

**T**eória informácie chápe zrakový analyzátor ako systém, ktorého vstup tvorí sietnica a zrakový nerv, výstup zasa príslušné mozgové centrá. Sietnica obsahuje okolo 130 miliónov buniek citlivých na svetlo. Tieto tzv. fotosenzitívne bunky pôsobením svetelnej energie aktivizujú nervovú činnosť. V hociktorom momente ktorákoľvek z týchto buniek môže byť zapojená alebo vypojená, čím poskytuje množstvo informácie 1 bit (počet bitov sa dá vymedziť ako dvojkový logaritmus celkového počtu rovnako pravdepodobných alternatív nejakého javu). Sietnica ako celok mohla by byť teda kedykoľvek v hociktorom z  $2^{130\,000\,000}$  možných stavov, z ktorých každý predstavuje inú konfiguráciu zrakovej stimulácie.

Prevod nervových vzruchov zo sietnice do mozgu sa deje prostredníctvom kanála, ktorý obsahuje asi 1 milión nervových vlákien. Priepustnosť tohto kanála je rozhodujúca pre množstvo informácie, ktoré sa môže dostať do mozgu, a to bez ohľadu na množstvo informácie na sietnici. Čas zotavenia nervového vlákna je asi 1 milisekunda, takže maximálna prevodová schopnosť vlákna je 1000 bitov za sekundu, t. j. 100 bitov za 100 milisekúnd, keďže 100 milisekúnd je práve jednotka v blízkosti časového minima potrebného na poznanie tvaru. Celkove tak 1 milión nervových vlákien optického kanála môže dať teoretické maximum 100 milión bitov informácie každých 100 milisekúnd. To je fantastické množstvo informácie a mozog by ho naprosto nestačil spracovať. Pri čítaní novín napr. môže byť na sietnici zobrazená súčasne celá strana, ale maximálny prevod je 5–6 slov za sekundu, čo tvorí nanajvýš niekoľko desiatok bitov informácie. Vzniká tak závažná otázka: ako je možné, že mozog pri spracúvaní zrakových úloh pracuje tak efektívne a spoľahlivo, hoci z obrovského množstva ponúkanej informácie používa len mizivý zlomok. Určitú odpoveď dáva už logická dedukcia. Ak už pri prechode informácie zo sietnice do optického kanála nastáva redukcia 130 miliónov buniek na 1 milión vlákien, dajú sa predpokladať ďalšie prechody na vyšších úrovniach zrakového analyzátoru a tým ďalšie redukcie. Naďalej však zostáva nezodpovedaná otázka: aká je forma tejto redukcie, aby sa pre centrálnu spracovanie uchovala efektívnosť informácie.

