

Co je to chaos ?

Může se vědecká představa světa skutečně změnit ?

S.J.Goerner

(Triangle Center for the Study of Complex Systems)

"Nejhorší se všech možných omylů by nastal, kdyby se psychologie chtěla utvářet podle modelu fyziky, který již neexistuje a zastaral" Robert Oppenheimer (1956, American Psychologist, 11, 127)

V posledních několika letech přitáhla moderní nelineární dynamika, populárně známá pod označením teorie chaosu, značnou pozornost jak ve vědeckých kruzích, tak i v populárních publikacích. Stačí si pročíst čísla Scientific American za poslední čtyři - pět let a člověk dostane dobrý obrázek jejího rostoucího významu a širší použitelnosti (od biologie a ekonomie po meteorologii a medicinu). Chaos a jeho implikace jsou stále nedostupné v žargonu a "mystice" matematiky a fyziky. Tak například nedávné sympozium Americké psychologické společnosti neslo název "Chaos : tajná sekta matematických mystiků či nové paradigma pro metamodelování?" Odpověď je, alespoň v současnosti, že je obojím. Tento článek si klade za cíl vyjasnit nebo alespoň "demystifikovat" chaos a zjistit jak se teorie chaosu používá v širokém spektru psychologických aplikací. Začneme přehledem teorie chaosu ze sociologického pohledu.

Proč oslovuje teorie chaosu tolik lidí ?

První věcí zasluhující si pozornosti je to, že teorie chaosu je použitelná v širokém spektru psychologických aplikací. V právě publikované knize Gilgena a Abrahama "Teorie chaosu v psychologii" je aplikována na konceptualizaci inteligence, teorie učení, psychologii feninismu, měření, vývoj organizací i percepce. Tento článek je výsledkem referátu předneseného v Divizi 1 sympozia Americké psychologické asociace (1993) nazvané "Využití teorie chaosu v různých oblastech psychologie". Na tomto sympoziu byla teorie chaosu aplikována na teorii rodinných systémů (William McCown), neurofyzologii (George Mpitsos), obecnou teorii evoluce (Sally Goerner) a konceptualizaci dobra a zla (Frank Mosca). Teorie chaosu se opravdu chápou psychologové velmi různých a dokonce i tradičně protichůdných myšlenkových škol. Například existuje práce tvrdící, že teorie chaosu podporuje znovuoobnovení Freudovy psychologie (Goldstein 1991, Langs 1992), Jungovy psychologie (Rossi 1989, May a Groder 1989), behaviorizmu (Hansen a Timberlake 1993, Killeen 1992, Marr 1992), humanistické psychologie (Krippner, v tisku) a kognitivní psychologie (Kaplowitz a Fink 1992, Gentry a Wakefield 1990). A to je vlastně snem Divize 1 : teorie chaosu se zdá čelit tendenci psychologie k další fragmentaci. Vyvstává tedy otázka - proč by měla teorie chaosu oslovovat tolik velmi různorodých přístupů a být použitelná k řešení tolika různých problémů?

Existuje relativně snadný - i když netradiční - způsob vysvětlení toho, proč teorie chaosu se hodí na tolik problémů a týká se tolika různých přístupů. Klíčem je totiž vzájemná závislost (interdependence) - nelinearitou se budeme zabývat v dalším odstavci. Teorie chaosu představuje vznik řady technik, které zlepšují naši vědeckou schopnost porozumět, měřit a graficky zobrazit působení vzájemné závislosti. Vzájemnou závislost - nazývanou také interakční efekt, vzájemné působení, reciproční kauzalita, zpětná vazba,

kruhová kauzalita atd. - lze najít prakticky ve všech systémech a je rozebírána ve všech oblastech.

Je to jev v psychologii určitě dobře známý. Teorie chaosu je aplikovatelná na tolik problémů, protože vzájemná závislost působí všude.

