

se mohou rozumně týkat jenom vztahu k jednotlivcům, těch mně má být líto, když jim ubližuju. Archaický člověk si nemyslí, že ví, co je všeobecně dobré. Třeba je něco dobré pro většinu, ale z toho neplyne nic jiného, než že to je dobré pro většinu, třeba nadbytek potravy, zatímco jednotlivcům, obci nebo druhu to může zle škodit. Post-archaickému člověku připadají podobné úvahy mnohdy cynické. Chce mít jednotlivce, skupiny i druhy pojednány z téhož hlediska, díky nějaké hierarchizaci. Archaická Iónie nic takového nezná a netouží po tom, podobně jako pro ni ani bůh není vrcholem hierarchie, ani vrcholem řetězce příčin.

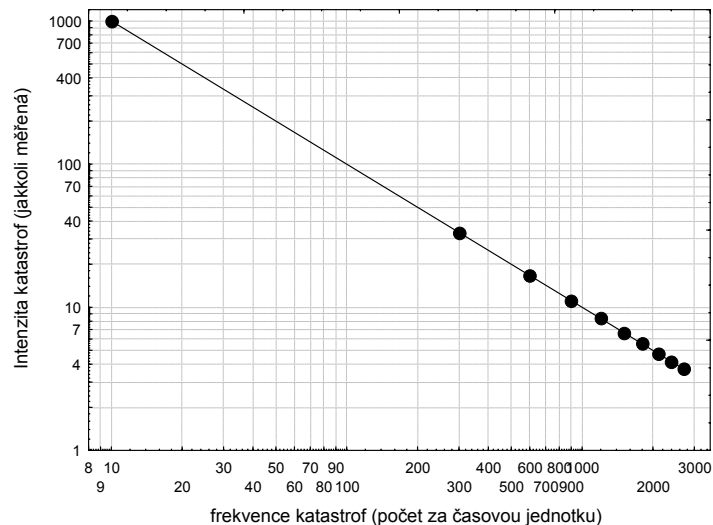
Co překrylo archaické myšlenky? Logická racionalizace a moralizace, ne náboženství. Nově projektující myslitel se chce opřít o uspořádaný strom logické obecnosti a o lineární představu času, zatímco cyklický čas s opovržením přisoudí mýtu. Ze starých dob zbyde jenom pár Platónových úvah o formující roli geologické eroze a Aristotelova představa o cyklickém průběhu života obce (vznik, rozvoj, úpadek, zánik). Později si už neumíme připustit ani ten zánik obce, ba dokonce ani úpadek, protože jsme zdrceni i pouhým „poklesem růstu“, odchylkou od exponenciálního „rozvoje“, jiným slovem od „exploze“, a ještě bychom tak chtěli činit „udržitelné“. O to víc se cítíme ohroženi kolapsy všeho druhu, protože za kolaps považujeme už i oslabení růstu nebo jakékoli ohrožení lineární perspektivy našeho projektivního plánování. Chtěli bychom mít pojištěné právě to, co by se napřed muselo zabít (život) nebo nahradit nějakou umělotinou (svět). Pak bychom mohli katastrofy prožívat pěkně v pohodlí ve filmech. Ale příroda o nás pečuje a občas nám poskytne kousek té naší zábavné virtuality v trpkém reálu, kterým se může bavit jenom opravdový cynik (tedy ne ten, kterému se tak jenom nadává). Díky této povaze přirozenosti se proto nemusíme bát ani patrně největšího, totiž touhy po stabilitě, zabezpečení a jistotách všeho druhu.

Za podobné výkřiky si už ani Hérakleitos nezískal mnoho náklonnosti lidu, když varoval před konzumní společností jako před největším ohrožením přirozenosti, a to ještě neměl na mysli hlediska ekologická. Po kolapsu archaické mentality pod náparem globalizace logiky, perspektivních a veristických výtvarů nového umění a moralizace náboženství je výše představená úvaha dost na pováženu. Není cynická? Opravdu cynické by bylo něco jiného: Buď tvrdit, že se nás žádný kolaps netýká, nebo hrozit blížícími se konci civilizace, světa et cetera. Ostatně, na obojí jsou specializované živnosti, ale jiné než dějiny filosofie.

