

DIETER LANGER

## Informationstheorie und Psychologie

(Teória informácie a psychológia.)

Verlag für Psychologie — C. J. Hogrefe,  
Göttingen 1962. Strán 210, obr. 48, cena nie  
je uvedená.

V úvode autor zdôrazňuje, že až kybernetika a teória informácie umožnili presné porovnanie organizmu a stroja. Spracovávanie informácie umožňuje organizmu vyrovnávať sa so svojím prostredím. Teória informácie nielen objasňuje základné metodické problémy v tejto oblasti, ale i umožňuje vyvíjať diferencované modely, zachycujúce kvalitatívne i kvantitatívne stránky. Komunikácia pri vnímaní, reči, sociálnom styku je principiálne podobná, avšak s rozličnými stupňami komplexnosti.

Druhá kapitola je venovaná rozboru základných pojmov. Tu podáva klasifikáciu signálov a informáciu chápe ako koreláciu očakávania. Zisk informácie je modifikáciou poriadku, vyjadreného v subjektívnej pravdepodobnosti pomocou pozorovania a skúsenosti. Štruktúry vnímania so strednou neurčitou sú charakterizované entropickým profilom. Závažná informácia je diskontinuálne rozdelená a koncentruje sa na určitých miestach štruktúry. Komunikácia má dva aspekty: je vzťahom medzi usporiadaniami rozličných signálnych štruktúr a je transformáciou signálnych štruktúr. Organizmus a prostredie sú jeden systém, ktorý sa vytvára plynule a v procese.

V tretej kapitole autor rozlišuje ekonomický, štatistický a štruktúrny aspekt informácie. Pri prvom ide o vzťah informačných výdavkov a ziskov, ktorý je popri riziku a subjektívnom úžitku základnou zložkou nášho rozhodovania. V súvislosti so štatistickým aspektom v súlade s Carnapom rozlišuje indukčnú a štatistickú pravdepodobnosť. Pre psychológiu je najdôležitejší štruktúrny aspekt informácie. Pojem maximálneho štruktúrneho obsahu (MacKay) zachycuje počet dimenzií alebo koordinát, pomocou ktorých sa signál špecifikuje a v rámci ktorých sa môže meniť. Štruk-

túrny obsah signálov sa meria v informačných kvantách alebo v logonoch (Gabor). Počet logonov označuje štruktúrnu jemnosť signálu. Avšak každý logon štruktúry má určitú hodnotu a ich  $\log_2$  sa nazýva metrický infomačný obnos (napr. pri kvantovaní obrazu stráta informácie je tým väčšia, čím sú väčšie body obrazu a čím je menší počet farebných tónov). V štruktúrnom zmysle možno teda na signáli rozlišovať časovú (priestorovú) rozľahlosť —  $T(Q)$ , časovú (priestorovú) štruktúrnu jemnosť —  $2W_{t(g)}$  a metrický informačný obnos — z. Tieto tri dimenzie obsahujú kváder, znázorňujúci objem štruktúrneho signálu.

Transformáciou a štatistickým vzťahom signálov pri komunikácii sa autor zaoberá v štvrtej kapitole. Šumy v organizme sú dôsledkom neprimeranosti vzorky očakávania, spontánnej nervovej činnosti alebo obmedzenej informačnej kapacity systému. Pri komunikácii dochádza k transformácii „objektových“ na „obrazové“ signály (sú v rovnakom vzťahu ako predmet a jeho nákras). Súbor podnetov nášho vnímaného sveta nie je štatisticky pravidelný a nachádza tu uplatnenie „probabilistický funkcionalizmus“ (Brunswick) zákonitosti prostredia a tiež prispôbenie správania organizmu. V dôsledku podmienených, prechodových a spojovacích pravdepodobností symbolov, znižujú sa „výdavky“ na špecifikáciu jedného symbolu pri poznaní druhého symbolu.

V piatej kapitole sa popisujú informačno-psychologické metódy na zachytenie obsahu usporiadania a súvislosti (nadbytočnosť, využitie Bayesovej teóremy, rôzne druhy entropie).

