

Anton Markoš

a kol.

Biosémiotika 2

Edice Qfwfq

Olomouc
2014

Biosémiotika II

Anton Markoš a kol.

Recenzenti

doc. RNDr. Martin Kalous, CSc.

Prof. PhDr. Jarmila Doubravová CSc.

Tato publikace vychází v rámci grantu Inovace studia obecné jazykovědy a teorie komunikace ve spolupráci s přírodními vědami. reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0076.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

1. vydání

© Anton Markoš, Karel Kleisner, Marco Stella, Michaela Zemková, 2014

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2014

ISBN 978-80-244-4357-7

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Ediční poznámka | 5 |
| 1 Nature vs. Culture? Tematizace kultury | |
| v současné biologii | 9 |
| Úvod | 9 |
| Biologie a kultura – základní termíny biologických tematizací kultury | 13 |
| Nevázané memy – neutrální teorie kulturní evoluce | 26 |
| Kultura v tahu biologie – sociobiologie, evoluční psychologie a behaviorální ekologie | 30 |
| Kultura ruku v ruce s biologii (fenogenotypový model) | 36 |
| Teorie dvojí dědičnosti | 38 |
| Kořeny kultury | 40 |
| Závěr | 43 |
| 2 O pravé podobnosti aneb O homologii | 46 |
| Mimetické podobnosti a interpretace vzhledu organismů | 48 |
| Semetické kruhy | 53 |
| Sémy v kultuře a kulturní mimikry | 55 |
| 3 Paralely mezi lingvistikou a biologii | 57 |
| Úvod | 57 |
| 1 Teorie informace – inforatický a sémiotický přístup | 58 |
| 2 Kódy a kódování | 68 |

| | |
|--|------------|
| 3 Bioinformatika | 77 |
| 4 Propojení s lingvistikou | 83 |
| 5 Má lingvistická analogie v genetice smysl? | 92 |
| 4 Živé a neživé, lidské a ne-lidské | 96 |
| Život a neživot | 96 |
| Lidské a ne-lidské | 109 |
| Literatura | 117 |
| Kap. 1 | 117 |
| Kap. 2 | 126 |
| Kap. 3 | 128 |
| Kap. 4 | 131 |
| Rejstřík | 133 |

Ediční poznámka II

Učební text vypracovaný ve spolupráci mezi Katedrou obecné lingvistiky UP v Olomouci, a Katedrou filosofie a dějin přírodních věd UK v Praze. Projekt navazuje na dřívější sborník *Jazyková metafora živého* (Markoš (ed.) 2010a) a jeho cílem je obeznámit biologickou i lingvistickou komunitu s hraničním oborem mezi oběma disciplínami – biosémiotikou. Úroveň textů je proto volena tak, aby mohly být použity na bakalářském stupni výuky.

První kniha představuje základy biologie a teorie živého a vzniku života, s přechýlením směrem do jazykovědy. Tato druhá kniha zaujímá perspektivu lingvistickou a sémiotickou a sleduje jejich přesahy do oblasti biologie. Text je kolektivním dílem, přesto v kapitolách převažuje autorský podpis jediného autora; ponechal jsem proto literární odkazy tak, jak je uvedli primární autoři, a v seznamu literatury jsou tyto kapitoly uvedeny zvlášť.

Hlavními autory jednotlivých kapitol jsou: (1) M. Stella; (2) K. Kleisner; (3) M. Zemková; (4) A. Markoš.

A. Markoš

Biosémiotika II.

Jazyk jako výkladová struktura životních procesů aneb Náklon lingvistiky do biologie

Ten, kdo zaslechne slovo svět, vybaví si představu veškerého velice uspořádaného a dokonalého stvoření, a právem, neboť slovo je odvozeno od slova světlo a znamená tudíž cosi krásného a čistého. Představí si proto velmi úhledný palác, koneckonců rozvržený samotnou nekonečnou Moudrostí, velice dobře vystavěný božskou Všemohoucností a vyzdobený božskou Dobrotou za přibyték krále-člověka, jenž v něm jako podílník rozumu vládne a udržuje ho v prvotním pořádku, jaký mu vtiskl božský Tvůrce. Takže svět není nic jiného nežli dům dokonale zbudovaný samotným Bohem, a to pro člověka, a není jiného způsobu, jímž by se dalo lépe osvětlit jeho skvělé poslání. Tak tomu mělo být, neboť tak to hlásá samo jeho jméno, zaručuje jeho počátek a zajišťuje jeho cíl.

(Gracián 1984, 67)

1 Nature vs. Culture? Tematizace kultury v současné biologii

ÚVOD

Evropské moderní myšlení má sklon považovat přírodu a kulturu, tj. na jedné straně intertní svět faktů, na straně druhé svět interpretace, za dva ostře oddělené a ontologicky velmi odlišné póly – překročení či dokonce pokusy o relativizaci ostřejšího předělu mezi těmito sférami obvykle budily a budí podezření, a to nejen z důvodů svého problematického oborového zařazení. Typickou oblastí, která dobře ilustruje neochotu přijmout formu méně dualistického základního rozvrhu, jsou nekonečné debaty o kultuře a jazyce u mimolidských organismů, které by do světa přírody zanesly až nepříjemně velkou proporcí toho, co bývá chápáno jako součást hájemství společnosti a člověka. Každý další objev v této oblasti vede mnohem spíše k redefinici jazyka a kultury než k uznání toho, že nejsou jen výsadou lidské (a tedy společenské a kulturní) sféry. Tato debata však nebude předmětem našeho pojednání. Nutným důsledkem popření existence jazyka a kultury u mimolidských organismů je nutně tvrzení, že u člověka se jedná o ojedinělé, mimo přírodu, proti přírodě stojící úkazy, které nelze odvodit (či nelze odvodit beze zbytku) z logiky procesů platných jinde v přírodě. Z toho vyplývá mnohými prosazovaná nutnost diametrálně odlišného přístupu, než jaký lze uplatnit na přírodní fenomény – vývoj antropologie druhé poloviny 20. století je přesnou ukázkou takové emancipace. Biologické tematizace kultury odedávna vzbuzovaly vášně, a to již od samotných počátků biologie jako disciplíny. Ostatně už pro Darwina (1871) byla právě otázka kultury, morálky a umění klíčovým bodem jeho teorie původu a variability člověka a také složkou jeho velké teorie, která budila zřejmě největší společenský rozruch – právě určitá naturalizace těchto aspektů, odedávna chápaných jako výhradně lidské vymoženosti je dodnes trnem v oku celé řady odborníků, především (nikoliv však výlučně) z řad sociálních vědců. Různé společenské a kulturní aplikace biologických disciplín jsou nicméně staré jako disciplína sama, tedy již více než dvě století (viz např. Maasen (ed.) 1995; Bannister 1979). Ač byly různé „sociální

a kulturní biologismy“ minimálně do 50. let minulého století zcela v záběru biologie jakožto vědy o živém (kam v tehdejší interpretaci spadal člověk, jeho societa a konečně i kultura), několik posledních dekad se nese ve znamení razantního odporu většiny společenskovědních disciplín k jakýmkoliv snahám o „biologizaci“ společenských věd, který však je poznamenán jednak neznalostí základních principů současné biologie, často až neochotou porozumět argumentům přírodovědců, a konečně je poznamenán také vkládáním „*power/knowledge*“ myšlení do biologických (resp. biosociálních) teorií společnosti a kultury s poukazem na jejich (jak je často upozorňováno, velmi neblahé) mocensko-politické aspekty. Signifikantní je v tomto ohledu například vyjádření Marshalla Sahlinsa, jednoho z nejznámějších kulturních antropologů: „To, co je vepsáno do teorie sociobiologie, je zavedená ideologie Západní společnosti: ubezpečení o její přirozenosti a tvrzení o její nevyhnutelnosti.“ (Sahlins 1976, 101)

Ze strany přírodních vědců zabývajících se člověkem zase často narážíme na odpor vůči „měkkým“ metodám společenskovědních a humanitních disciplín a často až přehrávané ignoranství vůči výstupům těchto odvětví („Nemáš matematickej model, tak nejseš vědec,“ jak pravil jeden nejmenovaný český populační biolog).

Možná právě proto je přírodovědné zkoumání člověka a jeho atributů včetně kultury takovým problémem – zatímco u výzkumu např. kroužkovic takřka není důvod k podezření z neoprávněného slévání pozitivní a normativní sféry, v případě výzkumu člověka jsou podobné výtky a dotazy typu „*cui bono?*“ na denním pořádku. Nechceme tvrdit, že se biologického výzkumu člověka tyto fenomény, tak dobře popsané sociologií a dějinami vědy, netýkají – právě naopak. Nicméně takto dekonstruovat na v posledku politickou kostru lze jakoukoliv teorii člověka, jak přírodovědnou, tak společenskovědní. Právě tato diskuze o povaze vztahu lidské přirozenosti a kultury se zdá být jádrem sváru mezi přírodovědnými a společenskovědními disciplínami a vytváří i prostor pro kompetici politických názorů odvozených od různých obrazů a vizí „člověka a lidství“. Diskuze nad rozsahem vlivu kultury na lidskou biologii je tak již po mnoho desetiletí z větší části právě politicko-ideologickým kolbištěm (viz De-gler 1991; Wilson 1978 a jinde).

Ač se této úrovni debaty (samozřejmě zcela relevantní) v následujícím příspěvku pokusíme vyhnout (pokud to bude jen trochu možné), faktem zůstává, že otázka biologické stránky lidského myšlení, chování, společnosti a kultury nadále zůstává záležitostí velmi ožehavou – o to více, že strany tohoto sporu hledí na ostatní s lehkým pobavením, předsudky a nezřídka odporem. Na následujících stránkách se proto pokusíme ve stručnosti a s notnou dávkou zjednodušení vyloužit různé pohledy evoluční biologie na fenomén kultury obecně, s ohledem na logickou vnitřní provázanost těchto konceptů. Jednotlivé speciální aspekty kultury zde zůstanou upozaděny s jednou výjimkou. Konkrétně se totiž zaměříme na jednu z nejprogresivněji se rozvíjejících oblastí na pomezí společenských a přírodních věd, totiž evoluční etiku, přičemž diskuze a problémy kolem této nové disciplíny lze snadno extrapolovat na kteroukoliv jinou oblast lidské kultury.

Na úvod je třeba uvést několik důležitých skutečností. Zaprvé, „evoluční biologie“ je v současnosti tak široké pole, že v zásadě není možné pojednat o jednom „konceptu kultury“ z hlediska jedné „evoluční biologie“. Vzhledem k tomu, že takřka veškerá současná biologie se tak či onak opírá o evoluční schéma, bude cílem tohoto pojednání podat informace o koncepci kultury v rámci různých disciplín tohoto pole, konkrétně evoluční psychologie (EP), kognitivní etologie, behaviorální genetiky, behaviorální ekologie (BE) a populační genetiky (a okrajově také dalších disciplín jako evoluční demografie, archeogenetiky a evoluční antropologie). Za druhé, stejně jako ve vědách společenských, ani v přírodních nepanuje jednotná definice kultury (jen v 50. letech se tento termín užíval v nejméně 150 různých významech, Kroeber & Kluckhohn 1952). Tento termín je i v biologii používán v desítkách velmi heterogenních významů, a proto se pro účely tohoto pojednání omezíme tyto významy:

- (1) pravidla chování (například rituály, ale i morálka, ekologicky vázané typy chování atd.) či chování jako takové;
- (2) mentální artefakty (jazyk, mýty, symboly atd., které vkládají do okolního světa významy);
- (3) hmotné artefakty (jedná se o „hmotné koncepty“ z myslí výrobců daného artefaktu), které zároveň vytvářejí určité prostředí;

- (4) jejich různá prolnutí, jako jsou hudba, umění, písmo a literatura atd.;
- (5) a také v neposlední řadě jako „kapacitu pro kulturu“, kognitivní základ, který kulturu umožňuje.

Lze je nicméně shrnout pod jednu definici, kterou zde budeme respektovat, nebude-li uvedeno jinak: *určitá přesvědčení, pravidla chování a instrukce, které se formou sociálního učení předávají a) z generace na generaci b) z jedince na jedince, jejich produkty a také kognitivní základ, na základě kterého je vůbec kultura možná* (pozměněno podle Barrett & Dunbar & Lycett 2007). Tato definice je dostatečně široká na to, aby překlenula spory o vymezení „kultury“ v rámci biologie, které okrajově zmíníme dále v textu, a také koresponduje s velmi často se vyskytující předpokládanou analogií biologické a kulturní evoluce.

Ani tím však problémy s definicí našeho tématu nekončí. Dávný spor o tom, zda je lidská kultura něčím nepřirodním či protipřírodním, jdoucím proti „bestiální“ lidské přirozenosti, nebo je naopak jejím produktem či nutnou podmínkou jejího rozvoje, se manifestuje i v současných biologických úvahách o povaze kultury. Tento spor pak implikuje další otázky, především zda vůbec kulturu lze biologicky zkoumat (je-li nepřirodním, nad přírodou stojícím fenoménem) či zda je taková snaha kompatibilní se společenskovědními koncepcemi kultury (viz též kap. 4). Odpověď biologie na tuto otázku je při určitém zjednodušení jednoznačná – kulturu, jelikož se nejedná o výlučně lidský fenomén, lze zkoumat jako biologický fenomén, především pak proto, že se stále intenzivněji ukazuje, že bez dalších typů dědičnosti mimo genetické (tj. epigenetické, kulturní atd.) nemohou evoluční modely vysvětlit celou řadu fenoménů ze světa živočichů (Jablonka & Lamb 2005; Gottlieb 1992) a bez kultury, negenetického přenosu informací prostřednictvím sociálního učení se evoluční biologie již neobejde. Ač se předpokládalo již před více než sto lety, že právě sociální učení hraje v evoluci velmi důležitou roli (např. Baldwin 1896), větší pozornosti se tomuto aspektu dostává až v posledních dvou desetiletích. Kultura, kulturní tradice (resp., jak se o ní často v biologických disciplínách hovoří, kulturní dědičnost) je nutnou podmínkou k vysvětlení např. celé řady typů chování u živočichů a také jedním z důležitých pohonů samotné biologické evoluce a speciace

(vzniku nových druhů). A ačkoliv kultura a sociální učení zdaleka není jediným z možných kanálů změny chování a v důsledku toho i evoluční změny, představuje sociální učení (Shettleworth 2010) a v důsledku toho i kultura (kulturní dědičnost) důležitý evoluční faktor (Avital & Jablonka 2003).

BIOLOGIE A KULTURA – ZÁKLADNÍ TERMÍNY BIOLOGICKÝCH TEMATIZACÍ KULTURY

Pokud si položíme otázku: „Jak dnešní evoluční biologie pohlíží na fenomén kultury?“, musíme si uvědomit jistá specifika tohoto odvětví. Zprvée, fenomén kultury není zkoumán pouze s ohledem na člověka, proto do biologických definic kultury obvykle spadá širší škála fenoménů, než by tomu bylo např. v antropologii či sociologii (pro přehled současných diskuzí nad užitím pojmu kultura například viz Laland & Janik 2006). Za kulturu je obvykle považován jakýkoliv negenetický, mezigenerační i horizontální přenos instrukcí k jistému typu chování či kognice, někdy i toto chování samotné. Jak již bylo řečeno, je tento aspekt ve stále větší míře považován za evolučně velmi významný – není tedy a priori zkoumán jako lidské specifikum a matematické modely (hypotézy testované vůči empirickým datům, viz níže) mají obecnější platnost. Neznamená to však, že by lidská kultura nebyla vnímána jako unikátní – právě naopak. Dokonce to neznamená ani to, že by byla kultura chápána jako determinovaná biologickými předpoklady. Jak napsal klasik evoluční biologie Theodosius Dobzhansky: „Lidskou evoluci nemůžeme chápat ani jako čistě biologický proces, ani nemůže být adekvátně popsána jako historie kultury. Jde totiž o souhrn biologie a kultury. Mezi biologickými a kulturními procesy existuje zpětná vazba“ (Dobzhansky 1962, 18). Sociálními vědci biologům často podsouvány „biologický imperialismus“ vyplývá spíše z nepochopení odlišného kladení otázek v biologii (nebo z nevole k takovému tázání, ať již jakkoliv motivované) oproti společenským vědám a také existence jediného obecného zastřešujícího paradigmatu v biologii, totiž evoluční teorie. Výkladů evoluce je celá řada, principiálně však nikdo nepochybuje o historicitě živé přírody. Diskuzi lze vést o principech, na jejichž základech dochází ke změně od jednoho stavu k druhému, o obecných

příčinách historicity jako takové, nikoliv však o ní pochybovat. V zásadě platí, že rozdíl mezi kosmologií, astrofyzikou, planetární vědou, vědami o živém a naukou o evoluci a dějinami lidských společností, kultur a jazyků není ani tak ontologický, ale mnohem spíše jde o rozdíl v časovém měřítku – arbitrárnost, kontingence a také interpretace hrají totiž roli na všech úrovních tohoto velkolepého procesu, kterému říkáme „svět“. V žádném případě tedy nejde o to, snižovat význam kultury oproti biologii, naopak naprostá většina výzkumníků usiluje o integrativní přístup (viz Cronk 1999). Již na té nejbanálnější biologické (resp. evoluční, selekcionistické) úrovni není možné přehlédnout, že kultura, respektive kultura vytvářejí velmi odlišná prostředí. Často se setkáváme s termínem „*cultural environment*“ a kultura je v některých svých ohledech, především co se týče materiální kultury a komunikačních a sociálních aspektů kultury dokonce s prostředím ztotožněna. Obecně pak platí, že pro normální rozvoj jakéhokoliv znaku je třeba, aby k němu docházelo v určitých podmínkách – prostředí organismu musí splňovat určitá kritéria, aby se znak, je lhostejné zda behaviorální, kognitivní či morfologický, vyvíjel tak, aby plnil svou funkci. Pokud si kterýkoliv normální znak organismu představíme jako obdélník, jednu jeho stranu jako genetický vliv a druhou jako soubor vnějších vlivů (environmentální vlivy, průběh ontogeneze, vliv plasticity organismu atd.), je nezbytné, aby délka stran a i b byla nenulová. V opačném případě nedojde k rozvoji vlastnosti vůbec – neexistuje obdélník s délkou jedné strany o hodnotě 0. Totéž pak platí i pro kulturu jako prostředí a jak uvidíme níže, jsou na ni lidé přímo fatálně vázáni, což svědčí o dlouhém a setrvalém evolučním působení kultury na člověka – dokonce se zdá, že se u něj vyvinuly speciální adaptace na toto svěbytné prostředí (viz např. Tomasello 1999a, b), které zpětně napomáhají jeho udržování a šíření (viz např. Stella 2008).

Zadruhé, je třeba si vyjasnit některé základní pojmy evoluční biologie (EB), se kterými se setkáme a které nemůžeme opomenout. Ze samotné svojí definice zkoumá EB fenomény a struktury, které považuje za adaptivní, tedy takové, které přímo či nepřímo (viz níže) zvyšují tzv. biologickou zdatnost (fitness) jedince (resp. i nižších a vyšších jednotek než jedinec, viz níže) v evoluci. Přímá (exkluzivní) fitness jedince reprezentuje počet jeho reprodukceschopných

biologických potomků. Tzv. fitness inkluzivní pak zahrnuje i fitness jedincových biologických příbuzných, se kterými sdílí určitou část svého genetického materiálu (lépe řečeno, v případě polymorfních genů toto číslo, index příbuzenství, vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou daný příbuzný zdědil totožnou variantu genu, tzv. alelu – v případě rodičů je tento index 50 %, stejně jako u vlastních sourozenců a dětí, u prarodičů a vnoučat je tento index 25 % atd.). Fitness tedy vyjadřuje úspěšnost jedince v přirozeném výběru, hlavním pohonu biologické evoluce. Za předpokladu, že jedinci se různí ve svých vlastnostech (existuje variabilita), existuje poměrně konzervativní přenos dědičné informace z generace na generaci (existuje dědičnost, respektive dostatečně vysoká dědivost znaků z generace na generaci) a konečně jsou tito jedinci rozdílně úspěšní v získávání omezených zdrojů (*kompetice*), pak můžeme hovořit o působení přírodního výběru, ve kterém úspěch oproti lidové představě neznamená přežít, ale především plodně se rozmnožit. Zatímco dříve se za jednotku přírodního výběru, tj. za to, „o co jde v evoluci“, považovala skupina či dokonce druh, dnes je to spíše jedinec nebo dokonce geny. Právě na předpokládané analogii genů (jako určitých sebeaplikace schopných nositelů informace, instrukcí) a kulturních znaků (tedy opět sebepublikace schopných nositelů informace či instrukcí, kterým se nejčastěji říká „*memory*“) je založena značná část biologických úvah o kultuře (viz níže). Právě otázka adaptivnosti či maladaptivnosti memů z hlediska genů, jejich kooperace či naopak relativní nezávislost tvoří jádro biologických debat o povaze kultury.

Za třetí, evoluční biologie, ve snaze přiblížit se exaktním přírodním vědám (fyzika, chemie), pracuje především s matematickými modely výskytu a změny frekvence alel v populaci za daných podmínek (jedná se vlastně o matematické hypotézy o evolučním procesu). Obdobně pak biologie pracuje i s kulturními znaky (viz níže). Zde je třeba zdůraznit, že empirická báze, totiž testování hypotéz vůči sebraným datům, značně zaostává za teoretickou prací, a tak je evoluční biologie především teoretická disciplína, odkázaná na neustálý přísun dat z okolních disciplín.

Za čtvrté, fenomén kultury je často ztotožněn či stojí blízko chování (což je samo o sobě problematické i v rámci společenskovedních disciplín) a také

fenoménům, jako je morálka či umění, dotýká se tedy problémů svobody volby jednotlivce a zdrojů vzniku nového v (kulturní a nakonec i biologické) evoluci. Obě oblasti jsou v rámci biologie nepřilíš zohledňovány, což je jednak dáno zaměřením evoluční biologie jako takové, jednak problematickou (nikoliv však nulovou, jak ukazuje např. de Waal & Tyack (eds.) 2003; Wheeler 2006 či Gottlieb 1992) možností otevření těchto témat v biologii. Jak již bylo řečeno, právě kultura, kulturní dědičnost je považována mnohými jednak za jeden z možných zdrojů evolučních novinek, jednak úzce souvisí s častým argumentem tzv. „biologického determinismu“, častého argumentu nebiologů proti snahám biologicky orientovaných výzkumníků. Mezi sociálními vědci obvykle panuje představa, že jakákoliv biologizace výsostných domén člověka, jako je kultura, jazyk, morálka, sebereflexe či náboženství jej jednak zbavuje jeho jedinečnosti a s ní spojené svobody jednání, jednak se snaží komplexní soubory fenoménů, kterými výše zmíněné oblasti jsou, převést na soubor jednoduchých, deterministických celků a případně matematických formulí (k dalším obvyklým představám nebiologů o biologické tematizaci lidských atributů jako je jazyk, kultura či svoboda rozhodování, viz např. Pinker 2003). Tato představa je nicméně až na výjimky mylná. Málakterý biolog zabývající se člověkem pochybuje o lidské výjimečnosti, respektive nepochybuje o ní o nic více, než by pochyboval o výjimečnosti jakéhokoliv jiného druhu. O čem však řeč být nemůže, je vytváření nějaké apriorní odlišnosti „člověka“ vůči kategorii „zvířete“. Z hlediska biologie dichotomie člověk-zvíře nedává žádný smysl.

Rozdílnosti a podobnosti je vždy třeba chápat vztaheně k určitému fylogenetickému stromu (hypotéze o příbuznosti znázorněných druhů), tedy více rozdílu bude panovat mezi potkanem a člověkem a naopak mezi šimpanzem a člověkem bude panovat značná shoda. Každý druh je nicméně výjimečný právě určitým souborem vlastností, který jej vymezuje vůči ostatním. Jde tedy především o to, vysvětlit vznik a původ těchto rozdílu, nikoliv je normativně předpokládat. Evolučně smýšlející biolog se vždy ptá nejen, „jak“ daný znak vznikl, ale i „proč“, ptá se po specifikách, které vedly k jeho vzniku a vývoji. Nejinak tomu je i v případě jedinečnosti člověka ve vztahu ke kultuře. Argument se svobodou chování zde není možné blíže rozvíjet, a proto zde jen uvedme, že

v jistých sílících částech biologie, jako je kognitivní etologie či biosémiotika, naopak roste trend chápat organismy jako svobodně se rozhodující subjekty (Beckoff & Allen & Burghardt (eds.) 2002; Martinelli 2010) a také sledujeme trend rozšiřování různých lidských atributů, jako je morálka, umění, politika či jazyk směrem k mimolidským organismům.

Další soubor námitek, totiž že biologie je deterministická a snaží se tak pojmát i člověka a jeho tradiční atributy, se zakládá na mylném předpokladu, že biologie je přírodní vědou ve smyslu chemie nebo fyziky. Od dob, kdy vývoj biologického myšlení ovlivnila idea evoluce, nicméně biologie deterministická být z principu nemůže. Operuje s jedinečnými druhovými entitami v jedinečném prostoru, neopakovatelných vzájemných vztazích, a daleko více se tak podobá historii než fyzice či chemii, jejichž předměty zájmu jedinečné ani neopakovatelné nejsou. Ostatně minimálně celé 20. století je poznamenáno snahou části biologie přiblížit se tzv. exaktním vědám, nutno dodat že doposud neúspěšných. Geny a teorie dědičnosti skýtaly podle mnohých jednu z možností, jak v biologii odhalit ony neměnné, stálé entity, které lze plně kvantifikovat, přenést do matematického prostoru a plně předvídat jejich chování. Raná Wilsonova sociobiologie, tak často demonizovaná, byla produktem právě tohoto nadšení (Wilson 1975) a je třeba říci, že v určitém omezeném výseku živého, totiž v případě altruistického chování eusociálního hmyzu (na které byl a je Edward O. Wilson celosvětovým expertem), jeho matematizace fungovala naprosto brilantně. Nežrídka funguje i jako pomůcka v případě analýzy příčin chování dalších druhů, ona „genetická matematika“ dokonce představuje jakýsi základ, na kterém je slušné stavět, ovšem je vždy třeba mít na paměti, že jde o metodologickou redukci, o usnadnění pochopení určitých vztahů, nikoliv o ontologické zredukování chování živočichů, potažmo člověka na jednoduchý, deterministický set geneticko-matematických vztahů, jak neustále opakují i ti nejotrlejší proponenti sociobiologie (Dawkins 1976 a jinde).

Mezi veřejností je „*genocentrická*“ biologie (sociobiologie) nejznámějším typem evoluční biologie, i když v současné době platí mezi odbornou veřejností za již za značně zastaralý, byť ve své době účelný pokus o vysvětlení sociálního chování živočichů včetně člověka. Tato koncepce, nepovažující za jednotku

evoluce druh ani jedince, ale gen, resp. alelu (určitou variantu genu, soupeřící o své „místo“ v genomu s ostatními) tvrdí, že druhy a organismy jsou ve své podstatě bojišti, na kterých se potýkají různé varianty genů. Tyto geny mohou vytvářet dočasné, pro všechny zúčastněné výhodné aliance, které se navenek projevují jako jednotlivé druhy (či poddruhy, v zásadě i všechny ostatní taxony) si za úkol kladou jediné – přenést se do další generace. Z toho vyplývá, že jedinci jsou pouze jakási vehikula k dosažení tohoto cíle. Je třeba zdůraznit, že geny jako takové samozřejmě nemají žádnou vlastní aktivitu či „vůli“. Jejich soupeření vyplývá z prostého faktu jejich různé množivosti, jejich variability a konečného počtu „míst“ (tj. jednotlivých genotypů, genetických výbav nesených jedinci). Obdobně i sociobiologický pohled na kulturu, resp. přenos a dědičnost jejích jednotek postulují, že to, co na povrchu vypadá jako jednotlivé kultury, je ve skutečnosti pouze souhrnem kulturních znaků (kulturgenů) nesených jedinci, pomocí kterých tito soutěží o genetický reprodukční úspěch (genetickou fitness; Lumsden & Wilson 1981), blíže viz níže, oddíl *Kultura v tahu biologie*. Ti, kteří se z toho či onoho důvodu rozhodnou pro znaky neadaptivní či maladaptivní (nebo jsou k nim různými okolnostmi zatlačeni), tak snižují svou genetickou fitness.

Za páté, je třeba si uvědomit, že nezanedbatelná část biologie jako vědy pracuje s kulturou, resp. s kulturními znaky jako s analogií genů. Hovoří se o kulturní dědičnosti (analogii dědičnosti genetické), kultura je vesměs chápána jako soubor diskrétních jednotek schopných replikace (přenosu z jedné lidské mysli do druhé) a tyto jednotky také mezi sebou, opět v analogii s geny, kompetují o místo v lidských myslích – tzv. *memofondu* (analogii genofondu). Tyto hypotetické jednotky jsou tedy považovány za jakési „virální“, avšak nehmotné entity, které podobně jako geny mohou vytvářet aliance – tzv. *memplicity* (v případě genů organismy, v případě kulturních jednotek různé kulturní entity jako mýty, náboženství, komplexní zvyky atd.). Tyto jednotky bývají někde nazývány *mimemy* (odvozeno z mimeze, nápodoby, tedy prostředkem jejich replikace, Dawkins 1976), jinde *memy* (poprvé Blackmore 1999, pro současný přehled memetiky, vědy o memech, viz Distin 2005, 2011 či Auger 2002; Auger (ed.) 2000) či *kulturgeny* (Lumsden, Wilson 1981, byť s jistými

odlišnostmi, především pak v předpokladu jejich závislosti na genech). Stejně jako geny mají i tyto hypotetické jednotky charakter programů, respektive instrukcí k utvoření určitých vlastností či vlastnosti (její části) – v případě genů jde o určité sledy bílkovin a v důsledku určitých vlastností fenotypu organismu. Memetika, nauka o šíření a evoluci těchto jednotek, je v současnosti známá mnohem spíše u veřejnosti než uznávaná odborníky (pro výbornou analýzu vědeckého statusu memetiky viz Uhlíř 2010). Důvodů ke kritice memetiky je celá řada a zde je nemůžeme všechny probrat.

Z nejdůležitějších zmiňme především to, že „memy“ (tento termín budeme v textu nadále používat) jako diskrétní jednotky kultury (či obecněji informace) jsou pouze předpokládány, nikoliv empiricky zjištěny (důkazy svědčí spíše o opaku). Analogie memů a genů pak nutně selhává, stejně jako představa jejich srovnatelné dědičnosti. Na představě memů bývá kritizováno i to, že jsou v některých interpretacích prezentovány jako „sobecké“ parazitické entity, šířící se de facto nezávisle na svém substrátu (lidí, resp. jejich mysli) a bez ohledu na jejich prospěch. Dokonce je takto kultura interpretována jako pouhý epifenomén jiných lidských kognitivních schopností a biologické výbavy, konkrétně velikosti lidského mozku (Dunbar 1998). Kultura, především pak mýty, náboženství, morálka atd. by pak byla jakousi matoucí rouškou, deformující „původní“ biologicky relevantní pohled na svět (Blackmore 1999; Dawkins 2006; myšlenka kultury „poškozující“ původní biologickou relevanci získaných adaptací je i u samotných základů evoluční psychologie, disciplíny spřízněné jak se sociobiologií, tak částečně s memetikou. Dokonce celá lidská mysl by v extrémních interpretacích byla jedním velkým parazitickým memplexem, nebiologickou entitou zneužívající vlastního biologického substrátu k vlastní reprodukci (memetici takto vysvětlují například náboženské fundamentalisty – sebevražedné atentátníky).

Snad nejzávažnější námitkou proti memetické teorii je představa lidské mysli jako pasivního receptoru parazitických memů, předávaných v relativně nezměněném stavu dále. Tato představa je velmi problematická především proto, že zcela vypouští proces sémioze, interpretace dané informace aktivním subjektem. Pokud si například kuchařský recept představíme jako mem, výsledný

produkt (pokrm) je silně ovlivněn tím, jak k receptu přistupuje subjekt (v tomto případě kuchař) – jedna a taž informace může být interpretována nekonečným množstvím způsobů, jednak podle talentu kuchaře, jeho znalosti dalších receptů a zkušenostech, jednak použitých surovin. Jednoduchá představa deterministického memetického programu pak nutně bere za své. Ukazuje se navíc, že nefunguje ani v oblasti, ze které vznikla, totiž ve sféře genetiky (viz kap. 2–3). I interpretace genetického zápisu, sekvence bází, v podstatě textu, je bytostně závislá na svém „čtenáři“ a jeho momentálním „nastavení“ (viz např. Markoš 2003). Ani v tomto ohledu pak není postulovaná analogie genů a memů příliš přílehavá. Například v rámci biosémiotiky existují snahy o obohacení představy kulturní evoluce a tradice o sémiotickou složku (Wheeler 2006). Myšlenka „memů“ jako dokonalých analogů „genů“ je do značné míry pomýlená a je odvozena především ze zjednodušeného pohledu na geny odvozeného z populární verze genocentrické sociobiologie.

Za šesté, značná část populárních (tedy obecně rozšířených a čtených) biologických průniků do sféry kultury a společnosti není ve skutečnosti vedena biology, ale sociology, antropology, psychology, filosofy či dokonce novináře se zálibou v biologických disciplínách. Autorka mezi veřejností slavné *Teorie memů* Susan Blackmore (1991) dokonce drží doktorát z parapsychologie. Ne vždy se tedy jedná o úspěšně publikující biology. Z toho vyplývá již výše zmíněný problém, totiž že biologické interpretace kultury co do své aktuálnosti a zakořenění v biologických konceptech značně pokulhávají za vývojem v biologii. Jsou často jen jakousi extrapolací zašlých biologických teorií na oblast kultury. Tedy – ne že by kulturu nebylo možno zkoumat prostředky evoluční biologie (mnozí tak dlouhá desetiletí činí), avšak otázka tkví takřka vždy v aktuálnosti používaných konceptů a náležitosti jejich použití. Tam, kde se biologické disciplíny a profesionální biologové oblasti kultury dotýkají, jako je behaviorální genetika, archeogenetika a evoluční antropologie, obvykle zase schází ochota vzít v potaz obecně „problematizující“ a hlavně „Verstehen“ přístup společenskovedních disciplín, který by v běžném vědeckém provozu spíše bránil úspěšné publikaci zjištěných výsledků (k současnému vývoji tohoto odvětví viz Carson & Rothstein (eds.) 1999).

Často také bývá (jak samotnými vědci, z důvodů lepší publikovatelnosti, tak jejich popularizátory, z důvodů lepší čtivosti textu) zaměňována korelace a kauzalita. Zjistí-li behaviorální genetik, že např. u sériových vrahů se výrazně častěji vyskytuje určitá alela, může z této korelace vyvodit, že jde o „gen pro masové vraždy“. Ve skutečnosti to myslí jako nadsázku nebo účelné zjednodušení jak gen pojmenovávat, pokud ne, zapomíná na hiát, který zeje mezi úrovní genetickou a úrovní aktuálního chování – i takovéto myšlenkové zkratky se však vyskytují, zaobalené do poněkud vágní kauzální argumentace¹, nezřídka na poli behaviorální genetiky. Popularizátor však tento „gen pro masové vraždy“ vezme jako holý fakt a tak jej i prezentuje. Proto ne vše, co se objeví v rámci populární produkce, odpovídá stavu, v jakém je problém řešen v rámci akademické biologie, ač existuje jakási zvláštní zpětná vazba a populární knihy jako Dawkinsův *Sobecký gen* (1976) či Wilsonova *Lidská přirozenost* (1978) jsou nezřídka citovány i v rámci akademické diskuze (zvláště pak na periferii, kde víceméně neexistují na tuto problematiku specializovaná pracoviště a fundovaní odborníci s přehledem v současném vývoji a literatuře, tedy i Česko), ač jejich vyznění je často zjednodušující.

