československá psychologie

časopis pro psychologickou teorii a praxi

ROČNÍK XI
ČÍSLO 3
1967

EXPERIMENTÁLNÍ HRY I.*)

J. KŘIVOHLAVÝ

Výzkumný ústav bezpečnosti práce ROH, Praha

ÚVOD

Použití experimentálních metod poznávání skutečnosti a možnosti využití takto poznaných zákonů při predikci vedly k prudkému rozmachu přírodních věd. Není proto divu, že existuje a sílí podobná snaha i v psychologii. Úspěchy v oblasti psychofyziky a systematický výzkum učení ukázaly, že experimentální přístup je nadějnou cestou. Na druhé straně není možno neslyšet hlasy těch, kdo porovnávají velice úzký rozsah témat experimentální psychologie s podstatně a nesrovnatelně bohatší paletou psychologicky zajímavých jevů. Domníváme se, že řešením není volba jedné alternativy a zanedbání druhé, ale naopak při kladném hodnocení experimentálního přístupu v psychologii s velikou citlivostí prověřovat možnosti rozšíření experimentálního řešení dalších psychologicky významných problémů.

Přehlédneme-li oblast prací nazývanou „experimentální hry", je možno zjistit, že zde dochází k systematickému experimentálnímu výzkumu závažných psychologických jevů, které dosud stály stranou zájmu i možností experimentální psychologie. V samé podstatě těchto her je *existence konfliktu, střetnutí zájmů.* Jde o percepci, přijímání a hodnocení informací a o rozhodování v situaci různé nejistoty, projevené vždy *činem* (tahem, volbou, zásahem atp.). Vedle pravděpodobnostního charakteru je to *systém hodnot* a hodnotové funkce i škály, které hrají roli při rozhodování. Experimentální projekt řešení dává možnost záměrně měnit a odstupňovat hodnoty výplatních matic. Racionální hry dávají možnost poznat způsoby *inteligentní volby strategií* a přibližování se optimálním volbám. Iracionální hry dávají však daleko bohatší možnosti psychologickému studiu. Vedle interpersonálních konfliktů dávají možnost studia vnitřních, *intrapersonálních konfliktů* — střetnutí zájmů spolupráce a sobecké bezohlednosti,

Došlo 15. I. 1967; K. J., Jeruzalémská 9, Praha 2.

*) V této části přehledového článku o experimentálních hrách se opírám především o práce A. Rapoporta a jeho spolupracovníků.

absolutní osobní výhry a zvýšení rozdílu vlastního a soupeřova konta (soupeření) atp. Hraje-li se více her, je možno sledovat *dynamiku vývoje ochoty ke spolupráci* či naopak růstu sobeckosti. Hraje-li větší počet hráčů, je možno studovat *vznik a vývoj klik a koalicí*. Záměrně je možno odstupňovat styk a sdělování zpráv mezi soupeři a studovat tak *vliv komunikace*. Podobně se odstupňovává výše úplaty — sekundární výplatní matice — a *studuje úplatkářství*. *Osobnostní charakteristiky hráčů* za těchto situací stojí v popředí zájmu.

Experimentálními hrami dostává se psychologii možnost studia celé řady ryze psychologických jevů, které dosud stály stranou možností experimentování. Zvláště to platí o oblastech ležících na *pomezí mezi psychologií a etikou* — ať jde o výzkum hodnot a jejich užitnosti (utility) nebo přímo o altruistické řešení iracionálních situací (riskování prohry při nabízení strategie ochoty ke spolupráci). Domníváme se, že toto jsou dostatečné důvody pro to, aby se psychologové s toutou oblastí seznámili.

HISTORIE

Účelem tohoto sdělení není sledovat historii zájmu lidstva o hry. Nejde zde ani o zobecňování každodenních střetnutí (konfliktů) a jejich modelování ve tvaru hry. Pozornost je zaměřena na tu oblast psychologie, která byla podnícena matematickou teorií her a která vedla k celé řadě experimentů. Jedině tyto hry nazýváme zde experimentálními hrami a jedině o tyto hry zde jde.

Historický přehled by bylo možno začít prací Daniela Bernoulliho (1730) o tzv. petrohradském paradoxu. Je však zvykem orientovat se na význačné práce autorů von Neumanna a Morgensterna z r. 1944. Zájem těchto autorů byl však převážně orientován ryze matematicky. Šlo jim o zjišťování nejracionálnějších řešení strategií her. Hledali matematické funkce a logické pochody při rozhodování mezi (N) možnými způsoby řešení. Psychologicky zde mohl zajímat nanejvýš postup — analýza myšlení — a pojetí utility (užitné hodnoty) výhry. Není proto divu, že prvé údaje o teorii her opírající se o experimenty pocházejí z pera matematiků. Jsou to např. práce Nashe (1950) hledající důvody volby určité strategie v naději na dosažení nejstabilnějšího způsobu řešení. Stejným směrem šel i zájem Luce (1954), který se již vypravil do oblasti vytváření koalice mezi hráči (ve hrách tří a více hráčů). I zde šlo jen o nalezení nejstabilnějšího řešení — i když se jednalo o ryze matematicky vyjádřenou sociálně psychologickou tematiku. Obdobné bylo i zaměření převážně matematicky orientovaných psychologů Suppese a Atkinsona (1960). Těm šlo o porovnání hypotéz teorie učení a teorie her při několikanásobném hraní experimentálních her. I když se na prvý pohled zdá, že jim šlo o to, jak se hráči v průběhu hry učí a v důsledku učení mění svou strategii, je přece jen třeba konstatovat, že hlavním záměrem bylo zjistit, která teorie je blíže skutečnosti.