Ďalšia kapitola je venovaná kapacite informačného systému. V súvislosti s využitím nadbytočnosti poukazuje na rozdiel medzi subjektívnou a objektívnou pravdepodobnosťou. Pri slede so štatistickými zákonitosťami dochádza k pravdepodobnostnému učeniu. Aplikáciou teórie hier vznikli modely teórie rozhodovania pri individuálnom správaní (používanie rozličných stratégií). Podobne sa mnohí bádatelia zaoberali metódami kvantifikácie subjektívnych užitočných hodnot a ich zložkami. Ďalej tu autor popisuje psychologicky najdôležitejšie informačné jednotky a prahy

ich vnímania a rozlišovania. Podnetmi rozumie vnímateľné signály z abstraktného priestoru vnímania. Ak sú redukované na plochy alebo dráhy jednej dimenzie, tieto rozlíšiteľné podnety nazýva valencie. Skupiny valencií, ktoré sa pri určitej komunikácii posudzujú rovnako, sú valenčné triedy. Maximálna valenčná kapacita zmyslových orgánov činí napr. pri hlasitosti 8,53 dvojn. jed., výške tónu 11 dvojn. jed., čistých farbách 7,75 dvojn. jed. Prahy vnímania dnes chápeme ako štatistické javy (zistenie signálu na pozadí šumu — teória detekcie).

V siedmej kapitole sa popisuje obmedzenie spracovania informácie nervovým systémom. Pri jednej dimenzii sa môže rozlíšiť asi 7 rozličných valenčných tried. Prenos informácie (kanálová kapacita) sa zvyšuje s počtom dimenzií ako i rastom štruktúrneho obsahu valencie. Experimentálne bola skúmaná najmä informácia obsiahnutá v konfigurácii (nadbytočnosť tvaru, entropia obrysu).

Zníženie šumov pomocou kódovania je obsahom ďalšej kapitoly. Šumy vidieť názorne pri reči (interferencia), v zrakovej oblasti (prenos obrazu pomocou hrubého rastru), pri sluchu (zmena rýchlosti zvukového záznamu). Komunikácia je rušená i nedostatočnou „pripravenosťou“ na vnímanie. Na túto posobia dve biologické funkcie: minimalizácia hodnoty prekvapenia z prostredia a maximalizácia domnienky, že budú vnímané signály s vyššou informačnou a motivačnou hodnotou. Rozlišuje sa krátkodobé a dlhodobé uskladnenie informácie. Krátkodobé uskladnenie umožňuje proces kvantovania a kódovania informácie.

Posledná kapitola knihy je venovaná nadbytočnosti a stabilizácii. Ultrastabilita zložitých organizmov sa dosahuje prispôbením pravdepodobnosti odpovedí k pravdepodobnostiam signálov prostredia. Príkladom na štatistickú sebaorganizáciu je Rosenblattov perceptrón a Steinbuchova matica učenia. Organický systém s ohraničenou kapacitou ukazuje tendenciu k vysokému využitiu informačnej kapacity pomocou kódovania, ktoré využíva nadbytočnosť.

Na konci knihy je uvedený zoznam kongresov a sympózií z oblasti kybernetiky a teórie

informácie, ako i veľmi obsiahla bibliografia (690 čísiel).

Langerovu knihu treba hodnotiť na pozadí doterajších snáh o aplikáciu teórie informácie v psychológii. Články o experimentoch z tejto oblasti (v posledných rokoch veľmi početné) sa objavujú už asi 10 rokov. Autor sa nepokúsil podať ich syntézu (i keď všetky závažné práce v knihe využíva), ale jasným spôsobom vymedzil základné pojmy „informačnej“ psychológie a objasnil základné smery, v ktorých aplikácia teórie informácie znamená pre psychológiu skutočný vedecký prínos a neobmedzuje sa teda (ako sa to spočiatku robilo) na preklad psychologických termínov do informačného jazyka. Ukázal, že nie sú užitočné primitívne analógie, ale objasnenie základného metodického problému ako i možnosť spoločnej reči s neurofyzológiou. Autorova práca svojou jasnou koncepciou omnoho prevyšuje prvý pokus o syntézu (F. Attneave) ako i pedagogicky zameranú publikáciu H. Franka.

