

## **Evoluční strategie**

Evoluční strategie představují popis chování, které různé organismy používají k tomu, aby své geny přenesly do další generace. Teoretickým základem pro popis evolučních strategií je teorie her, výsledky se získávají nejen pozorováním konkrétních živých organismů, ale ve zvýšené míře také počítačovým modelováním. Díky obecnosti matematického popisu lze výsledky do jisté míry aplikovat i na popis dalších systémů, třeba chování spotřebitelů nebo akciových trhů. Rysy hry nese podle řady autorů např. také mezilidská komunikace nebo parlamentní demokracie.

Při hodnocení jednotlivých evolučních strategií se zpravidla používají metody genetického programování (a postupy jim příbuzné). Podle své relativní úspěšnosti v aktuálním kole získá program jakousi poukázku na množství potomků v kole následujícím - a souboj pokračuje. Finálně zkoumáme, jaký kód nakonec v populaci převládne. Možnými doprovodnými technikami je křížení jednotlivých kusů kódu (analogie sexuálního rozmnožování, kdy jsou děti odlišné od každého z obou rodičů) a zavedení určitého stupně náhodných mutací. Pokud podrobíme "soudu" genetického programování jednotlivé evoluční strategie, zjistíme jejich relativní úspěšnost (za určitých situací). Ty nejlepší strategie,

zajišťující přežití svých nositelů, se pak označují jako ESS (evolučně stabilní strategie -- evolution stable strategy). Samotná teorie her je pak definována jako obor, který se snaží té které hře přiřadit právě evolučně stabilní strategii (či strategie - teoreticky může existovat více ekvivalentních možností). Pokud se zaměříme na biologickou evoluci, můžeme strategie dělit podle řady kritérií.

K versus r

Začneme třeba dělením evolučních strategií na K a r. Toto rozdělení se vztahuje především ke způsobu produkce potomstva a využívání zdrojů okolního prostředí.

K strategie znamená méně kvalitnějších potomků (rozuměj především z hlediska jejich schopnosti přežití a dalšího rozmnožení), r strategie je úplným opakem; dochází při ní k až nadpočetní produkci potomstva bez nějaké zvláštní starosti o jeho přežití.

Příklady: K stratégem je slon nebo primáti, r stratégem většina hmyzu či mikroorganismů. K strategie sází na kvalitu proti kvantitě. Jedinci-K stratégové mají pro své geny poměrně vysokou cenu. Setkáváme se u nich s delší průměrnou délkou života, větší velikostí, vyšší inteligencí, starostí rodičů o mláďata (podle evolučních psychologů při evoluci člověka bezprostředně souvisel růst velikosti mozku a růst péče, kterou rodiče poskytovali dětem), skupinovou spoluprací, pamětí a

učením během života. Jedinci v rámci K kolektivu vykazují obvykle také určité individuální rysy, nejsou navzájem zaměnitelní. Pro strategii r platí úplný opak. Definice K a r strategie jsou samozřejmě relativní - i v rámci jednoho druhu jsou určití jedinci spíše K a jiní spíše r stratégy. Relativní posuny ve prospěch té či oné strategie podstatně závisí také na vnějších podmínkách - při expanzi do neosídleného území může být například výhodná co největší rychlost produkce potomstva, tedy strategie r. Je-li potrava na území rozmístěna rovnoměrně/náhodně a náhodně přichází i nebezpečí/smrt, preferována je opět r strategie. Zjednodušeně lze říci, že čím více vám pro orientaci v prostředí pomůže inteligence, tím blíže se nachýlíte ke strategii K. Čím je prostředí chaotičtější a nepředvídatelnější, tím mají živé organismy tendenci se přesouvat k strategii r, která v jistém ohledu znamená rozdělení rizika na více "náhodných žetonů". K stratég se naopak snaží své fungování ve vnějším světě nějak optimalizovat. Nakolik lze strategiami K a r popsat i chování lidské společnosti a jednotlivců? Otázka je to otevřená a odpovědi odborníků se různí. Okolní prostředí ale každopádně i v případě člověka upřednostňuje určitý typ chování. K strategie, která sází na kvalitu několika málo potomků, do jisté míry odpovídá třeba odkládání prospěchu (genů) na pozdější dobu, pokud je to účelné. K stratég odloží rodičovství a půjde např. studovat

vysokou školu, aby svým potomkům později poskytl lepší start do života. Rovněž věnuje větší péči výběru druhého rodiče svých dětí.