Skutečný ryze psychologicky orientovaný zájem o experimentální hry není však starší deseti let. Byli to v prvé řadě psychologové zajímající se o *studium konfliktu* (Deutsch M., 1960, Schelling T. C., 1958 aj.). Ti poznali, že situace hry je typickou konfliktovou situací. Poznali, že situace některých her je přímo modelovou situací dvojího konfliktu — vnějšího a vnitřního. Z hlediska vnějšího konfliktu může jít o konflikt zájmů diametrálně nebo jen parciálně odlišných. V experimentech je přitom možno tuto dimenzi soustavně měnit. Ještě větší možnosti však dávají tyto hry při studiu intrapersonálních konfliktů — tedy v tematice eminentně psychologické.

Jiná skupina psychologů, kteří o experimentální hry projevili zájem, se soustavně zabývala *studiem komunikace*. Řada her byla původně koncipována jako hry, při nichž je jakýkoliv dohovor mezi hráči předem vyloučen. Ukázalo se však, že je dobře možné systematicky měnit způsob i míru vzájemné informovanosti hráčů. Bylo tomu tak v pracích autorů Loomise (1959), Scodela et al. (1959), Deutsche (1960) aj.

Hry o větším počtu hráčů dávají možnost systematicky studovat *vytváření koalicí* mezi hráči. Setkáme se proto s pracemi s touto sociálně psychologickou tematikou stále častěji (Vinacke, Arkoff, 1957; Kalisch et al., 1954; Lebermann, 1961; Gamson, 1961 aj.).

Další, neméně podnětná oblast, která v experimentálních hrách vidí nástroj dávající možnost soustavného studia, je na *pomezí psychologie a etiky*. Již v r. 1951 vychází kniha K. J. Arrowa o individuálních hodnotách a jejich odrazu v sociální volbě. V r. 1955 chápe se nabízené možnosti R. B. Braithwaite a rozebírá hry jako nástroj filosofa zabývajícího se etickými problémy. Z hlediska psychologie však znamená podstatný krok v této oblasti práce skupiny vedené Anatolem Rapoportem — viz Pilisuk M., Rapoport A. (1963 a 1964), Pilisuk M., Potter P., Rapoport A., Winter J. A. (1965), Rapoport A., Chammah A. (1965), Rapoport A. (1966) aj. Oblast experimentálních her byla již několikrát přehledně zpracována. Prvý přehled zpracoval M. M. Flood (1952). V r. 1957 podal soustavně přehled ve své práci R. D. Luce. V r. 1958 vychází vzorný přehled M. M. Flooda. V r. 1960 tuto oblast zpracoval japonský psycholog M. Sakaguchi a v r. 1962 A. Rapoport s C. Orwantem.

Terminologie

Dříve nežli přistoupíme k soustavnému přehledu oblastí experimentálních her, je vhodné seznámit se s několika termíny, kterých se zde běžně užívá. Nejde přitom o definice, ale o vysvětlení „technických termínů".

Hra — Hrou se nazývá ta situace, kde každý účastník hry má (podle pravidel hry) v přesně stanovené chvíli možnosti volby mezi různými činnostmi a kde výsledek všech voleb všech účastníků rozhoduje o tom, co jednotliví účastníci obdrží. Přitom se předpokládá, že pořadí preferencí jednotlivých alternativ řešení je odlišné pro všechny zúčastněné hráče.

Pravidla hry určují časovou posloupnost jednotlivých akcí a druh i rozsah možných činností účastníků hry.

Strategie — V obecné mluvě se strategií rozumí „způsob jak hrát danou hru". Teorie her definuje pojem strategie podstatně přesněji. Strategie — ať jde o optimální či jinou strategii — musí přesně určit, co hráč má udělat v každé možné situaci, ve které se může ocitnout při dané hře. U některých her není obtížné normovat, co má hráč dělat. Jsou však i tak složité hry, že se při nich dosud nepodařilo vystihnout, co třeba dělat v každé možné situaci (viz např. šachy). V teorii her se vychází z přehledu všech možných strategií v dané hře. Přitom jde o zdůvodnění logicky nutných voleb. Hry se přitom dělí na hry, v nichž existuje přinejmenším „jedno nejlepší řešení" pro každého hráče (př. hra NIM, šachy atp.), a na hry, kde je třeba volit smíšenou strategii (variaci různých strategií), protože neexistuje jedna optimální strategie. V matematické teorii her jde zvláště o stanovení smíšených strategií a jejich nejvhodnějších poměrů. Náhodným měněním těchto strategií v daném poměru je možno dosáhnout nejlepších výsledků za daných podmínek.

Dominující strategie je ta strategie, která vede k větším výhrám. Opakem je nedominující strategie. Dominující je určitá strategie tehdy, je-li možno z výplatní matice dovodit, že všechny možné výsledky, k nimž se dojde volbou této strategie, jsou stejně dobré jako výsledky nedominujících (druhých — ostatních) strategií, kterých by daný hráč použil, a alespoň v jednom případě jsou lepší.

Hra v normálním tvaru je ta hra, při níž jsou známé všechny možné strategie všech hráčů za všech situací. Počet strategií nutně musí být konečný. Jde-li o hru dvou hráčů, pak je možno přehled všech možných strategií uspořádat do výplatní matice.

