobným způsobem. Během experimentu navíc holubi každý stimulus vidí pouze několik sekund, během kterých už musí odpovídat klováním, takže se v této rychlosti víc soustředí na nápadnější znaky. Pak by ale komiksové kresby nebyly nejvhodnějším prostředkem pro zkoumání kategorizace objektů u zvířat.

Pokud stimuly neobsahují dostatečné množství nápadných a specifických lokálních znaků (jako stimuly Wassermana et al., 1993, Kirkpatrick-Steger et al., 1996, 1998, nebo Van Hamme et al., 1992), musí si holub kategorizující takovéto stimuly „vypomoci“ využitím nějaké další informace. Nejefektivněji využitelnou je zde informace o vzájemné poloze jednotlivých lokálních znaků. Pokud potom dojde k narušení této informace, například zamícháním, sníží se úspěšnost kategorizace závislé na prostorových vztazích, protože pozorovatel není schopen tuto ztracenou informaci dostatečně kompenzovat. Výsledek může zhoršovat i to, že v tréninku mohou být špatně využitelné lokální znaky opomíjeny. Bylo by zajímavé pokusit se pracovat se zamíchanými stimuly již v tréninku a zjistit, zda ani při absenci globálních znaků nejsou holubi schopni tyto lokální znaky využít.

Platí tedy pro kategorizaci u ptáků *particulate feature theory* (Cerella, 1986), nebo spíše teorie *recognition-by-components* (Biederman, 1987)? Jednoznačně odpovědět zřejmě nelze. Závislost odlišných závěrů četných provedených experimentů na vlastnostech použitých stimulů může naznačovat, že teorie zachycují dvě alternativní, nikoliv však exklusivní, strategie kategorizace objektů. Kategorizující holub pak může upřednostňovat tu, která více vyhovuje úloze, kterou je momentálně nucen řešit. V reálném prostředí je pak vystaven mnohem komplexnějším vlivům než v laboratoři, takže může využívat kombinaci obou strategií, nebo také strategii úplně jinou, v laboratorních podmínkách Skinnerova boxu dosud nepoznanou.

Tvorba konceptu kategorie

Základní experimenty

Dlouho se předpokládalo, že schopnost tvořit koncept kategorie je výhradně záležitostí člověka, množství experimentů ale prokázalo, že tvorby konceptu jsou schopni i ostatní živočichové včetně ptáků (Lazareva & Wasserman, 2008). Průkopnickou prací testující schopnost ptáků vytvářet koncept kategorie se stal experiment Herrnsteina & Lovelanda (1964). Použili v něm barevné fotografie zobrazující různé situace, prostředí nebo objekty (obr. 12). Tyto fotografie byly rozděleny do dvou kategorií podle toho, zda se na nich vyskytovala, nebo nevyskytovala postava jednoho člověka, nebo více lidí (*human/non-human*). Jednotlivé fotografie se lišily barevností, leskem, byly světlé i tmavé. Lidé na fotografiích se lišili svým vzhledem, oblečením, postojem, pohlavím, věkem, byli různým způsobem zakryti, umístění v různých částech fotografie, snímání zblízka i z dálky. Na fotografiích z kategorie, která neobsahovala lidské postavy, byly zobrazeny různé jednotlivé objekty, městská či přírodní panoramata. Holubi kategorizovali fotografie pomocí *successive go/no-go procedure*. Fotografie obsahující lidskou postavu tvořily pozitivní kategorii a holubi byli odměňováni za odpověď klovaním při jejich prezentaci, fotografie neobsahující ani část lidské postavy tvořily negativní kategorii a holubi nebyli při jejich prezentaci odměňováni. Holubi se naučili úspěšně rozlišovat mezi těmito dvěma kategoriemi a prokázali schopnost generalizovat kategorizaci na nové fotografie z obou kategorií. Dohromady bylo každému holubovi prezentováno za celý experiment 1200 různých fotografií. Dále byl proveden test s černobílými fotografiemi, který měl vyloučit možnost specifické distribuce barev pro určitou kategorii. Úspěšnost odpovídání na černobílé fotografie byla snížena jen málo, vliv specifické barvy stimulů jedné kategorie tak mohl být vyloučen. Analýza fotografií, u kterých měli holubi problémy se správnou kategorizací, ukázala, že špatně byly identifikovány fotografie, kde byli lidé příliš zakryti, nebo kde se na negativních stimulech vyskytovaly objekty spojované s lidmi (např. auta nebo domy).

Experiment prokázal, že holubi jsou schopni vytvořit koncept přítomnosti lidské postavy na fotografiích a využít ho i pro kategorizaci fotografií dosud neznámých. Fotografie použité v experimentu jsou značně rozdílné a komplexní a jediné, co je spojuje do kategorie je přítomnost nebo nepřítomnost lidské postavy, která však není definována žádnými obecně přítomnými znaky. Rychlost, s jakou se holubi naučili tuto komplexní úlohu, podle autorů

nasvědčuje tomu, že určitý koncept lidské postavy měli vytvořen již před experimentem a úspěšně ho aplikovali na předloženou úlohu.

Výsledky Herrnsteina & Lovelanda (1964) potvrdili obdobným experimentem Siegel & Honig (1970). Použili také barevné fotografie, které se lišily přítomností lidské postavy. Jejich výsledky potvrdili schopnost holubů vytvořit si koncept kategorie lidské postavy. Dále ukázali, že holubi jsou v kategorizaci úspěšnější, pokud jsou jim pozitivní i negativní stimuly prezentovány současně (*simultaneous go/no-go procedure*), než když jsou prezentovány postupně.

V dalších experimentech byla testována schopnost holubů vytvořit koncept jiných kategorií (Herrnstein et al., 1976, Herrnstein & de Villiers, 1980, Vaughan & Herrnstein, 1987). Vždy se jednalo o kategorizaci velmi variabilních a komplexních fotografií, jejichž příslušnost k jedné ze dvou kategorií byla určena přítomností určitého objektu. Například byly takto testovány fotografie obsahující, nebo neobsahující stromy (*tree/nontree*), vodní plochu (*water/nonwater*), ryby (*fish/nonfish*), nebo jednu konkrétní osobu (fotografie negativní kategorie pak zobrazovaly jiné osoby).

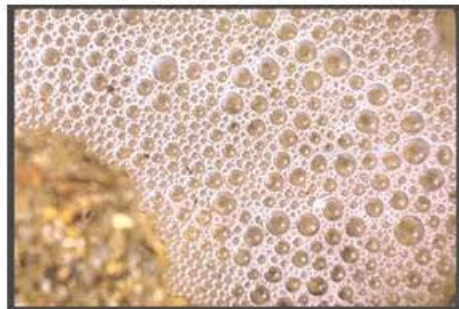
Jednotlivé fotografie se velmi odlišovaly. Například v kategorii stromů byly zobrazovány jak celé jednotlivé stromy nebo jejich skupiny, tak i detaily větví nebo stromy z většiny zakryté a málo nápadné. V kategorii *nontree* pak byly zobrazovány i objekty svou strukturou stromy připomínající (např. větvící se umělé objekty, nebo zelené listy bylin). V kategorii vodních ploch se nacházela jak širá plocha oceánu, tak nenápadná zarostlá louže. V negativní kategorii pak například hladké a lesklé umělé plochy. Také jakákoli voda v netekutém stavu (sníh, led) náležela do negativní kategorie. Z důvodů vyhnutí se nejasné interpretaci příslušnosti ke kategorii byly z kategorizace *tree/nontree* vynechány křoviny, z *water/nonwater* dešťové kapky. Nicméně by bylo zajímavé otestovat, jak by holub reagoval na fotografii keře. V každém z těchto experimentů viděl každý holub dohromady okolo 1700 fotografií obou kategorií za celý experiment, některé opakovaně během tréninku, jiné jen jednou jako důkaz schopnosti generalizovat kategorizaci na nové stimuly.

Ve všech výše uvedených příkladech holubi úspěšně zvládli naučit se požadovanou kategorizaci a byli schopni ji úspěšně generalizovat i na neznámé stimuly. Holubi jsou tedy schopni vytvoření konceptu různých kategorií.

Pozitivní stimuly



Negativní stimuly



Obr. 32: Příklady stimulů použitých v experimentu Herrnsteina & Lovelanda (1964). V levém sloupci fotografie obsahující člověka, v pravém fotografie bez lidí.

Koncepty více kategorií

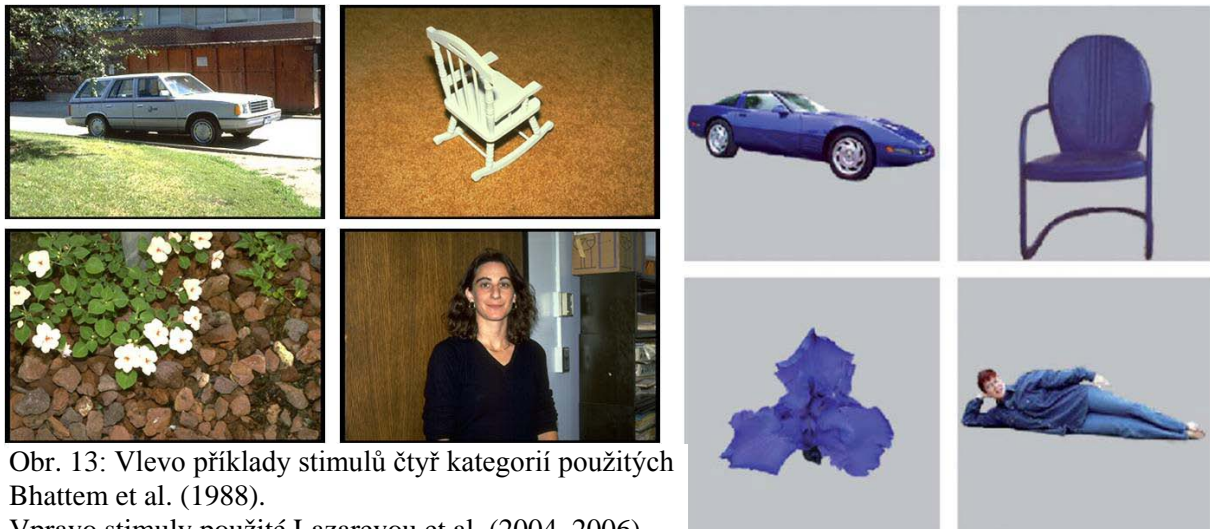
Výše uvedené experimenty používají experimentální design, který je svým principem (odpovídat/neodpovídat) omezený na pouhé dvě kategorie. Jedna kategorie je definována přítomností určitého objektu nebo struktury (lidé, stromy), druhá kategorie je k první komplementární a zahrnuje všechny ostatní možné případy. Tento design tak rozděluje všechny možné v experimentu prezentovatelné stimuly na pouhé dvě skupiny na základě přítomnosti sice velmi variabilní, ale pouze jedné struktury (Lazareva & Wasserman, 2008). Reálný svět je však mnohem komplikovanější a živočichové ho jistě nerozdělují jen na dvě skupiny podle obsahu jedné struktury, která pro ně třeba ani nemusí mít žádný biologický význam. V reálném světě se vyskytuje obrovské množství podnětů patřících do různých kategorií odlišného významu a živočichové je musí být schopni vnímat a reagovat na ně.

Alternativou je použití jiného experimentálního postupu, např. *multiple-alternative forced-choice task* (viz metody), umožňující zahrnutí většího počtu různých kategorií. Tato metoda byla několikrát úspěšně použita pro holuby v experimentech, v nichž měli za úkol vytvořit koncepty čtyř různých nekomplementárních kategorií (Bhatt et al., 1988, Lazareva et al., 2004, podrobněji popsán níže), a to včetně prokázané schopnosti generalizace na nové fotografie u všech čtyř kategorií. Lazareva & Wasserman (2008) uvádí, že jsou holubi schopni vytvořit v obdobně designovaném experimentu až 16 různých kategorií. Neuvádí však žádné bližší podrobnosti.

Nepřirodní stimuly

Herrnstein (1985) uvádí, že v jeho experimentech nedokázali holubi kategorizovat a vytvářet koncept pro kategorie umělých (člověkem vyrobených) objektů jako např. auta, lahve, šálky, apod., s využitím *successive go/no-go procedure*.

Avšak v pozdější experimenty ukázaly schopnost holubů vytvořit koncept umělých kategorií, stejně jako přírodních. Bhatt et al. (1988) i Lazareva et al. (2004) použili *4-alternative forced-choice task* pro kategorizaci barevných fotografií dvou umělých (židle, auta) a dvou přírodních (lidé, květiny) kategorií z různých pohledů a v různých pozicích (obr. 13). U Bhatta et al. (2004) doplňovalo objekty na fotografiích pestré pozadí, zatímco experiment Lazarevy et al. (2004) použil stejné kategorie, avšak objekty byly samotné na neutrálním pozadí (obr. 13).