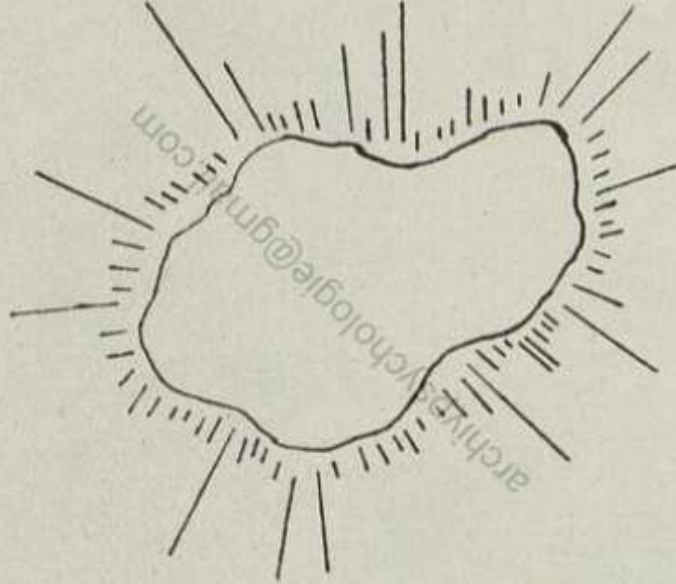
# ZRAK A INFORMÁCIA

IVAN ŠIPOS,  
CSAV – ÚSTAV EXPERIMENTÁLNEJ  
PSYCHOLÓGIE SAV, BRATISLAVA

## Objavy neurofyziológie

Ak hovoríme o prevode efektívnej informácie, implicitne predpokladáme informáciu neefektívnu, nadbytočnú. Je zrejmé, že takáto nadbytočná informácia sa na prechodoch stráca a ďalej sa neprevádza. Deje sa tak zmenou záznamu informácie, čiže zmenou takzv. kódu. Nadbytočná zraková stimulácia je napr. dôsledkom oblasti homogénnej farby, alebo obrysu homogénneho smeru a sklonu. Informácia je takto sústredená na obrysoch a najmä na tých jeho bodoch, na ktorých sa smer mení najrýchlejšie. V zjednodušenej čiernobielej predlohe obsahujú efektívnu informáciu uhly a vrcholy kriviek. Vidno to napr. na obrázku 1, kde pokusné osoby začiarovali tie body obrysu, ktoré sú podľa nich najdôležitejšie pre poznanie jeho tvaru. Výšky čiar sú úmerné počtu začiarnutí.

Efektívnosť kódu spočíva potom v tom, že sa neprenáša záznam o prvkoch nadbytočnej informácie, ale len o jej najdôležitejších častiach. Podľa už povedaného to značí, že sa prenášajú iba napr. záznamy o obrysoch, pričom nadbytočná informácia sa ignoruje. Uvedený princíp je zrejmý



Obr. 1. Informačný význam zmien smeru v obryse (podľa Attneavea)

z obrázka 2a, b. Vidno tu, ako sa na prechodoch informácie z nižšej úrovne na vyššiu (napr. zo sietnice do optického kanála) stráca záznam o nadbytočnej informácii tým, že sa kódujú celky, teda len obrysy a tvary a nie jednotlivé prvky celého obrazu.

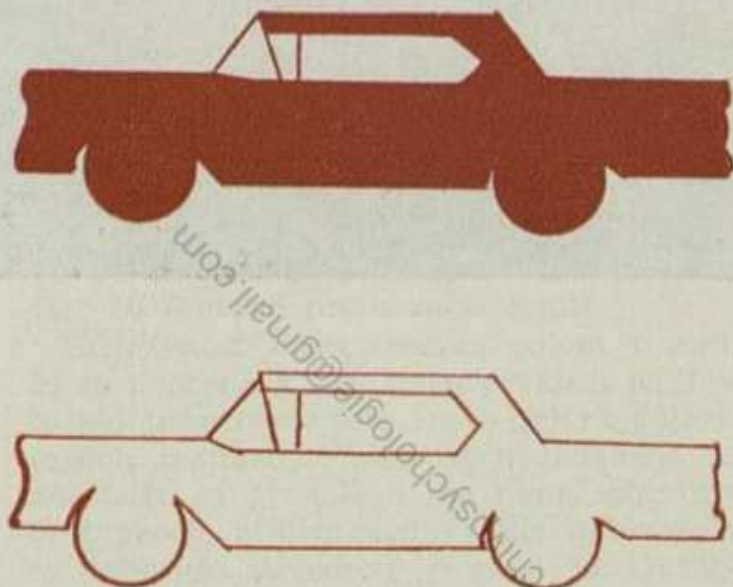
Štatistická nadbytočnosť obrazov sa vymedzuje pravdepodobnosťmi väzbami, čiže koreláciami medzi jednotlivými prvkami obrazu. Ekonomické kódovanie sa deje odstránením alebo zmenšením tejto korelácie, čiže tzv. dekoreláciou obrazu, a to napr. tak, že sa jednotlivé prvky obrazu zostavia do skupín. Kým izolované prvky obrazu majú ešte rovnakú pravdepodobnosť výskytu, skupiny prvkov majú už pravdepodobnosť rôznu. Podľa V. D. Glezera a I. I. Cukkermanna možno predpokladať, že metóda dekorelácie sa uplatňuje aj na vyšších úrovniach zrakového analyzátoru.