Výplatní matice. Jde-li o hru dvou hráčů, je možno vyjádřit maticí soubor všech možných strategií obou hráčů a zároveň i výsledky voleb dvou hráčů. Řádky vyjadřují strategie, které má k dispozici hráč č. 1. Sloupce naopak vyjadřují strategie, kterých může použít hráč č. 2. Dojde-li k volbě určité strategie hráčem č. 1 a hráčem č. 2, pak je možno vepsat do políčka, které je v průsečíku dané řádky a sloupce, výsledek ve formě výhry nebo prohry pro oba hráče. Jde-li o hru s nulovým součtem, uvádí se jen jeden údaj. Je to údaj pro hráče č. 1. Výsledek pro hráče č. 2 se numericky rovná číslu uvedenému v příslušném políčku, má však opačné znaménko. Jde-li o hry s nenulovým součtem, pak prvý údaj v daném políčku výplatní matice se týká prvého hráče, druhý údaj se týká druhého hráče.

Příklad matice hry s nulovým součtem

		Hráč č. 2	
		L_2	P_2
Hráč č. 1	L_1	1	−2
	P_1	2	3

L_i, P_i ... strategie, které mohou volit hráči.

Volí-li hráč č. 1 strategii P_1 (např. zvedne-li pravou ruku) a hráč č. 2 L_2 (zvedne-li např. levou ruku), pak vyhrává hráč č. 1 např. 2,— Kčs a hráč č. 2 prohrává 2,— Kčs.

Příklad matice hry s nenulovým součtem

		Hrá č. 2	
		L_2	P_2
Hráč č. 1	L_1	1, 1	−2, 2
	P_1	2, −2	−3, −3

Volí-li hráč č. 1 strategii L_1 a hráč č. 2. strategii L_2, získávají oba po 1,— Kčs. Volí-li strategii P_1 a P_2, prohrávají oba 3,— Kčs.

Hra s konstantním součtem je taková hra, kde algebraický součet výplatních hodnot všech hráčů je vždy roven určité konstantě; speciálním případem jsou hry s nulovou konstantou (nulovým součtem). Z hlediska matematické teorie hry je možno převést všechny hry s konstantním součtem na hry s nulovým součtem.

Hra s nulovým součtem je taková hra, při níž výhra jednoho hráče je beze zbytku rovna prohře druhého hráče (nebo všech ostatních hráčů, a to bez ohledu na to, jak velká suma byla v sázce).

Hry s nenulovým součtem jsou hry jiného druhu nežli hry s konstantním součtem. Výhra jednoho hráče se nerovná prohře druhého. Algebraický součet výher a proher v sérii her není konstantní. Předpokládá se zde existence na hráčích nezávislého výplatního zdroje (banku), který přijímá přebytky a doplácí pohledávky, není-li součet výher a proher ve hře vyrovnán. Preference různých strategií nemusí být u těchto her dvou hráčů nutně opačné. Některé strategie mohou být pro oba hráče výhodnější nežli jiné.

Matematická teorie her

Jak je z historického přehledu zřejmé, teorie her v té formě, ve které se s ní zde setkáváme, je v podstatě matematickou záležitostí. Tam se zařazuje pod *„teorii statistických rozhodovacích funkcí"*. Rozsah her, kterými se matematika zabývá, nekryje se však plně s rozsahem druhů experimentálních her, se kterými se setkáváme v psychologii. Na jedné straně věnuje matematika podstatně větší pozornost tzv. *statistickým hrám,* tj. hrám statistika proti přírodě (neinteligentnímu protihráči). Na druhé straně naopak si matematika neví rady s hrami s nenulovým součtem (viz zde II. hry s iracionálním řešením) a pro jistotu je ze svých pojednání vylučuje (viz např. D. Blackwell a M. A. Girshick, 1964). Vedle statistických her „s přírodou" se tedy matematika zabývá jen hrami dvou hráčů s nulovým součtem nebo s konstantním součtem. Zajímají ji hry se sedlovým bodem a brilance dosahuje v teorii smíšených strategií u her s nenulovým součtem bez sedlového bodu.

Oč jde matematické teorii her? Jako v jiných oblastech teorie funkce jde i zde o hledání funkčních vztahů mezi různými možnými strategiemi řešení situací hry a zvláště pak o nalézání dobrých a optimálních strategií.

Základní věta matematické teorie her tvrdí, že každá hra má hodnotu a že ve hrách dvou hráčů mají oba hráči dobré strategie (každý hráč má alespoň jednu). To platí pro konečné hry. Dobrá strategie nemusí být jednoduchá — může to být např. smíšená strategie, kde se doporučuje náhodně volit dvě nebo více strategií se stejnou nebo odlišnou pravděpodobností. Je tedy otázka strategie v centru zájmu matematické teorie her. Jejímu řešení — volbě nejvhodnějších strategií — se věnuje prvořadá pozornost.

Je však třeba upozornit na některé předpoklady, ze kterých se v matematické teorii her vychází:

1. *Předpoklad racionálního řešení.* Jak ani jinak být nemůže, logické a matematické řešení počítá s racionálním řešením situací her jako s jediným možným způsobem řešení. Hry, které ukazují problematičnost tohoto předpokladu, ponechávají matematikové a logikové vně svého zájmu.

