

MAREK PETRŮ

Fyziologie mysli

**Úvod do
kognitivní vědy**

TRITON



TRITON
Praha/Kroměříž

Marek Petrů

FYZIOLOGIE MYSLI

ÚVOD DO KOGNITIVNÍ VĚDY

MAREK PETRŮ

Fyziologie mysli

Úvod do kognitivní vědy



TRITON

Marek Petrů
Fyziologie mysli
Úvod do kognitivní vědy

Tato kniha ani žádná její část nesmí být kopírována, rozmnožována ani jinak šířena bez písemného souhlasu vydavatele.

Autor:

Marek Petrů, Ph.D.

Katedra filozofie FF UP Olomouc

Katedra filozofie OU Ostrava

Recenzovali:

prof. RNDr. Jozef Kelemen, DrSc.

Ústav informatiky FPF SU, Opava

doc. PhDr. Karel Pstružina, CSc.

Katedra filozofie VŠE Praha

doc. PhDr. Alena Plháková, CSc.

Katedra psychologie FF UP Olomouc

Vznik knihy finančně podpořila Vzdělávací nadace Jana Husa

Copyright © Marek Petrů, 2007

© TRITON, 2007

Cover © Renata Brtnická, 2007

Illustrations © Jiří Hlaváček, 2007

Vydalo Nakladatelství TRITON,

Vykáňská 5, 100 00 Praha 10, www.tridistri.cz

ISBN 978-80-7254-969-6

OBSAH

1 Co je kognitivní věda?	13
1.1 Kognitivní revoluce	14
1.2 Kognitivní věda či kognitivní vědy?	18
1.3 Kognitivismus	19

I. ČÁST: MYSLÍCÍ STROJE

2 Komputacionismus	26
2.1 Středověká matematika	26
2.2 Aritmetická navigace	27
2.3 Analytická geometrie	29
2.4 Co je myšlení?	31
2.5 Myslící stroje	32
2.6 Leibnizův projekt	33
2.7 Matematizace logiky	35
2.8 Automatizace myšlení	37
2.9 Kalkul, funkce, algoritmus	41
2.10 Turingův stroj	42
2.11 Funkcionalismus komputacionistický	45
2.12 Turingův test	47
2.13 Námitka matematická	48
2.14 Námitka vědomí	53
2.15 Automatická milenka	59
2.16 Emergence poprvé	61
3 Konekcionismus	64
3.1 Kybernetické lúno	64
3.2 Formální neuron	66
3.3 Konekcionismus	68

3.4	Perceptron	69
3.5	Učící se sítě	71
3.6	Holografická paměť	72
3.7	Sítě, jež umí číst	73
3.8	Emergence podruhé	77
3.9	Konekcionismus nebo komputacionismus?	80
4	Robotika	84
4.1	Pragmatické kritérium pravdivosti	85
4.2	Umělý expert	86
4.3	Umělý šváb	87
4.4	Stydlin	89
4.5	Houfující trpaslíci	91
4.6	Cog a Kismet	93
4.7	Umělý život	94
4.8	Buněčné automaty	97
4.9	Kyborg	98
4.10	Loebnerova cena	99

II. ČÁST: MYSLÍCÍ TKÁŇ

5	Dějiny neurověd	104
5.1	Konec duše?	104
5.1.1	Neurochirurgie v paleolitu	104
5.1.2	Zrod neurověd	105
5.1.3	Pneumatologie	106
5.1.4	Kardiocentrismus	107
5.1.5	Cefalocentrismus	109
5.1.6	Ventrikulární teze	111
5.1.7	Neuronální hypotéza	113
5.1.8	Člověk stroj	117
5.1.9	Překvapivá hypotéza?	122
5.2	Rozbité zrcadlo	123
5.2.1	Experimentální výzkum vnímání	123