Chaos se zdá použitelný v tolika různých přístupech, protože vzájemná souvislost má svou sociologickou stránku. Všechno bylo vždy vzájemně souvislé. Naneštěstí bylo třeba počkat na počítače, aby bylo možno vyvinout praktické techniky pro sledování vzájemných souvislostí. Teorie chaosu plněji postihuje vzájemné souvislosti, obsahuje však jen o málo víc, než tu vždy bylo. Neočekávaným obratem však je skutečnost, že ono "o málo víc" má velké důsledky. Doslova mění celkový pocit toho, jak věci fungují. Tento posun má mnoho technických stránek, a vznikla řada pojmů jako jsou fraktály a škálování (scaling). Tento posun má však jistou metaforickou stránku. Chaos podporuje zabudovaný ekologický cit pro to jak věci fungují, místo klasické představy stroje. Klasická věda zřejmě příliš zobecnila platnost svých ranných modelů a systémů které řešila na přístup k pochopení světa jako celku. Výsledkem bylo takové chápání světa, které vylučovalo mnoho dávno známých pozorování. Modely vycházející z teorie chaosu vidí poněkud více. Daří se jim oslovovat mnoho stranou odložených pozorování a tradic takovým způsobem, který nebyl dostupný klasickému přístupu ke světu jako stroji. Je zjevné, že některé důležité části oné, často očeňované, "newtonské" představy světa jsou iluzí simplistických modelů a jen prvních řešení.

Vědecká stránka teorie chaosu (tedy používané metody) zvětšují naše pochopení toho, jak funguje vzájemně závislá "ekologická" dynamika. Proto je tato metafora podrobnější a konkrétnější a poskytuje nástroje k ověřování našich domněnek. Sociologická nebo "perceptuální" stránka (existence této teorie) pomáhá lidem rekonstruovat jejich úvahy. Obvykle to znamená, že lidé přeformátovávají, rozšiřují či zjemňují to co již znali pomocí nových pojmů (konceptualizace). V některých případech to znamená, že pozorování, která dosud neměla fyzikálně - matematické vyjádření nyní nacházejí alespoň tuto možnost. Mnoho psychologických jevů, počínaje odporem a návykovým chováním (addictive behavior) po synchronizovanost a sebeorganizování nervových (základů) chování (neural behavior) dává v tomto novém vztahovém rámci větší smysl nežli ve starém.

Vyvstává otázka : proč je ono "přeformátování" myšlení pomocí teorie chaosu snadné ? Odpovědí je to, že vzájemné souvislosti hrají ústřední úlohu při vzniku struktury a organizace. A nedostatečné vědecké pochopení toho, jakými jemnými způsoby organizace povstává a mění se bylo důvodem , proč některá pozorování byla považována za nevědecká. Představy a koncepce toho, proč se věci samy spontánně organizují a mají směr výrazně v klasické vědě chybí. A právě jevy jako tyto jsou klíčové ve většině problémů, jejichž předmětem je člověk a život.

To nás přivádí k další paradoxnosti chaosu. Slovníková definice chaosu říká, že "chaos" je "zmatek nebo nepořádek zcela bez organizace". Tato definice nemá nic společného s vědeckými pojetím chaosu. Situace je ve skutečnosti zcela opačná. Teorie chaosu je teorií, která nám říká, jak dynamika ve vzájemné souvislosti umožňuje vznik řádu - nebo jinak - stukturních vzorců, struktury, koherentnosti, spojování, sítí, stability, sebeorganizaci, synchronizaci a vzorcům změn. Chaos je v určitém smyslu objev matematiků že to, co se jeví jako chaotické, náhodné a neuspořádané, je zcela uspořádané. Je to vědecký objev Hegelovské stránky univerza : existuje řád skrytý v chaotickém vření světa. Obrázek č.1 nám ukazuje jednoduchý příklad změny perspektivy. Obrázek la) představuje časově

uspořádané zobrazení serie dat a v obrázku lb) jsou stejná data zobrazena jinak, za použití jedné z metod teorie chaosu - diagramu fázového prostoru (phase space diagram).

To nás vede k poslednímu zlomu "ekologického" vědeckého pohledu teorie chaosu. Vložíme-li vzájemnou souvislost zpět do rovnice, pak výsledná vědecká perspektiva zcela odpovídá řadě metafor. Ve skutečnosti odpovídá řadě tradičně opačných metafor, které jsou podstatou mnoha intelektuálních tradic v naší historii (viz tabulka č.1, podle Peppera 1946). Například, nový pohled je organický, vysvětluje proč se dynamický proces rozvíjí (unfolds) ve vývojových liniích jako organizmus. Je machanický, dívá se na věci přesným matematických a kauzálním způsobem. Je "formový" (viz Platón a Aristoteles), rozumí proč jsou věci ve skutečném světě přitahovány do podob určitých forem (nyní se to nazývá atraktory) a odtud pak jak zapadají do kategorií, typologií a dalších vzorců.