Obr. 13: Vlevo příklady stimulů čtyř kategorií použitých Bhattem et al. (1988). Vpravo stimuly použité Lazarevou et al. (2004, 2006).

Watanabe et al. (1995) použil v experimentu komplexní stimuly v podobě uměleckých maleb. Holubi se naučili rozlišovat mezi obrazy Moneta (impresionismus) a Picassa (kubismus). Následně zvládli generalizovat naučenou kategorizaci nejen na jiné obrazy obou malířů, ale i na malby jiných impresionistů a kubistů (Obr. 14), z čehož autor vyvozuje schopnost holubů rozlišovat umělecké styly. Podobně se v jiném experimentu dokázali naučit rozlišovat mezi obrazy Van Gogha a Chagalla (Watanabe, 2001b).

Ještě komplexnější stimuly použil ve svém experimentu Lubow (1974). Holubi měli rozlišovat mezi černobílými leteckými fotografiemi na základě toho, zda obsahují (pozitivní) nebo neobsahují (negativní) objekty vytvořené člověkem (*man-made objects*). Pozitivní kategorie kromě fotografií např. měst a silnic obsahovala i pole nebo sady. Negativní kategorii tvořily fotografie přírodních scén (lesy, hory, vodní plochy). Holubi zvládli i tuto poměrně komplikovanou kategorizaci včetně generalizace na nové fotografie (dohromady 90 fotografií obou kategorií).

Kategorie vyšší úrovně

Dosavadní experimenty se zabývaly kategoriemi na základní úrovni (*basic-level category*). Příslušnost objektů k těmto kategoriím je dána určitou vizuální podobností (lidé, stromy, auta). Tyto základní kategorie mohou být shlukovány do nadřazených kategorií (*superordinate-level category*) definovaných spíše podle určitých funkčních vlastností než nějakých podobných vizuálních znaků. Například základní kategorie automobily a motocykly můžeme podle jejich funkce společně zařadit do nadřazené kategorie dopravní prostředky.

Obdobně například savci, ptáci a ryby tvoří společnou kategorii živočichů (Lazareva & Wasserman, 2008).

Wasserman et al. (1992) poprvé ukázal, že holubi jsou schopni kategorizovat nadřazené kategorie spojující dvě nepodobné základní kategorie na základě určitých funkčních vlastností. Metodika i stimuly tohoto experimentu vycházely z Bhatt et al. (1988). Kategorie přírodních stimulů (lidé, květiny) zde však byla asociována s jedním ze čtyř tlačítek a kategorie nepřírodních (auta, židle) s jiným. Po natrénování této kategorizace byli holubi „přeučeni“ na asociaci kategorie lidí s třetím z tlačítek a kategorie židlí se čtvrtým (v této fázi bez květin a aut). Následně byli holubi testováni na kategorizaci fotografií aut a květin. Fotografie květin holubi zařadili ke kategorii lidí (odpovídali klováním do třetího tlačítka), fotografie aut k židlím (odpovědi do čtvrtého tlačítka), čímž prokázali schopnost vnímat celistvost naučených nadřazených kategorií (přírodní, nepřírodní). Funkční vlastností spojující základní kategorie je zde však pro holuby stejná odpověď (a následující odměna) na dvě vizuálně nepodobné kategorie stimulů, není jasné, zda by základní kategorie v reálném světě spojovali do nadřazených kategorií stejným způsobem, respektive zda by je vůbec spojovali. Spíše však můžeme předpokládat, že nikoliv.

Lazareva et al. (2004) se ve svém experimentu pokusila zjistit, zda jsou holubi schopni kategorizace základních a nadřazených kategorií zároveň. V experimentu použila fotografie čtyř základních kategorií – auta, židle, květy, lidé (Obr. 13, vpravo). Objekty byly zobrazeny na neutrálním šedém pozadí a na různých fotografiích jednotně zbarveny osmi barvami. Tyto úpravy umožnily odfiltrovat rušivý vliv znaků pozadí a znemožňovaly kategorizaci



Obr. 14: Příklady stimulů použitých Watanabem et al. (1995). Nahoře stimuly použité v tréninku, dole příklady testových stimulů jiných malířů stejných uměleckých směrů.

na základě zbarvení. Lidé a květy spolu tvořili nadřazenou kategorii přírodních (*natural*) a auta a židle tvořily kategorii nepřirodních (*artificial*) stimulů. Holubi byli trénováni na kategorizaci těchto stimulů na obou úrovních zároveň. Po prezentaci stimulu se na obrazovce rozsvítily buď čtyři tlačítka (*4-alternative forced-choice task*) pro kategorizaci čtyř základních kategorií (lidé, květy, auta, židle), nebo dvě tlačítka (*2-alternative forced-choice task*) pro kategorizaci dvou nadřazených kategorií (přírodní, nepřirodní). Holubi si tak při prezentaci fotografie museli uvědomit příslušnost stimulu do obou úrovní kategorizace a až poté stimulus kategorizovali podle toho, kolik tlačítek se objevilo. Holubi zvládli obě úrovně kategorizace se srovnatelnou úspěšností, jsou tedy schopni najednou rozlišovat základní i nadřazené kategorie. Je ale opět nutné si uvědomit, že rozdělení základních kategorií do nadřazených bylo děláno z pohledu člověka a holubi si ho osvojili pomocí operantního podmiňování v tréninku. Stejně úspěšně by se pravděpodobně naučili i zcela odlišnou hierarchii použitých kategorií.

Paměť

Dosažení úrovně úspěšné kategorizace během základního tréninku (nikoliv však následnou generalizaci na nové stimuly) lze vysvětlit jak schopností holubů vytvořit si koncept dané kategorie (kategorií) a odpovídat podle něj, tak schopností zapamatovat si jednotlivé stimuly a jejich příslušnost k odpovídající kategorii. Možnost zapamatování si jednotlivých stimulů je umožněna skutečností, že během základního tréninku se jednotlivé stimuly opakují. Vaughan & Greene (1984) odhalili velkou kapacitu holubů pro zapamatování si vizuálních stimulů. Holubům byly prezentovány velmi rozmanité stimuly: barevné fotografie různých objektů nebo prostředí, i obrázky náhodných shluků skvrn. Stimuly byly náhodně rozděleny do dvou kategorií. V rámci kategorie nebylo možno vytvořit žádný koncept, příslušnost ke kategorii byla zcela náhodná a úspěšné vyřešení úlohy záleželo pouze na zapamatování si příslušnosti jednotlivých stimulů k jedné z kategorií. Některé páry stimulů si byly velice podobné, ale každý z nich patřil do jiné kategorie, což dále komplikovalo úspěšné zapamatování. Holubi si však dokázali zapamatovat 320 takových stimulů a po dvou letech (!!!) je opět úspěšně zařadit do správné kategorie. Vysoká úspěšnost v tomto experimentu vedla autory k závěru, že maximální paměťová kapacita holubů je ještě podstatně vyšší.

Možnost zapamatování si jednotlivých stimulů jako prostředek k řešení kategorizační úlohy byla ve všech experimentech vyloučena úspěšnou generalizací naučené kategorizace na dosud neznámé stimuly, které si pamatovat nelze. Bhatt et al. (1988) se v jednom

z experimentů zabýval otázkou, zda je opakovaná prezentace stimulů během tréninku nutná k dosažení úrovně úspěšné kategorizace, nebo zda ji alespoň podporuje. Použil čtyři kategorie (lidé, květiny, auta, židle) po 500 odlišných barevných fotografiích (obr. 13, vlevo). Během tréninku byla každá fotografie holubům prezentována pouze jednou, žádná se neopakovala. I za těchto podmínek byli holubi schopni vytvořit si koncept jednotlivých kategorií (úspěšnost 60%). Opakování tréninkových stimulů tedy není nutné pro vytvoření konceptu čtyř kategorií, i když možnost opakovaně vidět tréninkové stimuly zvyšuje úspěšnost (až na 80%).

Nerelevantní znaky

Holubi jsou schopni si vytvořit širokou škálu konceptů různých kategorií, jak přírodních (lidé, stromy, ryby, květiny), tak umělých (auta, židle, malby). Z dosud popsaných prací není ale jednoznačně jasné, na základě čeho holubi koncept kategorií prezentovaných stimulů vytvářejí. Fotografie použité v těchto experimentech byly velice komplexní a vedle cílových objektů, podle kterých by měli holubi provádět kategorizaci (lidé, stromy, auta,...), se na nich vyskytovalo velké množství nerelevantních znaků na pozadí, které nesouvisely s příslušností stimulu do určité kategorie. Pokud se nějaký výrazný nerelevantní znak nebo objekt vyskytuje v jedné kategorii podstatně častěji než v jiné, může si holub tento znak asociovat s touto kategorií a pak na základě jeho přítomnosti kategorizovat další stimuly, bez většího ohledu na znaky relevantní. Holubům nelze říct, podle čeho mají kategorizovat prezentované stimuly. Během tréninku se holubi snaží na fotografiích najít znaky, podle kterých mohou fotografií úspěšně kategorizovat a vytvořit koncept kategorie. Pokud tréninkové stimuly umožní vytvoření alternativní strategie kategorizace na základě jiných znaků než cílových objektů, takto vytvořený koncept se může lišit od konceptu předpokládaného experimentátorem (Lazareva & Wasserman, 2008). Například na fotografiích obsahujících lidi se mohou lidské postavy vyskytovat častěji v přítomnosti objektů, jako jsou například domy nebo auta. Holubi pak mohou mít tendenci zařazovat fotografie s domy nebo auty do kategorie lidí, bez ohledu na přítomnost člověka na fotografii (Herrnstein & Loveland, 1964).

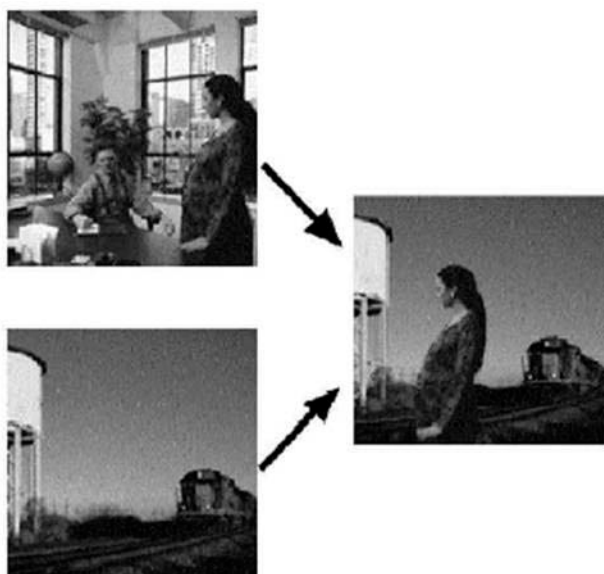
Této možnosti se dá předejít velkým a variabilním souborem tréninkových stimulů, který může vyloučit asociaci nerelevantních znaků s přítomností cílových objektů (Herrnstein & Loveland, 1964, Herrnstein et al. 1976). Možností, jak otestovat, že holubi používají ke kategorizaci opravdu pouze relevantní znaky cílových objektů a ne znaky pozadí, je například umístění lidské postavy na fotografii známou z tréninku jako negativní stimulus

(obr. 15). I takto upravené fotografie dokázali holubi správně zařadit podle relevantních znaků postavy (Siegel & Honig, 1970, Aust & Huber, 2001). Nejjednodušší možností je využití fotografií s neutrálním pozadím (Lazareva et al. 2004), kde holubi mohou věnovat svou pozornost pouze relevantním znakům cílových objektů (Obr. 13, vpravo).

Pokud jsou takto postavené experimenty úspěšné, je pravděpodobné, že holubi při kategorizaci fotografií využívají především relevantních znaků cílových objektů.

Zkušenost

Stimuly použité v předchozích kategorizačních experimentech zobrazují reálné objekty. Holubi by mohli pro tvorbu konceptu kategorie být schopni využít zkušenosti s těmito objekty (lidé, stromy, auta,...) získané již dříve z reálného světa a pak je pouze úspěšně aplikovat v experimentu (Herrnstein & Loveland, 1964). Otázkou je, jakou zkušenost s reálným světem mají konkrétní holubi použít v experimentu, či přesněji jakou mají možnost před experimentem získat nějaké znalosti o reálných objektech zobrazených na fotografiích. Mnoho experimentů využívá kategorii lidí. I holubi z voliéroových chovů mají určitou reálnou zkušenost s lidmi. Herrnstein & Loveland (1964) poznamenávají, že holuby pro experiment získali od místního chovatele a jejich předchozí zkušenost je tedy neznámá. Je velmi pravděpodobné, že se před experimentem setkali s různými lidmi, je však málo pravděpodobné, že by tyto zkušenosti byly dostatečné pro splnění úlohy založené na velmi variabilním souboru (600 fotografií) lidských postav. V experimentu Herrnsteina et al. (1976) kategorizovali holubi fotografie na základě (ne)přítomnosti stromů, vodních ploch či konkrétní osoby (každou kategorii jiní jedinci). Autoři poznamenávají, že holubi byli



Obr. 15: Způsob vytvoření kombinovaného testového stimulu (Aust & Huber, 2001). Vlevo nahoře pozitivní stimulus s lidmi, dole negativní bez lidí. Vpravo testový stimulus vytvořený jejich kombinací. (stimuly použité v experimentu byly barevné)

odchováni v sedmém patře budovy, kde mohli vidět stromy pouze z dálky přes okno a vodu znali pouze z napájecích misek. S lidmi zkušenost sice měli, nikdy však neviděli konkrétní osobu, podle jejíž přítomnosti byly fotografie kategorizovány. Také v případě kategorizace na základě (ne)přítomnosti ryb na fotografiích (Herrnstein & de Villiers, 1980) holubi nikdy nemohli vidět reálnou rybu, a i kdyby ji někdy viděli, je pro ně tato kategorie z biologického hlediska bezvýznamná. Jak jsou na tom s praktickými zkušenostmi holubi z ostatních experimentů, není jasné.