Za sedmé, snad největším rozdílem mezi přírodovědnými a společenskovědními obory je jejich obraz člověka, se kterým pracují. Jiný obraz člověka pak implikuje i jiný způsob kladení otázek, dávající nezřídka smysl jen v daném kontextu. Dá se říci, že asi nejradikálnější a neustále tradovanou kritiku společenskovo vědního obrazu člověka provedli John Tooby a Leda Cosmidesová v knize *Adapted Mind. Evolutionary psychology and the generation of culture* (Barkow & Cosmides & Tooby (eds.) 1992), která je dodnes hojně citovanou biblí evolučních psychologů, zřejmě nejagresivněji vystupující větve „biologizujících“ směrů úvah o společnosti a kultuře (ač většina autorů biologie systematickým vzděláním není – přílehavější výraz pro tento směr by byl spíše „evolucionizující“).

Ve své kritice se pouštějí do dekonstrukce tzv. *Standard Social Science Model* (SSSM), obraz člověka, na kterém podle nich staví velká část společenských věd. Ten z různých (jak tvrdí autoři, z historických a především mocenských)

1 Mezi ty obskurnější behaviorálně genetické studie patří například práce D'Onofria et al. (1999), kde se autor pokouší odhalit „geny pro sklony k pobožnosti“.

důvodů prezentuje člověka, resp. jeho mysl, jako nepopsaný list papíru. Protože děti všude na světě se rodí stejné, se stejnými schopnostmi a potenciálem (tento aspekt SSSM vyplývá z oprávněného odporu vůči různým rasovým teoriím 19. a první poloviny 20. století, které by tvrdily pravý opak a naopak by různé kultury považovaly za produkty různě uzpůsobených a vyvinutých lidských biologií) a dospělí se v jednotlivých kulturách liší, nemůže jejich rozdílnost být podmíněna biologicky, ale kulturně.

Vzhledem k tomu, že děti neprojevují komplexní sociální a kulturní chování dospělých, jsou biologicky vybaveny pouze několika rudimentárními pudry a naopak velmi rozvinutou schopností učit se. Tyto závěry pochází ve skutečnosti z lůna behaviorismu, behaviorálně-biologické a psychologické školy první poloviny 20. století, jejíž výsledky byly a jsou populární především v anglosaském světě a ukazují se být z naprosté většiny zcela pomýlené; na podobnou představu o lidské biologické výbavě narážíme skutečně v sociálních vědách poměrně často. Protože u dětí nenacházíme strukturované chování a vědomosti dospělých, je v rámci logiky SSSM zřejmé, že všechny tyto aspekty jsou předávány kulturně a jsou bezvýhradně získané, nikoliv zděděné. Kultura je zde ztotožněna se „získaným“, biologické parametry s „vrozeným“, či dokonce „geneticky determinovaným“ – a právě proto v rámci SSSM nemá biologie o lidském chování co říci. Lidská mysl je totiž takřka nekonečně tvárná a je to až sociální svět, který určuje lidskou mentální organizaci. To co je pro člověka určující je učení a socializace, nikoliv jeho biologická stránka. Lidská mysl tedy neformuje kulturu, ale naopak, kultura formuje bezzbytku lidskou mysl.

Komplexní organizace lidských společností a i lidská zkušenost jsou tedy strukturovány kulturou a společností – tato organizace je do člověka „otisknuta zvnějšku“ jako na nepopsaný list papíru. Otázka, kde se tedy kultura vzala, pokud jejím zdrojem nejsou jedinci (ti ji pouze přijímají), resp. lidská mysl (ta není sama o sobě vybavena strukturami, které by byly něčeho takového schopny), zůstává podle Toobyho a Cosmidesové nezodpovězena, resp. je svedena na neurčitou entitu „skupiny“. Z obdobných úvah i vyplývá údajný odpor společenskovědních oborů vůči konceptu „lidské přirozenosti“, jak tvrdí tito dva zřejmě nejlivnější evoluční psychologové. Protože člověk je

prezentován jako „nádooba čekající na naplnění“, které jej teprve učiní člověkem, ona samotná stojí mimo zájem sociálních vědců. Evoluce člověka proto prý podle sociálních vědců nemá sociálním vědám co říci (blíže viz Barkow & Tooby & Cosmides (eds.) 1992, 19–136). Navíc, protože lidská biologická výbava je tak obecná a nepatrná, že nutně potřebuje naplnění kulturou, lze se domnívat, že žádná další biologická evoluce člověka již neprobíhá a adaptace se děje pouze na úrovni kulturní. Navíc kulturní evoluce běží tak rychle, že žádná adaptace na biologické úrovni by neměly ani čas vzniknout. Zpětně to pak pak biologové začali tvrdit také a přestali se zajímat o evoluci člověka v posledních stech tisících letech.

Přítom biologicky orientovaní výzkumníci by v různých obměnách tvrdili přibližně toto (v zásadě pravý opak výše řečeného): lidská mysl se skládá z mechanismů ke zpracování informací, které vznikly v evoluci a které tvoří pevnou součást lidského nervového systému. Tyto struktury a jim podléhající kognitivní mechanismy jsou, vzhledem k relativně recentní geografické a kulturní radiaci lidského druhu, u všech lidí totožné nebo se liší jen nepatrně.

Tyto mechanismy a také proces jejich ontogenetického vývinu představují adaptace, které vznikly přírodním výběrem (zde by evoluční psychologové dodali, že v ancestrálním prostředí – v environmentálních a sociálních podmínkách, kde se vyvíjeli předci dnešních lidí po většinu času – a jiní, např. zastánci HBE či DIT by s nimi v tomto bodě nesouhlasili. EP vychází paradoxně v souladu s SSSM z předpokladu, že lidská biologická evoluce nemůže reagovat na změny, které přineslo prostředí zemědělských společností a tím méně společností moderních.

Celá řada těchto mechanismů lidské mysli je funkčně specializována na řešení biologicky relevantních problémů, jako je výběr partnera, jazyk, kooperace, socialita a v některých interpretacích i kultura (v jiných je totiž kultura považována za epifenomén a vlastně náhodný projev jiných lidských schopností, především sociality). Část (nikoliv veškerý obsah) kultury je generována těmito mechanismy (kapacit pro určité typy chování, artefaktů, také morálních a jazykových kapacit). Postulovaná specifická těchto mechanismů je v jednotlivých pojetích velmi liší.

Kulturní obsah vytvořený těmito mechanismy je přijímán, modifikován a dále předáván jedinci v rámci populace. Nepanuje shoda v tom, zda je kultura dána souhrnem kulturních znaků v rámci populace nebo zda ji lze chápat i jako jakýsi nadindividuální celek.

Biologický pohled (resp. biologické pohledy, které se v mnoha aspektech rozcházejí), tedy neupírá kultuře svébytnost. Tvrdí však, že představu „*Omnis cultura ex cultura*“ nelze uplatnit vždy a všude a že mezi biologickou stránkou člověka a kulturou existuje vazba (resp. různé typy vazeb), které je třeba zkoumat, aby a) mohl být dostatečně uchopen princip kulturní diverzity člověka (panuje zde předpoklad jistých mantinelů, ve kterých se kultura, stejně jako societa, může pohybovat – opět, šíře těchto mantinelů se v různých pojetích diametrálně liší) a b) aby mohly být dostatečně vysvětleny jisté unikátní lidské biologické rysy. Obě otázky tedy spojuje jeden problém – lidská variabilita (resp. variabilita lidského chování) a její zdroje. Zatímco v otázce lidské morfologie či fyziologie by snad jen málokdo shledával biologická vysvětlení pobuřující (pigment v kůži, množství růstového hormonu, pohlavní chromozomy XX nebo XY), v otázce chování (biologicky s předchozími zmíněnými úrovněmi úzce související) se zdá být opak pravdou.

Argument biologův by zde tedy nejspíše zněl: Předem nelze nikdy říci, že daný jev nemá biologické vysvětlení, pokud by se nepodařilo prokázat opak (a dodejme, že nějaké biologické vysvětlení se najde vždycky). Nemohou být zdroje lidské variability nalezeny v evolučním procesu, ať již kulturních znaků, genetické evoluce lidských populací či jejich vzájemné interakci? Sociální vědec by namítl – proč zkoumat biologicky něco, o čem předem víme, že k tomu biologie nemá co říci (a když navíc máme vlastní, přiléhavé vysvětlení, které se bez „nepochopitelných vetřelců odjinud“ dost dobře obejde)? Je patrné, že zákopy jsou na obou stranách velmi pevné a bráněné se zarytou urputností (proto byla pro názornost výše prezentována extrémní stanoviska). Postavit se mezi by zvanělo pokusem o sebevraždu. Přesto tak někteří činí, a to bez nároku usurpovat si území jedné či druhé válčící strany nebo jedné či druhé straně nadřzovat – usilují totiž o smír a snad jejich spojení do jedné „federace“. Jednotícím rámcem těchto snah nicméně bývá evoluční teorie (ne vždy však ve smyslu evoluce biologické!)

a možná že právě zde se bere nedůvěra mnohých v tyto pokusy. Evoluční teorie, ač představuje lákavý interpretační rámec, má jednu nevýhodu (stejně jako všechny ostatní velké interpretační rámce, od marxismu po psychoanalýzu) – aby dávaly smysl, musí člověk přistoupit na jejich hru a získat vzhled do jejich vnitřní logiky. Z pohledu z vnějšku je totiž evoluční teorie stejně vratká jako kterýkoliv jiný explanační rámec stojící v poslední instanci na neprokazatelných základech.

Celkově můžeme v biologických pohledech na kulturu identifikovat 4 různé modely interakce biologických a kulturních evolučních procesů (viz Durham 1991, jiní autoři obvykle člení na tři různé módy vztahu memů a genů, viz Barrett & Dunbar & Lycett 2007). První model můžeme nazvat *modelem nevázaných memů* – staví na již zmíněné analogii memů a genů a předpokládá, že memy, jejich šíření a evoluce jsou v zásadě nezávislé na svých biologických nosičích a to, o co v jejich evoluci jde, je maximalizace jejich, tedy memetické, fitness. Podléhají obdobným evolučním pravidlům jako geny v rámci evoluce biologické. Druhý model, který zde pracovním způsobem můžeme nazvat *model rozšířeného fenotypu*, naopak předpokládá, že kultura (či její část) je de facto v tahu biologie – memy jsou ovládnány v zásadě geneticky a to, co je v tomto modelu rozhodující, je genetická fitness. Třetí přístup, *fenogenotypový model*, předpokládá vzájemné působení genů a memů takovým způsobem, že maximalizují svou společnou fitness a vzájemně se podmiňují. Podobný je i tzv. *model „enhancementu“* (Durham 1991), který předpokládá, že některé kulturní adaptace sledují adaptace biologické, aniž by je přímo podmiňovaly či ovlivňovaly. Model čtvrtý, *teorie dvojí dědičnosti* (dual inheritance theory, DIT či koevoluční teorie v užším slova smyslu) postulují primární nezávislost memů a genů, předpokládá jejich na sobě relativně nezávislý vývoj, nicméně nevylučuje možnosti jejich koevoluce a vzájemného vlivu. Každý z těchto modelů ve skutečnosti postihuje poněkud odlišnou část toho, co je chápáno jako kultura, a teoreticky jsou všechny modely funkční i vedle sebe. Často nejsou v jednotlivých teoriích rozlišeny, a ač se zdánlivě vylučují, zdá se, že spíše popisují různé facetly vztahu genů a memů. Všechny modely v zásadě také poskytují odlišný pohled na vznik a vývoj lidské diversity. Jeden fenomén lze proto většinou nahlédnout vysvětlit hned více modely, což jim nutně neubírá na explanační síle.

NEVÁZANÉ MEMY – NEUTRÁLNÍ TEORIE KULTURNÍ EVOLUCE

První model, model nevázané kultury, je založen na předpokladu, že jednotky kultury jsou analogické genům (mají stejné či podobné vlastnosti), jsou předmětem přírodního výběru a tedy i evoluce. V tomto modelu je jejich zpětný vliv na biologické nosiče zanedbán. Kromě výše zmíněného problematického předpokladu, že kultura má nějaké diskrétní jednotky, je dalším předpokladem mechanismus přenosu. Tím je v tomto případě sociální učení. Se samotnou definicí toho, co je a není sociální učení, respektive jaké typy sociálního učení se v přenosu kulturní tradice uplatňují, je samozřejmě problém. Psychologové v rámci snahy dokonale oddělit učení od jiných typů učení často vylučují z jeho definice takové chování, které by mohlo mít ekologickou či jinak adaptivně relevantní hodnotu – zkoumají pak v zásadě jen takové chování, které v zásadě ničemu neslouží (byť jde o metodologickou redukci, přenos adaptivních a neadaptivních složek se může podstatně lišit). Antropologové naopak používají takové definice, které zahrnují i chování, které vůbec nemusí pocházet z procesu sociálního učení imitací (stimulační vývoj, emulační učení či dokonce učení individuální, pokusem či omylem či vhladem). Na tomto místě si musíme vystačit s tím, že mechanismem přenosu lidské kultury je řízená nápodoba. Tento mechanismus umožňuje dalším generacím i jedincům téže generace „neztrácet čas“ stále se opakujícím individuálním učením – řízená nápodoba umožňuje stavět na již naučeném. Právě mechanismus přenosu, dostatečně konzervativní k tomu, aby zachoval naučené chování (a zároveň umožnil jej případně změnit či dále rozvinout), je pak nutnou podmínkou k tomu, aby mohla existovat nejen kulturní tradice, ale především kulturní evoluce – fenomén známý ze všech živočišných druhů právě u člověka (někteří autoři by sem, avšak v daleko menší míře, zařadili i jiné druhy, viz např. Laland & Galef (eds.) 2009). U jiných druhů, jako jsou například šimpanzi, se sice setkáme se značnou kulturní diverzitou mezi jednotlivými skupinami (McGrew 1992, 2004; Wrangham (ed.) 1994; Heyes & Galef (eds.) 1996), nicméně se zdá, že je jejich kultura v tomto případě velmi konstantní a neměnná – což podle všeho souvisí právě s mechanismem jejího přenosu, který zmíníme jinde.

Přesto je s kulturou jeden zásadní problém – podle jednoduchého *in silico* experimentu, který provedl Rogers (1988) by totiž sociální učení, a tedy ani kulturní evoluce v zásadě neměly existovat. Pokud bychom imaginární populaci rozdělili na „napodobitele“ a „učitele“ (kdy první napodobují chování učitelů, kteří jej získávají individuálním učením), sice by z počátku počet napodobitelů rostl (neztráceli by čas individuálním učením), avšak posléze by výhoda napodoby začala klesat a stala by se nevýhodnou – napodobitelé by totiž se vzrůstajícím počtem jich samotných v populaci začali napodobovat sami sebe, bez ohledu na to, zda je chování výhodné či nikoliv. Pokud by se jednou rozšířilo chování letální, mohlo by smést celou populaci „napodobitelů“ (a pouze jednoho „učitele“, který s ním přišel). Proto by proti sociálnímu učení takto konformním způsobem měl existovat silný selekční tlak (a zdá se, že tento tlak vedl například u šimpanzů k tomu, že sice mají tradici, nikoliv však evoluci – byla u nich zaznamenána míra konzervatismu, která takřka vylučuje možnost existence lehkých variací na téma, tak jak to známe v případech různých lidských kulturních znaků, od lexika přes módu v oblékání až po řekněme tvar motyky). Paradoxně tedy u lidí sledujeme, že je to právě konformita kulturního přenosu, zvláštní ochota řídit se tím, co je obecně „v módě“ spíše než vlastním směřováním a vlastními zájmy (Henrich & Boyd 1998). Kultury lze pak vlastně interpretovat jako různě kanalizované „tlaky na konformitu“ a mimo jiné by se tak dal vysvětlit i fakt altruismu mezi nepříbuznými jedinci (ten by z pohledu evoluční biologie teoreticky neměl existovat, a pokud ano, pouze jako jakýsi trapný omyl) a konečně by i připouštěl možnost skupinové selekce – tedy stavu, kdy nejde ani tak o genetickou fitness jednotlivých jedinců (F_g), ale o fitness celé kultury jako souboru určitých znaků (F_c), relativně nezávislé na svých nosičích. Samozřejmě, podobně jako v případě parazitů či chorob, nemůže své nosiče zahubit či zbavit možnosti reprodukce dříve, než se stačí přenést dále; proto, jak tvrdí například Flegr (2005, 324), lze na šíření kulturních znaků uplatnit epidemiologické a parazitologické modely. Z hlediska memetiky (Blackmore 1999; Lynch 1996) je tedy dokonce možné, aby memetická evoluce šla proti biologické, aby genetická fitness jejich nositelů klesala ve prospěch fitness memetické (počtu kopií daného memu). Takto například kouření zcela určitě

snížíte fitness (v běžném i biologickém slova smyslu) praktikujících tohoto zvyku (ostatně poškozuje i okolí kuřáka, kde se s nenulovou pravděpodobností nachází i jeho příbuzní, kuřák tak vlastně snižuje nejen svou exkluzivní, ale i inkluzivní fitness), avšak jelikož v kontextu kultury je kouření považováno za znak dospělosti, šíří se především horizontálně mezi teenagery. Podobně i recentní kulturní tlak (byť lze jen stěží říct, zda o kulturní znak, či o jakýsi kulturní „spandrel“ *sensu* Gould & Lewontin 1979) na to mít jedno, maximálně dvě děti, rozhodně poškozuje biologickou fitness nositelů této kultury. Existují i celé populace *de facto* přežívající navzdory své kultuře, například kmen Fore z Nové Guinei, kde jejich tradovaný kulturní zvyk kanibalismu po řadu generací podporuje šíření strašlivé a vždy smrtelné choroby kuru (viz Durham 1991; Gajdusek 1977). Znaky kultury se mohou tedy šířit nehledě na fitness svých nositelů. Vyplývá z toho i jeden další důležitý fakt – na rozdíl od genů mohou se memy (či raději obecněji, sociálním učením přenášené instrukce k určitému chování) šířit i horizontálně v rámci populace.

Právě tato konformita kulturního přenosu, který se děje sociálním učením, vedla např. Cavalli-Sforzu et al. (1982) ke srovnání spolehlivosti přenosu kulturních a genetických znaků (v tomto případě z generace na generaci). Došli k překvapivému závěru, že kvantitativně je kulturní tradice dokonce spolehlivějším a konzervativnějším typem dědičnosti než genetická. Zdá se, že kulturní dědičnost je obdobně konzervativní jako dědičnost genetická, jen tu genetikou předčí v rychlosti fixace „kulturních mutací“ či kulturních změn (generace a méně) vůči fixaci změn genetických, které se pohybují v rámci stovek generací (v závislosti na efektivní velikosti populace, viz Flegr 2005, 132 a dále). Jde tedy o stejně efektivní prostředek dědičnosti, rychlejší je však její změna. Např. Voland et al. (1997) zkoumali změny v kulturní preferenci synů nebo dcer v rámci populací. Tyto změny preferencí se během času mj. uskutečňovali v závislosti na rychlosti růstu či poklesu populace v rámci předchozí generace. Jedna z interpretací těchto dat tedy může znít, že lidé přijímají či naopak odvrhují pravidla chování podle toho, jak dobře se pravidla osvědčila (lépe řečeno, jak se tato pravidla rozšířila, zafixovala) v generaci jejich rodičů. Pokud se objeví faktory, které uvádějí podmínky a zvyky v nesoulad, následující generace přijímá jiné,

zpravidla (nikoliv však nutně) lépe vyhovující pravidla. Celá řada dalších studií naznačuje, že kulturní inovace se šíří nejsilněji právě touto generační rychlostí. To, že změny kultury důsledkem rozšíření inovací probíhají v rozsahu jedné generace, potvrzuje celá řada dalších studií (Cavalli-Sforza 2000; Trudgill 1999). Kulturní evoluce je tedy co do šíření a evoluce znaků mnohonásobně rychlejší než biologická.

Zbývá vysvětlit, kde se v různých populacích memů (pokud tedy lze skutečně kulturu rozložit na jednotky, které samy o sobě dávají smysl), které celkově ve svých kombinacích vytvářejí kultury (včetně materiální kultury, náboženství), bere jejich variabilita (opět nás v rámci tohoto modelu nezajímá primárně dopad na nositele kultury). Evoluční biologie nabízí celou řadu mechanismů, jak se znaky (při nezohlednění dopadu, jaký mají na své nositele) vyvíjejí. Zde nám podává přehled především memetika (Distin 2005; Aunger (ed.) 2000, pro přehled různých způsobů přenosu a inovace také Durham 1991, 428 a dále). Pokud si představíme, že memy mají podobně jako geny určité varianty (u genů se nazývají alely, u memů alomemy), tyto varianty mezi sebou v pomyslném „memoprostoru“ soutěží o místa v lidských myslích (u koncepcí, kde je kultura daná souhrnem memů či kulturgenů nesených jednotlivci, Lumsden & Wilson 1981) či ve větších celcích (kulturách, náboženstvích, které u jiných autorů mají v zásadě nadindividuální charakter, Boyd & Richerson 1985). V tvrdých verzích memetiky dochází ke změnám a tedy vzniku variant mutací (chybou v přenosu) či syntézou, umírněnější přístupy hovoří i o roli nositelů, kteří mohou daný znak aktivně inovovat a předat v nové formě dále. Na rozdíl od genů tedy může v případě memů fungovat lamarckistická, cílená evoluce.

Při šíření a přenosu memů budou hrát roli faktory jako je zapamatovatelnost a přenositelnost memu (sprostá říkanka či vtíp se bude přenášet snáze, než řekněme Heineho Lorelei v originále). I v případě, že tyto faktory budou u dvou memů srovnatelné, prostřednictvím procesu známého jako kulturní drift (analogický proces ke genetickému driftu, Kimura & Ohta 2001; Flegr 2005) se bude frekvence jejich výskytu v populaci z náhodných příčin lišit. Některé tyto náhodné fluktuace mohou dokonce způsobit, že určité varianty, aniž by bylo třeba jakéhokoliv selekčního tlaku, zmizí úplně. Jinak neutrální přenos může být dále

zkreslen i obsahem memů, pro které může z kulturních či biologických příčin panovat jistá preference či naopak odpor k nim. Například šíření preference jídla může být ovlivněno vrozenou lidskou preferencí pro sladké nebo může například zvyk pojídat maso určitého zvířete v dané kultuře narazit na alimentární tabu. Roli mohou samozřejmě sehrát i jiné faktory, zde je však nebudeme dále rozebírat (viz Henrich & McElreath 2003; McElreath & Henrich 2007). Rozhodující je pochopitelně to, že pravidlo nebo kulturní znak musí dobře fungovat ve společnosti jiných znaků, není s nimi v rozporu (ostatně tímto „snowballovým“ způsobem vznikají větší memplexy jako náboženství či celé kultury, viz Boyd & Richerson 2005; Richerson & Boyd 2005).

Představa parazitických memů indiferentních (či dokonce škodlivých) svému organickému substrátu však má dva zásadní problémy – jeden se týká média, na kterém se šíří, které na ně musí být biologicky uzpůsobeno a druhý skutečnosti, že kultury jako celky i jako obsah nesený jednotlivcem bývají ze značné části adaptivní z hlediska svých nositelů. Musí tedy existovat vazba mezi fitness jedinců (Fg) a kulturou, kterou nesou.

KULTURA V TAHU BIOLOGIE – SOCIOBIOLOGIE, EVOLUČNÍ PSYCHOLOGIE A BEHAVIORÁLNÍ EKOLOGIE

I z předchozího modelu je zřejmé, že kultura (resp. její jednotky) se šíří a vyvíjí na určitém médiu (stejně jako geny používají jako médium ke svému přenosu molekulu DNA a celou buněčnou „mašinerii“). Tyto jednotky jsou uchovávány v lidských myslích (mozcích), přenášejí se s pomocí speciálně adaptovaného vokálního ústrojí. Jsou evidentně produkty biologické evoluce. To vedlo mnohé odborníky z řad sociobiologů (v užším slova smyslu, tedy výzkumníků zkoumající genetické základy chování) k přesvědčení, že kultura je ve své podstatě derivátem genetické evoluce a jako taková jí podléhá. Navíc je také zřejmé, že ačkoliv z hlediska kultury se memy mohou šířit v neutrálním prostředí lidských myslí zdánlivě neomezeně (selekční tlak pro ně nastolují konkurenti – jiné memy – a prostředí ve kterém se reprodukuje, tedy lidské myslí, nikoliv prostředí vnější), z hlediska jedince to vůbec jedno není. Je to právě jeho chování,

resp. také kulturní znaky, které rozhodují o tom, jak úspěšně přežije a rozmnoží se. Do očí bijícím případem jsou ekologické znalosti, u kterých je jejich adaptivita z hlediska přežití nasnadě (Harrison (ed.) 1993). Chování, které slouží ke zvýšení fitness jedince, ať již kulturní, získané individuálním učením nebo tím či oním způsobem vrozené, tvoří neoddělitelnou součást jeho rozšířeného fenotypu (Dawkins 1999). Naučené chování, včetně chování předaného kulturou, tak vlastně slouží genetickým zájmům. Navíc jak postulují Wilson (1978), Lumsden a Wilson (1981), Alexander (1990; zde i přehled literatury) a jiné studie, ovlivňují geny i proces učení, obsah a formu toho, co se organismy včetně lidí jsou schopny naučit. Geny vývoj chování jen málokdy přímo řídí, či lépe spoluovlivňují průběh epigenetických procesů, které teprve daný znak utvářejí. Každý znak, jak již bylo řečeno, má komponentu „vrozenou“ a „získanou“ (bez nich se znak neprojeví nebo neprojeví normálně, stejně jako neexistuje obdélník s délkou jedné strany o hodnotě 0). Ovšem i ona získaná komponenta, průběh jejího získávání, je kanalizován pomocí různých organismu vlastních mechanismů (Gottlieb 1998; Jablonka & Lamb 1995; Vijver & Speybroeck & de Waele 2002). Jinak řečeno, organismus si určitými mechanismy sám reguluje, co a jak se se naučí, a totéž platí i pro učení sociální a tedy i kulturu. Kultura, která je takto vlastně „na vodítku“ genetických zájmů, nemůže nabývat libovolné formy. Slovy E. O. Wilsona *„Může kulturní evoluce (...) získat vlastní směr a hybnost a zcela nahradit genetickou evoluci? Nemyslím si to. Geny drží kulturu na vodítku. Vodítko je to sice velmi dlouhé, ale hodnoty budou nevyhnutelně omezo­vány tak, aby byly v souhlasu s jejich účinky na lidský genofond. Mozek je produktem evoluce. Lidské chování (...) je nepřímá, „okliková“ technika, kterou je lidský genetický materiál udržován nedotčený.“* (Wilson 1993; 161–162). Kultura je tedy na genech nezávislá pouze do té míry, dokdy kopíruje genetické zájmy. V rámci sociobiologie (a také memetiky, která z ní vychází) se dokonce nezřídka setkáme s názorem, že lidská kapacita pro kulturu a její šíření vznikla původně jako epifenomén jiných lidských schopností. Tzv. teorie sociálního mozku (Dunbar 1998) tvrdí, že velikost mozku u primátů je v přímé korelaci s velikostí skupiny, ve které daný druh obvykle žije. Značná velikost mozku člověka pak z tohoto trendu nevybočuje a teorie sociálního mozku ji v zásadě plně vysvětluje, protože ze všech primátů právě člověk žije v největších

skupinách. Mozek tedy v evoluci primátů rostl pravděpodobně úměrně s tím, jak rostla náročnost řešení různých problémů v societě, kvůli které se pravděpodobně vyvinuly i speciální formy učení (viz níže). Velký mozek a formy učení, které, ač se původně vyvinuly za jiným účelem, poskytl jako určitý vedlejší produkt i platformu, která odstartovala rapidní kulturní evoluci.

Sociobiologický přístup ke kultuře jako „domácímu zvířátku“ na vodítku biologie (genů) vedl na konci 70. a během 80. let ke vzniku dvou poněkud odlišných přístupů k tomuto problému – totiž evoluční psychologii a lidské behaviorální ekologii. Oba přístupy zde nemůžeme rozebírat do hloubky, a proto načrtne jen jejich základní rozdíly.

Prvním z přístupů je EP. Ze sociobiologie si bere především předpoklad, že procesy učení, včetně akulturace (a kultury samotné), jsou vedeny určitými mechanismy získanými v evoluci. Lidské myslí, chování, artefakty a kultura jsou v podání EP biologické fenomény – aspekty lidského fenotypu. Kultura tedy není „bez příčiny“ a ani odtělesněná. V podání EP je vytvářena (modifikována a předávána) složitým a bohatým systémem mechanismů na zpracování informací, které jsou produktem evolučního procesu. K tomu, aby bylo možné pochopit vztah mezi biologií a kulturou, je nejprve třeba pochopit a popsat architekturu naší myslí, pojaté jako produkt evoluce (Barkow & Cosmides & Tooby 1992, 3). Ústřední myšlenkou EP je myšlenka, že existuje univerzální lidská přirozenost, přičemž tato univerzálnost existuje na úrovni psychologických mechanismů, nikoliv aktuálního kulturního chování. Mj. proto se EP nezaměřuje na chování, ale právě na tyto mechanismy, strukturu myslí.

Tato struktura myslí vznikla jako reakce na podmínky, ve kterých žili lidé a jejich předkové po dobu posledních asi 2 milionů let – v pleistocenní Africe, kde relativně malé skupiny našich předků žily lovecko-sběračským způsobem života. Mysl moderních lidí je tedy stále adaptována na tyto podmínky (nazývané ancestrální podmínky či prostředí evoluční adaptovanosti, Environment of evolutionary adaptedness, EEA). Z toho, že však moderní lidé v ancestrálních podmínkách nežijí, vyplývá, že celá řada reakcí na evolučně nové podněty se ve skutečnosti odehrává v rámci adaptací na EEA a může tedy být i maladaptivní (lovecko-sběračský způsob života, na který jsou adaptováni, lidé začali opouštět

až před 10 tisíci lety a biologická evoluce kognitivních struktur tyto rapidní a stále zrychlující změny nestíhá pokrývat). Vyplývá z toho mj. i to, že snažit se měřit fitness jedinců v současných podmínkách nedává smysl – adaptace vzniklé v ancestrálním prostředí prostě ve značné části případů nereagují v moderním prostředí adekvátně. Lidé tedy v současných podmínkách (vytvořených rapidní, nekontrolovanou kulturní evolucí, která nenávratně změnila prostředí) nemaximalizují svou fitness a jsou de facto v zajetí své paleolitické mysli.

Důležitou součástí tohoto konceptu je též představa o modularitě mysli. Lidský mozek je vybaven celou řadou speciálních modulů k řešení konkrétních problémů, jimž čelil v pleistocénu. Ty se týkají především sociálního prostředí a jde například o modul pro výběr partnera, výchovy partnera, kooperace, kompetice a dalších. Samozřejmě zde chybí jakýkoliv samostatný modul „pro kulturu“. Ta je v zásadě považována za vedlejší produkt právě lidských sociálních adaptací, mj. tzv. teorie mysli. Poukazuje na to, že dospělí mají představu o tom, že jejich vlastní zkušenost nemusí být stejná jako jiných lidí. Velmi spontánně tak přisuzujeme druhým určité intence a snažíme se odhadnout jejich úmysly. To nám umožňuje zjistit jejich aktivity či záměry, aniž bychom byli těmto aktivitám přítomni. Teorie mysli je též předpokladem pro vysvětlení schopností, jako je empatie apod. Vzhledem k tomu, že lidé jsou druh s velmi komplikovanými sociálními vazbami, jsou takové vlastnosti bezpochyby výhodou. (Premack & Woodruff 1978). Zdá se, že tento typ myšlení byl posléze uplatněn i na artefakty a vůbec na celé prostředí (viz Tomasello 1999b). Spolu se vznikem konzervativního kulturního přenosu docházelo ke stupňující se kulturní evoluci, která se však odehrávala na stále téžze „softwaru“ paleolitické mysli. Nicméně, tento software dokázal kumulativně vytvořit takové podmínky, které úplně změnilo prostředí, ve kterém žijí, a tak si vlastně tátaž mysl sama „podřízla vlastní větev.“ Kulturu, potažmo prostředí vytvořené kulturou tedy EP vlastně chápe jako jakýsi rušivý vliv – jednak z hlediska vlastního výzkumu, neboť právě kulturní změny překryly a pozměnily ancestrální prostředí a znemožnily tak vlastně zkoumat tlaky, které formovaly lidskou mysl (ani dnešní lovci a sběrači už tak nežijí). Jde však o pouhou hypotézu. EP vlastně považuje kulturní znaky za maladaptivní, šířící se mechanismy původně určenými k přenosu

znaků adaptivních a které kopírovaly a podporovaly biologické zájmy jedinců. Kulturní diverzita lidí (jejich kognitivně biologický základ je totožný, protože selekce neměla dostatek času působit a vytvořit adaptace na nová prostředí i společenské podmínky, do kterých se lidé v relativně krátké době dostali) je tak vlastně kombinací určitého společného základu, generovaného jednotnou lidskou myslí (adaptivní částí) a různě velkou částí kultury, která, prostřednictvím procesů popsanych v předchozím oddílu, má pro člověka negativní nebo neutrální charakter. EP, podobně jako sociobiologie, vlastně kulturu nezkoumá, či lépe řečeno, zabývá se jen těmi aspekty kultury, které korespondují s adaptacemi na ancestrální, nikoliv současné prostředí. Ani kulturní evoluce u těchto autorů nebývá příliš zohledněna, protože evoluce člověka je zkoumána především jako genetický, nikoliv kulturní proces.

Postulát „paleolitické mysli“, která moderního člověka lapá do pasti snižování jeho biologické fitness v důsledku své maladaptivity v současném prostředí, je však kritizován další ze sociobiologie odvozenou disciplínou, lidskou behaviorální ekologií (HBE) (kritika některých konceptů EP viz také Stella & Stibral 2009). EP totiž, zamyslíme-li se hlouběji nad touto disciplínou, vlastně člověka vidí jako neadaptibilního, přizpůsobení neschopného tvora, který jen pasivně čelí tlakům měnícího se prostředí. Takřka zcela opačný pohled, byť vycházející ze stejné, sociobiologické logiky, zastává HBE.

Jelikož má tato disciplína své kořeny v etologii, zabývá se nikoliv studiem kognitivních mechanismů, ale aktuálního chování, včetně chování kulturního. Své počátky vidí v pracích Alexandra (1979), Symonse (1979) a Wilsona (1978), Chagnona a Ironse (eds.) (1979) a klade si především otázku, jak kultura a také společenská struktura slouží maximalizaci inkluzivní a exkluzivní fitness jedinců. Takto orientovaní výzkumníci se obvykle zabývají tradičními antropologickými tématy, jako je příbuzenství, sňatek, infanticida či sociální stratifikace a jimi používané metody, a data se v zásadě nijak neliší od kulturních antropologů (ostatně většina z proponentů tohoto směru vzděláním kulturní antropologové také jsou). Novinkou tohoto přístupu je použití těchto tradičně získaných dat k testování hypotéz odvozených z očekávání, že lidské sociální chování v sobě odráží strategie sloužící k maximalizaci inkluzivní fitness (na rozdíl od

EP, která nic takového neočekává) v prostředích alespoň vzdáleně podobných tomu, ve kterých probíhala lidská evoluce. Zvláště oblíbené je pak testování hypotéz odvozených z teorií Triverse a Hamiltona, tzv. teorie recipročního altruismu a teorie příbuzenské selekce (pro vysvětlení viz oddíl Evoluce a morálka). Mají lidé sklon pomáhat více svým genetickým příbuzným než nepříbuzným? Mají s nepříbuznými jedinci sklon více soupeřit? Mohou tyto sklony ovlivnit utváření rodiny a celé society v tradičních společnostech? Manipulují rodiče s poměrem pohlaví svých dětí, aby dosáhli maximalizace počtu svých vnuků? Má společenský status co do činění s reprodukčním úspěchem? Tento typ otázek si klade lidský behaviorální ekolog.