Do doby, než vznikla teorie chaosu bylo prakticky nemožné vysvětlit, jak se dostat z jednoho metaforického vyjádření do jiného. Jak vytváří dynamika formu? Jak může mechanicky pojaté univerzum vytvářet život a mít směr? (Teorie chaosu) má významný potenciál pro nová propojování. Tabulka č.1 používá Pepperovu teorii "kořenových metafor" (root metaphor) ke shrnutí úlohy různých metafor v psychologickém myšlení s tím, jak je podporuje teorie chaosu. Fragmentované úsilí psychologie se podobá šesti slepcům zkoumajícím slona. Abychom však tuto pravdu ocenili, musíme se podívat na celek slona.

Podívejme se, jak uvedený přehled odpovídá tradičnímu podání teorie chaosu.

Rozruch kolem nonlinearity

Kniha publikovaná Jamesem Gleickem v r.1987 "Chaos - vznik nové vědy" (Chaos, Making a New Science) dala teorii chaosu punc "nové vědy" a stala se klasickým podáním jejího příběhu. Podle tohoto podání, teorie chaosu (jako věda) vznikla koncem 60. a začátkem 70.let, když řada fyziků a matematiků začala používat počítače k rozpracování modelů a metod nedostupných dříve. Konkrétněji řečeno, tito teoretici začali používat modely a metody plněji zahrnující nelineárnost. Výsledkem byl velmi překvapující obraz toho, jak nelineárnost působí a jakou má úlohu v chování systémů. Primární úlohu v těchto překvapeních bylo zjištění toho, co pak bylo nazváno "motýlovým efektem" - tedy situace, kdy nekonečně malé působení má dalekosáhlé důsledky. Technické označení pro "motýlový efekt" je chaos (odkud povstalo populární označení onoho vědeckého přístupu). Chaos je důležitý z toho důvodu, že ukončil klasické vědecké přesvědčení: jsou-li přesně dány počáteční podmínky a rovnice, pak lze předpovědět cokoliv. Je-li však chaos, pak když proběhnete propočty rovnic se stejnými vstupními hodnotami na dvou různých počítačích, výsledek bude odlišný pro zanedbatelné rozdíly v tom, jak počítače zkracují, komolí a zaokrouhlují (viz Stewart 1989). Víra v možnost absolutní predikce, asi nejzákladnější představa klasické vědy, je právě jen vírou.

Toto je sice dobrá historika, přesto však nepomáhá příliš porozumět. Má zaprvé tendenci příliš zdůrazňovat technickou stránku chaosu a nepředpověditelnost. Přílišné zdůrazňování "nepředpověditelnosti" překrývá produktivní aspekt tohoto vědeckého přístupu - strukturní vzorce (patterns). Například, jsou-li určité jednotlivosti nepředpověditelné, strukturní vzorec produkovaný chaosem však předpověditelný je docela dobře a není příliš citlivý na původní, vstupní podmínky. Například, voda vždy vře stejným způsobem i když projevy jednotlivých částíček (například velikost a místo vzniku bublin) jsou nepředpověditelné a nikdy se stejně neopakují. Dva počítače zpracovávající stejné

rovnice mají stejnou strukturu práce, i když konečné výsledky budou různé. Tato paradoxní situace dobře odpovídá psychologickým pozorováním : strukturní vzorce jsou stejné, i když jednotlivosti různé. Jevy jako jsou žal, bipolární porucha osobnosti (bipolar disorder) a paranoia mají pravidelnou strukturu s nepředpověditelnými individuálními odchylkami.

Toto tradiční podání má také tendenci konvertovat k nelineárnosti - činit z ní něco magického a jakoby obdařeného zvláštní mocí. Dichotomizuje také lineárnost a nelineárnost. Oboje mystifikuje vědu a činí ji poněkud pochybnou. Nelinearita je absolutně běžná a s linearitou tvoří společné kontinuum. Popravdě řečeno, všechno ve skutečném světě je nelineární, jen někdy se může člověk účinně přiblížit (k pochopení) systému s lineárním modelem. Abychom použili trapný přírůstek, když se podíváte na moře, horizont se jeví jako přímá čára - ale ve skutečnosti tomu tak není. Lineární modely jsou naneštěstí zjednodušující. Předpokládají zejména pevné proporční vztahy. (Jesliže pomůže jeden aspirin, pak dva jsou dvojnásob dobré a 200 dvěstěkrát.) "Nelineární" je všechno ostatní - a to všechno ostatní obsahuje neuvěřitelnou různost možných vztahů. V chaosu je zdůrazněno to, jak nelineárnost pomáhá vysvětlit proč věci rostou či se zmenšují, proč velmi malá věc může mít velký vliv a proč systémy náhle mění svůj směr chování. Konkrétně řečeno "nelineárnost" znamená, že proměnná nemá vždy proporcionálně fixní účinek. V jistém slova smyslu nelineárnost znamená být poněkud jemnější a relističtější v odhadu toho, jak se věci k sobě mají.

