

Teória informácie

MICHAL STRÍZENEC, PSYCHOLOGICKÉ LABORATÓRIUM SAV, BRATISLAVA

Experimentálna psychológia v posledných rokoch začína čoraz viac využívať podnetné a smelé zovšeobecnenia kybernetiky. Najmä teória informácie, ktorá tvorí základné odvetvie kybernetiky, predstavuje významný prínos pre psychologický výskum. Psychológ stále zápasí s ťažkosťou, že nemôže zo živého organizmu vylúčiť vedľajšie vplyvy, ktoré často prekrývajú študovaný jav. Modelovanie funkcií živého organizmu pomocou elektronických informačných strojov prispieva nielen k obohateniu našich poznatkov o živej hmote, ale i naopak, na základe poznatkov o procesoch v živých organizmoch môžeme konštruovať stroje, ktoré odbremeňujú človeka od mechanických foriem duševnej práce (napríklad výpočty) a umožnia mu venovať sa tvorivej činnosti. Teória informácie neprináša do psychológie nové fakty, avšak predstavuje nový pohľad a prístup k výskumu psychických procesov a súčasne umožňuje značne rozšíriť hranice kvantitatívnej analýzy zložitých psychických procesov. V krátkosti si preberieme tie základné pojmy teórie informácie, ktoré sú nevyhnutné pre pochopenie aplikácie v psychológii.

Udalosť — signál — informácia

Človek získava zprávy o vonkajšom svete prostredníctvom svojich zmyslových orgánov. Súbor týchto správ po príslušnom prepracovaní a výbere využíva človek pri spätnom pôsobení na vonkajší

svet. Rovnako i naše vnútorné orgány si vymieňajú zprávy, ktoré sú potrebné na koordináciu ich činnosti. Všetky tieto zprávy vznikajú ako dôsledok nejakého faktu alebo udalosti. Odovzdanie správ o udalostiach sa deje pomocou signálov. Súhrn signálov v určitom systéme predstavuje zobrazenie niektorých stránok reálnej udalosti. Mimo organizovaného systému si signál môže podržať svoje fyzikálne vlastnosti, ale stráca svoju informačnú vlastnosť. Pre človeka, ktorý sa ešte nestretol s morzeovkou, nemajú jej signály informačný význam. Signál len vtedy môže prenášať informáciu, ak má možnosť nadobúdať rozličné významy alebo stavy. V bežnej reči sa informácia stotožňuje so správou. V teórii informácie, ktorú rozpracovali C. Shannon, McMillan, A. J. Činčin, A. N. Kolmogorov a iní, sa informácia zhodnocuje pomocou pravdepodobnosti, pričom sa vychádza z celej triedy udalostí, ktoré by sa mohli vyskytnúť.

Pravdepodobnosť a informácia

Teória pravdepodobnosti zobrazuje v matematickej forme tie zákonitosti v reálnom svete, ktorými sa riadia hromadné náhodné javy. Pravdepodobnosť udalosti, ktorá môže, ale nemusí nastať, leží medzi nulou a jedničkou. Vo všeobecnosti sa pravdepodobnosť určuje pomerom počtu priaznivých udalostí k celkovému počtu možných udalostí. Pri hádzaní mince

a psychológia

pravdepodobnosť, že padne „hlava“, je $\frac{1}{2}$, pretože priaznivý prípad je tu jeden a možné sú dva prípady. Čím väčší je súbor prvkov (možností), tým menšia je pravdepodobnosť výskytu jednotlivého prvku (napr. pri hracej kocke je to $\frac{1}{6}$). Ak sa nejaká udalosť musí dostaviť, vtedy jej pravdepodobnosť sa rovná jedničke. Ak udalosť určite nenastane, tak jej pravdepodobnosť je nulová. Zpráva o tom, že nastala udalosť, ktorá musí prísť takmer určite (napr. že vyšlo slnko), obsahuje v sebe málo informácie. Mnoho informácie obsahuje zpráva o takej udalosti, ktorá bola neočakávaná (napr. zpráva o vypustení prvej sovietskej družice Zeme).

