sbornik_veda a priroda 29.6.2006 11:11 Str. 1

Mendelova Zemědělská a Lesnická Univerzitá v Brně
Ústav nauky o dřevě

# VĚDA A PŘÍRODA

**mezioborový pohled na přírodní vědy a techniku
s příklonem k biotechnické - bionické problematice**

Sborník ze semináře

20. března 2006
MZLU - učebna P220

Pořadatel: Ústav nauky o dřevě, LDF MZLU Brno

Sborník vychází z příspěvků, které byly odprezentovány na semináři Věda a příroda 20. března 2006 na Mendelově Zemědělské a Lesnické Univerzitě v Brně.

Cílem je poznání názorů a myšlenek představitelů jednotlivých disciplín na propojenost vědy a přírody. Jako zastřešující prvek byl vybrán vztah vědy a přírody na bázi bioniky, vědy věnující se přírodním principům a technickým aplikacím těchto jevů a poznatků.

Poděkování:
Seminář byl uspořádán a sborník byl vydat díky MŠMT ČR, které podporuje rozvojový projekt na rok 2006 – Příprava akreditace nového studijního programu/oboru Technická biologie a bionika.

ISBN bude naše

# Obsah

Předmluva

01
PhDr. Mgr. Jeroným Klimeš, Ph.D
Amalgám psychologie a přírodních věd.

02
Doc. Ing. Květoslav Nikl, Csc.
Elektromagnetické vlny v technice a přírodě.
Vysokofrekvenčí zbraně – konfrontace “příroda vs. technika“

03
Mgr. Marek Vácha
Projekt lidského genomu. Human Genom Project.

04
prof. PhDr. Ing. Josef Šmajs, Csc.
Místo a role kultury v přírodě.

05
RNDr. Zdeněk Pospíšil, Dr.
Matematické modelování dynamiky populací.

06
Doc. RNDr. Stanislav Bartoň, Csc.
Podíl fyziky a matematiky na pochopení světa

07
prof. Ing. Přemysl Janíček, DrSc.
Biotechnické interdisciplinární obory.

# Předmluva

Současný vývoj inženýrské praxe je spojen se zaváděním nových technologií a se vznikem nových hraničních oborů. Vědecko-technický pokrok má dnes zpravidla mezioborový charakter integrující biologické, technické, ekonomické, umělecko-designérské a společenské vědy. Tato interdisciplinarita přináší svoje ovoce v obohacování zdánlivě rozdílných věd.

Bez vývoje nových materiálů a metod zkoumání jejich vlastností není možný ani další rozvoj informačních a komunikačních technologií, ani pokrok v technických a biologických vědách.

Moderní věda se neuzavírá sama do sebe, naopak se otevírá odborné i laické veřejnosti, inspirační přenos myšlenek a vzájemné obohacování lidí je její nejsilnější motor.

Jedním z cílů našeho snažení je potom snaha zákonitě se pokusit o překlenutí rostoucí propasti mezi technikou a biologií, vědou a kulturou. Příkladem vědního oboru, který se pokouší o tuto integraci je např. bionika. Jedná o mladou interdisciplinární oblast výzkumu spojující biologii především s technickými vědními obory, architekturou a matematikou.

Sborník obsahuje příspěvky autorů z různých oblastí lidského působení. Inspirační pojetí přírody v technice, a naopak, nám vysvětluje a pomáhá pochopit okolní svět. ,

Cílem semináře i tohoto sborníku bylo zjistit potencionální bionickou základnu v akademickém prostředí České republiky, poznat myšlenky představitelů jednotlivých vědních oborů a jejich názor na integraci vědeckého světa. Jednotlivé statě jsou příkladem interdisciplinárního chápání techniky a přírody jako jednotného prostředí pro život člověka.

Domníváme se, že s bionickým myšlením a poznatky, se schopností reagovat na inspirační vlivy a tyto podněty dále rozvíjet je nutno pracovat systematicky na vysokoškolské úrovni, jak se tomu děje např. v Německu. Naší snahou je tedy i příprava nového studijního programu Technická biologie a bionika, který má rozšířit nabídku studijních programů nejen na domovské univerzitě, ale také v ČR. Prvním krokem na této dlouhé cestě je i svým způsobem inventura východisek a přístupů různých vědních disciplín, což byl cíl semináře. Zda se to podařilo, nechť laskavý čtenář posoudí sám.

*Doc. Petr Horáček*
*vedoucí Ústavu nauky o dřevě*

# Amalgám psychologie a přírodních věd

PhDr. Mgr. Jeroným Klimeš, Ph.D.

## Abstrakt

Nejslavnější vývojový psycholog byl Jean Piaget. Nejen, že začínal jako biolog pozorováním škeblí v Ženevském jezeře, ale řada jeho teorií o myšlenkovém vývoji člověka byla inspirována nejrůznějšími tehdejšími teoriemi, například matematickou teorií grup či topologií. Když si projdeme velké psychology, často zjistíme, že byli absolventi jiných škol, například Freud byl lékař, Jung teolog, Moreno divadelník ap. Podobně docházelo k vzájemnému ovlivňování i naopak. Například statistici za metodu faktorové analýzy vděčí psychologům, jmenovitě Louis Leon Thurstonovi, který podobě jako výše jmenovaní byl původním vzděláním elektroinženýr a dokonce i spolupracovník Tomaše Alvy Edisona.

Jinými slovy přírodní a exaktní vědy dávají psychologii modely, které byly vytvořeny na dobře pozorovatelných objektech viditelného či deduktivního světa, naopak psychologie přináší zpět těmto vědám otázky, které jsou pobídkou k dalšímu výzkumu. Prolínáním všech věd vzniká jakýsi amalgám, který je může být využit k prospěchu všech lidí.

Nejslavnější vývojový psycholog byl Jean Piaget. Nejen, že začínal jako biolog pozorováním škeblí v Ženevském jezeře, ale řada jeho teorií o myšlenkovém vývoji člověka byla inspirována nejrůznějšími tehdejšími teoriemi, například matematickou teorií grup či topologií. Když si projdeme velké psychology, často zjistíme, že byli absolventi jiných škol, například Freud byl lékař, Jung teolog, Moreno divadelník ap. Podobně docházelo k vzájemnému ovlivňování i naopak. Například statistici za metodu faktorové analýzy vděčí psychologům, jmenovitě Louis Leon Thurstonovi, který podobě jako výše jmenovaní byl původním vzděláním elektroinženýr a dokonce i spolupracovník Tomaše Alvy Edisona.

Já sám vděčím osudu velké díky za to, že jsem před psychologií vystudoval hydrogeologii. Některé výroky mých učitelů se mi vryly do paměti. Například můj konzultant Dr. L. Žitný byl opravdu chudák, že mě měl na krku. Zoufalý z mého filosofického plkání v diplomové práci (obr. 1) o balené vodě mi povídá: “Pane kolego, geologie není žádná filosofie. To je pět jednoduchých pravidel, která se opakují v nejnepředstavitelnějších kombinacích.”

Tento výrok dnes pravidelně opakuji svým studentům psychologie. Ani psychologie není žádná obskurní věda plná planého filosofování. Její zásady jsou vzaty z přírodovědy. I její experimentální metody se v ničem podstatném neliší od jakékoli jiné pozitivistické vědy.

**1.1. Metodologie - pojem, etymologie**

Metodologie přírodních věd je vědní disciplina, která je na pomezí filosofie a přírodních věd. Dá se říci,že formálním předmětem je filosofie a materiálním předmětem je ta která přírodní věda.

Etymologicky je slovo metodologie složeninou řeckých slov μεθοδος - methodos a λογος - logos. Slovo původně označovalo řeč, slovo, soud (výrok), úsudek (sylogismus), důkaz. Později se význam rozšířil i na prosbu, vyprávění (μυθος - mythos), nauku ( μαθεσις - mathesis), rozum, řád (světový) ap. Společným jmenovatelem této řady významů je zřejmě "to, co umožňuje porozumění", tedy jakkoliv velká nebo malá jednotka smyslu, konkrétní i abstraktní (Kratochvíl 1989). Substantivum je odvozeno od infinitivu λεγειν - legein, což původně znamenalo činiti zjevným, zřejmým, později nabývá významu číst.

***Obr. 1: Ukázka, co vše musí vydržet hydrogeolog od svých studentů.***

Možná bych v této úvaze šel ještě dále - k řemeslům. Můj tchán i švagr jsou umělečtí kováři. Když jim o prázdninách pomáhám v kovárně, pozoruji, jak to žhavé železo kují s přesností na půl milimetru, takže jejich probíjené mříže jsou vizuálně naprosto pravoúhlé a rovné, jak když střelí (obr. 2).

***Obr. 2: Umělečtí kováři pracují s milimetrovou přesností.***

Při obdivování jejich černého řemesla myslím na psychologii. Uvědomuji si, že se stejnou pedantskou přesností musíme naslouchat i problémům našich klientů. Bohužel nemáme k dispozici ani metr a do hlavy našich klientů se dostáváme pouze skrze jejich často zmatené povídání, kdy dotyčným navíc chybí slova k popsání nezvyklých stavů, kterými procházejí možná poprvé v životě. Přesto jakákoliv chyba v popisu a diagnose klientových potíží vede k chybnému léčebnému postupu a nefunkční terapii.

Například laici znají často jen přibližně tři "diagnosy" - hysterie, deprese a blbec. Nedávno mi jeden muž popsal svou ženu jako hysterku. Z dálky to tak mohlo vypadat, ale jeho popis se mi nezdál. Chvíli (dvě hodiny) jsme ji rozebírali a ukázalo se, že ona mnohem spíše bude masochistická osobnost. To je řečeno technickým slangem asi takový rozdíl jako mezi motory na střídavý a stejnosměrný proud. Ano, oba jsou na elektriku, oba se točí, ale to je asi tak všechno, co mají společné.

***Obr. 3: Lidová psychologická diagnostika je opravdu neupotřebitelná.***

Otázku, kterou si při výuce často kladu, jak naučit studenty psychologie této řemeslné a přírodovědné přesnosti. Bohužel neznám žádnou jinou odpověď než proces, který psychologové a pedagogové označují za přenos, transfer. Při výuce psychologie se přesnosti nenaučí, protože její předmět studia je těžko uchopitelný a pro začátečníka nezřetelný. Je třeba, aby se pečlivosti naučili jinde a tuto dovednost a hluboce zakořeněný návyk pak přenesli zpět do psychologie. Jinými slovy byl bych nejraději, kdyby se na psychologii přijímali pouze absolventi jiných nejlépe přírodovědných oborů a ne nedospělé děti hned po maturitě bez životních zkušeností.

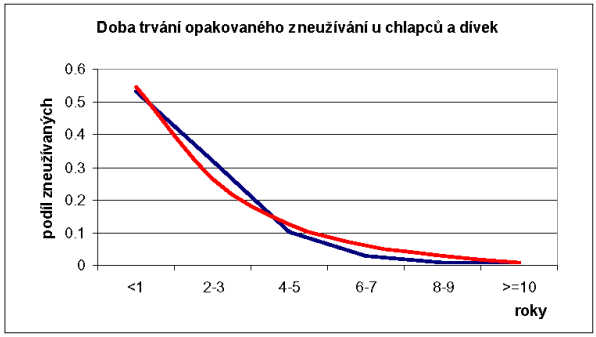
Totéž platí i o výkonu. Mám pocit, že kdo se nenaučí tvrdě pracovat fyzicky, tak to neumí ani při duševní práci. To platí například pro znalosti matematiky a statistiky. Statistika dává psychologovy křídla, ale nevěřili byste, jak je těžké studenty psychologie pro statistiku motivovat. Při tom nezvládají ani kupecké počty, například otázka: "Jakým vzorečkem přepočítáme škálu 1-5 do škály 5-1 (překlopit české známkování do ruského)?" To je neřešitelný matematický úkol pro mnoho absolventů psychologie, třebaže je to znalost, kterou využijí při zpracování téměř každého dotazníku.

Intuitivní znalost statistiky dává vhled do psychických jevů. Například z geologie znám datování hornin podle radioaktivních izotopů. S kolegyní zpracováváme data pohlavně zneužívaných dětí, konkrétně trvání zneužívajícího vztahu:

| Doba trvání vztahu [roky] | Počet zneužitých dívek |
|---|---|
| <1 | 44 |
| 2-3 | 21 |
| 4-5 | 11 |
| 6-7 | 3 |
| 8-9 | 1 |
| >=10 | 0 |

***Tab. 4: Délka zneužívajících vztahů má exponenciální rozdělení.***

Podívám se na čísla a povídám: “Hele, to má exponenciální rozdělení.” To se dá nejlépe popsat mediánem a tedy v případě času poločasem rozpadu jako u hornin. A ejhle poločas rozpadu zneužívajících vztahů u dívek je třikrát delší než u chlapců. To samo bez dalšího indikuje, že způsob zneužívání jednotlivých pohlaví je výrazně odlišný. Bez inspirace geologií by mě tato analogie nenapadla.




***Obr. 5: Data proložena exponenciálou metodou nejmenších čtverců.***

Stejně tak čerpám inspiraci v psychologii z mnoha jiných věd. Například když se ekonomové podívají na mou knihu o rozvodech, tak radostně vykřiknou: “Hele, mikroekonomie, nabídka - poptávka...”, a mají pravdu. Opravdu jsem prostudoval několik učebnic mikroekonomie. Stejně radostný úsměv na tváři mají jaderní fyzici se silnými jadernými silami, nebo geologové s fázovými diagramy tuhnutí magmatu...

Tento proces inspirování však není typický pouze pro psychologii. Například hydrologové, když se snažili popsat složité vztahy v městském vodovodním řádu, tak s povděkem sáhli po již dobře rozpracovaných Kirhoffových zákonech, které popisují chování elektrického proudu. Jen místo napětí dali tlak, místo proudu průtok atd. I všechny přírodovědné vědy dnes čerpají modely z pokladnice matematiky, která jako první získala solidní axiomatický základ.

Všechny vědy mi tedy jako psychologovi nabízejí hotová řešení, promyšlené axiomatické systémy, které giganti vědy vymysleli dávno přede mnou. Od psychologa se tedy jen žádá, aby těmto teoriím alespoň rámcově, v principu rozuměl a uměl je aplikovat v nových nečekaných souvislostech.

Tímto vzájemným prorůstáním všech věd vzniká amalgám bezpečného poznání, který v mantinelech a limitech doby může být bezpečným zdrojem blahobytu a životní spokojenosti (bohužel stejně tak může být zneužit, ale to je již jiná úvaha).

*Autor:*
*PhDr. Mgr. Jeroným Klimeš, Ph.D.*
*http://klimes.mysteria.cz*
*jeronym.klimes@seznam.cz*

# Technika vs. příroda

Doc. Ing. Květoslav Nikl, CSc.

Příspěvek byl sepsán jako přednáškový materiál pro konferenci, která je věnována některým aspektům bioniky a vybraných technicko-biologických oborů. Je věnován tématu konfrontace mezi radiolokačním přístrojem a jeho biologickým protějškem – zástupcům netopýrů. Jsou zde rozebrány zásadní podobnosti řešení dílčích principů i konkrétních elektronických a biologických obvodů.

Princip lokace, což znamená zjišťování a identifikaci pohyblivých cílů v prostoru je znám a úspěšně fungoval již mnoho tisíc let před tím, než pan Maxwell zdůvodnil a zapsal jeho slavné rovnice komplexně popisující elektromagnetické pole, mnoho tisíc let předtím, než byl vynalezen a dán do kolébky technickému světu magnetron - zdroj elektromagnetické energie, který tvoří srdíčko radiolokačních přístrojů a který dnes využíváme pro dielektrický ohřev. Pojďme spolu poodhalit roušku moudré přírody a nakouknout do historie.

Pokud uslyšíte výraz Icaronycteris index z lokality Fossil Lake nejstaršího eocénu formace Green River ve Wyomingu, pravděpodobně vám nic neřekne. Pokud je však řeč o netopýrech, tak se vám zcela určitě vybaví schopnost těchto „létajících myší“ (zoologové nechť prominou) orientovat se v noci zcela bezpečným a neomylným způsobem. Vězte tedy, že Icaronycteris je vůbec nejstarší známý netopýr.

Jak to tedy funguje a jak se člověk snaží, někdy naprosto bezděčně a intuitivně, někdy úmyslně ale vždy účelově napodobit již fungující přírodní systémy můžeme dokázat, když v našem případě položíme vedle sebe moderní radiolokační přístroj a jednoho z nejlépe prozkoumaných zástupců netopýrovitých z hlediska echolokace – vrápence velkého (Rhinolophus ferrumequinum). Zdá se vám, že porovnáváme neporovnatelné? Vydržte – a budete se divit.

Pomineme rozdíly mezi podřády kaloňů (Megachiroptera) a netopýrů (Microcheroptera) řádu Chiroptera. Oba druhy mají vyvinutou schopnost tzv. echolokace, což přeloženo znamená schopnost vysílat do prostoru akustický signál, tento po odrazu od překážky přijímat a vyhodnocovat. Principiálně stejně, pouze v jiném kmitočtovém spektru elektromagnetického pásma, fungují člověkem vyvinuté radiolokační přístroje! Tyto pracují, na rozdíl od netopýrů v oboru radiových vln, proto název radiolokace.