Budu zde raději mluvit o katastrofách. Katastrofa je poněkud obecnější pojem než kolaps v tom smyslu, že zahrnuje i události, k nimž nedošlo pnutím uvnitř systému, ale zkrátka nešťastnou náhodou. Vypadalo by to, že takovéto jevy by nás zde ani neměly moc zajímat, poněvadž z nich – narozdíl od pořádných kolapsů se složitými souvislostmi mezi vnějšími zásahy a vnitřní dynamikou – neplyne žádné pořádné poučení. Potíž je v tom, že u procesů probíhajících v přírodě si velmi často nejsme jisti, co bylo jejich příčinou a jak přesně vypadal jejich průběh, abychom mohli zvážit roli vnitřních a vnějších příčin, roli náhody a zákonitosti dynamiky. Na druhou stranu se zdá, že existují některé obecné zákonitosti nezávislé na tom, zda šlo o pravé, komplikované kolapsy složitých systémů či pouhé náhodné průšvihy. Podíváme se tedy, zda existují nějaké, řekněme makroskopické rysy kolapsů a katastrof v přírodě, a zda můžeme pozorovat nějaké typické charakteristiky jejich dynamik.

MALÉ A VELKÉ KATASTROFY

Po povodních v roce 2002 se v novinách diskutovalo, zda šlo o katastrofu či o normální součást přírodního dění. Ve skutečnosti je to jednoduché: šlo o katastrofu, *tedy* o normální součást přírodního dění. Katastrofy jsou vskutku neodmyslitelnou složkou přírodních procesů a pozorujeme je ve všech měřítkách – od smrti jednotlivých organismů až po masová vymírání, která postihují jednou za několik desítek milionů let celou planetu. Obecně platí, že větší katastrofy nastávají méně často než katastrofy menšího rozsahu. Často je mezi rozsahem a četností různých typů katastrof dokonce přibližně nepřímá úměrnost – tedy oč je daný typ katastrofy četnější, o to menší má rozsah. Známe to právě z povodní: padesátiletá



△ Obr. 1. Idealizovaný typický vztah mezi frekvencí katastrof (F) a jejich intenzitou (I). Vidíme, že jde o přímku, pokud jsou obě osy logaritmované. Víme, že rovnice přímky je $y = ax + b$, a tak můžeme získaný vztah dosazením do této rovnice zapsat jako $\ln I = a \times \ln F + \ln I_0$, kde I_0 je intenzita při jednotkové frekvenci (logaritmus jedničky je nula; jde o průsečík oné přímky s osou y). Odlogaritmováním této rovnice získáme mocninovou funkci $I = I_0 \times F^a$; sklon oné přímky je tedy mocninou. V tomto idealizovaném případě jsme zvolili $a = -1$, jde tedy o obyčejnou nepřímou úměrnost, a kdybychom si proti sobě vynesli intenzitu katastrof a jejich frekvenci v nelogaritmickém měřítku, získali bychom hyperbolu. Ve skutečnosti může být a různé, nicméně vždy je záporné a většinou nebývá zas tak odlišné od jedničky (tj. může dosahovat hodnot třeba $-1,5$ nebo -3 , ale už asi ne -100); takhle jednoznačnou přímku ovšem z reálných dat sotva získáme.

voda znamená relativně mírnou záplavu, stoletá už stojí za to a tisíciletá je nejen (z definice) vzácná, ale hlavně strašlivá.

Když si četnost a rozsah katastrof (měřený podle toho, o jaké katastrofy jde, třeba počtem vymřelých organismů nebo rozlohou postiženého území) vyneseme proti sobě na logaritmizovaných osách, vyjde nám často klesající přímka. Znamená to, že vztah mezi četností a rozsahem můžeme vystihnout mocninovou funkcí, kde mocnina vyjadřuje sklon získané přímky (obrázek 1). Mocninné závislosti indikují přítomnost zvláštní třídy jevů, charakteristických tím, že u nich pozorujeme tytéž struktury v různých měřítkách; hovoříme o *měřítkové invarianci*. V praxi to znamená, že poměr mezi četností dvou typů katastrof, z nichž první typ bude mít dvakrát větší rozsah než druhý, bude vždycky stejný, tedy nezávislý na absolutní hodnotě tohoto rozsahu. Z pouhé znalosti těchto

poměrů tedy nemůžeme poznat, o jak velké katastrofy vlastně šlo, jinými slovy nepoznáme, v jakém měřítku se pohybujeme.

Lze to přiblížit ještě jinak: když si vyneseme časový průběh nějaké veličiny, která kolísá v důsledku katastrof (třeba počet druhů v geologickém čase) a pak se podíváme na nějaký malý detail té křivky a zvětšíme si ho, vidíme úplně stejný průběh jako u křivky původní.¹ A takhle můžeme pokračovat ve zvětšování, dokud nám to dovolí přesnost získaných dat. Lze tedy také říci, že rozložení četností různě velkých katastrof má fraktální čili soběpodobnou povahu.