Skutečný problém však nespočívá v lineárnosti či nelineárnosti, ale v sociologii. Lineární modely se staly dominantními, protože jejich výpočty byly jednodušší. Jak se však jednou ujaly, lidé je začaly zaměňovat s realitou. Například, když psychologové korelují, dělají lineární korelace. Nelineární korelace jsou pro výpočty tak obtížné, že většina lidí ani neví, že jsou. Obecným důsledkem je, že lidé považují korelaci za míru "vztahu" mezi dvěma proměnnými, zatímco ve skutečnosti měří jen míru linearity onoho vztahu. Vztah tímto nevyjádřený však je téměř určitě nelineární. Lineární korelace jsou hrubými indikátory obecnější tendence a jsou používány proto, protože neumíme vypočítat nic lepšího. O těchto věcech ví dobře mnoho statistiků, hodně uživatelů statistiky však ne.

To nás vede k poslednímu problému onoho tradičního přístupu. Přehlíží úlohu vzájemné závislosti. Nelineární modely nejsou nové, nejsou nic převratného. Chaos v technickém smyslu a řada dlších zajímavých jevů objevených vědou ve skutečnosti existují v nelineárních vzájemně závislých systémech. A to je právě to spojení, které je neo-newtonovské. Aspekt vzájemné souvislosti nebyl pravděpodobně zmiňován pro historickou důležitost lineárnosti. Je to nešťastné, protože vzájemná souvislost je pravděpodobně charakteristikou mnohem ústřednějšího významu. "Nelineárnost" popisuje, jak se dvě nebo více proměnných k sobě vztahují. Vzájemná souvislost nám dává klíč k pochopení proč mají nelineární vztah. Tuto skutečnost je vidět v klasickém podání chaosu : příkladu se třemi tělesy. Newton založil klasickou podobu vědeckého přístupu (a s ní spojených očekávání) tím, že stanovil soustavy rovnic vyjařujících oběh planet kolem slunce. Podařilo se mu to pomocí modelu o dvou tělesech, modeloval působení slunce a planety. Další generace vědců se snažila zlepšit rovnice tak, aby modelovaly pohyb tří těles - interakci mezi sluncem, planetou a ještě jedním velkým tělesem, řekněme měsícem planety, nebo další planetou. Po následujících sto let problém modelování interakce tří těles vzdoroval nejlepším matematickým mozkům. Henri Poincaré vyřešil tento problém v r.1892 tím, že ukázal jeho neřešitelnost tradičními technikami aproximace. Pochopit proč trvalo až do vyslovení teorému KAM v r.1962 - řešení problému interakce tří

těles obsahuje fraktály, což implikuje, že v solárním systému je možný chaos. Přišlo se na to objevem toho, že chaos existuje v oběhu Pluta.

Všimli jste si, že problém interakce tří těles je příběhem obsahujícím jen poněkud více vzájemných závislostí než tam bylo dříve. Jejich zahrnutí však udělalo z lineárních rovnic nelineární: odhalilo nové chování (planet) a změnilo pohled na věc. Solární systém přestal vypadat jako nekonečně ustálený a dokonale předpověditelný hodinový stroj. Podobných historek je spousta. Neurony jsou obecně vzato studovány izolovaně a modelovány pomocí lineárních modelů, jenže interakce mnoha neuronů v mozku vytváří nelineárnost a celá řada důsledků v chování "neviditelných" jednoduchým lineárním modelem. Ať už to jsou atomy nebo neurony, interakce tří či více prvků tvoří nelineární vzájemně závislé systémy, které nezapadají do newtonovské představy.

Problém tří těles také ukazuje obojí - proč jsou lineární přístupy zavádějící a přitom někdy účinné. Slunce je ve srovnání s planetami obrovské. Proto jeho působení dominuje pohyb planet a lineární model je dobrou dlouhodobou aproximací. Obecně řečeno, je-li jeden vliv dominující, lineární model může být dobrý. Patálie je v tom, že vědci mají tendenci (nějaký faktor) izolovat aby mohli věc zjednodušit v naději, že jednoduchost pak podpoří vystižení podstaty celku. Není tomu tak. Jestliže například studujete jednotlivé neurony, pak lineární modely mohou být účinné. Jestliže je však dosadíte do celku mozku, celý systém se nebude chovat jako mnohonásobná varianta jednoduššího modelu. Jednoduché nepřidává k celku právě pro chybějící vyjádření efektu interakce.