Echolokace byla u netopýrů poprvé spolehlivě prokázána teprve v roce 1947 holandským vědcem S. Dijkgraafem. Základy radiolokace jsou datovány do let 1934 – 1936, tedy zhruba deset let před popisem biologického sonaru! K orientaci netopýra v prostoru slouží sonar, jehož princip práce dobře vyjadřuje souborné označení způsobu orientace – echo lokace (echo = ozvěna, lokace = určení souřadnic místa). Netopýři tedy vydávají hlasové signály a na základě zachycení jejich ozvěny dokáží vyhodnotit svoji pozici v trojrozměrném prostoru, tvar a rozmístění překážek, jejich pohyb a další detaily.

Elektronický radiolokační přístroj (dále jen RLP) vysílá do prostoru rovněž signál, tentokrát radiový, zpracovává jeho odraz od cíle v troj-rozměrném prostoru a dokáže přesně určit polohu, směr a rychlost cíle.

Vysílací signál netopýra je nemodulovaným zvukovým pulsem s kmitočtem 20 až 160 kHz, což je kmitočet mimo slyšitelnost člověka. Délka pulsu je 0,7 až 20 milisekund a opakuje se 5 až 150krát za sekundu. Intenzita vydávaného zvuku dosahuje až 150 decibelů (pro srovnání - normální lidská řeč dosahuje intenzity kolem 50 dB.

Vysílací signál RPL je modulovaný radiový puls s kmitočtem v pásmu

3 GHz, s délkou pulsu 1 až 2 mikrosekundy a opakovací frekvencí asi 450 kHz. Výkon radiového pulsu je řádově několik MW.

Zvuková struktura pulsu je pro jednotlivé druhy netopýrů specifická. V podstatě rozlišujeme dva druhy:

a) CF (constant frequency) – konstantní frekvence, tvořená čistým tónem
b) FM (freguency modulation) – sonar mění výšku tónu v průběhu pulsu
c) kombinace CF a FM.

RLP také pracují ve dvou režimech:

a) CW (continuous wave) režim – režim se stálou vlnou
b) impulsní režim.

Vrápenec velký je typickým představitelem biologických sonarů, pracujících v CF režimu. Jeho echo lokační signály tvoří čisté tóny o frekvenci 83,3 kHz bez harmonických násobků. Jsou poměrně velmi intenzivní, přibližně 140 dB a jejich doba trvání je až 60 ms. Při echolokaci je každý „výkřik“ zakončen náhlým poklesem kmitočtu. Je to signál pro změnu sluchového režimu. Během vysílání signálu – výkřiku musí být sluchový analyzátor prakticky vyřazen z činnosti. Pokud by tomu tak nebylo, sluchové příslušenství netopýra by tak silným signálem bylo nenávratně zničeno. Teprve s poklesem kmitočtu vysílaného signálu se uvolní stah středoušních svalů a lze analyzovat ozvěnu. Frekvenční zlom v ozvěně – echu pak opětovně stimuluje jejich stah, netopýr dočasně opět „ohluchne“ a celý cyklus se opakuje! Hlasový projev a příjem signálu se tedy vzájemně vylučují. Zde se nabízí přímá analogie mezi přijímacím/vysílacím traktem netopýra a RPL.

U RLP se vysílání i příjem radiového signálu uskutečňuje zpravidla jedinou směrovou anténou, která vysílá signál do prostoru i přijímá signál odražený od cíle. Zde je nutno si uvědomit výkonové relace mezi vysílaným a přijímaným signálem. Zatím co vysílaný puls má výkon řádově miliony wattů, signál odražený od cíle, který bývá vzdálen stovky až tisíce kilometrů má hodnotu na úrovni šumů! Aby tento signál mohl být zpracován, musí mít radiolokační přijímač velmi vysokou citlivost a zesílení. V případě příchodu mohutného vysílacího pulsu na vstup citlivého přijímače by tento, stejně jako ucho netopýra definitivně a velmi rychle „ohluchl“. Existuje však takové chytré zařízení, které se jmenuje anténní přepínač (duplexer), který vstup přijímače chrání a to tak, že na jeho vstupu je tzn. iontovka, která se výkonovým pulsem aktivuje – zapálí se a vzniklý oblouk zkratuje a spolehlivě

ochrání vstup přijímače před průnikem silného signálu. Po odeznění vysílacího pulsu iontovka zhasne a přijímač může přijímat velmi slabé signály odražené od cíle. Chytře vymyšleno a srovnání naprosto dokonalé.

Vrápencovití, na rozdíl od ostatních netopýrů vysílají echolokační signály nosem, s čímž souvisí celá řada specifických úprav dýchacích cest. Ústí hrtanu je výrazně rozšířeno a jeho závěr, přeměněný ve zvláštní, pohyblivý val se při echolokaci vsouvá do vyústění nosní dutiny, takže hlasové cesty jsou odděleny od hrtanu a dutiny ústní. Proud tlakových vln, vznikající vytlačováním vzduchového sloupce přes hlasivkové svaly, prochází postupně přes dvě rezonanční komory – závěrem hrtanu a rozšířenou nosní dutinou. V první komoře dochází k zesílení zvuku, ve druhé pak k redukci harmonických kmitočtů a soustředění veškeré energie do nosné frekvence. Z hlediska klasické elektrotechniky se jedná o základní obvody – místní oscilátor se směšovačem a mezifrekvenčním zesilovačem. Vyústění nozder (vysílací anténa) je opatřeno složitými výrůstky. Spodní část, tzv. podkova, funguje jako parabolické zrcadlo, které má za úkol soustředit vysílaný zvuk do úzkého kužele. Střední část (sedlo) pomáhá směrovací funkci a vrchní zašpičatělý výběžek – lanceta usnadňuje správné směrové rozložení ozvěny, která je přijímána z čelního směru. Získání dokonalých zvukových vjemů je umožněno i stavbou ušních boltců. Ty jsou opatřeny celou soustavou svalů, zprostředkují-cích mimořádně jemné, dokonale a v reálném čase koordinované změny tvaru této kornoutovité „biologické“ přijímací antény. Do určité míry si tak vrápenec může z ozvěny vyslaného echo signálu vybírat pouze ty složky, které ho momentálně nejvíce zajímají. Stejně tak, jak může RLP provádět elektronickou selekci cílů!

Pozoruhodnou vlastností je i využití Dopplerova jevu. Důsledkem tohoto efektu je posun v přijímané frekvenci v závislosti na pohybu zdroje zvuku vzhledem k přijímači. Tento efekt každý z vás zná. Určitě jste někdy stáli na železničním přejezdu když projížděl vlak a upozorňoval na svůj průjezd zvukovým signálem. Než k vám přijel, tak jste mohli slyšet signál vyšší než skutečný, při vzdalování od vás pak naopak nižší. Reálný kmitočet jste slyšeli pouze když vás pískající vlak míjel. V ostatních případech se kmitočet signálu sčítal se signálem pohyblivého zdroje – vyšší tón při příjezdu k vám a odečítal při odjezdu od vás – nižší tón. Vrápenci jsou schopni zjistit jemné odchylky ve frekvenci odraženého echo lokačního signálu, vyvolané Dopplerovým jevem. Vysílají proto signál na frekvencích, které jsou mimo maximální citlivosti jejich ucha. Naopak, zvuky odražené a modulované Dopplerovým efektem spadají do frekvenčního rozsahu, na který je ucho vrápenců extrémně citlivé. Takto modulované echo lokační signály poskytují netopýrům dva druhy informací. První z nich jsou údaje o vlastním pohybu netopýra vzhledem k pevné přepážce. Druhá je informace o rychlosti a směru kořisti. Při lovu hmyzu letícího směrem k netopýrovi může rozdíl mezi výškou vyslaného echo signálu a jeho ozvěnou, vyvolaný dopplerovským posunem dosahovat až desítek kHz. U evropské populace vrápence velkého pracujícího s frekvencí 83,3 kHz, je z celkové délky sluchové spirály ucha netopýra „věnováno“ více než 25% zpracování frekvenčního pásma 80 až 86 kHz. S tímto mechanismem úzce souvisí enormní rozšíření prostoru hlemýždě ucha, v němž je zavěšen Cortiho orgán i odpovídající zvětšení vnitro ušních vazů. Jinými slovy – u vrápence to příroda zařídila tak, aby slyšel pouze vlastní čistý tón.

Je tedy zřejmé, že výslednou sluchovou informaci u vrápencovitých tvoří dva prvky – výsledky analýzy ozvěny a informace o napětí vnitro ušních svalů. Toto důmyslné uspořádání umožňuje, že počet buněk ve spirálním gangliu ucha vráskavce je pouhých 13 000, což je jen o 1 000 buněk více než u sluchově nesrovnatelně slabší myši domácí ale 2 až 3krát méně než u jiných druhů netopýra. Největší přesnosti dosahuje „sonar“ vrápenců při malých vzdálenostech. Na 1,5 metru rozliší vrápenec objekt o průměru 3 mm, ze vzdálenosti 0,5 metru zhruba 0,6 mm a při přiblížení na několik centimetrů dokáže registrovat objekt o rozměrech 0,05 mm!

Princip echolokace však není vlastní, jak bychom se domnívali jen netopýrům. V živočišné říši mají tuto schopnost, byť podstatně omezenou také například jihoamerický lelek jeskynní (Steotornis caripensis) nebo východoasijský rorýs salangán (rod Callocalia). Jejich pseudosonary jim umožňují orientovat se v temných jeskyních a dokáží se vyhnou překážkám jen 1,5 mm velkým.

A tak jako ve fyzice platí neúprosný zákon akce – reakce, ve zbrojním průmyslu se ke zbraním protivníka vyvíjí proti zbraň, tak i v přírodě platí tytéž zákony. Zůstaňme ještě chvíli u biologických sonarů – netopýrů. Postupné evoluční zdokonalování jejich schopnosti echolokace znamenalo pro hmyz reálné nebezpečí vyhynutí. Proto musela moudrá matka příroda vymyslet nějaký způsob jeho ochrany, což se jí podařilo hned několika způsoby.

První způsob obrany je rázu mechanického – hmyzí tělo při požírání zabraňuje netopýrovi vydávat zvuky a tak mu znemožňuje jeho orientaci. To však netopýrovití elegantně vyřešili. Tak např. netopýr velký si při konzumaci potravy ponechává mezi zuby podle možnosti otevřenou malou mezírku, kterou dokáže vydávat echo signály s téměř nezmenšenou intenzitou. Pokud je kořist příliš velká, dokáží vysílat signál nosem, stejně jako vrápenci. Echo signál je sice kratší, a s poloviční intenzitou, ale pro hrubou orientaci dostačující.

Pokud však hmyzu nestačuje k ochraně tato skutečnost, musel být vyvinut lepší způsob. Jak již víme, netopýři se orientují výhradně sluchem, takže jedním ze způsobů přežití hmyzu je v tom, zařídit to nějak, aby je netopýr neslyšel. Všimněme si prosím souvislosti se snahou militantních složek společnosti vyvinout „neviditelný“ letoun. V praxi to znamená, že hmyz nesmí vydávat při svém letu žádný bzukot a echo signál se od nich nesmí odrážet! To si hmyz zajistil svojí srstí od které se echo signál jen stěží odráží. Některé druhy nočních motýlů dokonce brání vzniku vzdušných vírů na hranách svých křídel, které je netopýr schopen zaregistrovat tím, že náběžné hrany jejich křídel mají v pásmu víření jemné třásně. Tyto chloupky jsou dlouhé asi dva milimetry o průměru sedm tisícin milimetru. Velké části nočních můr a motýlů nepostačuje však ještě ani bezhlučnost letu. Můry, píďalky a přástevníci proto mají vyvinuty zvláštní sluchové orgány, sloužící k odposlechu nepřátelských signálů. Je podobnost tohoto opatření se soudobým systémem včasné výstrahy a sledování vzdušného prostoru typu AWACS čistě náhodná?

Zde dovolte uvést malou perličku z živočišné říše. Jeden malý pokus, který můžete sami kdykoliv zkusit, aby jste si ověřili pravdivost tvrzeného. Někdy večer, na své zahradní párty až se setmí a všeliké můry a jiná „havěť“ se slétnou okolo svítilny, vezměte vlhký korek a třením o okraj sklenice vyluďte zvuk. Některé můry v blízkém okolí okamžitě padnou k zemi jako mrtvé. Zde chvíli setrvají a znovu vzlétnou. Zaregistrovali prostě zvuk echo signálu netopýra a snažily se mu jeho lov znepříjemnit. Pokud ovšem od stolu odejdou i osoby slabší nátury, které „milují“ zvuk mokrého korku (ještě lépe pěnového polystyrenu) třeného o sklo, tak se omlouvám. Ale s těmi můrami (teď mám na mysli skutečné noční motýly, nikoliv některé přítomné dámy) se jedná o fakt, kterého využívají i entomologové.

Odposlech nepřátelského signálu, v našem případě echo signálu lovícího netopýra má na svědomí zvláštní uložení sluchových orgánů motýla, které se nachází po obou stranách jeho hrudi. Svou stavbou je „ucho“ můry velmi primitivní. Skládá se z bubínku, za ním uloženého vzduchového vaku a jemné tkáně, v níž se nachází pouze dvě nervové buňky. Když se netopýr přiblíží k letící můře na vzdálenost menší než 30 metrů, zaznamená první, vysoce citlivý nerv sluchového orgánu přítomnost nepřítele a vyšle k mozku předběžný varovný signál ve formě jakýchsi morseových značek. Následkem toho pak můra okamžitě změní směr letu a prchá od netopýra pryč, mimo dosah jeho sonaru. Nachází-li se lovec přímo pod můrou, vyletí dokonce kolmo vzhůru a tím se dostane z dosahu jeho sonaru. Přestože let hmyzu je mnohem pomalejší než let netopýra, je tento manévr v mnoha přípa-

dech spásný, protože v té chvíli vypadne cíl netopýrovi z „obrazovky“. Prostě jej ztratí a zaregistruje jej opětovně tehdy, až se k němu náhodně přiblíží na vzdálenost asi 6 metrů.

Aby byl netopýr při lovu úspěšný, používá třepotavý let, kvůli kterému právě zejména něžné pohlaví netopýry „nemusí“. Veškeré odchylky od letu provádí ve velmi rychle přerušovaných a opět nových matematických křivkách tak, aby oběť o směru svého letu zmátl. Takto se netopýr dostane ke kořisti na účinnou vzdálenost svého sonaru a začne ji sledovat. V odposlouchávacím systému můry se aktivuje druhá sluchová buňka, která vyhlásí poplach. V tu chvíli sklopí můra křídla okamžitě k tělu a padá k zemi. Protože při tomto pádu opisuje matematicky přesnou balistickou křivku, naučili se netopýři tuto křivku docela úspěšně kopírovat a asi v polovině případů jsou v lovu úspěšní.

Další zajímavostí je ultrazvukový rušící systém např. u přástevníků, který používají v případě největšího nebezpečí. Na obou stranách připojení třetího páru nohou u přástevníka se nachází rýhovaná chitinová destička spojená s jakousi rezonanční skřínkou. Jestli-že hmyz zaregistruje echo signál od netopýra, rychle stahuje a uvolňuje svaly nohou čímž dochází ke vzniku ultrazvukových signálů v pásmu pracovního kmitočtu sonaru netopýra. Takto vyrobený ochranný signál netopýr registruje jakou výstrahu a změní svůj cíl.

Ke shánění potravy používá náš netopýr velký i dalšího raritního způsobu – olkofalické, tedy čichové hlasy. Při lovu nad povrchem půdy vydává tento tvor nízkofrekvenční (16 až 30 kHz) a značně intenzivní „výkřiky“, které mohou pronikat až 10 cm silnou vrstvou mechu. Jejich působením dochází k urychlenému odpařování aromatických látek, obsažených v kutikule hmyzu, což umožňuje tomuto netopýrovi s extrémně vyvinutým čichovým orgánem zaznamenat i hmyz ukrytý v porostu. Takovému způsobu užití echolokace nasvědčuje i potravní spektrum netopýra velkého, které tvoří z 80% nelétavé, ale intenzívně páchnoucí formy hmyzu, jako jsou např. střevlíci.

Využití echolokace je v přírodě známo i u kytovců. Zvuk ve vodě se šíří lépe než ve vzduchu, proto dokáží kytovci pracovat se svými podvodními sonary a daleko větším akčním poloměrem než netopýři. Některé druhy ozubených kytovců využívají dokonce svého sonaru jako ultrazvukového děla. S principem stejným jako člověkem vytvořená vysokofrekvenční elektromagnetická pulsní bomba. Když se zmíněný kytovec přiblíží na dostatečnou vzdálenost ke své kořisti, zvýší náhle a velmi prudce intenzitu ultrazvukových pulsů, čímž dojde ke krátkodobému ohlušení a smyslové dezorientaci vyhlédnutého úlovku. Měřením bylo zjištěno, že zvýšení výkonu může být až padesátinásobné, přičemž výkon sonaru menších kytovců dosahuje přibližně 700 wattů a akustický tlak má v příslušném zlomku sekundy hodnoty 50 či dokonce 70 MPa! Tyto hodnoty zcela určitě postačují k akustické traumatizaci kořisti. Tím lze vysvětlit i vypouštění „inkoustu“ velkých krakatic, které loví vorvani v naprosté tmě hloubek 350 – 400 metrů. Oblak barviva, který zůstane na místě, odráží zvukové vlny a mate lovící vorvaně. Stejně se brání nepřátelský letoun před zjištěním své polohy. Pokud jeho automaty zaregistrují, že je ozařován cizím radiovým paprskem RLP, to znamená, že se „o něm ví“, vypustí z kontejneru odražeče elektromagnetického pulsu – úzké a lehké hliníkové proužky, tzv. „dipolpásky“. Tím vytvoří klamný cíl a zmate nepřítele. Stejně jako krakatice.