Relativní výhodnost strategií K a r kolísá. Za okolností vrcholné nejistoty, chaosu a nestability se samozřejmě žádná kalkulace s delším horizontem nevyplatí (geny si nemohou dovolit odkládat své šíření v situaci, kdy jejich nositel s relativně velkou pravděpodobností může zítra podlehnout nějaké chorobě nebo zemřít násilnou smrtí); nestabilní prostředí, epidemie či válka tedy upřednostňuje volbu okamžitého prospěchu před jakoukoliv dlouhodobější investicí.

\*\*\*small\*\*\*

A z čeho ta označení K a r vlastně pocházejí? Písmenka původně představují názvy konstant v tzv. evoluční rovnici. R zde vyjadřuje porodnost, K je definováno jako "přepravení schopnost prostředí". V evoluční rovnici ještě vystupuje i konstanta "m", která znamená mortalitu.

Celkový tvar diferenciální rovnice je potom:

$$dN/dt = rN(K-N) - mN$$

Rovnice původně vyjadřuje časovou závislost velikosti populace (N). Pokud pokládáme "konstanty" za konstantní (což je samozřejmě už samo o sobě idealizovaný případ), pak vidíme, že velikost populace konverguje k určité hodnotě  $N = K - m/r$ .

Jak dosáhnout maxima  $N$ ? Samozřejmě záleží na charakteru prostředí, tedy na velikosti konstanty  $K$ . Odtud pak jsou odvozené i obě strategie - na jedné straně snaha efektivnější využívání prostředí (tedy růst hodnoty  $K$ ), na straně druhé "kobyolkové množení" (růst hodnoty  $r$ , jež je ve jmenovateli a snižuje člen, který se odečítá od  $K$  - a tedy opět zvyšuje hodnotu  $N$ ).

\*\*\*small\*\*\*

Proti komu se bojuje?

Pokud se geny snaží dostat maximum svých kopií do další generace, kdo je jejich nepřítel? Proti komu vlastně evoluční strategie hraje? Samozřejmě proti jiné evoluční strategii, ale kde ji najít?

Jak vysvětluje Matt Ridley v knize Červená královna, darwinovský boj o život neprobíhá ani tak mezi kočkou a myší. A už vůbec nejde o to, že by zvířeti v chladné oblasti rostla hustá srst a ono tak porazilo mráz (zde je paralela boje jasně nemístná, protože mráz jako neživý faktor může mít těžko nějakou evoluční strategii). Kde je těžiště zápasu, jaké jsou hybné síly evoluce?

Zkusme se na vývoj živé přírody podívat následující optikou: Ryba umírající hladu ve vyžraném rybníku nepodlehla hladu, ale ostatním rybám, které dokázaly efektivněji zkonsumovat potravu. Soupeřem lidí v poušti není ani tak poušť, jako jiní lidé obývající úrodnou

oázu.

Neživá příroda bývá relativně konstantní a je snadné (a rychlé) vyladit se vůči ní k nějakému optimu. Jestliže pomíneme změny typu ledových dob, pokud by evoluce znamenala přizpůsobování neživému prostředí, dávno by již uvízla v nějakém ideálním - a tedy současně mrtvém - bodě.

Přizpůsobení je sice od Darwina skutečně klíčovým pojmem, ovšem pod oním "prostředím" je vhodnější si představovat především ostatní živé tvory. Protože se na rozdíl od kamení sami stále mění, nelze se vůči nim vyladit na optimum "natrvalo". Vaše okolí neustále zdokonaluje své zbraně, vy se musíte připojit a reagovat - proto stále dochází k nějakým změnám.

Jedná se přitom o závod, kde de facto nejsou vítězové, pouze poražení - tedy druhy a geny vyhynulé. Deset výher není vůbec žádnou zárukou, že budete úspěšní i v příští partii, nicméně se jedná o podmínku nutnou k tomu, aby se nějaká další partie vůbec uskutečnila.

Zpět k výše zmíněnému souboji kočky s myší: myš chycená kočkou podle Ridleyho neprohrála de facto s touto kočkou, ale ve střetu s jinou myší. Myš-konkurent (a její geny) díky tomu, že kočce prozatím unikla, zřejmě v další generaci zanechá více potomků. Totéž platí pro kočku. Protože bude sytá, dokáže (např.) donosit lépe mláďata než její hladová kočka-konkurent. Podle této logiky probíhá hlavní střet v rámci jediného druhu. Je

třeba se především rozmnožovat efektivně než soused. Ostrá konkurence může být samozřejmě snižena mezi blízkými příbuznými (příbuzenský altruismus), kteří vlastní značnou část totožných genů. Nicméně i v případě společných genetických zájmů (rodič-dítě, otec-matka, sourozenci) existuje v rámci vztahu vždy i rovina konkurence. Každý z jedinců má přece jen geny i zájmy o něco odlišné - alespoň pokud nepočítáme s výjimkou typu jednovaječných dvojčat.