To všechno je ještě zmatenější, protože lidé chtějí najít jednoduché efekty, byli vedeni hledat "to", co zapříčiňuje výsledný efekt. Tak například potravinářský průmysl specializovaný na diety tvrdil, že kalorie jsou příčinou nadváhy (lineární vztah: více kalorií znamená více nadváhy). Není to pravda. Použití vysoce proteinové diety ukazuje, že lidé mohou velice snížit nadbytečnou váhu i když pojídají mnoho kalorií. Opačně řečeno, nyní víme, že dieta s málo kaloriemi způsobuje, že lidé okamžitě přiberou jak dietu ukončí. Kalorie nejsou "onou příčinou" tloušťky. Vztah mezi kaloriemi a tloušťkou je jemnější než jen toto. Další působící vlivy vytvářejí kontext, v němž působí celek metabolického systému. A právě tento kontext, rovnováha této "ekologie" je to, co determinuje účinek kalorií.

Tradiční podání chaosu má tendenci halit jej do mystiky matematiky a vlastní sociologie vědy. Doopravdy je věc mnohem jednodušší. Chaos je pro psychologii důležitý, je důležitý i pro vědu jako celek, protože interakční působení má základní význam. Působení něčeho jednotlivého obvykle nedominuje příliš dlouho a izolování (čehokoliv) nefekne nic o tom, jak funguje celek. Navrácení interakcí zpět (do úvah) vyjevuje nelineárně vzájemně související svět, který neodpovídá očekáváním klasické vědy. Na druhé straně, však do (této přestavy světa) zapadají mnohé jiné, dávno známé poznatky. Takto je svět chaosu jak radikálně jiný, tak i důvěrně známý. Podívejme se nyní na to, jak do chaosu zapadá psychologie a některé její dávno známé poznatky.

Teorie chaosu v psychologii

Nelineární dynamika interakcí může vyústit ve stabilní vzorce chování (nazývané atraktory). V systému může být více takovýchto stavů, kdy atraktory stabilně působí. Ty nastávají, když se nějaký parametr (kontrolní parametr) změní. Když například vaří voda, prochází řadou stavů: na okraji se tvoří bublinky, pak řetězce bublin, pak se rozvlní povrch a konečně nastane plný var. Zatímco parametr lze předvídat, mnoho konkrétností (velikost a

místa kde vznikají bublinky) nelze - jsou unikátní. Jak roste parametr (velikost tepla) objevují se nové vzorce jako přechody skokem, náhlé změny - reorganizace chování. Tato reorganizace (chování) do nového vzorce se jmenuje bifurkace. Jestliže studujeme osobnostní rysy, rodinnou dynamiku, neuropsychologii či psychopatologii (ať už jde o depresi či o mnohostrannou poruchu osobnosti), vyvstává zásadní otázka, jak stabilní strukturní vzorec máme před sebou a jak se systém jako celek bude měnit z jednoho vzorce do jiného. Smith (1992) vidí atraktivní vzorce (stabilní i přes svou unikátnost) jako zdroj naděje (k řešení) dlouhodobých problémů kognitivního výzkumu :

"Pokaždé, když rozumíme slovu, vykonáváme unikátní kognitivní akt. Tento kognitivní akt musí být jedinečný, protože kognitivní systém jedince není nikdy přesně stejný (nemá stejnou konfiguraci)... (To) ilustruje základní problém teorií kognice : jak je stabilní vzniklá struktura - navzdory jedinečnosti každého aktu pochopení".

Vzájemně na sebe působící systémy budou udržovat stabilní strukturní vzorec až do okamžiku, kdy se kontrolní parametr změní natolik, aby způsobil bifurkaci. Teorie chaosu říká, že změny budou diskontinuální - "rozkouskované, bodové" (punctuated) - období stabilní shodnosti budou střídána náhlou a rychlou reorganizací. Tento strukturní vzorec, jmenující se "bodová" rovnováha (punctuated equilibrium) lze nalést v mnoha systémech, ve kterých by se předpokládala pozvolná změna. Například biologická evoluce (Gould, 1980), růst dětí (Lampl, Veldhuis a Johnson 1992) a vědecké poznání (Kuhn 1972) - zde všude se vyskytuje "bodová" rovnováha. Pozorování vývojových změn počínaje Piagetovým vývojem kognice až po Ericksonovy fáze životního vývoje jsou strukturní vzorce "bodového" ekvilibria stejně tak, jako jsou syndromy mnohonásobných osobností a bipolárních poruch. Thelen a Smith (1992) používají bifurkační dynamiku k vysvětlení toho, jak se strukturní vzorce pohybu nohou objevují a mizí v závislosti na stimulaci prostředím, když se děti učí chodit.