Ak sa zpráva prijme v takom stave, ako bola vyslaná, vtedy prijatá informácia podľa Goldmanovej matematickej formulácie sa rovná zápornému logaritmu pravdepodobnosti udalosti u príjemcu pred prijatím zprávy. Napr. ak sa otec dozvie, že sa mu narodil syn, vtedy množstvo prijatej informácie $= -\log_2 \frac{1}{2} = \log_2 2 = 1$ dvojková jednotka. Ide tu totiž o výskyt jednej z dvoch nezávislých a rovnako pravdepodobných udalostí.

Shannon pri kvantifikovaní informácie vychádzal z entropie a zistil, že priemerné množstvo informácie, pripadajúce na jeden symbol zprávy, možno vyjadriť vzorcom

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i,$$

kde p označuje pravdepodobnosť výskytu symbolu v danom súbore. Ak sa entro-



pia určitej sústavy znižuje (t. j. zvyšuje sa organizovanosť sústavy), informácia sa zvyšuje (takáto sústava má viac možných stavov), a opačne.

Prenos zpráv

Každé zariadenie, ktoré uskutočňuje prenos zpráv na vzdialenosť, sa všeobecne nazýva kanálom spojov (napr. telefón, nerv). Pri prenose signálu cez kanál spojov pôsobia na signál šumy a prekážky, ktoré spôsobujú, že zpráva sa neprijme v takom stave, ako bola vyslaná. Pri prechode z jedného prostredia do druhého sa informácia spravidla transformuje. Ak sa mení len jej forma, ale úroveň ostáva približne rovnaká, hovoríme o lineárnej transformácii (hlas, mikrofón). Pri nelineárnej transformácii dochádza k zmene úrovne informácie (napr. tvorivá syntéza pri tvorivej duševnej práci : poznatky + nový nápad = nový projekt).

Signál cestou zo zdroja k adresátovi prechádza z jednej fyzikálnej sústavy do druhej, pričom dochádza k porovnávaní symbolov týchto dvoch abecied — kódovaniu.

Kód je vtedy primeraný, keď umožňuje prenášať hocijakú informáciu vzniknutú v zdroji. Najekonomickjším kódom pre prenos je ten, ktorý potrebuje najmenej symbolov na vyjadrenie daného množstva informácie. Kódovaním sa odstraňuje nadbytočnosť informácie, ktorá vzniká pri opakovaní zprávy alebo jej časti. Nadbytočnosť znižuje rýchlosť odovzdania informácie, avšak pomáha v boji so šumom, čiže zvyšuje spoľahlivosť odovzdania informácie.

Informácia a človek

Ak sa do psychológie preberajú pojmy ako signál, výber, šum, informácia, nejde tu o zmenu slov, ale o nové hľadisko. Signál na rozdiel od podnetu zahrňuje v sebe alternatívy. Doteraz sa neskúmali účinky podnetov, ktoré sa môžu vyskytnúť, ale sa nevyskytnú. Experimentálne sa zistilo, že ak ľudia mali reagovať na jeden z dvoch možných podnetov, ich pohotovosť bola väčšia, ako keď mali reagovať na jeden z desiatich možných podnetov. Ďalej pre signál je charakteristické, že vzniká v dôsledku určitého procesu, ktorý je z hľadiska subjektu nepravidelný (napríklad hlásenie o poruche stroja). Štatistické vlastnosti tohto procesu determinujú informačný obsah signálov (neočakávaný, čiže málo pravdepodobný signál prináša veľa informácie a jej zvládnutie ľudským operátorom trvá dlhší čas).

Časť každej zprávy, idúca bezprostredne za inou správou, môže sa v značnej miere predpovedať vďaka vzájomným spojmom medzi symbolmi. Napríklad spojenie pondelo... možno doplniť — ak chceme dostať zmysluplný význam — len písmenom k a žiadnym iným. Tento príklad nám osvetľuje, že okrem opakovania zprávy jestvuje ďalší možný zdroj vzniku nadbytočnosti informácie — objavenie sa písmena k je určené sledom pred ním stojacich písmen.