2. *Předpoklad inteligentnosti protihráče.* Pro matematika je hráč i protihráč ve hře dvou hráčů nadán maximální inteligencí a situace hry řeší oba úměrně této inteligenci. Tomuto předpokladu se však v některých případech sami zpronevěřují. Je to tehdy, kdy se jedná o volbu strategie při chybě (neinteligentním chování) protivníka. Je tomu i ve hrách proti přírodě — tzv. statistických hrách,

kde protihráč statistika je přímo definován jako „neinteligentní“. V matematické mluvě to znamená, že volí náhodně všecky různé strategie, které má k dispozici. Neinteligentní je zde ekvivalentní termínu „s ryze pravděpodobnostní charakteristikou“. Psychology však zajímají hráči nejen těchto dvou extrémních typů, ale skuteční hráči, kteří se vždy od těchto extrémů liší.

3. *Předpoklad diametrálně odlišných zájmů.* Protihráč v matematické hře je typem maximálně nepřátelského soupeře. Psychologie opouští tento předpoklad matematiků a zajímá se spíše o to, do jaké míry a za jakých podmínek se skuteční lidé od tohoto extrému oddalují. Nevyhýbá se přitom ani zkoumání, kteří lidé mají k tomuto extrému blíže a kteří mají k němu dále.

Úkolem tohoto sdělení není podat přehled matematické teorie her. Kdo by se chtěl s touto tematikou dobře seznámit, tomu je možno doporučit práce A. Walda (1950), J. C. C. Mc Kinseye (1952) a z běžně přístupných práce D. Blackwella a M. A. Girshika (1954).

Druhy experimentálních her

Experimentální hry je možno klasifikovat podle různých hledisek. Může nám jít o poznatky týkající se hodnot, které jsou v sázce. Může nám jít o osobnostní charakteristiky hráčů. Hlediskem třídění mohou být podmínky a pravidla hry. Vžilo se (A. Rapoport, C. Orwant, 1962) dělení experimentálních her podle počtu hráčů, podle hodnoty algebraického součtu výhry a prohry jedné hry a podle úplnosti informací o možných hodnotách výhry a prohry.

V tomto přehledu se přidržíme výše uvedeného klasického třídění s tím rozdílem, že základní dvě skupiny her rozdělíme podle toho, jde-li o racionální či intuitivní řešení. V podstatě jde o to, existuje-li pro danou hru logické (matematické) řešení, které je optimální a jako takové může být přijato, nebo je-li racionální řešení neurčité, problematické, nevyhraněné, nejednoznačné. Do prvé skupiny spadají *racionální hry.* Tyto hry tvoří oblast prvořadého zájmu matematické teorie her, která v nich hledá optimální strategie. Jde o hry dvou hráčů s nulovým součtem — o hry se sedlovým bodem i bez něho. Do druhé skupiny patří *iracionální hry.* Jsou to hry dvou hráčů, které logiky a matematiky uvádějí do rozpaků, neboť hrají-li je lidé, výsledky jsou pro hráče podstatně lepší nežli hrají-li je stroje na zpracování informací, řídící se optimálními strategiemi. Jde o hry dvou hráčů s nenulovým součtem, a to jak o hry s komunikací mezi hráči, tak zvláště o hry, při nichž je komunikace vyloučena.

Rozdělení experimentálních her do dvou skupin (racionální a iracionální) zahrnuje jen hry dvou hráčů. Stranou zůstávají hry jednoho hráče, tzv. *„hry s přírodou“* a *hry více nežli dvou hráčů.* Důvodem je domněnka, že experimentální hra v „čisté“ formě je hra dvou hráčů a že hry jiného druhu je možno na tuto čistou formu převést. Při redukci her n-hráčů se však setkáváme s psychologicky zajímavým fenoménem *„vytváření koalicí“.* Budeme mu proto i v tomto přehledu věnovat pozornost.

Hry dvou hráčů s nulovým součtem

a) *Hra se sedlovým bodem.* Existuje-li ve výplatní matici pole, které je zároveň nejmenším ve své řádce a největším ve svém sloupci, pak jemu příslušná řádka a jemu příslušný sloupec představují dvojici nejlepších strategií pro oba hráče. Nejvyšší a nejnižší je přitom třeba chápat algebraicky. Ze dvou záporných čísel číselně větší číslo je v tomto smyslu „menším". Políčko, které má výše uvedené vlastnosti, se nazývá „sedlovým bodem". Obrazný termín zde vyjadřuje podobnost výše uvedeného vztahu a onoho místa na sedle, které je v podélné rovině nejnižším bodem (minimem) a zároveň v příčné rovině (tj. kolmo na podélnou rovinu) nejvyšším bodem (maximem).

Uveďme příklad takovéto matice:

Výplatní matice se sedlovým bodem:

		Hráč č. 2		
		A_2	B_2	C_2
	A_1	-3	-7	12
Hráč č. 1	B_1	$\boxed{-1}$	5	2
	C_1	-6	10	-8

Má-li hra takovouto matici s možnostmi volby strategie A, B nebo C pro hráče č. 1 a 2, pak hráč č. 1 nemůže lépe volit, nežli volí-li řádku B. Hráč č. 2 nemůže lépe volit, nežli volí-li sloupec A. Sedlovým bodem je tedy políčko, kde se kříží řádka B_1 a sloupec A_2. V tomto políčku je nejmenší hodnota v řádce B_1 a zároveň nejvyšší hodnota ve sloupci A_2.