Jakákoli forma pre-experimentální zkušenosti s objekty zobrazovanými na fotografiích může ovšem ovlivnit kategorizaci pouze za předpokladu, že jsou holubi schopni vnímat fotografie jako obraz reálného světa. Naopak schopnost vidět na fotografiích reálné objekty neovlivní kategorizaci, pokud holubi nemají s těmito objekty dřívější reálnou zkušenost, tj. nikdy před experimentem se s nimi nesetkali.

Každopádně lze uzavřít, že jsou ptáci schopni naučit se rozpoznávat stimuly z rozmanitých kategorií přírodních i umělých objektů a vytvářet jejich koncepty. Jaké struktury stimulu přitom využívají, se snaží přiblížit následující kapitoly.

Role lokálních znaků

V experimentu Lubowa (1974) holubi úspěšně kategorizovali fotografie podle přítomnosti objektů vytvořených člověkem (*human-made*). Je však silně nepravděpodobné, že by holubi byli schopni skutečně rozpoznávat lidské výtvořiny od přírodních. Analýza struktury použitých fotografií ukázala, že fotografie z kategorie lidmi vytvořených objektů obsahují zřetelně vyšší množství přímých linií a pravých úhlů a jsou také mnohem kontrastnější než fotografie přírodních scén. Holubi jsou tedy schopni vytvořit koncept kategorie na základě vnímání obsažených geometrických struktur. Jaké znaky však definují jiné kategorie, například lidskou postavu?

Detailnějším pohledem na struktury, které mohou holubi využít pro kategorizaci lidských postav, se zabývali především Aust & Huber (2001, 2002). Holubi se naučili kategorizovat fotografie podle přítomnosti člověka v *successive go/no-go procedure*. Testování fotografií obsahujících malé lidské postavy značně snížilo úspěšnost kategorizace. Holubi tedy mají problém odhalit lidskou postavu, pokud struktury, které ji definují, jsou příliš malé. Ztěžuje se tím také mimo jiné její odlišení od rušivých nerelevantních znaků (Aust & Huber, 2002). Výsledek může být ovlivněn i skutečností, že holubi byli z tréninku zvyklí na fotografie s relativně většími postavami. Naopak v experimentu Herrnsteina & Lovelanda



Obr. 16: Příklady testových stimulů siluet lidských postav (Aust & Huber, 2002).

(1964) se tento vliv neobjevil, protože holubi byli trénováni i s fotografiemi zobrazujícími malé postavy a byli tedy schopni kategorizovat i takovéto neznámé fotografie.

V dalším testu Aust & Huber (2002) prezentovali holubům fotografie, kde byly zobrazeny pouze siluety lidí (obr. 16). Přestože silueta člověka se zdá být poměrně zřetelným a specifickým znakem, výsledky ukázaly, že pro kategorizaci je přítomnost samotné siluety nedostatečným znakem (siluety nebyly použity v tréninku), nelze však vyloučit její možný význam v kombinaci s dalšími znaky. Pro identifikaci lidské postavy jsou tedy zásadní především určité vnitřní struktury.

Troje et al. (1999) naučil holuby kategorizovat barevné fotografie lidských tváří podle jejich pohlaví (obr. 17). Následné testy s upravenými fotografiemi (velikost, tvar, barevné odstíny, jas, kontrast, struktura povrchu) ukázaly, že holubi při kategorizaci upřednostňují vnitřní znaky obličeje (struktura povrchu, odstín, jas) před celkovým tvarem a velikostí, přestože velikost obličeje se zdá být dobrým znakem (mužské obličeje byly větší). Holubi však přesto byli schopni využít velikost a tvar obličeje pro kategorizaci, když fotografie úpravou získaly shodné strukturální charakteristiky.

Větší váhu lokálních znaků objektu v porovnání s jeho celkovým tvarem ukázal i experiment Aust & Hubera (2001). Fotografie použité v experimentu byly rozděleny na stejné čtverce, jejichž poloha v rámci fotografie byla změněna. Fotografie byly takovýmto způsobem fragmentovány a zamíchány v šesti různých úrovních (obr. 18). Tato úprava zničila celkový tvar lidských postav, ale zachovala drobné lokální znaky tyto postavy charakterizující. Úspěšnost kategorizace klesala se zvyšující se mírou fragmentace a zamíchání, nicméně se udržela signifikantní až do páté úrovně fragmentace. Udržení

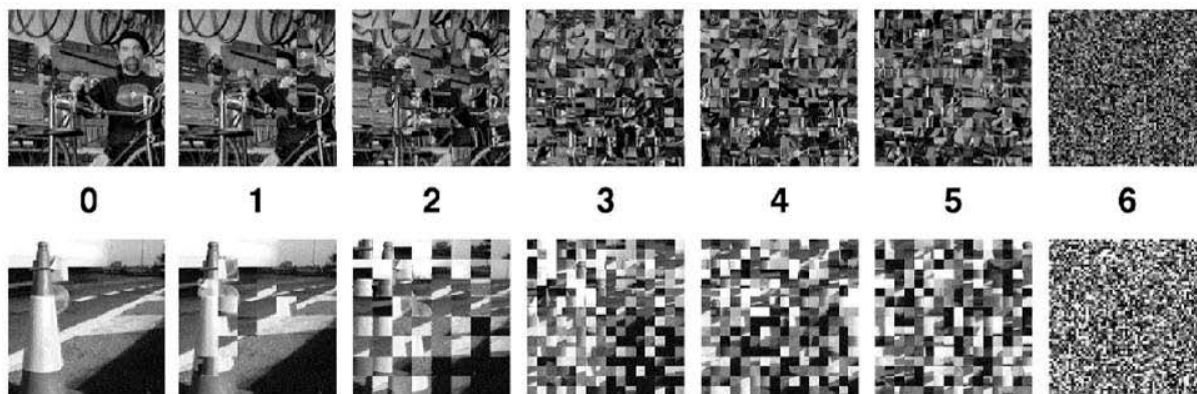


Obr. 17: Příklady fotografií obličejů použitých Trojem et al. (1999). Z fotografií byly odstraněny vlasy, vousy, brýle a náušnice, které by mohli ovlivňovat kategorizaci podle pohlaví.

signifikantní úspěšnosti kategorizace značí preferenci určitých lokálních znaků, pomocí kterých je možné identifikovat lidskou postavu na fotografii lépe než podle celkového vzhledu postavy, její pokles nicméně ukazuje, že lokální znaky samy nezajišťují úspěšnou kategorizaci, tj. celkový vzhled postavy zde hraje také roli, ale menší v porovnání s významem lokálních znaků.

Porovnání úspěšnosti kategorizace mezi barevnými a černobílými verzemi fotografií (Aust & Huber, l.c.) ukazuje, že barva je jedním ze znaků alespoň částečně používaných pro kategorizaci. Při testu nových neporušených fotografií dokázali holubi generalizovat kategorizaci černobílých srovnatelně úspěšně jako barevných. Avšak v testu fragmentovaných a zamíchaných fotografií sice zvládali kategorizaci barevných fotografií (viz výše), nikoliv však kategorizaci černobílých verzí fotografií známých z předchozího tréninku a to ani na nejnižší úrovni fragmentace. Zatímco v prvním případě bylo možno ztrátu barevné informace dostatečně nahradit jinými znaky objektů, ve druhém případě již byla současná ztráta informace o barvě i celkovém vzhledu příliš velká a nemohla být nahrazena přítomností drobných lokálních znaků.

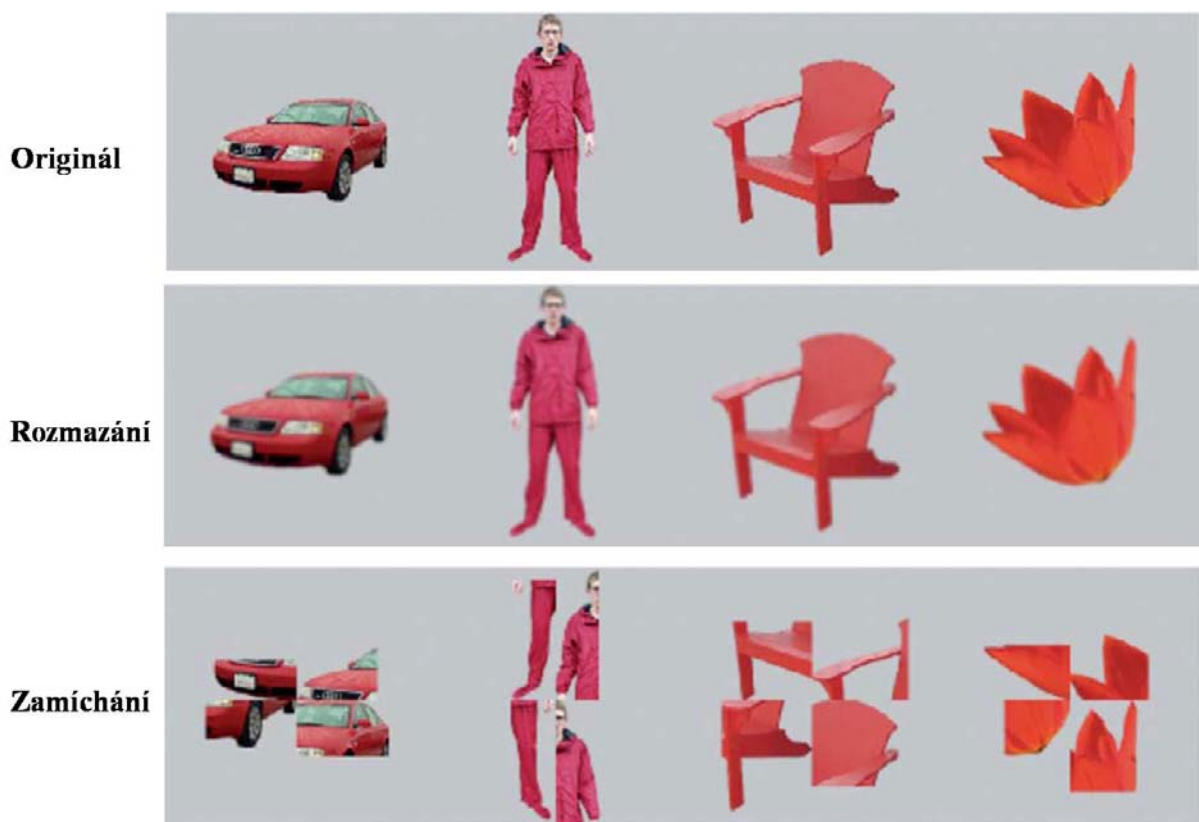
Významem lokálních znaků a celkového vzhledu objektu se zabývala i Lazareva et al. (2006). V experimentu použila fotografie čtyř kategorií objektů na neutrálním pozadí (obr. 13, vpravo) shodných jako v Lazareva et al. (2004). Holubi kategorizovali tyto fotografie jak do základních kategorií (lidé × květy × auta × židle), tak do nadřazených (přírodní × umělé). V testu byly fotografie upraveny dvěma způsoby. Rozostření fotografií (*blurring*) způsobilo zničení lokálních znaků stimulů a zachovalo celkový tvar objektu (obr. 19). Naopak rozdělení fotografie na čtvrtiny a zamíchání těchto částí (*scrambling*) způsobilo narušení celkového tvaru objektů, ale zachovalo přítomnost jednotlivých lokálních znaků (obr. 19). Pokud by



Obr. 14: Příklady testových stimulů použitých Aust & Huberem (2001). Originální fotografie (0) byly podle stupně zamíchání (1-6) rozděleny na určitý počet čtverců, jejichž poloha byla následně změněna. V horním řádku příklad fotografie kategorie lidské postavy, v dolním řádku příklad fotografie kategorie bez lidské postavy. V experimentu prezentovány barevné i černobílé verze těchto fotografií.

holubi pro kategorizaci používali především lokální znaky, mělo by být zaznamenáno snížení úspěšnosti kategorizace rozostřených snímků, zatímco kategorizace zamíchaných by zůstala nezměněna. Pokud by holubi preferovali kategorizaci podle celkového vzhledu objektu na fotografii, bylo by tomu naopak. Výsledky ukázaly, že holubi preferují při kategorizaci přírodních stimulů (lidé, květy) jejich celkový vzhled před lokálními znaky (neúspěch kategorizace zamíchaných stimulů), zatímco u umělých stimulů (auta, židle) preferují lokální znaky (neúspěch kategorizace rozostřených stimulů). Tyto rozdíly mohou být způsobeny odlišnou strukturou použitých stimulů. Fotografie lidí a květů zřejmě obsahují menší množství specifických lokálních znaků, které mohou sloužit k efektivní kategorizaci, a naopak mají specifický celkový tvar. Holubi proto pro kategorizaci využívali spíše celkový tvar objektu než jeho lokální znaky. Naopak na fotografiích objektů umělých (aut a židlí) se vyskytuje více lokálních znaků, například specifické linie nebo úhly, které umožňují snadnou kategorizaci. Barva v případě těchto stimulů nehrála v kategorizaci roli, protože všechny objekty byly jednotně zbarveny do jedné z osmi barev (Lazareva et al., 2002, 2004), žádná barva tedy nabyla specifická pro určitou kategorii.