*Michal Striženeč*

A. M. JAGLOM, I. M. JAGLOM

## Pravděpodobnost a informace

Z rus. orig. preložil Fr. Zítek. Vyd. NČSAV, Praha 1964. Str. 241. Cena Kčs 28,50.

Je málo známo, že prvni stať v českém jazyce z oblasti matematické teorie informace vyšla již roku 1954 v časopisu Sovětská věda, matematika-fysika-astronomie, kde zahajovala jako prvni článek prvniho čísla jeho IV. ročník. Byl to překlad dnes již velmi dobře známé Činčinovy práce „Pojem entropie v teorii pravděpodobnosti“ z r. 1953. Po deseti letech se objevuje na našem knižním trhu prvni kniha věnovaná základům matematické teorie informace. Jde opět o překlad, a to druhého vydání knihy sovětských matematiků bratří Jaglomů, která se těšila oblíbenosti u svých čtenářů již ve svém prvni vydání, a která právě na jejich přání byla autory rozšířena v druhém

vydání o hutný přehled aplikací pojmů entropie a informace na rozmanité obory.

Kniha je členěna ve čtyři kapitoly a tři dodatky, z nichž poslední obsahuje tabulku hodnot funkce  $-p \log p$  se základem logaritmu rovným dvěma, potřebnou k praktickému provádění výpočtů informačněteoretických veličin. Elementární výklad v kapitole první, věnované těm základním pojmům z teorie pravděpodobnosti, které jsou nutné k vybudování pojmů entropie a informace, se neliší od postupu dnes již ustáleného: pravděpodobnost jako pojem odpovídající stabilitě četnosti jevu při mnohokrát opakovaném pokusu a na tomto základě popsané elementární vlastnosti tohoto pojmu (operace s jevy, nezávislost, podmíněné pravděpodobnosti). V posledním paragrafu (§ 4) této kapitoly se autoři snaží učinit krok za toto elementární pojetí v podstatě nahražením tabulky pravděpodobností formálním pojmem (konečné) normované Booleovy algebry (jeví); zmiňují se přitom náznakově o Kolmogorově axiomatice pravděpodobnosti.

V kapitole druhé přistupují autoři k definici základních pojmů teorie informace: entropie (§ 1) a (množství) informace (§ 3). V prvním paragrafu je definován pojem entropie pokusu o konečném počtu alternativ v smyslu entropie konečného rozkladu pravděpodobnostního pole. První dva paragrafy této kapitoly seznamují čtenáře s jednoduchými vlastnostmi pojmu entropie a z něho odvozeného pojmu (střední) podmíněné entropie. Důkazy základních nerovností pro tyto entropie odsunuli autoři do Dodatku I, v němž je odvozena tzv. Jensenova nerovnost pro konvexní funkce, z níž se potřebné nerovnosti snadno vyvodí. Ve třetím paragrafu je definován pojem „množství informace o pokusu  $\beta$  obsaženém v pokusu  $\alpha$ “ jako rozdíl mezi nepodmíněnou a podmíněnou entropií a jsou zde odvozeny elementární vlastnosti tohoto pojmu a speciálnějiho pojmu podmíněné informace.