Hybnou silou evoluce není pro Ridleyho jen vnitrodruhová konkurence, ale také parazité. Tento aspekt evolučního procesu jsme popisovali několikrát již v minulých kapitolách, nyní následuje popis příslušné počítačové simulace.

Systém Tierra je jedním z nejstarších pokusů o digitální podobu "umělého života". Jeho počátky spadají do 2. poloviny 80. let a simulace byla poprvé vyzkoušena na staříčkém procesoru Toshiba 80386 20 MHz. Tierra, která je dílem Thomase Raye z Delawarské univerzity, si kladla za cíl modelování biologické evoluce prostředky, které poněkud připomínají genetické programování. Jednotlivé softwarové organismy spolu bojují o paměť a procesorový čas virtuálního počítače, který dokáží zcela zaplnit (něco podobného dělají na "reálných" počítačích různé viry a červi).

Po rozběhnutí simulace se v Tierře brzy objevili první parazité, kteří, podobně jako ti reální, zkracují počet

řádků svého kódu (na volné místo se pak vejde více jedinců, parazité se také rychleji množí a rychleji mutují - tedy se i rychleji vyvíjejí).

"Biologické" funkčnosti dosahují parazité tak, že volají jiné programy a kradou jim jejich instrukce. Následně mutují i hostitelé a pokoušejí se vývoji zabránit, různě skrývají své řádky apod. Pak mutují opět parazité a snaží se získat přístup i ke skrytým řádkům kódu. Probíhají tedy podobné závody ve zbrojení jako v biologické evoluci.

V systému Tierra se organismy množí asexuálně a jedinou příčinu změn představují tedy mutace. Zajímavé je, že evoluce Tierra vedla i přes toto omezení ke vzniku komplexních ekosystémů s parazity parazitů či s parazity vyžadujícími ke svému životu více hostitelů současně. Rovněž způsoby parazitování se lišily. Některé organismy Tierra pouze hostitelům kradly zdroje (obdoba např. bakterií), jiné je potřebovali i pro vlastní replikaci (obdoba virů).

Vězňovo dilema

Konečně se dostáváme k nejzajímavější části evolučních strategií, tzv. hrám s nenulovým součtem.

Až dosud jsme vnímali vztahy genů či jednotlivců jako vysloveně konkurenční (alespoň pokud nešlo o příbuzné). Nicméně nejen v lidském světě se setkáváme s doklady nesobeckého jednání - altruismu - i mezi jedinci



navzájem si geneticky příbuznými. Jak je to možné?  
Jednu z odpovědí dávají hry s nenulovým součtem. Tento pojem zhruba řečeno znamená jakoukoliv hru, ve které se nerozděluje konstantní počet bodů, ale odměny závisejí na míře kooperace. Při střetu dojde ke zničení části hodnot, při vzájemné spolupráci si hráči (celkem) dělí více. Základní předpoklad her s nenulovým součtem není svévolný a s reálným světem jistě alespoň částečně koresponduje - při střetu existuje vždy možnost, že se předmět sporu zničí, oba soci se navzájem zahubí apod. Nejznámější hra s nenulovým součtem bývá obvykle demonstrována na příkladu tzv. Vězňova dilematu (v angličtině Prisoner's dilemma).

Úlohu objevili v roce 1950 Melvin Drescher a Merrill Flood, v obecnou známost se však dostala především po vydání Dawkinsova bestselleru Sobecký gen. Původním model Vězňova dilematu počítal se dvěma odděleně drženými vězni-spolupachateli, kteří mají nezávisle na sobě možnost udat svého kolegu a vymoci si tak zřejmě určitou úlevu při vynášení rozsudku.

V obecnější rovině se situace má následujícím způsobem: Vcházíte v interakci s druhým subjektem, k němuž se můžete zachovat "kladně" nebo "záporně". Totéž samozřejmě platí pro jeho vztah k vám.