Takových srovnání by pečlivý pozorovatel našel nepřeberné množství. Prostě zázraků přírody máme kolem sebe skutečně mnoho. Stačí se jen dívat a přestat si povýšenecky namýšlet něco v tom smyslu, že člověk je pán tvorstva! Opak je pravdou. Pokud si promítneme život člověčenstva na časové pravítko historie planety tak musíme konstatovat, že člověk je na této planetě pouze na návštěvě, a to velmi krátké a pomíjivé. Příroda je jediná geniální a důkazy můžeme potkat na každém kroku. A už je to třeba stéblo obilí, které nese mnohonásobně větší hmotnost klasu a přece se nezlomí, ať už je to pavoučí vlákno, uměle doposud nevyrobitelné které má takové mechanické vlastnosti, o kterých se nám ani nesnilo. Kategorie sama pro sebe je jeden z nejgeniálnějších a nejuniverzálnějších výtvorů přírody – dřevo.

V době nových kompozitních materiálů, nanomateriálů, biotechnologií a biočipů, umělých neuronových sítí a počítačů, nedokážeme třeba vyrobit takovou obyčejnou a triviální věc, jako je například krovka zlatohlávka nebo chrousta. Z pohledu materiálového inženýrství je taková krovka velmi složitý kompozitní materiál, který je složen z několika vrstev, na okraji pružný a pevný, ve středu lehký a tuhý se vzduchovými kanály, materiál který dýchá a dokáže sám opravit své poškození! Kopule velkých moderních stadionů jsou z tohoto úhlu pohledu při vší úctě k architektům a tvůrcům, jen slabým odvarem toho, co příroda již dávno elegantně vyřešila. Všem zvídavým zájemcům o tuto a podobnou problematiku vřele doporučuji skvělou knížku M. Raaba, která má název Materiály a člověk aneb netradiční úvod do současné materiálové vědy.

*Autor:*
*Doc. Ing. Květoslav Nikl, CSc.*
*Ústav nauky o dřevě*
*Lesnická a dřevařská fakulta*
*MZLU v Brně*

# Projekt lidského genomu a jeho přesah do filosofie a sociologie

## Od Darwinovy teorie k sekvenování genomu člověka

Mgr. Marek Vácha

Bionika je obor, který usiluje o aplikaci metod a systémů nalézaných v přírodě do moderních technologiích. Předpokládá se, že evoluční procesy optimalizovaly orgány či smysly jednotlivých organismů k vysoké účinnosti, a že stojí za to se těmito „vynálezy“ přírody inspirovat pro naše lidské, technické využití. Názorným příkladem je sonar delfínů nebo echolokace netopýrů.

Ne vždy je ovšem možno v přírodě hledat nápady a vzory využitelné pro náš druh. Zatímco je bionika velmi úspěšná v inspiraci technickými, řekněme inženýrskými řešeními přírody, v oblasti morálky ji aplikovat není možno. V přírodě totiž morální vzory nelze hledat z jednoduchého důvodu: žádné zde nejsou. Pouze člověk je schopen morálních rozhodnutí a dokáže volit dobro nebo zlo. Inspirace je tedy možno v přírodě hledat pouze tam, kde je možno je nalézt a vzhledem k tomu, že příroda morálku nezná, nelze ji zde ani nacházet. Přesto někdy omlouváme nebo obhajujeme své jednání poukazem na fakt, že „příroda“ jedná podobně, a že je tedy naše jednání správné.

Prvním příkladem je eugenika a sociální darwinismus konce devatenáctého a začátku dvacátého století.

### Darwinova teorie a eugenika

Po roce 1859, kdy vyšla Darwinova kniha O původu druhů, bylo zřejmé, že princip přírodního výběru lze aplikovat i na náš druh a že tedy vše, co podnikají lékaři pro záchranu fyzicky či mentálně nemocných, které by jinak přírodní výběr eliminoval, musí nutně zhoršovat genofond lidské populace. V optice konce 19. století bylo rovněž pohlíženo na přírodu jako na místo nelítostné kompetice, kde přežijí jen ti nejsilnější [1].

[1] Je pozoruhodné, že dnes se na dění v přírodě díváme zřetelně odlišně – příroda je pro nás především místem, kde se spolupracuje a kde jsou jednotlivé druhy provázány množstvím mutualistických kooperací.

Herbert Spencer, Darwinův současník, artikuloval filosofii „sociálního darwinismu“, doktríny, která považuje soutěživost, kompetici mezi lidmi, rasami a národy za hybnou sílu lidského pokroku. Spencer je rovněž autorem sloganu „survival of the fittest“, který je motorem „pokroku“ a jehož měřítkem je bohatství. Spencer brojil proti státní pomoci chudým, podpoře vzdělání a regulaci obchodu jakožto bariérám, které brání soutěživosti, a tedy pokroku. Není divu, že Spencerovy myšlenky byly dobře přijímány zejména bohatými a vládnoucími. Politické poselství sociáldarwinismu bylo zřejmé: kolonialismus, imperialismus, kapitalismus volné soutěže a křiklavé rozdíly v bohatství, to vše bylo novou filosofií ospravedlněno a podporováno. Když Spencer v roce 1882 přicestoval do USA, tehdy mladé a rychle se rozvíjející bohaté země, byl zde vřele přivítán a jeho knihy se prodávaly po tisících.

Autorem termínu „eugenika“ se stal bratranec Charlese Darwina Francis Galton. (1822-1911). Galton mimo jiné zastával názor, že někteří lidé patří ke kriminálnímu typu a že s nimi nic nesvede jakýkoli typ výchovy. Dnes bychom Galtona označili jako genetického deterministu. Pro Galtona bylo zřejmé, že existuje pevná korelace mezi společenským a ekonomickým postavením konkrétní osoby a jeho či její genetickou konstitucí. Galton se neúspěšně snažil přesvědčit veřejnost, že vyšší třídy by měly mít více dětí než proletáři. Předpokládal, že pokud budou mít nižší třídy více dětí než třídy vyšší, nutně to povede ke zhoršení genetické výbavy (dnes bychom řekli genofondu) celé Británie. Jeho definice génia například stanoví, že se jedná o člověka se schopnostmi, které jsou mimořádně vysoké a zároveň vrozené (Galton 1869). Vzdělání pro Galtona rozvinovalo intelektuální kapacitu v mantinelech danými geny. Školy a výchova mohly toto vzdělání rozvinout až po tuto hranici – ale dál ne (Laland et al. 2003). Africkou rasu považoval za méně inteligentní než bílou a obyvatele severního Skotska a severní Anglie za hodnotnější než Londýňany a obyvatele jihu Anglie. Pro zlepšení genetických kvalit lidského rodu navrhoval povzbuzovat uzavírání mladých a kvalitních manželství těch, kteří vlastní příznivé genetické kvality, a naopak posílat do celibátních klášterů slabé a zločince (Galton 1869).

Na počátku první světové války kvetla eugenika na obou stranách Atlantiku. Jejího značného rozvoje se ve Spojených státech dostalo zejména poté, co se lamarckismus ukázal jako neudržitelný. Pokud by totiž mělo na rozvoj jedince rozhodující vliv prostředí, pak by lidská rasa mohla být vylepšována sociálními vymoženostmi. Pokud by ale rozhodující vliv měly geny, pak jako jediná možnost zbývá selektivní křížení.

Další významnou osobností eugenického myšlení se stal německý profesor Ernst Haeckel. K evolučnímu myšlení jej přivedla četba Darwinovy knihy O původu druhů, avšak je třeba říci, že Haeckel stále tendoval spíše k lamarckistickému pojetí vývoje. Haeckel však viděl v evoluční myšlence i politické a rasové implikace. Byl antisemita a využil svého nesmírného vlivu a autority na německy mluvící veřejnost, aby ji přesvědčil o své představě vrozených genetických rozdílů mezi jednotlivými rasami, což byl zřejmě rovněž jeden z prvků, které podpořily zahájení první světové války (Laland et al. 2003). Historikové vědy spatřují nepřerušenou linii mezi Haeckelovými názory a mezi díly teoretiků nacismu (Oldroyd 1983).

Rozšířená představa, že britská a severoamerická společnost je na špici kulturního vývoje, poskytla další podněty sociálnímu darwinismu. Viktoriánská společnost byla vnímána jako přirozená, zdravá a dobrá, zatímco „primitivní“ society byly považovány za abnormální a degenerované.

*„Kdyby se dvacetina úsilí a financí, které věnujeme šlechtění koní nebo krav, věnovala na vylepšení lidské rasy, jakou galaxii géniů bychom mohli stvořit! Mohli bychom do světa uvést proroky a velekněze civilizace, podobně jako bychom mohli uvést do života idioty množením kretinů. Muži*

*a ženy současnosti jsou, ve srovnání s tím, jaké bychom mohli přivést do existence, podobni pařížským psům Východního města ve srovnání s vysoce vyšlechtěnými rasami"* (Galton 1864).

Galton chtěl založit nový vědní obor, aby dal šanci „vhodnějším rasám a krvi, aby převážila rychleji nad méně vhodnými". V této době ovšem ještě není nic známo o genetice. Ovšem farmáři a zahradníci již provádějí pokusy se šlechtěním a od Darwina je známo, že se druhy vyvíjejí. Farmáři mají navíc úspěchy a ukazuje se, že jsou schopni zvýšit křížením rozšíření žádoucích znaků v populaci. Galton tedy chce vzít evoluci člověka do vlastních rukou.

Navíc se díky poznání jiných kultur a civilizací ukazuje, že na jedné straně viktoriánská Anglie používá ocelové nástroje, má rozvinuté zemědělství, zná tisk a reflektuje politické uspořádání země, jiné kultury však žijí v lovecko-sběračských uskupeních s kamennými nástroji. Vysvětlením, které se nabízelo, byl odlišný genetický design a představa, že Anglosasové jsou vyšší rasou. Mnozí vnímali zvláště divochy jako bytosti neschopné logických argumentů a nechyběly názory, že se jedná o odlišný druh primáta. Ernst Haeckel zastával názor, že „přírodní lidé jsou blíže vyšším obratlovcům než civilizovanému Evropanovi" (Workman et al. 2004). Teprve mnohem později se ukázal omyl těchto představ: dítě si lehce adoptuje kulturu, ve které vyrůstá (téměř) bez ohledu na svůj etnický původ.

Od Francise Galtona se pozvolna přesouvá důraz z pozitivní eugeniky na negativní. Čtvrtý Darwinův syn Major Leonard například v roce 1925 píše:

*„Nuceně izolujeme kriminálníky, šílence a mentálně defektivní; tento princip musíme rozšířit i na ty, kdo by tím, že by měli potomstvo, vážně poškodili budoucí generace."* (Darwin 1925).

Leonard Darwin rovněž navrhuje, aby nadaným dětem z nižších společenských tříd nebylo dáváno stipendium. Takovéto stipendium by jim totiž umožnilo studovat a dostalo by je do vyšší ekonomické třídy, kde nebylo zvykem mít početné rodiny. Pokud by takovéto nadané chudé děti zůstaly v nižších společenských třídách, měly by více dětí a jejich dobré geny by se šířily v anglické populaci..

V Anglii nebyla situace o nic lepší. Eugenici zde například navrhovali, aby stát dlouhodobě nezaměstnaným zabránil v plození dětí, neboť neschopnost najít si delší dobu práci je zcela jistě spojena s inferiorními geny (Cartwright 2000).

Ve 30. letech si přírodovědci uvědomili, že eugenická hnutí byla založena na falešných předpokladech a že neexistuje přímá mendelovská závislost ve smyslu jeden gen – jeden behaviorální projev. Většina znaků, jako je inteligence, morální chování nebo pevná osobnost, jsou důsledkem souhry mnoha genů a mnoha environmentálních vlivů, jsou tedy multifaktoriální a u řady z nich (např. morální jednání) je genetické ovlivnění jako takové přinejmenším diskutabilní. Krom toho začalo být zřejmé, že je extrémně obtížné předpovědět vlastnosti dítěte po spojení daných dvou rodičů. I zastánci negativní eugeniky se dostali do problémů. Pokud je nějaká genetická choroba děděná recesivně a i kdybychom recesivním homozygotům zabránili v plození potomstva, jak se máme chovat ke zdravým přenašečům?

*„Budujeme útulky pro duševně nemocné, tělesně postižené a nemocné, zavádíme zákony na ochranu chudých; a naši lékaři vykonávají své nejlepší dovednosti, aby chránili život každého do posledního momentu. Nikdo, kdo má zkušenosti s křížením domácích zvířat, nebude pochybovat o tom, že takováto praxe vysoce škodí lidské rase. Pokud jsou v nějakém ohledu inferiorní na těle nebo na duši, měla by se obě pohlaví zdržet od uzavírání manželství"* (Darwin 2004).

V Galtonově době byla jediná možná metoda pozitivní eugeniky selektivní křížení „vhodných“ a jediná možná metoda negativní eugeniky nucená sterilizace „nevhodných“. První stát byla Indiana, ve kterém se začalo s prováděním sterilizací mentálně nemocných a zločinců v roce 1907. Celkem bylo ve Spojených státech sterilizováno až do třicátých let těžko uvěřitelných 60 000 osob (Reich et al. 1995).

Jako učebnicový příklad nesprávného hledání morálních vzorů v přírodě je možno uvést Hitlerův výrok „Příroda je krutá, proto i já jsem krutý“ (Palmer et al. 2002). Ani Hitler zřejmě nechtěl nic jiného, než z lidské populace odstranit nevhodné a podpořit rozmnožování vhodných. Hitler usiloval jak o pozitivní eugeniku – jednalo se o „křížení“ vybraných německých žen s vybranými důstojníky SS, tak i o negativní eugeniku, v jejímž rámci bylo vybito 6 miliónů židů v Osvětimi a dalších koncentračních táborech.

## Biologická a filosofická kritika eugeniky

Surovým materiálem pro přírodní výběr je pestrost jedinců, ze kterých „příroda“ vybírá. Jak ovšem evoluční biologové rádi uvádějí, evoluce v přírodě nemá žádný směr, nelze tedy ani v rámci jednoho druhu určit „ideálního jedince“. Jednotlivé druhy stopují prostředí, které je vždy o krok vpředu a které funguje jako selekční faktor. Již zítra se možná přírodní podmínky změní a „optimální adaptace“ bude vypadat zcela jinak. Kdo by tedy ideál, ke kterému má evoluce člověka postupovat, měl stanovit? Pokud by takovýto ideál existoval, pak by bylo lze diskutovat o tom, aby se lidé blížící se k ideálu podporovali k rozmnožování a lidem jsoucím daleko od ideálu bránilo v rozmnožování. U žádného organismu na Zemi, včetně člověka, takovýto ideál nelze stanovit, a to nejen z důvodů etických, nýbrž z důvodů biologických. Žádné zvíře ani rostlina nemají ideál svého druhu - ideální fenotyp závisí na okolním prostředí jako zámek na klíči.