Poslední paragraf (§ 4) druhé kapitoly pojednává o tzv. axiomatickém vybudování pojmu entropie, které představuje svého druhu „zduvodnění“ entropie jako míry neurčitosti. Zde je třeba důrazně upozornit čtenáře, který se z této knihy seznamuje s teorií informace

poprvé, že jediným zdůvodněním zavedení pojmu entropie jako míry neurčitosti výsledků pokusu je statistický význam entropie, jak je vyzdvíženo autory již v prvním paragrafu druhé kapitoly. Neurčitost (výsledků) pokusu je prostě dána logaritmem počtu těch výsledků pokusu, které jsou „dosti“ pravděpodobné, při zanedbání celé skupiny výsledků, která má dohromady nepatrnou pravděpodobnost. Entropie je pak číslo, které vyjadřuje asymptoticky neurčitost výsledků mnohonásobně (nezávisle) opakovaného pokusu. Jen v tomto smyslu a v žádném jiném se pojmu entropie používá v teorii přenosu zpráv, a právě v tomto smyslu je nutno interpretovat v aplikacích jak pojem entropie, tak pojem informace. Radíme čtenáři, aby si zvláště bedlivě všiml všech poznámek, které autoři připojují ohledně statistického chápání informačněteoretických pojmů, a promyslí si je z hlediska právě naznačeného. Podle názoru recenzenta je i tak statistické hledisko autory ne zcela dostatečně zdůrazňováno, i když proti většině jiných elementárních knih o teorii informace, kde bývá zcela opomíjeno, znamená knížka bratří Jaglomů krok vpřed.

V kapitole třetí se autoři zabývají řešením úloh, jejichž abstraktní jádro lze charakterizovat jako studium konečných posloupností zjemňujících se rozkladů. V části uvedených úloh se řeší otázka konstrukce nejkratší posloupnosti zjemňujících se rozkladů, z nichž první rozklad obsahuje  $m$  částí (v úlohách  $m = 2$  nebo 3) a každý další rozklad vznikne z předcházejícího tím, že každá jeho část se rovněž rozdělí na nejvýše  $m$  částí, při čemž poslední nejjemnější rozklad má mít požadované vlastnosti. V prvním paragrafu jde hlavně o úlohy typu „hádání čísla“ ( $m = 2$ ) a v druhém paragrafu o úlohy spojené s nalezením falešné mince vážením ( $m = 3$ ). Ve třetím, tj. posledním, paragrafu kapitoly je provedeno zobecnění těchto úloh v ne příliš přehledné formulaci. Především je třeba říci, že návod ke konstrukci nejkratší posloupnosti zjemňujících se rozkladů ve shora uvedeném smyslu s použitím pojmu entropie resp. informace (viz str. 103—104) v obecném případě selhává (na to rovněž upozorňuje překladatel na str. 104 v poznámce pod čarou), a to prostě proto,

že pojem informace se nehodí k řešení formulovaného problému, což je ve sporu s tvrzením autorů (srovn. poslední odstavec v § 2). Na druhé straně je pravda, že střední počet kroků k určení prvku daného rozkladu prostřednictvím jakékoli posloupnosti zjemňujících se rozkladů shora uvedeného typu nemůže klesnout pod entropii tohoto rozkladu lomenou  $\log m$ , jak je dokázáno na konci § 3.

Materiálem nejbohatší je kapitola IV, která zabírá polovinu knihy. Hlavním tematem této kapitoly je teorie přenosu diskrétních zpráv sdělovacími kanály. První dva paragrafy této kapitoly jsou věnovány tzv. hlavní větě o kódování. Autoři se omezují na texty, které vznikají stochasticky nezávislým výběrem písmen z některé dané konečné abecedy. V prvním paragrafu je odvozena platnost hlavní věty o kódování pro texty s abecedami, jejichž všechna písmena se vyskytují s touž pravděpodobností. Důkaz se opírá o úvahy o „hádání čísla“ (viz Úloha 21 v § 1 kapitoly III), při čemž autoři upozorňují na souvislosti explicitní konstrukce příslušného kódu s rozvojem čísla, které představuje počet písmen dané abecedy, v číselné soustavě o základu, jímž je předem daný počet „elementárních signálů“, sloužících k tvoření kódových znaků. „Elementární signály“ znamenají prostě písmena abecedy, v níž se zapisují kódové znaky, a dají se interpretovat jako písmena na vstupu bezporuchového sdělovacího kanálu. V druhém paragrafu je pak vyslovena hlavní věta o kódování pro abecedy, jejichž písmena se vyskytují s obecně různými pravděpodobnostmi. Důkazová metoda, kterou autoři označují jako první, je založena na úvahách kapitoly III, zvláště na poslední nerovnosti o „středním počtu pokusů“ dokázané na konci této kapitoly. Druhý důkaz věty o kódování se opírá o statistický význam pojmu entropie a je autory pouze naznačen. Jak již jsme se zmínili dříve, teorém o statistickém významu entropie představuje sám o sobě jednu z centrálních vět teorie informace a správné pochopení tohoto statistického významu entropie je nutným základem pro jakékoli aplikace informačně-teoretických pojmů. Proto text od str. 129 dole až do str. 134 nahoře zasluhuje zvýšené pozornosti čtenáře. V tomto důkazu je třeba použít