Zřejmě nejpregnantnějším vyjádřením toho, jak se behaviorální ekologie dívá na kulturu, je Alexanderova (1979) poučka o tom, že kultura je proximátním vyjádřením ultimátních příčin (kterými je biologická evoluce prostřednictvím pohlavního a přírodního výběru). HBE se nezajímá, na rozdíl od EP, konkrétními mechanismy, které se na utváření kultury a chování obecně podílejí. Tento přístup bývá někdy nazýván fenotypickým gambitem (Grafen 1984). Jde o vědomé a kalkulované zanedbání detailů dědičnosti (genetické i kulturní), kognitivních mechanismů či fylogeneze, které by se mohly podílet na určitém rozhodnutí či typu chování s tichým předpokladem, že v důsledku toto zanedbání nehraje roli (tento předpoklad dráždí evoluční psychology do běla a řevnivost mezi těmito dvěma tábory je přímo pověstná). Jinak řečeno, z genotypického gambitu vlastně vyplývá, že HBE předpokládá, že genetická, fylogenetická a kognitivní omezení na fenotypovou adaptaci jsou jen minimální, a proto je možné je hned od počátku zanedbat. HBE pak vlastně přepokládá, že lidské kultury a society jsou zařízeny tak, aby maximalizovaly fitness jednotlivců, resp. že struktura společnosti a ekologické faktory nabízejí různé optimalizační strategie, jak maximalizace dosáhnout (proto existují i různé typy společností). Vzhledem k tomu, že kultura je zde považována vlastně opět za „domácí zvířátko“ ultimátních, tedy genetických, evolučních zájmů, pouhý prostředek k jejich prosazení, můžeme přístup HBE ke kultuře (resp. lidské diverzitě) charakterizovat následovně: Lidská behaviorální diverzita (kultura je spolu s jakýmkoliv ostatním jakkoliv získaným chováním součástí fenotypu) je výsledkem diverzity

současných socioekologických prostředí v mnohem větší míře než např. variace genů, kulturní dědičnosti či environmentální historie. Lidé jako maximalizátoři inkluzivní fitness využívají množství různých strategií, jak svého cíle dosáhnout a konkrétní mechanismy v tomto ohledu mohou být zanedbány (HBE se např. nezabývá konceptem modularity mysli) – důležitý je celkový výsledek. A protože jsou lidé schopni rychlých adaptivních změn svého chování, lze přepokládat, že jsou dobře adaptováni i na většinu současných podmínek.

Vzhledem k tomu, že toto odvětví pracuje v zásadě stejnými metodami jako kulturní antropologie a získaná data jsou snadno převoditelná, budí právě HBE největší nevoli u etnologů a kulturních antropologů (dokumentace sporů kolem Chagnonových výzkumů u kmene Yanomamö viz Tierney 2001), byť je tento koncept skvěle empiricky podepřen – pro přehled stovek výzkumů na tomto poli, které stále znova potvrzují postuláty HBE, totiž že lidé jsou maximalizátory své fitness a kultura jim slouží jako prostředek k tomuto cíli; pro komplexní přehled současných výzkumu a literatury viz Cronk & Chagnon & Irons (eds.) (2000).

KULTURA RUKU V RUCE S BIOLOGIÍ (FENOGENOTYPOVÝ MODEL)

Klíčová otázka, kolem které předchozí zmíněné přístupy vlastně jen krouží s tichým předpokladem: totiž jak přesně interaguje kultura s biologií, doposud zůstala v zásadě nezodpovězena. Skutečně byla doba, před kterou jsme opustili své ancestrální prostředí a původní způsob života (jelikož v takovém prostředí žil člověk dva miliony let, zůstávaly jeho adaptace víceméně stejné a z pohledu výzkumu interakcí biologie a kultury nezajímavé) příliš krátká na to, aby se u něj vyvinuly nové, biologické adaptace? Projevuje se lidská diverzita i na jiné úrovni než čistě kulturní? Zdá se, že odpověď je ano a že nové biologické adaptace na kulturní podmínky se mohou objevit relativně rychle – daný kulturní znak a určitá nová biologická adaptace pak krácejí ruku v ruce, vzájemně se podporují a v rámci možností maximalizují svou fitness jak nositelé dané adaptace, tak daného kulturního znaku. Z hlediska genů a „memů“ vytvářejí společnou strategii

pro maximalizaci fitness obou. Jejich koevoluce je tak blízká, že jeden bez druhého v zásadě nemohou existovat.

Příkladem může být například rezistence proti malárii, která vznikla v poměrně nedávné době u části populace Guinejského zálivu. Paradoxně tato rezistence souvisí i s výskytem srpkovité anémie (vrozené smrtelné choroby postihující červené krvinky nemocných), která v heterozygotní formě výrazně snižuje infekci plasmodii – původci malárie. Jestliže jedinec zdědí zmutovanou verzi genu pouze od jednoho z rodičů, stane se odolným vůči malárii, pokud ovšem od obou, je takřka určitě odsouzen k pomalé a bolestivé smrti. Durham (1991) ukázal, že znak pro srpkovitou anémii se pravděpodobně rozšířil a zachoval v koevoluci s pěstováním jamu. Rozšíření alely totiž velmi úzce koresponduje s rozložením přebytečné povrchové vody v krajině (která je nezbytná pro množení malarických komárů). Pěstování jamu je možné na zemědělské půdě, která vznikla na místě původních lesů a křovin. Ty přirozeně redukovaly množství povrchové stojaté vody, s příchodem zemědělství a pěstováním jamu se však voda začala hromadit v místech s velkými srážkami a nízkým odparem, což výrazně usnadnilo šíření komárů. Populace s malým procentem či žádným zastoupením defektní alely neměla v takových podmínkách šanci přežít a selekční tlak pro výskyt alely, de facto fatálně vázané na výskyt pěstování jamu, převýšil zjevnou nevýhodnost pro část populace. Behaviorální změna (pěstování jamu) tedy přímo a v krátkém čase ovlivnila biologii příslušných etnik, a to takovým způsobem, že vznik biologického znaku nelze bez kulturního vysvětlit a naopak biologický znak naopak podpořil rozvoj kulturního. Pozoruhodný paralelismus k tomuto procesu nacházíme pravděpodobně i ve Středozeří, kde pouze srpkovitou anémií zastoupila talasemie (opět choroba postihující červené krvinky nutné pro šíření a množení malariových plasmodií).

Podobný úzký vztah nacházíme i u kulturního znaku pití nezpracovaného mléka. Všichni lidé konzumují v dětském věku mléko a jsou schopni jej trávit (pomocí speciálního enzymu laktázy). U většiny lidí se však jeho sekrece zastavuje krátce po ukončení kojení. V důsledku toho může konzumace mléka a některých mléčných produktů u řady lidí vyvolat silné zažívací problémy, které mohou skončit i smrtí. Výjimku z tohoto pravidla tvoří skupina národů chovajících dobytěk, včetně většiny Evropanů, u kterých se vyvinula speciální mutace umožňující

produkovat laktázu i nadále. Durham (1991) přesvědčivě ukázal, že i zde hrála roli geneticko-kulturní koevoluce, která jedincům dovolila pít mléko. Za pravděpodobný spouštěč považuje nedostatek vápníku a především vitamínu D, jehož zajištění v severních zeměpisných šířkách je vzhledem k tomu, že za obvyklých podmínek vzniká kožní syntézou vlivem UV záření, velmi problematická věc. Kromě toho, pravděpodobně jako adaptace na tento nedostatek, vznikla bílá kůže (usnadňující syntézu vitamínu D i při nižší intenzitě slunečního záření), uchytila se, vedle kulturního znaku chovu domácího skotu, ovcí a koz, speciální mutace genu pro produkci laktázy. Ta byla zároveň selektivně podpořena kulturní predispozicí ke konzumaci mléka (samotná přítomnost mléčných, resp. potenciálně mléčných zvířat) a naopak. Dokonce i na evropském kontinentě vidíme zajímavý severojižní gradient výskytu dané alely v populaci, která podnes věrně kopíruje i gradient zastoupení syrového mléka v jídelníčku různých národů (Holden & Mace 1997). Tento fakt také vysvětluje jen zdánlivou záhadu, kterou řeší při nákupu mnoho turistů např. na Krétě či v jižní Itálii, totiž „kde mají mlíko?“. Nemají, pro většinu z místních by totiž jeden hrnek nezpracovaného mléka znamenal značné potíže, někdy končící i smrtí (konzumaci mléka zde nahrazují konzumací jogurtů a sýrů a ani syntéza vitamínu D není v těchto podmínkách tak palčivým problémem jako např. ve Švédsku, kde naopak příslušnou alelu nese takřka celá populace). Analogický trend, tentokrát ovšem v západovýchodním gradientu, bychom našli u zvyku popíjení alkoholu a příslušných alel ručících za dostatečnou syntézu enzymu alkoholdehydrogenázy, která štěpí etanol a umožňuje jeho trávení. Opět, ani genetický, ani kulturní znak by nedával smysl a nebylo by možné vysvětlit jeho vznik bez toho druhého. Lze očekávat, že pokud se takové adaptace vyskytují na úrovni fyziologické a morfologické, budou existovat i podobné dispozice na úrovni kognitivní a psychologické (ostatně takové adaptace na kulturu lze považovat za primární vůči prvně zmíněné skupině).

TEORIE DVOJÍ DĚDIČNOSTI

Další model, totiž tzv. teorie dvojí dědičnosti (Dual Inheritance Theory, DIT, mezi hlavní proponenty tohoto pohledu patří především Richerson & Boyd 1992;

Boyd & Richerson 1985 a Durham 1990, 1991, 1992 a Pulliam & Dunford 1980) je vlastně jakýmsi pokusem o syntézu všech výše nastíněných přístupů. Popisuje situaci, kdy mají kulturní elementy teoreticky neutrální (a jak tvrdí autor, případně i pozitivní či negativní) vliv na genetickou fitness. Rozdílem oproti ostatním modelům je pak zaměření na konkrétní mechanismy přenosu kulturních jednotek (které jsme ve stručnosti popsali výše v oddílu o kultuře bez biologie) a různých zkruslení tohoto teoreticky homogenního a setrvalého přenosu určitými biologicky fixovanými predispozicemi jejich nositelů. Jelikož DIT hojně pracuje s matematickým modelováním, jsou všechny tyto faktory spojující znaky nesené jedincem s procesy jejich šíření na úrovni populací, ekologickými a dalšími faktory – vlastně způsobem zcela analogickým populační genetiky. Výstupem pak bývají tvrzení, že lidské chování je utvářeno jak genetickými a kulturními, tak i environmentálními vlivy, o kterých autoři často hovoří jako o „explanatorním pluralismu“, především proto že tento přístup zcela postrádá určitý purismus EP a HBE. Výsostným tématem DIT je rozhodně vývoj modelů genetické evoluce jednotlivých mechanismů kulturního přenosu (Boyd & Richerson 1985; Rogers 1988). Na rozdíl od sociobiologie, EP a HBE však modeluje a popisuje i situace, kdy se kulturní vývoj vydá směrem, který nelze předvídat z genetické evoluce, tedy včetně směrů vyloženě geneticky maladaptivních. Nicméně DIT není teorií o absolutní nezávislosti kulturní evoluce na evoluci biologické, jak tvrdí někteří její kritici – ve svých posledních pracích se Richerson a Boyd (1998, 1999) důkladně věnují i situacím, kdy kulturní evoluce sleduje cesty, jak zvýšit adaptivnost daného znaku cestou jinak nedosažitelnou běžnou genetickou evolucí spojenou s adaptací (lépe řečeno plasticitou) fenotypu. Kulturu považuje za zcela svébytný faktor fenotypu, který vyžaduje i specifické metody zkoumání. Důvodem jsou především aktivně se rozhodující komponenty v systému, jedinci, kteří mohou sledovat vlastní zájmy jako individui, tedy zájmy ne vždy se shodující se zájmy genetickými.

DIT pracuje s koncepcí memů. Ačkoliv se v různých extrémních pohledech memy popisují jako „paraziti“, kteří se replikují v myslích lidí na jejich úkor (Cullen 1995; Dawkins 1993; Lynch 1996), majoritní pozicí je to, že maladaptivní memy jsou vedlejším produktem (byť častým a nutným) spolehlivosti

systemu kulturní dědičnosti, který v průměru (jak z hlediska jedince, tak ovšem i celé skupiny) vždy fitness svých nositelů zvyšuje (jinak by takový systém nevznikl, případně by se v konkurenci neudržel. (Boyd & Richerson 1985, 1995; Durham 1976, 1991).

DIT také postuluje jednu pro evoluční biologii kacířskou myšlenku, která by vlastně podkopala jeden ze základních pilířů evoluční biologie – totiž že kulturní dědičnost umožňuje skupinovou selekci (a může potlačit selekci na úrovni jednotlivců), tedy stav, kdy se jednotkou přírodního výběru stává celá skupina, nikoliv jedinec, na kterém někteří či všichni jedinci v populaci trátí nějakou část či dokonce celou svou fitness. Již by zde neplatilo, že kultura je proximálním vyjádřením ultimátních (tj. biologicky evolučních) příčin sensu (Alexander 1979). Otázkou, kterou nastoluje DIT, je, zda kultura dokáže generovat ultimátní příčiny nezávislé na těch evolučně-biologických. Sebelepší a sebelepší implikované pravidly genetické evoluce (exkluzivní a inkluzivní fitness) mohou podle DIT být za určitých podmínek překryty příčinami kulturními (maladaptivními z hlediska genů, ale adaptivními z hlediska kultury). Za určitých okolností tak mohou kultury představovat bázi pro kolektivní strategie a výskyt pravého altruismu (Sober & Wilson 1998).

KOŘENY KULTURY

Pro schopnost přijímat kulturu jako systém pravidel musí podle některých výzkumníků (viz Tomasello 1999a; de Waal 1996) existovat vrozená kompetence, vrozená schopnost přijímat určitý soubor pravidel a návodů, která koresponduje s Chomského univerzální gramatikou v případě jazyka. Tato univerzální gramatická šablona by vlastně byla tvořila součást obecnější, „kulturní gramatiky“, schopnosti přijímat kulturní systémy (viz např. Chomsky 1984). Šablona je jedním z modulů lidské mysli (koncept modularity mysli je ostatně i jedním ze základních stavebních kamenů evoluční psychologie). Stejně jako v případě univerzální gramatiky Chomského se i v případě této „kulturní gramatiky“ očekává, že je výlučně lidská a je tím, co ze značné části vytváří lidskou druhovou jedinečnost. Jak ukazují různé příklady tzv. „vlčích dětí“, tedy

jedinců, kteří různými způsoby vyrůstali bez kontaktu s lidmi (Candland 1993; Newton 2002), skutečně se zdá, že pro normální ontogenetický vývin je blízký kontakt s lidmi nesoucími určitý kulturní vtisk zcela nezbytný, musí probíhat kontinuálně a především během poměrně raného „senzitivního období“. Pokud k němu nedojde, je jedinec postižen doživotně nejen psychicky (mentální retardace, neschopnost komunikovat či se naučit jazyk, sociální deprivace), ale i fyzicky – u „vlčích dětí“ dochází mj. k syndromu PSS (Psychosocial short stature) neboli psychosociálnímu trpaslictví, který provází malý tělesný vzrůst způsobený emoční deprivací a stresem, zažívací problémy a také hormonální poruchy narušující kognici a chování (Money 1977). Kultura (vedle emoční vazby nutné pro normální průběh ontogeneze všech savců) tedy není jen jakousi „nástavbou“ na biologickém „základě“, ale samotnou podmínkou normálního fyzického a psychického vývoje, lidským přirozeným prostředím, mimo které se není schopen vyvíjet ani normálně fungovat.

V rámci biologického myšlení je na místě ptát se vedle funkce kultury také po jejím původu. Stejně jako v případě funkce se lze i v případě původu ptát jak po jejím původu v rámci ontogeneze, tak i fylogeneze. Procesem enkulturace, tedy otázkou po ontogenetickém původu kultury, se zabývá značné množství odborné sociálně-psychologické literatury a na tomto místě jej nebudeme probírat. Není sporu o tom, že u celé řady mimolidských tvorů existují bohaté kulturní tradice předávání určitých typů chování, například v technikách lovu či získávání potravy (kytovci, primáti), tvorby a využívání nástrojů (lidoopi a také někteří pěvci), případně vokálních tradic (u ptáků, kytovců), ekologicko-geografických znalostí (např. sloni) a celé řady dalších behaviorálních charakteristik získávaných sociálním učením (Laland 2006, 2009; Byrne 2004) – v behaviorálně orientované biologii u celé řady druhů se dokonce hovoří o „etnografické metodě“ srovnání behaviorálního repertoáru různých skupin (Wrangham et al. (eds.) 1994), běžně se též hovoří o „kulturní primatologii“, vytvářející etnografie jednotlivých primátích skupin, lišících se ve výskytu a kombinacích různých kulturních znaků – např. u šimpanzů nalezneme více než 60 kulturních rysů týkajících se jak nástrojové činnosti, tak komunikace či komfortního chování, přičemž jejich variabilitu co do výskytu a vzájemné kombinace zdaleka nelze

vysvětlit pouhými ekologickými faktory (McGrew 1992, 1994; Boesch & Tomasello 1998; Whiten et al. 1999). Výzkum „animal cultures“ je integrální součástí biologie a behaviorální inovace platí za jeden z hlavních motorů evoluce (chování totiž v evoluci mění morfologii, nikoliv naopak, z čehož vyplývá klíčová role behaviorálních inovací pro vznik nových druhů a evoluci obecně, Jablonka & Lamb 2005). Na tomto místě nemáme prostor se této látce věnovat blíže, je nicméně třeba mít na paměti, že lidská kultura není zdaleka jedinou, kterou by biologie tematizovala, a že (jako svého druhu druhý typ dědičnosti) tvoří velmi důležitou složku současné evoluční teorie. Dále je taky třeba zdůraznit, že kultura zde není chápána jako faktor, který by bylo možné oddělit od faktorů ekologických (plasticity organismu), individuálního učení a genetických faktorů. Stejně pak biologický přístup zachází i s lidskou kulturou – tedy až na výjimky není lidská kultura v rámci biologie chápána jako supraorganická vrstva, nezkoumatelná biologickými metodami. Stejně jako u jiných živočichů, i zde dochází k vzájemnému prolínání genetických a ekologických faktorů, sociálního a individuálního učení. Nicméně platí, že lidská kultura má přece jen specifika, která ji, v posledku kvantitativně i kvalitativně, oddělují od kultur mimolidských živočichů. Tyto rozdíly však netkví ve výjimečnosti lidské kultury jako něčeho stojícího mimo či nad biologií – naopak, zdrojem je unikátní lidská biologie, vzniklá v prostředí vytvořeném kulturou (Tomasello 1999a, 1999b; Boesch & Tomasello 1998). Vztah lidské kultury a biologie není vztahem nepřímé úměry, ale pozitivní zpětné vazby – čím více kulturních inovací, tím více je akcelerována i evoluce biologická.

Mezi odborníky panuje zvláštní shoda v tom, že primární lidská schopnost pro kulturu je derivátem či epifenomémem lidské sociability. Ovšem nelze předpokládat, že ačkoliv byl vznik kultury spíše vedlejším produktem jiných adaptací (hovoříme o tzv. exaptaci), ve chvíli, kdy se soubor těchto znaků tvořících „kapacitu pro kulturu“ stal adaptivním, vydal se jejich vývoj vlastním směrem – selekční tlak plynoucí z produktů kultury musel totiž být velmi silný, a to jak v tom smyslu, že jedinci zdatnější v různých dovednostech spojených s kulturou pravděpodobně dosahovali větší fitness, tak i v tom ohledu, že od jistého stupně začala kultura rapidně měnit prostředí.

ZÁVĚR

Zaměřili jsme se zde především na obecné aspekty „kultury“ jako evolučního faktoru a jednotlivosti zůstaly upozaděny. Konkrétnější vhléd jsme provedli v případě evolučních teorií morálky – především proto, že diskuze kolem tohoto aspektu lidské kultury, který navíc úzce souvisí se socialitou, dobře popisuje argumenty různých stran.

Na sporech kolem podstaty kultury se nicméně dobře zrcadlí jeden mnohem hlubší problém – totiž do jaké míry jsou oprávněně různé dichotomie jako biologie a kultura či biologie a společnost. Kde je možné vést dělicí čáru, po jejichž stranách stojí dvě různé vědní kultury? Viděli jsme, že v případě lidské kultury to takřka není možné. Není možné ztotožnit přírodu s vrozeným a kulturu s naučeným, rozlišování na „vrozené a naučené“ (nature–nurture a v jiných facetách také instinkt–učení) v tomto kontextu nemá žádný smysl, a proto je časté ohrazení se nebiologů vůči biologům s poukazem na jejich „biologický“ či „hereditární determinismus“ ve své podstatě oxymoron – taková výtka ani v nejmenším neodráží stav současných biologických teorií chování. Stejně tak není možné důsledně oddělit ani „vnější“ a „vnitřní faktory“, které jsou v rámci biologických procesů ontogeneze i fylogeneze v tak úzkém a intimním kontaktu, že rozlišení „vnitřku“ a „vnějšku“ je nezřídka pouze otázkou správně nastavené redukce. Podobně i biologické pojetí kultury jako vnitřní kapacity, jako chování na straně jedné a prostředí a evolučního faktoru na straně druhé, může působit zprvu matoucím dojmem, avšak ve světle evoluční teorie má své opodstatnění – všechny tři aspekty, resp. pojetí toho, co obnáší kultura, se vzájemně podmiňují a nutně koexistují vedle sebe, pokud budeme o kultuře uvažovat jako o evolučním fenoménu. Na evoluční behaviorální biologii toho je deterministického jen velmi málo, pokud vůbec něco. Ze stejných důvodů je zavádějící i častý argument o „biologickém redukcionismu“. Chápat nějakou entitu jako „biologickou“ zdaleka neznamená chápat ji jako determinovanou svou dědičností, určenou pouze ekologickými faktory či jako naprogramovaný instinktivní stroj či (v případě člověka) zcela smazávat rozdíly mezi ním a ostatními druhy. Bohužel se zdá, že obraz „biologie“ je směrem navenek zcela odlišný. Výtka biologického redukcionismu prostě nedává smysl, protože nejsme schopni definovat, co je

ještě biologie a co už nikoliv (ať už „za“ biologii očekáváme cokoliv). Představa jakýchsi na sobě nezávislých vrstev jsoucna zde nutně bere za své (ostatně lze se domnívat, že tato představa je derivátem staré představy *scala naturae*, s člověkem stojícím nad přírodou a pod „nadorganickými“ entitami, které mu diktují morálku, předepisují určitou kulturu a dokonce jej i obdařili jazykem).

Důvod, proč na člověka nebývá důsledně uplatňován evoluční princip (tedy alespoň ne v tom rozsahu, jak by to bylo možné) je při výzkumu chování v posledku politický, či, lépe řečeno, politických důvodů je hned několik. Pokud lidská kultura (kultury) vytváří na pomyslné geografické mapě lidstva, řečeno jazykem biologie, pestrou mozaiku behaviorálních fenotypů (jedinců a skupin projevujících se v daném prostředí odlišně), je nasnadě se ve shodě se znalostmi biologické evoluce člověka (byťstně závislé právě na kulturních změnách) a také mimolidských kultur (nutně pojímaných jako jednoty genetických, ekologických a ontogenetických vlivů) domnívat, že pod rychle se měnící, a přece konzervativní, a dramaticky působící kulturní vrstvou plynou pomalé a vytrvalé biologicko-evoluční procesy (vázané na proměny kultury a naopak zpětně tyto změny a jejich šíření podmiňující). Ty, pokud (by) měly dostatek času působit, (by) vedly ke geografické a také adaptivní radiaci člověka jako druhu. Je možné (a v některých případech zcela evidentní), že takové změny již proběhly a že probíhají ve stále se stupňující míře. Nicméně poukaz na biologickou odlišnost, jinakost různých lidských skupin je považován za politicky nekorektní. Navzdory tomu, že tyto úvahy nemají s rasismem 19. a 20. věku společného takřka vůbec nic, mnozí na obdobné souvislosti upozorňují. A ačkoliv by rozbor různých aktérů debaty o lidské „nature–nurture“ s ohledem na jejich vlastní politické či ideologické přesvědčení do tohoto příspěvku svým způsobem patřil, posunulo by jej to na jinou kolej – korektnost či nekorektnost, společenská konformita či naopak šokantnost některých pohledů na člověka není předmětem tohoto pojednání. Nicméně dráždivost tématu vztahu lidské biologie a kultury stále nutí strany tohoto sporu, který už zdaleka není převoditelný na konflikt mezi přírodními a společenskými naukami o člověku a který je vlastně sporem o přiléhavost toho či onoho obrazu člověka, k sepisování dalších a dalších článků a monografií, které jsou dostatečným zdrojem informací

(pro přehled literatury viz Pinker 2003). Nutno také dodat, že vytrvalost, s jakou mnozí sociální vědci drží SSSM je v některých situacích až zarážející, stejně jako všemožné snahy zamezení průniku „biologismů“ na pole výzkumu společnosti a kultury. Pokud dochází ke snahám o dialog, děje se tak mnohem častěji ze strany biologů než naopak. A zatím se zdá, že například sociokulturní antropologie se ocitá ve stále větší izolaci a jak někteří tvrdí, stala se spíše než vědeckým odvětvím školou kreativního psaní, která nemá žádnou jednotící myšlenku a ani jinou náplň kromě sebe samé. Biologicky zaměřené směry se snaží navazovat kontakty a sbírat data v různých odvětvích, jako je ekonomie, sociologie, politická věda, architektura, urbanismus, psychologie, psychiatrie a medicína. I přes odlišné zaměření a metody by společenskovědně zaměřené nauky o člověku neměly zapomínat, že stejně jako existuje toliko jedna věda řekněme o obojživelnících, teoreticky také není důvod, proč by mělo existovat několik nekomunikujících nauk o člověku, pokud nebude prokázán opak. Skutečnost, že každá z mnoha nauk zabývajících se člověkem jakoby zkoumala zcela odlišného tvora, je dosti na pováženu.

2 O pravé podobnosti aneb O homologii



Jeden takový motýl, ve své nahé průhlednosti holdující soumravnému stínu někde pod listy, se jmenoval *Hetaera esmeralda*. Jen tmavou barevnou skvrnu, fialovou a růžovou, má hetaera na křídlech, takto, když letí, podobá se, není z ní totiž jinak nic vidět,

okvětnímu plátku hnanému větrem. [...] Nikoliv bez úspěchu pokoušel se s námi Jonathan podělit o to, jak jej uchvacuje ona ochranná nápodobna zabíhající s tak rafinovanou důkladností až do všelijakých vad. „Jak to asi ten živočich uělal?“ zeptal se třeba. „Jak to dělá příroda skrze to zvíře? Protože jeho vnímavosti a vypočítavosti se takový trik připisovat nedá.“

(T. Mann 1986, 18–9)

Podobnosti v přírodě lze členit různým způsobem. Můžeme rozlišovat např. podobnost způsobenou prostředím (konvergence), podobnost vzniklou v důsledku funkce těchž vývojových mechanismů (*parallelismus*), podobnost danou funkcí (*analogie*), podobnost příbuzenskou (*homologie*). Dle podobností můžeme organismy uspořádat do různých systémů. Takové systémy se budou lišit v závislosti na kritériu, tedy na typu podobnosti, podle kterého je uspořádáme. Kdybychom nebyli schopni jednotlivé organismy uspořádat na základě aspoň jedné ze zmíněných kategorií podobnosti, nemohli bychom potom ani nic obecnějšího vypovědět o vnějším vzhledu organismu a jeho případné funkci.

V biologii, a možná ve vědě obecně, je zvykem zavádět nové pojmy, pokud dojde k objevu nové skutečnosti či k uvědomění si nějakého nového vztahu. To se děje většinou rozdělením nějakého již používaného pojmu na podpojmy, které mají přesněji specifikovat danou situaci; je to proces disociační. Opačným pohybem je proces asociační, tedy nahlédnutí společného jmenovatele dvou dosud oddělovaných jevů, což se nakonec potvrdí vytvořením společného pojmu. Proces asociační je v biologii vzácný, zato disociace nacházíme na každém kroku.

Pěknou ilustrací disociačního trendu je vývoj pojmového aparátu biologických podobností, zejména pak změny ve významu doprovázející adaptivní radiaci pojmu *homologie*. Terminologicky nebyla homologie od analogie vůbec rozlišována od časů Aristotela až do poč. 19. stol, kdy Francouz Geoffroy

Saint-Hilaire zavádí speciální použití pojmu analogie pro vztahy, které dnes označujeme převážně jako homologie. Zhruba v téže době přichází dvojice anglických biologů (MacLeay, Kirby) s pojmovým rozlišením „*afinita – analogie*“. Afinity jsou podobnosti vhodné k systematizaci organismů (tedy homologie), neboť odráží boží záměr, zatímco analogie jsou pouhým vyjádřením povrchní podobnosti organismů dané fyzikálními vlastnostmi prostředí. K analogii a afinitě Angličan Strickland později přidává ještě tzv. *ikonismus*, aby od solidních afinit a jakžtakž únosných analogií odlišil skandální případy, které jsou výrazem neukojitelné tvůrčí zvuře živé přírody, např. mimikry.

V r. 1843 se na scéně objevuje viktoriánský anatom Richard Owen, aby učinil definitivní pořádek v terminologii srovnávací anatomie. Homologii definuje jako „tentýž orgán u různých živočichů v jakékoli proměnlivosti podoby a funkce“, zatímco analogie je definována shodou funkce. Kolikrát se Owen musel obrátit v hrobě, když po celé dvacáté století „poslouchal“ dohady osvěcenějších o logické nepřesnosti svých definic. Nejenže definice analogie není přísným logickým protikladem k definici homologie, ba některé případy analogických podobností mohou být zároveň i homologiemi. Prohřeškem nejhorsším bylo ovšem užití výrazu „tentýž orgán“ v definici homologie. Celé 20. století se setkáváme s podivem, co ono „tentýž“ má znamenat a o čem že to vypovídá. Nuže, nevypovídá to o ničem jiném, než že pokud věříme na jednotu organického uspořádání v rámci archetypu (např. archetyp obratlovce), čemuž Owen věřil, potom jsou všechny nohy, srdce, mozky v rámci jednoho archetypu „tytéž“ nohy, srdce, mozky. Mozek sliznatky je tentýž orgán jako mozek člověka; jeho totožnost identifikujeme na základě Geoffroyova pravidla polohy a konektivity (tj. vztahům k jiným částem těla).

V r. 1859 přišel Darwin, škrtnul „jednotu typu“ a na její místo chytře podstrčil „společného předka“; tím se klíčový pojem vši komparativní metody, tedy homologie, mohl opřít o jiný nepostižitelný fundament, a nezaničit. Tato myšlenka se zalíbila především Němcům (nejvíc Haeckelovi s Gegenbauerem), kteří s nesmírnou akribií rozpracovávali fylogenetické pojetí homologie. Přestože se Darwin snažil, seč mohl, aby staré myšlení převedl do myšlení evolučního při zachování tradiční zaběhlé terminologie, málem to nevyšlo. V r. 1870

přišel Ray Lankester s názorem, že pojmy jako homologie jsou platónským nánosem na tváři nové biologie, a nemají v moderním evolučním myšlení co pohledávat. Měl pravdu. Situaci řešil zavedením nové dvojice pojmů namísto homologie, a sice: homogenie a homoplasie. Jak je patrné z názvu, homogenetické struktury se shodují ve svém původu, jsou tedy zděděné od společného předka, zatímco homoplasie označují podobnosti, které nevykazují společný původ. Pojem homogenie zachoval věrnost svému fylogenetickému záměru a podlehl extinkci. Zato stará dobrá homologie, prosycená prizmatem idealistické morfologie, dostala ideálu bezčasovosti a aspoň coby pojem tu přetrvává dodnes. Lankesterova snaha nebyla marná úplně, neboť termínu homoplasie se užívá dodnes. Homoplasie se však zcela minula svou pravou úlohou, tj. nahradit „platónskou“ homologii. Do dvacátého století vstupuje rozdělení biologických podobností v trojkombinaci homologie (společný původ, ale i stavební plán), analogie (společná funkce), homoplasie (společná forma bez ohledu na původ a funkci), přičemž před všechny tyto termíny bylo a je pochopitelně možné klást různá specifikující adjektiva (např. seriální homologie, speciální homologie, obecná homologie, inkompletní homologie atd.). Přeborníkem byl v tomto ohledu Darwinův oponent St. George Mivart, který rozlišoval až 25 typů biologických podobností. Ve dvacátém století (1965) ho předčil jen Rus Bljacher se svými 65 druhy homologií a analogií, čímž terminologická mánie v oblasti biologických podobností dosáhla vrcholu.

MIMETICKÉ PODOBNOSTI A INTERPRETACE VZHLEDU ORGANISMŮ

Vzhled a funkce

Výklad vnějšího vzhledu živých bytostí je v biologii orientován převážně na hledání funkčního významu a výhod, kterých se živému organismu dostává na základě určitých morfologických charakteristik. Celkový vzhled organismu nevyplývá a nelze jej vykládat pouze na základě interpretace vzhledu jednotlivých jeho částí nebo specializovaných struktur – orgánů. Řecké slovo „*organon*“ označuje nástroj a v podobném významu je užíván i pojem orgán, jako součást

organismu zajišťující v rámci celku nějakou funkci. Právě vzhled orgánu lze na základě analogie s nástrojem nejnadhěji vykládat z hlediska jeho funkce. Letmým pohledem na článkované tělo hmyzu ihned poznáme, k jaké funkci jsou jednotlivé segmenty modifikovány. Budeme-li dále pozorovat utváření přívěšků jednoho segmentu, například končetin, celkem rychle a snadno odhadneme, jestli se jedná o přívěšky kráčivé, plovací či hrabavé. Potíže nastanou teprve při snaze o výklad celkového vzhledu, tedy o interpretaci vzájemné provázanosti specifického utváření těla se zbarvením a jinými optickými atributy živého. V běžném smyslu ideálním řešením je odhalení funkčního aspektu, na jehož základě se celkový vzhled aspoň částečně vysvětlí. Pokud eventuální funkce není zřejmá, nastávají obvykle pokusy o přiřazení nějaké funkce hypotetické, důsledkem toho může být konečně vysvětlení nesprávné. Z nepřehledného množství forem života jsou z hlediska funkčního pohledu nejlépe vysvětleny pouze krajní případy vzhledu. Jedná se o případy, u kterých se funkce nemusíme obšírně dohledávat, tedy tam, kde se sama k výkladu nabízí. Jsou to buď formy nad průměr nápadné, jejichž habituální charakteristiky opticky vyčnívají oproti standardu okolí, jako je tomu v případě aposematismu, často ve spojení s kategorií mimi-kry, nebo se jedná o formy, které se v rámci svého životního prostředí „cileně“ skrývají, snaží se různými způsoby dosáhnout nezjevnosti, začlenit se a splynout s okolím (krypse, disruptivní zbarvení). Kromě těchto spíše výjimečných případů, kde jsme schopni habituální stránku alespoň funkčně vyložit, nacházíme větší počet forem, které jsou buď opticky neutrální, nebo jejich nápadnost leží mimo vztahovou oblast vzhledu a funkce.

Vlastní hodnota vlastního jevu

Adolf Portmann (1960) přinesl zcela neobvyklé řešení v podobě konceptuálního rozvrhu, který dává možnost částečně se opřít od tradičního výkladu morfologie, fyziologie, nebo selekční teorie evoluce, a zároveň umožňuje, aby interpretace vzniklé v jiném terminologickém rámci byly s tradičními postoji v mnoha rovinách kompatibilní.