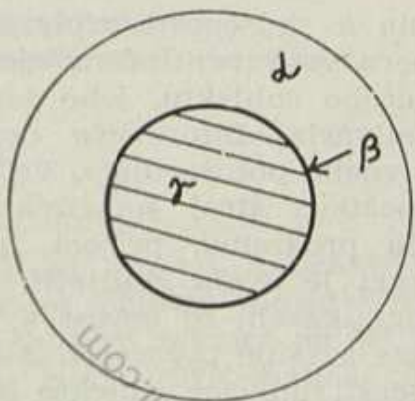
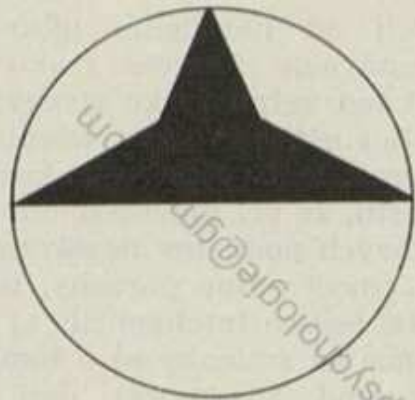
Uvedený predpoklad bol potvrdený významnými poznatkami modernej anatómie a neurofyziológie oka. S. Polyak napr. zistil, že jednotlivé fotosenzitívne bunky sietnice sú nie izolované, ale že sú navzájom pospájané a tvoria dynamický systém, ktorý umožňuje súčinnosť dostredivých nervových dráh. Každá bunka sietnice môže aktivizovať rôzne takéto dráhy vedúce k rôznym centrálnym častiam v mozgu. Množstvo takýchto medzispojení umožňuje už na úrovni sietnice integráciu procesov vzruchu a útlmu, dôsledkom čoho je zvýraznenie rozdielov v nervovej činnosti rôzne osvetlených častí sietnice a zvýraznenie

nervových odpovedí na časové zmeny v sile pôsobenia podnetu. Môžeme tu hovoriť o akomsi fyziologickom mechanizme aktívneho kontrastu, ktorý je schopný potlačiť okrajové neostrosti fyzikálneho obrazu na sietnici a zoslabiť alebo zosilniť lokálne rozdiely osvetlenia na sietnici podľa potreby. Tento efekt už dávnejšie poznajú maliari, ktorí znižovaním kontrastu v nepodstatných častiach obrazu a jeho zvyšovaním v dôležitých častiach napomáhajú efektívnemu výberu informácie a dosahujú účinok, ktorý sa na fotografii dosiahnuť nedá.

Tento princíp sa dá experimentálne overiť na tzv. Machovom kotúči, ktorý vidno na obr. 3a, b. Obrys  $\beta$  je na roztočenom kotúči tmavší ako plocha  $\gamma$ , čo je fyzikálne nezdôvodniteľné. Na úkor informácie o absolútnej sile svetla dopadajúceho na izolované receptory oka zvyšuje sa tu informácia o prechodoch úrovni osvetlenia, a to prostredníctvom vzájomných útlmových procesov v nervovom systéme oka. Tieto procesy sa experimentálne dokázali oscilografickým záznamom činnostných prúdov z oka mačky, raka a pod. Výskumy ukázali, že vplyv útlmu jednej časti fotosenzitívnych buniek zvyšuje citlivosť na svetlo v stimulovanej oblasti a že najvýraznejšie sa jav kontrastu dá očakávať v okolí hraníc rôzne osvetlených buniek. V oku stavovcov je tento proces posilnený spôsobom, akým jednotlivé bunky odpovedajú na stimuláciu. Niektoré totiž

Obr. 2. Príklad zámeny pôvodného (a) obrazu obrysom (b)





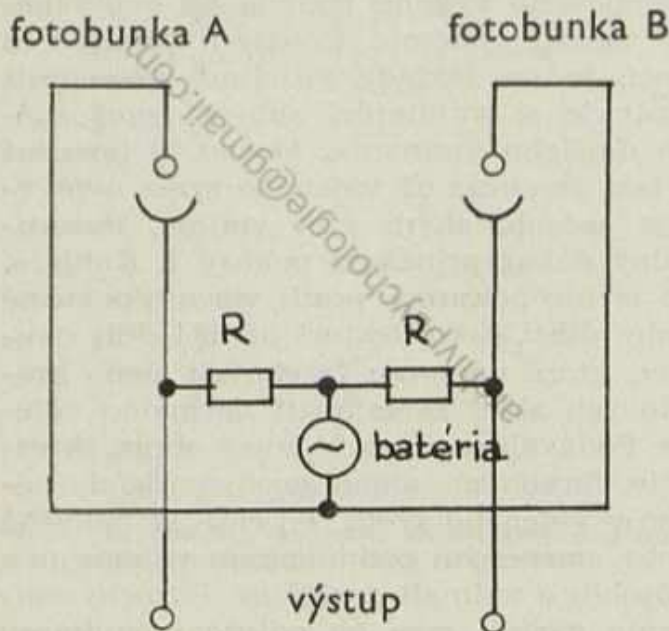
Obr. 3. a) Machov kotúč v pokoji,  
 b) Machov kotúč v pohybe ( $\alpha$  označuje  
 bielu farbu,  $\gamma$  sivú,  $\beta$  je tmavšie ako  
 $\gamma$ )