známých nerovností k odhadu faktoriálů čísel, jejichž důkazy autoři odsunují do Dodatku II, který je celý věnován zjednodušenému pojetí tzv. Stirlingovy formule.

V kapitole IV vyslovují autoři hlavní větu o kódování rovněž pro případ poruchových kanálů. To činí v posledním, tj. 4. paragrafu této kapitoly, kde definují pojem poruchového kanálu pro případ šumu, působícího stochasticky nezávisle na jednotlivé „elementární signály“, z nichž se celkový signál skládá. Uvádějí některé jednoduché příklady takových kanálů a přípravné myšlenky důkazu věty o kódování pro tyto sdělovací kanály ilustrují na nejjednodušším možném případě binárního symetrického kanálu. Úplné provedení důkazu pro tento nejjednodušší případ pak odsunují až na závěr kapitoly IV, kde předvádějí metodu založenou na klasické myšlence Shannonové „o náhodném kódování“.

Třetí paragraf kapitoly IV má v celé knize zcela zvláštní postavení. Je poměrně velmi rozsáhlý a autoři v něm podávají přehled aplikací teorie informace v rozmanitých vědních oborech. Především jsou to aplikace v lingvistice, jímž je věnována pozornost největší. Dále v tomto paragrafu najdeme aplikace teorie informace v hudbě, teorii přenosu spojitých zpráv (televizní obrazy, fototelegramy) a s nimi spojený zobecněný pojem množství informace. Všechny části tohoto paragrafu jsou psány spíše orientačně, i když jsou stručným, ale dosti vyčerpávajícím přehledem aplikací ve zmíněných oborech, k němuž je připojena na konci knihy poměrně rozsáhlá bibliografie, týkající se těchto temat. Upozorňujeme čtenáře, zajímajícího se o aplikace, že do českého vydání byl proti ruskému vydání připojen v § 4 kapitoly IV rovněž stručný přehled o aplikacích teorie informace v genetice. Autoři rovněž referují již v kapitole II, a to postupně ve všech prvních třech paragrafech o aplikaci pojmu entropie a informace v experimentální psychologii. Rovněž se krátce zmiňují na konci paragrafu 3 kapitoly IV o přenosu informace nervovými kanály, a to zvláště informace přicházející subjektu smyslovým ústrojím. Tento přehled, jímž autoři orientují čtenáře v řadě aplikací základních informačně-teoretických pojmů, lze považovat

za velmi cennou součást knihy především proto, že v české odborné literatuře neexistuje soustavný výklad o těchto směrech.

Závěrem znovu opakujeme, že překlad knihy bratří Jaglomů je první knihou v českém jazyce o matematické teorii informace a některých jejích aplikacích. I když celá druhá polovina této knihy má význam jenom orientační, poněvadž elementárními prostředky, které mají autoři k dispozici, nemohou hlouběji

objasnit přesní jádro výsledků dosažených v oblasti teorie informace, přesto si pozorný čtenář z knihy osvojí pohled na asymptotický charakter informačneteoretických pojmů. Překladatel i sami autoři věnovali českému vydání knihy velkou péči. Kniha by neměla chybět v bibliotéce nikoho, kdo se i jen částečně zajímá o metody teorie informace.

*Karel Winkelbauer*