Celá koncepce je založena na protikladu mezi strukturami, jež ve svých formálních aspektech vykazují zvláštní vztah k možnostem smyslového vnímání

a mezi těmi, které vůbec nevstupují do podobných vztahů. Všechny jevy orientované ke smyslům vnímající bytosti nazývá vlastními jevy (*eigentliche Erscheinung*) a vymezuje je tak vůči většině ostatních jevů, které označuje jako nevlastní jevy (*uneigentliche Erscheinung*). Pro výklad vzhledu organismů je důležitá právě první zmiňovaná kategorie vlastních jevů. V rámci vlastních jevů se vyskytuje okruh fenoménů, adresovaných vlastních jevů, o nichž můžeme prohlásit, že jsou určené smyslovým orgánům konkrétního příjemce jednoho nebo i více druhů. Zde nachází své oprávněné místo i tradiční funkční vysvětlení. Existují ale i neadresované vlastní jevy, které postrádají adresáta, a jedná se především o jevové vyjádření jedinečné živé bytosti, smysluplné jen skrze samotný akt vnímání. Zároveň oblast neadresovaných vlastních jevů zakládá u většiny organismů jejich typičnost, a do jisté míry tak určuje i příslušnost k danému taxonu.

Vlastní jev vystupuje na základě niternosti (*Innerlichkeit*), která může být pochopena jako prožívání organismu sebe sama a ve vztahu ke světu. Niternost je tedy ztělesněna v procesu sebeprezentace (*Selbstdarstellung*) a zpřístupňuje se nám ve formě vlastního jevu (*eigentliche Erscheinung*). Niternost lze chápat jako libovolný druh nastavení vnitřního prostředí organismu – od aktuální nálady, přes hladinu hormonů až po genetickou informaci a specifické, organismu vlastní způsoby regulace její exprese. V posledním jmenovaném případě by potom sebevyjádření niternosti (*Selbstdarstellung der Innerlichkeit*) bylo ekvivalentní specifické ontogenezi daného taxonu, která vyúsťuje v rámci opět specifické fenotypové plasticity (viz I. díl, kap. 5) v exponovaný vlastní jev (*eigentliche Erscheinung*). Sebeprezentace pak může být v tomto smyslu povýšena na jeden ze základních aspektů živé bytosti stejně jako dráždivost, růst, reprodukce apod. Druhově specifický vlastní jev toho či onoho organismu není tedy nutné oceňovat bezpodmínečně pouze z hlediska funkce a reprodukční výhodnosti, neboť on je hodnotou sám o sobě.

Neobvyklost Portmannovy interpretace zjevu organismálních povrchů je záležitost ryze novověká. V renesanci byly podobnosti zvířat a rostlin spíše vyjádřením sympatií, afinít apod. Signatury a stigmata, ať už zjevná nebo na první pohled skrytá, samy vybízely k označení organismu a jeho souvislostí

s jinými organismy, užitím, či jeho přirozenost. Postupně se však podobnost proměnila v cosi zprostředkovaného a ze signatur se staly prostředky, které samy o sobě nemají jiný účel než zprostředkovávání vztahů mezi objekty. Samotná podobnost se zase stala prostředkem ke konstruování systémů, fylogeneze apod.

Interpretace vzhledu u nepříbuzných organismů

Dodnes ceněný způsob interpretace podobnosti nepříbuzných druhů pochází od anglického přírodovědce devatenáctého věku W. Batese (1862). Batesiánské mimikry jsou podobnost mezi dvěma nebo více nepříbuznými druhy, kde model (chráněný druh) je napodobován imitátorem (nechráněný druh), a to v rámci možností co možná nejuvěrněji (obr. 1).



■ **OBR. 1**

Schématické znázornění principu batesiánských mimikry: žihadlem a jedem chráněná vos (Paravespula vulgaris – vlevo) je napodobována nechráněnou pestřenkou (Syrphus ribesii – vpravo). Jak model, tak napodobitel nesou výstražné černožluté zbarvení.

Imitátor ze své podobnosti k modelu jednoznačně profituje, např. tím, že jej neloví predátoři obávající se chráněného modelu. Naznačené vysvětlení již od svého zrodu interpretačně úzce souvisí s Darwinovou evoluční teorií a představou fylogeneze. K tomu, abychom mohli rozeznat, který z dvojice sledovaných organismů je imitátor a který model, je nutné mít předem povědomí o jejich systematickém zařazení a zejména o jejich fylogenetickém kontextu. Prozkoumání nejbližších příbuzných obou druhů nám ukáže, že imitátor se svým habitem výrazně liší od ostatních zástupců taxonu, k němuž náleží. Naopak model do svého fylogenetického kontextu dobře zapadá, čímž je posvěcena jeho „opravdovost“,

neboť odhalování příbuzenských vztahů mezi organismy je v současném biologickém myšlení hluboce zakořeněno; i v praxi kladení a testování nových hypotéz drží představa oddělených divergujících linií stále primát. Zejména pak v rámci skupiny Metazoa jsou vertikální fylogenetické souvislosti významně upřednostňovány oproti horizontálním korespondencím. Druhy imitující model jsou potom pokládány za jakési nedokonalé napodobeniny originálu, přičemž míra jejich podobnosti vůči modelu je dána zpravidla silou selekčního tlaku ze strany predátora. Jistý náznak na zavedení horizontálních souvislostí negenetické povahy do moderní biologie nabízí memetika. Dawkins zavedl pojem *mém* (meme) jako jednotku kulturního přenosu, jakousi analogii ke genu (viz též podrobněji kap. 1). Rozšířil tak svou replikátorovou teorii i na oblast lidského konání. Někteří autoři označují člověka za mistra v imitování (Blackmore 1999). Právě schopnost imitace z nás údajně udělala lidi. V jistém ohledu možná ano, ale třeba si uvědomit, že člověk zvládne s obstojnou přesvědčivostí napodobovat ponejvíce členy vlastního druhu, možná tak ještě zpěv ptáků apod. Existují ovšem formy života, které napodobují zástupce z úplně jiných čeledí, tříd a dokonce i říší (Heikertinger 1954; Wickler 1968; Komárek 2003). Výhoda mémů by mohla spočívat v možnosti uvažovat horizontální přenos i u nehumánních organismů jako jsou všichni mnohobuněční živočichové. Problém ovšem spočívá v tom, že myšlenka mému se omezuje na bytosti vybavené vysoce vyvinutou myslí, prakticky snad jen na člověka. Jak potom ale mluvit o přenosu či sdílení podobnosti mezi fylogeneticky vzdálenými skupinami? Další a zřejmě nejpodstatnější nevýhoda mémů spočívá v jejich primární funkci jakožto replikátoru. Replikátorům nejde o nic jiného, než se replikovat, a zvýšit tak množství svých kopií ve světě. Jenže mluvíme-li o podobnostech a vzhledu, máme co dělat s kvalitami, jako jsou barvy, tvary, chování apod.

Abychom mohli lépe porozumět mimikry a příbuzným jevům, zavedli jsme pojem *sémantický orgán* (zkráceně *sém*, *seme*) jakožto jednotku imitace pro případy, kde zásadní roli hraje horizontální přenos významu, podoby, vzhledu, behaviorálních charakteristik apod. (Kleisner & Markoš 2004). Typickým příkladem sému může být žlutočerné vosí zbarvení, které se pravděpodobně vyvinulo původně u blanokřídlého hmyzu a potom se pro svůj aposematický význam

rozšířilo nejprve mezi ostatní skupiny hmyzu a v posledku i do lidské kultury (viz různá výstražná znamení na rozích, u podchodů, nadjezdů, závor apod.). Příkladem sémů nejsou pouze tvary, barevné vzory, apod., ale i specifické pachy, druhy chování atd.

SEMETICKÉ KRUIHY

Sdílenou nepříbuzenskou podobnost mezi organismy, jejímž příkladem může být mimikry, zde považujeme za výsledek horizontální komunikace mezi organismy. Podobně jako Portmann (1960) věříme, že vnější vzhled (potažmo vlastní jev) představuje pro organismy hodnotu sám o sobě a v jistém slova smyslu mohou organismy dokonce „usilovat“ o šíření svého image ve světě, podobně jako tomu činí řada lidí pomocí nových médií a televize. Nejen reprodukce či šíření svých genů, ale i šíření sémů může být předmětem evoluce. Přijmeme-li tato tvrzení, lze potom celou škálu podobností v přírodě vysvětlit pomocí sémů, neboť nejsou vázány pouze na těla organismů, na kterých vznikly.

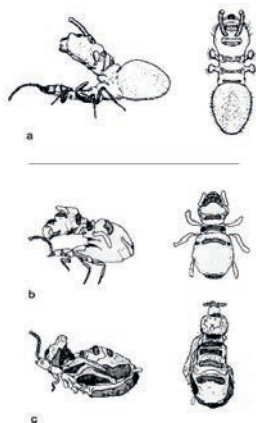
Batesiánské mimikry, tedy napodobování chráněného druhu druhem nechráněným, představují vlastně zvláštní druh parazitismu. Druh nechráněný se schovává za chráněný model, a parazituje tak na jeho podobě, aby snížil pravděpodobnost rizika, že bude sežrán predátorem (obr. 1).

Mim tak zneužívá sémů svého modelu k šíření svých genů. Za to ovšem automaticky zaplatí tím, že rozmnoží semy modelu na tělech všech svých potomků. Batesiánské mimikry v semetické reinterpretaci vyjadřuje formule: „Chceš-li využívat mé ochrany, pak přijmi a rozmnož mé semy.“ Z obecné evoluční perspektivy lze tento vztah mezi modelem (A) a mimem (B) vyjádřit takto: Druh A pomůže druhu B s reprodukcí jeho potomstva a umožní tak šíření genů druhu B. Tato služba je recipročně oplacena druhem B tím, že na sebe vezme obraz, tedy semy, druhu A, které rozmnoží prostřednictvím těl svých potomků. Jedná se tedy o jakousi reciproční výměnu sebezprosazení v rovině genetické za rovinu semetickou.

Mülleriánské mimikry (Müller 1879). Tento typ mimikry je mutualistickým vztahem, kde se dva nebo více chráněných druhů napodobuje

navzájem. Druhy participující v tomto vztahu jsou společně pozitivně propojeny jak v aspektu genetickém, tak i semetickém.

Wasmannovské mimikry (Wasmann 1890, 1925): Interpretačně problematickou kategorií mimikry představuje podobnost termitofilních a myrmekofilních hostů k jejich hostitelům.



OBR. 2

Wasmannovské mimikry: schematické znázornění tří druhů termitofilních drabčků s vyvinutou fyzogastríí (a) *Austrospirachtha mimetes*; (b) *Coatonachthodes ovambolandicus*; (c) *Spirachtodes madecassus* – z laterálního (vlevo) a dorzálního pohledu (vpravo). (a + b + c): podle Kistnera (1990).

Podobnost myrmekofilů a termitofilů ke svým hostitelům není možné přičítat pouze na vrub jejich integrace do hnízd té či oné skupiny sociálního hmyzu. Existují totiž i termito- či myrmekofilní druhy, které se svým hostitelům nepodobají vůbec. Na rozdíl od dvou prvních kategorií mimikry zde zcela neobstojí klasický model, že by případná podobnost vznikla selekčním tlakem ze strany predátora, neboť řada myrmekofilů a termitofilů mraveniště či termiště vůbec neopouští a vnitrohnízdní predátoři se zase nebudou v tmavém a stísněném prostředí příliš starat o celkový vzhled své potravy. Z perspektivy semetického kruhu lze wasmannovské mimikry vysvětlit takto: existují jednak druhy, které platí za poskytovaný příbytek a ochranu v rámci termiště či mraveniště tím,

že svým hostům poskytují například žádanou tekutinu z jejich abdominálních žláz. Někdy ovšem ještě nadto dochází ke geneticko-semetické výměně. Hosté zaplatí svým hostitelům za příbytek a podporu v reprodukci tím, že ztratí svůj druhově specifický vzhled a adoptují semy svých hostitelů.

SÉMY V KULTUŘE A KULTURNÍ MIMIKRY

V lidské společnosti a kultuře existuje řada analogií z již zmiňovaných typů nápodoby a platby. Tak je například možné přirovnat hosty u mravenců a termitů k lidským domestikantům. Zvláště některým formám života (např. pes) poskytujeme stravu, útočiště, a podstatně tak přispíváme k jejich reprodukčnímu úspěchu. Tito nám pak svou náklonnost vracejí tím, že nabývají charakterových a morfologických vlastností, kterých od nich člověk-hostitel žádá (přítulnost, poslušnost nebo naopak hlídání, ostrost, asistenci při lovu apod.). Člověk tak do domestikanta implantuje své semy spíše reifikací svých představ o domestikovaném tvorů nežli transferem vlastní specifické morfologie. Pěkný příklad semetického transferu často nacházíme i ve vztahu rodič–dítě. Dítě je během svého



OBR. 3

Kulturní mimikry na příkladu dvou generací pracovníků v oboru filosofie a dějin vědy. V lidské společnosti se často setkáváme s jevem, kdy mladší a méně zkušený jedinec (vlevo) ne zcela vědomě napodobuje starší, oborově etablovaný a tituly chráněný vzor (vpravo).

vývoje rodiči vyživováno a jeho výchova celkově stojí rodiče mnoho energie. Tím se dítě dostává do pozice jakéhosi „domestikanta“ a je nějakým způsobem nuceno naplňovat představy svých rodičů. K největšímu tlaku adopce rodičovských sémů potomkem dochází zřejmě v terminální fázi vývoje dítěte nebo až po dosažení dospělosti. Rodiče často vyžadují po svých potomcích, aby např. vystudovali podobný obor, vykonávali podobnou profesi apod. Pokud se toto podaří, jsme pak svědky jakéhosi ztělesnění představ rodiče prostřednictvím potomstva. Od potomka se očekává adopce sémů rodiče na oplátku za energii vloženou do jeho výchovy. Podobný semetický transfer lze někdy pozorovat i v případě žáků a jeho učitele či u dlouhodobě pospolu žijících partnerů.

3 Paralely mezi lingvistikou a biologií

ÚVOD

Psané lidské texty a záznamy genetických sekvencí mají na první pohled společné znaky – jde o lineární zápisy posloupností znaků nesoucí nějakou informaci. Není tedy divu, že se v genetice běžně používají sousloví jako „slova genetického textu“ nebo třeba „genetický slovník“ a další analogie, které si vypomáhají již existujícím lingvistickým názvoslovím. Pro většinu biologů jde čistě o metaforu, případně hříčku, nad kterou není třeba se dále příliš pozastavovat, protože nemá žádné praktické využití. (Tedy praktické využití má, jak ještě bude ukázáno, ale na úrovni algoritmů, které jsou implementovány v různých bioinformatických softwarech, které však v aplikaci běžně užíváme jako „black box“.) Naším úkolem zde ale bude nejenom poreferovat o praktickém propojení genetiky a matematických lingvistických metod, ale problematizovat prvoplánové pojetí lingvistické analogie mezi lidskými a genetickými texty.

Háčky se ukáží již v začátcích, když se pokusíme vyjasnit základní pojmy jako znak, text, jazyk, kód či informace, o což se pokusíme v první části této kapitoly. Aby bylo lépe patrné, jak si vlastně lingvistické metody v současné biologii stojí, podnikneme krátký exkurz na pole bioinformatiky, které je věnovaná třetí podkapitola. Ve zbylých podkapitolách se budeme věnovat kódům a praktickému využití lingvistických metod. V závěru snad nahlédneme, že to s lingvistickou analogií a jejím užitím není tak jednoduché, jak by se na první pohled zdálo. Nejenom proto, že jsme si zvykli brát digitální záznam (čehokoliv) jako adekvátní náhradu skutečného fyzického světa a pak se divíme, že nám jeho digitální redukce nesděluje vše, co bychom si představovali...

Poznamenejme ještě, že tento text se nezabývá tzv. *biolingvistikou*. Tento termín pro interdisciplinární spojení biologie a lingvistiky si již přisvojila skupina vědců, kteří zkoumají, jak je biologicky (geneticky) zakotven jazyk, což je pojetí zcela vzdálené této práci.

1 TEORIE INFORMACE – INFORMATICKÝ A SÉMIOLOGICKÝ PŘÍSTUP

1.1 Základní pojmy

Začneme od postulátu v úvodu, že společnou vlastností lidských a genetických textů je to, že jde o lineární zápisy posloupností znaků nesoucí nějakou informaci. Pokud se čtenáři tato definice již od pohledu nezamlouvá, je to v pořádku. Opatrnost je totiž na místě. Měli bychom se pozastavit nejprve u toho, že se automaticky mluví obecně o „genetických textech“. Přestože se tato metaforická zkratka běžně používá, bylo by lépe si za ni dosadit obecné označení biologické makromolekuly, které je dostatečně zobecnující a odpovídá více vlastní fyzické realitě. Dále raději nahradme slovo znak obecnějším označením prvek. Termín znak bude ještě rozebrán a ukáže se jako klíčový v chápání lingvistické analogie.

Tedy nově formulováno: společnou vlastností lidských textů a sekvencí biologických makromolekul je to, že je možno je zaznamenat jako lineární zápisy posloupností prvků nesoucí nějakou informaci.

Pro takovéto prvky definoval již Aristotelés základní 3 atributy a označoval je jako *stoicheión* (což kromě písmene může znamenat též prvek v podstatě atomistického charakteru, ale též základ či kámen).

To, co tyto prvky – stoichea – vystihuje je a) tvar či vzhled (a to patrně zcela obecně – dalo by se i usuzovat, že prvotní znaky nejsou ryze arbitrární, ale propojené nějak se skutečným fyzickým světem. To bychom ale již odbíhali od tématu.); b) pořadí – tj. záleží na tom, zda napíšeme AB nebo BA; c) poloha – totiž to, v jaké pozici písmeno napíšeme – tedy např. to, zda chceme zaznamenat Z nebo N, které vlastně vznikne čistě rotací prvního. (To nám u lidských jazyků patrně nepříjde tolik důležité, ale u chemických molekul, které mají různé prostorové konformace a izoformy to může nabývat na významu, který možná ani sám Aristotelés netušil.)

Aristotelés pojmal tedy prvky poměrně univerzálně, protože pod ně vložil jak pořadí, tak i tvar a konformaci. (Za předpokladu, že tvar znaků není čistě arbitrární.) My však na tomto místě rozlišíme hned 3 různé typy prvků. Přidržíme

se terminologie kterou navrhli Markoš a Švorcová (2009) (Užita též v Markoš & Faltýnek in Markoš (ed.) 2010)

1. Značka – je prvek nějaké konečné abecedy a je definována jednoznačně pořadím, respektive souřadnicemi v systému těchto značek. Tvar značky je zcela libovolný a zaměnitelný, nenese žádnou informaci, patří do digitálního světa.
2. Znak – je skutečným nositelem nějakého významu, patří tedy do přirozeného světa. Říká se o něm také, že je to „cosi, co zastupuje něco jiného“ (Eco 1976). Ne však čistě arbitrárně jako v případě značek, ale historicky a kulturně, jako výsledek nějakého kolektivního úsilí. Toto zastupování dané konvencí nazýváme signifikace. Na rozdíl od značky také umožňuje interpretaci.
3. Symbol – uvedme zde pouze pro úplnost rozdělení, neboť se kategorií symbolu nebudeme dále zabývat – symbolem bude míněn znak nabitý velmi dlouhou kulturní, historickou, náboženskou či jinou tradicí, např. křesťanský kříž, státní vlajka atd.

Poznamenejme, že tyto pojmy se v literatuře běžně zaměňují. V anglicky psaných článcích týkajících se genetických textů, respektive biologických makromolekul, najdeme označení *character*, *symbol*, ale i *letter*. Pro posloupnost se užívá běžně *sequence*, *string*, ale i *text*.

To, co sémiotika zkoumá jako znaky, je v teorii informace oproštěno od významu. Informatika se zabývá jednotkami přenosu, které je možno kvantifikovat, a ty nazveme signály. Kdesi na pomezí mezi informatikou a sémiotikou pak ale bude stát například samotný pojem informace. O tom však více v následující části.

Podívejme se ještě na lehce problematický termín *text*:

Zhlediska lingvistiky se jedná o *posloupnost slov nesoucí nějaký význam*. Zhlediska informatiky je ale jako text označováno cokoliv, co je uloženo v textovém

formátu. (Tedy například text vyfocený na fotografii podle tohoto pojetí není textem.) Z hlediska infromatického tedy můžeme termín text zcela korektně užít pro genetické zápisy.

Sémiotická teorie textu dokonce pracuje s textem jako jakousi „makrojednotkou“, která se řídí zvláštními generativními pravidly, v nichž pojem znaku jakožto elementární jednotky prakticky neplatí (Eco 1976). I tento přístup může být pro biologické bádání podnětný, nicméně patrně nepřilíš dobře zkoumatelný exaktními metodami.

1.2 Informace

Tok informací, například lidská řeč, nám vždycky nesděljuje, že je opravdu informací, a nikoli pouhýmchaosem zvuků. Cizí jazyk mnohdy vnímáme jako nějaké breptání či koktání. Jednotlivá slova rozpozná pouze ten, kdo danému jazyku rozumí. Ten, kdo jazyk nezná, má alespoň možnost jistou rozlišovací schopnost získat. V případě, že vnímáme autentický šum, jednotlivé série signálů se nikdy neopakují ve stejném pořadí. V tomto smyslu kupříkladu tisíc čísel, která vyjdou v ruletě, tvoří „šumovou sérii“. Je zcela vyloučeno, aby se při dalším tisíci her čísla předcházející série opakovala ve stejném sledu. Podstata „šumu“ tkví právě v tom, že nelze předvídat, kdy se prvky – zvuky či jiné signály – budou opakovat. Jestliže se série opakují, je to důkazem, že tento „šum“ pozorovaného jevu je klamný a že máme ve skutečnosti co činit s vysílačem, určeným k přenosu informace.

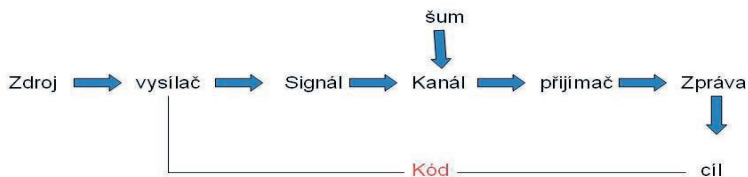
(Stanislaw Lem 1968)

Profesor Zdeněk Neubauer, biolog a filozof, říká, že informace jsou něco, co nás „formuje in“, tedy co nás vnitřně mění. Z tohoto pohledu je většina toho, co slyšíme či čteme, jakými „exformacemi“, které po nás sklouznou jako voda po navoskovaném papíru. Podstatou moderní společnosti navíc není nechat se něčím formovat, ale být sám, nezávislý a určovat tón. Formovat ty ostatní.

(Václav Cílek 2007)

Než rozebereme samotnou teorii informace, bude vhodné se pozastavit u samotného termínu informace, neboť ten, podobně jako i výše zavedená terminologie, je používán často víceznačně. Demonstrujme si možné výklady tohoto termínu na základní struktuře komunikace, která se často popisuje na tzv. modelu

stavidla. (Eco 1976) V tomto modelu půjde o přenos fyzické informace mezi dvěma mechanickými zařízeními. Jde o situaci, kdy inženýr mající na starosti rovnováhu napouštění a vypouštění vodní nádrže hledá způsob, jak detekovat aktuální úroveň hladiny vody v nádrži a podle toho následně napouští nebo upouští vodu z nádrže pomocí stavidla. Inženýr tedy instaluje do nádrže plovák, který aktivuje vysílač, pokud je dosaženo kritické hladiny vody. Vysílač vyšle elektrický signál po kanálu a v ústí propustí jej přijme přijímač, který zprávu dekoduje a vytvoří tak zprávu pro cílové zařízení, které zajišťuje upouštění/napouštění vody v nádrži. Tato situace se obvykle znázorňuje pomocí schématu:



Zdrojem je zde pohybující se plovák generující informaci o stavu vody (jsou vybrány 2 diskrétní stavy znamenající např. úroveň nebezpečí a úroveň nedostatku vody). Vysílač je mechanické zařízení, ve kterém je daným stavům vody přiřazen pomocí kódu signál (např. A, B) a ten je vyslán k přijímači. Ten zprávu dekoduje a transformuje pro cílové zařízení. To může být buď sám inženýr, který došlou informaci interpretuje, nebo opět mechanické zařízení, které dle příchozích signálů vykoná určité příkazy (napouští či vypouští vodu z nádrže, hlásí poplach nebo v případě klidu nedělá nic).

Cestou po kanále je ovšem signál vystaven náhodnému šumu, který může procházející signál pozměnit. Z tohoto důvodu je inženýr nucen kód, který přiřazuje signál ke stavu vody, komplikovat tak, aby náhodně vzniklé chyby při přenosu nevedly k nesmyslné interpretaci na straně cíle.

Inženýr má se dvěma signály A a B vlastně k dispozici 5 zpráv, neboť i absence signálu může být informací, může tedy generovat +A, -A, +B, -B, AB. Dojde-li však k jediné chybě, je informace zmařena. Z tohoto důvodu inženýr kód zkomplikuje i za cenu vyšších nákladů na přenos signálů a přidá navíc znaky C a D a zavede např. tento kód:

| | | |
|----|--------------------------|-------------------|
| AB | = úroveň nebezpečí | = vypouštění vody |
| BC | = úroveň poplachu | = stav poplachu |
| CD | = úroveň bezpečí | = stav klidu |
| AD | = úroveň nedostatečnosti | = napouštění vody |

Rozšířením kódu dojde k dvěma důležitým efektům:

- (1) Přijímač rozezná „nesmyslné zprávy“ (typu ABC, ABCD, ...). Poznamenejme, že existují algoritmy k vytvoření tzv. samoopravných kódů při daném rozsahu abecedy a délce signálu, které nejenže detekují nesmyslné zprávy, ale jsou schopny poškozenou zprávu reparovat. (Více viz samoopravné kódy v podkapitole 2.2)
- (2) K dispozici je nyní 16 možností, což umožňuje rozšířit signalizaci i na další diskrétní stavy hladiny (úroveň poplachu a bezpečí), případně na jiné další stavy. Pro důležité zprávy je možno využít dva různé signály. (Tím byla zavedena do systému tzv. redundance, o které bude řeč níže v části 1.2.1)

V tomto modelu tedy termín informace znamená:

- (a) statistickou vlastnost zdroje (potenciální informace);
 - (b) přesné množství vybrané informace, které bylo ve skutečnosti odesláno a přijato (negativní entropie).
- Statistickými vlastnostmi textu a potenciální informací v něm obsaženou se zabývá teorie informace, jejíž základy formuloval C. Shannon, který ve své práci (*C. Shannon: A Mathematical Theory of Communication*, 1948) formuloval postup, jak kvantifikovat informaci.
- Vlastním obsahem (významem) sdělení (jde-li o systém signifikace, a nikoliv pouze o přenos stimulů) se zabývá sémiotika a sémantika.
- Vlastní přenos informace je inženýrskou úlohou, kterou neřeší matematická teorie informace.

Bliže nyní rozebereme pojem informace tak, jak byl definován v teorii informace. Připravme se však na to, že samotný pojem bude vždy stát na jakémsi tetelivém rozhraní hmotného a nehmotného světa. Informace totiž může existovat v podstatě nehmotně jako digitální záznam či rádiová vlna, může být generována nezávisle na jakékoliv rozumné bytosti, ale vždy ke své existenci potřebuje ČTENÁŘE (což je bytost hmotná) a ten ji může přijmout jen v podobě implementované do nějakého média. Tedy jinak řečeno: informace se stává informací teprve tehdy, je-li čtena. Světlo hvězd sledovali po staletí astronomové, milenci či vyjící psi, ale informací se stalo teprve po vynálezu spektrometru, jehož objev umožnil extrahovat ze spektra dopadajícího světla informaci o stáří či složení hvězdy.

Samotná teorie informace však může pracovat pouze se zprávami, které jsou převedeny na posloupnost diskrétních stavů (událostí). Toto pojetí informací nijak neochuzuje ve smyslu nějaké vědecké redukce, ale naopak ukazuje, jak široké pole informačních možností v tomto světě existuje.

1.3 Teorie informace

The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point. Frequently the messages have meaning; that is they refer to or are correlated according to some system with certain physical or conceptual entities. These semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem. The significant aspect is that the actual message is one selected from a set of possible messages. The system must be designed to operate for each possible selection, not just the one which will actually be chosen since this is unknown at the time of design.

(Claude Shannon 1948)

1.3.1 SHANNONOVA ENTROPIE

Všechny lingvistické metody užívané v genetice (ať již vědomě či nevědomě) vycházejí z původního Shannonova konceptu teorie informace. Ta si neklade za cíl zabývat se přenosem významů, protože význam nejde inženýrsky uchopit a formulovat, ale bere text jako sekvenci, která obsahuje konečný počet možných zpráv

(messages), a jejich potenciální množství lze vyjádřit pomocí matematické funkce, která má vlastnosti funkce logaritmické. Jedinou informací, kterou nám sekvence poskytuje, je pravděpodobnost výskytu písmen (či jejich kombinací) – tedy ji bereme jako posloupnost možných událostí s pravděpodobnostmi výskytu p_1, p_2, \dots, p_n . Pro stanovení potenciálního informačního obsahu pak budeme hledat takovou veličinu H , která bude splňovat následující vlastnosti:

Rozložení pravděpodobnosti p_i musí být spojité, jsou-li všechny pravděpodobnosti p_i stejné, pak $p_i = 1/n$ a H je vzestupnou monotónní funkcí n . (Takže čím víc možností, tím víc nejistoty/neurčitosti.)

Je-li možný stav rozdělen na posloupnost více stavů s rozdílnými pravděpodobnostmi, pak celková H je jejich váženým průměrem. (Ať rozkrájíme veličinu na jakoukoliv dílčí posloupnost o různých hodnotách pravděpodobnosti, výsledek je vždy stejný.)

Jediná veličina, která tyto tři podmínky splňuje, je stará dobrá **entropie**:

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

Jde o izomorfní vzorec se vzorcem entropie, jako byla definována ve statistické mechanice Boltzmannem (kde ale p_i je definováno jako pravděpodobnost, že se systém nachází v i -tém stavu – i -té buňce – svého fázového prostoru a K je univerzální Boltzmannova konstanta).

Velichinu H lze nahlédnout buď z hlediska míry uspořádanosti, anebo naopak z hlediska nepořádku systému. Známý je průměr entropie jako míry neuspořádanosti systému. Pro nás ale bude přínosnější si uvědomit, že systém má nejvyšší entropii tehdy, pokud všechny stavy mají stejnou pravděpodobnost. (Pro text by to znamenalo, že výskyt písmen je zcela nahodilý a že neexistují žádné preference v jejich sdružování, které by vedly ke vzniku nějakých struktur, jako jsou například slova.) Analogicky též můžeme říct, že čím větší bude pravděpodobnost výskytu nějaké náhodné veličiny X , tím menší informaci nám přinese její výskyt, a že se vzrůstající entropií se systém posouvá ke stále pravděpodobnějším stavům. (Nebo taky že neuspořádanější systém má nejnížší entropii, ale taky nejmenší pravděpodobnost.)

Základním problémem komunikace je přesná nebo přibližná reprodukce nějakého sdělení. Obvykle mají sdělení nějaký význam – tedy vztahují se k nějakému systému, který mu přiřazuje nějakou fyzickou nebo pojmovou entitu. Tento sémantický aspekt komunikace není při řešení přenosu sdělení důležitý. Důležitým aspektem je, že aktuální sdělení je jedno vybrané ze souboru sdělení, která jsou možná. Systém musí být designován tak, aby byl schopen operovat se všemi možnými výběry, ne pouze s těmi, které byly uskutečněny, protože to, co bude vybráno, není při designování systému známo.

1.3.2 INFORMACE, STRUKTURA, KÓD

Řekl Bůh: Buď světlo! I bylo světlo.

A viděl Bůh světlo, že bylo dobré; i oddělil Bůh světlo od tmy.

A nazval Bůh světlo dnem, a tmu nazval nocí. I byl večer a bylo jitro, den první.

(Gen 1–5)

Důležité zjištění ovšem je, že informace se do systému vždy dostává tím, že se zavede nějaký systém omezení (*constraints*). V případě lidských jazyků jsou to přirozené hranice dané tím, jaké fonémy lze vůbec dohromady vyslovit. V případě informace nesené v biologických makromolekulách, jako je DNA či proteiny, jsou přirozené hranice dané fyzikálně chemickými vlastnostmi (např. polaritou vazeb mezi aminokyselinami v proteinu). Z bezbřehého prostoru astronomického počtu možností tak vlivem přirozeného či umělého omezení povstává struktura, jejíž vlastnosti jsou dané souborem omezení, respektive pravidel kombinovatelnosti prvků systému. Takový systém pravidel můžeme označit jako kód. (A bude to již druhé pojetí kódu, ke kterému jsme dospěli. Srovnej s pojetím kódu jako signifikačního systému v kap. 1.1)

Ještě jedna věc stojí za zmínku: inženýr řešící úlohu, jak co nejlépe a nejúspěšněji přenést informaci a uchránit ji před šumem, uvažuje o šumu jako o něčem, co informaci narušuje. Charakteristikou šumu je to, že je náhodný, tudíž sám o sobě nemůže nést informaci. Může se ale stát, že šum, který intervenuje omylem do informačního kanálu, se stane zdrojem informace nové.

V případě genetických záznamů takovému procesu říkáme mutace. Jde také o šum, v tomto případě je pozměněná informace nově interpretována a je jí přiřazen nový význam.

Redundance (relativní entropie)

Zvláště v úvahách o genetických textech je vhodné ještě připomenout pojem redundance – pojem, který označuje jakýsi informační nadbytek. Ten je ve vztahu k entropii definován jako podíl entropie zdroje k maximální entropii. Tento podíl označujeme jako relativní entropii, což je maximální množství informace, které se dá do dané sekvence vůbec „nacpat“. Inverzně ji lze chápat také jako maximální možnou kompresi. Má-li text nenulovou redundanci, znamená to tedy zároveň, že je možné provést kompresi. Entropii zdroje je vlastně možno z hlediska komprese vyjádřit jako poměr délky nejkratšího možného komprimovaného řetězce k původní délce zdrojové sekvence.

Například u běžné angličtiny je redundance cca 50 %, což znamená, že polovina znaků je určena strukturou jazyka a zbylá polovina je „nahodilá“. Jinak řečeno, odstraníme-li polovinu symbolů (ale musíme vědět, které to jsou), pak můžeme ze zbylé kostry rekonstruovat původní text. (K tomu se už v Shannonomě době dobrali lingvisté několika různými nezávislými cestami, např. rekonstruováním textu zbaveného „nestrukturní“ části a různými dalšími kryptografickými metodami).

Za dva extrémy redundance můžeme považovat „*basic English*“ s vysokou redundancí a na druhé straně Joycovo dílo „*Finnegans Wake*“, ve kterém se autorovi podařilo dospět dokonce ke kompresi na úrovni sémantické.

Mimoходом, kdyby redundance nějakého jazyka byla nulová, pak by jazyk byl beze zbytku komponovatelný i jako křížovka (všechny kombinace ve všech směrech by měly význam). Čím je redundance větší, tím hůř se budou sestavovat z daného jazyka křížovky. Ukazuje se, že kdyby se vzal náhodně generovaný jazyk s redundancí 50 %, pak by z něj měla jít sestavit křížovka ve 2 dimenzích, pokud by byla redundance 33 %, pak by měla jít sestavit křížovka ve 3D atd.

Redundance je tedy sice informačním přebytkem, ale zároveň poskytuje možnost ke zvyšování spolehlivosti a odolnosti systému vůči chybám.