5.2.2	Psychologie vnímání	125
5.2.3	Enaktivní paradigma	126
5.3	Neuron	128
5.3.1	Princip nervového vzruchu	128
5.3.2	Retikulární a neuronální hypotéza	134
5.3.3	Elektrické synapse	135
5.4	Neurotransmise	136
5.4.1	Loewiho sen	137
5.4.2	Trip na kole	139
5.4.3	Konec psychóz	143
5.4.4	Mechanismus účinku	144
5.5	Spor o lokalizaci schopností	147
5.5.1	Frenologie	148
5.5.2	Lokalizacionisté	153
5.5.3	Ekvipotencialisté	157
5.5.4	Neuroplasticita	161
5.5.5	Diaschizis	163
5.5.6	Dvojí disociace	164
5.5.7	Dvojí disekce	165
5.5.8	Lokalizovaná ekvipotencialita	166
5.5.9	Teorie modularity	168
5.5.10	Problém lokalizace schopností	172
6	Metody výzkumu mysli	174
6.1	Srovnávací studia	175
6.1.1	Kognitivní biologie	176
6.1.2	Hierarchie kognitivních struktur	180
6.1.3	Viry	182
6.1.4	Mrtvý čas	186
6.1.5	Učení	188
6.1.6	Kooperon	190
6.1.7	Rostlinná neurobiologie	191
6.1.8	Chemická komunikace	192
6.1.9	Nezmarlá síť	194
6.1.10	Proč je mozek v hlavě?	197

6.1.11	Zeň a mechanismus paměti	201
6.1.12	Chobotnice a učení nápodobou	202
6.1.13	Škrtkcí smyčka	203
6.1.14	Sociální hmyz	205
6.1.14.1	Vývoj sociability	206
6.1.14.2	Hrabalky a kutilky	206
6.1.14.3	Čmeláci	207
6.1.14.4	Včely	208
6.1.14.5	Mravenci	209
6.1.15	Mozek – Mraveniště	212
6.1.16	Obratlovci	216
6.1.17	Trojčediný mozek	217
6.1.18	Specifická lidského mozku	219
6.1.19	Makroanatomie	220
6.1.20	Mikroanatomie	225
6.2	Metoda destrukce	230
6.2.1	Experiment ve fyziologii	231
6.2.2	Léze	231
6.2.3	Diskoneční syndrom a jeho interpretace	234
6.2.3.1	Modularita vědomí	240
6.2.3.2	Experiment v první osobě	243
6.2.3.3	Jalovost spekulace	245
6.3	Metoda stimulace	247
6.3.1	Elektrostimulace	247
6.3.2	Transkraniální magnetická stimulace	256
6.4	Metoda registrace	258
6.4.1	Strukturální zobrazovací metody	258
6.4.1.1	Radiografické metody	259
6.4.1.2	Magnetická rezonance	259
6.4.1.3	Mimotělní zkušenost	260
6.4.1.4	Neuronální základy morálního chování	261
6.4.2	Funkční zobrazovací metody	265
6.4.2.1	Elektromagnetické metody	266
6.4.2.1.1	Elektroencefalografie	266
6.4.2.1.2	Registrace aktivity jediného neuronu	267

6.4.2.1.3	Evokované potenciály	268
6.4.2.1.4	Svoboda vůle	270
6.4.2.1.5	Funkční magnetická rezonance	272
6.4.2.1.6	Neurobiologie morálního uvažování	272
6.4.2.2	Radioizotopové metody	276
6.4.2.2.1	Jednofotonová emisní tomografie	277
6.4.2.2.1	PET	278
6.4.2.3	Problém neuronálního kódu	281
6.5	Behaviorální a fenomenologická studia	284
6.5.1	Reflex	284
6.5.2	Spinální duše	286
6.5.3	Podmiňování	288
6.5.3.1	Klasické podmiňování	289
6.5.3.2	Operantní podmiňování	293
6.5.3.3	Biologická zpětná vazba	296
6.5.4	Behaviorismus či fenomenologie?	297
6.5.5	Kognitivní primatologie	298
6.5.6	Heterofenomenologie	300
6.5.7	Věda v první osobě	303
6.5.8	Neurofenomenologie	304
6.5.9	Je možná věda v první osobě?	308
6.6	Klinika	309
6.6.1	Poruchy vědomí	311
6.6.2	Kvantitativní poruchy vědomí	311
6.6.2.1	Klinické obrazy zaměnitelné s komatózními stavy	315
6.6.2.2	Heterofenomenologie poruch bdělosti	316
6.6.2.3	Neuronální koreláty poruch bdělosti	318
6.6.3	Kvalitativní poruchy vědomí	320
6.6.3.1	Bazální vědomí	320
6.6.3.2	Reflexivní vědomí	322
6.6.3.3	Korové syndromy a jejich neuropsychologické příznaky	324
6.6.3.3.1	Syndrom prefrontální	325
6.6.3.3.2	Rolandický syndrom	327
6.6.3.3.3	Parietální syndrom	329
6.6.3.3.4	Temporální syndrom	332