Výsledek Lazarevy et al. (2004) je v rozporu s výsledkem Aust & Hubera (2001),



Obr. 19: Příklady upravených stimulů použitých v experimentu Lazarevy et al. (2006). Nahoře příklady originálních stimulů čtyř kategorií, uprostřed rozmazané stimuly (*blurring*), dole stimuly vzniklé rozdělením fotografie na čtvrtiny a jejich přemístěním (*scrambling*).

jenž přikládá při kategorizaci lidí větší váhu lokálním znakům objektu v porovnání s celkovým tvarem postavy. Příčina může být v rozdílném designu obou experimentů. V experimentu Aust & Hubera (2001) holubi kategorizovali fotografie podle (ne)přítomnosti určitých struktur (lidské postavy), čili hledali její relevantní znaky. V experimentu Lazarevy et al. (2004) holubi třídili objekty do čtyř kategorií, čili porovnávali jejich celkový vzhled. Aust & Huber (2001) navíc použili fotografie s velmi variabilním pozadím, kde není celkový obrys postavy tolik patrný, jako na fotografiích Lazarevy et al. (2004) s objekty na pozadí neutrálním (obr. 13, 19).

Části těla

V dalších experimentech se Aust & Huber (2002) zabývali konkrétními lokálními strukturami, které mohou hrát roli v kategorizaci fotografií (ne)obsahujících lidskou postavu. Lidská postava je poměrně komplexní struktura složená z několika částí, které mohou mít pro kategorizaci rozdílný význam. První test se zabýval významem jednotlivých částí těla pro rozpoznání celé postavy člověka. Holubi byli trénováni na kategorizaci barevných fotografií podle přítomnosti, nebo nepřítomnosti lidské postavy. V testu pak měli kategorizovat fotografie, na kterých byly zobrazeny pouze některé části těla – hlava, trup, ruce, nohy, nebo části kůže (obr. 20). Na obrázku 20 jsou příklady jednotlivých tělních částí seřazeny v pořadí podle holuby přiřazené míry „lidskosti“, tedy fotografie samotných rukou nejvíce značí přítomnost člověka na fotografii, zatímco část struktury kůže znamená spíše jeho nepřítomnost.

Fotografie rukou holubi prokazatelně považují za regulérní zástupce kategorie lidská postava. Fotografie samostatných hlav a trupů považují holubi také za lidi, ale statisticky



Obr. 20: Vpravo a vlevo příklady stimulů tréninkových kategorií (Aust & Huber, 2002). Mezi nimi příklady fotografií jednotlivých částí lidské postavy uspořádané podle toho, jak je holubi kategorizovali do tréninkových kategorií.

méně průkazně. Naopak fotografie nohou a částí kůže podle holubů patří do kategorie fotografií bez lidí. Ruce jsou poměrně výraznou a specifickou částí lidského těla, které se příliš nepodobá žádná jiná struktura, takže mohou být spolehlivým ukazatelem přítomnosti člověka na fotografii. Hlava dopadla v testu hůře, přestože se zdá být obdobně specifickým znakem jako ruce. Hlava má sice poměrně jednoznačnou vnitřní strukturu, ale její celkový tvar je na rozdíl od rukou snadněji zaměnitelný s jinými strukturami, které se mohou nacházet na pozadí. Navíc se struktura hlavy liší v závislosti na úhlu pohledu a některé její lokální znaky, například vlasy, jsou proměnlivé i samy o sobě. Trup tvoří většinu lidské postavy, takže funguje jako dobrý znak, i když je prezentován sám. Nohy (obuté) nemají příliš specifický tvar, proto jsou snadno zaměnitelné s jinými strukturami na fotografii. Příčinou jejich slabého výsledku mohly ovšem být i vlastnosti tréninkových stimulů. Postavy na fotografiích vybraných jako jejich příklady mají nohy zakryté (obr. 20). Pokud se na více tréninkových fotografiích vyskytovaly postavy se zakrytými nohama (autoři nedávají k dispozici kompletní soubor tréninkových fotografií), těžko pak mohli holubi používat nohy jako relevantní znak pro kategorizaci, protože neměli z tréninku zkušenost jednoznačné spojitosti nohou s celou lidskou postavou. Barva, povrchová struktura spolu s variabilním tvarem odhalených částí lidské kůže jsou snadno zaměnitelné se znaky na pozadí s podobnou strukturou, proto tato tělní část není dávána do souvislosti s lidskou postavou. Barva a povrchová struktura kůže nicméně mohou mít určitý význam pro kategorizaci ve spojení s dalšími znaky, jak je vidět na výsledcích s fotografiemi samotných rukou či hlav, jejichž je obnažená kůže nedílnou součástí. Nicméně ve spojení s jakýmkoli náhodným a víceméně nerelevantním tvarem jsou jako znak určující přítomnost člověka na fotografii nedostatečné.

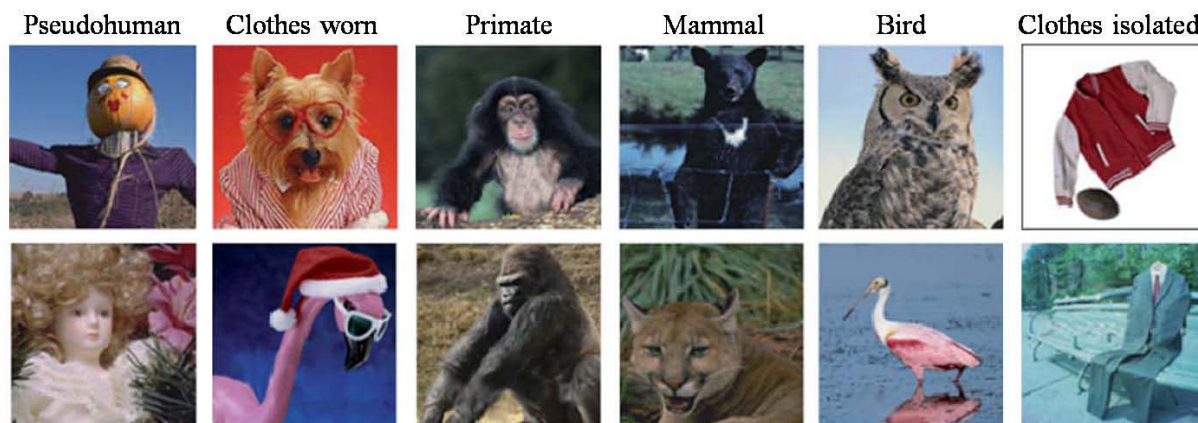
Imitace lidské postavy

Další z experimentů Aust & Hubera (2002) se zaměřil na to, jak moc „lidská“ musí být postava na fotografii, aby byla zařazena do kategorie „člověk“. V testu byly použity fotografie různých objektů, více či méně podobných lidské postavě (obr. 21). První skupinu tvořily fotografie neživých předmětů imitujících lidskou postavu (*pseudohuman*), které zobrazovaly různé panenky, loutky, sněhuláky, nebo strašáky. Také některé druhy zvířat mohou svým vzhledem připomínat lidskou postavu. V testu byly použity fotografie tří skupin zvířat (*primate, mammal, bird*) různě příbuzných člověku, přičemž míra příbuznosti odpovídá míře podobnosti s lidskou postavou. Specifickým znakem odlišujícím lidskou postavu

od jakýchkoliv jiných objektů je také oblečení. V testu byly použity jak fotografie samotných šatů (*clothes isolated*) tak do lidských šatů oblečené postavy zvířat (*clothes worn*).

Obrázek 21 zobrazuje jednotlivé typy imitací podle toho, jak moc je holubi v testu považovali za „lidské“. Za nejlépe odpovídající kategorii lidské postavy byly považovány stimuly ze skupiny *pseudohuman*. Tyto fotografie zobrazují celé postavy silně připomínající lidské, včetně relativních proporcí tělních částí. Výsledek odpovídá dřívějšímu zjištění Siegela & Honiga (1970), kteří použili fotografie panenek jako úspěšnou imitaci fotografií lidí. Také fotografie nejbližších příbuzných člověka (*primate*) holubi kategorizovali jako podobné lidem. Postava opic je dost podobná lidské, tvarem i proporcemi, liší se především odlišnou barvou, která mohla způsobit mírné snížení úspěšnosti jejich kategorizace. Ostatní skupiny zvířat se podle holubů lidské postavě nepodobají, přičemž ptáci ještě méně než savci. Pokud jsou na fotografiích zobrazeny samostatné kusy oblečení (*clothes isolated*), holubi je kategorizují jednoznačně jako příslušníky kategorie bez lidí, přestože se nám oblečení může jevit jako specifický znak úzce související s přítomností člověka na fotografii. Pokud je však oblečení kombinováno s postavou libovolného zvířete (*clothes worn*), holubi tuto kombinaci kategorizují jako lidskou prokazatelně mnohem více než fotografie samotných zvířat nebo samostatných kusů oblečení a téměř srovnatelně s fotografiemi kategorie *pseudohuman*. Oblečení může tedy být silným znakem pro kategorizaci lidí, ale pouze v kombinaci s postavou, přestože není lidská.

Výsledky ukazují, že všechny použité imitace obsahují určité množství relevantních znaků určujících postavu člověka. U části z nich sice mohou tyto znaky být pro jejich samostatnou kategorizaci nedostatečné, ale vzájemná kombinace takovýchto stimulů značně zvyšuje šanci na jejich přiřazení ke kategorii lidské postavy – tzv. *polymorphous feature rule* (Huber, 2001). Tento fenomén například způsobuje to, že kombinace znaků ze skupin stimulů



Obr. 21: Příklady testových stimulů imitujících lidské postavy (Aust & Huber, 2002). Stimuly jsou zleva seřazené podle toho, jak moc je holubi považovali za příslušníky kategorie lidské postavy.

pták a samotné oblečení, které byly odděleně identifikovány jako nejméně „lidské“, způsobí značné zvýšení „lidskosti“ stimulu z nich složeného (obr. 21).

Shrnutí

Všechny výše uvedené experimenty ukázaly, že holubi jsou schopni si vytvořit koncept kategorií různých objektů, ať už přírodních (lidé, stromy, květiny) nebo umělých (auta, židle). Holubi tyto koncepty vytvářeli na základě prezentovaných fotografií, které byly velmi variabilní, co se týče vzhledu, velikosti a viditelnosti relevantního objektu. Holubi jsou tedy schopni zformovat i koncept velmi široké a variabilní kategorie.

Možným faktorem ovlivňujícím tvorbu konceptu je předchozí reálná zkušenost holubů s objekty na kategorizovaných fotografiích, tedy možnost, že koncept určité kategorie mají holubi již vytvořen a jsou ho schopni aplikovat na fotografie v experimentu (Herrnstein & Loveland, 1964). Jak již bylo zmíněno, předchozí zkušenost se v experimentu může uplatnit pouze za předpokladu, že holubi na fotografiích vidí reálné objekty. Dosavadní experimenty však neposkytují dostatečný důkaz potvrzující schopnost holubů vnímat souvislost mezi fotografií a realitou (viz další kapitola). Z většiny studií také není zřejmé, zda holubi vůbec měli během života šanci reálnou zkušenost získat. I v případě, že by měli možnost setkat se s kategorizovanými objekty už dříve v reálném prostředí, je otázkou, nakolik by vůbec věnovali pozornost objektům, které pro ně nemají velký biologický význam (židle, auta), natož aby se tyto objekty snažili nějakým způsobem kategorizovat. Zkušenost předcházející experimentu tak teoreticky může hrát roli pouze v speciálních případech (hlavně se to týká lidské postavy), pokud vůbec. Holubi tedy zřejmě vytvářejí koncept převážně na základě vlastností a struktur sdílených fotografiemi patřícími do stejné kategorie.