Informační přebytek obecně můžeme brát z pozitivního hlediska jako potenciál pro evoluci (např. evoluce nových genů duplikací). Možnost zvýšení spolehlivosti při přenosu informace naopak bude důležitá tam, kde jde o předání důležité a osvědčené informace (např. při replikaci DNA). Typickým příkladem redundance je tzv. degenerace genetického kódu. (Při 4písmenné genetické abecedě je možno vytvořit 64 různých tripletů, které by mohly kódovat aminokyseliny. Samotných aminokyselin je ale pouze 20. Některé „přebytečné“ triplety jsou využity jako návěští, jinde více různých tripletů kóduje jednu aminokyselinu. Tato redundance navíc umožňuje akumulaci tzv. tichých mutací na 3. nukleotidu kódujícího tripletu, které se navenek nemusí fenotypově projevit. Viz 2. kapitola I. dílu.)

1.3.3 DISKRÉTNÍ ZDROJ INFORMACE A N-GRAMY

Mějme diskrétní zdroj generující nějakou informaci znak za znakem. Znaky po sobě budou následovat s pravděpodobností závislou na pravděpodobnosti předcházejícího znaku. Statisticky to lze popsat jako pravděpodobnost přechodu $p_i(j)$, tj. pravděpodobnost, že písmeno i je následováno písmenem j . Proces, který generuje takovouto posloupnost, se nazývá stochastický. Příkladem takového zdroje jsou například přirozené jazyky (ovšemže redukované na posloupnost značek), zdroj původně spojitě informace převedené na nějaká kvanta, jako je třeba televizní signál či posloupnost nukleotidů v DNA. Posloupnost n znaků na dané sekvenci se nazývá n -gram. Ty lze charakterizovat pravděpodobností jejich výskytu.

Obecně lze n -gram definovat také jako podřetězec délky n na daném řetězci. Používá se i ekvivalentní termín k -tuple. Znalost pravděpodobnosti výskytu n -gramů umožňuje analýzy, které se obecně označují jako NLP – *Natural language processing* – což jsou např. převádění řeči na text (speech recognition), mechanické překlady, automatické opravy dokumentů či syntaktická analýza a další.

Rozklad nějakého textu pomocí n -gram modelu tak může poskytnout nejfrekventovanější slova a slovní spojení podle toho, do jakého n provádíme rozklad. Výsledek pak můžeme využít třeba tak, že můžeme nechat generovat

text s definovanými pravděpodobnostmi výskytu n -gramů – tedy např. „nového Shakespeara“ nebo příspěvek do časopisu zahrádkářů...

Stejným způsobem, jako můžeme takto rozložit text v přirozeném jazyce (ať už budeme brát v potaz existenci mezer jakožto znaků či nikoliv), lze rozložit i sekvence DNA, RNA či proteinů a zkoumat distribuci jednotlivých n -gramů.

Ukazuje se, že i organismy mají kompozici a užívání svého „slovníku“ nenáhodné a že existují „slova“ typická pro dané skupiny organismů, podobně jako u lidských textů hovoříme např. o autorském stylu, a tak se zavedl pro tyto typické vzorce termín *genomic signature*. Již na úrovni di-gramů – tedy rozkladu sekvence proteinu na slova (peptidy) délky 2 – se ukazuje, že lze vzájemně rozlišovat jednotlivé organismy. Dle průkopníků této metody (Brendel & Beckmann & Trifonov 1986) stačí ke spolehlivému určení nějakého organismu velikost n -gramu pro hodnoty $2 \leq n \leq 6$.

1.3.4 ZÁVĚR

Rozebrali jsme alespoň v nástinu základní pojmy, se kterými se setkáme, budeme-li uvažovat nějakou analogii mezi jazykem a jinými informačními strukturami. Tyto analogie ještě budeme problematizovat v podkapitole 2 a 4. Dalo by se možná očekávat, že tyto úvahy budou již dostatečně zpracovány tam, kde se pracuje se zápisy biologických makromolekul, tedy na poli bioinformatiky. Ve 3. části ale uvidíme, že současná bioinformatika se pohybuje hlavně v prostředí aplikací, a v podstatě nepotřebuje teorii informace ani precizování pojmu jako kód, text, znak či jazyk.

2 KÓDY A KÓDOVÁNÍ

2.1 Různá pojetí kódu

Uvažujme opět model stavidla z části 1.2. Inženýr řešil problém signalizace hladiny vody tak, že zavedl KÓD, který pomocí kombinací 4 signálů zprostředkoval informaci mezi plovákem v nádrži a cílovým zařízením regulujícím hladinu vody:

| | | |
|----|--------------------------|-------------------|
| AB | = úroveň nebezpečí | = vypouštění vody |
| BC | = úroveň poplachu | = stav poplachu |
| CD | = úroveň bezpečí | = stav klidu |
| AD | = úroveň nedostatečnosti | = napouštění vody |
| | (b) | (c) |

Již jsme rozebrali situaci z pohledu toho, co zde znamená termín INFORMACE. Nyní se analogicky pokusíme demonstrovat, co znamená slovo KÓD.

Termín kód je možno chápat čtyřmi různými způsoby:

- soubor signálů řízených vnitřními kombinatorickými vlastnostmi (syntaktický systém);
- soubor stavů vody (respektive představ o jejich stavech), které se mohou stát souhrnem možných komunikativních obsahů (např. když se rozsvítí kontrolka, cílové zařízení je informováno, že má začít napouštět vodu) (sémantický systém);
- soubor možných behaviorálních odpovědí na straně cíle (z hlediska komunikace je odpověď cílového zařízení potvrzením, že zpráva byla přijata);
- pravidlo korespondence (prosté pravidlo přiřazujících mezi sebou prvky porovnávaných systémů (a),(b) a (c)).

U. Eco zde rozlišuje kód jakožto systém (tzv. s-kód, případ (a)–(c)) a kód jakožto prosté pravidlo korespondence (d), které umožňuje vzájemně propojovat články systémů (a), (b) a (c), které nazývá prostě „kód“.

S-kódy jsou tedy systémy nebo struktury nesoucí informaci, která je interpretována, a můžeme zde tedy uvažovat proces signifikace. (Viz 1.1 – kód jako signifikační systém.) Objevuje se tehdy, pokud porovnáváme různé jevy vzhledem ke stejnému systému vztahů. Mohou vznikat historicky vzájemným sjednáváním, nebo mohou být zkonstruovány, ale neobjevují se samy od sebe.

Kód jakožto pravidlo korespondence je systémem nesignifikačním a prostě vzájemně přiřazuje prvky různých systémů (např. Morseova abeceda). Takový kód musí být zkonstruován.

Jen s použitím jiných vyjádření definuje matematická teorie kódování kód jako množinu kódových slov, kde kódová slova jsou sekvence znaků splňující určitá pravidla (Kárná & Křížek & Křížek 2012). Tedy kódem je např. množina slov nějakého jazyka, nikoliv však jazyk sám!

Eco dává příklad, že tzv. genetický kód se zdá patřit do systému (c). Zřejmě bychom ho mohli chápat i jako systém typu (a), ale ať již budeme tyto nuance rozlišovat nebo ne, zcela jistě je genetický kód s-kódem, nikoliv pouze kódem ve smyslu (d).

Vzpomeňme nyní ještě kód jakožto systém omezení (pravidel) z kapitoly 1.3.2, který umožňuje *de facto* existenci informace, respektive struktury, která nese informaci. Informace se vynořuje se zavedením pravidla do homogenního systému. (*I oddělil Bůh světlo od tmy. A nazval Bůh světlo dnem, a tmou nazval nocí.*)

Na závěr upozorněme ještě na jeden aspekt kódu, který je obsažen i v předešlých pojetích, ale který zvláště zdůrazňuje M. Barbieri (např. 2008): Kód jakožto konvence (natural convention) – tedy sjednaný vztah mezi prvky systémů vzniklý evolucí, který navíc umožňuje vznik nových struktur (např. vznik nového komunikačního kanálu).

TEORIE KÓDOVÁNÍ A SAMOOPRAVNÉ KÓDY

Jak už bylo ilustrováno na modelu stavidla, matematická teorie kódování řeší v podstatě dvě úlohy: jak přenést co největší množství informace s vynaložením co nejmenších prostředků, a zároveň, jak tuto informaci dostatečně ochránit před šumem. Připomeňme si základní model přenosu informace: Máme zdroj informace, která je převedena pomocí kódovacího zařízení na sled signálů, které putují nějakým informačním kanálem (kde je informace vystavena šumu), a předána dekodéru, který pak poskytuje zprávu do cíle. Přenos informace obvykle obsahuje 2 kódovací procesy:

- a) transformaci zdrojové sekvence do jiného řetězce – tato operace umožňuje kompresi původní informace (označuje se jako *source coding*);
- b) zavedení schopnosti detekovat chyby (tzv. *channel coding*).

Za účelem ochrany před šumem a možnosti detekce chyb se kód často navrhuje jako tzv. blokový kód. Blokový kód je takový kód, kde všechna kódová slova mají stejnou délku a skládají se ze dvou částí: informační a kontrolní. Kontrolní část kódu zvyšuje pravděpodobnost odhalení chyb. (Typickým příkladem je například desátá číslice rodného čísla, která je zvolena vždy tak, aby součet všech číslic byl dělitelný jedenácti, ale na stejném principu fungují i čárové kódy, licenční čísla, čísla kreditních karet a další.) Poměr délky informační části kódu k celkové délce kódu se nazývá informační poměr kódu.

Detekční kód je pak takový kód, který je schopen objevit chyby při přenosu zprávy. Existují i kódy, které detekované chyby umožňují reparovat. Ty se pak nazývají samoopravné (*error correcting codes*.) Takovým kódem je třeba i korekce chyb při psaní ve Wordu. Nutno ovšem poznamenat, že *kódy samy* nic nedetekují ani neopravují, pouze jejich struktura umožňuje přijímacímu zařízení rozpoznat a případně opravit chyby vzniklé přenosem zprávy.

„Uživatel“ tedy kód vždy nějak přizpůsobuje vlastnostem zdroje informace a zároveň vlastnostem kanálu. Informační vlastnosti zdroje jsou dány entropií zdroje H . Jako charakteristiku přenosového kanálu zavedl Shannon maximální rychlost přenosu C – tzv. kapacitu kanálu – a odvodil zajímavou vlastnost informace: Jestliže je entropie zdroje menší než kapacita kanálu, je možné najít takový kód, který umožní přenášet daným kanálem zprávy, které generuje zdroj tak, aby pravděpodobnost chyby byla libovolně malá. Tedy pro zdroje o entropii $H < C$ je možno sestavit „bezchybový“ (*errorless*) neboli chyby detekující kód. Pokud podmínka splněna není, pak takový kód sestavit nelze.

Přenos informace za určitých podmínek tedy sám o sobě umožňuje samoopravnost chyb. Při konstrukci kódů (jakožto systémů přiřazení) se ukazuje, že optimální způsob nalezení kódu je náhodné přiřazení – tzv. *random coding*. Samoopravné kódy tedy mohou zřejmě vznikat za určitých podmínek spontánně, což je zajímavá myšlenka, kterou rozvádí např. G. Bataille (2007).

2.2 Samoopravnost chyb a genetický kód

Není nijak překvapující, že vědce napadlo analogizovat základní schéma přenosu informace se schématem centrálního dogmatu v biologii. Pak by šlo

o přenos informace z DNA na ribozom, který slouží zároveň jako dekodér zprávy a zároveň jako výrobní proteinů. Cesta přes RNA by byla oním šumovým kanálem, během kterého dochází k mutacím atd. Tato prvoplánová analogie vypadala lákavě, ale potíže nastaly, jakmile se do problému pustili výzkumníci hlouběji. Připomeňme si znovu schéma z podkapitoly 1.2.1 a položme si např. otázku, kde ve schématu stojí samotná DNA. Je to zdroj či vysílač? Je transkripce a translace jenom součástí kanálu, nebo vlastní kódující proces další úrovně? Kde dochází během procesu k chybám? Umožňuje tripletový kód vůbec nějaký samoopravný proces?

Problém se tedy ukazuje být komplikovanější. Přestože se vědecká komunita v podstatě shodla na tom, že v přenosu genetické informace musí někde docházet k detekci a samoopravě chyb, nikdo zatím nepředložil přesvědčivý model, který by bylo možné ověřit.

První modely se začaly objevovat od 70. let s počátkem sekvenování dat, které učinilo genetické sekvence dostupné pro podobné analýzy (Roman-Roldan & Bernaola-Galvan & Oliver 1996). Všechny tyto práce mají ale spíš charakter návrhu, jak implementovat informační teorii do biologie a omezují se na různé komplikované schéma přenosu informace ve směru od DNA k proteinům.

Zajímavější model navrhl Forsdyke (Forsdyke 1981), který přišel s myšlenkou, že introny by mohly být jakousi kontrolní částí blokového kódu – tedy že kódová slova jsou tvořena exony (informační část kódu) a introny (kontrolní část kódu). Model se nepodařilo přesvědčivě ověřit, a přestože význam intronů není dodnes plně objasněn, ostatní hypotézy o funkci intronů tuto možnost spíše vylučují.

Forsdykův článek vyšel v témže roce, kdy byl zveřejněn objev intronů, který znamenal pro vědeckou komunitu (a centrální dogma) zásadní přelom. Když už tento „rušivý“ objev byl jednou uskutečněn a nedal se popřít, dostavily se v zápatí mnohé hypotézy, jak existenci intronů vysvětlit. Toto byl jeden z pokusů, jak racionálně odvodit fenomén, který se do mechanistického pojetí centrálního dogmatu příliš nehodil. Článek sám je spíše návrhem než solidní hypotézou. Intron svou strukturou nespĺňují představu o kontrolním úseku kódu (už kvůli proměnlivé délce – v teorii kódování je možnost detekce chyb založena na kódových

slozech stejné délky). Navíc vezmeme-li v úvahu, že existuje alternativní *splicing* (introny nemusí být vždy vystřiženy stejně), pak představa o kontrolním mechanismu skrytém v intronech nevypadá příliš pravděpodobně.

Battailovy „nested codes“ a představa „měkkého“ kódu

Seriózněji se pustil do tématu chyby opravných vlastností genetické informace G. Battail, původně inženýr informatik (a to z doby děrných štítků, kdy ještě spojení hmoty a informace bylo patrnější než dnes). Battail poukazuje na to, že ze základního teorému teorie informace je možno vypočíst, že pravděpodobnost chyby v čase roste, zatímco informační kapacita genomu v čase klesá. Nebyl by tedy dlouhodobě udržitelný bezchybný (a bezztrátový) přenos genetické informace přes generace, kdyby neexistoval nějaký reparační mechanismus – tedy schopnost detekovat a opravovat chyby. (Mutacemi se nyní nezabýváme, zde jde o technický předpoklad, zda je vůbec možno uchovávat informaci při daných možnostech DNA.) Battail rovněž upozorňuje, že proces opravy chyb musí probíhat při replikaci. Tedy že klasické informační schéma lze korektně napasovat pouze na proces replikace. Battail přímo označuje tradiční model replikace (jako kopírování templátu) jako chybné a navrhuje ho nahradit označením „regenerace genomu“, založené na vnitřních samoopravných vlastnostech. Protože samotný tripletový kód neposkytuje příliš prostoru pro možnost korekce chyb, navrhuje Battail, že genetický kód má ve skutečnosti „nested structure“. Můžeme si ho představit např. jako soustředné kružnice, kde uvnitř je základní kód, který kóduje strukturu následujícího kódu, který opět určuje kód následující. Tato struktura dle autora umožňuje korekci chyb. Základní (nejhlouběji „zahnížděný“) kód by byl zodpovědný za prastaré konzervativní úseky (jako jsou Hox geny), které jsou sdíleny napříč mezi organismy.

Na závěr ale Battail dodává, že v přírodě existující samoopravné kódy fungují zcela jinak než kódy inženýrsky zkonstruované. Kód je tedy pro něj spíše metaforou jakési informační struktury (či systému přirozených omezení), kterou označuje jako „soft codes“. Tyto „měkké kódy“ nejsou dané pouze deterministicky, ale mohou se chovat i pravděpodobnostně. Můžeme mezi ně zahrnout i přirozené jazyky, které mají taky přirozené chyboopravné možnosti

umožňující mluvčím korigovat přijatou informaci. V podstatě se dá Battailův termín přirovnat k Barbieriho organickým kódům vzniklým přirozenou konvencí během evoluce.

Battail tedy, podobně jako ostatní, nepřichází s konkrétním modelem, který by ukazoval, jak skutečně funguje samoopravná schopnost při přenosu genetické informace. Jeho invencí je teorie „zahnížděného“ kódu kódujícího kódy, který by měl mít samoopravné schopnosti (konkrétní odvození např. v Battail 2007) a nakonec lišácké řešení v podobě označení přírodních kódů jako tzv. měkkých kódů.

Může teoreticky existovat v DNA opravný mechanismus?

Potíž se samoopravnými vlastnostmi DNA a spekulacemi kolem nich plyne i z jistého terminologického nedorozumění. Je třeba rozlišit chybyopravnost jako a) striktně matematickou charakteristiku (v podstatě danou minimální Hammingovou vzdáleností kódových slov) a b) chybyopravnost jako vlastnost vyplývající z fyzické struktury molekul, která se děje v jejich vzájemných interakcích. Schopnost opravovat chyby by v případě a) totiž (jako zamlčený předpoklad) vyžadovala existenci konstruktéra takového kódu. Samoopravností genetických zápisů v případě a) by mohlo mít smysl se zabývat pouze tehdy, pokud existuje proces generující informaci se samoopravnými vlastnostmi, a to nezávisle na existenci konstruktéra (tedy náhodně). Takový proces je patrně možný za určitých podmínek, odvozených teoreticky již Shannonem (viz části 2.2).

Vzhledem k tomu, že aktéry informačního přenosu jsou ale nakonec přece jen fyzické molekuly (nikoliv signály, písmenka, či jiné značky), budou se pokusy o odhalení samoopravnosti genetického kódu ve smyslu matematické teorie vždy pohybovat pouze na poli spekulací.

Matematická teorie kódování nicméně může napomoci tím, že nám může ukázat, jak funguje digitální (a paradoxně pro nás uchopitelná) informace na rozdíl od informace fyzicky zakotvené ve struktuře biologických makromolekul. Ta je sice na rozdíl od digitálního světa hmatatelná, ale my z naší úrovně nikdy nebudeme „ti hmatající“.

2.3 Trifonovovy „codes of many levels“

Jedním z teoretiků struktury genetického kódu je E. N. Trifonov z univerzity v Haifě, který tvrdí, že DNA je jakýsi multikód – tedy systém vzájemně se překrývajících kódů – kdy jeden stejný úsek může patřit do více sdělení pro různé čtenáře. (Například u kvasinek jeden triplet je zároveň rekombinačním signálem a zároveň kóduje protein.) Tyto kódy přítomné v jedné sekvenci jsou tedy čteny různými čtecími zařízeními a taktéž mohou používat i úplně jiný kód. To vše je možné, dle autora, hlavně díky degeneraci, resp. redundanci genetického kódu. Tato redundance umožňuje kromě tichých mutací i superpozici a překrývání jednotlivých sdělení. Nicméně překrývání a superpozice sdělení má samozřejmě své praktické limity. Je potřeba uvažovat různé úrovně kódování – tedy zároveň různé informační úrovně – od buněčných přes tkáňové či orgánové funkce až k přenosům informace na úrovni osobnostních znaků a povahových rysů nebo až na úrovni etnických rysů. (Trifonov 2008) Jako příklady různých úrovní kódování Trifonov uvádí:

Úroveň DNA: DNA má standardní geometrii, ale obsahuje i lokální odchylky, takže lze hovořit na této úrovni o poselství neseném i tvarem molekuly (*DNA shape code*; viz kap. 3). Dále na této úrovni existuje chromatinový kód (*chromatin code*) – informací zde může být např. uspořádání nukleozomů ve struktuře chromatinu – informace je patrně i ve způsobu spojení pomocí linkerů.

Úroveň RNA: Tady už nám čtenáři přibývají: kromě klasického *RNA-to-protein code*, díky kterému se přepisuje základní informace do posloupnosti aminokyselin, je ještě v primárním transkriptu *RNA-splicing code*, o kterém toho zatím moc nevíme. Taktéž je potřeba nalézt správný čtecí rámec pro translaci a k tomu slouží tzv. „*framing code*“, který se částečně překrývá se základním kódem pro prepis do proteinů. Zřejmě taky existuje něco jako „*translation-pausing code*“ (vzácně, ale pravidelně se vyskytující kodony, které dělí mRNA na „lépe stravitelné úseky“ – patrně proto, aby se translace zpomalila a nově syntetizované proteiny měly dost času se sbalit).

Úroveň proteinů: Je známo, že proteiny stejného tvaru a funkce mohou mít úplně jinou posloupnost resp. kompozici aminokyselin v řetězci. Tedy i na této úrovni existuje redundance. (Jakási strukturální a funkční promiskuita.) Je

zřejmé, že musí existovat nějaký *protein folding code*. (Proteiny se sbalují během milisekund, což je zajímavé, protože podle Levinthalova paradoxu by jim to při daném počtu možností mělo trvat astronomicky dlouho.) Byl navržen model, že by proteiny mohly mít cosi jako modulární strukturu, kde je informace obsažena v posloupnosti modulů – znakem modulové abecedy by pak byl „prototyp“ modulu. Víme, že proteiny jsou skutečně do podobné struktury uspořádány – obvykle jde o smyčky o 25–30 aminokyselinách. Možná tedy můžeme mluvit přímo o „*proteomic code*“.

2.4 Kód jako „nature convention“

Jak bylo ukázáno, použití termínů kód a informace se na obecné úrovni do značné míry překrývá. Teorie informace má sice definovaný kód, ale nikoliv už samotný pojem informace. Nejčastější problém v implementaci teorie informace do genetiky je přesakování (respektive ignorování) různých hierarchických úrovní a ztotožňování úrovně zápisu s hlubší úrovní vlastní struktury. Určitým způsobem se z toho pokusil vybruslit M. Barbieri svou formulací tzv. organických kódů (rovněž Battail z hlediska teorie informace dospěl ke svým „měkkým kódům“). Kód jako systém či struktura umožňuje komunikaci, zprostředkovává vztah mezi znakem a významem. Jako vždy na této úrovni vystává otázka, kde se vzal. Pokud bychom brali kód jako systém pravidel a přiřazení, pak by bylo nutné postulovat nějakého hlavního inženýra. Z hlediska živých bytostí nám přijatelnější alternativu nabízí pojetí kódu jakožto konvence (*natural convention*), tedy nějakého sjednaného vztahu, který se uskutečnil jako výsledek na poli možností. Vznik nové informační struktury se pak může udát v podstatě naráz (ale nikdo neví jak) a bez potřeby designéra (nicméně v kontextu předcházejících událostí). Marcello Barbieri přímo navrhuje, že tradiční evolucionistický koncept vzniku novinek na základě přírodního výběru by se měl doplnit o princip přirozených konvencí. Přírodní selekci stačí k fungování pouze kopírování a následný výběr. Od jedince není třeba čekat žádnou invenci. Stačí hodně materiálu, dostatek času a předpokládáme, že evoluce si s tím už postupně poradí. Naopak vznik nové konvence neboli kódu se děje aktivní (byť třeba náhodnou) spoluúčastí nějakých jednotek, jejichž interakcí dojde

ke vzniku nové informace (struktury). Vznik nějaké nové konvence (kódu) tak může být zodpovědný za občasný skokovitý charakter evoluce a řešil by se tak starý spor gradualismus vs. punktualismus. Za gradualistický průběh evoluce by byl zodpovědný klasický přírodní výběr, zatímco skoky by šly na vrub přirozeným konvencím. (Barbieri 2008)

3 BIOINFORMATIKA

3.1 Bioinformatika jako obor

Bioinformatika je obor na pomezí biologie a informatiky, který se zabývá zpracováním výše popsaných posloupností značek, na které jsme redukovali lineární biologické makromolekuly a jejich strukturu. Jde tedy o disciplínu, která se pomocí informačních technologií pokouší zodpovědět některé biologické otázky, například míru podobnosti a evolučních vztahů mezi organismy. Zatímco dříve tuto otázku řešili taxonomové zkoumáním a počítáním fyzických znaků jako počet nožiček či okvětních plátků, dnes se na tyto otázky po vzájemných vztazích organismů v rámci stromu života snaží odpovědět molekulární fylogenetika s použitím bioinformatických metod – porovnáváním určitých vybraných úseků genetických sekvencí a sledováním jejich podobnosti.

Následující stať si neklade za cíl probrat do detailů všechny bioinformatické úlohy. To by koneckonců ani nebylo možné, protože s každou novou řešenou biologickou otázkou vzniká obvykle nový postup nebo modifikace stávajících postupů. Pro hlubší porozumění odkazujeme např. na *Úvod do praktické bioinformatiky* (Cvrčková 2006), podle které je zpracována následující stať.

Jmenujme v úvodu některé typické úlohy, které současná bioinformatika řeší:

- sestrojení mapy úseku DNA, hledání kódujících oblastí, nalezení primerů (navržení primerové sekvence pro amplifikaci úseku známé sekvence pomocí PCR);
- získání informací o konkrétním genu či proteinu;
- dle podobnosti a přiřazení v databázi nalezení homologů známých genů (proteinů) ke zkoumanému materiálu, případně nalezení strukturních motivů;

- porovnání podobnosti sekvencí (např. za účelem predikce funkčních rozdílů, příbuznosti – odvození evoluční historie);
- nalezení funkčních genů v dosud neanotovaném (nebo nejasně anotovaném) genomu.

Jako jeden typický příklad za všechny probereme v následujících kapitolách blíže posuzování podobnosti sekvencí.

Data pro bioinformatické analýzy je možné stáhnout z veřejných serverů. Standardem pro zveřejňování nukleotidových sekvencí je trojice primárních databází – americká (GenBank), evropská (EMBL) a japonská (DDBL), které jsou vzájemně propojené a vyměňují si denně data, takže jejich obsah je v podstatě totožný. Přístup ke všem publikovaným anotovaným datům (jak nukleotidovým, tak proteinovým) je možný přes rozhraní **NCBI Entrez**: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

3.2 Cesta k samotné sekvenci: od tělesné formy DNA k digitálnímu lineárnímu zápisu

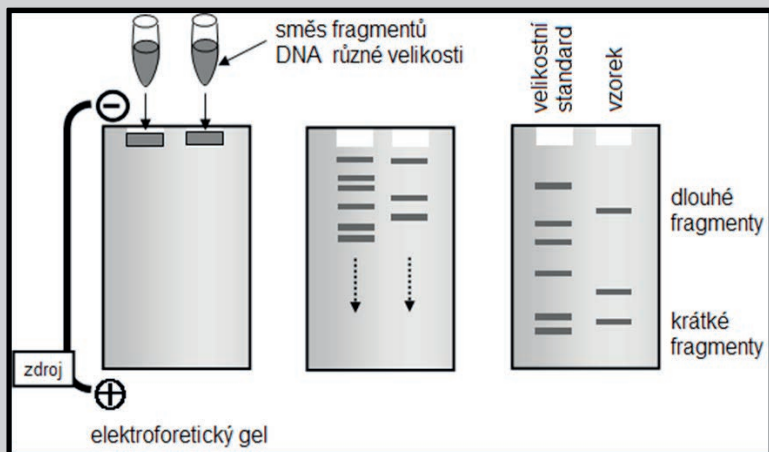
Je dobré si uvědomit, jakými procesy prochází molekula DNA, než se z ní stane digitální záznam. Pomocí sekvenčních metod, kdy se zkoumaná DNA rozdělí na menší fragmenty a pomocí elektroforézy se pak odvozuje pořadí nukleotidů, se obdrží elektroforetogram – tedy záznam, kam při elektroforéze doputovaly jednotlivé molekuly (viz box 1). Ten je ještě analogovým záznamem, který pak hodnotí počítač. Výstupem je lineární zápis pořadí nukleotidů podle kódů IUPAC,. Toto pořadí je statistickým konsenzem mnohdy nejasného elektroforetogramu. Tímto vzniknou tzv. surová data (vlastní sekvence nukleotidů bez prázdných řádků a mezer), která se nakonec upraví do standardního formátu, který umožňuje přidat k sekvenci dodatečné informace, poznámky apod, ale hlavně je opatřen jedinečným rozlišovacím identifikátorem, podle kterého lze pak sekvenci zpětně dohledat. Nejběžnější takový univerzální formát se nazývá FASTA.

Je možné sekvenovat buď jednotlivé geny, nebo veškerou DNA daného organismu. Kompletnímu genetickému záznamu říkáme genom. Obdobný zápis

existuje i pro bílkoviny a nazývá se proteom (jde tedy o kompletní sadu proteinů daného organismu, které jsou přítomny v daný okamžik v buňce nebo tkáni). Zatímco zápis DNA získáváme sekvenací, proteom se obvykle konstruuje na základě genomu. (Sekvence proteinů je možná, ale je poměrně komplikovaná a nákladná.) V případě eukaryotického genomu existují různé predikční algoritmy na odvození exonů – tedy toho, co je exprimováno – nicméně i tak musíme

BOX 1

Gelová elektroforéza



(Obrázek převzatý z http://opvk2011.ptacisvet.cz/?title=popis_metod-gelova_elektroforeza&lang=cz)

Velké molekuly, jako jsou nukleotidy nebo proteiny, lze separovat na základě jejich různé hmotnosti, náboje a schopnosti pohybovat se různou rychlostí v elektrickém poli. Směs záporně nabitých fragmentů DNA se pohybuje médiem (např. agarosovým gelem) a na základě své různé schopnosti pohybu v médiu doputují do různých vzdáleností. (Tedy malé fragmenty s menší hmotností putují gelem rychleji než těžší molekuly). Výstupem elektroforézy je elektroforetogram – analogový záznam pohybu molekul, jež jsou viditelné po obarvení specifickými barvivy jako proužky.

pohlížet na predikovaný proteom jako na jeden z možných konstruktů, nikoliv jako na ideální data. Navíc jeden genom může i v přírodě produkovat různé fenotypy (tedy proteomy), vzpomeňme na motýly a jejich housenky!

Ideální by bylo, kdyby od každého genu existovaly experimentálně odvozené komplementární DNA (označují se jako cDNA) – tedy nukleotidová sekvence po vystříhání intronů. Avšak ty nejen že ne vždy existují, ale nemohou brát v úvahu všechny případné sestřihové varianty při alternativním *splicingu* a častá je i kontaminace nesestřiženými (či nedostřiženými) transkripty. Je tedy dobré mít odvození struktury intronů a exonů podloženo jak experimentálně (cDNA), tak teoreticky pomocí predikčních modelů.

Obecně u teoretické predikce rozmezí intronů platí, že čím víc jich v jednom genu je, tím klesá spolehlivost přesného určení. Počátky a konce intronů jsou predikovány na základě specifických sekvenčních rysů (někdy obecných, někdy druhově specifických – více viz část 4.2.3)

3.3 Posuzování podobnosti sekvencí

Základní metodou při posuzování podobnosti sekvencí je tzv. *alignment*, neboli vzájemné přiřazení dvou či více sekvencí a jejich následné statistické porovnání. (Tedy sledujeme, kdy k sobě přiřazená písmena souhlasí a kdy ne. Počet situací, kdy se písmena shodují, vyhodnocujeme pomocí statistických metod.)

Pokud přiřazujeme více sekvencí (tzv. *multiple alignment*), obvykle tak činíme, když chceme na základě evoluční konzervovanosti hledat nějaké funkční významy (jako aktivní místa enzymů, místa kde dochází k posttranslačním modifikacím atd.) nebo testovat hypotézy o evoluční minulosti nějaké genové rodiny.

Poznamenejme, že přiřazení děláme tehdy, pokud hledáme nějakou podobnost, tedy nemá smysl přiřazovat vzájemně sekvence, o kterých předem víme, že jsou si zcela evolučně či funkčně vzdálené. Přiřazujeme vždy sekvence podobné.

3.3.1 GLOBÁLNÍ A LOKÁLNÍ PŘÍŘAZENÍ

Porovnáváné sekvence samozřejmě nebývají vždy stejně dlouhé, liší se podle toho, jak se během evoluce rozrůznily vlivem mutací, delecí či inzercí. Někde

mohou zůstat podobné celé konzervativní úseky, u jiných je možné nalézt spíše „ostrůvky“ oddělené jinak rozrůzněnou sekvencí. Tam, kde předpokládáme, že sekvence by od sebe ještě neměly být příliš vzdálené, zavádíme tzv. globální přiřazení: pokoušíme se přiřadit k sobě dvě sekvence po celé délce a na místech, kde přiřazení pokulhá vlivem delecí či inzercí, můžeme zavést mezery (*gaps*) a pokračovat dále tam, kde sekvence opět vzájemně dobře sedí. Pokud přiřazujeme sekvence evolučně vzdálenější, používáme tzv. lokální přiřazení, které přiřadí pouze jednoznačně ostrůvky (a v případě blízkých sekvencí tedy bude vlastně konvergovat ke globálnímu přiřazení). Vzájemné „příplácnutí“ sekvencí není vždy jednoznačně algoritmizovatelné (například zavádění mezer mezi „nesedící“ úseky je na volbě toho, kdo přiřazení konstruuje). Výsledná analýza podobnosti je tedy vždy závislá na kvalitě počátečního přiřazení. (Díky tomu také docházejí různé analýzy k odlišným výsledným fylogenetickým stromům.)

K vizualizaci a odhadu volby vhodného přiřazení slouží bodový diagram. Mějme 2 sekvence X a Y, po vynesení na osy x a y označme bodem ty souřadnice, kde se symboly na pozicích X_n, Y_n shodují – jádra přiřazení se pak objeví jako diagonály přerušované v místě nepárů. Obecně pak algoritmus postupuje tak, že vybírá nejdelší diagonálu (jádro přiřazení) a tu pak rozšiřuje po jednotlivých pozicích dále a pro každý další krok vypočte novou hodnotu podobnosti – to dělá do té doby, než celková hodnota podobnosti neklesne nebo nestoupne nad předem stanovené mezní rozdíly.

3.3.2 PROHLEDÁVÁNÍ DATABÁZÍ PODLE PODOBNOSTI SE ZNÁMOU SEKVENCÍ

Metoda alignmentu – přiřazení se využívá např. při prohledávání databáze. Hledáme v databázi sekvenci, která je nejbližší k sekvenci, kterou jsme zadali jako tzv. dotaz. Dotazovanou sekvenci se můžeme buď snažit identifikovat s nějakou známou sekvencí z databáze, či můžeme hledat nejbližší podobné sekvence našemu dotazu.

Přesná, ale pomalá metoda nalezení podobnosti dotazu a databázového záznamu by tedy probíhala takto:

- sestrojení lokálního přiřazení a bodových diagramů se všemi záznamy v databázi;
- výpočet hodnot podobnosti mezi dotazem a všemi záznamy;
- vybrání a porovnání dotazu s nejvyšší podobností.

Pro zrychlení vyhledávání lze ale použít heuristickou alternativu:

- k pilotnímu prohledání databáze vlastně není nutné sestrojovat přesná přiřazení, ale lze udělat odhad jen z bodového diagramu – s předem stanovenou velikostí okna, které jede po přiřazení (k -tuples – pro aminokyseliny 1–2, pro nukleotidy obvykle 6–8);
 - dále se berou jen nejlepší diagonály s největším počtem identit, pro ty se spočítá hodnota podobnosti, a pokud je tato hodnota podobnosti dostatečná (dle předem stanovené meze), pak se teprve pokračuje v rozšiřování přiřazení mezerami (opět jen v rozmezí stanoveného množství mezer) a vy počítávání podobnosti rozšířeného přiřazení – opět do stanovené mezní hodnoty;
 - teprve je-li tato mezní hodnota překročena, dokončí se celé lokální přiřazení i s výpočtem podobnosti až do konce.
- Dílčí hodnoty mezikroků jsou průběžně zaznamenávány a označují se ve výstupu jako *Z-score* nebo *Bit-score* – u sekvencí s významnou podobností je výstupem zároveň i očekávaná hodnota podobnosti *E* s hypotetickou náhodnou sekvencí generovanou zdrojem o stejném rozsahu jako je prohledávaná databáze.

Současné nejpožívanější programy:

FASTA – heuristický algoritmus na výše zmíněném principu.