V zásadě může dojít ke čtyřem kombinacím, jimž přiřadíme určitá bodová ohodnocení. Nejvíce se nám vyplatí kombinace já jsem zlý, on je dobrý (v praxi to může

odpovídat třeba stavu, kdy vám někdo podává ruku, tudíž ránu rozhodně nečeká a nechá se překvapit). Nejhůře naopak dopadneme, pokud se necháme podvést v naší "dobré" podobě (zrcadlový případ předcházející situace). Obě strany mírně vydělají při vzájemné spolupráci a mírně prodělají, pokud se pokusí navzájem podvést. V praxi může být bodování například následující: 0 bodů, pokud jste podvedeni ve své "dobré" podobě, 1 bod za podvod vzájemný, 3 body za vzájemnou spolupráci a 5 bodů, pokud jste vy úspěšným podvodníkem nevinné oběti. Zdánlivě je všechno jasné a vyplatí se vám kdykoliv podvádět. Pokud k tomu tak budou přistupovat všichni, dostanou v každém kole 1 bod. Při bližším pohledu je však situace složitější. Kdybyste mohli vašeho protivníka nějak přimět, aby nepodváděl, pak byste nemuseli podvádět ani vy sami. Za vzájemnou spolupráci si přece obě strany připíší víc než za vzájemný podvod. Proč by vám ale váš protivník měl věřit? Zatím to příliš přesvědčivě nevypadá. Hodní budou biti, a i když při souboji mezi sebou budou navzájem spolupracovat a vydělají na nenulovém součtu, stále pro ně budou fatální střety se strategiemi zlými.

Představme si třeba dvě strategie hodné a dvě zlé, které se utkají v souboji každá s každou.

Hodná strategie získá 3 body proti druhé hodné strategii, 2 \* 0 bodů za to, že se nechá podvést - celkem 3 body.

Zlá strategie získá  $2 * 5$  bodů za to, že vždy podvedla strategii hodnou, navíc 1 bod za vzájemný podvod se strategií zlou - celkem 11 bodů.

Ač hra s nenulovým součtem, altruistům se stále nedaří. Nyní však do systému přidáme ještě další faktor, a tím je paměť. Představme si, že si pamatujeme další jedince a své chování k nim můžeme modifikovat dle minulých interakcí (což konec konců odpovídá i běžnému životu). Vyznění celé hry se zcela otáčí. Jakou evoluční strategii nyní zvolit?

Richard Dawkins popisuje test systému, do nějž "nasypal" řadu přednastavených strategií (které navrhli kolegové seznámení s metodikou pokusu) a nechal je hrát proti sobě. Čím více bodů, tím vícekrát byla strategie obsažena v systému v dalším kole. Jak zápas probíhal? Nejprve vymizely ze systému strategie "absolutně dobré", které se za všech okolností chovaly k protivníkovi přátelsky. Posléze se však ukázalo, že i triumf "zlých" strategií je pouze dočasný a převládla tzv. půjčka na oplátku ("tit for tat"). Taková strategie se k neznámému protivníkovi zachová dobře, při opakovaném setkání pak prostě opakuje chování svého soupeře z minulého kola. Půjčka na oplátku se posléze stala konečným vítězem Dawkinsovy hry. "Zlé" strategie jí totiž dokázaly ublížit/podvést pouze jednou (a následoval řetězec vzájemných úderů), při setkání se sebou samou nebo s jinými "dobrými" strategiemi pak půjčka na oplátku

bodovala díky vzájemné spolupráci.

Závěr, že půjčka na oplátku je evolučně nejstabilnější strategie, pak panoval až do chvíle, kdy byly v 80.-90. letech provedeny nové simulace. V nich se ukázalo překvapení: Půjčka na oplátku prohrála v souboji se strategiemi, které byly ještě "hodnější". Dnešní stav řešení úlohy je tedy takový, že optimální evoluční strategie buď jednou odpouští (tj. po prvním podrazu se ještě jednou chovají přátelsky), eventuálně dokonce odpouští pravidelně/náhodně (tj. třeba "podraz" v dalším vracejí jen s 90% pravděpodobností).

Interpretace Vězňova dilematu

Výpovědní hodnota celého pokusu samozřejmě souvisí s několika omezujícími předpoklady. V rámci experimentu neznají jednotlivé strategie například konec hry a předpokládají, že vše poběží do nekonečna. V praxi (i pokud pomineme fakt, že jsme všichni smrtelní) však často narazíte na "protivníky", s nimiž se už s velkou pravděpodobností nikdy nesečkáte. V takových chvílích se misky vah samozřejmě poněkud posouvají ve prospěch "zlého" chování - např. víte, že "půjčka na oplátku" vám už vaši zradu nestihne vrátit. Mimochodem: V nestabilním prostředí vzrůstá pravděpodobnost, že se se svým soupeřem vidíte naposled - tento stav podporuje zlé strategie a tedy odpovídá strategii  $r$  z minulé podkapitoly.