U člověka přistupuje navíc druhý, závažnější etický důvod proti eugenice. „Ideálního člověka“, nelze určit nejen kvůli vzpomenutým evolučním zákonitostem, nelze dost dobře určit nejen „fyzikální“ vlastnosti, které by takový jedinec měl mít, ale do hry vstupuje navíc i celá oblast psýché. I když budeme ignorovat náboženské vidění věcí, každý člověk má svoji neopakovatelnou hodnotu, každý člověk je originálem, má jedinečný genetický design. Díky tomu, že člověk je „propuštěnec přírody“, jak říká německý filosof Herder (cit. v Störig 2000), leží hodnota člověka najednou v čemsi jiném, než je dokonalý fyzický vzhled či IQ. Kolik umělců, od slepého Homéra k Michelangelovi či Kantovi, mělo tu či onu tělesnou deformitu a kolik fyzicky souměrných a inteligentních lidí se stalo tyrany, zločinci a morálně patologickými jedinci, kteří byli pro společnost výraznou zátěží? Celé porovnávání lidí, snad s výjimkou úzce definovaných atletických disciplín, je založeno na mylné představě, že je možno nalézt „ideál“. Pokud by tomu tak bylo, pak je třeba se zeptat, kdo se cítí oprávněn tento ideál definovat a z jakých důvodů. Celý pojem inteligence, kterým moderní eugenika dosti sebevědomě manipuluje, je jen velmi těžko definovatelný, a jak již bylo řečeno, nelze projevy inteligence ztotožňovat s inteligencí samotnou, jinými slovy výsledek IQ testů se nerovná inteligenci. IQ testy navíc postihnou pouze určitou, řekněme logicko-matematickou vybavenost člověka, a jsou nepoužitelné pro zkoumání hudebního či výtvarného nadání, schopnosti empatie, laskavosti, trpělivosti, citlivosti k morálnímu jednání a do značné míry i kreativity. Již Claude Lévi-Strauss ve své známé knize Rasa a dějiny (Lévi-Strauss 1999) poukázal na to, že každá lidská rasa míří jiným směrem a že je v zásadě šovinistické rozdělovat lidské rasy na primitivnější a vyspělejší. Pokud tak činíme, pak svoji rasu jaksi samozřejmě klademe na první místo pomyslného žebříčku. Pro život v pralesích jsou amazonští indiáni nepochybně mnohem lépe vybaveni než bělošská civilizace. Podobně je tomu i na úrovni jedinců. Člověka nelze klasifikovat v lineární škále nejhorší - nejlepší, a pokud vnímáme i morální, estetickou a další složky člověka, pak jsou lidé ve své pod-

statě nesrovnávatelní. Podobně jako velmi těžko můžeme do lineární škály zařadit různá umělecká díla či estetický či emocionální impakt krásy květů jednotlivých rostlin na člověka, tak je eugenika zasažena ve svém základním dogmatu - představě pokroku a ideálu člověka. Dokonce i zdánlivě neproblematické tvrzení, že (když už bychom měli pominout celou oblast psýché) by se eugenika měla starat alespoň o to, aby se nerodily tělesně postižené děti, a že ideál existuje, když už ne v psýché, tak alespoň v soma (zde si eugenici mohou vzít příklad ze starověkého Řecka), je velmi snadno napadnutelný - jedním z nejvýznamnějších astrofyziků 20. století je Stephen Hawking, postižený amyotrofní laterální sklerózou. O jeho životě rozhodně nelze říci, že by byl zbytečný, neuspokojivý, neradostný, nekvalitní, jak se jinak o podobně postižených často konstatuje. Jeho kniha Stručná historie času se stala nejprodávanější vědecko-populární knihou dvacátého století a Hawking má za sebou významné objevy ve fyzice černých děr. Kvalita člověka zcela jistě leží ještě jinde než v jeho tělesném zdraví a jinde než v jeho matematicko-logických schopnostech. Eugenika se tedy mýlí ve svém základním postulátu. Srovnáme-li fyzicky zdatného a jistě inteligentního Josifa Stalina, Saddáma Husajna či Adolfa Hitlera s fyzicky nezdatnou a - kdo ví - třeba ne natolik matematicky nadanou Matkou Terezou, náhle není jisté, na koho by se vlastně měly eugenické šablony aplikovat, koho z populace eliminovat a jaký je vlastně přesně „ideální člověk“, ke kterému prý máme směřovat.

## Projekt lidského genomu

Druhým příkladem situace, kdy jsme v pokušení si z přírody brát morální vzory pro své jednání je nesprávné chápání výsledků Projektu lidského genomu (HGP – Human Genome Project). Tentokráte se neinspirujeme jinými druhy, nýbrž naším vlastním a fakt, že nás naše geny podporují k nějakému typu chování je možno mylně chápat jako morální legitimitu takového jednání. Projekt lidského genomu – podobně jako Darwinova teorie – si tak činí ambice přesáhnout z molekulární genetiky do sociologie, filosofie a dokonce až do teologie.

Jedním z cílů Projektu lidského genomu byla snaha nalézt všechny geny člověka a pokusit se tyto znalosti v budoucnu použít pro kausální léčbu genetických nemocí. Je ovšem zřejmé, že tak jako geny ovlivňují tělesné parametry svých nositelů, ovlivňují i povahu a charakter osoby, tedy celé jeho myšlení. Je zřejmé, že člověk se nerodí jako tabula rasa. Naše vnímání příjemných nebo nepříjemných vůní, strach z noci, žárlivost, deprese, závratě, preference pro sexuální partnery a mnoho dalšího je nám nějakým způsobem vrozeno a je geneticky ovlivněno.

Krom „nature“, genů, ovlivňuje výsledné chování člověka i „nurture“, prostředí, kam patří všechny environmentální vlivy, klima, potrava, rodinné zázemí, výchova a podobně. Vliv prostředí je klíčový: příroda není pouze „prostředím“, jevištěm pro expresi genů organismu, ale sama tento proces upravuje a moduluje. Pouhá teplota prostředí embryonálního vývoje například u některých organismů rozhoduje o tom, zda bude výsledný jedinec samčího nebo samičího pohlaví. Debaty nature-nurture jsou z biologie známy již z konce 19. století a v průběhu 20. století je možno pozorovat, jak se v různých státech a různých obdobích měnily názory na determinaci člověka v rozmezí obou extrémů, od nulového vlivu genů po plný vliv prostředí (behaviorismus) až po nulový vliv prostředí a stoprocentní vliv genů (různé typy genetického determinismu či některé směry evoluční psychologie).

Bylo by ovšem velkým omylem se domnívat, že člověk není „nic než“ průsečík genů a prostředí. Z těžko pochopitelných důvodů začal náš druh v jisté fázi své evoluce malovat na stěny jeskyní a vytvářet umělecké předměty a v pozdějších fázi evoluce stavět university a galerie výtvarného umění. V těžko detekovatelném okamžiku jsme se rovněž začali ptát po dobru a zlu a smyslu svého přebývání na Zemi. Krom genů a prostředí tedy musíme u našeho druhu brát do úvahy ještě třetí faktor, filosofickou kategorii svobody.

Dědičné jsou krom genetických chorob například sklony k alkoholismu či v některých vzácných případech i sklony k agresivitě a zdá se, že alespoň v některých případech i mužské homosexualitě. Náš druh v průběhu evoluce rovněž přepínal mezi polygamií a monogamií s častými nevěrami a zřejmě je i toto chování nějak geneticky ovlivněno. To však neznamená, že mohu svůj alkoholismus, agresivitu nebo nevěru vysvětlit či omluvit poukazem na své geny nebo evoluční minulost. Příroda je morálně slepá a rozhodující volba behaviorálního projevu leží na mém „já“ či svobodě.

Sociální darwinismus se tedy inspiroval principem přirozeného výběru a princip fungující v přírodě použil na náš vlastní druh. Podobný postup zvolila eugenika, která, podobně jak se to děje v přírodě, zamýšlela rozmnožit vhodné a eliminovat nevhodné. Moderní genetika objasňuje, jak nás naše geny, vybroušené statisíci let evoluce, disponují k určitým typům chování. Tak, jako ovšem nelze hledat morální vzory u živočišných druhů v přírodě, nelze hledat morální vzory ani u evoluční minulosti našeho vlastního druhu. To, že v sobě nosíme genetické dispozice pro agresivitu, nevěru, znásilňování či další typy behaviorálních projevů neznamená, že takovéto chování by bylo „správné“ nebo „nesprávné“. Přirozené totiž neznamená morální.

## Literatura:


Cartwright, J.H., (2000) Evolution and Human Behaviour. MIT Press, 1st ed. Bradford Books

Darwin, L., (1925) Race deterioration and practical politics. Eugenics Review. 141-143.

Darwin, Ch., Moore, J., Desmond, A., (2004) Descent of Man. Penguin Classic

Galton, F., (1864) Hereditary talent and character. MacMillan’s Magazine.11,157-165 p.165-166

Galton, F., (1869) Hereditary Genius. London, Julian Freedman Publishers.

Laland, K.N., Brown, G.R., (2003) Sense and Nonsense: Evolutionary Perspectives on Human Behaviour. Oxford:Oxford University Press, ISBN: 0198508840

Lévi-Strauss, C., (1999) Rasa a dějiny. Překlad Petr Horák,Atlantis, Brno

Oldroyd, D.R., (1983) Darwinian Impacts: An Introduction to the Darwinian Revolution. 2nd ed. Milton Keynes: Open University Press

Palmer, J.A., Palmer, L.K. Evolutionary psychology, Allyn and Bacon, Boston 2002, p.l4 ISBN 0-205-27868-X

Reich, W.T., (ed.) (1995) Encyclopedia of Bioethics Vol.2.MacMillan Library Reference USA, New York

Störig, H.J., (2000) Malé dějiny filosofie Sedmé, přepracované a rozšířené vydání, Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, p. 550-551 ISBN 80-7192-500-2

Workman, L., Reader, W., (2004) Evolutionary Psychology, Cambridge, Cambridge University Press


*Mgr. Marek Vácha*

# Místo a role kultury v přírodě

Josef Šmajs

Fritjof Capra, světově uznávaný fyzik, v jedné ze svých posledních knih napsal: „Vědci stejně jako obec nevědecká stále věří, že na skutečné vysvětlení reality je nutné se dotazovat fyzika, což je ryze karteziánský blud. Paradigma vědy se dnes posunulo… od fyziky k vědám o životě.“ Protože se zabývám evoluční ontologií, troufám si být radikálnější. V situaci, kdy lidská kultura dobyla a obsadila Zemi, a kdy hrozivým tempem ubývá nenahraditelné přírodní bytí, se *paradigma vědy musí přesunout od věd o přírodě k vědám o kultuře.*

O místě a roli lidské kultury v přírodě se však ani ve fázi její globalizace teoreticky nediskutuje. Jakoby panoval strach ze zjištění, že každá kultura musí mít svou *vlastní ekologickou niku*, kterou, jak víme, lze získat jen zcizením, omezením a kontrolou místa, původně obsazeného jinými obyvateli: *organismy, přirozenými ekosystémy.* Zřejmě nám všem zatím vyhovuje, že se kultura chápe nepředmětně a neurčitě. Například: 1. jako kultivace člověka, tj. jako získané rysy lidského chování; 2. jako kultura duchovní; 3. jako lepší stránka civilizace; 4. jako pokračování vývoje přírody či její zušlechťování. Všechna tato pojetí totiž umožňuje původní antický význam latinských slov *colo, colere,* která přibližně znamenala to, co dnešní slova obdělávat, vzdělávat, pěstovat, kultivovat.

Ale nesoulad mezi rychlou expanzí kultury v biosféře a pomalým vývojem pozemského života vzbuzuje obavy. Spolu s tím, jak přibývá lidí a umělých kulturních struktur, hrozivě ubývá vzácné přírodní bytí. *Mizí přirozené prostředí, které kdysi člověka formovalo a s nímž lidský konzervativní organismus zůstal sourodý.*

Člověk jako druh, který zapálil kulturní evoluci a který se nikdy nemusel zajímat o její podstatu, se dnes bez filosofické teorie kultury může stát *faktorem svého zániku*: rozvoj dílčí racionality, informační techniky a celoplanetární dělby práce, které jsou spolu s ekonomickým liberalismem patrně hlavní příčinou nynějšího rozmachu kultury, nepozorovaně předávají lidský osud do rukou slepé ekonomické spontaneity. Politika, která v této situaci nedisponuje teoretickým konceptem krize, musí předstírat, že kulturu vede, i když ji fakticky pouze doprovází a nemůže ovlivnit směr jejího pohybu.

Neujasněné pojetí kultury je také jednou z příčin lidské sociální rezignace a skepse. *Chceme-li ekologické krizi čelit z úrovně vědy, politiky i z úrovně občanů, musíme systémovou podstatu kultury znát.* I širší veřejnost by dnes měla vědět, že kultura je lidskou aktivitou vytvářený systém s vlastní

vnitřní informací, jíž je kultura duchovní. Měla by vědět, že je to fyzický systém, který zahrnuje duchovní, organizační i věcné složky a který se v pozemské přírodě může rozšiřovat pouze na její úkor.

## Příroda

V pojetí přírody už nelze obcházet teoreticky doložený fakt, že příroda, která sebe sama vytvořila svou vlastní evolucí, je jediným možným domovem člověka, přirozeným hostitelským prostředím kultury. Tvořivá schopnost kosmické aktivity, která formovala dnešní podobu vesmíru, pokračovala na naší planetě, vzniklé až po zániku hvězd první generace, jedinečným rozvojem života. Přirozeným způsobem tak vznikla dnešní neživá i živá uspořádanost, tj. veškerá přirozená informace včetně genetické informace živých systémů. Evolučně vytvořená uspořádanost (v přírodě vestavěná i zapsaná informace), která zahrnuje i druhovou rozmanitost biosféry a kterou chrání a rozvíjí přirozená evoluce sama, byla tedy podmínkou vzniku člověk i kultury. Dodnes proto zůstává člověku i lidské kultuře absolutně nadřazená. Ve světě, v němž přirozená onticky tvořivá evoluce probíhá na pozadí tendence k všeobecnému rozpadu (k růstu entropie), je totiž přirozená informace indikátorem vývoje života: samovolně se rozvíjí i upadá, část její struktury může být zničena přírodní katastrofou či kulturou, ale ve svém celku musí být nesmrtelná jako život sám. Člověk, prvek života, je naopak smrtelný nejen jako individuum a jako druh – bez člověka je smrtelné i lidské dílo, jakkoli rozvinutá kultura. Žádný vědecký objev, žádné umělecké či technické výtvory příroda bez člověka využívat a rozvíjet nemůže. Zánikem člověka podlehne lidská kultura entropii.

Takže uzrál čas, abychom pozemské přírodě navrátili to, co jí newtonovská fyzika, dodnes vyučovaná na školách, nepřímo odnímá: spontánní evoluční tvořivost, posvátnost, schopnost reprodukovat člověka a poskytovat hostitelské prostředí kultuře. I když Země nemůže být ani důvodem existence vesmíru, ale ani cílem jeho evoluce, musíme uznat její jedinečnost. A ta je dána nikoli její polohou v prostoru, místem, které ve vesmíru zaujímá, ale něčím, co vědy, filosofie i politika přehlížely: dosaženou úrovní přirozeného, a dnes i kulturního vývoje, vysokým stupněm přirozené a kulturní uspořádanosti.

Ještě jinak řečeno, pozemská příroda nemá jen „dějiny v prostoru“, jak to kdysi formuloval velký teoretik vývoje, německý filosof G. W. F. Hegel, ale má i skutečné nevratné dějiny v čase. Biosféra naší planety je totiž vyvíjejícím se otevřeným nelineárním systémem, který je důmyslně vyživován sluneční energií. Její organizační složitost narůstala postupně, narůstala tempem, které patrně nemohlo být vyšší, neboť souviselo jak s konstantním příkonem zářivé sluneční energie, tak ze způsobem vytváření a přenosu genetické informace.

Dnešní organismy jsou proto živou historickou pamětí dlouhého vývoje biosféry. Jsou jako by nositeli její „duchovní i materiální kultury“ současně. Evoluční podmínky se totiž nejen informačně zapsaly v jejich genomech, nýbrž se také ztělesnily v jejich orgánech, tkáních a somatických strukturách. Proto i lidský genom nese část vzácného historického textu rozptýlené evoluční paměti biosféry, a somatická a psychická struktura dnešního člověka podává svědectví o jemnosti slepého přirozeného konstruování, které nikdy neovládneme i proto, že jeho spontánní konstitutivní podmínky již neexistují. A protože člověk jako druh dodnes odpovídá té úrovni rozvoje biosféry, která ho kdysi zrodila, v technické spotřební kultuře klíčí oprávněná obava: k čemu nám budou všechny dnešní globální informační sítě, vysoká spotřeba a sofistikované technické konstrukce, když se přirozená biotická informace a konstrukce člověka přestanou v důsledku úbytku a zpustošení přírodního bytí samovolně reprodukovat?

## Kultura

Schematicky řečeno, kultura není rozšířeným fenotypem člověka, jakým jsou v případě bobrů jejich hráze. Kultura je uměle konstituovaným jsoucnem uvnitř jsoucna přirozeného, uvnitř pozemské přírody: *nemůže nebýt ontickým protikladem přírody a přirozeného.* Vzniká jako lidmi vytvářený nebiologický systém s vlastní vnitřní informací, jíž je kultura duchovní. *Duchovní a materiální kultura patří proto k sobě*, jsou to dvě stránky téhož otevřeného systému, jímž je nadindividuální systém regionální či globální kultury. Přednost pojetí kultury jako vůči přírodě opozičního systému s vlastní vnitřní informací a evolucí spočívá v tom, že umožňuje rozpoznat nejen příčiny a podstatu nynější ekologické krize, ale také cesty k jejímu zmírnění a vyřešení.

Lidská kultura je však na přírodě nejen závislá a vůči přírodě opoziční, ale je také *relativně mladá a časově ohraničená.* Člověk není na Zemi od jejího počátku a nebude tu do jejího konce. V důsledku biologické predispozice k ofenzivní adaptivní strategii byl však jediným živočišným druhem, kterému se podařilo zapálit ještě jednu, s životem sice svázanou, ale proti němu orientovanou evoluci sociokulturní. A právě touto druhou evolucí, která přírodu pro člověka jako by přestavuje zevnitř, započala nejen pozoruhodná éra člověka, ale bohužel i *kritické období v dějinách Země.* Lidské artefakty se totiž „pečou z téže mouky“, jako struktury přirozené. A protože tato pomyslná mouka (prvky periodické soustavy) byla již přirozenou evolucí vestavěna do neživých a živých struktur zemského povrchu, rozšiřování kulturního bytí způsobuje destrukci bytí přírodního; vyvolává úbytek přirozené uspořádanosti Země včetně hromadného vymírání biologických druhů.