Jak je možno dojít ke strategii volby sedlového bodu? Jedním způsobem je zhodnocení situace obou hráčů z hlediska bezpečnosti. Podíváme-li se na výplatní matici, vidíme, že v každé řádce je políčko, které obsahuje horší možnost pro hráče č. 1 nežli v řádce B. V řádce A je to (—7), v řádce C je to (—8). Ze všech tří nepříznivých možností je B s minimální možnou hodnotou rovnou (—1) nejméně nepříznivou volbou. Z hlediska hráče č. 2 je tomu obdobně. Protože jde o hru s nulovým součtem, je třeba při hodnocení matice znaménka obrátit (vyměnit), neboť vyhraje-li při volbě B_1, B_2 hráč č. 1 celkem 5 Kčs, musí je hráč č. 2 zaplatit — proto z jeho hlediska je v tomto políčku (—5,— Kčs). Pro hráče č. 2 je ve sloupci A největší možná „prohra" rovná (+1), ve sloupci B je rovná (—10), a ve sloupci C (—12). Z toho důvodu bude zřejmě pro hráče č. 2 nejopatrnější volbou zvolení sloupce A. Protože sedlový bod je z hlediska obou hráčů minimalizací maximální možné ztráty, nazývá se též minimaximálním polem. Je-li hra, která má sedlový bod, hrána hráči, kteří jsou motivováni minimalizací maximální možné ztráty, nemůže končit jinak nežli ustálením voleb na minimaxové pole výplatní matice.

Racionální charakter řešení her s nulovým součtem a sedlovým bodem je tak přesvědčivý, že volba strategie minimaxu představuje z psychologického hlediska málo zajímavou situaci. Jsou-li oba spoluhráči dostatečně inteligentní, musí k této strategii dojít po (N) hrách. Protože je možno variovat obtížnost hry — od nejjednodušší s 2×2 maticí — a za měřítko inteligentního řešení považovat počet her nutný pro určité přiblížení se k minimaxové strategii, je možno využít těchto her k měření „vhledu" do souboru strategií, které mají racionální optimum.

Příkladem této hry může být práce Liebermannova (1960b). Ten nechal 15 párů hráčů hrát vždy 200 her, při nichž měl každý hráč volbu mezi třemi strategiemi.

		Hráč č. 2		
		A_2	B_2	C_2
Hráč č. 1	A_1	+15	0	−2
	B_1	0	−15	−1
	C_1	1	2	0

Minimaxového řešení (C_1C_2) bylo dosaženo ve více nežli 50 % voleb na počátku hry. Toto procento se po 10 hrách zvýšilo na 90 %.

Her tohoto typu je možno využít při studiu utility (užitné hodnoty) výplatní měny. Liebermann (1960b) např. zjistil, že nulová hodnota ve výplatní matici snižuje její utilitu; hodnoty —1 a —2 centů mají téměř nulovou utilitu, ale +1 a +2 centy mají nepoměrně vyšší utilitu. Tak se podařilo prokázat, že z psychologického hlediska (v subjektivním hodnocení) není numerická hodnota konstantou.

Z hlediska poznání zákonitostí strategické volby je daleko zajímavější ta forma hry dvou hráčů s nulovým součtem, která nemá sedlový bod.

b) *Hra bez sedlového bodu.* Nemá-li hra minimaximální pole, pak oběma hráčům nezbývá nežli volit různé strategie, které jsou pro ně nejvhodnější. Přitom frekvence volby strategie A proti strategii B se bude řídit relativní výhodností možných výsledků strategie A proti strategii B. Toto neustálé variování strategií v hrách po sobě následujících vede k tomu, že oběma hráčům je zaručena určitá výhra, která je největší možnou výhrou za daných okolností.

Uveďme příklad výplatní matice hry s nulovým součtem, která nemá sedlový bod:

		Hráč č. 2		
		A_2	B_2	C_2
Hráč č. 1	A_1	−3	−6	12
	B_1	6	5	2
	C_1	−6	10	−8

V této matici není minimální hodnota řádky zároveň maximální hodnotou sloupci. Pro hráče č. 1 by byla nejvhodnější strategie hrát B_1, na druhém místě A_1 a na třetím C_1. Pro hráče č. 2 by byla nejlepší strategie A_2, pak B_2 a nejnepříznivější C_2. Protože maximum řádky B_1 C_2 se nekryje s minimem sloupečku B_1 A_2, nemá hra sedlový bod.

Jaký je za dané situace možný myšlenkový postup hráčů? Jsou-li oba hráči dostatečně inteligentní, pak je možno předpokládat: Hráč. č. 1 bude volit maximum: $B_1 = +6$. Hráč č. 2 si to ale dovede vypočítat. Zařídí se podle toho a zvolí k B_1 ten sloupeček, kde pro něho bude minimální ztráta, tj. $C_2 = —2$. Hráč č. 1 však ví, jak hráč č. 2 uvažuje, a vědom si toho, že hráč č. 2 bude volit C_2, zvolí „preventivně" řádku A_1, kde může vyhrát +12. Tento myšlenkový pochod dvou „dostatečně inteligentních hráčů" můžeme svěřit samočinnému počítači. Zjistíme, že úloha je řešitelná jen v termínu „ad infinitum". Samočinný počítač by se v této situaci nerozhodl k žádnému tahu.

Z hlediska matematické teorie her se nestanoví pro hráče č. 1 a č. 2 jednoznačná volba, ale záměrné měnění dvou možností. Hráč č. 1 má měnit v poměru 1:6 první dvě řádky (A_1 B_1). Hráč č. 2 má měnit v poměru 10:11druhé dva sloupce (B_2, C_2). Budou-li takto postupovat, pak bude průměrný zisk hráče č. 1 roven $3\frac{3}{7}$, tj. bude roven průměrné ztrátě hráče č. 2. Spokojenost může být oboustranná. Hráč č. 1 získává více, nežli by získal, kdyby hrál jen řádku B (+2). Hráč č. 2 ztrácí méně, nežli kdyby hrál jen sloupec A (—6).