Několik prací se pokusilo zaměřit na struktury, které vytvoření konceptu a jeho následné využití ke kategorizaci umožňují nebo podporují. Jejich závěry však nejsou jednoznačné a někdy se ani neshodují. Většina těchto experimentů se zabývala především znaky umožňujícími identifikovat na fotografii lidskou postavu. Některé experimenty se shodují na menším významu celkového tvaru a velikosti postavy nebo její části v porovnání s větším významem vnitřní struktury (Troje et al., 1999, Aust & Huber, 2001, 2002). Naopak experiment Lazarevy et al. (2006) ukázal právě značný význam celkového tvaru pro kategorizaci lidské postavy a ztráta informace o struktuře postavy rozostřením fotografie zde kategorizaci nijak neovlivnila. Na druhou stranu Lazareva et al. (2006) odhalila význam struktury u fotografií aut a židlí. Bohužel, žádný další experiment se takovýmto

způsobem na umělé objekty nezaměřil. Příčiny rozdílných výsledků těchto experimentů je zřejmě nutné hledat především v odlišnostech konkrétních použitých stimulů. Pokud se například na fotografii kromě relevantního objektu (člověka) vyskytuje i bohaté a pestré pozadí (Aust & Huber, 2001), které může narušit dobrou viditelnost obrysů postavy, je pak jednodušší kategorizovat na základě lokálních znaků objektu. Naopak na fotografiích použitých Lazarevou et al. (2006) chybějící pozadí tvar postavy zvýrazňuje, a ten se tak zdá být uniformnější než na fotografiích použitých Aust & Huberem (2001). Troje et al. (1999) sice také použil cílové objekty bez pozadí, ale v tomto případě se jednalo o kategorizaci podle pohlaví obličejů a ne podle přítomnosti postavy.

Pátrání po konkrétních strukturách, které hrají zásadní roli při tvorbě konceptů kategorií, neodhalilo žádný jednotlivý znak, který by dostatečně přesně charakterizoval všechny zástupce příslušné kategorie. U řady znaků byl odhalen větší či menší přínos pro úspěšnou kategorizaci, ale vliv žádného znaku nebyl tak vysoký, jako v případě jejich kombinace. Tento závěr odpovídá pravidlu *polymorphous feature rule* (Huber, 2001), které předpokládá, že žádný jednotlivý znak sám o sobě není dostatečný ani nepostradatelný pro úspěšnou kategorizaci, které lze dosáhnout jen kombinací několika takovýchto znaků. Postava člověka je tak podle tohoto pravidla definována celou řadou znaků (tvar a velikost, přítomnost jednotlivých tělních částí, drobné struktury a jejich vzájemná poloha, barvy, stíny, kontrast...), z nichž stačí k úspěšné kategorizaci registrovat pouze některé, v závislosti na způsobu prezentace příslušných stimulů. Skutečnost, že žádný ze znaků není nepostradatelný pro úspěšnou kategorizaci, mimo jiné umožňuje kategorizovat objekty různě zakryté, nebo viděné z různých úhlů. To pak umožňuje vytvoření širokého konceptu kategorie na základě velkého a variabilního souboru fotografií jako v případě pionýrského experimentu Herrnsteina & Lovelanda (1964).

Barva je jedním z nejnápadnějších znaků na fotografiích. Nelze však jednoznačně stanovit, nakolik barva znaků ovlivňuje kategorizaci u holubů. Některé experimenty s černobílými fotografiemi ukázaly výsledky srovnatelné s barevnými (Herrnstein & Loveland, 1964, Aust & Huber, 2001), Lazareva et al. (2004, 2006) dokonce předem znemožnila kategorizaci na základě barev nabarvením stimulů stejnými barvami. Zdá se tedy, že barva není pro holuby zásadním faktorem kategorizace. Vysvětlením může být, že testované kategorie necharakterizuje dostatečně specifický barevný znak, nebo jsou jejich zástupci příliš barevně variabilní. Tato možnost je pravděpodobná právě u lidských postav, které jsou různobarevně oblečeny a barevně se shodují pouze barvou kůže, která nemusí být dostatečně kvalitním znakem, protože se může podobat jiným strukturám na fotografii (Aust

& Huber, 2002). Jinou možností je, že ztráta informace o barvě je dostatečně kompenzována jinými informacemi o struktuře objektu. To může vysvětlit mírně horší kategorizaci černobílých fotografií, nebo neúspěšnou kategorizaci černobílých zamíchaných fotografií u Aust & Hubera (2001), kde došlo k příliš velké celkové ztrátě relevantních znaků, aby mohla ztráta barev úspěšně kompenzována.

Holubi jsou tedy schopni k vytvoření konceptu využít velké množství relevantních znaků poskytnutých prezentovanými stimuly. Otázkou ale zůstává, zda jsou holubi schopni vidět ve fotografiích obraz reálného prostředí. A pokud ne, tak zda holubi vnímají, například lidskou postavu, na fotografii jako jednotnou ucelenou nějakým způsobem organizovanou strukturu nebo pouze jako náhodný shluk abstraktních znaků (Aust & Huber, 2002).

Co vidí ptáci na fotografiích?

Velké množství kategorizačních experimentů využívá jako stimuly fotografie reálných objektů nebo prostředí. Holubi prokázali schopnost tyto fotografie kategorizovat podle určitých na nich zobrazených struktur (např. lidí, stromů aut,...). Z těchto výsledků autoři většinou vyvozují závěry o schopnosti holubů kategorizovat příslušné reálné objekty. Tyto závěry jsou postaveny na předpokladu, že holubi jsou schopni vnímat souvislost mezi reálnými objekty a jejich fotografiemi. Skutečnost, že lidé tuto schopnost mají, ovšem v žádném případě neopravňuje předpokládat, že jsou jí vybaveni i ptáci. Avšak řada, především starších, prací považuje tuto schopnost u holubů za samozřejmou (Herrnstein & Loveland, 1964, Lubow, 1974, Herrnstein at al., 1976, Bhatt et al. 1988), přestože experimenty v nich obsažené samy o sobě neposkytují žádný důkaz, že by tomu tak bylo.

Existuje přitom několik důvodů proč o schopnosti ptáků vnímat na fotografiích reálné objekty pochybovat. Zásadní jsou především rozdíly mezi lidským a ptačím zrakem. Zatímco lidský zrak používá tři základní barvy, holubí zrak je (včetně schopnosti vnímat UV záření) pentachromatický (Emmerton, 1983). V experimentech se ale používají klasické fotografie i digitální fotografie promítané na monitoru. Barevná struktura těchto fotografií (i promítaných obrazů) je vytvářena pro lidské vidění, UV záření je eliminováno již kamerou, luminofory monitorů mají tři základní barvy (Cuthill et al., 2000). Je tedy nutné položit si otázku: Co vlastně ptáci vidí na fotografiích vytvářených pro nedokonalé trichromatické lidské oko? V případě fotografií promítaných na klasických monitorech přistupuje navíc problém s jejich nedostatečnou obnovovací frekvencí (Fleishman & Endler, 2000).

Vzhledem k odlišnému barevnému spektru ptačího zraku můžeme říct, že holubi v porovnání s lidmi vidí fotografie v nejlepším případě v jiných, tedy nereálných barvách (Bovet & Vauclair, 2000). Pokusy s černobílými fotografiemi ukázaly, že holubi jsou schopni je kategorizovat podobně jako barevné (Herrnstein & Loveland, 1964, Aust & Huber, 2001). To podle autorů znamená, že barva nemusí být pro holuby zásadním prostředkem kategorizace, nebo že v případě ztráty barevné informace jsou schopni ji dostatečně nahradit na základě přítomnosti jiných znaků. Pokud holubi vidí ve fotografiích známé trojrozměrné objekty, může však jejich odlišná nereálná barva způsobit snížení schopnosti správné kategorizace těchto stimulů, jak ukázal experiment Delius (1992) popsany níže.

Dalším faktorem komplikujícím vidění reality ve fotografiích je ztráta některých znaků trojrozměrného prostoru. Dvourozměrná fotografie postrádá například hloubku

prostoru, která může být důležitým znakem při kategorizaci reálných objektů a její ztráta může opět komplikovat jejich identifikaci na fotografii (Delius, 1992).

Experimentální důkazy

Pouze relativně malé množství prací se zaměřilo na prokázání schopnosti ptáků vnímat souvislost mezi reálnými objekty a jejich fotografiemi. Ty, které se o to pokusily, lze rozdělit do dvou skupin (Bovet & Vauclair, 2000, Weisman & Spetch, 2010).

První z nich zkoumala reakce netrénovaných ptáků na fotografie zobrazující predátory nebo sexuální partnery. Pokud se reakce testovaného jedince na fotografii shoduje s jeho reakcí na reálného soupeře nebo partnera, dá se předpokládat, že je schopen vidět fotografii jako obraz reálného prostředí. Experimenty s netrénovanými ptáky poněkud vybočují z tématu této práce, nicméně je zde alespoň krátce zmiňuji, neboť poskytují ojedinělou možnost porovnat přirozené ptačí chování s výsledky získanými učením pomocí operantního podmiňování.

V jedné z prvních studií tohoto typu Evans et al. (1993) ukázal, že kuřata reagují výstražným voláním na fotografie letících dravců a pozemních predátorů podobně jako na skutečné predátory, výstražná reakce na vzdušného a pozemního predátora byla navíc odlišná, stejně jako při reakci na reálné predátory.

Shimizu (1998) ukazoval samcům holubů fotografie i videa holubích samic. Prokázal, že samci se prokazatelně více předvádějí před zobrazením holubice než před prázdnou obrazovkou nebo obrazem samce jiného druhu. Před videem se samicí se předváděli více než před statickou fotografií.

V experimentu Watanabeho (2002) strávilo šest ze sedmi jedinců rýžovníka šedého (*Padda oryzivora*) signifikantně více času před monitorem s vlastním obrazem než před monitorem se záznamem baseballového utkání, což dokazuje, že byli schopni vidět rozdíl mezi oběma záznamy.

Partan et al. (2005) zkoumal reakce holubích samic na video tokajícího samce. Prezentace videa tokajícího samce v kombinaci s audio nahrávkou vrkání vyvolávala u samic intenzivnější namlouvací reakce než samotná vizuální nebo akustická prezentace.

Nedostatkem těchto experimentů je možnost, že odpovídající reakce může být způsobena pouze přítomností jednoho výrazného znaku, který by takto mohl fungovat sám o sobě i bez povědomí o přítomnosti celého jedince (Bovet & Vauclair, 2000).

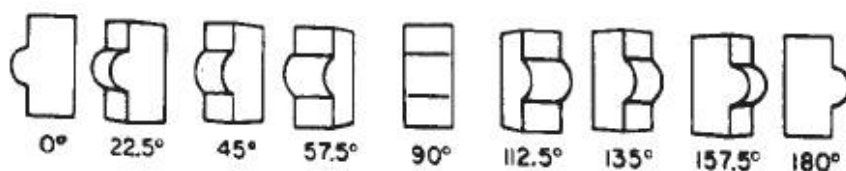
Ophir & Galef (2003) studovali rozpoznávání partnerů na videu u křepelek. Vycházeli z dřívějšího zjištění, že samice křepelek preferují samce, které dříve viděli pářit se s jinou samicí (Galef & White 1998). Samicím prezentovali video pářícího se známého samce, tohoto samce samotného a pářícího se cizího samce. Následně sledovali jejich reakci na reálného samce. Sledování prokázalo zvýšenou ochotu pářit se se samcem pouze u samic, které předtím shlédly video jeho páření. Video páření neznámého samce obdobný efekt nevyvolávalo. Tento experiment podle Weismana & Spetch (2010) podává zatím nejsilnější důkaz, že ptáci jsou schopni na videu rozpoznávat jednotlivé jedince svého druhu.

Experimenty založené na naučené kategorizaci objektů

Druhá skupina studií je založena na testování naučené kategorizace. Ptáci se učí kategorizovat reálné objekty a následně je testována jejich schopnost tuto kategorizaci přenést na fotografie těchto objektů, nebo naopak. Pokud jsou ptáci schopni aplikovat naučenou kategorizaci na jiný druh stimulů, dá se předpokládat, že vnímají souvislost mezi realitou a její fotografií, i když také zde se mohou vyskytnout pochybnosti a alternativní vysvětlení úspěšné generalizace (Bovet & Vauclair, 2000). Především je zde riziko, že holubi kategorizují na základě jednoduchých dvourozměrných znaků shodných na reálném objektu i jeho fotografii, aniž by si nezbytně uvědomovali souvislost mezi objektem a jeho fotografií (Weisman & Spetch, 2010).