Vážným problémem nynější rychlé expanze kultury na konečné zeměkouli, pomineme-li problém vyčerpávání surovin a paliv, problém odpadů a znečištění, je tedy zatlačování a poškozování biosféry. Dobře je vidíme na ztrátě životem obsazeného povrchu Země. Prostorový rozmach prvků materiální kultury (např. polí, dálnic a měst), které jsou právě tak předmětné a prostorové jako přirozené ekosystémy, probíhá totiž pouze tak, že kultura svou expanzí omezí či rozbije evolučně vzniklou uspořádanost přirozenou. A vzhledem k této destrukci je kultura nejen naší druhově výhodnou přestavbou přírody, nýbrž také příliš krátkozrakou náhradou původního, s člověkem sourodého přírodního bytí.

Ontická opozice kultury vůči přírodě vyplývá z toho, že *kultura je systémem s jinou vnitřní informací, než jakou má příroda*, biosféra. Kultura, podobně jako každý otevřený nelineární systém s vnitřní informací, vzniká rovněž zpředmětněním své vlastní konstitutivní informace, své kultury duchovní. Tu ovšem nevytváří lidská vysoce objektivní informace genetická, nýbrž méně určitá a druhově zabarvená (sobecká) informace epigenetická. Společenská duchovní kultura vzniká totiž rozvojem a jazykovým kódováním lidské přirozené informace neuronální.

Kulturou přetížený nelineární systém Země, pro který neplatí mechanická kauzalita, může však i malý podnět přivést do nového nerovnovážného stavu. Tento samoregulační systém, pro to, aby v nových podmínkách udržel vlastní integritu, „obětuje“ i většinu dnešních vyšších forem života. Jistá vyšší abstraktní spravedlnost je snad pouze v tom, že také člověk, který tuto „alergickou reakci“ biosféry v posledku způsobuje, je podřízen neúprosné logice uchování její integrity. Stává se ohroženým druhem. Poprvé ve své historii jsou tedy člověk i jeho kultura ohroženy mateřským prostředím planety, které jejich vznik kdysi umožnilo. I politika, jejíž hlavní starostí jsou dnes udržení moci, ekonomického růstu a podmínek lidské svobody, bude brzy nucena rozhodovat pod tlakem ohrožené budoucnosti.

## Protipřírodnost kultury

Pro hlubší pochopení opozice kultury vůči přírodě si však musíme položit nepříjemnou otázku, v jakém smyslu souvisí charakter nynější kultury s člověkem a jeho neuronálním poznáním, s obsa-

hem sociokulturní informace, s charakterem kultury duchovní? Je zřejmé, že přímá souvislost s člověkem jako biologickým druhem je dána zvláštní strukturou lidského těla i lidské psychiky, útočným typem adaptivní strategie člověka jako druhu.

Biologická nespecializovanost člověka, která podmiňuje univerzalitu lidských zájmů, činí z jeho vnějšího prostředí nejen předmět uspokojování životních potřeb, teoretického poznávání a estetického hodnocení, nýbrž i předmět vlastnictví, spotřeby a ničím neohraničeného kořistění. Člověk jako druh totiž nikdy nepoznával jen proto, aby se kochal pravdou. Poznával, aby svět exploatoval, aby se na svět útočně adaptoval, aby mohl rozvíjet své vnější nebiologické tělo, kulturu. A protože kultura je systém s vlastní vnitřní informací, konflikt kultury s přírodou je „kauzálně" spojen s obsahem a rolí společenské kultury duchovní. Ta totiž jako vnitřní informace kulturního systému – jako jeho genom – formu nynější protipřírodní kultury reprodukuje. Změna kulturního genomu (obsahu duchovní kultury) je proto klíčová pro zmírnění a vyřešení krize. Chceme-li totiž změnit systém s vnitřní informací (pamětí), musíme změnit jeho informaci. Stará konstitutivní informace systému má totiž schopnost fenotypové změny znovu vracet zpátky.

Kulturnímu systému (podobně jako přirozeným ekosystémům), lépe porozumíme z hlediska rozlišení dvou typů systémové uspořádanosti, tj. dvou forem onticky konstitutivní informace. Kultura sice zahrnuje přísně informačně předepsané prvky (např. techniku, stavby, spotřební předměty atp.), ale jako celek přísně informačně předepsaným systémem být nemůže. I když také vzniká sukcesí, od přirozených ekosystémů se výrazně odlišuje. Přirozené ekosystémy vznikají z populací vysoce uspořádaných živých systémů, které integruje vzájemná potravní a funkční závislost, ale nikoli zvláštní ekosystémová informace. Kulturní systémy, které rovněž obsahují živé systémy a další přísně informačné předepsané prvky techniky a materiální kultury, naproti tomu integruje také volná konstitutivní informace – rozptýlená duchovní kultura. A ta jako paměť otevřená informačním změnám poskytuje naději, že se nynější protipřírodní kulturu podaří biofilně transformovat, že se ji podaří naturalizovat

Vlastní kořen protipřírodnosti kultury, který je třeba hledat jak ve struktuře lidského organismu, tak ve struktuře kulturního systému, není ovšem snadné odhalit. Nejprve musíme uznat, že naše kultura nevzniká zpředmětněním lidské genetické informace, nýbrž zpředmětněním lidské informace neuronální, tj. společenské duchovní kultury. Ale pojmová interpretace světa, kterou vytváříme na bázi nervové výbavy svých živočišných předků, nemůže být tak věrnou reprezentací skutečnosti, jakou je na molekulární úrovni lidský genom. Kognitivní složka lidské psychiky, která se v evoluci našeho druhu nejrychleji rozvíjela a s níž spojujeme naději na rostoucí objektivní poznání světa, totiž nebyla a není svébytná: i když byla původně výkonným orgánem lidského těla a psychiky, stala se analogickým orgánem nároků protipřírodní kultury. Zjišťujeme, že všechny naše interpretace jsou zabarvené našimi zájmy, a to nejen individuálními a skupinovými, jak se všeobecně uznává, ale také obecně lidskými, druhově sobeckými, kulturními, o nichž se nemluví.

Takže ani vědecké pojmové poznání, které nepochybně stále přesněji interpretuje svět a umožňuje konstrukci prvků vysoce sofistikované techniky a společenské materiální kultury, nepostihuje svět v jeho fascinující uspořádanosti, ontické kreativitě a komplexitě. Věda např. stále souvisí s předvědeckým rozvržením světa, s obyčejným jazykem a poznáním. Ale svět jsme už jako hominidé a první lidé, tj. už jako lovci a sběrači, museli vnímat, jazykově kódovat a interpretovat druhově zkresleně: tak, abychom v něm se svou zvláštní biologickou výbavou přežili. Byl pro nás hlavně tím, co nám v té které epoše byla s to zprostředkovat naše konzervativní biologická přirozenost a co jsme díky tehdejší kultuře ze světa pochopili. A protože jsme byli svým organismem i svým genomem vnější skutečnosti apriorně evolučně přizpůsobeni, nikdy v minulosti jsme nepotřebovali vědět, co je příroda a život, co je kultura, a jaké je místo kultury v přírodě. Takové vědění, teoretický model ontického konfliktu kultury s přírodou, potřebujeme až dnes.

## Ontická role sociokulturního poznání

Poznání živého či kulturního systému, každá z prostředí získaná informace, není ovšem jen zprávou o vnější skutečnosti, jen pokusem o informační rekonstrukci její struktury. V onticky aktivní skutečnosti je také poznání ontoticky tvořivé, vzniká proto, aby je živý či kulturní systém mohl využívat pro vlastní udržení, reprodukci a evoluci. V rámci těchto systémů se tedy z prostředí získané informace mohou nejen zapisovat a stlačovat do jejich vnitřní paměti, nýbrž také znovu číst, interpretovat a ztělesňovat (zpředmětňovat) v ontických strukturách: např. v živých či kulturních konstrukcích. Zdá se tedy, že s ohledem na podobnou ontickou roli poznání, tj. vnitřní informace, rostou živé systémy i kultura analogicky: prvky vnějšího prostředí převtělují do svého systému, zpředmětňují své poznání, svou vlastní vnitřní informaci. A analogii můžeme ještě prodloužit: přirozené biotické poznání, tj. genetická informace, jakoby rozdvojuje pozemskou přírodu na živou a neživou: integruje biosféru a umožňuje její evoluci. *Sociokulturní poznání*, tj. lidská neuronální informace, však skutečně, i když zatím bez větší společenské pozornosti, *nebezpečně onticky štěpí Zemi*: rozděluje ji na původní přírodu a odlišně vytvářenou kulturu, zatlačuje, oslabuje a redukuje planetární systém života. Také toto poznání však integruje kulturu a pomáhá její protipřírodní systém stále rychleji reprodukovat a rozšiřovat.

Ale navzdory těmto podobnostem zůstává to nejpodstatnější skryto. Vývoj planetárního života, který měl k dispozici miliardy let, mohl postupně zlikvidovat podmínky, které umožnily jeho vznik. Vznik a vývoj kultury, celá její další existence, bude však na zachování podmínek svého zrodu záviset stále. A to je také hlavní důvod, proč hostitelskému systému života nesmí kultura příliš ublížit.

Poznání živých i kulturních systémů vzniká proto, aby umožnilo jejich existenci, adaptaci a evoluci. Biotické poznání, jehož význam jsme v minulosti přehlíželi, je však svým obsahem do té míry objektivní, že na něm založené živé systémy jsou kompatibilní s prostředím. Živé systémy, které jsou přibližně tak staré jako skály, vytvářejí dlouhodobě možnou ontickou vrstvu živé pozemské skutečnosti. Tato vrstva, která je látkově a energeticky propojená s evolučně staršími procesy a strukturami vesmíru, Zemi nedevastuje, nýbrž naopak, zvyšuje její hodnotu.

Sociokulturní poznání, na jehož rostoucí objektivitě a exaktnosti si novověká věda zakládala, však trvalou hodnoto Země zvyšovat nemůže. Toto poznání, které stojí a padá s člověkem sice také umožnilo vznik nové ontické vrstvy pozemské skutečnosti, avšak abiotické struktury kultury, např. mikroelektronickou techniku, s biosférou zatím nesladilo a oživilo ji pouze zdánlivě. Ba co víc, ani nejvyspělejší techniku zatím neumí orientovat ve směru života, nýbrž jen proti němu. Spoluvytváří kulturu, která sice vyhovuje části kognitivních funkcí lidské psychiky, ale rozbíjí nenahraditelné přírodní struktury, které umožňují existenci člověka a kterým byla přizpůsobena lidská přirozenost celá.

Dnešní postindustriální fáze umělé technické tvořivosti kultury je totiž duchovně zakotvena v dílčí vědecké racionalitě. Je založena na deformovaném poznání přírody, které jen minimálně přihlíží k hodnotě, integritě a nárokům přirozeného vývoje biosféry. I když dnes vznikají technologie vůči přírodě méně agresivní, šetřící energii, málo odpadové či bezodpadové, celkový charakter lidského postoje k přírodě se nemění. *Přibližně v míře, v jaké se daří vytvářet k přírodě ohleduplnější výrobu, rozšiřuje se k přírodě bezohledná spotřeba* – nový všeobecný rys současného životního způsobu lidí. Tato orientace je v souladu s tradičním liberálním právem člověka na vlastnictví, na neomezenou osobní spotřebu a majetek.

Fyzická globalizace lidské kultury, tj. látkově-energetické a informační propojování dříve izolovaných regiónů, provázené celoplanetární migrací lidí, rychlou výměnou technologií, zboží, vynálezů, služeb atp., vytváří však situaci, v níž se lidstvo ocitlo poprvé. Uvnitř globální biosféry vzniká na její úkor globální technosféra, globální ekonomika, dělba práce a součinnost. Tím se nejen prohlubuje spolupráce mezi teritoriálně vzdálenými lidmi a kulturami, ale částečně i ruší blahodárné působení

biosféry na globalizovanou kulturu, které optimalizovalo místní kulturní struktury, eliminovalo společenské poruchy a krize. A také proto se globalizace nakonec obrací nejen proti přírodě, nýbrž i proti kultuře. Násobí její tlak na přírodu a nutí destabilizovanou biosféru, která se už nemůže bránit silou (jakou se kdysi bránil 200 let starý dub kamenné sekyře), aby se bránila slabostí, svou snadnou zranitelností, křehkostí. Protože i jako oslabený systém má schopnost vytvářet novou nerovnováhu a integritu, zbavuje se těch živých forem, které již v novém kontextu „nepotřebuje". Člověk a kultura mohou být pro její další evoluci také jen snadno odstranitelnou překážkou.

## Biofilní transformace kultury

Protipřírodní kulturní systém vznikal z podstaty lidské přirozenosti, vznikal spontánně a relativně dlouho. Program ofenzivní kulturní strategie se v něm proto nejen zpředmětnil, nýbrž i promítl do oblasti výchovy a vzdělávání lidí. Přijetí ekologicky pozitivní informační změny se tedy nynější kulturní systém dokáže „aktivně bránit". Tato rezistence vůči biofilní sociokulturní informaci připomíná funkci mezidruhové informační bariéry či imunitního systému organismu: protože dnešní kulturní systém nevznikal zpředmětněním ekologické sociokulturní informace, i jeho lidská složka ji ignoruje, odmítá ji přečíst, nechápe její perspektivní význam, její étos a kulturně sebezáchovný obsah.

Planetární řešení krize, které nemůže vycházet z lidské přirozenosti, ale z filosofického rozpoznání jejích kořenů a možností biofilní kulturní strategie, musí tedy nejprve připravit vysoká teorie. A tak pozitivní ekologická transformace existenčně ohrožené kultury prostřednictvím její nové konstitutivní informace představuje historicky bezprecedentní pokus lidstva ukončit živelnou fázi protipřírodní kulturní evoluce vůbec, zahájit etapu kulturní evoluce propřírodní, záměrně biofilně anticipativní. Naděje, že se tento pokus nakonec podaří, však může čerpat i z toho, že podmínky ekologické změny samovolně uzrávají krizovým vývojem nynější protipřírodní kultury. Krize se bohužel musí ještě více vyhrotit, obyvatelnost Země se naneštěstí musí ještě více zkomplikovat, aby nezbytnost tak zásadní změny, kterou dnes paradoxně více pociťují prostí lidé než bankéři, podnikatelé a vrcholová politická reprezentace, přijala jako svůj program dnešní krátkozraká stranická politika.

Lidé se jako nový biologický druh nahodile objevili na samém konci třetihorní biosféry. Její struktuře, jíž byli svým genomem evolučně přizpůsobeni, smyslově neuronálně rozumět nemuseli. Lidská psychika byla proto nastavena na tvrdý boj o přežití a nikoli na soucit se životem a péči o jiné druhy. Jistě i proto spontánně vznikající kultury, které rozvíjely lidské druhové predispozice, svým rozmachem rozbíjely přirozené ekosystémy, obsazovaly a pustošily Zemi. Nelze si patrně přestavit vznešenější úkol pro vědy a filosofii, než spolu s etikou, právem a politikou intelektuálně připravovat nevratnou změnu: záchranu přirozené uspořádanosti planety, nenahraditelné podmínky dlouhodobě možné kultury.

Protože jsem začal citátem, citátem také skončím. Jerry Mander v závěru své knihy *Čtyři důvody pro zrušení televize* na téma nutnosti ovládnout techniku, která – jak víme – je aktivní součástí kultury, napsal: „Domníváme se, že žijeme v demokracii, protože čas od času smíme volit mezi kandidáty do zastupitelských orgánů. Ale výběr poslanců nebo prezidenta má jen nepatrný význam ve srovnání s naší nemožností rozhodovat o technických vynálezech, jež ovlivňují způsob naší existence víc, než kdy může ovlivnit jednotlivý politik. Bez získání kontroly nad technickým vývojem jsou všechny představy o demokracii jen pouhopouhou fraškou."

## Místo kultury v přírodě (anotace)

[2] Capra, , F.: *Tkáň života. Nová syntézy mysli a hmoty.* Praha, Academia 2004, s. 25.
Mander, J.: *Čtyři důvody pro zrušení televize.* Brno, Doplněk 2000, s. 340.

Mladá kulturní evoluce, zažehnutá člověkem, je vedle přirozené kosmické evoluce druhým možným způsobem, jímž mohou na Zemi vznikat nové ontické struktury. Kulturní struktury vznikají však pouze tak, že kulturní evoluce rozbíjí a nově strukturuje přirozenou pozemskou uspořádanost. Úbytek jedinečné uspořádanosti biosféry, jíž člověk evolučně odpovídá proto, že ho kdysi zrodila, ohrožuje proto člověka i kulturu. Kultura je otevřeným nelineárním systémem s vnitřní informací, jíž je kultura duchovní. V obsahu a struktuře duchovní kultury musíme proto hledat nejen příčiny nynější ekologické krize, nýbrž i způsob jejího řešení. Proměna protipřírodní kultury na kulturu biofilní, dlouhodobě možnou, souvisí proto s pochopením systémové povahy kultury, s rozšířením biofilní sociokulturní informace. Veřejnost poprvé potřebuje vědět, co je příroda, kultura, a jaké je místo kultury v přírodě.