BLÍŽÍME SE NEZBYTNĚ KE KATASTROFĚ?

Tato statistická vlastnost je sice zajímavá, ale kupodivu není vůbec neobvyklá. Měřítkovou nezávislost, jež se projevuje zmíněnou přímkou v logaritmicko-logaritmickém měřítku, totiž pozorujeme pravidelně u nej-různějších jevů komplexních systémů.² Dlouho se vůbec netušilo, proč je tak univerzální. Až přišel statistický fyzik Stephen Bak s novým konceptem *samoorganizovaného kritična*, který jej rychle proslavil. Podle tohoto konceptu se složité systémy vyznačují postupnou kumulací drobných změn až do okamžiku, kdy dosáhnou takzvaného kritického stavu, v němž kolabují.³ Někdy se sesypou více, někdy méně, ale obecně platí, že čím větší kolaps, tím méně je pravděpodobný, přesně podle mocninné závislosti.

Nejlépe to ilustruje slavný model hromady písku.⁴ Plynule přispíváme zrníčka na její vrcholek, až dosáhneme takového sklonu svahu hromady, kdy další přispívání nezbytně vede ke vzniku různě velkých lavin – a jejich četnost má právě mocninné rozložení. Není přitom možné předpovědět, jak velká lavina se v daném okamžiku uvolní; to závisí na konkrétním uspořádání tisíců zrníček písku a mikroskopických změnách jejich vzájemné soudržnosti. Celkové chování systému má nicméně charakteristické statistické rysy. Důležité je, že model hromady písku je jen

1 Solé R.V., Manrubie S. C., Benton M., Bak P. (1997): Self-similarity of extinction statistics in the fossil record. *Nature*, 388: 764–7.

2 Storch D., Marquet P. A., Brown J. H. (2007): *Scaling biodiversity*. Cambridge, Cambridge University Press.

3 Solé R.V., Manrubie S. C., Benton M., Kauffman S., Bak P. (1999): Criticality and scaling in evolutionary ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 156–60.

4 Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. (1987): Self-organized criticality: An explanation of $1/f$ noise. *Phys. Rev. Lett.*, 71: 4083–6.

jednou z mnoha realizací obecného principu, kdy se v celkem libovolném systému kumulují nějaké drobné, mikroskopické změny, díky nimž se systém blíží kritickému stavu, v němž pak probíhají katastrofické změny, jež už jsou makroskopické a postihují celý systém. Přispíváním zrníček se kumuluje napětí a v kritickém stavu se uvolňuje tak, že se mění celá hromada. Podle Bakovy optimistické koncepce se tedy – zjednodušeně řečeno – komplexní systémy buď právě nacházejí v kolapsu předem známého rozsahu, nebo se k němu nezadržitelně blíží.

Model samoorganizovaného kritična byl aplikován na řadu přírodních dějů včetně zemětřesení (napětí mezi tektonickými deskami postupně roste, až to povolí a desky po sobě sklouznou – a rozložení rozsahu zemětřesení skutečně zase odpovídá mocninnému zákonu) nebo velkých vymírání druhů⁵ (mezidruhové vztahy se postupně vyhraňují a komplikují, až se celý systém sesype a my pak pozorujeme vymření dinosaurů – budiž ovšem podotknuto, že většina odborné veřejnosti věří spíše ve vnější příčiny masových vymírání, jako jsou pády meteoritů či vulkanismus). Bak dokonce napsal knihu s bombastickým názvem *How Nature Works*,⁶ kde se snaží ukázat, že skoro vše, co kolem sebe vidíme, je projevem samoorganizovaného kritična. Později se ovšem ukázalo, že to trochu přehnal. Za prvé se vyjevilo, že ono mocninné, tedy měřítkově nezávislé, rozložení četností najdeme i u systémů, kde si nikdo ani s nejbujnější fantazií nedokáže představit, co by odpovídalo onomu postupně narůstajícímu tlaku na jedné a lavinám na druhé straně – a naopak se našlo několik úplně jiných vcelku jednoduchých možností, jak může mocninné rozložení vznikat.⁷ Za druhé, dynamika katastrof v přírodě je často složitější a zajímavější, poněvadž zahrnuje nejen vnitřní procesy, ale nezanedbatelně taky vnější vlivy, které se s vnitřní dynamikou často pozoruhodně kombinují.