Cabe (1974) naučil holuby diskriminovat mezi dvěma jednoduchými bílými objekty (kvádr $5,7 \times 5,7 \times 1,9$ cm a kříž „vyříznutý“ z tohoto kvádru). Jeden z objektů byl pozitivní stimulus, druhý negativní (odlišně pro různé jedince). Následně byli holubi testováni na diskriminaci tří obrázkových verzí těchto dvou objektů: černobílé fotografie, prostorové kresby a bílé siluety na černém pozadí (každý typ zobrazení na jiné skupině holubů). Holubi prokázali schopnost generalizovat diskriminaci reálných objektů na jejich černobílé fotografie i siluety, ale nezvládli diskriminovat mezi jejich prostorovými kresbami. Také však byli schopni rozlišovat mezi reálným objektem a jeho dvourozměrným zobrazením (fotografií, kresbou, nebo siluetou).

K podobnému výsledku došel i Lumsden (1977). Objekt zobrazený na obrázku 22 použil jako pozitivní stimulus, jako negativní stimuly použil dva odlišné objekty stejné barvy (jeden ve tvaru klínu, druhý ve tvaru přesýpacích hodin). Testován byl pouze jeden holub. V tréninku mu byly prezentovány reálné objekty z různých úhlů pohledu (obr. 22). Následně byla testována schopnost generalizovat tuto kategorizaci na fotografie a kresby pozitivního

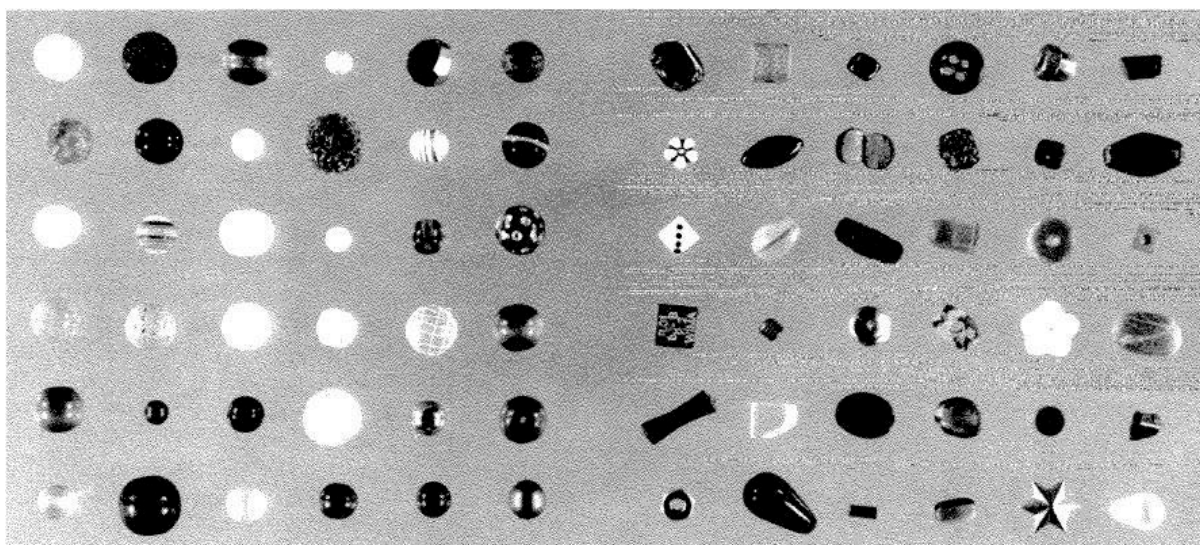


Obr. 22: Kresby objektu pozitivní kategorie použitého Lumsdenem (1977) z úhlů pohledu prezentovaných v experimentu.

stimulu ze stejných úhlů pohledu. Fotografie zvládl holub kategorizovat na podobné úrovni jako reálný objekt, ale v případě kreseb došlo k prudkému zhoršení.

Delius (1992) použil v experimentu drobné předměty rozdělené do dvou kategorií: kulaté (*spherical*) a nekulaté (*nonspherical*). Obě kategorie byly velmi variabilní. Jednotlivé předměty se lišily celkovou velikostí, barvou, průhledností, strukturou povrchu (obr. 23). Holubi se naučili kategorizovat trojrozměrné objekty, úspěšně zvládli i generalizaci na nové trojrozměrné stimuly. Úspěšně proběhlo přenesení kategorizace z trojrozměrných objektů na jejich dvourozměrné fotografie (na černobílé lépe než na barevné), méně úspěšně na jejich kresby.

Watanabe (1997) využil v experimentu jedlé a nejedlé objekty a jejich fotografie. Polovina holubů se učila v tréniku stimuly kategorizovat podle toho, zda se jednalo o reálný objekt nebo jeho fotografii, druhá polovina kategorizovala jedlé a nejedlé stimuly bez ohledu na to, zda jde o reálný objekt nebo fotografii. Holubi naučení danou úlohu uspěli i při generalizaci na nové stimuly (jedlé i nejedlé, reálné objekty i fotografie). Experiment prokázal, jak schopnost holubů rozlišovat trojrozměrné objekty od dvourozměrných fotografií, tak schopnost vidět souvislost mezi reálnými objekty a jejich fotografiemi. V dalším testu byly použity stejné stimuly, ale natřené černou barvou, včetně fotografií těchto černých objektů. Holubi kategorizující objekty a fotografie neměli problém s kategorizací



Obr. 53: Příklady objektů použitých Deliusem (1992). Objekty v experimentu byly různě barevné s různou strukturou povrchu.

těchto stimulů, ale holubi kategorizující jedlé a nejedlé stimuly tuto úlohu nezvládli. Barva tedy není důležitá pro rozlišení mezi trojrozměrným a dvourozměrným stimulem, ale hraje roli v kategorizaci jedlých a nejedlých stimulů. Jedlé i nejedlé objekty byly různě zbarveny, některé barvy byly specifické určité kategorii. Natření objektů na černo však nezakrylo pouze barvu objektů, ale také strukturu jejich povrchu, která může být pro kategorizaci neméně specifickým a důležitým znakem.

Nedostatky experimentů s jednoduchými objekty

Tyto experimenty podle svých autorů podávají důkaz o schopnosti holubů vnímat souvislost mezi trojrozměrnými objekty a jejich fotografiemi. Je v nich však možné nalézt nedostatky, které mohou tyto závěry zpochybnit. Objekty použité v těchto experimentech jsou velmi jednoduché a lze na nich velmi snadno nalézt specifické znaky odlišující je od ostatních. Cabe (1974) použil dva velmi různé objekty, které holubi viděli ze stále stejného úhlu. Zásadní znaky odlišující tyto dva objekty zůstaly zachovány na fotografiích i jejich siluety jsou zřetelně odlišitelné. Právě úspěšná transformace na siluety obou objektů naznačuje velký význam jejich obrysu. Lumsden (1977) prezentoval objekty z více úhlů pohledu, nicméně pozitivní objekt měl dost specifický tvar, aby byl snadno odlišen od negativních, navíc byl testován pouze jeden jedinec. U těchto dvou experimentů je možná zajímavější otázka, proč nebyli holubi schopni kategorizovat i kresby, které zachycují stejný tvar jako fotografie, když zřetelně odlišný tvar je nejjednodušším vodítkem, jak tyto stimuly rozlišit? Použité objekty byly celé nabarveny bíle. Na obrázku 22 je vidět, že některé hrany objektu jsou uvnitř jeho obrysu. Na kresbě jsou tyto hrany označeny zřetelnou linkou. Na reálném objektu nebo jeho fotografii nejsou tyto hrany tak nápadné a mohou být vnímány pouze podle odlišného stínování ploch, které oddělují. Na siluetě pak nejsou zřejmé vůbec. Je tedy možné, že právě díky zobrazení „vnitřních“ hran objektu na jeho kresbě, vnímají holubi kresby jako neznámé stimuly a nejsou schopni je přiřadit k tréninkovým objektům.

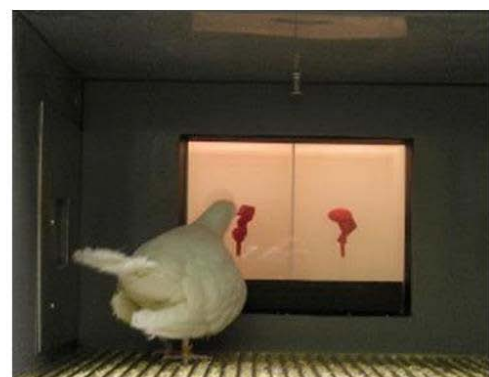
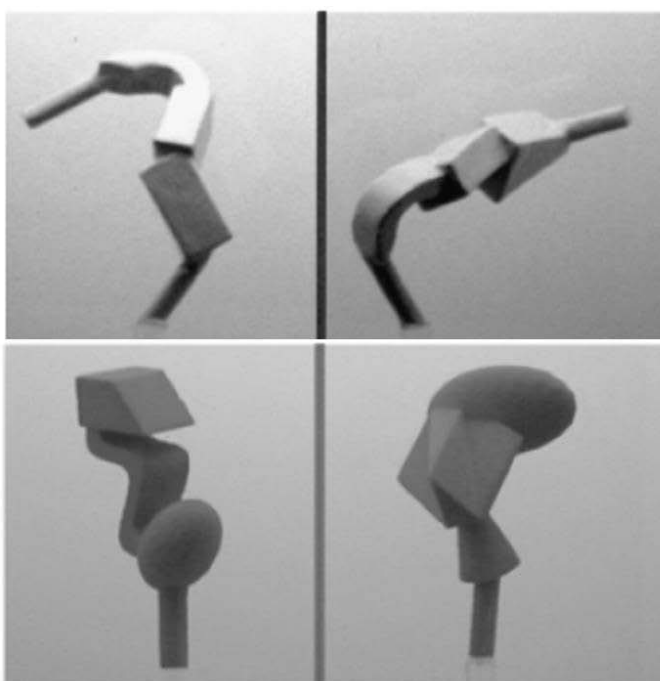
I stimuly, které použil Delius (1992), jsou velmi jednoduché, kulaté objekty jsou symetričtější než nekulaté a symetrie zůstává dobře zachována i na fotografiích a kresbách (obr. 23). Jedlé a nejedlé objekty použité Watanabem (1997) jsou pro holuby přirozenými kategoriemi, což napomáhá učení v tréninku. Ale i zde jsou rozdíly mezi stimuly obou kategorií. Kategorie jedlých objektů zahrnuje především semena, která mají podobný tvar. Naopak nejedlé objekty jsou tvarově mnohem variabilnější (kamínek, větvička, matka, svorka).

Bovet & Vauclair (2000) upozorňují, že v experimentech Cabeho (1974), Lumsdena (1977) i Deliuse (1992) byla prokázána schopnost transformace z reálných objektů na jejich fotografie, ale už ne naopak. K experimentu Watanabeho (1997) podotýkají, že holubi zvládli rozlišovat mezi reálnými objekty a fotografiemi a mezi jedlými a nejedlými objekty, ale každou úlohu dělali jiní jedinci, takže zde není důkaz, že jsou holubi schopni obojího zároveň.

Všechny čtyři experimenty tedy dokazují schopnost holubů zařazovat jednoduché objekty a jejich fotografie do stejné kategorie, ale zůstává zde riziko, že je toho dosaženo na základě jednoduchých specifických znaků bez porozumění obsahu zobrazeného na fotografiích. Závěry těchto experimentů tedy nelze aplikovat na složitější stimuly.

Komplexní trojrozměrné objekty

Se složitějšími stimuly pracovali holubi v experimentu Spetch & Friedmana (2006). V experimentu byly použity dva páry trojrozměrných objektů vytvořených složením ze tří jednoduchých tvarů a jejich fotografie (obr. 24). Objekty jednoho páru (pozitivní i negativní) byly shodně zbarveny a lišily se jen druhem nebo vzájemnou polohou tvarů, ze kterých byly složeny. V tréninku se holubi učili diskriminovat objekty jednoho z párů nebo jejich fotografie z různých úhlů pohledu. Holubům byly prezentovány vždy oba stimuly (obr. 24) a jejich úkolem bylo vybrat z nich ten, který tvořil pozitivní kategorii (*simultaneous go/no-go procedure*). V testu pak byly stimuly obráceny. Holubi trénovaní s reálnými objekty



Obr. 24: Vlevo ukázka dvou párů objektů použitých Spetch & Friedmanem (2006). Horní objekty byly v experimentu žluté, dolní červené. Objekty byly prezentovány z různých úhlů pohledu.

Vpravo ukázka simultánní prezentace stimulů.

diskriminovali fotografie objektů téhož páru a naopak. Holubi ukázali schopnost přenést naučenou diskriminaci mezi dvěma objekty na jejich fotografie i naopak.