## Literatura

Capra, , F.: *Tkáň života. Nová syntézy mysli a hmoty*. Praha, Academia 2004.
Mander, J.: *Čtyři důvody pro zrušení televize.* Brno, Doplněk 2000.
Šmajs, J.: *Filosofie psaná kurzívou. Rozhlasové ekologické eseje.* Brno, Doplněk 2003.

*prof. PhDr. Ing. Josef Šmajs, Csc.*
*Filosofická fakulta*
*Masarykova Univerzita, Brno*

# Matematické modely dynamiky populací

Zdeněk Pospíšil

Příspěvek chce představit nejjednodušší diskrétní deterministické dynamické modely populací. *Deterministické* — nebudeme uvažovat náhodné vlivy na populace působící nebo náhodné projevy populací, *dynamické* — zaměříme se na vývoj populace v čase, *diskrétní* — čas nebudeme považovat za plynoucí spojitě ale v krocích, *modely* — přestože je podle Galileova výroku matematika jazykem, kterým Bůh napsal knihu přírody, v oblasti živé přírody (zatím?) neumíme odhalit matematicky formulované zákony, ale pouze jejich projevy pomocí matematiky popisujeme.

## 1. Malthusův model růstu populace

Označme:

$x_k$ ... velikost populace v $k$ -tém časovém období,

$d$ ... *úmrtnost,* tj. podíl uhynulých jedinců mezi všemi jedinci populace,

$b$ ... *porodnost,* tj. podíl nově narozených jedinců mezi všemi jedinci populace.

Velikost populace může být vyjádřena počtem jedinců, populační hustotou, tj. počtem jedinců vztaženým na jednotku plochy, celkovou biomasou a podobně. Označení porodnosti symbolem $b$ je motivováno anglickým termínem “birth rate”, úmrtnosti symbolem $d$ termínem “death rate”. Oba koeficienty $d,b$ jsou nezáporné a koeficient $d$ je navíc menší než 1 (nemůže uhynout více jedinců než kolik jich v populaci je). Velikost populace v následujícím, tj. $k + 1$ -ním období můžeme spočítat následujícím způsobem:

$x_{k+1} = x_k +$ množství nově narozených - množství uhynulých =

$$= x_k + bx_k - dx_k = (1 + b - d)x_k.$$

Při označení $r = 1 + b - d$ dostaneme rovnici

$$x_{k+1} = rx_k. \tag{1}$$

To je rekurentní vztah, který definuje geometrickou posloupnost s kvocientem $r$ . Platí tedy

$$x_k = x_0 r^k,$$

kde $x_0$ je počáteční velikost populace. Kvocient $r$ se nazývá *růstový koeficient.* Protože $d < 1$ , platí

$$r = 1 + b - d > 1 + b - 1 = b \geq 0,$$

takže růstový koeficient je kladný. Víme, že za této podmínky geometrická posloupnost neomezeně roste pokud $r > 1$, je stacionární pokud $r = 1$ a klesá k nule pokud $0 < r < 1$ . Dostáváme tedy závěr:

pokud
$b > d$, pak velikost populace roste,
$b = d$, pak se velikost populace v čase nemění,
$b < d$, pak populace vymírá.

Geometrický růst populace byl u reálných populací (bakterie na Petriho misce, obyvatelstvo USA v 18. století, ...) skutečně pozorován. Malthusův model (1) tedy realisticky popisuje vývoj populací, přinejmenším těch malých. Žádný skutečný růst ale nemůže být neomezený. To znamená, že v případě velkých populací není model (1) adekvátní. Je potřeba vytvořit model, který zachovává dobré vlastnosti Malthusova modelu (popis růstu nebo vymírání malých populací) a nemá jeho vlastnosti špatné (možný neomezený růst).

## 2 Modely růstu populace v omezeném prostředí (logistické modely)

Rovnici (1) můžeme přepsat na tvar $$\frac{x_{k+1}}{x_k} = r.$$

Tím dostáváme nové vyjádření růstového koeficientu — je to poměr velikostí populace ve dvou po sobě následujících obdobích nebo také relativní přírůstek (úbytek) populace za jedno období.

Každá populace se vyvíjí v nějakém prostředí a zpětně toto prostředí ovlivňuje. Růstový koeficient by tedy měl záviset na prostředí, které zase závisí na velikosti populace. Stručně řečeno, růstový koeficient je funkcí velikosti populace, $$\frac{x_{k+1}}{x_k} = f(x_k).$$

V případě Malthusova modelu se jedná o konstantní funkci.

V realističtějších modelech by tato funkce, kterou opět nazveme *růstový koeficient*, měla být klesající — čím větší je populace, tím více znečišťuje prostředí produkty svého metabolismu a tím se zvětšuje úmrtnost; navíc, čím je populace větší, tím více spotřebuje zdrojů z prostředí, musí více energie vynakládat na shánění potravy a méně jí zbude na rozmnožování, tedy porodnost klesá. Tento jev — pokles růstového koeficientu se zvětšováním populace — se nazývá *vnitrodruhová konkurence.*

Růstový koeficient by také měl být pro malé populace větší než 1. V čistém prostředí nepoškozeném vlastní přítomností a se zdroji nevyčerpávanými musí být populace schopna se rozmnožovat. Pro velké populace by naopak měl být menší než 1. V prostředí zdevastovaném vlastní přítomností populace vymírá. Z těchto jednoduchých úvah (spolu s technickým předpokladem, že funkce $f$ je spojitá) již plyne, že existuje nějaká optimální velikost populace, pro niž je růstový koeficient roven 1. V takovém případě se velikost populace v čase nemění, je v dynamické rovnováze s prostředím. Velikost populace, která je dynamicky stálá, se nazývá *(nosná) kapacita* nebo *úživnost prostředí*, označuje se $K$. Skutečnost, že malé populace se vyvíjejí podle Malthusova modelu (1) vyjádříme tak, že $f(0) = r$. V tomto případě se parametr nazývá *vnitřní koeficient růstu.* Vyjadřuje maximální fyziologicky možný relativní přírůstek velikosti populace za jedno období.

Požadavky kladené na funkci *f* stručně zapíšeme: spojitá funkce $f : [0, \infty) \to \mathbb{R}$ je klesající a platí *f(0) = r > 1, f(K) = 1,* pro nějaké *K > 0.* Nejjednodušší funkcí, která tyto předpoklady splňuje, je funkce lineární,

$$f(x_k) = r - \frac{r-1}{K} x_k.$$

Při této volbě růstového koeficientu dostaneme model vývoje populace ve tvaru

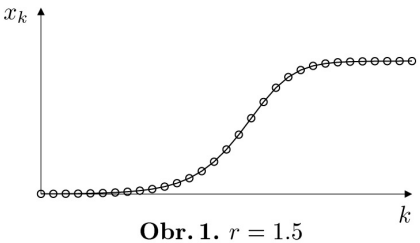
$$x_{k+1} = x_k \left( r - \frac{r-1}{K} x_k \right). \tag{2}$$

Pokud počáteční velikost $x_0$ populace je menší než kapacita prostředí *K*, může se velikost populace vyvíjet různými způsoby. Vývoj konkrétní populace závisí na velikosti vnitřního koeficientu růstu:

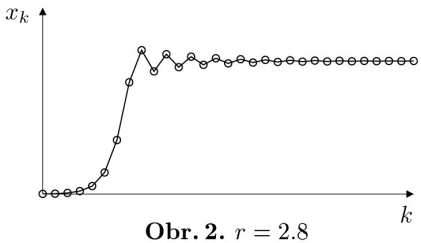
1 < r < 2 ... velikost populace monotonně roste k hodnotě *K*,
2 < r < 3 ... velikost populace se k hodnotě *K* přibližuje s tlumenými oscilacemi,
3 < r < 3.828427 ... velikost populace kolísá kolem hodnoty *K* pravidelně
r > 3.828427 ... velikost populace může kolísat kolem hodnoty *K* nepravidelně, chaoticky.

Příklady jsou uvedeny na následujících obrázcích 1 až 4.

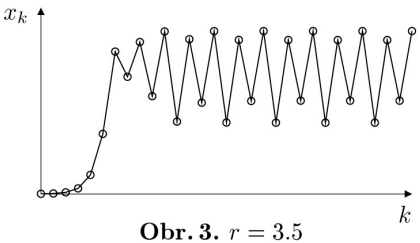
Všechny tyto teoreticky možné způsoby chování populace se v přírodě skutečně vyskytují. Organismy s malým koeficientem růstu (například velcí savci) bývají nazýváni *K*-stratégové. Vyznačují se tím, že plně využívají kapacitu prostředí, ale špatně se vyrovnávají s jeho změnami. Organismy s velkým vnitřním koeficientem růstu (například drobní hlodavci) se nazývají *r*-stratégové. Ti sice nevyužívají bezezbytku kapacitu prostředí, ale velkou reprodukční aktivitou se brání vyhynutí při jeho změnách.



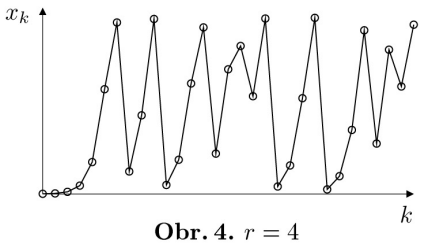

**Obr. 1.** $r = 1.5$




**Obr. 2.** $r = 2.8$




**Obr. 3.** $r = 3.5$




**Obr. 4.** $r = 4$

Model (2) je tedy realističtější než model Malthusův (1). Jeden závažný nežádoucí rys ale má. Pokud je počáteční velikost populace příliš velká, konkrétně větší než *Kr/(r-1)*, bude její velikost v následujícím období podle modelu záporná. To samozřejmě není fyzicky možné. Tento jev je způsoben tím, že funkce *f* je pro velké hodnoty nezávisle proměnné záporná.

Model tedy dále přiblížíme realitě přidáním dalšího požadavku na funkci *f* : funkce má být na celém svém definičním oboru kladná, *f(x) > 0 pro x ≥ 0.* Funkcí, která splňuje všechny uvedené požadavky je například lomená funkce (nepřímá úměrnost)

$$f(x_k) = \frac{rK}{K + (r-1)x_k}.$$

S jejím použitím dostaneme model

$$x_{k+1} = x_k \frac{rK}{K + (r-1)x_k}. \tag{3}$$

Pokud je počáteční velikost $x_0$ populace menší než kapacita prostředí *K*, populace monotonně naroste do velikosti *K*; pokud je $x_0$ menší než *K*, populace monotonně na velikost *K* klesne. Model (3) se tedy hodí pouze pro popis vývoje populací *K*-stratégů. Odstranili jsme nedostatek modelu (2) (možnost záporné velikosti populace), ale ztratili jsme jeho přednost (flexibilitu pro modelování různých typů populací).

Jiná funkce splňující všechny požadavky kladené na růstový koeficient je funkce exponenciální

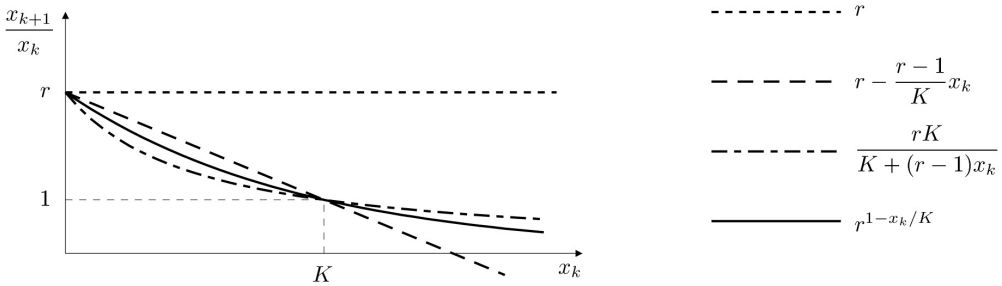
$$f(x_k) = r^{1-x_k/K},$$

s jejímž použitím dostaneme model

$$x_{k+1} = x_k r^{1-x_k/K}. \tag{4}$$

Podle tohoto modelu se populace může chovat všemi způsoby uvedenými u modelu (2) a nemůže dojít k záporným velikostem populace. Cenou za toto přiblížení modelu k realitě je větší výpočetní náročnost.

Všechny uvažované závislosti růstového koeficientu na velikosti populace jsou znázorněny na obr. 5.




**Obr. 5.** Závislosti růstového koeficientu na velikosti populace.

## Modely vývoje interagujících populací (Lotkovy-Volterrovy modely)

Model (4) lze vzít za základ při dalším modelování populací. Nejdříve ho přepíšeme na tvar

$$x_{k+1} = x_k \exp\left\{\left(1 - \frac{x_k}{K}\right)\ln r\right\},$$

nebo při označení $\alpha = \ln r$, $\beta = (\ln r)/K$,

$$x_{k+1} = x_k \mathrm{e}^{\alpha - \beta x_k}.$$

Parametr $\alpha$ charakterizuje samotnou populaci (vnitřní koeficient růstu), parametr $\beta$ charakterizuje vztah populace a prostředí. Současně parametr $\beta$ vyjadřuje, jak se zmenší růstový koeficient, když se zvětší velikost populace. Z tohoto pozorování lze vyjít při vytváření modelů populací, které se vzájemně ovlivňují. Označíme $y_k$ velikost druhé populace v $k$-tém časovém období a vývoj velikostí dvou populací můžeme modelovat následujícími rovnicemi:

$$x_{k+1} = x_k \mathrm{e}^{\alpha_1 - \beta_1 x_k - \gamma_1 y_k}, \tag{5}$$

$$y_{k+1} = y_k \mathrm{e}^{\alpha_2 - \beta_2 y_k - \gamma_2 x_k}. \tag{6}$$

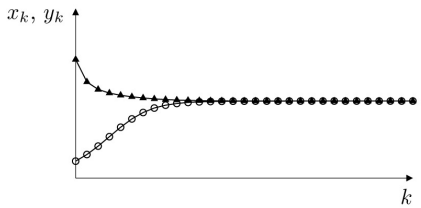
Parametry $\alpha_1$, $\alpha_2$ lze nazvat *vnitřní parametry růstu*, parametry $\beta_1$, $\beta_2$ lze nazvat *parametry vnitrodruhové konkurence* a parametry $\gamma_1$, $\gamma_2$ lze nazvat *parametry mezidruhové interakce*. Podle jejich znaménka klasifikujeme typ interakce (při postupu "od modelu k realitě") nebo znaménka parametrů $\gamma_1$, $\gamma_2$ volíme podle typu interakce (při postupu "od reality k modelu"):

- $\gamma_1 > 0$, $\gamma_2 > 0$ — druhá populace omezuje růst první a první populace omezuje růst druhé. Tento vztah populací se nazývá *konkurence* nebo *kompetice*.
- $\gamma_1 < 0$, $\gamma_2 < 0$ — druhá populace stimuluje růst první a první populace stimuluje růst druhé. Tento vztah se nazývá *mutualismus* nebo *symbióza*.
- $\gamma_1 > 0$, $\gamma_2 < 0$ — druhá populace omezuje růst první a první populace stimuluje růst druhé. Tento vztah se nazývá *predace* nebo *parazitismus;* první populace je kořistí, hostitelem, rostlinou a podobně, druhá je dravcem, parazitem, býložravcem a podobně.
- $\gamma_1 = 0$, $\gamma_2 > 0$ — druhá populace neovlivňuje první, ale je jí omezována, tzv. *amenzalismus*.
- $\gamma_1 = 0$, $\gamma_2 < 0$ — druhá populace neovlivňuje první a má z ní užitek, tzv. *komenzalismus*.
- $\gamma_1 = 0$, $\gamma_2 = 0$ — populace se vzájemně neovlivňují. Tento vztah se nazývá *neutralismus*.

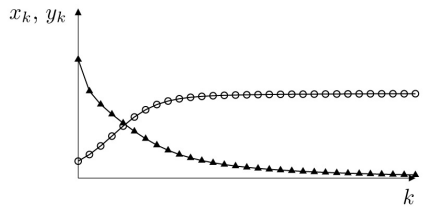
Parametry $\alpha_1$, $\alpha_2$ nemusí být kladné, izolovaná populace bez přítomnosti druhé nemusí přežívat. To je případ vztahu dravec-kořist — populace dravce bez kořisti vymírá, koeficient $\alpha_2$ je záporný; může to být i případ mutualismu nebo komenzalismu — bez přítomnosti mutualisty nebo komenzála nemusí být populace schopna přežít (pak mluvíme o *obligatorním mutualismu*). Podobně ani parametry $\beta_1$, $\beta_2$ nemusí být kladné, populace nemusí vnitrodruhovou konkurenci projevovat, nebo dokonce může prokazovat vnitrodruhovou kooperaci.