Takovouto hrou s nulovým součtem bez sedlového bodu byly situace, kterých použil Liebermann (1960a). Šlo o hry s fiktivním protihráčem. Hrály 2 skupiny po 10 osobách. V prvé skupině protihráč hrál optimální smíšenou strategii ve všech 300 hrách. V druhé skupině ji hrál jen v prvých 100 hrách a poté náhodně měnil strategie. Bylo použito výplatní matice:

		Hráč č. 2	
		A_2	B_2
Hráč č. 1	A_1	3	—1
	B_1	—9	3

Optimální smíšená strategie pro hráče č. 1 je 75 % voleb A_1 a 25 % B_1. K 75 % voleb A_1 se nikdo z 10 hráčů prvé skupiny nepřiblížil. Průměr voleb A_1 se stabilizoval zhruba na 40 %. Ukázalo se, že optimální smíšená strategie nebyla volena, ale že byl signifikantní odklon od náhodné strategie směrem k této optimální strategii.

Jiným dokladem pro zjištění, že volba smíšené strategie je nad možnostmi normálních lidí, jsou pokusy, které provedli Suppes a Atkinson (1960). Ani v těchto pokusech nedosáhlo se více, nežli že byla zjištěna slabá tendence k optimálnímu řešení. Důvodem těchto selhání je pravděpodobně omezený rozsah lidské krátkodobé paměti a logické či matematické schopnosti dopočítat důsledky voleb různých strategií a jejich kombinací v různém poměru. Výsledky experimentů podávají doklady o situacích, jejichž řešení je lépe svěřit strojům na zpracování informací nežli člověku. Použití podstatně složitějších her — např. japonské hry zvané „BLOTTO" Sakaguchim (1960) ukázalo, že tento rozdíl je tím markantnější, čím je situace hráče složitější. Výpočet minimaxové strategie je pro hráče příliš obtížným úkolem.

Soustavným měněním výplatní matice ve hře s nulovým součtem bez sedlového bodu se podařilo Kaufmannovi a Beckerovi (1961) odstupňovat poměr obou strategií od 50 : 50 po 90 : 10. Výsledky ukázaly, že čím více se optimální smíšená strategie odchyluje od poměru volby 50 : 50, tím více se skutečná volba hráčů liší od optimálního řešení. Zároveň se ukázalo při variacích, kdy výplatní matice byla ukázána nebo utajena, že *hráči se zřejmě spoléhají více na zkušenost z her nežli na výpočet* (logiku).

Přijmeme-li princip maximalizace očekávané užitečnosti za princip racionálního řešení situace hry, pak výše uvedená „smíšená strategie" představuje vrchol použitelnosti normativní matematické teorie hry jako nejlepšího způsobu řešení dané situace. Tato teorie dává možnost analyzovat logickou strukturu konfliktu zájmů. Má však své meze. Zde jsme právě u jedné z nich. Hry dvou hráčů s nulovým součtem bez sedlového bodu představují limit. Uděláme-li další krok, pak racionální a intuitivní řešení se přestanou krýt. Racionální řešení nemusí být — a většinou nebývá — intuitivně přijatelné, stejně jako intuitivně přijaté řešení nemusí — a většinou nebývá — nejrozumnějším řešením. Příkladem takovéhoto dalšího kroku jsou hry typu „vězňova rozpaku" nebo „kuře".

Vytváření koalicí

Hraje-li více hráčů nežli dva, může dojít — a obvykle dochází — k vytvoření koalice. Např. u hry tří hráčů hrají dva proti jednomu. Tím se převádí hra n hráčů na základní formu hry dvou hráčů. Z hlediska sociální psychologie je vytváření koalicí zajímavým jevem. Experimentální hry dávají možnost jej soustavně studovat.

Příkladem soustavného výzkumu vytváření koalicí je práce autorů Vinacke, Arkoff (1957). Jde o hru tří hráčů (A, B, C), ve které je dovolená komunikace mezi hráči. Takovýchto skupin tří hráčů bylo použito celkem 30. Hráli hru zvanou „parchesi", poněkud upravenou do tohoto tvaru: experimentátor hodil kostku a kolik bodů padlo, tolik bylo výchozích bodů pro pohyb figurky na dráze. Počet ok kostky bylo však třeba násobit koeficientem (k), tzv. hodností hráče. Tento koeficient byl systematicky variován podle následujícího schématu:

Poměr hodností hráčů:	Hodnoty (k)
$A = B = C$	111
$A > B$, $B = C$, $A < (B + C)$	322
$A < B$, $B = C$	122
$A > (B+C)$, $B = C$	311
$A > B > C$, $A < (B+C)$	432
$A > B > C$, $A > (B+C)$	421

Zjistilo se, že prvořadě důležité je, *jak se hráči na počátku hry dívají na svou situaci a relativní sílu druhých hráčů*. Hráli-li hry třikrát po sobě a bylo-li pravidlem hry stanoveno, že uzavřená koalice je platná jen pro jednu hru, nedocházelo ve druhé a třetí hře ke změnám uzavřených koalicí. Tento konservatismus přetrvával i v situacích, kde se hráči poučili z negativních důsledků předcházejících her. Přitom *iniciativa k vytvoření koalicí vycházela od nejslabších hráčů*. Ti *byli též nejčastěji ve vyhrávající koalici. Podíl slabších hráčů na výhře byl větší, nežli by bylo možno vysoudit z jejich síly* (hodností).