odpovedajú len na začiatok a koniec stimulácie, iné len na začiatok alebo len na koniec, alebo na zmenu v hladine stimulácie, odpovedajú pritom prudko, salivami vzručov. J. R. Singer uvádza aj jednoduchý fyzikálny model systému, ktorý odpovedá len na zmenu v intenzite osvetlenia. Je to pár fotoelektrických buniek spojených mostíkovým okruhom, ako to vidno na obrázku 4.

### Prínos psychológie

Spôsob ekonomického kódovania a jeho neurofyziologických predpokladov je významným objavom, no neobjasňuje ešte plne základný princíp zrakového vnímania, a to aktívny, výberový vzťah subjektu k ponúkanej informácii. Ak je zrejmé, že prevod informácie sa deje na základe interakcie subjekt-objekt, aká je potom úloha subjektu, aké je kritérium výberu. Objasnenie tejto otázky podáva mechanizmus

spätnej väzby, ktorý umožňuje, aby sa časť výstupového výkonu použila na ovplyvnenie vstupu systému. V našom prípade to značí, že na základe vizuálnej skúsenosti upravuje si vnímajúci subjekt svoj spôsob ďalšieho vnímania. Možno to povedať aj tak, že obraz už videného sveta ovplyvňuje spôsob, akým svet vidíme. Pozoruhodný dôkaz prinášajú pokusy I. Kohlera. Pri týchto pokusoch nosili viaceré pokusné osoby dlhší čas (niektorí až 124 dní) okuliare, ktoré pomocou farebných alebo hranolových skiel skresľovali normálne videnie. Podávali napr. prevrátený obraz, skreslenie farebných alebo geometrických pomerov videného sveta. Po čase sa pokusné osoby zmeneným podmienkam videnia prispôbili a vnímali normálne. Poruchy vnímania nastali zasa po odložení okuliarov (keď sa pokus skončil) a prispôbenie normálnym optickým podmienkam trvalo zasa určitý čas. Kohler tento jav vysvetľuje práve princípom spätnej väzby. Pri normálnych podmienkach videnia dá sa všetkým podnetovým prvkom vymedziť určitá pravdepodobnosť výskytu. Prvky s maximálnou frekvenciou a tým s najväčšou pravdepodobnosťou výskytu majú vzhľadom na svoj prechod v časovej postupnosti najväčšiu nadbytočnosť. Celý komplex takýchto podnetov pôsobí ako celok, ako jediná informácia. Tak sa umožňuje zrakovému analyzátoru najekonomickejšie prekodovanie, a to kódovaním iba zmien a odchýlok od zvyčajnej informácie. Pokusy s okuliarmi ukázali, že tieto kódy sú nie absolútne, ale že v zmenených podmienkach zrakovej stimulácie môže vzniknúť nový kód, ktorý pravda pôsobí tiež v smere ekonomického optima. Komplikované signály a ich následnosti tvoria tým viac jednotu, čím viac korelujú navzájom. Ak je takýmito zmenenými podnetmi zrak dostatočne dlho stimulovaný, tak sa optické poruchy (spôsobené okuliarmi) postupne odstránia a nastane normálne videnie. Princípom spätnej väzby takto vstup zrakového analyzátoru bol modifikovaný jeho výstupom. Je teda celkom zrejmé, že podnety sú nielen zdrojom pocitov a vnemov, ale že majú účinok aj na samotné pocíťovanie a vnímanie. Nervová odpoveď je závislá od súčasného stavu nervového systému, tento stav je však funkciou predchádzajúcej vizuálnej skúsenosti. Pozoruhodné je pritom to, že zrakový vnem môže byť ovplyvnený aj podmienenoreflexnými spoj-



Obr. 4. Okruh, ktorý odpovedá na obrisy. Signál sa objaví na výstupe len vtedy, ak sú fotobunka A a B osvetlené nerovnako (podľa Singera).

mi s oblasťami celkom mimo zraku. Tak v uvedených Kohlerových pokusoch osoby so skresľujúcimi hranolovými okuliarmi videli v okrajových častiach optického hranola spektrum. Po sňatí okuliarov vznikala vnem spektra pri okrajovom pohľade oka, a to aj pri pôsobení svetla jednej vlnovej dĺžky.