PŘIHOŘÍVÁ, HOŘÍ – ALE JEN NĚKDE A NĚKDY

Podívejme se třeba na klasický příklad katastrof v přírodě, lesní požáry. O nich se pravidelně dozvídáme z televizních zpráv, ale ne každý ví, že pro značnou část lesů na zemském povrchu jsou požáry zcela přirozené a často dokonce nezbytné k jejich obnovování. Nebývají ale pro les fatální,

⁵ Bak P., Sneppen K. (1993): Punctuated equilibrium and criticality in a simple model of evolution. *Phy. Rev. Lett.*, 71: 4083–6.

⁶ Bak P. (1996): *How nature works: The science of self-organized criticality*. New York, Copernicus Press.

⁷ Solow A.R. (2005): Power laws without complexity. *Ecology Letters*, 8: 361–3.

poněvadž bývají lokalizované díky tomu, že každý les představuje mozaiku různě starých porostů a hoří jen některé z nich.⁸ A co víc, požáry tuto mozaiku samy udržují právě tím, že postihují jednotlivá zrna, kde tak spustí vývoj od začátku. Požáry tak zajišťují rozmanitost lesa a existenci dočasných útočišť pro druhy, které v pozdních stádiích lesa nepřežijí, ale jsou zásadní pro jeho obnovu v jeho počátečních stádiích. Rozsah požárů je dán velikostí zrn lesní mozaiky a zpětně sám tuto velikost ovlivňuje – čím větší požáry, tím větší kus lesa shoří a čím větší zrna mozaiky, tím větší požáry vzniknou. Velikost katastrof je tedy vnitřně regulována a daný systém je charakterizován nějakým typickým rozsahem, takže rozhodně nepozorujeme nezávislost na měřítku. Ke kolapsům dochází vnějším zásahem, ale jsou vnitřně podmíněné a jejich velikost i načasování (poněvadž shoří jen porosty, kde se nashromáždilo dost dřeva) závisí na vnitřní dynamice systému.

Takže to vlastně nejsou tak úplně kolapsy. Přesto k opravdovým kolapsům se všim všudy v lese docházet může. Stačí, když se pozvolna mění nějaký parametr, který zajišťuje seberegulaci celé dynamiky. Známým případem je hašení lokálních požárů, které zamezí cyklické obnově oné mozaiky různě starých porostů. Celý les zestárne a utvoří jedno zrno, jež je z hlediska hořlavosti homogenní; to pak shoří jedním gigantickým zničujícím požárem a pak začne mít velké problémy, jak se obnovovat – není totiž odkud brát. Přesně to se stalo v roce 1988 v Yellowstonu; poučení o důležitosti požárové dynamiky bylo tehdy dosti drastické. Jiná eventualita spočívá v postupném zvyšování frekvence požárů, které pak postihují i mladší zrna, jež se tak mohou slévat se sousedními, staršími zrny (poněvadž shoří obě). Požáry jsou pak mnohem větší a zpětně se zase zvyšuje pravděpodobnost, že shoří i to, co by nemělo. Změna povahy mozaikovitosti tedy může autokatalyticky iniciovat další změny (další nárůst velikosti zrn), dokud se neustaví nějaká jiná rovnováha. Ta může spočívat v existenci jediného obřího zrna, podléhajícího drastickým a dlouhodobým cyklům – anebo zanikne úplně a nahradí jej zcela jiné ekologické společenstvo, třeba step.

Máme zde tedy v jistém smyslu složitější systém, než je Bakova hromada písku. Ta složitost se nicméně týká spíše popisu systému než samotné jeho dynamiky. U hromady písku vlastně rezignujeme na detailní (a reálně nemožný) popis všech složitých interakcí mezi všemi zrny a modelujeme jen vztah mezi mikroskopickými kumulacemi změn a globálním

⁸ Pickett S. T. A., White P. S. (eds.) (1985): *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. San Diego, Academic Press.

chováním, zatímco u dynamiky heterogenních lesních systémů počítáme se dvěma základními úrovněmi makroskopických dějů. Jednu úroveň představuje dynamika jednotlivých zrn, tedy jejich vývoj, stárnutí, a pak víceméně zákonitý zánik. Druhá úroveň je celý systém různě starých zrn, jehož udržování zajišťuje dlouhodobou stabilitu celého systému a jehož eventuální zhroucení má jinou povahu než očekávaný zánik jednotlivých zrn. Lze dokonce říci, že právě mozaikovitost (zrnatost, heterogenita či modularita, jak se co komu líbí) je to, co brání lavinovitým kolapsům celého systému po vzoru hromady písku. Zároveň ale platí, že ty právě kolapsy souvisí právě se ztrátou, anebo zásadní změnou zrnatosti.