Podobně Kalisch et al. (1954) studovali experimentálně zákonitosti vytváření koalicí ve hře čtyř, pěti a sedmi hráčů. V různých hrách měnili hodnoty výplatních matic jednotlivcům i koalicím a sledovali, jak si hráči rozdílí výhru (sekundární výplatní matice). 10 minut před hrou se mohli hráči domluvit na vytvoření koalice a podmínkách rozdělení výhry.

Výsledky ukázaly, že počáteční iniciativa k vytvoření koalice vycházela od dvou hráčů. Ti se také dělili o výhru rovným dílem. Při rozhodování, *s kým vstoupit do koalice*, se obvykle braly v úvahu *jen ty koalice, které skutečně stály za to* — tj. měly relativně značně vysoké pozitivní výplatní matice. Jen o těch se zřejmě uvažovalo. *Koalice s malou možností výhry nepřicházely v úvahu.* Rovnoměrné dělení výhry bylo však zákonité jen v základní koalici (v jádře) — mezi „zakládajícími členy". Další později „přistoupli členové" nebyli považováni za rovnoprávné členy a podíleli se podstatně menší částkou na výhře.

Byla-li vytvořena koalice, snažila se pak co nejsveřepěji dostat ze hry, co se dalo. Ukázalo se též, že rozmístění hráčů u stolu (bylo-li jich více nežli 4) mělo vliv na vytváření koalicí. *Fyzická blízkost hráčů ovlivňovala pozitivně i volbu koalice.*

V dalších studiích Kalisch et al. (1954) systematicky měnili druh a množství informací, sdělovaných mezi hráči (komunikace byla záměrně proměnnou), dobu určenou k rozhovorům mezi hráči před hrou, v níž mohla být koalice uzavřena, a možnost úplatků (sekundární výplatní matice). Ukázalo se, že *zařazením třetího účastníka do hry je možno podnítit podstatné zvýšení soutěživosti mezi hráči.*

Jiným příkladem experimentálního výzkumu vytváření koalicí je práce Liebermanna (1961). Bylo použito hry tří hráčů s nulovým součtem a možností písemného dohovoru. Výplatní matice byla formována tak, aby různé koalice měly odlišnou přitažlivost. 48 hráčů hrálo vždy 40 her.

Výsledky ukázaly, že *nejčastěji* nebyly *voleny ty koalice,* kde byl možný největší rozdíl ve výhře protihráčů, ale naopak tam, *kde byl rozdíl mezi výhrou obou stran nejmenší.* Ukázalo se zároveň, že hráči volí pro koalici častěji toho spoluhráče, kterému více věří.

Byla učiněna řada pokusů teoreticky zvládnout problém vytváření koalicí. Testovány byly hypotézy vycházející z matematické teorie her von Neumanna a Morgensterna — minimalizace maximální možné ztráty. Gamson (1961) vypracoval pojetí, ve kterém používá termínů:

Koalice s minimální možností výhry — je jí ta, v níž „zrada" kteréhokoliv hráče znamená nutně přechod od výhry k prohře u všech ostatních hráčů.

Koalice s nejlevnější výhrou (nejlacinější koalice) — je jí ta koalice, která se nejvíce blíží ekvivalentnímu řešení. V pokusech se ukázalo, že tuto strategii volí hráči třikrát častěji nežli koalici s minimální možností výhry.

Gamsonova teorie vytváření koalicí však zároveň předpokládá, že účastníci hry očekávají, že ti, kterým nabídne hráč účast na koalici, budou též ochotni vyplatit mu podíl úměrný jeho vkladu (účasti na hře). Každý hráč se řídí podle Gamsonovy teorie (při rozhodování o tom, kterou strategii volit při uzavírání koalicí) „výpočtem" síly té které koalice a její změny, která by nastala, kdyby se k ní přidal. Pokusy však ukázaly, že situace je podstatně složitější, nežli předpokládá tato teorie.

Shrnutí. Hry s více nežli dvěma hráči dávají možnost soustavného studia sociálně psychologicky důležitého jevu vytváření koalicí mezi účastníky hry. Experimentálně byla zjištěna řada pravidelností: účastníci hry jdou raději „zlatou střední cestou", volbou pokud možno rovnoměrných výher pro všechny účastníky nežli cestou riskování velkých (větších) výher v relaci k tomu, co mohou vyhrát druzí účastníci hry. Je zde přítomno povědomí, že je třeba zlepšit svou situaci bez ohrožování situace spoluhráče. Odklon od tzv. Nashova bodu (nejracionálnějšího řešení typicky egoistickým hráčem) je toho důkazem. Teoretické pojetí přineslo upřesnění pojetí stability koaličního rozdělení účastníků hry.

Doposud se však nepodařilo nalézt uspokojivé pojetí volby partnerů. Ukazuje se, že zde hraje roli nejen porovnání výplatních matic (možných výher), ale i *osobnosti hráčů* — např. nejiniciativnějšími vybízeči ke koalici byli nejagresívnější hráči.

ZÁVĚR

Experimentální hry tvoří relativně samostatnou část oblasti teorie rozhodování v psychologii. Zájem psychologů se na tuto problematiku soustředil, když se poznalo, že užití konceptů matematické teorie her dává možnosti soustavného experimentálního studia konfliktů, vytváření koalic mezi hráči, užití komunikace a studia problémů, které leží na pomezí psychologie a etiky (teorie hodnot, utility atp.).