Pro vyvrácení možnosti, že si holubi zapamatovali tvar objektů z jednotlivých úhlů pohledu, byl proveden další test. Holubi byli trénováni na diskriminaci obou objektů z dvanácti úhlů pohledu a následně testováni na fotografiích z dvanácti odlišných úhlů. Tuto úlohu již nelze vyřešit na základě zapamatování si jednoduchých tvarů objektu, ale pouze prostřednictvím uvědomění si trojrozměrné struktury stimulů. I tento úkol holubi zvládli, nicméně se sníženou úspěšností. Snížení úspěšnosti diskriminace fotografií znamená, že ptáci vnímají rozdíl mezi trojrozměrným objektem a jeho dvourozměrnou fotografií (Spetch & Friedman, 2006).

Výsledky tedy přesvědčivě ukazují, že holubi jsou schopni na trojrozměrných objektech a jejich fotografiích rozeznat stejné struktury a využít je k diskriminaci stimulů. Sami autoři však upozorňují, že stále není zřejmé, zda holubi vnímají i podstatu fotografií jako reprezentantů trojrozměrných objektů (Spetch & Friedman, l.c.).

Komplexní fotografie

Předchozí experiment využívá stále relativně jednoduché a abstraktní tvary. Jak jsou ale holubi schopni vnímat realitu na mnohem komplexnějších a variabilnějších fotografiích používaných v experimentech studujících schopnost tvorby konceptu kategorie (např. Herrnstein & Loveland, 1964, Aust & Huber, 2001, 2002)? Aust & Huber (2006) použili ke zkoumání schopnosti holubů vnímat souvislost mezi realitou a jejími fotografiemi odlišný přístup, který nazývají *Complementary Information Procedure*. V experimentu použili komplexní fotografie lišící se přítomností člověka podobně jako v předchozích studiích (Aust & Huber, 2001, 2002). Na rozdíl od nich však zde byly fotografie upraveny (obr. 25). Jedna skupina holubů byla trénována na kategorizaci fotografií, na kterých nebyly vidět hlavy lidí (*headless*), na fotografiích pro druhou skupinu nebyly vidět lidské ruce (*handless*). Holubi z první skupiny tak nikdy během tréninku neviděli fotografii lidské hlavy, ale viděli fotografie s rukama, holubi z druhé skupiny naopak. V testu pak byly prezentovány fotografie samotných lidských rukou, hlav a náhodně tvarovaných částí kůže, podobné fotografiím použitým v Aust & Huber (2002). Pro skupinu *headless* byly fotografie rukou tzv. viděnými (známými) částmi (*seen parts*). Fotografie hlav pro ni byly neviděnými (neznámými) částmi těla (*unseen parts*), které byly komplementární k fotografiím známým z tréninku. Pro skupinu *handless* byly fotografie hlav známé a fotografie rukou neznámé. Předpokladem experimentu

bylo, že holubi budou fotografie známých částí těla považovat spíše za příslušníky kategorie lidí a fotografie náhodných útvarů se struktury lidské kůže spíše za příslušníky kategorie bez lidí, tak jak se již ukázalo v předchozím experimentu (Aust & Huber, 2002). Reakce na v tréninku neviděné části těla (*unseen parts*) byly pak srovnávány s těmito dvěma kategoriemi objektů.

Aby holubi dokázali zařadit fotografie neviděných částí těla do stejné kategorie jako fotografie lidí, museli by znát souvislost mezi hlavou/rukama a zbytkem lidské postavy. Tuto souvislost se však nemohli naučit během tréninku, musela být získána dřívější zkušeností s reálnými lidmi (ta byla v tomto případě dostatečná). Aby mohla být tato zkušenost aplikována v experimentu, musí být holubi schopni vidět ve fotografiích reálné části lidského těla. Zařazení v tréninku neviděných částí těla do kategorie lidí, by tedy znamenalo, že holubi jsou schopni vnímat souvislost mezi reálnými objekty a jejich fotografiemi.

Výsledky testu ukázaly, že fotografie samotných viděných částí těla (*seen parts*) holubi kategorizovali hůře než fotografie (téměř) celých lidských postav v tréninku, ale stále byly tyto fotografie považovány za téměř „lidské“ a především signifikantně „lidštější“ než fotografie částí kůže, které byly zařazovány spíše do kategorie fotografií bez lidí (avšak stále byly od této kategorie průkazně odlišné). Tyto výsledky byly předpokládány na základě výsledků předchozího experimentu (Aust & Huber, 2002). Novým a velmi překvapivým výsledkem je kategorizace v tréninku neviděných částí těla (*unseen parts*) tedy fotografií hlav pro skupinu *headless* a fotografií rukou pro skupinu *handless*. Tyto části holubi kategorizovali na úrovni srovnatelné s viděnými částmi, tedy jako značně „lidštější“ než fotografie částí kůže.

Holubi tedy úspěšně kategorizovali fotografie komplementárních částí těla na základě



Obr. 25: Příklady fotografií použitých Aust & Huberem (2006).

aplikace předchozí zkušenosti s živými lidmi a prokázali tak schopnost vidět reálné lidské postavy na jejich fotografiích.

Alternativním vysvětlením výsledků tohoto experimentu zpochybňujícím jeho závěry by mohla být přítomnost specifické struktury a barvy kůže na všech stimulech. Tento znak je jediný, který vizuálně spojuje tréninkové a testové fotografie (viděných i neviděných částí), takže pouze na jeho základě mohly být fotografie neviděných částí zařazovány do kategorie obsahujících lidi. Tato alternativa však nevysvětluje proč samotné části kůže, které mají tutéž barvu i strukturu, byly prokazatelně zařazovány spíše do kategorie bez lidí (Aust & Huber, 2006). Minimální vliv struktury a barvy kůže na kategorizaci těchto stimulů byl potvrzen v dalším experimentu (Aust & Huber, 2010a), kde byly testovány různé manipulace s tvarem barvou a povrchovou strukturou částí kůže.

Výsledek experimentu Aust & Hubera (2006) by bylo možné zpochybnit také přítomností nějakých vizuálních znaků, které nesouvisí přímo s lidskou postavou, ale vyskytují se na tréninkových i testových stimulech jedné kategorie. Tato možnost je velmi málo pravděpodobná, protože fotografie do experimentu jsou vybírány s ohledem na eliminaci takových znaků. Zcela ji vyloučil další experiment Aust & Hubera (2010b). V něm byli testováni holubi, kteří byli od narození chováni v takových podmínkách, že nikdy za celý pre-experimentální život neviděli hlavu člověka, ale dobře znali lidskou postavu. Ve stejném experimentu jako Aust & Huber (2006) pak nedokázali zařadit fotografie lidské hlavy do kategorie fotografií s lidskou postavou, protože lidskou hlavu nikdy předtím neviděli ani samotnou ani v souvislosti s lidskou postavou. To by měl být výsledek definitivně potvrzující schopnost holubů kompletovat do jedné kategorie fotografie částí lidského těla na základě zkušenosti s reálnými lidmi.

Rozpoznávání fotografií konkrétní osoby

Na rozdíl od výše uvedených studií skončil pokus Dittricha et al. (2010) dokázat, že holubi vidí souvislost mezi realitou a jejími fotografiemi neúspěchem. V experimentu použil dvě skupiny holubů. Každá z těchto skupin byla krmena jiným člověkem (a pouze jím), přičemž holubi byli zvyklí i na přítomnost jiných lidí, ale nikdy neviděli krmiče opačné skupiny. Holubi byli schopni rozeznat krmiče od ostatních lidí a dávali to najevo svým chováním. V experimentu pak byli trénováni na kategorizaci fotografií hlav konkrétních lidí využitím klasické *successive go/no-go procedure*. Pozitivní kategorii tvořily fotografie obou krmičů, jeden byl holubům známý, druhý ne. Negativní kategorii tvořily fotografie dvou zcela

neznámých mužů. Testovanou hypotézou bylo, že se holubi naučí fotografie známého krmiče odlišit od negativních fotografií mnohem rychleji než fotografie neznámého krmiče. Tento předpoklad se však v experimentu nepotvrdil. Fotografie obou krmičů byly kategorizovány srovnatelně po celou dobu tréninku, tj. holubi se kategorizaci obou pozitivních stimulů učili stejně rychle, znalost jednoho z nich neurychlila učení. Z těchto výsledků Dittrich et al. (2010) vyvozuje, že holubi nevidí fotografie jako reprezentaci konkrétních osob.

Dittrich et al. (2010) nabízí několik možných příčin neúspěchu. Například rozdílnou velikost trojrozměrných (krmiči) a dvourozměrných stimulů (fotografie). Krmiče znali holubi v životní velikosti a zpravidla ho viděli z dálky, zatímco fotografie byly značně menší a byly prezentovány zblízka. V experimentu Aust & Hubera (2006) však byly také použity fotografie mnohem menší než reální lidé. Aust & Huber (2006) ovšem použili fotografie lišící se přítomností lidí, zatímco Dittrich et al. (2010) pracoval s fotografiemi lišícími se konkrétními osobami. Kategorie lidí poskytuje řadu znaků, podle kterých ji lze identifikovat, jednotliví lidé jsou si podobnější, takže je větší problém diskriminovat mezi nimi, což může negativně ovlivnit výsledek experimentu (Dittrich et al., 2010).

Shrnutí

Fotografie reálného prostředí jsou velmi často používány v kategorizačních experimentech. Avšak bez přesvědčivého důkazu, že holubi jsou schopni vidět souvislost mezi realitou a jejím zobrazením na fotografii, nelze z těchto experimentů vyvozovat žádné závěry o jejich vnímání reálného světa (Bovet & Vauclair, 2000). Vypovídají jen o schopnosti vnímat a kategorizovat shluky dvourozměrných abstraktních struktur, které mohou být nějakým způsobem organizované, podobně jako experimenty s jednoduchými kresbami. Proto jsou důležité experimenty poskytující důkaz, že fotografie nejsou pro holuby pouhým shlukem abstraktních znaků, ale realistickým ztvárněním skutečnosti. Takových experimentů však nebylo provedeno mnoho.

Několik experimentů prokázalo schopnost holubů zařazovat fotografie do stejných kategorií jako trojrozměrné objekty na nich zobrazené (Cabe, 1974, Lumsden, 1977, Delius, 1992, Watanabe, 1997, Spetch & Friedman, 2006). Zpravidla se však jednalo o jednoduché objekty, které se zásadně lišily jednoduchými znaky, takže kategorizace mohla proběhnout jejich prostřednictvím bez nutnosti vidět souvislost mezi objektem a fotografií. Tuto možnost se částečně podařilo vyloučit v experimentu Spetch & Friedmana (2006), kdy byly v testu

použity fotografie objektů z úhlů, které holubi neviděli během tréninku. Tato úprava snižuje možnost uplatnění jednoduchých dvourozměrných znaků a vyžaduje použití ke kategorizaci celkový tvar stimulů. I tyto experimenty ale používaly různé geometrické obrazce, které jsou pro holuby abstraktními útvary, což snižuje možnost jejich závěry zobecnit na přírodní stimuly. Delius (1992) spekuluje o pre-experimentální schopnosti rozlišovat kulaté a nekulaté předměty aplikované v experimentu, ale tato myšlenka je podpořena pouze rychlým učením kategorizace během tréninku. Watanabe (1997) sice použil přírodní stimuly v podobě jedlých semen, ty ale mohou poskytovat určitou výhodu, pouze pokud s nimi už holubi dříve přišli do styku, což z experimentu není zřejmé.

Navíc ve všech výše uvedených experimentech byly použity pouhé dvě kategorie stimulů. Přenesení kategorizace z reálných stimulů na jejich fotografie tak mohla být umožněna přítomností jediného znaku shodného na objektech i fotografiích jedné kategorie, který se naopak nevyskytuje na objektech a fotografiích druhé kategorie, bez nutnosti vnímat souvislost mezi trojrozměrným objektem a fotografií. Měly by tedy ještě být provedeny experimenty zkoumající souvislost mezi fotografiemi a realitou založené na kategorizaci více než dvou kategorií.

Aust & Huber (2006) použili inovativní design experimentu. Tento design vytváří úlohu, která je pro holubi řešitelná, pouze pokud jsou na fotografiích schopni rozeznat části skutečných lidských postav. Úspěch holubů v této poměrně složité úloze ukazuje na první pohled velmi přesvědčivě jejich schopnost vnímat souvislost mezi trojrozměrným prostředím a jeho dvourozměrným zobrazením i na velmi komplexních a variabilních fotografiích. Nicméně sami autoři připouští, že výsledky experimentu nedávají stoprocentní podporu tomuto závěru. Především je podle nich nutné vysvětlit znatelný propad úspěšnosti kategorizace fotografií částí těla známých již z tréninku. Vysvětlení, že je způsoben prezentací nových stimulů (tj. poklesem úspěšnosti běžným při jakékoliv generalizaci), se zde zdá nedostatečné. Stimuly obsahující části lidské kůže byly sice zařazovány do kategorie bez lidí, ale stále je holubi identifikovali jako „lidštější“ než typické zástupce této kategorie. Nicméně velmi obtížně napadnutelným výsledkem zůstává v experimentech Aust & Hubera (l.c.) schopnost úspěšně kategorizovat fotografie neznámých částí těla, které se nepodobají žádné jiné struktuře na dosud prezentovaných fotografiích. Možný vliv struktury a barvy kůže přítomné na všech fotografiích s lidmi byl vyloučen následnými experimenty (Aust & Huber, 2010a, 2010b). Přes určité pochybnosti je postup použitý Aust & Huberem (2006) slibným způsobem, jak studovat vnímání souvislosti mezi skutečností a fotografiemi v budoucích

experimentech, a výsledky tohoto experimentu zůstávají nejsilnějším důkazem, že holubi jsou tuto souvislost schopni vnímat (Weisman & Spetch, 2010).