V rámci experimentu jsme uvažovali, že naše paměť (respektive paměť jednotlivých evolučních strategií) funguje absolutně. To samozřejmě tak docela neplatí, ve vlastním životě narážíte na lidi, které neznáte, ale přesto vám kohosi připomínají. Předpokládáte u nich tedy určitý vzorec chování, ovšem nevíte, zda/do jaké míry ho budou také skutečně naplňovat.

Na rozdíl od počítačově modelovaných evolučních strategií je samozřejmě v lidském chování skryta určitá část nahodilosti či svobodné vůle. Asi málokdo je 100% popsitelný jediným algoritmem, ať už je to "absolutní dobro", "absolutní zlo" či "půjčka na oplátku".

Dosud jsme také předpokládali, že každá strategie hraje proti všem strategiím ostatním stejně často. To ale není pravda, člověk se obvykle vyskytuje v prostředí, které mu je "přirozené", tedy mezi obdobnými strategiemi. Na jednu stranu z toho vyplývá, že nenulový charakter hry je ještě zesílen - ti dobří spolu spolupracují, zlí si navzájem škodí. Na druhé straně je však v takovém uspořádání ideální příležitost pro podvodníky, tedy strategie zlé, které žijí v "dobrém" prostředí, maskují se a tam, kde zrada není očekávaným modelem chování, slaví úspěchy. Niky "dobrých strategií" mohou přežít pouze tehdy, pokud se jim dostatečně efektivně podaří odhalovat strategie zlé, parazitické.

Popsaný model je velmi dobře aplikovatelný na lidskou společnost. Evoluční psychologie přímo předpokládá

existenci speciálního "modulu pro odhalování podvodníků". Existuje řada úloh, které jsou z matematického hlediska ekvivalentní, ovšem úspěšnost při řešení závisí na způsobu podání. Pokud je například problém formulován abstraktně (určete kartu, kterou musíme otočit, aby...), procento úspěšných řešitelů je výrazně menší, než při zasazení do určitého sociálního kontextu (koho se musíme zeptat, abychom našli zloděje/ lháře...). Podle evolučních psychologů souvisí vyšší úspěšnost právě s tím, že do řešení druhého problému se navíc vloží speciální modul pro odhalování podvodníků. Simulace Vězňovy hry nám také ukazuje, že altruismus mezi nepříbuznými jedinci (reciproční altruismus) může fungovat jen tam, kde jsou tyto mezi sebou dobře odlišitelní a mají maximum individuálních rysů. Altruismus tedy souvisí s inteligencí a také s K strategií zmíněnou v jedné z předcházejících podkapitol. Z čehož také vyplývá, že se jedná o jev, který se v evoluci sobeckých genů objevil až poměrně pozdě. Mechanismus, kterým k tomu pravděpodobně došlo, popsal další z teoretiků Vězňova dilematu, americký politolog Robert Axelrod.

K přesnému rozpoznávání jedinců téhož druhu (a tedy i k odhalování podvodníků) slouží speciální modul pro rozpoznávání tváří. Pokud nějaký objekt určíme jako lidskou tvář, na zpracování informace se pak dále podílejí jiné "programy" než u "obecného vizuálního

vjemu".

Závěrem: I přes určité zjednodušující předpoklady je simulace Vězňovy hry každopádně fascinující a představuje významný příspěvek k řešení otázky, jak se ve světě sobeckých genů mohlo evolučně vyvinout nesobecké, altruistické jednání. Prostě se do určité míry vyplatilo i sobeckým genům.

Dodatky k Vězňovu dilematu

V posledních simulacích Vězňova dilematu došli experimentátoři k závěru, že úspěšnější než půjčka na oplátku jsou strategie ještě hodnější. Není ovšem jasné, zda to bude spíše půjčka na dvě oplátky nebo strategie odpouštějící náhodně, eventuálně nějaká jejich kombinace (a vnucuje se nutně otázka: Pokud je počet kol alespoň teoreticky nekonečný, proč by nejúspěšnější měla být právě půjčka na dvě oplátky a ne třeba půjčka na tři?). Problém je, že mezi těmito nejúspěšnějšími strategiemi je už de facto těžké provádět nějakou selekci a proto určit tu nejstabilnější. Je vlastně možné, že jsou všechny stabilní stejně. Jak to?