LITERATURA

1. Arrow, K. J., Social Choice and individual values. John Wiley, Inc. New York, 1951.
2. Bernoulli, D., Econometrica, 1954, 22, 23—26 (reprint of the original from 1730).
3. Blackwell, D., Girshick, M. A., Theory of Games and Statistical Decisions. John Wiley and Sons Ltd, New York, 1954 — viz česky „Teorie her a statistického rozhodování". ČSAV nakl. Praha, 1964.
4. Braithwaite, R. B., Theory of games as a tool for moral philosopher. Cambridge University Press, 1955.
5. Deutsch, M., The effect of motivational orientation upon threat and suspicion. Human Relations, 1960, 13, 123—139.
6. Flood, M. M., Some experimental games. The Rand Corp., 1952 (citováno podle č. 25).
7. Flood, M. M., Some experimental games. Man. Sci., 1958, 5, 5—26.
8. Gamson, W. A., A theory of coalition formation. Amer. Soc. Rev., 1961, 26, 373—382.
9. Kalisch, G. K. et al., Some experimental n-person games. Viz: Thrall, R. M., Coombs, C. H., Davis, R. L., Decision processes. John Wiley and Sons, New York 1954.
10. Kaufmann, H., Becker, G. M., The empirical determination of game — theoretical strategies. J. Exp. Psych. 1961, 61, 462—468.
11. Křivohlavý, J., Rozhodování. Studia Psychologica, Bratislava, VIII, 1966, N. 1., 3—17.
12. Liebermann, B., A failure to predict human behavior. Harvard University, Lab. of Social Rel. 1960a.
13. Liebermann, B., Human behavior in a strictly determined 3 X 3 matrix game. Beh. Sci., 1960b, 5, 317—322.
14. Liebermann, B., Behavior in two three-person zero-sum games. 32nd Annual Meeting of the Western Psychol. Associat. 1961 (citováno podle č. 25).
15. Loomis, J. L., Communication, the development of trust and cooperative behavior. Human. Relations, 1959, 12, 305—315.
16. Luce, R. D., A definition of stability for a n-person games. Ann. of Math., 1954, 59, 357—366 (citováno podle č. 17).
17. Luce, R. D., Games and Decisions. New York, John Wiley and sons, 1957.
18. Mc Kinsey, J. C. C., Introduction to the theory of Games. Mc Graw Hill. Inc. New York, 1952.
19. Nash, J. F., Equilibrium points in n-person games. Proc. of the Nat. Acad. of Sciencies USA, 1950, 36, 48—49 (citováno podle č. 25).
20. Pilisuk, M., Rapoport, A., A nonzero-sum game model of some disarmament problems. Peace Research Society, Papers I. Chicago Conference, 1963.
21. Pilisuk, M., Rapoport, A., Stepwise disarmament and sudden destruction in two-person games. A research tool. The Journal of Conflict Resolution, VIII, 1964, N. 1, 36—49.
22. Pilisuk, M., Patter, P., Rapoport, A., Winter, J. A., War Hawks and Peace Doves: Alternate resolutions of experimental Conflicts. The Journal of Conflict Resolution. Vol. 9, 1965, N. 4, 491—508.
23. Rapoport, A., Models of Conflict: Cataclysmic and Strategic. Ciba Foundation Symposium on Conflict in So-

ciety. 1966, str. 259—278; ed. de Reuck, publ. J. & A. Churchill, London.
24. Rapoport, A., Chammah, A. M., Prisoner's Dilemma. Ann. Arbor, 1965, The University of Michigan Press.
25. Rapoport, A., Orwant, C., Experimental Games: a Review. Behavioral Science, Vol. 7, N. 1, 1962, 1—37.
26. Sakaguchi, M., Reports on Experimental Games. Stat. Applied Research, JUSE, 7, 1960, 156—165 (citováno podle č. 25).
27. Scodel, A. et al., Some descriptive aspects of two-person, non-zero-sum games. Journal of Conflict resolution, 1959, 3, 114—119.
28. Schelling, T. C., The strategy of Conflict: prospectus for a reorientation of the game theory. Journal of the Conflict Resolution, 1958, 2, 203—264.
29. Suppes, P., Atkinson, R. C., Markov learning models for multiperson interactions. Stanford University Press, 1960. Viz též: Atkinson, Suppes v J. Exp. Psych., 1958, 55, 369—378.
30. Vinacke, W. E., Arkoff, A., An experimental study of coalitions in the triad. Amer. Soc. Rev., 1957, 22, 406—414.
31. Von Neumann, Morgenstern, O., The theory of games and economic behavior. Princeton Univer. Press, 1944.
32. Wald, A., Statistical Decision Functions. John Wiley and sons. Ltd, New York, 1950.

РЕЗЮМЕ

Экспериментальные игры I

Я. Крживоглавы

Автором приводится обзор первой части психологических аспектов экспериментальных игр. В обоснование данной направленности подчеркивается возможность экспериментально изучать «типично психологические» проблемы. По приведении краткого исторического обзора идет рассмотрение основных понятий теории игр; затем приводится обзор проблематики математической теории игр. Автор дает обзор игр с нулевой суммой, причем как игр с седловой точкой, так и игр без данной точки. В заключительной части внимание посвящается созданию коалиций при играх с большим числом игроков.

SUMMARY

Experimental Games I

J. Křivohlavý

After a brief historical survey the author presents fundamental concepts of the theory of games and problems of the mathematical theory of games. Included are the zero-sum games with and without the saddle point. Attention is given to the formation of coalitions in games with several participants. It is explained that the possibility of studying experimentally typical psychological problems was the reason for psychologists being interested in the theory of games.