Dvě konkurující si populace mohou dlouhodobě koexistovat, jejich velikosti se ustálí na nějaké hodnotě, která je pro každou z populací menší než nosná kapacita prostředí pro samotnou populaci bez přítomnosti druhé (příklad takového společenstva je na obr. 6, parametry: $\alpha_1=\alpha_2=0.5$, $\beta_1=\beta_2=1$, $\gamma_1=\gamma_2=0.1$), nebo kolem takových hodnot oscilují. Jiná možnost vývoje konkurujících si populací je vymření jedné populace a ustálení velikosti druhé populace na hodnotě kapacity prostředí (příklad je na obr. 7, parametry: $\alpha_1=\alpha_2=0.5$, $\beta_1=\beta_2=1$, $\gamma_1=0.1$, $\gamma_2=1.1$) nebo oscilace kolem ní. V takovém případě mluvíme o *kompetičním vyloučení*. Přitom buď jedna populace vždy vyloučí druhou bez ohledu

na počáteční velikosti populací (jedna populace je *dominantní*), nebo o tom, která z populací přežije, rozhodují počáteční velikosti populací.



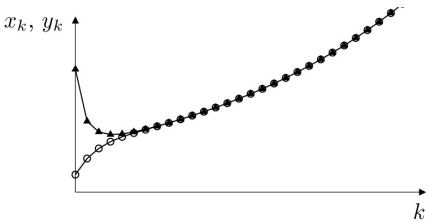

**Obr. 6.** Koexistence.



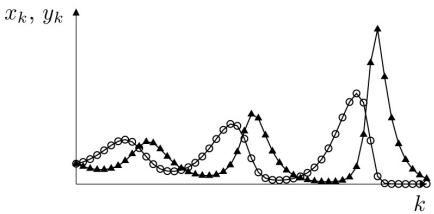

**Obr. 7.** Kompetiční vyloučení.

Mutualistické populace mohou koexistovat a jejich velikosti se buď ustálí na hodnotách, které jsou větší než kapacita prostředí pro každou z nich, nebo kolem takových hodnot oscilují. Je-li však mutualismus příliš silný a užitek jedné populace pro druhou je veliký, může dojít k tomu, že velikosti obou populací budou neomezeně exponenciálně růst (to by v přírodě znamenalo zhroucení prostředí, v němž populace žijí); v takovém případě mluvíme o *orgiích vzájemné dobročinnosti* (orgy of mutual benefaction; příklad je na obr. 8, parametry $\alpha_1=\alpha_2=0.05$, $\beta_1=\beta_2=1$, $\gamma_1=\gamma_2= -1$).

Populace ve vztahu predace koexistují. Typickým chováním společenstva dravec-kořist je kolísání velikostí populací kolem nějaké hodnoty, přičemž maximum velikosti kořisti předchází velikost populace dravce. Příklad je na obr. 9, kolečky je znázorněna populace kořisti, trojúhelníčky populace dravce; použité parametry byly $\alpha_1=0.5, \alpha_2= - 0.5$, $\beta_1= 0.1$, $\beta_2=0$, $\gamma_1=0.5$, $\gamma_2= -0.5$.




**Obr. 8.** “Orgie dobrodiní”




**Obr. 9.** Dravec-kořist

*Zdeněk Pospíšil*
*Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta*
*Katedra aplikované matematiky*

# Podíl matematiky a fyziky na pochopení světa

Stanislav Bartoň
Hakl Zdeněk

## 1 Úvod

### 1.1 Matematika

z řeckého *ματημα* věda, poznání, je studium kvantitativních, geometrických a logických vztahů, které po jisté úpravě vykazují empirická data. Matematické poznatky nejsou předmětem změny s přicházejícími novými daty, neboť jsou dosaženy výhradně s použitím logiky. Tzv. matematickýdůkazje nejspolehlivější známý způsob jak ověřovat, zda je něco pravdivé či nikoliv. V matematice jsou za pravdivé považovány pouze ty věty, ke kterým je znám matematický důkaz. Matematické věty jsou vyjadřovány ve formálně denovaných pojmech. Matematické texty mají proto často strukturu denice, věta, důkaz.

### 1.2 Fyzika

z řeckého *φυσικσ* přírodní, ze základu *φυισ* physis, příroda je vědní obor, který zkoumá hmotu, její vlastnosti a chování během dějů. Vlastnosti a vztahy mezi nimi popisuje zpravidla jazykem matematiky. Lze ji velmi obecně rozdělit na teoretickou fyziku, experimentální fyziku a počítačové modelování. Výsadním postavením fyziky je měření fyzikálních veličin, které využívají všechny přírodní i technické vědy.

## 2 Počítačové modelování

Základním předpokladem pro počítačové modelování je vytvoření matematického modelu, popisující řešený problém. Při dnešním rozvoji výpočetní techniky je možné matematicky modelovat různé děje a stavy, ke kterým dochází v přírodě nebo v různých oborech lidské činnosti.

Vytvářené matematické modely uvažují modelované děje z obecného pohledu a při zadání příslušných hodnot umožňují simulovat stavy, které mohou nastat v různých situacích při daných podmínkách. Tyto modely jsou vytvořeny s velmi vysokou přesností, kterou ovlivňují zejména vstupní data. Můžeme tedy vypracovat sebelepší matematický model, ale s nekvalitními vstupními daty nebude mít tento model vypovídající schopnost.

Vedle analýzy jednotlivých problémů se zabýváme také jejich řešením. V prvé fázi řešíme vybrané problémy analyticky a v druhé fázi numericky.

Využití těchto modelů má v praxi široký význam. Opakovaně můžeme simulovat jeden děj pro změněné počáteční podmínky vstupní hodnoty a z množiny řešení vybereme optimální možnost. Samozřejmě záleží na složitosti modelu.

## 3 Tvorba modelu

Při tvorbě matematického modelu se snažíme celou problematiku řešit po jednotlivých úsecích. Tzn., že celý problém rozdělíme na jednotlivé části a tyto části matematicky popisujeme. Z částí nakonec složíme celkový matematický model. V podstatě lze modelovat veškeré děje, které můžeme a umíme matematicky popsat.

### 3.1 Fyzikální model

Fyzikální model je nejobecnějším modelem popisující daný jev. Tento model se snaží zahrnout všechny okolnosti, které mají na průběh modelovaného děje vliv.

### 3.2 Matematický model

Matematický model vzniká převodem fyzikálního modelu do jazyka matematiky ve tvaru lineárních, nelineárních, diferenciálních, parciálních diferenciálních rovnic apod. Matematický model je jednodušší než fyzikální, protože ne všechny jevy dokážeme popsat pomocí matematických rovnic.

### 3.3 Řešitelnost

Samozřejmě ne každý matematický model je řešitelný, a proto z hlediska jeho řešitelnosti *a to jakýmkoliv způsobem* je nutné zavádět další zjednodušení, která vedou k řešitelnosti daného problému.

### 3.4 Interpretace řešení

Vyřešený matematický model je většinou reprezentován soustavami rovnic. V případě numerického řešení je model interpretován číselnými hodnotami – daty. Při interpretaci řešení získaných výsledků je zapotřebí uvážit – nebo se alespoň pokusit odhadnout jaký vliv na tyto výsledné hodnoty měly zjednodušení prováděná v předchozích krocích. Proto se dělá verikace řešení.

### 3.5 Verikace řešení

Verikace řešení slouží k experimentálnímu ověření, zda vyřešený model poskytuje správné údaje. Popř. se provede korekce tohoto matematického modelu a celý postup řešení se opakuje dokud výsledky modelu nebudou v dobré shodě s realitou.

Výše uvedený postup lze dokumentovat na historii matematického modelování tělesa, pohybujícího se v gravitačním poli Země.

## 4 Historický vývoj modelu pohybu tělesa v gravitačním poli Země

**1. Model konstantní rychlosti volného pádu.** Do konce 16tého století se předpokládalo, že tělesa padají k zemi konstantní rychlostí *v*.

$$v = konst.$$

Model je přibližně použitelný pro pád rozměrných a lehkých těles v odporujícím prostředí.

**2. Model konstantního zrychlení volného pádu.** Leonardo da Vinci (1452– 1519) dokázal, že tělesa padají k zemi s konstantním zrychlením *g*.

$$g = \text{konst}\ , \quad v(t) = g\,t\ , \quad h(t) = H - \frac{g\,t^2}{2}\ ,$$

kde $v(t)$= okamžitá rychlost volného pádu tělesa, $h(t)$= okamžitá výška tělesa, $H$= poční výška a $t$=čas. Model je použitelný pro sledování pádu malých a těžkých těles, padajících z malých výšek.

**3. Model šikmého vrhu** je zobecněním předchozího modelu. Pohyb tělesa se popisuje ve dvou na sebe kolmých souřadných osách *x* a *y*. Osa *y* se zpravidla volí protiběžně ke směru tíhového zrychlení, osa *x* je na ni kolmá a její směr se volí tak, aby rovina *xy* splynula s rovinou, ve které se těleso pohybuje. Započátek souřadné soustavy se volí poloha tělesa v čase $t$=0.

$$x(t) = V_0\,t\,\cos(\alpha)\ , \quad y(t) = V_0\,t\,\sin(\alpha) - \frac{g\,t^2}{2}\ ,$$

kde $V_0$= počáteční rychlost vrhu a $\alpha$ = úhel, který svírá směr rychlosti $V_0$ s osou *x*. Tento model je použitelný pro sledování pohybu malých a těžkých těles vymrštěných s nízkou počáteční rychlostí.

**4. Model šikmého vrhu v diferenciálním tvaru.** S rozvojem matematické analýzy, zejména po zavedení innitezimálního počtu, I. Newton (1643–1727) a G. W. Leibnitz (1646–1716), došlo k výraznému zjednodušení zápisu matematických vztahů a zároveň k současnému nárůstu komplexnosti řešeného problému. Zápis předchozího modelu je tak možné zredukovat na Newtonovy pohybové rovnice:

$$\ddot{x} \equiv \frac{\mathrm{d}^2\,x(t)}{\mathrm{d}\,t^2} = 0\ , \quad \ddot{y} \equiv \frac{\mathrm{d}^2\,y(t)}{\mathrm{d}\,t^2} = -g\ .$$

Řešení Newtonových pohybových rovnic v tomto tvaru je proveditelné prostředky klasické matematické analýzy.

**5. Zavedení aerodynamického odporu.** Newtonovy práce z oblasti hydromechaniky umožnily zohlednění aerodynamického odporu.

$$\ddot{x} = -\frac{C\,S\,\rho}{2\,m}\,\dot{x}\,\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}\ , \quad \ddot{y} = -\frac{C\,S\,\rho}{2\,m}\,\dot{y}\,\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - g\ ,$$

kde $C$= koecient aerodynamického odporu, $S$= plocha obrysu tělesa v rovině kolmé na směr pohybu, $\rho$ = hustota prostředí, $m$= hmotnost tělesa. Výše uvedená soustava rovnic je analyticky řešitelná pouze pro triviální počáteční podmínky

$$x(t) \equiv 0 \quad \text{a} \quad \dot{x} = 0\ .$$

V případě komplikovanějších počátečních podmínek analytické řešení neexistuje. V tomto případě je možné aproximovat analytické řešení řadou funkcí nebo použít některé z numerických metod. Model je použitelný pro pohyb tělesa v atmosféře rychlostí nižší než rychlost zvuku a v rozmezí výšek, pro které považujeme hustotu atmosféry za konstantní.

**6. Zahrnutí barometrické formule a vysokých rychlostí.** Pro pohyb těles vysokou rychlostí a ve velkých výškách je nutné dále zahrnout změnu hustoty atmosféry v závislosti na výšce, což popisuje barometrická formule

$$\rho = \rho_0 \, \mathrm{e}^{-\frac{M\,g\,y}{R\,T}} \ ,$$

kde $M$ = molární hmotnost plynu, (vzduchu $\approx 1/4\, M_{O_2} + 5/4\, M_{N_2}$, R = univerzální plynová konstanta, T = teplota vzduchu v kelvinech.

Pro případ pohybu těles velmi vysokými rychlostmi (vyšší než rychlosti zvuku) je nutné uvážit i závislost koecientu aerodynamického odporu na rychlosti pohybu a případně také na hustotě okolního prostředí, tedy s ohledem na barometrickou formuli na výšce a teplotě.

$$C \to C(\dot{x},\, \dot{y}) \to C(\dot{x},\, \dot{y},\, \rho) \to C(y,\, \dot{x},\, \dot{y},\, T)\ .$$

Stanovení analytického tvaru výše uvedených závislostí je však velmi komplikovaná záležitost a většinou se provádí pro každý řešený problém samostatně v závislosti na výsledcích experimentů.

7. **Zahrnutí Newtonova gravitačního zákona.** V případě, že pohyb tělesa se děje ve výškách nebo na vzdálenosti, které jsou srovnatelné s velikostí zemského poloměru, není možné předpokládat $\vec{g} = \mathrm{Konst.}$ V takovýchto případech pohybové rovnice přejdou do tvaru:

$$\ddot{x} = -\frac{\kappa\, M_z\, x}{(x^2+y^2)^{3/2}} - \frac{1}{2\,m}\, S\, C(x,\, y,\, \dot{x},\, \dot{y})\, \rho(x,\, y)\, \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}\, \dot{x}$$
$$\ddot{y} = -\frac{\kappa\, M_z\, y}{(x^2+y^2)^{3/2}} - \frac{1}{2\,m}\, S\, C(x,\, y,\, \dot{x},\, \dot{y})\, \rho(x,\, y)\, \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}\, \dot{y}\ .$$

Jde o velmi komplikovaný systém obyčejných diferenciálních rovnic, který je řešitelný pouze numericky. Numerické metody používané pro řešení jsou založeny na časové diskretizaci, nejznámější a nejpoužívanější z nich je metoda Runge – Kuttova. V případě, že do modelu zahrneme i rotaci Země, bude nutné provést rozšíření systému ještě o souřadnici $z$ a zahrnout vliv Corriolisova zrychlení. Tyto modely jsou používány pro výpočet aerodynamického brždění kosmických sond.

V případě, že uvážíme i vliv hustoty prostředí na teplotě a skutečnost, že při rychlém pohybu dochází vlivem aerodynamického tření k ohřevu tělesa i okolního prostředí je, možné modelovat vlastnosti tepelných štítů kosmických lodí, chování meteoritů při průletu atmosférou a podobně. Zde jde již o komplexní nelineární a nestacionární modely v mnoha proměnných, jejichž řešení se provádí výhradně s pomocí výpočetní techniky. Vlastnosti těchto modelů jsou již mimo rozsah předkládané práce.

V současné době jsou již modely tak propracované, že pro zjednodušení práce s nimi se používá výpočetní technika umožňující práci vhodných programů např. MAPLE, který umožňuje tvorbu a řešení rozsáhlých matematických modelů jak analyticky tak numericky.

## Použitá literatura

[1] BUCHAR J.: *Úvod do programového souboru* MAPLE *V*, Vysoká škola zemědělská v Brně, 1994, ISBN 80-7157-117-2.

[2] BARTOŇ S.: *Habilitační práce –Využití symbolického počtu v zemědělství*, Vysoká škola zemědělská v Brně, 1993, str. 24 – 27

[3] HAKL Z.: *Disertační práce – Matematické modelování biologických a technologických procesů v zemědělství*, MZLU Brno, 2005, str. 13 – 16

*Stanislav Bartoň,*
*Hakl Zdeněk, Zdenek.Hakl@seznam.cz*
*Ústav techniky,*
*Agronomická fakulta Mendelova zemědělskáa lesnická univerzitav Brně 613 00 Brno*

# Biotechnické interdisciplinární obory

prof. Ing. Přemysl Janíček, DrSc.
Ing. Martin Beníček

**Klíčová slova:**
*bioinženýrské interdisciplinární obor, bionika, robotika, kybernetika, molekulová elektronika, umělá inteligence, biomedicínské inženýrství, biomateriálové inženýrství, biomechanika*

Mezioborové přibližování vědních oborů probíhá od padesátých let dvacátého století, kdy v důsledku rychlého rozvoje vědy a techniky, s nástupem nových moderních metod, dochází k několika jevům. Některé vědní disciplíny přecházejí z úrovně popisné či teoretické na exaktní, příkladem může být sociologie. Naopak u "klasických" oborů vznikají nové odvětví, např. z matematiky se vydělila matematika chování a činností. Vedle vouřlivého rozvoje biologických disciplín se také objevují nové obory technického inženýrství (softwarové, jaderné, kosmické,...). Uvedené zkutečnosti vedou ke vzniku nových vědních směrů (teoretická kybernetika, teorie systému, synergetika). Kombinací rychlého rozvoje jednotlivých vědních disciplín s výpočetní technikou došlo k prostupnému prolínání technickoinženýrstkých a přírodních odvětví vědy, vedoucí k novým variacím na interdisciplinární úrovni. Tyto nové formy "mezioborové spolupráce", kdy dochází k přejímání myšlenek z technického prostředí do biologického a naopak bychom mohli pojmenovat biotechnické interdisciplinární obory.

Způsob přejímaní poznatků z jednotlivých věd do jiných, a jejich aplikace, se může uskutečnovat několika směry. V první skupině (bionika, biorobotika, biotechnologie, umělé inteligence, molekulová elektronika) se transfer inspirace děje z biologických věd do techniky. Opačným směrem, tedy aplikací technických věd do biologických odvětvích a do medicíny, se řídí medicínské, klinické, rehabilitační bioinženýrství, dále pak biomateriálové, biochemické inženýrství, biomechanika a biomechatronika. Třetí skupinou je tvořena biologickými obory, v nichž se projevuje inženýrské myšlení v obecném významu. Do této skupiny patří genetické inženýrství, dnes dělené na genové a buněčné.