Poznatky z oblasti vnímania nám ukazujú, že mnoho z informácie prijatej človekom je nadbytočné (napr. na vyjadrenie skutočnosti postačuje často schematická kresba). Všetky zákony tvarovej psychológie vyjadrujú jediný fakt — vy-

soký stupeň vnútornej nadbytočnosti figúry. Miesta najväčšieho výskytu chýb pri vnímaní poukazujú na to, že je v nich najviac skoncentrovaná informácia. Pri geometrickej kresbe informácia sa koncentruje pozdĺž obrysov (t. j., kde sa prudko mení farba) a tam, kde sa mení smer obrysu (t. j. v uhloch alebo vrcholoch krivky). Niektoré uhly pritom nesú menšiu informáciu ako iné, pretože zapadajú do schémy, ktorá sa opakuje (napríklad schody). Podľa niektorých autorov hlavnou funkciou vnímacieho aparátu je odstrániť časť nadbytočnosti z podnetov, opísať alebo zakódovať prichádzajúcu informáciu v hospodárnejšej forme, než je tá, v ktorej informácia dopadá na receptory.

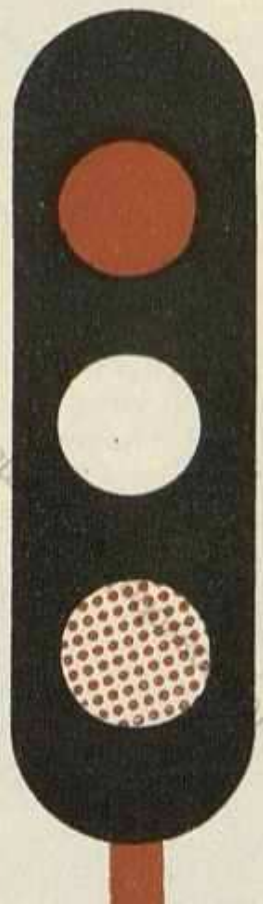
Človek nevyužíva všetku prichádzajúcu informáciu, pretože sám predstavuje komunikačný kanál s ohraňovanou kapacitou a tiež preto, lebo časť z podanej informácie je pre správanie sa organizmu nezávažná. Pod nezávažnou rozumieme takú informáciu, ktorá hovorí o vedľajších stránkach javu — napríklad veľkosť a tvar semaforu je pre šoféra nepodstatným znakom. Informácia získaná človekom závisí od prostredia a minulosti individua, od jeho skúsenosti v subjektívnom odhadovaní pravdepodobnosti (napríklad zacvičený pracovník vyťaží viac informácie zo signálov vznikajúcich pri chode motora a vie lepšie predvídať výskyt porúch). Z tohto je zrejmé, že samotné množstvo podanej informácie nie je pre človeka jediným determinantom výkonu.

V niektorých prípadoch — napríklad pri opytovacej alebo rozkazovacej vete — zisťovanie množstva obsahnutej informácie je dosť obťažné. Pomôže nám tu zámena na oznamovaciu vetu. Napr. zdrojom vyslaná otázka: Koľko je hodín? neposkytuje prijímateľovi žiadnu informáciu. Zameňme túto otázku ekvivalentnou vetou: Ja, opytujúci sa, neviem, koľko je hodín. Prijímateľ poznal dve možnosti zdroja: alebo vie, koľko je hodín, alebo nevie. Vo chvíli prijatia zprávy bola určená jedna z týchto možností a prijaté množstvo informácie sa rovná 1 dvojkovej jednotke informácie. Teória informácie znamená nový aspekt pri výskumoch v oblasti reči a myslenia. Na rozdiel od aristotelovskej logiky snaží sa nájsť účinný spôsob určovania kvantity myšlienok, obsahnutých v danom výroku.