Uvedené experimentálne fakty ukazujú nutnosť prechádzať od výskumu vplyvu izolovaných zrakových podnetov k systému podnetov a výskumu ich účinkov a skúmať vplyv podmienených nervových spojení na kritérium výberu zrakovej informácie. Myšlienky I. P. Pavlova nachádzajú tak plné uplatnenie aj v otázke organizácie ľudského vnímania. Pri výskume vnímania nemožno hľadať len jednoznačný vzťah medzi podnetom a odpoveďou, ale treba chápať a skúmať podnet komplexne, aj z hľadiska možných mikropodnetov a nevedomých podnetov, ktoré vo svojom celku môžu determinovať kritériá výberu a prevodu zrakovej informácie. Súčasne to potvrdzuje fakt, že zrakové vnímanie sa nedeje nezávisle od iných zážitkov subjektu, ale sa vyskytuje vždy v kontexte s inou činnosťou. Pre psychológiu je obzvlášť dôležitý výskum vplyvu učenia na vnímanie. Prípady úspešných

operácií slepých od narodenia ukazujú, že mnohé poznávacie funkcie zraku sa v dospelosti už len veľmi ťažko získavajú, takže možno hovoriť o vplyve učenia a skúsenosti na zrak. D. O. Hebb v pokusoch so študentmi zistil, že pri maximálnom obmedzení zmyslových podnetov nastávali už po 2–3 dňoch emočné poruchy, halucinácie a podľa testov inteligencie aj jej zníženie. Dokonca sú zmienky aj o tom, že zaostávanie (najmä rozumové) detí po dlhších pobytoch v nemocnici, ústavoch a pod. v útlom veku je spôsobené medziiným aj chudobou zmyslovej, najmä zrakovej stimulácie, čiže tzv. vizuálnou depriváciou.

Okrem učenia a skúsenosti ovplyvňuje kritérium výberu zrakovej informácie aj postoj vnímajúceho subjektu, jeho zameranie, cit, motivácia. Informácia nepriechádza na pasívneho pozorovateľa. Veď aj elektronický počítačový stroj spracúva informáciu podľa programu, pričom „program“ organizmu je oveľa zložitejší. Experimenty napr. ukázali, že novosť a zložitosť informácie zvyšuje pozornosť. Avšak aj zložitosť je šťastnou funkciou subjektu. Nadmerná zložitosť, neočakávanosť, prekvapenie môžu viesť k citovým depresiám, strachu alebo hnevu. Dokazujú to napr. prvé vizuálne zážitky z novej módy, tanca, umeleckého diela a pod. Na druhej strane nuda a nezujem môžu prameniť z podnetového vstupu na neoptimálnej úrovni zložitosti. To všetko svedčí o tom, že otázky zrakovej informácie a jej spracovania majú ďalekosiahly súvis s otázkami vnímania vôbec a spolu s nimi s otázkami intelektuálneho a citového rozvoja osobnosti.

Poznatky z oblasti psychológie vnímania, aj keď ich obmedzíme na zrak, možno využiť na rôznych úsekoch teórie a praxe, v umení a estetike, vo vizuálnej úprave prostredia, v úprave strojov a zariadení rôzneho druhu, pri diagnostikovaní osôb, práca ktorých vyžaduje zvýšené nároky na spracúvanie zrakovej informácie. Mnohé z takýchto poznatkov sa získali a verifikovali aj v Ústave experimentálnej psychológie SAV, a to najmä z oblasti zrakovej kontroly priemyselných výrobkov, z oblasti rýchlosti a množstva prevodu zrakovej informácie, z oblasti ostroti zraku a vizuálneho učenia. Potvrdzuje sa tým nutnosť komplexného vedeckého prístupu k zložitým javom ľudskej činnosti.