POUČENÍ Z KRIZOVÉHO VÝVOJE

Otázka je, do jaké míry je příklad dynamiky lesních požárů zobecnitelný na jiné typy katastrof či kolapsů. Každá analogie kulhá, nicméně některé rysy jsou možná docela obecné. Většina složitých systémů, ať už v přírodě nebo ve společnosti, se skládá z menších celků, v rámci nichž existují mnohem intenzivnější interakce než mezi nimi. Dojde-li pak k nějaké krizi, lavinovitě se šířící průšvihy (požár v lese, zhroucení ekonomických vazeb vlivem zmizení klíčového produktu, ztráta důvěry mezi lidmi, epidemie) se mohou zastavit na hranici onoho menšího celku a celý systém je tak rezistentní proti globálnímu kolapsu. Potíž nastane, když se začne zvyšovat množství vazeb mezi všemi subsystémy, takže nakonec celý systém funguje jako jeden celek, jediné zrno. V současné společnosti se tomu říká globalizace. Globalizaci skutečně necharakterizuje nic lépe než spojování původně nezávislých celků do vyšších jednotek, které jsou efektivnější co se týče transformací energie a rychlosti transformací vůbec, ale zároveň náchylnější k prudším propadům obecně a rozsáhlejším změnám ve všech směrech.

Zmizí-li přirozená (tj. historicky, tedy evolučně ustavená) strukturace systému do více či méně ohraničených a autonomních celků, může se jakákoli změna šířit kaskádovitě a postihnout tak libovolně velkou část systému. Systém pak může zkolabovat v pravém slova smyslu, a vytvořit pak zcela novou strukturu s jinou povahou „zrnatosti“. Ta může představovat novou kvalitu, ale zároveň ztrátu paměti na to, jak systém dlouhodobě fungoval a odolával tehdy známým typům kolapsů. Je-li to dobře nebo špatně, závisí do značné míry na osobním vkusu – a hlavně na tom, jaká je naše momentální role v celém tom složitém ději.

SÍŤ - PROČ VLASTNĚ

Dnes nikoho nepřekvapíme objevem, že my, občané planetární e-civilizace, jsme všelijak složitě propojení, vzájemně si pomáháme, překážíme si, rychlostí světla vykrádáme banky na opačném konci glóbu a ani na bojištích partyzánských válek v centru Afriky nejsme bez internetového spojení s ostatními. Mluvit dnes o sítích je banální až k pláči. Nebylo tomu tak ale vždy. Na začátku sedmdesátých let se Marku Granovetterovi soustavně nedařilo protlačit svůj první rukopis o sociálních sítích do žádného rozumného časopisu. Ale když ho nakonec uveřejnil, stal se z něho téměř přes noc jeden z nejcitovanějších sociologických článků vůbec. Druhá vlna konjunktury „vědy o sítích“ přišla kolem roku 1999 a historie se téměř do puntíku opakovala, jen s tím rozdílem, že tahouny nyní nebyli sociologové, ale fyzici a biologové. A – jak jinak – s velkým jástem znovuobjevovali mezitím zapadlé poznatky, ke kterým se dospělo mnohem dříve.

Takový osud má jistě řada teorií a myšlenkových schémat, tento případ je však důležitý tím, že se jaksí týká každého z nás. Ze sítě sociálních vazeb není vyřazen vůbec nikdo – jediné, co může být odlišné, je povaha, množství a síla vazeb, které daný jednatel navazuje.

A kromě toho, i o tom, co se obecně považuje za banalitu, je nutné přemýšlet a psát. Ten, kdo se spokojí s otřepaným klišé, že „všechno souvisí se vším“ a „všichni jsme propojeni“, vnímá skutečnost právě tak málo jako ten, kdo si společnost představuje jako soubor svobodných jedinců soutěžících o nedostatkové zdroje a racionálně maximalizujících svou užitkovou funkci. Skutečnost je totiž komplexní. Má mnoho pater a každé z nich si možná vyžaduje jiný jazyk a kdoví jestli ne i jiný styl myšlení. Abychom si to uvědomili, nemusíme se uchýlovat k žádnému typu mystiky. Stačí si představit ty terabajty údajů o tom, co se v každém zlomku vteřiny odehrává na světových burzách. To všechno není přece