- Problém falešně negativních výsledků: pokud podobnost spočívá v mnoha krátkých úsecích, FASTA bere jen jeden konečný úsek přiřazení, pak příbuznost sekvencí nemusí být odhalena.
- Problém falešně pozitivních výsledků: přiřazení v úsecích o nízké komplexitě, které převáží svou hodnotou podobnosti nad strukturním motivem.

BLAST

- Výrazné zrychlení tím, že sekvenci rozloží na slovník o předem zvolené délce slova pro deriváty tohoto slovníku vzniklé záměnou jediného symbolu.
- Porovnávání slovníku s databází – pokud se v porovnávané sekvenci nenaleznou alespoň 2 shodná „významná“ slova, sekvence se rovnou z porovnávání vyřadí.
- Naopak nalezené identity významných slov vytvoří základ přiřazení (tzv. *High scoring pairs* – HSP – na rozdíl od programu FASTA jich může být i více, takže lze odhalit i podobnost schovanou v sekvenci v jednotlivých ostrůvcích).
- Výstupem jsou i všechny HSP sekvence s hodnotou očekávatelnosti E .
- Je až 6krát rychlejší než FASTA.

Závěr

Současná bioinformatika se pohybuje hlavně v prostředí aplikací. Využívá různé prohledávací algoritmy a statistické analýzy. K některým úkonům se dokonce používají postupy vycházející z teorie informace (např. hledání oblastí s nízkou komplexitou – viz podkapitola 4.2.3) či metody, které by se daly označit jako lingvistické (*linguistic – like tools*). Takto pracuje program BLAST s rozkladem textu na „slovník“ o slovech (oligonukleotidech/oligopeptidech) dané délky, čímž se výrazně urychluje prohledávání v databázi. Nicméně samotná bioinformatika ke svému zdárnému fungování v podstatě nepotřebuje řešit, co je informace, znak či kód. Digitalizovaný svět bioinformatiky funguje i bez těchto pojmů a funguje zcela korektně, pouze při zpětné projekci informace, kterou z tohoto světa extrahujeme, musíme být opatrní a uvědomovat si, že tato informace nám pouze poukazuje k nějakému jevu v přirozeném světě a není jevem samotným.

4 PROPOJENÍ S LINGVISTIKOU**Lingvistické metody**

Oproti klasickému bioinformatickému přístupu ke zkoumání podobnosti a evolučních vztahů jsou lingvistické metody v podstatě „*alignment-free*“ – tedy

nezabývají se přiřazením jednotlivých sekvencí, ale berou sekvenci jako text, který je možno rozložit na potenciální slova délky a následně zkoumat jejich frekvence a distribuci ať už v rámci jednoho nebo více organismů, jednotlivých genů/proteinů, či celých genomů/proteomů.

Lingvistické metody nejsou schopny plně nahradit standardní srovnávací bioinformatické metody založené na přiřazování a hledání homologií, ale mohou posloužit jako alternativní doplňující nástroje k detailnější analýze. Navíc jsou výpočetně méně náročné. Pro relevantní rozlišení dvou porovnávaných sekvencí DNA stačí porovnávat slovník tvořený slovy délky 4 (tedy tetranukleotidy).

Historie alternativních lingvistických metod a jejich současné použití

O použití lingvistických metod v genomice referuje Bolshoy (Bolshoy 2003), který je v současnosti zatím patrně jediným teoretikem v této oblasti, a člení je obecně na metody založené na rozkladu na n -gramy (*n-gram based analysis*) a metody vycházející z výpočtu Shannonovy entropie. Kdesi mezi těmito dvěma přístupy se navíc nachází koncept lingvistické komplexity, který se prakticky využívá např. k identifikaci repetitivních oblastí.

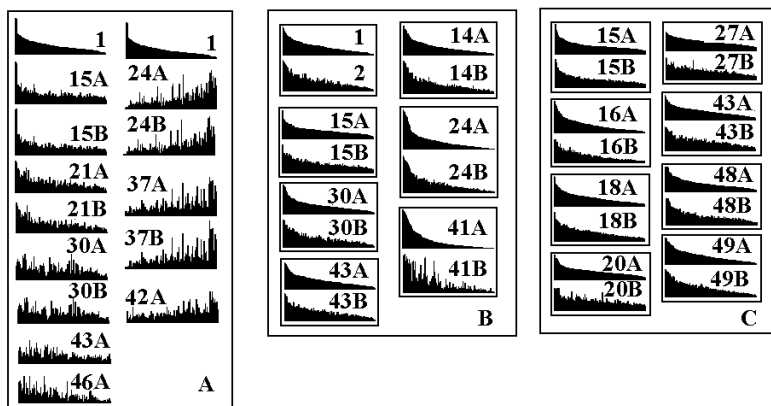
METODA KONTRASTNÍHO SLOVNÍKU

Metody založené na rozkladu textu na n -gramy použili v 80. letech poprvé Brendel, Beckmann a Trifonov (1986) když ukázali, že lze rozlišit „slovníky“ jednotlivých organismů. Použili k tomu metodu tzv. *kontrastního slovníku*, tedy hledali v řetězci takové podřetězce, které jsou „slovy“ v tom smyslu, že skutečně s největší pravděpodobností nesou nějaký biologický význam. Rozložili sekvenci na n -gramy zvolené délky (v tomto případě se obvykle jednalo o kratší oligonukleotidy délky 2–4). Jejich pozorovaná frekvence se statisticky porovnávala s očekávanou frekvencí a překročil-li očekávaný rozdíl určitý stanovený práh (tzv. kontrastní hodnotu), pak bylo „slovo uznáno jako slovo“. Komplettní seznam těchto kontrastních slov pak byl vzat jako slovník. Ke kvantitativnímu porovnání více slovníků je třeba zavést nějaký index podobnosti, což provedl Pietrokovski

(Pietrokovski & Trifonov 1992) zavedením korelačního koeficientu pro porovnání slovníků o slovech délky n od 2 do 4. Pietrokovski zároveň zavedl i termín *genomic signature*, který se pak stal populární a dnes je znovuobjevován jako cosi nového (např. Osmanbeyoglu & Ganapathiraju 2011).

METODA KOMPOZIČNÍHO SPEKTRA (COMPOSITIONAL SPECTRUM)

Výhoda této metody je, že umožňuje rozumně porovnávat i delší slova. Metody kontrastního slovníku bylo možné rozumně využít například pro dinukleotidy (nebo obecně dimery) ale s delšími slovy přibývá kombinatorických možností, které porovnání „signatur“ činí obecně nepřehledným. Většina biologických



OBR. 4

Ukázka kompozičních spekter. Kompoziční spektra dlouhých úseků DNA u různých organismů. Jako referenční sekvence je použita sada slov délky 10 z lidského chromozomu X (označena jako 1). Na osách x jsou vždy slova w_i z referenční sady W (tedy index i), na osách y jsou pozorované četnosti těchto slov v daných sledovaných sekvencích. (Písmenem B jsou označeny sekvence, kde byly vybírány k analýze vždy 2 fragmenty z genomu. Sada C je navržena pro slova délky 15.) Číselné kódy přísluší jednotlivým organismům. Např. č. 15 označuje *Drosophila melanogaster*. Je vidět, že kompoziční spektrum je s referenční sadou podobné, zatímco např. č. 24. – bakterie *Mycobacterium tuberculosis* vykazuje kompozici zcela opačnou. (Dle Kirzner et al. 2002)

„sdělení“ („*biological signals*“) se ale zjevně skládá ze slov delších – řekněme délky 6–20 bazí ($n = (6, 20)$) Tyto oblasti nemůžeme brát jako „jedno slovo“, ale jako sadu podobných slov. Fyzicky jde například o úsek, kde dochází k interakci mezi DNA a proteinem.

Zatímco kontrastní slovník pracoval s frekvencemi přesně se shodujících jednotlivých slov (*perfect matching occurrences*), kompoziční spektrum nabízí přirozenější přístup. S delšími slovy totiž pravděpodobnost přesné shody klesá, a tak mnohá podoba zůstává skryta. Vlastní metoda je založená na výskytu slov sice zvolené pevné délky, ale vybrané z nějaké dostatečně velké sady (v podstatě obdoby lingvistického korpusu) a jejich porovnání se studovanou sekvencí na základě alespoň částečné shody (*imperfect matching occurrences*). Každou sekvenci tedy lze ilustrovat jako histogram frekvencí neúplně se shodujících (*imperfect matching*) slov zvolené délky se slovy z předem vybrané existující sady slov. Takovýto histogram se pak nazývá **kompoziční spektrum (CS) sekvence**. Výsledný histogram je tedy ovlivněn danou sekvencí, referenční sadou slov a stupněm „neshody“ (*mismatch*).

Lingvistická komplexita

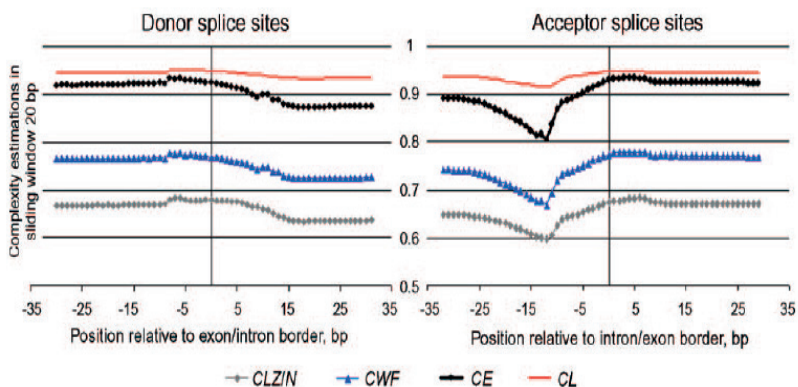
Z dalších metod založených na lingvistickém rozkladu zmiňme na tomto omezeném prostoru alespoň metody *lingvistické komplexity*. Jde o výpočet matematických charakteristik, které nějak zachycují bohatost a diverzifikovanost textu, inverzně vyjádřeno ale též repetitivnost – tj. frekvenci opakování jistých motivů. Nejjednodušší z těchto charakteristik je například již zmíněná entropie, ta ale reflektuje pouze, kolik potenciální informace při daném rozsahu abecedy a délce textu lze do sekvence „nacpat“, ale neodráží skutečnou kompozici písmen v textu.

Například sekvence AAAACCCCCC bude mít stejnou entropii jako ACA-CACCACA: $H' = 4/10 * \log_2(4/10) + 6/10 * \log_2(6/10)$ ($N=10, n_1=4, n_2=6$). Abeceda je dvoupísmenná, A se vyskytuje 4krát, C 6krát. Tyto jemnější charakteristiky jsou schopny zachytit různé indexy, které obvykle nějak poměňují aktuální využití slovníku vůči všem možným existujícím kombinacím. (Více např. Zemková & Zahradník 2011)

Ve starší literatuře se někdy používá termín „komplexita genomu“ pro rozsah, respektive délku kompletní genetické informace daného organismu. Termín je poměrně zavádějící, zvláště vezmeme-li v potaz, že velikost genomu nemusí nutně ovlivňovat fenotypickou komplexitu organismu. (Např. lidský genom je kratší než genom organismu *Amoeba dubia*).

Změny komplexity slovníku lze prakticky sledovat např. tak, že si na sekvenci přiložíme „okénko“ (*sliding windows*), obvykle o délce 20 písmen, postupně ho posouváme po sekvenci a pro každé okénko zaznamenáváme index komplexity. Tyto indexy mají v praxi obecně tu výhodu, že jejich výstupem jsou čísla, která lze mezi sebou porovnat, a algoritmy jsou obvykle výpočetně nenáročné. Problematické jsou ale jejich výsledky na příliš dlouhých sekvencích a jejich různá citlivost na repetitivní úseky, díky čemuž je nelze použít univerzálně.

Ukazuje se, že komplexita se u genetických textů zásadně mění, a to například u intronů a exonů. (Exony vykazují vyšší lingvistickou komplexitu – obr. 5.)



OBR. 5

Změny lingvistických charakteristik na rozhraní intronů a exonů. Na obrázku vidíme, jak se mění 4 vybrané indexy komplexity: lingvistická komplexita (červeně), entropie (černě), Wooton-Federhen index (modře), Lempel – Živ index (šedě). V grafu je zaznamenána průměrná hodnota příslušné komplexity na klouzajícím okénku o délce 20 bp. Na ose x je vyznačena pozice okénka (respektive jeho centra) ve vztahu k rozhraní mezi intronem a exonem. Celková délka sekvence – 82bp. (Převzato z Orlov 2004)

Charakteristiky vystihující nějakou bohatost, respektive chudost slovníku jsou používány jako součást standardních prohledávacích algoritmů k detekci repetitivních oblastí s nízkou komplexitou. V genetickém zápisu existují úseky stovek i tisíc nukleotidů dlouhé, kde se opakuje jediný motiv či pouze znak. Tyto oblasti jsou z hlediska kombinatoriky informačně velmi chudé a obvykle nekódují žádné proteiny.

(Dnes je již jasné, že nejde pouze o nějakou odpadní (*junk*) DNA, ale o úseky, které mají zřejmě důležité regulační funkce a o jejich evoluční důležitosti vypovídá např. to, že genom člověka a šimpanze se liší právě jenom v těchto úsecích.)

Příklady dalších studií

Přestože základní koncept teorie informace je znám již od roku 1948 a sekvencovaná data jsou k dispozici od druhé poloviny 70. let (struktura DNA byla odhalena v 50. letech), nikoho dlouho nenapadlo aplikovat charakteristiky vystihující informační potenciál na sekvence DNA. Entropie přirozených sekvencí by měla být zákonitě nižší než sekvence o stejných parametrech (délka sekvence a rozsah abecedy), ale generovaná náhodně. Tuto hypotézu ověřili Rani a Mitra (1994). V experimentu byly porovnávány přirozené řetězce a náhodně vygenerovaný řetězec jako referenční. Ukázalo se, že se od sebe významně liší a že existují preference, které vycházejí ze 3D struktury a biologické funkce, takže některé kombinace aminokyselin jsou výrazně častější než jiné, a to hlavně na základě přitahování a odpuzování. Tato rozdílnost mezi přirozenými a uměle generovanými sekvencemi je však patrná, pokud je řetězec delší než 70 aminokyselin. To je mimochodem také spodní limit pro délku proteinů strukturální domény.

Tento výsledek patrně příliš nepřekvapí. Zajímavější se zdá být výsledek analýzy entropie kódujících a nekódujících oblastí (Mantegna et al. 1994). Mantegna se svými kolegy analyzoval tehdy všechny dostupné sekvence z databáze GenBank a zkoumal, jak se mění entropie kódujících a nekódujících oblastí. Zjistil, poměrně překvapivě, že nekódující oblasti mají nižší entropii než kódující, respektive mají vysokou redundanci (tj. potenciál pro uchování informace).

Práce se rovněž zabývala otázkou, zda je distribuce n -gramů v DNA srovnatelná s přirozenými jazyky. (Viz níže 4.3.2.)

Mezi průkopníky lingvistických metod, ač nezaložených přímo na n -gramové analýze, se sluší též vzpomenout všestranného vědce Susumu Ohno, který se zabýval kvalitativně strukturou genomů a proteomů a existencí „slov“ v genetických sekvencích – například takových, které jsou všudypřítomné napříč mnoha proteiny bez funkční či evoluční příbuznosti a jejich vysoká frekvence je daná jejich fyzikálně-chemickými vlastnostmi a zejména palindromickou strukturou (Ohno 1992).

Porovnávání lidských a genetických textů

Jazyková metafora v genetice svádí nejen k tomu používat terminologii používanou v lingvistice, ale i pokoušet se všemožně porovnávat lidské a genetické texty. Nabízí se zde analogie jak pro DNA, tak pro proteiny. V případě DNA je rozsah abecedy roven 4 (nukleotidy A, G, C, T), zápis DNA se tedy nedá kvantitativně porovnat s lidskými texty (kde rozsah abecedy bývá mezi 20–26). Slibnější analogii nabízejí proteiny. Tam by „písmenům“ odpovídaly jednotlivé aminokyseliny (základních je 20), peptidy by pak tvořily „slova“.

Určitým rozdílem mezi genetickými a lidskými texty je to, že u lidských textů psaných hláskovým písmem obvykle známe začátky a konce jednotlivých slov (a textu samotného) – pokud se nejedná o tzv. *scriptio continuo* – tedy text psaný bez mezer – se kterým se setkáváme např. u etruštiny, lineárního písma typu A a B a dalších starověkých textů, které, i díky této své vlastnosti, poměrně odolávají rozluštění. Nicméně tento rozdíl není tak zásadní, jak by se zdálo (i řeč, alespoň u většiny jedinců, obsahuje pauzy, bývá kontinuální a mezery v přepisu takové řeči vždy nekopírují skutečné prostory ticha mezi vyslovovanými hláskami či slovy). Pokud bychom chtěli přímo porovnat pomocí matematických lingvistických metod řetězec genetický a lidský, dostaneme se například k problému, co je to vlastně *znak* – tedy jednotka nesoucí nějaký význam (biologický nebo sémantický). U lidského jazyka to není (většinou) ani písmeno (respektive hláska) či slabika a většinou ani celé slovo (je-li například již složeninou slov jiných). Takovou nejmenší jednotkou nesoucí nějaký význam by byl morfém (viz

níže 4.3.1). Nad tímto rozdílem se však výzkumníci, kteří se pokusili o přímá porovnání komplexity obou typů textů, nepozastavili...

Porovnání lingvistické komplexity proteinových sekvencí a literárních textů

O kvantitativní porovnání se pokusili Popov a Trifonov (Popov et al. 1996), kdy pomocí upraveného vzorce pro lingvistickou komplexitu porovnali proteiny a literární texty. Analyzovány byly texty mnoha odlišných žánrů od poezie přes červenou knihovnu, detektivky, Alenku v říši divů až po formální texty. Proteiny byly taktéž brány z široké palety.

Komplexita navržená E. N. Trifonovem (1996) reflektuje celkovou bohatost – diverzifikovanost slovníku, tedy jak frekvenci, tak kompozici slov v textu a je dána součinem:

$$CT = \prod_{i=1}^{n=1} U_i$$

U_i je zde podílem aktuálně využitého ku maximálnímu možnému slovníku pro všechna slova délky i . Algoritmus prochází všechna slova od 1 do n .

Výsledky byly poměrně nejasné a nakonec autoři deklarují názor, že na úrovni kódu jsou oba typy textů fundamentálně odlišné. Totiž že genetické zápisy jsou systémem překrývajících se kódů a sdělení, zatímco literární texty na úrovni kódu umožňují obvykle pouze jeden způsob čtení a širší pole interpretací se objevuje až na úrovni sémantické. (Existují sice slovní přesmyčky, palindromy, akrostichy – neboli sdělení zakódované v textu mimo vlastní úroveň čtení, např. počáteční písmena textu dávají dohromady název autora básně apod. – ale obecně lidské jazyky na víceúrovňové čtení nejsou právě stavěné.) V tom mají autoři patrně pravdu, nicméně je tu ještě jeden, mnohem závažnější problém, který jakékoliv porovnání tohoto typu znesnadňuje: u písmen genetické abecedy předpokládáme automaticky a snad i oprávněně, že co písmeno, to znak nesoucí význam (na molekulární úrovni tvar, který nese informaci). U lidských textů však písmeno (hláska) není většinou nositelem významu. Znakem je obvykle spíše celé slovo, ale to je zase často složeninou více významů. Tedy

nejmenší jednotka nesoucí význam by byl *morfém* (nejmenší vydělitelná část slova, která je nositelem věcného nebo gramatického významu). Algoritmus pro výpočet komplexity pro jednotlivá slova je snadno proveditelný, ale rozdělení textu na morfémy by bylo vskutku těžko proveditelné. (Řešením pro takovou analýzu by nebylo patrně ani použití tzv. logografických jazyků, jako je např. čínština, neboť i čínské znaky jsou často složeninami více významů.)

Výpočet lingvistické komplexity jak pro jednotlivá písmena, tak pro celá slova je možno provést pomocí softwaru *Complexity_H* dostupného ke stažení na adrese: <http://web.natur.cuni.cz/filosof/index.php/cs/clenove/362-zemkova.html>.

K dispozici jsou zde i další lingvistické nástroje. Pro lepší přehlednost je software rozdělen na analýzy genetických textů (*Complexity_G*) a lidských textů (*Complexity_H*; Zemková & Zahradník 2011).

Zipfův zákon

Mantegna a kolegové (1994) se pokusili prozkoumat, zda distribuce „slov“ v genetických sekvencích odpovídá Zipfovu (neboli mocninnému) zákonu. Ten, zjednodušeně řečeno, říká, že slova v textu se vyskytují s určitým statistickým rozložením, kdy vynásobením relativního pořadí slov v textu a jeho frekvence dostaneme konstantu (například: nejčastější slovo v textu se objevuje 100krát, tudíž druhé nejčastější slovo by se mělo vyskytovat přibližně 50krát, třetí 33krát, čtvrté 25krát...). Zipfův zákon by měl platit u přirozeně vzniklých struktur, tedy struktur, které prošly evolucí (nikoliv třeba esperanto nebo texty v programovacím jazyce).

Pomocí tohoto zákona se dá modelovat i ledacos jiného. S jazykem jsou navíc potíže, co přesně považovat za slovo (tj. unikátní slovo – tedy počítat-li třeba předložky či modifikace jednoho slova zvlášť). Většinou Zipfova závislost dobře funguje na dlouhých textech, když ořízneme extrémy – nejfrekventovanější a naopak nejvzácnější slova. Genetické texty, podobně jako literární texty, odolávají přímé aplikaci Zipfova zákona, nicméně pro určité rozmezí délek slov (n -gramů pro n od 3 do 7), na které sekvenci rozložíme, vykazují nekódující oblasti rozložení dle Zipfova zákona a kódující oblasti lze aproximovat logaritmickou funkcí.

Dikce Mantegnovy práce nespočívá v tom, jak porovnat literární a genetické texty, ale ukázat, že nekódující oblasti mají vysoký informační potenciál a že distribuce n -gramů v nekódujících oblastech ukazuje na existenci „jazyka“. Jak ale dodávají, jazykem myslí něco, co může například řídit biologické procesy v buňce, a přidávají dosti podivnou (prý všeobecně přijímanou) definici jazyka jako posloupnosti procedur, případně instrukcí na základě definované gramatiky. Celou zmatenou definici jazyka by patrně vyřešili nejsnáze, pokud by nahradili „jazyk“ termínem kód. Toto tvrzení bylo, přinejmenším ve své době, poměrně závažné, protože argumentovalo proti převládajícímu pojetí nekódujících oblastí jakožto jakéhosi genetického smetí (doslova *junk DNA*).

Závěr

Lingvistické přístupy v analýze genetických textů mohou být alternativním doplňkem standardních komparatistických metod užívaných v současné bioinformatice. Často však, na místo odpovědí na biologické otázky, nastolí jejich výstupy spíše otázky nové. Nicméně jejich velkým přínosem je, že otevírají otázky týkající se genetického textu mimo vlastní geny. Zkoumání lingvistických charakteristik nekódujících oblastí nás může přivést k novým objevům v oblasti struktury, fungování a evoluce genetického kódu. Zatím však byly všechny zmíněné metody použity spíše jako doplňující při srovnávání organismů klasickými metodami alignmentu. Existence *genomic signatures* byla „znovuobjevena“ dokonce i v časopise *Bioinformatics* (Osmanbeyoglu & Ganapathiraju 2011), což nahrává tomu, že by se mohly lingvistické přístupy určitým způsobem ustavit jako plnohodnotné bioinformatické metody.

5 MÁ LINGVISTICKÁ ANALOGIE V GENETICE SMYSL?

Jak bylo ukázáno, společnou vlastností lidských a genetických textů je linearita, respektive převoditelnost genetické informace a lidské řeči na lineární posloupnost diskrétních symbolů. Tato společná vlastnost ovšem není žádným mystériem. Informace v DNA není nijak spojená s lidským jazykem. Jde čistě o analogii dvou typů informačních struktur a to, že sdílejí určité společné vlastnosti,

není žádné překvapení: v obou případech se jedná o lidské konstrukty. To náš způsob uvažování nás vede k tomu, že máme tendenci složité dynamické struktury převádět na snáze uchopitelné a jednoznačně reprodukovatelné zápisy. Sekvence nukleotidů není vyčerpávajícím obrazem skutečné molekuly DNA, stejně jako text nemůže být nikdy dokonalou reprodukcí řeči. Analogie vlastně netkví ve srovnávání sekvencí, stringů, matematicky definovaných charakteristik, ale ukazuje se spíše právě v tom, že jazyk ani živé bytosti ve skutečnosti nejsou jen lineárním (a neměnným) zápisem, ale živoucími, autonomními a seberozvíjejícími se strukturami. Otázka po vzniku života je analogická (a podobně nerozkrytelná v absolutním slova smyslu) jako otázka po vzniku jazyka. Podobně jako v biologii došlo k redukci živé bytosti na lineární posloupnosti, i lingvistika se v některých svých proudech obrací k jazyku jako k systému definovanému jasnými a apriorními principy. (Nejenom že jazyk je zcela oddělen od svého zdroje – řeči, ale je často dokonce zaměňován s gramatickými matematicky popsatelnými pravidly.) Tento přístup je samozřejmě uživatelsky velmi výhodný a umožňuje objektivní vědecké zkoumání. (Více viz např. Z. Neubauer ve své stati *Lineární biologie* in Markoš (ed.) 2008.)

Pokud bychom chtěli stavět nějakou seriózní vědeckou biologicko-lingvistickou teorii, bylo by nejspíš vhodné pokusit se vystavět schéma, které by demonstrovalo analogii mezi jazykem (respektive systémem komunikace) a informací nesenou biologickými makromolekulami. Lze ale takové schéma vůbec sestrojit? Zkusme si zkonstruovat tabulku (s. 96).

Vidíme, že jazyk/řeč vychází z kontextu lidské kultury a historie. Analogický genotyp vzniká během celé evoluční historie neoddělitelně od svého prostředí vnitřního i vnějšího. To, co je podestřeno pod jazykem, je význam jednotlivostí. Ten se realizuje na úrovni genetických makromolekul prostřednictvím tělesného tvaru, vzájemnými interakcemi, „ohmatáváním“ molekul. Objektivní věda se ovšem dá dělat pouze v řádku „jednotka“ a „reprezentace“. Toto je sféra využití všech bioinformatických nástrojů, o kterých byla řeč. Ve všech ostatních řádcích jsou ale nějaké háčky (jako např. redukce tvaru molekuly na 3D model či popis hlásky pomocí místa jejího vzniku, nikoliv však už možnost její definice přes akustický obraz, který je ryze individuální) či otazníky, co je vlastně

jednotkou/nositelům významu. Všude, kde se nám „plete“ význam, narážíme na hranice objektivní poznatelnosti. Tabulky přece mají vnášet do světa pořádek, ale tato do něj naopak vnáší zmatek: už jenom jak vyjádřit, že jazyk i genetická informace vychází z nějakého přirozeného zdroje? Co to ale je? Lze to nějak analogizovat (např. z hlediska obecné teorie informace)? Tuto či podobnou tabulku jde problematizovat téměř neomezeně a prostor k individuální kreativě ponecháváme na čtenářově fantazii...

| | JAZYK | ŘEČ | GENOTYP | FENOTYP |
|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|
| Jednotka: | písmeno | hláska | nukleotid (AGCT/U) | aminokyselina |
| Ustavení jednotky: | pořadí v abecedě | fonetické vlastnosti | tvar molekuly | tvar molekuly |
| Nositel významu: | slovo (morfém?) | hláska | triplet (nebo jakákoliv sekvence délky n) | oligopeptid (řetězec délky cca 4–10) aminokyselin) |
| Reprezentace: | text | řeč | gen/genom | protein/ /proteom |
| Zdroj (?): (zakotvení?) | význam | potřeba komunikace? | Tvar? | Tvar? |
| Interpretace významu: | sémantická (realizovaná mimo text) | | sémiotická (realizovaná tělesnými individui) | |
| Kontext: | lidská kultura a historie | lidská kultura a historie | evoluční historie (a vnitřní a vnější prostředí buňky) | evoluční historie (a vnitřní a vnější prostředí buňky) |

Často vágně používaná lingvistická terminologie nahraď představě, že je vše jasné a stačí aplikovat známé metody na genetické zápisy a čekat, co z toho vzejde. Problém je, že obvykle vzejde něco, s čím si příliš nevíme rady anebo je nám to k ničemu. Například zjistíme, že nějaký organismus používá specifická slova a jiný organismus poněkud odlišná. Ocítáme se v situaci podobné tomu, když například analyzujeme přirozené jazyky dle poměru souhlásek

a samohlásek a vytvoříme dle tohoto parametru rozdělení jazyků na konsonantní a vokální. Ve výsledku se však nedozvídáme nic než to, že lze jazyky takto rozdělit. Na komplexitu a vyjadřovací schopnost samotného jazyka však poměr souhlásek a samohlásek nemá vliv.

Lingvistická analogie pro biology může mít přínos v tom, že problematizuje současné pojetí genomu jako rigidního digitálního zápisu. Namísto odpovědí nám přináší spíše množství nových otázek, čímž se stává praktickému vědci (ve smyslu dělníka vědy) spíše břemenem, nežli pomocníkem.

Prakticky použitelným příspěvkem lingvistických analogií (ať už je různí autoři pojali jakkoliv) však rozhodně je zavedení teorie informace do biologických disciplín.

4 Živé a neživé, lidské a ne-lidské

Živé bytosti na rozdíl od neživých vládnu sémiotickými schopnostmi, tj. aktivním přístupem ke světu, interpretací kontextů na základě paměti a zkušenosti (zkušenosti individua, jeho linie a jeho společenstva). Sémioze, základní projev *podoby* živého, se však vymyká vědeckému zkoumání, na rozdíl od různých typů redukce – zkoumání vymezených stránek živého.

Rozšíříme-li však schopnost sémioze, doposud přisuzované člověku, na vše živé, je nutno vymezit postavení člověka v rámci biosféry jinak. Volíme zde optiku skrze pojem *umwelt* J. von Uexküllla. K „přisvojování si“ světa cestou *umweltu* přistupují u člověka dva typicky lidské způsoby přisvojování (dvě apomorfie): skrze objektivní realitu a skrze narativní malé (či možné) světy. Všechny tři zmíněné typy epistemické redukce (*umwelt*, objektivní realita, malé světy) jsou přístupné analýze a skrze ně se lze dobrat hlubšího pochopení podoby živého.

Pokusíme se nejdříve nahlédnout na rozdíly mezi živým a neživým jednoduchým dvouúrovňovým modelem *dynamického systému* složeného z velkého počtu „částic“; příkladem může být třeba vzdušný vír, nádoba s vodou, biologický druh anebo národ. Soustředíme se na ty systémy, které se *proměňují v čase*, tj. mají historii; poslouží nám jako podpůrné výkladové schéma pro zdůraznění rozdílu mezi neživými systémy s věčnými a lhostejnými „členy“ (atomy, molekulami, a živými soustavami, do kterých se jedinci rodí a opět umírají, participují aktivně na vlastnostech komunity a jsou touto komunitou ovlivnitelní. Pro potřeby této studie lze dynamické makroskopické systémy dělit na dvě základní kategorie: disipativní systémy a život. Poté, co s pomocí našeho modelu odlišíme živé od neživého, budeme rozebírat lidské a *ne-lidské* v rámci domény živého. Jisté pokusy v tomto ohledu byly učiněny už dříve (např. sborník Markoš (ed.) 2010a; Markoš et al. 2009).

ŽIVOT A NEŽIVOT

Rozlišme dynamické systémy ze tří hledisek: podle (1) způsobu projevu (fungování); (2) cesty, kterou vznikly; a (3) chování v čase.

1 Fungování

Z hlediska fungování budeme rozlišovat:

- (i) Kauzální deterministické systémy, jejichž fungování lze odvodit z analýzy součástí a příčinných vztahů mezi nimi. Součásti a vztahy mezi nimi jsou neměnné, proto lze odvodit opakované, „zákonité“ chování takových systémů; jejich chování „vyplývá ze zákonitostí chemie a fyziky“. Sem patří také mechanické stroje (viz níže 2i), které sice z fyziky odvodit nelze, lze je však fyzikálními prostředky popsat a vysvětlit.
- (ii) Deterministické systémy programované, tj. vybavené *kódem* (popř. i programem), který určuje jejich chování. Mimo znalost fyzikální kauzality a popisu části je nutná k jejich popisu také znalost kódu. Kód sice musel být sjednán historicky, nevyplývá z fyziky, jakmile však už existuje, lze na něj pohlížet jako na entitu přítomnou odjakživa, tj. souměrnou s molekulami, energií, či přírodními „zákonitostmi“.
- (iii) Systémy sémiotické, jejichž chování je založené na zkušenostní interpretaci stavu vlastního i stavu světa. Systémy sémiotické se fyzice vymykají, pracují se znaky, které nejsou definovatelné předem, tak jako vztahy fyzikální nebo běh programu.

Příklady tří popsaných typů systémů jsou stroj, počítač a živý tvor.

2 Vznik

Dynamické makroskopické systémy mohou povstat v existenci třemi různými způsoby.

- (i) Mohou být *vyrobeny* či *sestaveny* vnějším činitelem.
- (ii) Opakovaně „z ničeho“, z mikroskopické singularity mohou povstat *disipativní struktury*, jako jsou například plameny, hurikány, hvězdy, nebo rostoucí krystaly.
- (iii) Konečně, mohou být *zrozeny* z podobných systémů, jsou jejich potomky.

V prvním případě (ponecháme-li stranou stvoření „z ničeho“), jde o běžné stroje vyráběné lidskou civilizací, mechanické i řízené programem; řada životních funkcí (metabolismus, pohyb, genetické procesy) však může být rovněž modelována jako strojové fungování. Stroje tudíž mohou být pokládány za tvory živého, ať lidského, či *ne-lidského*.

Disipativní struktury vznikají za daných podmínek ve strmých gradientech energie; když se zdroj energie vyčerpá, struktura zaniká. Vznikají ze singularity, kterou z principu nelze předvídat, a proto nelze určit, kdy a kde se struktura objeví, ani jak bude velká. Složky systému, které jsou vůči celku naprosto lhostejné a neměnné, jsou od okamžiku singularity *vnějším faktorem* usměrněny ke kolektivnímu, stále se zesilujícímu uspořádanému chování: ve stojícím vzduchu chaotické hemžení molekul vzduchu se v hurikánu mění v uspořádaný pohyb vzdušných mas. Disipativní struktury vznikají opakovaně, takže lze jejich chování předvídat statisticky, na základě velkého množství pozorování.

Zrodem budeme označovat povstávání takového systému, který má jedinečnou historii a objevuje se jako pokračovatel *linie* – příkladem ať jsou kultury, jazyky, náboženství, styly a také druhy, rody, populace živých tvorů. Nevznikají *de novo* a ani nemá smyslu se po jejich počátcích ptát, protože vždy už měly předchůdce. Povšimněme si vlastností složek takto historicky se rodících a vyvíjejících systémů. Ty se do populace také rodí (mají tedy rodiče) a po čase umírají; a hlavně nejde o lhostejnou „masu“, která by se náhodně hemžila, či svým chováním – jako v případě struktur disipativních – pasivně reagovala na vnější usměrňující síly. Nesou s sebou (i) jedinečnou paměť a zkušenost *linie*, zprostředkovanou rodiči, (ii) svou vlastní zkušenost a navíc (iii) zkušenost své komunity. Přitom už tím, že se zrodily, mění síť vztahů mezi aktuálně přítomnými členy populace, mění vlastnosti dynamického systému, ale *zevnitř*: evoluce systému není pasivní hračkou vnějších sil, ani není výsledkem realizace vestavěného programu (i když tyto faktory bezesporu svou roli hrají také).