Negativní výsledky experimentu Dittricha et al. (2010) ještě nemusí znamenat, že holubi nejsou schopni poznat určitou osobu na fotografii. Experiment především nevyžaduje k úspěšnému vyřešení schopnost tuto osobu poznat. Výsledek mohl být ovlivněn i designem (*go/no-go procedure*). Teoreticky je například možné, že se holubi naučili příslušnost fotografie známé i neznámé osoby do jedné (pozitivní) kategorie rychleji než způsob, jak odpovědět na stimulus této kategorie (klování).

Závěr

Experimenty popsané v této práci ukázaly, že holubi jsou schopni úspěšně vyřešit řadu kategorizačních úloh využívajících nejrůznější typy vizuálních stimulů (od jednoduchých objektů, kreseb po komplexní fotografie) a různě variabilní kategorie.

Při řešení kategorizačních úloh jsou holubi schopni využívat různé strategie, které je dovedou k správnému výsledku, na základě informací, které jim poskytují prezentované stimuly. Například popisovaný konflikt mezi *particulate feature theory* a teorií *recognition by components* ukázal, že dostatek znaků umožní úspěšnou kategorizaci jednoduchých kreseb pouze na základě samotné jejich přítomnosti. Pokud však není k dispozici dostatečné množství znaků, jsou holubi schopni tento nedostatek informací doplnit jinými charakteristikami kreseb, například vzájemnou polohou lokálních znaků.

Řada experimentů prokázala schopnost holubů vytvářet koncepty poměrně komplexních kategorií reálných (přírodních i umělých) i abstraktních stimulů. Není zcela zřejmé, podle čeho holubi vytvořili koncept těchto kategorií. Nejpravděpodobněji se jedná o specifickou kombinaci různých struktur, které dohromady definují danou kategorii, ale samotné nejsou pro přesnou definici dostatečné (tzv. *polymorphous feature rule*).

Odpověď na otázku, zda jsou ptáci schopni vnímat souvislost mezi reálnými objekty a jejich fotografiemi, není stále přesvědčivě zodpovězena. Tento nedostatek komplikuje zejména oprávněnost tvorby závěrů o kategorizaci reálných objektů na základě výsledků zjištěných s pomocí jejich fotografií. Neproblematizuje však samotnou schopnost řešit kategorizační úlohy používající fotografie. Holubi jsou schopni vyřešit kategorizační úlohy, i pokud vidí fotografie reálných objektů jako pouhý soubor abstraktních znaků.

Nedostatkem laboratorních experimentů zkoumajících nejen kategorizaci, ale i jiné aspekty chování živočichů je právě laboratorní prostředí, které neposkytuje adekvátní náhradu přirozeného prostředí. V experimentech holubi pracují s omezeným množstvím jasně definovaných kategorií a nejsou přitom rušeni žádnými okolními vlivy. Reálný život má však větší požadavky. Holubi zde musí být schopni rychle kategorizovat velké množství nejrůznějších stimulů, které jsou schopni kategorizovat různými způsoby, přičemž tyto stimuly pro ně mají velmi rozdílný biologický význam a vyžadují také odlišné reakce. V laboratorních podmínkách se požadované reakce omezují na správný způsob klovaní a všechny kategorie zde mají stejný biologický význam – odměnu za správnou reakci.

A strategie použité ke kategorizaci v laboratoři nemusí být totožné se strategiemi používanými v reálném životě.

Kvůli těmto odlišnostem je nutná opatrnost při zobecňování výsledků získaných z laboratorních experimentů na fungování v reálném světě. V tomto směru jsou výhodnější terénní experimenty, které zkoumají problematiku kategorizace v přirozeném prostředí živočicha. U těchto experimentů je však obtížné identifikovat konkrétní struktury, které se podílejí na správné kategorizaci objektů.

Literatura

Aust, U., & Huber, L. (2001). The role of item- and category-specific information in the discrimination of people versus nonpeople images by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 29, 107-119.

Aust, U., & Huber, L. (2002). Target-defining features in a “people-present/people-absent” discrimination task by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 30, 165–176.

Aust, U., & Huber, L. (2006). Picture-object recognition in pigeons: Evidence of representational insight in a visual categorization task using a complementary information procedure. *Journal of Experimental Psychology-Animal Behavior Processes*, 32, 190-195.

Aust, U., & Huber, L. (2010a). The role of skin-related information in pigeons’ categorization and recognition of humans in pictures. *Vision Research*, 50, 1941-1948.

Aust, U., & Huber, L. (2010b). Representational insight in pigeons: comparing subjects with and without real-life experience. *Animal Cognition*, 13, 207-218.

Bhatt, R. S., Wasserman, E. A., Reynolds, W. F., Jr., & Knauss, K. S. (1988). Conceptual behavior in pigeons: Categorization of both familiar and novel examples from four classes of natural and artificial stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 14, 219-234.

Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: a theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94, 115-147.

Bovet, D., & Vauclair, J. (2000). Picture recognition in animals and humans. *Behavioural Brain Research*, 109, 143–165.

Brown, S. D., & Dooling, R. J., (1993). Perception of conspecific faces by budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Comparative Psychology*, 107, 48-60.

Bruner, J. S., Goodnow, J., & Austin, F. (1956). *A study of thinking*. New York, NY: Wiley.

Cabe, P. A. (1976). Transfer of discrimination from solid objects to picture by pigeons: A test of theoretical models of pictorial perception. *Perception & Psychophysics*, 19, 545-550.

Cerella, J. (1977). Absence of perspective processing in the pigeon. *Pattern Recognition*, 9, 66-68.

Cerella, J. (1979). Visual classes and natural categories in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 68-77.

Cerella, J. (1980). The pigeon's analysis of pictures. *Pattern Recognition*, 12, 1-6.

Cerella, J. (1986). Pigeons and perceptrons. *Pattern Recognition*, 19, 431-438.

- Cuthill, I. C., Hart, N. S., Partridge, J. C., Bennett, A. T. D., Hunt, S., & Church, S. C. (2000). Avian colour vision and avian playback experiment. *Acta ethologica*, 3, 29-37.
- Delius, J. D. (1992). Categorical discrimination of objects and pictures by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 20, 301-311.
- Dittrich, L., Adam, R., Ünver, E., Güntürkün, O. (2010). Pigeons identify individual humans but show no sign of recognizing them in photographs. *Behavioural Processes*, 83, 82–89.
- Emmerton, J. (1983). Vision. In M. Abs (Ed.), *Physiology and behaviour of the pigeon* (pp. 243-266). London: Academic Press.
- Evans, C. S., Evans, L., & Marler, P. (1993). On the meaning of alarm calls: Functional reference in an avian vocal system. *Animal Behaviour*, 46, 23-38.
- Fleishman L. J., & Endler, J. A. (2000). Some commentson visual perception and the use of video playback in animal behaviour studies. *Acta ethologica*, 3, 15-27.
- Galef, B. G., Jr. & White, D. J. (1998). Mate-choice copying in the Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*. *Animal Behavior*, 55, 545-552.
- Herrnstein, R. J. (1985). Riddles of Natural Categorization. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, **308**, 129–144.
- Herrnstein, R. J., & de Villiers, P. A. (1980). Fish as natural category for people and pigeons. In: Bower, G. H. (ed.) *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 14, 59–95. New York: Academic Press.
- Herrnstein, R. J., & Loveland, D. H. (1964). Complex visual concept in the pigeon. *Science*, 146, 549-551.
- Herrnstein, R. J., Loveland, D. H., & Cable, C. (1976). Natural concepts in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2, 285–302.
- Huber, L. (2001). Visual categorization in pigeons. In R. G. Cook (Ed.), *Avian visual cognition*. On-line: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/>.
- Keller, F. S., & Schoenfeld, W. N. (1950). *Principles of psychology*. New York, NY: Appleton-Century-Crofts.
- Kirkpatrick-Steger, K., Wasserman, E. A., & Biederman, I. (1996). Effects of spatial rearrangement of object components on picture recognition in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 65, 465-475.
- Kirkpatrick-Steger, K., Wasserman, E. A., & Biederman, I. (1998). Effects of geon deletion, scrambling, and movement on picture recognition in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 24, 34-46.

- Lazareva, O. F., & Wasserman, E. A. (2008). Categories and concepts in animals. In: Menzel R. (Ed.), Learning theory and behavior. Vol. 1 of Learning and memory: A comprehensive reference (edited by J. Byrne), 197-226. Oxford: Elsevier.
- Lazareva, O. F., Freiburger, K. L., & Wasserman, E. A. (2004). Pigeons concurrently categorize photographs at both basic and superordinate levels. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 1111–1117.
- Lazareva, O. F., Freiburger, K. L., & Wasserman, E. A. (2006). Effects of stimulus manipulations on visual categorization in pigeons. *Behavioural Processes*, 72, 224–233.
- Lubow, R. E. (1974). High-order concept formation in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21, 475-483.
- Lumsden, E. A. (1977). Generalization of an operant response to photographs and drawings/silhouettes of a three-dimensional object at various orientations. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 10, 405- 407.
- Matsukawa, A., Inoue, S., & Jitsumori, M. (2004). Pigeon's recognition of cartoons: effects of fragmentation, scrambling, and deletion of elements. *Behavioural Processes*, 65, 25-34.
- Neumann, P. G. (1977). Visual prototype formation with discontinuous representation of dimensions of variability. *Memory & Cognition*, 5, 187-197.
- Ophir, A. G., & Galef, B. G. (2003). Female Japanese quail affiliate with live males that they have seen mate on video. *Animal Behavior*, 66, 369-375.
- Partan S., Yelda S., Price V., & Shimizu T. (2005). Female pigeons, *Columba livia*, respond to multisensory audio/video playback of male courtship behaviour. *Animal Behavior*, 70, 957-966.
- Pearce, J. M. (1994). Discrimination and categorization. In N. J. Mackintosh (Ed.), *Animal learning and cognition*, 9, 109-134.
- Shettleworth, S. J. (1998): *Cognition, evolution, and behavior*. New York: Oxford University Press.
- Shimizu, T. (1998) Conspecific recognition in pigeons (*Columba livia*) using dynamic video images. *Behaviour*, 135, 43-53.
- Siegel, R. K., & Honig, W. K. (1970). Pigeon concept formation: successive and simultaneous acquisition. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 13, 385-390.
- Spetch, M. L., & Friedman, A. (2006). Pigeons see correspondence between objects and their pictures. *Psychological Science*, 17, 966-972.

- Troje, N. F., Huber, L., Loidolt, M., Aust, U., & Fieder, M. (1999). Categorical learning in pigeons: The role of texture and shape in complex static stimuli. *Vision Research*, 39, 353-366.
- Van Hamme, L. J., Wasserman, E. A., & Biederman, I. (1992). Discrimination of contour-deleted images by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 18, 387-399.
- Vaughan, W., & Greene, S. L. (1984). Pigeon visual memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 256-271.
- Vaughan, W., & Herrnstein, R. J. (1987). Choosing among natural stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 47, 5-16.
- Wasserman, E. A., DeVolder, C. L., & Coppage, D. J. (1992). Nonsimilarity-based conceptualization in pigeons via secondary or mediated generalization. *Psychological Science*, 3, 374-378.
- Wasserman, E. A., Kirkpatrick-Steger, K., Van Hamme, L. J., & Biederman, I. (1993). Pigeons are sensitive to the spatial organization of complex visual stimuli. *Psychological Science*, 4, 336-341.
- Watanabe, S. (1997). Visual discrimination of real objects and pictures in pigeons. *Animal Learning and Behavior*, 25, 185-192.
- Watanabe, S. (2001a). Discrimination of cartoons and photographs in pigeons: effects of scrambling of elements. *Behavioural Processes*, 53, 3-9.
- Watanabe, S. (2001b). Van Gogh, Chagall and pigeons: picture discrimination in pigeons and humans. *Animal Cognition*, 4, 147-151.
- Watanabe, S. (2002). Preference for mirror images and video image in Java sparrows (*Padda oryzivora*). *Behavioural processes*, 60, 35-39.
- Watanabe, S., Sakamoto, J., & Wakita, M. (1995). Pigeons' discrimination of paintings by Monet and Picasso. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 63, 165-174.
- Weisman, R. G., & Spetch, M. L. (2010). Determining when birds perceive correspondence between pictures and objects: a critique. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 5, 117-131.