Představme si (což je ostatně i argument Richarda Dawkinse), že do systému zavedeme další vlastnost živé přírody, mutaci. Jednotlivé strategie v systému pak neexistují napevno, ale jedna ze druhé se tvoří mutací původního algoritmu. Řekněme, že v populaci  $x$  původních soupeřících strategií posléze zcela převládla Půjčka na

oplátku. Vývoj tím však nekončí. Dojde k mutaci a vznikne půjčka na dvě oplátky. Obě strategie se totiž k sobě budou vždy chovat mile a neexistuje způsob, jakým je selektovat a rozdělit - za předpokladu, že v populaci budou právě jen ony dvě.

(Situace by snad šla řešit ve chvíli, kdy mutací vznikne i nějaká "zlá" strategie. Kdo se nyní v tomto prostředí lépe uplatní? Půjčka na oplátku, nebo půjčka na dvě oplátky? Na základě původních simulací přitom usuzujeme, že ona mutačně vzniklá zlá strategie bude tak jako tak rychle vyhlazena.)

\*\*\*small\*\*\*

Velmi komplikovanou je také otázka, nakolik nastavení počátečních podmínek ovlivní výsledek hry. Náš systém má smysl pouze tehdy, hrajeme-li hru s nenulovým součtem. Pokud tato kritéria tím či oním směrem posuneme (ale současně zachováme ony "nutné" nenulové podmínky), co se stane? Změní se pouze čas, za který v populaci převládnu "nejlepší" strategie, nebo se změní i algoritmus optimální strategie? Těžká otázka; matematici, s nimiž jsem na toto téma hovořil, vesměs předpokládají, že "míra nenulovosti" rozhoduje pouze o rychlosti konvergence a nikoliv o tom, které konkrétní strategie zvítězí. Závěr je to však pouze předběžný a neopírá se o žádné provedené simulace.

\*\*\*small\*\*\*



Moudřejší ustoupí

Autorem strategie "půjčka na oplátku" je evoluční biolog R. A. Fisher, profesor na University of Sussex. Jeho dalším příspěvkem k evolučním strategiím je výklad vnitrodruhové agresivity, známý také jako hra "jestřáb versus hrdlička".

Smith v první řadě odmítá populární výklady o tom, že např. dva soupeřící jeleni nebo lvi se navzájem nezabíjejí, protože by to nebylo "pro dobro druhu". Ve světě sobeckých genů nemá žádné dobro druhu své místo, a je proto třeba podat jiný výklad.

Smithova úvaha se odvíjí od myšlenky všeobecné kompetice: Pokud by dva lvi vedli souboj na život a na smrt, ve výhodě by za určitých podmínek byl zřejmě jedinec, který by se sporu raději vůbec nezúčastnil, respektive by z něj prostě vždy utekl. Naopak v případě, že těchto útekářů bude většina, by se náhle mohlo vyplatit naopak do souboje jít a předpokládat, že ten druhý uteče. Tím se před námi vynořují dvě možné strategie, pojmenované jestřáb a hrdlička.

Strategie jestřáb říká: Dej se do boje a setrvej v něm. Strategie hrdlička naopak svého nositele nabádá: pokus se protivníka zastrašit a pokud se ti to nepodaří, dej se na útěk. Finálně jestřáb vždy porazí hrdličku (ta je však nezraněna), v souboji dvou jestřábů může snadno dojít ke ztrátě života a v případě souboje hrdliček

prostě jedna uteče dříve a druhá zvítězí (řekněme náhodně).

Vězňovo dilema bylo systémem s kladnou zpětnou vazbou. Jakmile převládnu zlé strategie, několika dobrým se mezi nimi dlouho příliš nedaří; totéž pak platí pro jednu strategii zlou např. mezi půjčkami na oplátku. Zde vše funguje přesně naopak, systém se vyznačuje zápornou zpětnou vazbou, která ho po náhodném vychýlení vrací do rovnovážného stavu, kolem kterého poměrné zastoupení jestřábů a hrdliček neustále osciluje. Smith dokonce vypočítal ono rovnovážné zastoupení jestřábů a hrdliček vůči sobě (konkrétní hodnota samozřejmě závisí na nastavení parametrů, tj. jak obodujeme "útěk bez boje", "vítězství bez boje", "vítězství v boji" atd.).