6.6.3.3.5 Okcipitální syndrom	333
6.6.3.4 Nelokalizované syndromy	336
6.7 Filosofie mysli	338
6.7.1 Negace problému	340
6.7.2 Kritérium spekulativní falzifikace	342
6.7.2.1 Ontologický dualismus	344
6.7.2.2 Idealistický monismus	348
6.7.2.3 Materialistický monismus	350
6.7.2.4 Neutrální monismus	352
6.7.3 Nezbytnost spekulace	356
7 Epistemologie kognitivních věd	358
7.1 Kredo	361
Literatura	363
Jmenný rejstřík	377
Věcný rejstřík	383

CO JE KOGNITIVNÍ VĚDA?

Zdá se být údělem filosofie, že hranice okruhu jejího tázání je neustále narušována intervencemi ze stran speciálních věd, které si některé otázky majetnicky přivlastňují, aby se na ně pokoušely hledat odpovědi pomocí svých výzkumných metod. Nikterak to ovšem neznamená, že by se onen okruh zmenšoval. Je tomu spíše naopak. Ubýváním roste, jak vědí taoisté. Lidská touha po poznání, ať již touha filosofova či touha speciálního vědce, je totiž na stejné cestě.

Podobně je tomu i s prastarou filosofickou otázkou po povaze lidské myslí. „Ačkoli západní dějiny přirozeného sebepoznání člověka doposud nebyly napsány, není nesprávné tvrdit, že v té míře, do jaké je lidská mysl hlavním zdrojem a nejpřístupnějším příkladem kognice a poznávání, existovali ve všech dobách předchůdci toho, co dnes označujeme jako kognitivní vědy“, píše F. Varela.¹

Již koncem 19. a v průběhu 20. století mnozí vědci zaútočili na velké problémy mentálního života, jako jsou myšlení, řešení problémů, povaha vědomí, specificky lidské aspekty jazyka a kultury atd. Ačkoli jejich diskuse navázaly na klasický západní filosofický program, vědci chtěli překročit od pouhé spekulace k vážnějším experimentálním metodám.

Možná že neexistuje lepší text, který by vystihoval podstatu a dosah tohoto kognitivního obratu, než úryvek z jedné přednášky Warrena McCullocha, velkého otce kybernetiky, teorie neuronálních sítí a vůbec celé kognitivní vědy: „Sám Clerk Maxwell, i když neměl větší touhy než poznat vztah, který váže myšlení k molekulárním dějům v mozku, skoncoval se svým výzkumem paměťohodnou větou: „Což se cesta, která tam

¹ Varela, J. F.: Cognitive Science. A cartography of Current Ideas. (Citováno z fr. překladu Invitation aux sciences cognitives; Éditions du Seuil 1996, s. 10).

vede, neubírá přes pracovnu metafyzikovu, ten brloh vystlaný kostmi předchozích badatelů, jenž je předmětem opovržení každého vědce? Klidně odpovězme na první polovinu otázky ,ano‘ na druhou však ,ne‘ a vydejme se rozvážně vpřed. Naše dobrodružství je vskutku velkou herezí. Neboť právě nahlížíme, že subjekt poznání (*knower*) je počítač stroj (*computing machine*).“²

I když s posledním tvrzením není třeba hned souhlasit, je jisté, že ta nejstarší filosofická otázka je od vynálezu digitálního počítače k dispozici i vědeckému bádání. Ale pochopitelně i nadále bádání filosofickému. Žádný jiný technický vynález totiž nepodnítl takové množství euforických metafyzických prohlášení a takovou spoustu diskusí o podstatě člověka. Ani telefon, ani automobil, ani dobytí vesmíru. „Jedině samotný počítač stroj způsobil návrat metafyziky, včera ještě považovaná za suchou větev filosofie.“³ Vydejme se tedy na cestu.