Dynamika vzájemného působení má tendenci způsobovat dynamicky svázané celky sestávající z různých částí. Například pověsíte-li množství kukaček s kyvadly na stěnu s různě se kývajícími kyvadly, po čase se jejich pohyb sesynchronizuje. Jak se kyvadla houpají, vysílají malá chvění skze zeď tak, že postupně všechna sledují společně maximální rytmus. Mnoho nezávislých systémů hodin se spojí (couple) do většího integrovaného systému hodin, který se chová jako celek. Tato spontánní sebeorganizace částí (jednotek) je všudypřítomná v biologických systémech (viz Maturana a Varela 1987) a stejně tak i v hodinách. Margulis (1981) se domnívá, že spojování předtím nezávislých entit do nových, složitějších a mocnějších celků je primární cestou evoluce. Tak může být spojování, které vidíme u lidí (například v rodinách a společenstvích) i velmi skutečným fyzikálním jevem. Spojování (ve smyslu synchronizace) menstruačních cyklů žen - dlouho ignorované, protože neodpovídalo klasickým vědeckým představám - je výrazným příkladem této jemné, ale silné příčinné souvislosti.

Nelineární, vzájemně závislé systémy směřují ke vzniku složitějšího řádu celku spíše než k pravidelným strukturním vzorcům jednotlivých proměnných. Jiný způsob jak to nahlížet je to, že vzájemně se ovlivňující systémy produkují příčinnosti "shora dolů" vznikající odspodu (viz Crutchfield a další 1986). Tak například vznikne-li vír, celá konstelace sil se smísí dohromady tak, aby se vytvořil stabilní strukturní celek. Jakmile jednou vznikne, pak dynamika celku působí na chování jednotlivých částic tak, aby byly konformní se strukturálním vzorcem celku. Ve vírech, stejně jako v rodinných systémech dynamika celku tvaruje jedince stejně tak, jako se jedinec podílí na spoluvytváření celku. Holistický řád v chaosu poskytuje matematické vysvětlení "tajemných" globálních uspořádání pozorovaných

v průběhu věků. Například Adam Smith mluvil o neviditelné ruce působící na fungování ekonomik. Hegel popsal svět jako vyvíjející se pomocí dialektiky a řád, skrytý za střídavými odchyškami jevů povrchu. Tyto neradikální a vůbec ne tajemné formy holistické kauzality umožňují nová spojení jungovského konceptu synchronicity a holistických tvrzení transperzonalistů. Juarerro (1993) pojednává o tom, jak vidění světa, jako fundamentálně vzájemně závislého, ohrožuje tradiční představy o příčinných souvislostech - mnoho z nich pramení z předpokladu, že prvky kauzality lze od sebe oddělit. Svět lze nahlížet jako příčinně uspořádaný shora dolů, či odspoda nahoru, přičemž ve skutečnosti by měl být viděn jako produkt obojího.

Chaos obsahuje samozřejmě nové metody. Máme nelineární modely. Například Hansen a Timberlake (1983) modelují to, jak chování krysy při přijímání potravy a stlačování knoflíku tvoří oscilující cyklus těchto dvou chování - a model opovídá pozorovaným datům. Modis a Debecker (1992) používají nelineární modelování k vysvětlení strukturních vzorců inovací, růstu a saturace v průmyslu. Ukazují, že serie růstových křivek tvaru S doplněná obdobími nestability před a po růstu odpovídají historickým údajům o těžbě uhlí, prodeji dříví, registraci nově prodaných aut a dovozu nafty od r.1920 do r.1960. V neurofyzilogii King, Bachars a Huberman (1984) používají nelineární modelování k vysvětlení variance vedení vzruchů po neuronech a syntézu dopaminu v nigrostriatálním (?) systému schizofreniků oproti normálním jedincům. Existuje mnoho dalších příkladů využití.