Vzhledem k tomu, že *generatio spontanea* nepřipadá u živých bytostí v úvahu, disipativní struktury jako analogie živého nejsou pro naše úvahy použitelné, i když v minulosti byly takto používány často (např. růst krystalů jako analogie

růstu živého tvora). Záměna mezi dvěma kategoriemi systémů s evolucí (disipativních struktur a genealogických linií) je velmi častá, rozlišovat mezi nimi je však nejvyšším imperativem.

3 Chování v čase

Poslední triáda se týká způsobu existence dynamického systému v čase. Budeme rozlišovat tři mody:

- (i) trvání v termodynamické rovnováze;
- (ii) deterministický vývoj v čase;
- (iii) historie.

Bezčasové trvání jistě není předmětem našeho zájmu; vlastně by ani nemělo být zmiňováno, mluvíme přece o dynamických systémech! Na mikroskopické úrovni sice nadále trvá v těchto systémech tepelné hemžení složek (molekul), které vede k občasným fluktuacím. Jejich zesílení, které by systém vytrhly z rovnovážného stavu, je však při absenci vnějšího popudu (pohonu) vysoce nepravděpodobné.

Systémy, které se mění v čase deterministicky, patří do domény fyziky (mechaniky a nerovnovázné termodynamiky): pohyby těles v prostoru, proudění kapalin a plynů, a také vývoj disipativních struktur. O deterministický vývoj v čase v našem smyslu jde i v případech, kdy nelze vývoj systému (přesně) vypočítat předem: kromě klasických pohybových studií (balistická křivka) sem tudíž patří i časové chování spočitatelné jen statisticky, například vývoj disipativních struktur (viz výše) anebo vůbec ne (například problém tří těles v klasické mechanice). Složky skládající tyto systémy jsou, jak bylo řečeno, k makroskopickému běhu věcí lhostejné.

Nás však nejvíce bude zajímat kategorie třetí, s historií. Tím, že se složky rodí a zanikají, že mohou čerpat ze zkušenosti a paměti daleko do minulosti, mohou také rozvrhovat vývoj svůj i vývoj systému do budoucna. (Více v této souvislosti o autonomních agentech a jejich biosférách viz Kauffman 2004.) Svou historickou zkušenost interpretují (jako dějiny), konfrontují s přítomným stavem svým i celku

a podle toho usilují o další běh událostí.² Interpretace tedy provádí každý člen systému a jde o interpretaci jedinečnou: interpretace stojí v základech fenotypu pojatého v mnohem širším smyslu než jen jako termín klasické genetiky. V následujících odstavcích budeme pod složkami rozumět živé bytosti: buňky zrozené do kontextu mnohobuněčných souborů, anebo mnohobuněčné tvory zrozené do komunity svého druhu nebo konsorcia, ekosystému, kultury.

Přehled trojího dělení podává tabulka:

TAB. 1

Rozdíly mezi disipativními strukturami a živými bytostmi

| | Disipativní struktury | Živé bytosti |
|---------------------|--|--|
| Příklady | vír, plamen, hvězda, rostoucí krystal | buňka, mnohobuněčný organismus, druh, kultura, společenstvo, biosféra |
| Výskyt | opakovaně de novo za daných podmínek a ve strmém gradientu energie | jedinečný, potomci už předtím existujících živých bytostí |
| Součásti | molekuly (atomy) neměnné v čase ³ , lhostejné vůči sobě; jejich chování (např. koherentní pohyby) je usměrněno systémem, avšak předvídatelně, zvnějšku. | rodí se a umírají, aktivně vstupují do dění, kterým ovlivňují vlastnosti celého systému, a jejich chování je samo ovlivněno „polem“ systému. |
| Ontogeneze | ne | ano |
| Kód | ne | ano |
| Stroje | ne | ano |
| Komunikace součástí | pouze fyzikální působení | též signály a znaky |

- 2 Darwin C (2007 [1859]): „Společný původ je oním skrytým svazkem, který přírodovědci nevědomky hledali, a ne nějaký neznámý plán stvoření nebo vyslovení všeobecného plánu stavby a pouhé skládání a oddělování více či méně podobných předmětů.“ 473. Blíže Markoš 2010b, 119f.
- 3 Chemické proměny jsou vlastně také neměnné v čase, vedou k jiným typům „lhostejných“ molekul.

| | Disipativní struktury | Živé bytosti |
|--------------|---|---|
| Vznik | de novo ze singularity | zrozením z podobné živé bytosti; otázka po vzniku z neživota nedává smysl |
| Emergence | opakované, očekávané | novinky, nepředvídatelné |
| Paměť | časoprostorová struktura je jediným svědectvím o historii | časoprostorová struktura zkušenosti („tělesnění“) plus zápis, který může existovat mimo strukturu |
| Vývoj v čase | deterministický vývoj přerušovaný zvraty | historie s interpretovanými dějinami |
| Narativum | – | jen u lidí |
| OR | – | jen u lidí |

Podoba

Zastavme se u podoby (tvar a zkušenost; Neubauer 2010) živých tvorů, kterou pro účely zkoumání můžeme zhruba, a nepříliš přesně, dělit na tři formy: lineární zápis informace, tělní struktury a konečně vztah ke světu, pro který budeme zde používat von Uexküllův pojem *umwelt*. Všechny takto provedené redukce podoby jsou vysoce dynamické a podléhají historickým proměnám, přesto je lze vymezit, pozastavit natolik, aby byly přístupné vědecké analýze.

Pro vědeckou analýzu je nejnáze uchopitelným *zápis* – lineární aperiodické molekuly nukleových kyselin, proteinů nebo cukrů; obzvláště velká pozornost je věnována nukleovým kyselinám, které mohou být s vysokou spolehlivostí kopírovány (viz I. díl, kap. 2 a II. díl, kap. 3). Analogie s lineárními texty či programy zapsanými abecedními značkami se naléhavě vnučuje, a také přinesla ohromný rozvoj v oblasti molekulární genetiky – až do té míry, že zápis bývá pokládán za základní úroveň, od které se odvíjí, která je příčinou všech ostatních vlastností živých tvorů. Možnost redukovat jeden z projevů podoby živého až na úroveň digitálních značek (písmen, např. A, C, G, T) a podrobit dlouhé lineární řady těchto značek různým typům vědecké

analýzy (např. textové) umožnila nebývalý vhled do fungování života, jakmile se podobné řady staly technicky dostupnými.

Redukce jiných stránek podoby (časoprostorové dynamické a proměnlivé struktury) se vzpírá podobné konečné analýze na „diskrétní“ jednotky, a tím méně ji lze prostorově „skenovat“ a převést do lineární podoby. Ač je popis struktur živočichů a rostlin starý jako lidstvo samo, a moderní zobrazovací techniky ho dovedly do úžasných podrobností, nelze v tomto případě provést onu konečnou „diskretizaci“ a dokonce digitalizaci jako v případě lineárních zápisů. Toto a také vývoj biologie posledních desetiletí pak vede mnohé badatele k přesvědčení, že za vsí tou proměnlivostí stojí přece jen statická a snadněji analyzovatelná základní úroveň lineárních posloupností diskrétních jednotek, která v posledku určuje vlastnosti struktur.

Zápis a struktura jsou redukcemi podoby směrem dovnitř. Živý tvor však komunikuje s okolím, a tím vstupuje do ekologických vztahů s jinými bytostmi i se světem jako celkem – všechny tyto vztahy mu umožňují se ve světě vyznat a jistým způsobem ho interpretovat. Vědecké redukce⁴ této sféry jsou v tomto případě ještě obtížnější a téměř vždy vzájemně neslučitelné. Inspirujícím vědeckým modelem takových vztahů je Dawkinsův model *rozšířeného fenotypu* (Dawkins 1982). Dawkins bere za základní úroveň popisu lineární „replikátory“, řetězce nukleových kyselin. Ty určují fenotyp organismu, a jelikož k fenotypu patří i jeho vztahy s prostředím, nutně určují i charakter těchto vztahů (například vztahy uvnitř populace). Struktura bobřích hrází (a tudíž celý ekosystém takto modifikovaného řečiště) patří k fenotypu bobra jako jeho kožich či sklon kácet stromy. Zde se však hned nabízí otázka: „Kterého bobra?“ Jedinečný fenotyp jedince je přeci definován jeho genotypem (plus vlivy prostředí) a jen takto

4 Znovu zdůrazňujeme: takové redukce mají za cíl možnost vědeckého stavění otázek: nutně vylučují interpretativní, sémiotický přístup živého tvora ke světu. Ekosystémy i jejich evoluce na všech úrovních se prostě „přihodí“. Extrapolací se pak „přihodí“ lidská historie člověčenstvu, aniž by jednotliví lidé mohli běh věcí ovlivňovat. Dnes, po zkušenostech s vědeckým komunismem a podobnými deterministickými směry, není „slušné“ se k podobnému determinismu explicitně hlásit, v pozadí však doutná v různých formách u mnoha vědců. Jestliže většina biologů ani po půldruhém století nepochopila, že Darwinova vize evoluce je s vědou v protikladu, že jde o historii, pak je zde vždy nebezpečí extrapolace na *všechny* druhy historií; zejména, když se necítí, a tudíž ani nedělá, rozdíl mezi historií a historiografií.

může být předmětem neodarwinistického modelu evoluce. „Kolektivizace“ fenotypu, jako ostatně každá kolektivizace, přináší vedle rozmazání významu termínu fenotyp také pohled na biosféru jako na jakousi skládanku, která vykrytalizuje z daného souboru právě přítomných jedinců: někteří jedinci do skládanky nezapadnou (fitness), jiní přispívají k neuralgickým oblastem, které musí řešit přírodní výběr.

Podobným modelem, inspirovaným kybernetickou zpětnou vazbou, je Lovelockova *teorie Gaia* (Lovelock 1994). Charakteristiky globálního ekosystému i jejich udržování v úzké oblasti hodnot kompatibilních se životem jsou dány souhrnným snažením všech obyvatel biosféry: excesy jsou tlumeny až k eliminaci původců excesů; to vše rámováno katastrofami vnitřními (například objevení se kyslíku v atmosféře) nebo vnějšími (např. dopady planetismál). Gaianský ekosystém to vše pufruje, i když složení jeho obyvatel se může v důsledku toho i drasticky měnit. Ačkoli Dawkins a Lovelock se v době formulace svých modelů (70. léta 20. stol.) vůči sobě vymezovali až agresivně, oba modely mají jedno společné: evoluce se prostě přihodí a jednotliví živáčkové se vezou, chod věcí mohou ovlivnit pouze jediným způsobem, a to prostým faktem, že jsou a zabírají prostor. Buď do skládanky zapadnou, nebo nikoli: většinou jsou pak eliminováni, občas se díky nim pozmění skládanka a absorbuje je. Aktivní přístup k věcem se nepředpokládá. Modely tohoto typu nutně navozují představu, že *Homo sapiens* je jediným druhem, který dokáže být *nad* věcí a dění aktivně ovlivňovat.

Kauffmanův (2004) model *autonomních agentů* určujících evoluci své biosféry je inspirován liberálními modely ekonosféry. Zde se poprvé objevuje *sjednávání*: obyvatelé biosféry/ekonosféry o sebe pečují, reagují na znaky prostředí tak, že je interpretují v souladu se svou zkušeností, své nejbližší příští (*adjacent possible*) vybírají z přehršle nabídky možných stavů. Jakkoli v souladu s vědeckými modely ekonomů a sociologů, přírodověda na Kauffmana příliš nereaguje, asi kvůli „antropomorfismům“ typu „sjednávání“, „péče“, „hledání novinek“ apod. Takové obraty už poukazují k semióze, která je dle tradice povolena pouze lidským bytostem. Chceme tuto bariéru prolomit, avšak nejdříve se věnujme analýze čtvrté redukce – na *umwelt*. Navrhl ji na počátku 20. století J. von Uexküll; inspirací byla fyziologie a začínající etologie (zoopsychologie).

Umwelt: organismus jako robot

Konstituce klíštěte, které je slepé a hluché, je složena jen s ohledem na to, aby v jeho umweltu každý savec vystoupil jako stejný nositel významu. Tohoto nositele významu můžeme označit za krajně zjednodušeného savce, který nemá viditelné a slyšitelné vlastnosti, jimiž se savci navzájem odlišují. [...] V našem lidském umweltu savec sám o sobě neexistuje jako názorný objekt, jen jako myšlenková abstrakce, jako pojem, který používáme jako komunikační prostředek, ale v životě se s ním nikdy nesetkáme. U klíštěte je to úplně jinak. V jeho umweltu existuje savec složený jen z několika málo vlastností, ale naprosto názorný, který přesně odpovídá potřebám klíštěte, neboť těchto několik vlastností slouží jako kontrapunkt jeho schopnostem.

(J. von Uexküll in Kliková & Kleisner (eds.) 2006, 47–8.)

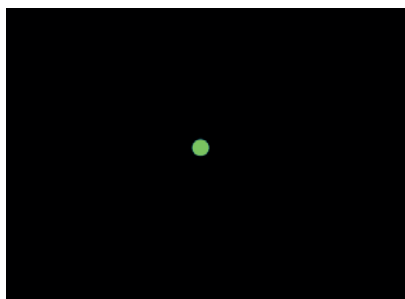
Umwelt představuje jedinečný způsob vidění světa jedincem a v širším záběru jeho komunitou (druhem, kulturou). Jeho napojení na svět je vždy omezeno na některé stránky tohoto světa, na ně je však vyladěn, a v rámci tohoto nastavení – ale pouze v tomto rámci – si se světem rozumí. Von Uexküll (in Kliková & Kleisner (eds.) 2006, 18) cituje Sombarta: „*Les jako objektivně pevně daný umwelt neexistuje; existuje jen les hajného, les lovce, les botanika, les člověka na procházce, les romantického milovníka přírody, les toho, kdo sbírá dříví, les toho, kdo sbírá lesní plody, a les pohádkový, kde bloudí Jeníček a Mařenka.*“ Dodává: „*Význam lesa se ztisícíná-sobí, neomezíme-li jeho vztahy jen na lidské subjekty a přibereme-li i zvířata.*“

Ačkoli tedy Uexküll používá slovo význam, zjistíme nakonec, že jde o zcela obyčejné nastavení, „zadrátování“ organismu tak, aby reagoval na jisté *předem určené* vlastnosti / signály z prostředí, tak jak byly předvedeny v kap. 3, I. dílu: nerozpoznává tedy významy. Uexküll přirovnává organismus ke zvonkohře a společenstvo (např. louku) k symfonii, a dodá zvláštní poznámku, že naším úkolem je odhalit partituru, podle níž se hraje. Podobné výroky staví Uexküllu po bok fyziologů (a fyziologie je deterministickou vědou) své doby. „*[Umwelty tvoří] klaviaturu, na níž příroda hraje svou nadčasovou a nadprostorovou významovou symfonii. Nám je v našem životě přisouzen úkol tvořit spolu s naším umweltem jednu klávesu v obrovské klaviatuře, po níž hravě klouže neviditelná ruka.*“ (Kliková & Kleisner (eds.) 2006, 69)

I když mnozí biosémiotikové pasují Uexkülla na proto-biosémiotika, domníváme se tudíž, že jde o fyziologickou či etologickou teorii, kde nejde o znaky a jejich významy, ale o pouhé signály s naučenou či lépe nahranou odpovědí. Tedy živá bytost jako hrací skříňka či robot: jen použité výrazivo (a také odpor k Darwinově teorii či snad i k evoluci vůbec) jej odlišují od hlavního proudu biologie. Takto to shrnují Kliková a Kleisner (2006, 77): „*Sledujeme-li však podrobně Uexküllův výklad, vyplývá z něho, že odvíjení života této živé bytosti není uskutečňováno z ní samé (ačkoliv to Uexküll ve svých východiskách tvrdí): její život se řídí předem daným předpisem, sekvencí ich-tonů jednotlivých akcí, určenou stavebním plánem. Vazba subjektu k jeho umweltu není tvůrčí, nýbrž funkcionální. Zkušenost je jednoznačně předepsána. Každý organismus svým životem „hraje“ určitou „melodii“ podle předem sepsané partitury (systém znaků), která harmonicky ladí s jinými melodiemi živých organismů, určenými jejich vlastními stavebními plány (partiturami). Skládají se tak do jedné velké orchestrální symfonie celistvé živé přírody.*“

Domníváme se tedy, že Uexküll by neměl problém prohlásit dnešní počítače, resp. konstrukty umělé inteligence za živé, resp. za entity vládnuocí umweltem. Podoba, která jediná zaručuje schopnost pracovat se zkušeností a rozpoznávat nové významy, zde nemá místo.

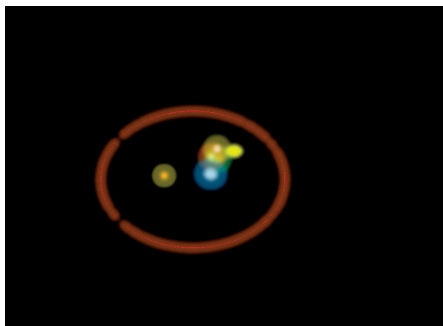
Pokusme se na tomto vytěžit z teorie umweltu více, abychom se skrze něj dopracovali k sémiotickému uchopení živého. Schéma na obr. 6 znázorňuje velmi jednoduchý umwelt – třeba onoho klíštěte z Uexküllova textu.



OBR. 6

Kruh představuje je umwelt, černá plocha je „zbytek světa“, pro klíštěte nedostupný. (A. Markoš)

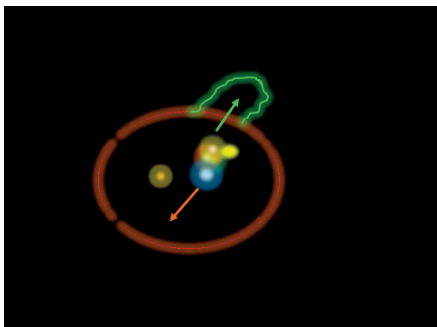
Uexküll by jistě nenamítal, kdybychom ho upozornili, že různá vývojová stádia (vajíčka, nymfy, pohlavní jedinci, oplozená samička, dormantní stádia apod.) mají své vlastní umwely, které se mohou i nemusí překrývat s umweltem hladové samičky. Také by nebyly problémy s přeskokem mezi umwely během ontogeneze (obr. 7).



■ OBR. 7

První perspektiva: Ovál představuje zkušenost druhu, ze které tady a teď druh využívá jen omezenou část. (A. Markoš)

Věnujme však teď pozornost oválu na obr. 7, ve kterém jsou tyto dílčí umwely uzavřeny: představuje veškerou zkušenost, kterou linie vedoucí k dnešnímu druhu *Ixodes ricinus* přešla a která by mu teoreticky mohla být dostupná, změnil-li se podmínky: zkušenost dávných živočichů, členovců, roztočů. Tato zkušenost není dostupná jedinému jedinci, jde o sumu všeho „vědění“ druhu, patří komunitě. Budeme tvrdit, že tato latentní, avšak v současnosti nevyužívaná zkušenost představuje mnohem větší tezaurus, než aktuálně, tady a teď, využívají jednotlivé umwely jedinců a jejich stádií. (Plocha mimo ovál představuje opět nedostupný „zbytek světa.“) Zatím je model ještě kompatibilní se složitým souborem programů v moderních počítačích: vynechme slova jako „zkušenost“, „vědění“ apod. a nahradme je slovy jako program, nastavení, programovací jazyk, databáze, subrutiny, přepínání mezi programy na daný signál. Signál, nikoli znak. Postupme však ke třetímu schématu, evolučnímu:

**OBR. 8**

Možné „speciační“ posuny umweltů: buď v rámci zkušenostního oválu, tj. nové užití zkušenosti, anebo vynález novinky (vyhřeznutí z oválu do vnějšího, doposud nedostupného světa, anebo dokonce doplnění tohoto světa o něco nového). (A. Markoš)

Šipka v rámci plochy oválu představuje vznik nového přístupu ke skutečnosti, „rekombinace“ zkušenosti nabyté v evoluci (znovunabytá křídla u strašilek). Zelený výběžek je zajímavější, jde o rozšíření onoho zkušenostního pole, vynález novinky, která ve zkušenosti linie předtím nebyla, ukousnutí si nové části ze „zbytku světa“. (Příklad: plodové obaly – skořápka, alantois... u suchozemských čtyřnožců.

Ted' ale přidáme ještě jeden předpoklad, který na obrázcích znázorněn není: překryv oválů *mezi* komunitami: populacemi, druhy, obyvateli ekosystému, přes celou biosféru. Zde už signály – spínače i celé dráhy odpovědí mohou být propojeny u různých komunit různě, a tudíž neexistuje jediný kód (či soubor kódů), který by pro reakci stačoval. Evoluční minulost/zkušenost je sice společná, ale *co věc znamená* u různých populací, může být radikálně pozměněno. Pro soužití v biosféře je tudíž třeba vládnout kontexty, analogiemi apod. a s jejich pomocí *odhalovat významy* toho, co se ukazuje. Interpretace je nutná, i když ne vždy úspěšná. S interpretací a významy přecházíme na pole sémiotiky. Interpretace může být v souladu s povšechným směřováním populace, její členové mohou však tomuto trendu i vzdorovat či vynalézat novinky: mohou zkomolit, parafrázovat, reinterpretovat, zapomenout anebo vynalézat různé „položky“

celkového tezauru paměti a zkušenosti. Něco z toho pak může pozměnit budoucí směřování linie.

Signál a znak

Signál je určen *pro* živou bytost nebo *pro* zařízení: jde o spouštěč odpovědi, a to odpovědi (či souboru odpovědí) definované smluveným kódem. „333“ je signál leteckého útoku *pro* vojáky; 15hodinový a prodlužující se den je (i) signálem *pro* lociku, aby začala kvést; (ii) je signálem *pro* kosa, aby zahnízil; jistá posloupnost číslic je signálem *pro* telefon, aby zvonil; blížící se medvěd odstartuje stresovou odpověď organismu, jejímž signálem *pro* různé orgány je adrenalin v krvi; *pro* každý z orgánů znamená adrenalin cosi jiného. Signál je tedy smluvený podnět, vyvolávající smluvenou odpověď tvora či zařízení; nelze neposlechnout, nastaveno.

Znak – *jen pro živou bytost*, je založen na zkušenosti, instrukcizi, signálech, naladění a jiných kontextech. Nelze na něj „ukázat prstem“, je neustálým poukazem na jistý soubor vstupů, který je *pro* každého živáčka jedinečný.

Pokus o definici života

Vyhodnocením uvedených tří triád nám vychází pracovní definice živého (s jeho projevy jako jsou druhy, populace, kultury, jazyky, náboženství, trendy apod.) v tomto znění: zrozený, sémiotický systém s dějinami. Definice je krátká a přitom značně redundantní: zrodit se mohou jen bytosti sémiotické a historické, sémioze a priori vyžaduje zrod a nikoli počátek „z ničeho“, a dějiny předpokládají interpretativní vztah k vlastní historii. Podoba (tělesnost, tělesnění) není zmíněna vůbec, je ovšem přítomna implicitně, protože živý tvor nemůže existovat jinak než tělesný.

Taková definice samozřejmě živým bytostem nebrání delegovat některé stránky svého fungování do struktur a funkcí, které lze modelovat s pomocí vědy (chemické, mechanické i kódem řízení stroje, struktury s různým stupněm trvání a proměn apod.), proto také je možná biologie jako věda. Je jenom nutno mít na paměti, že základní definiční rámec leží mimo rámec klasické vědy.

Zatím tedy nejsme – v rámci biosféry – schopni odlišit lidské od *ne-lidského*. To zejména proto, že jsme všemu živého přiznali schopnost semiózy, tj. práce se znaky a jejich interpretací, a tím jsme se dopustili antropomorfismu. To proto, že schopnost interpretace bývá často považována za výlučně lidskou: jestliže jsme ji rozšířili na vše živé (podrobněji viz např. Markoš & Faltýnek 2010), nutno hledat jiné vlastnosti, které odlišují lidské bytosti od bytostí ostatních. Domníváme se, že se odlišují apomorfií, vlastností definující lidské od *ne-lidského* je přítomnost přirozeného jazyka, která člověku umožňuje konstrukci virtuálních světů; zde se budeme věnovat objektivní realitě a narativitě, zajisté však jsou i další (např. hudba). Zatímco v prvním případě jde o to veškerou semiózu zmrazit či odstranit, a tím se zmocnit světa způsobem *clare et distincte*, v případě druhém dostává neomezený prostor formou konstrukce *malých světů*, které nahrazují (jediný a víceméně rigidní) *umwelt* ostatních tvorů a nasvítit svět bezpočtem způsobů. Jedná o specificky lidské vlastnosti, evoluční výdobytky definující druh *Homo sapiens*, které mu umožňují otevřít si přístup ke zcela novým modelům světa, nedostupným pro ostatní tvory.

LIDSKÉ A NE-LIDSKÉ

Vlastnit svět

„Člověk má svět. Jak se to teď má s jinými jsoucný, která jsou jako člověk součástmi světa – se živočichy, rostlinami či předměty, jako je například kámen? Zůstávají na rozdíl od člověka, který svět navíc i má, pouhými položkami světa? Nebo má svět i živočich, a pokud ano, tak jak – stejným způsobem jako člověk, nebo jinak? Jak tuto jinakost uchopit?“

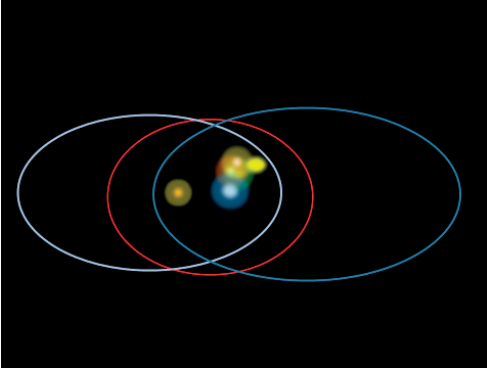
Takto se ptá Heidegger (1982, 262) a zavádí jako definitivní vlastnosti lidského pobytu schopnost *sebeopřesazení* (Sichversetzen) do jiného a *spoluputování* (Mitgehen) s jiným; podrobně rozvádí, v čem se tyto schopnosti liší od pouhé schopnosti empatie (tou vládnu i některá zvířata). O problému viz Markoš (2010b), zde se od těchto pojmů můžeme odrazit k řeči a jazyku: jen bytosti vládnuoucí řečí mohou být schopny sebeopřesazení a spoluputování (a to

i v případě, že nemluví stejným jazykem a tudíž se nedomluví; jde o něco hlubšího než schopnost sdělovat výpovědi).⁵

S jazykem nabývá evoluce člověka nových kvalit, které však biologie přenechala společenským vědám, a zůstává tak hodně dlužna. Výrok „*Biologicky se od svých předků moc nelišíme. Některé přednosti z doby kamenné se však v informačním věku staly slabinami.*“ (Silver 2014, 17) nacházíme v různých podobách v literatuře a odráží všeobecné (nejen biologické) přesvědčení, že *biologická* evoluce člověka skončila před více než 100 000 lety. Toto přesvědčení se zakládá především na přímých – kosterních nálezech, které dokazují zástavu evoluce anatomických znaků alespoň, co se týče kostí; spory se vedou snad jen o tom, zda tito lidé mohli i mluvit a zda anatomie hlasivek nemohla doznávat změn (měkké tkáně se zatím nenašly). Druhým, nepřímým podkladem tohoto přesvědčení o ukončené (biologické) evoluci člověka je poukaz na elementy lidského chování, jak je zkoumá etologie člověka, sociobiologie či evoluční psychologie. Odhalují se velmi staré, „zvířecí“ prvky našeho chování, které jsou většinou překryty kulturními návyky, avšak za extrémních situací (nebo při vhodném uspořádání experimentů) vyvstanou na povrch. Odtud obecná představa „opičáka v obleku za volantem v předjížděcím pruhu“ (Wilson 1992) – toto jsme zdědili od svých předků a toto jsme! (podrobněji viz kap. 1) Autoři postupují podle analogie typu „neumíme létat a máme jisté parametry srdce a zažívání *proto*, že už naši předkové uměli pouze chodit, jejich srdce vypadalo tak a tak, a jedli to a to“. Celý kulturní vývoj za posledních 100 000 let, samotné objevení se jazyka a kultury se z biologických analýz vymyká a přenechává se archeologii a kulturologii; přitom v této době dochází ke *zrodu* nejméně tří významných evolučních novinek. Tento pro biologa poněkud urážlivý závěr se pokusíme překonat obrazem evoluce lidského umweltu.

S objevením se jazyka dochází nejdříve k (i) rozšíření potenciálu umweltu: lze si všimnout mnohem většího počtu projevů světa a různě je interpretovat

5 Od editora sborníku *Jazyková metafora živého* (Markoš (ed.) 2010a) zní takové tvrzení možná překvapivě: zdůrazňují proto, že tam byly projevy života analogizovány s tím, co víme o přirozeném jazyku – a analogie to mohou být překvapivě hluboké, díky všepřítomnosti sémioze. Nikde se tam ovšem netvrdí, že tvorové jiní než člověk jsou schopni mluvit.

**OBR. 9**

Lidská situace. Prostřední ovál vymezuje jako výše prostor možností biologického druhu *H. sapiens*, který má oproti jiným druhům jednu biologickou „apomorfiu“: přirozený jazyk. V rámci tohoto prostoru se vynořují a prolínají umwelts jednotlivých kultur, jazyků, způsobů obživy, způsobů výchovy, technologií apod. Znakové systémy založené na jazyku dovolují produkci neustále proměnlivých významů přidělovaných tomu, co daná komunita považuje za znaky. Díky jazyku se objevují 2 virtuální pole umweltů, které leží „nad“ zbytkem světa: narativita a objektivní realita – viz text. (A. Markoš)

v rámci různých stylů života a různých jazyků. Minulý a budoucí čas pak přispívají k prohloubení časového rozměru lidského umweltu. Následovalo, snad někdy před 40 000 lety, objevení se (ii) virtuálních umweltů, které přinášejí – často velmi účinně – výklady fungování světa.

Umwelt člověka

Jazyk tedy dává lidskému umweltu novou kvalitu, nafoukne ho do nebyvalé šíře a umožňuje rozpoznávat kvality světa a také je sdělovat nesrovnatelně efektivněji, než v případě ostatních tvorů. Člověk se najednou ve světě vyzná, dokonce dle některých filosofů (např. Heidegger, viz výše) svět (Welt) vlastní, vymanil se z omezení daných umweltem. Při vědomí obrovského kvalitativního rozdílu, který vnesla řeč, ponechme v zájmu našeho modelu představu umweltu, protože evoluce „vlastnění světa“ neskončila ve stádiu nabytí řeči, pokračovala

vynálezem (či zrodem) *virtuálních umweltů*, které umožnily plodné interpretace a rozumění světa přirozeného epitomizovaného v našem výkladu umweltem. Před dalším výkladem připomeňme znovu, že prostor možností daný umweltem (nejen lidským, ale pro ten lidský to platí ještě více) je záležitostí sdílené komunity (druhu, kultury, jazyka), nikoli jediného tvora.

Virtuální umwelty: malé světy narativity a objektivní realita

Od výjimečně (díky jazyku) tvarovaného umweltu našeho druhu se pak odvíjí dva evolučně nové způsoby či modely uchopení světa: narativita a objektivní realita.⁶ V prvním případě lze svět modelovat skrze nuance sdělení, výpovědi, shifterů a presupozic, rituálů, analogií a metafor, které formují bezpočet – opět virtuálních – „malých světů“ našeho žití, od každodenních banalit až k poezii nebo mýtu. Ve druhém případě lze jazyk ukáznit, redukovat ho na systém formálních výpovědí (termíny, kalkulus, logika), a tím otevřít cestu k virtuálnímu světu objektivní reality.⁷

P. Cobley považuje narativum za „jedinečně lidskou formu semiózy“. *„Narativum nejen popisuje události, ale tím, že o nich mluví, je doslova vytváří (formuje). Navíc, toto formování se může odehrávat na hlubší úrovni než je ta, na kterou jsme ji doposud kladli – což debatu o narativnu vyvádí z oblasti čistě ‚sociální‘.“* (Cobley 2014, 212 a 219)

Viděli jsme výše, že novorozený člen společenstva živých bytostí dostává už při zrodu velkou dávku zkušenosti své linie formou genetické informace i formou epigenetickou – strukturováním péčí a instruktaží, obvykle cestou mateřského organismu. Záhy se napojuje na vnější svět a rychle je uveden „do společnosti“ (doslova), do právě panujících vztahů v něm: osvojuje si znakový systém potřebný k vybudování umweltu typického pro svou linii. Lidský pobyt je navíc charakterizován přirozeným jazykem a schopností pojmového (nikoli však nutně objektivního) myšlení – to vše je vydobyto úsilím předchozích generací: *„Nelze*

6 Možná je jich i víc (například hudba), zde budeme však pojednávat o dvou, které považujeme v evoluci člověka za klíčové.

7 Srovnání formálního a přirozeného jazyka viz například Markoš & Faltýnek 2010.

zformovat myšlenku, která by už nebyla informována minulou zkušeností; přesněji, myslíme pouze díky analogiím, které propojují naši přítomnost s minulostí,“ konstatují Hofstadter a Sander (2013, 20) v obsáhlé monografii věnované roli analogií. Minulá zkušenost se dostává ve formě analogií: protože v tomto světě není nic stejné (věci, události), podobnost třeba rozpoznávat neustále. Věci svého světa kategorizujeme (nikoli objektivizujeme) na základě analogií a ty nám umožňují se ve světě vyznat. „Vskutku, každá člověkem vyslovená věta je implicitně obkroužená jednou či vící variací ‘variací na dané téma’ (protože žádná situace není postavena na jediné podstatě [essence]), a tyto variace samy vyvstávají v mysli posluchačů. Jakmile je tudíž nějaká situace (věc) představena, zcela přirozeně začne ponoukat (posluchače) k tvorbě analogií – ty povedou k zobecnění a poskytnou ještě jasnější pohled na podstatu (či spíše podstaty) dané věci.“ (ibid., 150). Plyne z toho, že „má-li v tomto světě někdo žít svůj život, musí věřit vlastním soudům o tom, co je a co není pravděpodobné, a to mnohem víc než zkoumat jemňůstky logické platnosti.“ (ibid., 308)

Tím se dostáváme k narativu, který je příběhem *malého* či *možného* světa (Eco 2004; Allén (ed.) 2012; Doležel 2003): příběh obsahuje jen malý výsek reálného světa a ten, kdo příběh vypráví (píše) musí nutně předpokládat, že příjemce se vyzná ve světě na podobný způsob a narativu porozumí navzdory provedené redukci: „Pro úspěch v komunikaci by příjemce měl být schopen zkonstruovat textový svět, který je izomorfní se světem producenta textu ve všech relevantních aspektech. Relevantní vlastnosti izomorfie mohou být explicitně specifikovány nebo vyvozeny kompetentním příjemcem.“ (Enkvist 2012, 200)

Nebudeme zde probírat obsáhlou naratologickou literaturu, která se doširoka obírá mučivými problémy typu: co je skutečný příběh (non-fiction) a co beletrie (fiction)?; patří historická líčení nebo Freudovy spisy do skutečných příběhů nebo do beletrie?; platí v beletrii fyzikální zákony?; jaký je rozdíl mezi narativem zabírajícím se skutečnou osobou (např. Caesar) a osobou fiktivní (Hamlet, Vinneta)? – mohli bychom pokračovat v podobných otázkách. Pro naše zkoumání postačuje Telemanovo konstatování: „Skutečný svět je tedy možný svět, o kterém určitý jedinec předpokládá, že odpovídá fyzickému světu, kde tento jednotlivec žije.“ (Teleman 2012, 239) Dodává: „Protože textový svět musí odpovídat pravidlům možného světa, původce textu může vypustit všechno, co příjemce může

vyvodit pomocí obecného a specifického vědění. Pravidla možného světa činí produkci textu hospodárnější.“ (ibid., 242) Jedním z nejdůležitějších modelů narativní domény je *mýtus*; propracované mytologie patrně usměrňovaly lidská společenstva po desítky tisíc let, určovaly jeho místo ve světě, přiřazovaly světu význam, a od toho odvozovaly morální pravidla chování v něm.