Podobně rovnovážný systém představuje poměr pohlaví. Pokud bychom rození jedince určitého pohlaví brali jako matčinu evoluční strategii (samozřejmě fungující na nevědomé úrovni), lze obecně říci, že rovnovážná poloha bude v tomto případě představována stavem, kdy se rodí přibližně stejný počet potomků obou pohlaví. Jakákoliv výchylka povede k tomu, že se vyplatí rodit jedince menšinového pohlaví (budou lépe hledat partnery) a poměr se opět srovná.

Důsledky této logiky bývají někdy poněkud paradoxní. Například po ničivé válce se rodí více chlapců - ti si ovšem nebudou své partnerky vybírat ve starší generaci, ale v generaci své. Tam je ovšem dívek málo, proto se

náhle "vyplatí" rodit dcery. Systém takto prodělá několik oscilací, než se opět vrátí k hodnotě přibližně 1 : 1 - asi jako vlna šířící se na vodní hladině, postupně vyznívajíc do ztracena.

Úplně opačným způsobem funguje pohlavní výběr popisovaný v předešlých kapitolách. Pokud jednou preference samic získají nějakou podobu, bude příslušný preferovaný znak (paví ocas apod.) mít tendenci stále bobtnat a systém se tak bude vzdalovat dál a dál od původního stavu.

\*\*\*small\*\*\*

Pro srovnání systémů s kladnou a zápornou zpětnou vazbou se někdy uvádí fyzikální analogie popisující chování elektronu. Když sídlí v těžišti mezi dvěma jinými elektrony, po náhodném vychýlení vzroste odpudivá síla toho momentálně bližšího a systém se vrátí do rovnovážné polohy. Pokud je elektron naopak mezi dvěma protony, bude po vychýlení přitažen k jednomu z nich. Nedá se říct, k jakému, ale jakmile dojde k malé výchylce jedním směrem, překlopí se do tohoto stavu "celý systém".

\*\*\*small\*\*\*

Na závěr této části: Možná tím úplně nejzajímavějším Smithovým objevem jsou tzv. paradoxní strategie, algoritmy jaksi se přičící zdravému rozumu -- například "napadej pouze silnější jedince". Richard Dawkins v

knize Sobecký gen podrobně popisuje, za jakých podmínek může být i paradoxní strategie evolučně úspěšná. Tyto podmínky jsou ovšem dosti vzácné, jinak by nám ostatně tyto strategie zřejmě nepřípadaly nijak absurdní.

Víc než nic

Na hrách s nenulovým součtem postavil interpretaci celé evoluce také Robert Wright ve své knize Víc než nic (v anglickém originále Nonzero).

Wright sice souhlasí s neodarwinismem a koncepcemi sobeckého genu, ale vytváří nad nimi cosi na způsob teologie a teleologie (přesvědčení o účelnosti a směřování světa). V polemice s Dawkinsovou knihou Slepý hodinář Wright tvrdí, že evoluce není nikterak slepá, ale má jasné cíle - v tomto se autor odvolává např. na jezuitského evolucionistu Teilharda de Chardina.

Podle Wrighta se evoluce ubírá právě směrem k rostoucímu podílu her s nenulovým součtem. Čím je jich více, tím spíše mohou vznikat komplexnější struktury, současně se vynořuje i altruismus a má smysl hovořit o etice.

I zdánlivě slepý přírodní výběr přitom "odměňuje" entity, které jsou oproti svému okolí schopné lepšího zpracování informací. Čím lepší zpracování informací, tím blíže ke K strategii a tím větší je opět prostor reciproční altruismus.

Samotná existence her s nenulovým součtem je pro Wrighta přitom potenciálně "vložená" do struktury našeho

vesmíru, dokonce bychom tyto hry mohli chápat jako odkaz k existenci nějakého boha.

Onen "bůh" je však nejen počátkem evoluce, tím, kdo hry s nenulovým součtem naprogramoval, ale i jejím cílem (bodem omega, abychom opět použili Teilharda de Chardina). Evoluce je k tomuto bodu tažena silami až fyzikálními. V našem případě dojde např. podle Wrighta procesem globalizace ke vzniku celoplanetární inteligentní noosféry, obrovského superpočítače, jehož částmi budou de facto jednotlivé lidské bytosti.

Jak přesně chápat onu zacílenost evoluce? Jinak řečeno, museli jsme se např. inteligentním druhem stát zrovna my? Wright odpovídá následující analogií:

Pravděpodobnost vaší výhry ve sportce (či jiné hazardní hře) je samozřejmě velmi malá. Nicméně je téměř jisté, že někdo vyhraje.