Existují také nové rozměry. Rozměr "komplexnosti" umožňuje nové způsoby charakteristik dat a také poskytuje klíče pro (pochopení) skryté dynamiky, která se podílela na vzniku souboru dat. Například fraktálová dimenze souboru údajů poskytuje klíč k celé řadě významných proměnných, které působily na vznik dat. Například Liapunovův (?) exponent měří relativní síly přitahujících a odpuzujících sil atraktoru. Slouží jako klíč ke stabilitě systému a jeho bifurkačního potenciálu. Posuny ve fraktálové dimenzi mohou být použity jako kvantitativní míry kvalitativních změn komplexních systémů. Například Moose (1991) ukázal, že fraktálová dimenze je vynikajícím měřítkem učení. V podstatě jde o to, že učení je obvykle doprovázeno růstem "sofistikovanosti" - tedy složitosti výstupu. V Moosově výzkumu byli studenti požádáni, aby z paměti nakreslili plán náměstí jejich univerzity a potom znovu, po prostudování profesionálně zpracovaného plánu. Byl prokázán statisticky významný nárůst fraktálové dimenze plánů v těchto dvou pokusech. Za pozornost stojí, že rozdíl byl významný na tři desetinná místa (three significant digits) - což je neobvyklý výsledek v psychologických výzkumech.

Tento způsob kvantifikace kvalitativního se ukazuje být v psychologii velmi užitečný, protože kvalitativnost, složitost a proměnlivost stály dlouho stranou empirického úsilí. Například Rogowitz a Voss (1990) zjistili, že fraktálová dimenze počítačově generovaných bodových oblak silně koreluje se smyslem subjektu vidět v nich "pojmenovatelné" objekty či "nic". Redington a Reidbord (1992) zjistili, že fraktálová dimenze pacientovy srdeční aktivity (stahy a pauzy mezi nimi) v průběhu psychoterapie se měnila podle terapeutova hodnocení pacientova léčebného pokroku. Fraktálová dimenze EEG byla použita ke sledování fází spánku, mentálních úloh a epileptických a jiných patologických stavů (viz Basar 1990). Stručně řečeno, objev fraktálů vytváří velký skok ve schopnosti psychologie operacionalizovat a sledovat subjektivní, složité a kvalitativní.

Posledními, avšak snad nejpozoruhodnějšími z technik chaosu jsou metody vyhledávání strukturních vzorců ukrytých v datech. Vzájemně závislý systém zahrnuje složité

vyčnívání a potlačování různých proměnných (push-pull of various variables). Avšak jestliže vzájemná závislost poskytuje strukturní vzorec celku, pak tento strukturní vzorec může být skryt v tomto vyčnívání a potlačení. Opačně řečeno, vrcholy a sedla jedné proměnné lze chápat jako reflexe celkově vzájemně působícího systému. Řada technik tak používá časové řady dat jedné proměnné k rekonstrukci atraktoru celého systému. Skupina Waltera Freemana (Freeman 1991, Skarda a Freeman 1987) používá rekonstrukce atraktorů při vysvětlování funkce olfaktorického systému a Hannah (1990) je používá ke studiu proměnlivosti nálad. Sabelli a další (v tisku) a Carlson-Sabelli a kol.(v tisku) poskytují významný příklad toho, jak tyto techniky mohou odhalit strukturní vzorce zrcadlící psychologické stavy jako jsou deprese, úzkost, schizofrenie a mánie. Obrázek č.2 ukazuje emocionální strukturní vzorce a) úzkosti následované uvolněním, b) probouzení, c) smutku, a d) normálních versus e) manických subjektů získaných z údajů o jejich srdečních potenciálech. Podobné strukturní vzorce lze najít u jiných subjektů, a přitom lze zaznamenat individuální rozdíly. "Náklonost" chaosu k jedinečnosti uvnitř stejného strukturního vzorce se stává způsobem operacionalizace směsice idiografického (individuálního) a nomotetického (společného).

Závěr

Tím končí naše stručná procházka teorií chaosu v psychologii. Je ještě mnoho toho, co mohlo a mělo být řečeno. Je toho víc o charakteristikách nelineární interakční dynamiky a jak pomáhá nové konceptualizaci a vysvětlování. Je toho víc co by se dalo říct k sociologii vědy. Například to, že to nejsou jen lineární modely, ale celá konstelace metod a modelů stojících na předpokladech linearit a/nebo vzájemné závislosti, která přispěla k newtonovské iluzi. Nejsou vždy zjevné. Například kalkulus se používá proto, protože prakticky všechny nelineární vzájemně závislé systémy jsou neintegrovatelné. Modely ekvilibria se používají proto, protože ekvilibrium je v lineárním rozsahu dynamiky. Peters (1991) ukázal, že mormální křivka je jednotlivým případem obecnější rovnice, ve které jsou početnější případy fraktály. Připomíná to velmi povzdech "ach bůže, jak je ta síť zašmodrchaná".