Kybernetika ukazuje nové prístupy

k riešeniu otázky spätných regulačných spojov v organizme. Nervové mechanizmy týchto spojov podrobne opísal sovietsky fyziológ P. K. Anochin. V psychológii ide o tzv. informačnú spätnú väzbu, ktorá môže mať niekoľko druhov. Vonkajšou nazývame spätnú informáciu vtedy, keď sa spracováva prostredníctvom druhej signálnej sústavy (červené svetlo označujúce poruchu, údaj na ciferníku prístroja atď.). Vnútorňa spätná väzba je článkom regulačnej sústavy (signály zo svalov pri zložitom pohybe umožňujú koordináciu pohybov). Ak nedostatočný výkon pri práci je vyvolaný slabou motiváciou, použijeme tzv. povzbudivú spätnú informáciu (tabuľa s výsledkami najlepších pracovníkov a pod.). Smerová spätná informácia predstavuje špecifické hlásenie o mieste a druhu chyby, poruchy atď. Pri učení, nácviku vzhľadom na druh uskutočňovanej operácie rozoznávame spätnú informáciu pri učení — má za cieľ zlepšiť výkon v nasledujúcom úkone a akčnú spätnú informáciu — má zlepšiť výkon v práve prebiehajúcom úkone (napríklad kontrolovaný pohyb pri udržiavaní stanoveného tlaku). Výsledky mnohých výskumov ukazujú, že bezprostredné a špecifické oznamovanie výsledkov činnosti má veľký dosah pri zvyšovaní výkonu po kvantitatívnej i kvalitatívnej stránke.

Procesy riadenia tvoria v rade povolání celý obsah pracovnej činnosti. Zachytenie výsledkov myšlienkových procesov pri



riadení v matematickej forme umožňuje nám laboratórne skúmať tieto procesy. Napr. staničný výpravca predstavuje regulátor a riadeným objektom je pohyb vlakov. Myšlienková činnosť výpravcu môže prebiehať v dvoch špecifických podmienkach (normálne splňanie vlakového grafikonu alebo riešenie neobvyklej situácie). Zvýšenie produktivity práce výpravcu a zníženie napätosti pri jeho činnosti možno dosiahnuť úpravou riadiaceho pultu (vhodný spôsob podávania informácie) a tiež odstránením nadbytočnosti — napr. v telefonických hovoroch. Myšlienkovú činnosť, ktorá prebieha pri riadení pohybu vlakov, možno zachytiť v logickej schéme operácií. Určitú operáciu možno uskutočniť až po splnení presne určených podmienok. Ak nie sú tieto podmienky splnené, výpravca sa musí zamerať na odstránenie prekážok, t. j. vrátiť sa niekedy aj o niekoľko logických krokov späť. Analýza v matematickej forme zapísaného priebehu týchto operácií umožňuje stanoviť optimálne postupy vzhľadom na variácie rôznych podmienok.

Výhody a obmedzenia

Samozrejme, kybernetika nemôže vysvetliť všetky aspekty spoločensky determinovaných javov, akými sú psychické procesy. Ľudský operátor na rozdiel od komunikačného kanála je determinovaný individualizovaným súhrnom skúseností a tvorí integrovanú jednotu so svojim prírodným a spoločenským prostredím. Mozog až do staroby dokáže na sebe pracovať a tvorivo sa rozvíjať. Pri aplikácii poznatkov teórie informácie na duševnú činnosť človeka nejde o stotožňovanie vyššej a nižšej formy pohybu hmoty, ale len o hľadanie spoločných znakov štruktúr a funkcií. Aplikácia teórie informácie v psychológii prispieva k hlbšiemu materialistickému poznaniu psychických procesov a tiež pomáha pri riešení otázok inžinierskej psychológie. Ide tu o otázky poľa podnetov so všetkými jeho priestorovo-časovými aspektami, úpravu množstva i spôsobu podávania informácie, vzťah závažnej a nezávažnej informácie a pod. Teória informácie predstavuje spoločnú platformu, na ktorej sa stretávajú fyziológ, psychológ a inžinier pri riešení problémov súvisiacich s pracovnou činnosťou človeka.