## Skupina bioinženýských oborů. Od přírody k technice.

Lidstvo již od pradávna bralo poučení z přírodních jevů a principů, která se ke svému stavu uspořádání dostávala po miliony let metodou "pokus a omyl" v rámci evolučního vývoje. Homér popisuje příběh Daidala a Ikara a jejich neúspěšného pokusu o letání. Leonardo Da Vinci se v 15. století se zabýval návrhy letacích strojů, na základě studia letu ptáků a netopýrů. Jednalo se však pouze o inspirační podměty, bez přesnějšího vymezení. Toto vymezení bylo umožněno vznikem mechaniky (Galileo Galilei 1564 -1642, Isac Newton 1643-1727). Mechanika položila základy moderního novověkého chápání a popisování přírodních zákonů a jejich převedení do světa techniky. Na poli biologie byl přelomovým mužem Charles Darwin (1809 – 1882), který svým dílem O původu druhů cestou přírodního výběru aneb zachování zvýhodněných odrůd v boji o život (1859), položil novou teorii vývoje života. Další objevy na poli přírodovědy přispěly k pochopení principů a zákonitostí přírody – Mendelovy zákony dědičnosti (1866), Mendělejova periodická soustava chemických prvků (1869) či prokázání existence záření na atomové úrovni (1897). S postupným rozvojem lidského vědění o přírodě docházelo vědcům v 60 letech 20. století neudržitelnost jednooborového specifického zaměření a zároveň se objevila myšlenka téměř renesanční – univerzálně objektivní přístup k řešení problému a to inspirační cestou interdisciplinarity technikých a přírodovědných věd.

### Bionika

Slovo bionika je spojena ze slov biologie a technika, přesněji je základem řecké slovo bion znamená prvek života, základní jednotku biologického systému. Poprvé jako věda byla definována v 1958 Johnem Steelem, o dva roky později na semináři v Daytonu v USA (12$^{th}$ Annual National Aeronautical Elektronics Coference) byly předneseny čtyři vědecké práce odkrývající potenciál bioniky. V současném pojetí je bionika oborem, který se zabývá využíváním poznatků o struktuře, vlastnostech, procesech a projevech bioobjektů v řešení technických problémů. Bionika je zaujata přeměnou a použitím konstrukcí, projevů a vývojových zásad biologického systému a snaží se o aplikaci těchto inspiračních podmětů v technické sféře.

Základní myšlenkou tedy je řešit technické problémy na základě poznaní stavby a funkce přirozených živých systému. Nejde však o to kopírovat řešení, nýbrž aplikovat podstatný princip.

Jedná se např. o studium a využití navigace, orientace, způsobu pohybu a činnosti nervových soustav zvířat, ptáků a hmyzu, s cílem tyto poznatky využít v elektrotechnice, ve sdělovací a regulační technice.

Bionika má také vlastní vnitřní členění, témata a cíle. Obecná bionika se pokouší vyhledávat struktury a procesy, jejich fuknění vztahy v systémech či subsystémech organismů, které mohou mít význam pro řešení technických a technologických problémů. Aplikovaná bionika vytváří modely či předlohy (prototypy) řešení pro jednotlivé aplikované obory, může podléhat dále členění na strukturní bioniku (mikrostrukturní a makrostrukturní), informační, molekulární. Systematická bionika se zabývá tříděním výsledků bionického výzkumu (submikroskopické struktury, přírodní způsoby spojování, biologické systémy pasivního a aktivního létání, navagace, rostlinné a živočisné měničové pochody, přírodní příjem vnějších podnětů, přenos, zpracování a hromadění signálů, způsoby využívání informací).

Pro celý široký obor je však důležitá inspirační role přírody v lidské tvořivosti, at' už se dotýká jakékoliv oblasti působení člověka. Za první "inspirační počin" se považuje postavení tvz. křišťálového paláce, při příležitosti Světobé výstavy konané v Londýně v roce 1850. Palác byl postaven podle

návrhu Johna Paxtona, který se inspiroval studiem leknínu (Viktorie královské, *Victoria Amazonica).* Struktura listu podnítila Paxtona při návrhu nové, prostorově a světelně ojedinělé konstrukce.

Další obory biotechnických disciplín budou vyjmenovány a popsány stručněji, neboť se jedná o aplikované obory technického charakteru.

## Biorobotika

Tento obor lze považovat za jednu z aplikačních disciplín bioniky[1]. Zabývá se teoretickými aspekty využívání poznatků o procesech, vlastnostech a projevech lidského těla a to z hlediska dynamiky či kinematiky v robotice. Je to technický obor, který chápe pod slovem "robot" elektronicko mechanickou soustavu, která svými vlastnostmi a schopnostmi je podobná člověku. Podle toho, co a jakou měrou přístoje napodobují lidské projevy, člení se robotika do několika skupin.[2]

## Kybernetika

Zakladatel Norbet Wiener ji vymezil jako vědu o řízení a sdělování v živých organismech a strojích.[3] Teorii Wiener vytvořil na základě poznatků a pozorovaním jednotlivých organismů či systémů v měnících se podmínkách okolí. Kybernetika tedy vznikla zevšeobecněním poznatků o živých organismech, které pak následně využily technické obory (technická kybernetika – teoretickým základem je automatizace – opakovatelnost děje). Kybernetika je dnes teoretický i aplikační obor zabývající se procesními zákonitostmi řízení, sdělování a kontroly samoregulujících se soustav. Za soustavu můžeme považovat každý objekt, který v měnících se podmínkách na tyto změny reaguje, přičemž udržuje jistý stupeň uspořádanosti a stukturovanosti.

## Molekulová elektronika

Jak název oboru napovídá, obor se zabývá aplikačním využitím biomolekul jako prvků elektronických soustav. Důvodem k využití biomolekul je snaha o miniaturizaci v mikroeletronice pod hranici 1 mikrometru. Cílem je pak navrhovat přístoje či jednotlivé prvky přístrojů o velikosti řádově několik desítek nanometrů. Přenos informací by se uskutečňoval molekulovými nosiči potenciálů. Nejjemnější elektricky vodivou soustavou je řetězec atomů, např. uhlikovými atomy tvořeny molekuly polymerů při využití konjugovaných dvojitých vazeb. Takové soustavy pak tvoří skupiny organických vodičů či polovodičů.

S obory jako je biorobotika, kybernetika či molekulová elektronika souvisí také termín umělá inteligence. Každý systém projevující se určitou reakcí na podměty okolí se vyznačuje určitým logickým chováním. Vzorem pro řídící těchto soustav je lidský mozek. Je však otázkou nakolik se elegantní fungování mozku podaří transformovat do světa techniky. Například architektonický pojem *inteligentní budova*[4] vůbec nesouvisí s vlastním rozhodovacím procesem. Je proto důležité přesně vymezit terminologii a specifikovat obor působení a možnosti interdisciplinárních přesahů.

Stejně tak jak člověk hledá a zkoumá fungování přírody (pokud chápeme přírodu jako soustavu navzájem se ovlivňujících systémů) na základě matematiky, fyziky a dalších věd, tak i technickoinženýrský přístup k problému se dá aplikovat na biologické záležitosti. Z technických věd jsou to přístupy, teorie a metody jednotlivých inženýrských oborů, z praxe pak technologické a výrobní postupy pro tvorbu objektů, které napomáhaní k překonání problému biooborů. Běžnými se staly pojmy vznikle spojením slova "BIO" s názvem jednotlivých technických disciplín. Není – li však uvedeno jinak, pak pod zkratkou "bio" se chápe bud' biologie člověka nebo medicína.

## Biomedicínské inženýrství[5]

Pod termínem rozumíme teoreticko aplikační vědní obor, který využívá inženýrských znalostí, přístupů, metod, teorií a technologii při řešení problemů medicíny. V praxi to znamená spolupráci inženýrství a jakéhokoliv biooboru, od biofyziky, biochemie, přes medicínu až ke genetice. Ke skupině biomedicínského inženýrství patří také klinické inženýrství, zabývající se technickým zabezpečením klinické praxe (výběr diagnostických přístrojů, terapeutických a rehabilitačních zařízeních, výpočetních sítí, s tím související problémy jako způsob přenosu dat, zajištování kompatibility propojených sítí apod. včetně zajištování servisu a řešení případných ekologických problémů). Rehabilitační inženýrství se specializuje na návrhy, výrobu, testování chování rehabilitačních a protetických pomůcek, jejich praktickými aplikacemi. Pro tento obor "inženýrství" je charakteristický průnik znalostí z medicíny, biomechaniky, medicínského inženýrství[6]. Rehabilitační směr oboru lze dále členit na klinické a sportovní.

## Biomateriálové inženýrství

Historie tohoto oboru úzce souviví s dějinami biomechaniky (okolo roku 1950 se začínají implantovat kyčelní endoprotézy a začala být aktuální otázka vhodného materiálu). Vývoj nových materiálů na organické i anorganické úrovni, rozvoj přístrojové techniky pro zkoušení materiálů, počítačové simulace vedly k tomu, že nauka o materiálu se stala exaktní vědou, charakterizovanou materiálovým inženýrstvím. Rozvoj aleoplastiky, výzkum nových materiálů v biomechanice (polyetyleny, keramiky, materiály pro cévní náhrady) to vše vyžaduje úzkou spolupráci "spřízněných" oborů. Dalším příznačným jevem je zájem o materiály aplikované v lékařských přístrojích a podpůrných zařízeních (problémy s tvarovou pamětí, lepidla pro chirurgickou praxi. V konečném důsledku lze říci, že biomateriálové inženýrství je vědecko aplikační obor, který se zabývá mechanickými vlastnostmi, chováním a mezními stavy u neživých materiálů, ale i u živých tkání a orgánů.

## Biomechanika

Biomechanika je vymezena jako obor, který využívá vše z mechaniky (poznatky, přístupy, metody, teorie) pro rešení problémů v oblasti biooborů. Biomechanické problémy se řeší na na biomechanických objektech (prvky flóry nebo fauny, u biomechaniky člověka to může být objekt technický a to v různé interakci s lidským organiznem (např. implantát) nebo sám lidský organismus jako celek.

Biomechanika se dá členit do několika skupin, např. podle typu bioobjektu na biomechaniku člověka, zvířat, rostlin.[7] Další možnost členění je dle odvětví, které se využívá při řešení daného biomechanického problému, tedy: biotermomechanika (vedení, sdílení, konvekce tepla v bioobjektech), biohydromechanika (řeší hydromechanické a hydrodynamické otázky u rostlin, u člověka pak tok krve, lymfy,...), bioaerodynamika (zabývá se problematikoou proudění plynů), biomechaniku tuhé fáze (problematika pohybu těles, deformacemi, porušení soudržnosti). Podle typu modelování rozeznáváme experimentální a výpočtovou biomechaniku. Podle cílového chování rozeznáváme poznávací biomechaniku[8] (systematické poznávání bioorganismů z určitého vymezeného hlediska s využitím mechaniky, především však poznání vlastností a chování prvků a jejich vazeb v bioobjektu, chování jako celku a vztah objektu s okolím). Klinická biomechanika se zabývá konkrétním řešením u bioobjektů u nichž nastal patologický stav. Existuje vysoká pravděpodobnost, že propojení "lekařských" a inženýrských přístupů, lze patologický stav zcela nebo částečně odstranit. Konstruktivní biomechanika je zaměřena na využití poznatků a metod mechaniky při návrhu a realizaci technických objektů s určitým cílovým chováním, při zachování různorodého charakteru (od chirurgických nebo ortopedických pomůcek po zařízení na udržení fyziologických funkcí). Sportovní biomechanika je

oborem využívající poznatky mechaniky při řešení problémů souvisejících se sportovní činností člověka (zvyšování jeho sportovních výkonů, optimalizace rehabilitačních sportovních procesů, tvorba objektů pro tréninkové, rehabilitační a klinické účely sportovců. Dalším vydělením z množiny biomechaniky může být interakční biomechanka, která řeší interakce člověk-okolí, dále problematiku prevence vůči nepříznivým vlivům těchto interakcí. Zajímavým specializovaným odvětvím biomechaniky se stava forenzní, kriminalistická biomechanika, která řeší kriminalistickými postupy za pomoci mechaniky daný trestný čin, o příčinách trestného činu, o objektech podílejících se na realizaci a o charakterisktikách pachaletele. Je to kriminalistika lidských stop v obousměrné interakci "člověk-okolí", které obsahují dekódovatelnou informaci s využitím poznatků mechaniky.

Při veškerém "bionickém pohledu" je nutné sledovat měřítko pohledu. Výše představený výčet sleduje markostruktury a systému, při vetší minimalizaci se objevují nové poznatky i problémy, které je nutné vystavit novému řešení. Příkladem může být rozpracovanost tématu prvků struktury lidského těla. Na nejnišší úrovni hierarchie mikrobiomechanika tkání. U kostních tkání, je to problematika modelace tkáně, biomechanických vlastností osteonů, u svalových tkání je to biomechanika na úrovni sarkomery a jejich prvků (aktinových a myozinových vláken). Dnes je mikrobiomechanika rozvíjena s využitím tvz. metody homogenizace. Dobrou ukázkou na využití mikrobiomechaniky jsou biologické motory. Pod pojmem se rozumí biologická pohonná jednotka, jejíž prvky mají molekulární úroveň, přičemž zdroj energie má chemickou podstatu. Mechanický pohyb se realizuje přes interakci molekul. Příkladem může být zkracování sarkomery vyvolané rotačním pohybem aktinových hlavic, které zapadají do myozinových vláken a vyvozují jejich translační pohyb. Uvažuje se o použití těchto biologických motorů v mikroelektronice.

*Poznámka 1. O novosti předmětů, jejich nepevném vymezení v rámci ostatních vědních oborů, svědčí i rozporuplné interpretace při řazení jednotlivých subdisciplín.íRuský vědec Litineckij považuje za základ kybernetiku, díky jejímu vzájemnému ovlivňování biologických a technických disciplín, a bioniku jako její podstupeň (viz. Litineckij, I.,B., Bionika, Praha, 1982,s.9-14). Modernější pohledy na problematiku poukazují právě na "nevědomou" inspirační roli bionického procesu při modelovaní objektů a rozvoji dalších interdisciplinárních věd.*

*Poznámka 2. První skupina zahrnuje pohybové schopnosti člověka (manipulaci s různými materiálními objekty a jejich přemistování), čili tvz. manipulátory. Adaptabilní roboti napodobují zpětnovazebné reakce lidského organismu na vnější podněty (reakce na podněty z okolí). Další skupina robotů napodobuje procesy probíhající v lidském mozku, tvz. kognitivní roboti mají určeno způsob chování, přičemž volnu reakce na podnět si určuje robot sám při využití metod umělé inteligence. Nejdokonalejším druhem je tvz. konativní robot, který se k cílenému chování propracovává samoučením.*

*Poznámka 3. Základní práce Norbetra Wienera pochází z roku 1948 a má název Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine.*

*Poznámka 4. Pod pojmem inteligentní budova se skrývá komfort, pohodlí, bezpečnost a zdravé prostředí pro uživatele budovy, úspory energií a provozních nákladů pro majitele, snadné ovládání a servis, dokonalý přehled o stavu probíhajících procesů v budově, přesto „inteligence" je předem účelově programována a systém vyznačuje spíše prvky automatizace než inteligence.*

*Poznámka 5. V současné době se spíše užívá pojmu "biomedicínské inženýrství", převzatý z anglosaské odborné terminologie.*

*Poznámka 6. Medicínské inženýrství je obor zabývající se teorií snímání, zpracování a telemetrického přenosu biologických signálů z orgánových soustav člověka či živočicha.*

*Poznámka 7. Biomechanka člověka je nejpropracovanější část biomechaniky, její počátky sahají do dob Aristotela (propojení fyziky se živými objekty), Demokrita (vlastnosti živé a neživé hmoty na základě "atomismu"). Biomechanika rostlin se lehce liší od biomechaniky člověka a zvířat, předmětem jejího zkoumání jsou např. tuhostní a pevnostní problémy stébel rostlin, proudění živin v rostlině, přenosem el. signálů při fotosyntéze.*

*Poznámka 8. Poznávací a klinická mechanika zabývající se hlavně člověkem ze může dále specializovat na určité prvky struktury lidského těla, např. biomechanika kloubů, biomechanika páteře, biomechanika dlouhých a krátkých kostí, biomechanika svalů. Srdečně-cevní soustava může být dekompenzována na prvky:biomechanika srdce, biomechanika cév, biomechanika žil. Řeší se také např. biomechanika dentálního aparátu či sluchové soustavy.*

*Autoři:*
*prof. Ing. Přemysl Janíček, DrSc.,*
*Ústav mechaniky těles, odbor aplikované mechaniky a biomechaniky,*
*VUT Brno,*

*Ing. Martin Beníček,*
*Ústav nauky o dřevě,*
*MZLU Brno*