Přesto však doufám, že to hlavní je zřejmé. Myšlenka vyjádřená v úvodní citaci je pravdivá. Psychologie a dokonce většina vědy je založena na fyzice, která zastarala. Přesto, pokud se výsledná věda zdála být faktická a ne interpretační, nedalo se s tím nic dělat. Chaos nyní změnil situaci. Srozumitelným způsobem vysvětluje proč model vědy a chápání světa, zděděný z fyziky 18. století již není adekvátní. Věda přesto není ztracena, rozšiřuje se. Kontext se posunuje a náš pohled mění. Výsledkem je něco tak podivného, až je to rozumné : velcí duchové dějin v různých oblastech myšlení měli své ruce na jednom slonovi. Tento fakt je dnes o něco snazší vidět.

(in: The General Psychologist, vol.29, 3, podzim 1993. Článek je odvozen z vystoupení autora na Symposiu o teorii chaosu sponzorovaném Divizí obecné psychologie konaném v průběhu výročního setkání APA v Torontu, srpen 1993. Překlad dr.Kostroň, Psychologický ústav FF MU Brno , březen 1994.)

Literatura

Tabulka č.1

Přehled hypotéz o světě a jejich rozšíření pomocí teorie chaosu

Hypotéza/ metafora	Představitel filozofie	Původní pozorování
mysticismus a animismus - mystická zkušenost : neživým věcem jsou přisuzovány lidské charakteristiky	předchází západní filozofii	propojenost a souvztažnost všech věcí: lidstvo je částí větší bytosti, přímé in- tuitivní vědění je možné. Věci ve světě jsou jako my a my jsme jako ony
formismus - podobnost mezi věcmi	Platon, Aristoteles (400 př.Kr.)	svět lze kategori- zovat podle podob- nosti tvarů a/nebo struktur. Podobnost vyplývá z přitaho- vání k ideálním formám
mechanicismus - představa stroje	Descartes, Bacon, Kant (1600 n.l.)	popisuje jak se jev skládá z částí a tím podporuje predikci, zdůrazně- ní přesnosti a jasnosti matematiky
organicismus - biologický systém	Hegel (1800 n.l.)	popisuje dynamiku udržující systém a vidí jej jako vyvíjející se ke svému konci
kontextualismus - komplexní historický jev v souvislostech	James, Dewey, Peirce, Mead (1900 n.l.)	uznává, že všechny jevy jsou jedinečné a proto musí být brány ve vztazích ke konkrétním sou- vislostem, do kte- rých patří

Projevy v psychologii	Slabimy přístupu	Rozšíření umožněné teorií chaosu
transperzonální psychologie, šamanismus, východní náboženství a některé výzkumy vědomí	nepodává vysvětlení jak dosáhnout vzhledu vzdává se empirického ověření. Proto malá možnost kontroly přesnosti mystických vzhledů	chaos podržuje kontakt s empirií a tom vidí lidskou mysl i tělo jako hluboce integrované a evolučně sladěné s celým systémem. "Informace" může být nesena šumem a tak může vstoupit do těla jakkoliv, nejen pomocí smyslů
diagnostické kategorie, typologie	neříká jak dynamika vytváří formy a v důsledku toho nemá schopnost předpovídat či vysvětlit proměnlivost forem nebo vývoj	ukazuje jak aktivita částí vytváří formu a tak umožňuje pochopení světa variací a evoluce forem
Skinnerův behaviorismus, rané teorie učení, Pavlov, Hullův behaviorální systém, řada škol kognitivní psychologie	přílišné soustředění na nezávislost a redukcionismus znemožnily vysvětlit přitahování k formám, směřování spontánní vznik uspořádanosti a kauzality shora dolů	rozšiřuje mechanismus do oblasti nelineárních vzájemných souvislostí a tak umožňuje vyložit přitahování, směřování, vznik uspořádanosti a kauzalitu shora dolů
Rogerovská terapie rodinná terapie, některé druhy Jungovské terapie	opomenutí role dynamiky při udržování a směřování organizace systému a z toho vyplývající tendence k předpokladu vývoje fixním směrem. Neintegruje historickou jediňnost	obnovuje pochopení historické jediňnosti, náhody a nepředpověditelnosti v proudění dialektického vývoje
transakční analýza,	nevidí globální	ukazuje jak neopa-

fenomenologie,
gestaltistická
terapie

souvislost a skry-
tý řád věcí za
historicky jedi-
nečnými jevy a
událostmi

kovatelně jedineč-
né jevy a události
mohou být na druhé
straně součástí
souvisle spředeného
historického
procesu