Autor tedy tvrdí, že vývoj k inteligentním tvorům je prakticky jistý, kdyby předkové člověka v minulosti vymřeli, došlo by k němu prostě jiným způsobem.

\*\*\*small\*\*\*

Wright se také ani v době převládajícího kulturního relativismu nebojí používat výrazů jako "pokrok". Všechny lidské kultury se podle něj vyvíjejí určitým směrem, pouze různě rychle a s různými odbočkami. Wright tedy není jen evolucionistou biologickým, ale také kulturním.

\*\*\*small\*\*\*

Válka jako nenulová hra

Válku můžeme samozřejmě chápat jako hru s nenulovým součtem, ovšem opačným než Vězňovo dilema - na jejím konci mají obě strany dohromady obvykle méně, než bylo k dispozici na začátku, úhrn celkových zisků a ztrát bude záporný. Pokud Wright tvrdí, že ve světě neustále přibývá her typu Vězňova dilematu, jak vysvětlí válečné konflikty?

Válka se podle Wrighta ovšem vede nikoliv mezi jednotlivci, ale mezi skupinami - a právě v rámci skupin v tomto případě opět probíhá velmi pozitivní hra s nenulovým součtem. Války pak z tohoto důvodu samy paradoxně přispívají ke vzniku altruistického, nesobeckého chování.

Úspěšné skupiny musí být jednotné, ve válce je třeba zapomenout na veškeré spory. Taktéž ochota se podřídít autoritě je náhle žádána. Alternativou je často pouze zánik - a v dějinách logicky přežívají jedinci i společnosti, kteří (které) dají přednost spolupráci a podřízenosti před zánikem. Díky tomu vedou války k vyšší formě organizace společnosti. Poražení navíc obvykle nebývají pobiti, ale přebírají organizaci vítězů. Tento efekt byl ještě zesílen tím, že v určité fázi vývoje se již střetnutí neodehrávalo prostě mezi dvěma tlupami; boje se stávaly rozsáhlejší, obě strany se

snažily získat maximum spojenců. Ve výhodách se pak ocitly skupiny, které dokázaly k sobě připoutat (sjednotit) maximum dalších skupin. Vztah mezi nimi opět nabyl forem blízkých altruismu, protože spolu náhle byly na stejné lodi.

Popsaným procesem se postupně zvyšovala úroveň společenské organizace. Někdy samozřejmě docházelo k tomu, že takové spojení existovalo pouze po dobu války, po jejím skončení se ukázalo být nestabilní a díky odstředivým tendencím původních samostatných jednotek došlo k rozpadu. Nicméně v průběhu dějin byly organizované útvary stále stabilnější. K jejich stabilitě přispívalo i to, že vyšší organizace přinášela výhody nejen pro období válek - mohlo díky ní například dojít k lepšímu zajištění vnějšího obchodu či větší míře vnitřní směny. Ta se zase projevila možnostmi větší specializace a vyšší produktivitou práce.

V rozporu s mýty o "mírumilovných divoších" se nikdy nepodařilo najít prakticky žádnou archaickou mírumilovnou společnost - přestože míra válčení samozřejmě kolísala. Americký antropolog Elman Service došel dokonce k závěru, že nemá smysl hovořit o příčinách válek. Válka totiž je (nebo alespoň po většinu času lidských dějin byla) normálním, "standardním" stavem společnosti. Spíše než příčiny válek je tedy užitečné zkoumat "příčiny míru", tedy speciální podmínky, které vedly k vychýlení lidské společnosti

mimo normál.

Wright však v této souvislosti poznamenává, že ať hledáme spíše příčiny míru nebo příčiny válek, oba tyto stavy působily během historického vývoje zhruba stejně - válečné nepřátelství i bezkonfliktní obchod vedly na té či oné úrovni k prudkému množství her s nenulovým součtem, růstu složitosti společnosti a s tím spojeného altruismu, ve světě sobeckých genů zdánlivě tak paradoxního.

Co číst dál

Richard Dawkins: Sobecký gen, Mladá fronta, Praha, 1998

Richard Dawkins: Slepý hodinář, Paseka, Praha, 2002

Matt Ridley: Červená královna, Mladá fronta, Praha, 1998

Robert Wright: Morální zvíře, Lidové noviny, Praha, 1995

Robert Wright: Víc než nic, Lidové noviny, Praha 2002

Dylan Evans, Oscar Zarane: Evoluční psychologie, Portál, Praha, 2002

Jaroslav Flegr: Mechanismy mikroevoluce, skripta

Přírodovědecké fakulty UK, Praha, 1998