*

Jiným typem virtuálního umweltu je objektivní realita. Tento model začal později, někdy před 3 000 lety, a vrcholného rozvoje dosáhl s novověkou vědou. Vopěnka (1991, 31–2) v úvodu ke své knize takto odkazuje k základům novověké (a možná už i starší, aristotelské) vědy: „[S]vět je jednotný celek, jenž má svůj řád, [...] je dílo Boží, tedy dílo naprosto dokonalé, v němž vše má své místo, v němž vše se děje podle předem promyšleného řádu.“ [...] „[K]arty jsou před námi vyloženy již zde, ve světě, a záleží jen na naší vytrvalosti, ani ne tak na našem důvtipu, zda nesejdeme ze zřetelně osvětlené cesty.“ Poněkud drsněji vyjadřuje totéž Heidegger (2004) svým pojmem *Gestell*⁸; v modu tohoto přesného nastavení „veškeré odkrývání má charakter spravování a zajišťování použitelného stavu“, svět je jakýmsi skladištěm objektů, ve kterém se člověk snaží orientovat. Oba autoři takto charakterizují virtuální svět objektivní reality vynalezený člověkem (či spíše – v intencích této práce – společenstvem lidí), model světa reálného.

Ve formálním světě objektivní reality vládou objekty, termíny, signály a neměnné vztahy mezi nimi, zatímco malé světy znají věci a pojmy, znaky, významy, metafory a analogie. První svět lze sdělit a nastudovat (libovolně) přesně, druhý skrze zkušenost spoluputování. V prvním světě mohou existovat objekty totožné (stejně, např. dva trojúhelníky, dvě písmena či čísla), ve světě druhém pouze věci podobné: vztah a míra podobnosti však musí být určena, není dána nezávisle na hodnotiteli. První představuje cestu poznávání světa ideoskopickou, cestou idejí; druhý je cestou enoskopickou, cestou znaků (Deely 2009).⁹

8 Český překlad nenachází ekvivalent a ponechává toto slovo – snad by se dal přeložit jako „zadrátování (natvrdo)“. Anglický překlad zní, „enframing“.

9 O Velikonocích 2014 server iDNES nabízí Kemelův kreslený vtip, na kterém jakýsi pán říká biskupovi: „Omlouvám se, ale jsem vědec. Pro mě je jedno zmrtvychstání statisticky zcela bezvýznamná záležitost...“ Dobrá ilustrace rozdílu mezi oběma mody lidského poznání.

Deely (2009) upozorňuje na to, že cenoskopické znalosti jsou přítomny u všech lidí, nabíráme je s tím, jak vrůstáme po narození do našeho světa, zatímco vědomostem ideoskopickým je nutno se učit, vědcem se člověk nerodí. Z toho pak plyne, že ideoskopické znalosti objektivního světa jsou přístupné každému ve stejné formě, v principu sdělitelné ve své úplnosti, jsou přenosné intersubjektivně, nezávisle na zkušenosti příjemce (ibid., 17); „neznámý objekt“ je oxymóron, protože všechny objekty jsou obyvateli virtuálna a sídlí jen v myslích (ibid., 5–8). Objekty a vztahy mezi nimi jsou výsledkem našeho úsilí, zatímco věci přirozeného světa existují nezávisle na nás; jejich redukcí na objekty odhlížíme od řady jejich vlastností, zatímco s mnohem větší přesností nám vyvstanou vlastnosti, které pak z objektů můžeme přenášet zpět do reálného světa. Přenos však může být nebezpečný: pomocí termínů, čísel, algebraických a logických výrazů toho moc sdělit nelze (a už vůbec ne formou binárních posloupností), a tak výklad nutně přechází do přirozeného jazyka a stane se kořistí sémiotické spirály. Význam jakéhokoli poznání se tak *vždy* stává věcí výkladu ve světě narace.

Narativum, ať už jde o fikční dílo nebo dílo vědecké, však také zpětně ovlivňuje náš pohled na skutečnost samu, „vytváří svět, k němuž referuje, samotným tímto referováním“ (Cohnová 2009, 27; viz též Auerbach 1968 a doslov P. Rákose ke knize; Eco 1997, 2004 a další). Totéž ovšem platí i o světě objektivní reality. Tím se oklikou dostáváme k Heideggerovu (1982) konstatování, že člověk si svůj svět buduje a *uvlastňuje* si ho (Ereignis, angl. appropriation). Po vynálezu písma, zejména písma abecedního, narativita i objektivní realita *společně* nahlížení světa ještě posílily, a pozměnily naši komunikaci se světem (např. Harris 2009).

Nutno ještě připomenout, že navrhované dělení rozšiřuje předchozí model (Markoš et al. 2009; Markoš & Faltýnek 2010). Tam jsme vedli ostrou čárou mezi světem přirozeným a virtuálním světem objektivní reality, který je vynálezem člověka a dostupný pouze jemu. Toto schéma teď doplňujeme o virtuální svět narativity, opět – jako v případě objektivní reality – výlučnou doménu člověka. Nad těmito a podobnými světy pak evoluce člověka vztyčila zmíněné mody existence zhruba před 2–3 tisíci lety transcendentno.

TAB. 2

Přirozený svět biosféry a lidská „nadstavba“ světů objektivních a narativních

| | Přirozený svět | Objektivní realita | Narativita |
|------------------------------|--|--|--|
| | fysis, věci, kontexty | | malé světy |
| způsob poznávání | věci; znaky a významy; pojmy a představy | objekty a jejich vztahy; termíny a kalkulus | znaky a významy; analogie, pojmy, homonymie, homologie, presupozice |
| vyjadřování (jen lidé) | řeč, přirozený jazyk | formální jazyk | přirozený jazyk |
| přesnost | podoba; omezená, s úsilím diskrétní | objekt; libovolná, digitální | podoba; omezená, diskrétní |
| | | slovník | slovník a encyklopedie |
| forma prožívání; redukce na: | umwelt | ideje, abecedy, kalkulus, geometrie, programy, logika, vše redukovatelné na binární posloupnosti | lebenswelt: běžné dialogy, vyprávění, rituál, fikce, non-fiction; interpretace jak přirozeného světa, tak OR |

Literatura

Kap. 1

- Alexander RD (1979). *Darwinism and Human Affairs*. Seattle: University of Washington Press.
- Alexander RD (1987). *The biology of moral systems*. New Jersey Aldine Transaction.
- Alexander RD (1990). Epigenetic rules and Darwinian algorithms: The adaptive study of learning and development. *Ethology and Sociobiology*, 11, 1990, 241–303.
- Aunger R (ed.) (2000). *Darwinizing culture: the status of memetics as a science*. Oxford University Press: Oxford – New York.
- Aunger R (2002). *The Electric Meme: A New Theory of How we Think*. New York: Free Press.
- Avital E & Jablonka E (2003). *Animal Traditions Behavioural Inheritance in Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Baldwin JM (1896). A New Factor in Evolution. *American Naturalist*, 30, 1896, 441–451.
- Bannister CR (1979). *Social Darwinism. Science and Myth in Anglo-American Social Thought*. Philadelphia: Temple University Press.
- Barash D (1979). *Sociobiology: The whispering within*. New York: Harper & Row.
- Barret L & Dunbar R & Lycett J (2007). *Evoluční psychologie člověka*. Praha: Portál.
- Barkow J & Cosmides L & Tooby J (eds.) (1992). *Adapted Mind. Evolutionary psychology and the generation of culture*. Oxford: Oxford University Press.
- Bekoff M & Allen C & Burghardt G (eds.) (2002). *The cognitive animal: empirical and theoretical perspectives on animal cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bible: Písmo svaté Starého a Nového zákona* (1993). Praha: Česká biblická společnost.

- Blackmore S (1999). *The Meme Machine*. Oxford: Oxford University Press.
Česky: Blackmoreová S (2001). *Teorie memů*. Praha: Portál.
- Boesch C & Tomasello M (1998). Chimpanzee and Human Cultures. *Current Anthropology*, 39, 1998, 591–614.
- Boyd R & Richerson PJ (1985). *Culture and the Evolutionary Process*. Chicago: University of Chicago Press.
- Boyd R & Richerson PJ (2005). *The Origin and Evolution of Cultures*. Oxford: Oxford University Press.
- Buss DM (1999). *Evolutionary psychology: The new science of the mind*. Boston: Allyn & Bacon.
- Byrne RW et al. (2004). Understanding culture across species. *Trends in Cognitive Science*, 8, 2004, 341–346.
- Candland DK (1993). *Feral children and clever animals: reflections on human nature*. New York: Oxford University Press.
- Carson RA & Rothstein MA (eds.) (1999). *Behavioral Genetics. The Clash of Culture and Biology*. Baltimore – London: John Hopkins University Press.
- Cavalli-Sforza LL et al. (1982). Theory and observation in cultural transmission. *Science*, 218, 1982, 19–27.
- Cavalli-Sforza LL (2000). *Genes, Peoples, and Languages*. New York: North Point Press.
- Chagnon NA & Irons W (eds.) (1979). *Evolutionary Biology and Human Social Behavior. An Anthropological Perspective*. North Scituate: Duxbury Press.
- Chomsky N (1984). *Modular Approaches to the Study of the Mind*. San Diego: San Diego State University Press.
- Cronk L (1999). *That Complex Whole. Culture and the Evolution of Human Behavior*. Boulder: Westview Press.
- Cronk L & Chagnon N & Irons W (eds.) (2000). *Adaptation and Human Behavior. An Anthropological Perspective*. New York: Gruyter.
- Cullen B (1995). On cultural group selection. *Current Anthropology*, 36, 1995, 819–820.

- Darwin C (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: Murray. Český (2006): *O původu člověka*. Praha: Academia.
- Darwin C (1871). *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. London: John Murray.
- Dawkins R (1976). *The Selfish Gene*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Dawkins R (1993). Viruses of the mind. *Free Inquiry*, 2, 1993, 34–41.
- Dawkins R (1999). *Extended Phenotype*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Dawkins R (2006). *The God Delusion*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Degler CN (1991). *In Search of Human Nature. The Decline and Revival of Darwinism in American Social Thought*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Distin K (2005). *The selfish meme: a critical reassessment*. Cambridge – New York: Cambridge University Press.
- Distin K (2011). *Cultural evolution*. Cambridge – New York: Cambridge University Press.
- Dobzhansky T (1962). *Mankind Evolving. The Evolution of the Human Species*. New Haven: Yale University Press.
- D' Onofrio BM et al. (1999). Understanding Biological and Social Influences on Religious Affiliation, Attitudes, and Behaviors: A Behavior Genetic Perspective. *Journal of Personality*, 67, 1999, 953–984.
- Dunbar RIM (1998). The Social Brain Hypothesis. *Evolutionary Anthropology*, 6, 1998, 178–190.
- Durham WH (1976). The adaptive significance of cultural behavior. *Human Ecology*, 4, 1976, 89–121.
- Durham WH (1990). Advances in Evolutionary Culture Theory. *Annual Review of Anthropology*, 19, 1990, 187–210.
- Durham WH (1991). *Coevolution: Genes, Culture, and Human Diversity*. Stanford: Stanford University Press.
- Durham WH (1992). Applications of evolutionary culture theory. *Annual Review of Anthropology*, 21, 1992, 331–355.

- Eaton B. et al. (1988). Stoneagers in the fast lane: chronic degenerative diseases in evolutionary perspective. *American Journal of Medicine*, 84, 1988, 739–749.
- Flegr J (2005). *Evoluční biologie*. Praha: Academia.
- Gajdusek D (1977). Unconventional viruses and the origin and disappearance of kuru. *Science*, 197, 1977, 943–960.
- Gee H (2000). Gee, Officer Krupke, it's my genes. *Nature*, July 5, Publikováno on-line: <http://www.nature.com/news/2000/000705/full/news000706-8.html>.
- Gottlieb G (1992). *Individual Development and Evolution. The Genesis of Novel Behavior*. New York: Oxford University Press.
- Gottlieb G (1998). Normally occurring environmental and behavioral influences on gene activity: from central dogma to probabilistic epigenesis. *Psychological Review*, 105, 1998, 792–802.
- Gould S & Lewontin RC (1979). The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 205, 1979, 581–598.
- Grafen A (1984). Natural selection, kin selection and group selection. In Krebs JR & Davies NB (eds.). *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*. Sinauer Associates Sunderland, MA, 62–84.
- Hagen EH (2005). Controversies surrounding evolutionary psychology. In Buss DM (ed.). *The handbook of evolutionary psychology*. Hoboken: Wiley, 145–146.
- Hamilton WD (1964). The Genetical Evolution of Social Behavior. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 1964, 1–52.
- Harrison GA (ed.) (1993). *Human Adaptation*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Hauser MD (2006). *Moral Minds*. New York: Ecco.
- Henrich J & Boyd R (1998). The Evolution of Conformist Transmission and the Emergence of Between-Group Differences. *Evolution and Human Behavior*, 19, 1998, 215–242.
- Henrich J & McElreath R (2003). The evolution of cultural evolution. *Evolutionary Anthropology*, 12, 2003, 123–135.
- Heyes CM & Galef BG (eds.) (1996). *Social learning in animals: The roots of culture*. New York: Academic Press.

- Holden C & Mace R (1997). Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults. *Human Biology*, 69, 1997, 605–628.
- Huxley TH (1894). *Evolution and Ethics and Other Essays*. London: Murray.
- Jablonka E & Lamb M (1995). *Epigenetic Inheritance and evolution: The Lamarckian dimension*. Oxford: Oxford University Press.
- Jablonka E & Lamb M (2005). *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral and Symbolic Variation in the History of Life*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kimura M & Ohta T (2001). *Theoretical Aspects of Population Genetics*. Princeton: Princeton University Press.
- Kroeber A & Kluckhohn C (1952). *Culture; A Critical Review of Concepts and Definitions*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kropotkin P (1902). *Mutual Aid: A Factor of Evolution*. London: Heinemann.
- Laland KN & Janik VM (2006). The animal cultures debate. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 2006, 542–547.
- Laland KN & Galef BG (eds.) (2009). *The question of animal culture*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lieberman D & Tooby J & Cosmides L (2003). Does morality have a biological basis? An empirical test of the factors governing moral sentiments regarding incest. *Proceedings of the Royal Society, London, Series B*, 270, 2003, 819–826.
- Lorenz K (1940). Durch Domestikation verursachte Störungen des art eigenen Verhaltens. *Zeitschrift für angewandte Psychologie und Charakterkunde*, 59, 1940, 2–81.
- Lorenz K (1943). Angeborene Formen möglicher Erfahrung. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 5, 1943, 235–409.
- Lorenz K (1963). *Das sogenannte Böse*. Wien: Borotha-Schoeler. Česky (1992): *Takzvané zlo*. Praha: Mladá Fronta.
- Lorenz K (1973). *Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit*. München: Piper. Česky (2000): *Osm smrtelných hříchů*. Praha: Academia.
- Lorenz K (1983). *Der Abbau des Menschlichen*. München: Piper. Česky (1997): *Odumírání lidskosti*. Praha: Mladá Fronta.
- Lumsden CJ & Wilson EO (1981). *Genes, Mind and Culture: The Coevolutionary Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Lynch A (1996). *Thought Contagion: How Belief Spreads through Society*. New York: Basic Books.
- Maasen S et al. (ed.) (1995). *Biology as Society, Society as Biology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Markoš A (2003). *Tajemství hladiny: Povstávání živého tvaru*. Praha: Dokořán.
- Martinelli D (2010). *A Critical Companion to Zoosemiotics: People, Paths, Ideas*. New York: Springer.
- Mauss M (1999). *Esej o daru, podobě a důvodech směny v archaických společnostech*. Praha: Slon.
- McElreath R & Henrich Joe (2007). Dual inheritance theory: the evolution of human cultural capacities and cultural evolution. In Dunbar R & Barrett L (eds.) (2007). *Oxford Handbook of Evolutionary Psychology*. Oxford: Oxford University Press, Kapitola 38.
- McGrew WC (1992). *Chimpanzee Material Culture. Implications for Human Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McGrew WC (2004). *The Cultured Chimpanzee: Reflections on Cultural Primatology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Money J (1977). The Syndrome of Abuse Dwarfism (Psychosocial Dwarfism or Reversible Hyposomatotropism). *American Journal of Diseases of Children*, 131, 1977, 508–513.
- Nelkin D (2000). Less selfish than sacred?: Genes and the religious impulse in evolutionary psychology. In Rose H & Rose S (eds.) (2000). *Alas Poor Darwin: Arguments Against Evolutionary Psychology*. New York: Harmony Books, 17–32.
- Nesse R (2000). How Selfish Genes Shaped Moral Passions. *Journal of Consciousness Studies*, 7, 2000, 227–231.
- Newton M (2002). *Savage Boys and Wild Girls: A History of Feral Children*. London: Faber and Faber.
- Pinker S (2003). *The Blank Slate. The Modern Denial of Human Nature*. New York: Penguin Books.
- Premack DG & Woodruff G (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1, 1978, 515–526.
- Pulliam HR & Dunford C (1980). *Programmed to Learn: An Essay on the Evolution of Culture*. New York: Columbia University Press.

- Ridley M (1996). *The Origins of Virtue*. New York: Viking. Česky (2000): *Původ ctnosti*. Praha: Portál.
- Richerson PJ & Boyd R (1992). Cultural inheritance and evolutionary ecology. In Smith EA & Winterhalder B (eds.) (1992). *Evolutionary Ecology and Human Behavior*. New York: Gruyter, 61–92.
- Richerson PJ & Boyd R (1998). *The evolution of human ultra-sociality*. In Eibl-Eibesfeldt I & Salter F (eds.) (1998). *Ideology, Warfare, and Indoctrinability*. London: Berghahn, London, 71–95.
- Richerson PJ & Boyd R (1999). Complex societies: The evolutionary dynamics of a crude superorganism. *Human Nature*, 10, 1999, 253–289.
- Richerson PJ & Boyd R (2005). *Not By Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rogers AR (1988). Does biology constrain culture? *American Anthropologist*, 90, 1988, 819–831.
- Sahlins M (1976). *The Use and Abuse of Biology*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Shettleworth SJ (2010). *Cognition, Evolution, and Behavior*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Sober E & Wilson DS (1998). *Unto Others. The Evolution and Psychology of Unselfish Behavior*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Stella M (2008). Domus a podoba. Poznámky k jevové stránce a historii výzkumu domestikace. In Kleisner K (ed.) (2008). *Biologie ve službách zjevu. K teoreticko-biologickým myšlenkám Adolfa Portmanna*. Červený Kostelec: Pavel Mervart, 139–170.
- Stella M & Stibral K (2009). „Krajina a evoluce“? Evolučně-psychologické teorie percepce krajiny. *Envigogika*, ISSN 1802-3061, vol. 4, no. 2, 30. www: <http://www.envigogika.cuni.cz/index.php/cs/texty/20092/318.-krajina.-a.-evoluceq.-evolun.-psychologicke.-teorie.-percepce.-krajiny>
- Symons D (1979). *The Evolution of Human Sexuality*. Oxford: Oxford University Press.
- Tierney P (2001). *Darkness in El Dorado: how scientists and journalists devastated the Amazon*. New York: Norton.
- Tomasello M (1999a). The human adaptation for culture. *Annual Review of Anthropology*, 28, 1999, 509–529.

- Tomasello M (1999b). *The Cultural Origins of Human Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Trivers R (1971). The Evolution of Reciprocal Altruism. *Quarterly Review of Biology*, 46, 1971, 35–56.
- Trudgill P (1999). *The dialects of England*. Oxford – Malden: Blackwell Publishers.
- Uhlíř V (2010). *Role jednotlivce v přenosu kulturních prvků: Urban legends jako polemika s memetickou teorií*. Bakalářská práce, vedoucí Marco Stella, FHS. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
- Voland E et al. (1997). Population increase and sex-biased parental investment in humans: evidence from 18th-and 19th-century Germany. *Current Anthropology*, 38, 1997, 129–135.
- Van de Vijver G & Van Speybroeck L & de Waele D (2002). Epigenetics: A Challenge for Genetics, Evolution, and Development? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 981, 2002, 1–6.
- de Waal F (1982). *Chimpanzee Politics*. New York: Harper & Row Publisher, Inc.
- de Waal F (1989). *Peacemaking Among Apes*. Cambridge: Harvard University Press.
- de Waal F (1996). *Good Natured: The Origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals*. Cambridge, MA: Harvard University Press. Český (2006): *Dobráci od přírody*. Praha: Academia.
- de Waal F (2006). *Primates and Philosophers*. Princeton: Princeton University Press.
- de Waal F & Tyack PL (eds.) (2003). *Animal social complexity: intelligence, culture, and individualized societies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Westermarck E (1891). *The History of Human Marriage*. London: Macmillan.
- Wheeler W (2006). *The Whole Creature. Complexity, biosemiotics and the evolution of culture*. London: Lawrence & Wishart. <http://www.scribd.com/doc/33209269/The-Whole-Creature-Complexity-Biosemiotics-and-the-Evolution-of-Culture>.
- Whiten A et al. (1999). Cultures in chimpanzees. *Nature*, 399, 1999, 682–685.

- Wilson EO (1975). *Sociobiology: The New Syntesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wilson EO (1978 [1993]). *On Human Nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press. Český: *O lidské přirozenosti*. Praha: Lidové noviny.
- Wrangham RW et al. (eds.) (1994). *Chimpanzee cultures*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wright R (1994). *Moral Animal. The New Science of Evolutionary Psychology*. New York: Pantheon. Český (1995): *Morální zvíře*. Praha: Lidové noviny.
- Wright R (2006). The Uses of Anthropomorphism. In: de Waal F (2006). *Primates and Philosophers*. Princeton: Princeton University Press, 83–97.

Kap. 2

- Bates HW (1862). Contributions to an insect fauna of the Amazon valley. Lepidoptera: Heliconidae. Trans. Linn. Soc. Lond. 23: 495–566.
- Blackmore S (1999). *The meme machine*. Oxford University Press.
- Dawkins R (1989). *The selfish gene*, 2nd ed. Oxford University Press.
- Heikertinger F (1954). *Das Rätsel der Mimicry und seine Lösung*. Verlag. Fisher, Jena.
- Holland PWH (1999). The effect of gene duplication on homology. In: Bock GR & Cardew G (eds.). *Homology*. Wiley – Chichester, 227–236.
- Kistner DH (1968). Revision of the African species of the termitophilous tribe Corotocini (Coeloptera: Staphylinidae). I. A new genus and species from Ovamboland and its zoogeographic significance. J. N.Y. Entomol. Soc., 76, 213–221.
- Kistner DH (1990). The integration of foreign insect into termite societies or why do termites tolerate foreign insects in their societies? *Sociobiology*, 17, 191–215.
- Kleisner K & Markoš A (2004). Semetics rings: towards the new theory of mimicry. Theory in biosciences (in press).
- Komárek S (2003). Mimicry, aposematism and related phenomena. Mimetism in nature and the history of its study. Lincoln Europa, München.
- Lankester ER (1870). On the use of the term homology in modern zoology, and the distinction between homogenetic and homoplastic agreements. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 6: 34–43.
- Mindell DP & Meyer A (2001). Homology evolving. *Trends Ecol. Evol.*, 16: 434–439.
- Müller F (1879). Ituna und Thyridia. Ein merkwürdiges Beispiel von Mimikry bei Schmetterlingen. *Kosmos*, 3, 100–108.
- Portmann A (1960). *Neue Wege der Biologie*. Piper, München.
- Wasmann E (1890). Vergleichende Studien über Ameisen- und Termitengäste. *Tijdschr. Ent.* 33, 27–29.

Wasmann E (1925). Die Ameisenmimikry. Ein exakter Beitrag zum Mimikryproblem und zur Theorie der Anpassung. Abhandlungen zur theoretischen Biologie. Heft 19, Verl. von Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Wickler W (1968). *Mimikry. Nachahmung und Täuschung in der Natur*. Kindler, München.

Kap. 3

- Barbieri, M. (2008) The Mechanisms of Evolution. Natural Selection and Natural Conventions. In M. Barbieri (ed.), *The codes of life: the rules of macroevolutioll*. Springer.
- Battail, G. (2007) Information theory and error-correcting. Codes in genetics and biological evolution. In M. Barbieri (ed.), *Introduction to biosemiotics*. Springer, pp. 299–345.
- Beckmann, J. S. & Brendel, V. & Trifonov, E. N. (1986) Intervening sequences exhibit distinct vocabulary. *J Biomol Struct Dyn* 4, pp. 391–400. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2482751>.
- Bolshoy, A. (2003) DNA sequence linguistic tools: contrast vocabularies, compositional spectra and linguistic complexity. *Applied Bioinformatics* 2, pp. 103–12. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15130826>.
- Brendel, V. & Beckmann, J. S. & Trifonov, E. N. (1986) Linguistic of nucleotide sequences: morphology and comparison of vocabularies. *J Biomol Struct Dyn* 4, pp. 11–21. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3078230>.
- Cvrčková, F. (2006) *Úvod do praktické bioinformatiky*. Vyd. 1. Praha: Academia.
- Eco, U. (1976) *Theory of Semiotics*. Bloomington: Indiana University Press.
- Forsdyke, D. R. (1981) Are introns in-series error-detecting sequences? *J. Theor. Biol.* 93, pp.861–866.
- Kárná, L. & Křížek, M. & Křížek, P. (2012) Genetický kód z pohledu matematiky. *Vesmír* 91 (142), No. 6, pp. 364–367.
- Kirzhner, V. M. & Korol, A. B. & Bolshoy, A. & Nevo, E. (2002) Composition spectrum- revealing patterns for genomic sequence characterization and comparison. *Physica A.* 312, pp. 447–57.
- Mantegna, R. N. et al. (1994) Systematic analysis of coding and noncoding DNA sequences using methods of statistical linguistics. *Phys. Rev. E* 52, 2939.
- Markoš, A. & Švorcová, J. (2009) Recorded versus organic memory: interaction of two worlds as demonstrated by the chromatin dynamics. *Biosemiotics* 2, pp. 131–149.

- Markoš, A. & Faltýnek, D. (2010) Jazyková metafora života. In A. Markoš (ed.), *Jazyková metafora živého*. Pavel Mervart. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/filosof/markos/Publikace/Jazykova%20metafora%20konec.pdf>.
- Neubauer, Z. (2008) Lineární biologie. In A. Markoš (ed.), *Náhoda a nutnost. Jaques Monod v zrcadle naší doby*. Pavel Mervart. Dostupné z: http://www.ums.zcu.cz/files/sazava/stud_texty/ZN_Mnd_scan.pdf.
- Ohno, S. (1992) Of palindromes and peptides. *Genomics* 90, pp. 342–345.
- Osmanbeyoglu, H. U. & Ganapathiraju, M. K. (2011) N-gram analysis of 970 microbial organisms reveals presence of biological languagemodels. *BMC Bioinformatics* 12, pp. 1–12.
- Orlov, Y. L. & Potapov, V. N. (2004) Complexity: an internet resource for analysis of DNA sequence complexity. *Nucleic acid research* 32, pp. 628–633.
- Petrokovski, S. & Trifonov, E.N. (1992) Imported sequences in mitochondrial yeast genome identified by nucleotide linguistics. *J Biomol Struct Dyn*, 7, pp. 1251–68. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037811199290040V>.
- Popov, O. & Segal, D. M. & Trifonov, E. N. (1996) Linguistic complexity of protein sequences as compared to texts of human languages. *Biosystems* 38, pp. 65–74.
- Rani, M. & Mitra, C. K. (1994) Periodicities in protein sequences. *Journal of Biosciences* 19 (2), pp. 255–266.
- Roman-Roldan, R. & Bernaola-Galvan, P. & Oliver, J. L. (1996) Application of information theory to DNA sequence analysis: a review. *Pattern Recognition* 29 (7) pp. 1187–1194.
- Shannon, C. E. (1948) A Mathematical Theory of Communication. In: *The Bell System Technical Journal* 27, pp. 379–423, pp. 623–656.
- Trifonov, E. N. (1989) Viewpoint: Multiple codes of nucleotide sequences. *Bulletin of Mathematical Biology* 51, pp. 417–432.
- Volkovich, Z. & Kirzhner, V. & Bolshoy, A. & Nevo, E. & Korol, A. (2005) The method of n-grams in large-scale clustering of DNA texts. *Pattern Recognition* 38, pp. 1902–1912.

Yockey, H. P. (1974) An application of information theory to the central dogma and the sequence hypothesis. *Journal of Theoretical Biology* 46 (2), pp. 369–406.

Zemková M. & Zahradník, D. (2011) "Complexity_G" -Software tools for linguistic based analysis of genetic sequences. (Online). Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/filosof/index.php/cs/clenove/362-zemkova.html>.Kap. 4

Kap. 4

- Allén S (ed.) (2012 [1988]). *Možné světy v humanitních vědách, v umění a v přírodních vědách*. Praha: Academia.
- Auerbach E (1968 [1946]). *Mimesis. Zobrazení skutečnosti v západoevropských literaturách*. Praha: Mladá fronta.
- Cobley P (2014). *Narrative*. London: Routledge.
- Cohnová D (2009). *Co dělá fikci fikcí*. Praha: Academia.
- Darwin C (2007 [1859]). *O vzniku druhů přírodním výběrem*. Praha: Academia.
- Dawkins R (1982). *The extended phenotype*. New York: Freeman.
- Deely J (2009). *Purely objective reality*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Doležel L (2003). *Heterocosmica. Fikce a možné světy*. Praha: Karolinum.
- Eco U (1997). *Šest procházek literárními lesy*. Votobia.
- Eco U (2004 [1974]). *Teorie semiotiky*. Praha: Argo.
- Enkvist NE (2012 [1988]). Spojitost, interpretovatelnost, univerza diskurzu a textové světy. In Allén (ed.), 195–224.
- Gracián B (1984, [1651–7]). *Kritikon*. Praha: Odeon.
- Harris R (2009). *Rationality and the literate mind*. Routledge.
- Heidegger M (1982). *Die Grundbegriffe der Metaphysik. Welt – Endlichkeit – Einsamkeit*. GA 29/30, Frankfurt/M: Vittorio Klostermann.
- Heidegger M (2004 [1954]). Otázka techniky. In *Věda, technika a zamyšlení*. Praha: OIKOYMENH, 7–35.
- Hofstadter D & Sander E (2013). *Surfaces and essences. Analogy as the fuel and fire of thinking*. New York: Basic Books.
- Kauffman SA (2004). *Čtvrtý zákon. Cesty k obecné biologii*. Praha: Paseka.
- Kliková [Koubová] A & Kleisner K (eds.) (2006). *Umwelt. Koncepce žitého světa Jakoba von Uexküllla*. Červený Kostelec: Pavel Mervart.
- Lovelock J (1994 [1988]). *Gaia, živoucí planeta*. Praha: Mladá fronta.
- Mann T (1986). *Doktor Faustus*. Praha: Mladá fronta.

- Markoš A (ed.) (2010a). *Jazyková metafora živého*. Červený Kostelec: Pavel Mervart.
- Markoš A (2010b). Kámen, zvíře, člověk. In Markoš (ed.) 2010a, 61–96.
- Markoš A et al. (2009). *Life as its own designer: Darwin's Origin and Western thought*. Springer.
- Markoš A & Faltýnek D (2010). Jazyková metafora života. In Markoš (ed.) 2010a, 229–284. Anglická verze (2011): Language metaphors of the living. *Biosemiotics*, 4, 2011, 171–200.
- Neubauer Z (2010). Metafora a obrazné vyjádření. In Markoš (ed.) 2010a, 43–59.
- Silver N (2014 [2012]). *Signál a šum*. Praha – Litomyšl: Paseka.
- Teleman U (2012). Svět slov – a obrazů. In Allén (ed.), 238–248.
- Wilson EO (1992). *O lidské přirozenosti*. Praha: Nakl. Lidové Noviny.

Rejstřík

A

aposematismus 49
autonomní agent 103

B

Battail, G. 73
behaviorální ekologie 11, 30, 32,
34–35
bioinformatika 57, 68, 77, 83,
92, 128
biolingvistika 57
biologický determinismus 16
biologizace společenských věd 10

C

Cosmides(ová), L. 21–23, 32, 117,
121

D

Darwin, C. 47
dissipativní systém 98

E

entropie 64, 86
evoluční etika 11
evoluční psychologie 11, 19, 32, 40,
110, 117
evoluční teorie 13, 24–25, 42–43, 51

F

fenogenotypový model 25, 36
Flegr, J. 27

G

genocentrismus 17

H

historicita organismů 17
historie 99
homologie 46–48, 84, 116

CH

chráněný druh (mimikry) 50

I

imitace 52
informace 60, 62, 88
interpretace 97, 100

K

kód 57, 61–63, 65, 67–78, 83, 85, 90,
92, 97, 100, 107–108, 128
kompoziční spektrum 85
kultura 9–16, 18–20, 22–36, 38,
40–45, 53, 93–94, 98, 100, 104,
108, 110–112
kulturgeny 18
kulturní gramatika 40
kulturní mimikry 55
kultury živočichů 42

L

lingvistická komplexita 84, 86, 90

M

malé světy 109, 113

mem 15, 18–20, 25–30, 36, 39, 118

memofond 18

memples 18

mimikry 49, 51

móda 27

model (mimikry) 50

model stavidla 61

modely kult. evoluce 25

mutace 66

N

narativita 96, 112

n-gram 67, 84

O

objektivní realita 96, 112, 114

P

paleolitická mysl 33–34

podoba 96, 101

podobnost 16, 46–48, 50–54, 77–78,
80–84, 113–114

Portmann, A. 49–50, 53, 123, 126

příbuzenská selekce 35

přirozené konvence 76

R

reciproční altruismus 35

redundance 66

replikace 73

rozšířený fenotyp 102

S

sebe prezentace 50

sémantický orgán 52

semetický kruh 53–54

Shannon, C. 62

sociální učení 12

sociobiologie 10, 17, 19–20, 30–32,
34, 39, 110

stoichea 58

Š

šum 65

T

teorie dvojí dědičnosti 25, 38

teorie Gaia 100

teorie informace 58–60, 62–63, 68,
73, 76, 83, 88, 94–95

text 5, 12, 19–21, 57–60, 62–64,
66–68, 83–84, 86–87, 89–94,
101, 105, 111, 113–114, 123,
129

Tooby, J. 21–23, 32, 117, 121

Trifonov, E. N. 74, 90

U

umwelt 96, 101, 103–107, 109–112,
114, 116, 130

V

vlastní jev 50, 53
von Uexküll, J. 96, 104
význam 94

W

Wilson, E. O. 17, 31

Z

zdatnost 14
Zipfův zákon 91
značka 59, 101
znak 59, 89
zrod 98, 112

Ž

život 108

KATALOGIZACE V KNIZE – NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Markoš, Anton

Biosémiotika II / Anton Markoš a kol. -- 1. vyd. -- Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. -- 138 s. -- (Qfwfq; sv. 36)

ISBN 978-80-244-4357-7

57:003.2/.6 * 57/59 * 316.72/.75 * 81'2/'44 * 81'22 * 81'1

- biosémiotika
- biologie -- kulturní aspekty
- biologie -- jazykové aspekty
- sémiotika
- lingvistika
- učebnice vysokých škol

57 – Obecná biologie [2]

37.016 – Učební osnovy. Vyučovací předměty. Učebnice [22]

Biosémiotika II

Anton Markoš a kol.

36. svazek Edice Qfwfq

Výkonný redaktor: Jiří Špička

Odpovědná redaktorka VUP: Jana Kreiselová

Jazyková redakce: Jana Kynclová

Sazba: Lenka Horutová

Obálka: Martina Šviráková

Vydala a vytiskla Univerzita Palackého v Olomouci

Křížkovského 8, 771 47 Olomouc

www.upol.cz/vup

e-mail: vup@upol.cz

Olomouc, 2014

1. vydání, 138 stran

č. z. 2014/957

ISBN 978-80-244-4357-7

Publikace je neprodejná