1.1 Kognitivní revoluce

V září 1948⁴ se na California Institute of Technology na prvním tzv. Hixonském sympoziu sešla skupinka prominentních vědců, aby se zabývali poměrně tradiční otázkou, „jak nervový systém kontroluje chování“. Přednesené příspěvky ovšem daleko přesáhly oficiální téma.

² Viz přednáška z roku 1964: „What’s in the Brain That Ink May Character?“, která je přetištěna v knize *Embodiments of Mind*, MIT Press, 1965, s. 143. Zde je citace přejata z: Dupuy, J – P.: *Aux origines des sciences cognitives; La Découverte* 1994, s. 53.

³ Sfez, L.: *Critique de la communication*, Paris, Seuil, 1992. Citováno z: Le Breton, D.: *L’adieu au corps*; Éditions Métailié, Paris 1999, s. 191.

⁴ Určit počátek nějaké vědy je vždy arbitrární. Ve čtyřicátých letech se podobných konferencí odehrávala celá řada. Významný byl například cyklus seminářů pořádaných nadací Macy, v rámci něhož se pravidelně scházela dvacítka badatelů, aby diskutovali dané téma. První seminář se odehrál v roce 1946 a měl název: „Mechanismus zpětné vazby a kauzální systémy v biologických i sociálních systémech“.

První řečník, matematik John von Neumann, hned na úvod učinil překvapivé srovnání mezi počítačem, který tehdy ještě v obecném povědomí patřil do světa science-fiction, a mozkiem. Tato analogie se na dlouhou dobu stala leitmotivem a výzkumným programem disciplíny zvané kognitivní věda.

Druhý řečník, již zmíněný matematik a neurofyziolog Warren McCulloch, pronesl přednášku s provokativním názvem „Proč je mozek v hlavě?“⁵, ve které se zabýval zpracováváním informace mozkiem. Stejně jako von Neumann chtěl nastínit některé paralely mezi nervovým systémem a „logickými stroji“.

Další, o nic méně ikonoklastickou a paměťihodnou řeč s titulem „Problém sériově řazeného chování“ přednesl neuropsycholog Karl Lashley. Zaútočil v ní na tehdy dominující doktrínu behaviorismu a vytyčil zároveň zcela nový výzkumný program.

Díky Lashleyho vystoupení vykrytalizovalo u tehdejších směrdatných vědců přesvědčení, že přijímání behavioristických kritérií vědeckosti neumožňuje adekvátně studovat mysl.

Behavioristé se při svém výzkumu přidržovali dvou navzájem provázaných principů. Především, měla-li být psychologie vědecká, musela se držet přísných observačně-objektivních metod. Psychologie, „tak, jak ji chápe behaviorista, je čistě objektivní vědecké odvětví. Jejím teoretickým cílem je předpověď a kontrola chování.“, píše iniciátor behaviorismu J. B. Watson.⁶ Vcelku oprávněně tak reagoval na tehdy sotva se zrodilší psychologii, které se občas ještě říkalo „experimentální filosofie“, jejíž jedinou metodou byla vědecky nepřilíš spolehlivá introspekce. Jestliže se podle tehdejších pozitivistických názorů nějaká disciplína

⁵ Taktěž přetištěno v Embodiments of Mind.

⁶ Citováno z: The Oxford Companion to the Mind, Oxford University Press 1987, fr. překlad Le cerveau un inconu, Éditions Robert Laffont, Paris 1993, s. 218.

Poznamenejme, že behaviorismem byla široce ovlivněna nejen věda, ale i literatura. Myšlenka, že je možno podmiňovat lidské chování, se vepsala do děl jako Huxleyho Překrásný nový svět, Orwellovo 1984 či Skinnerův Druhý Walden.

chtěla stát vědou, musely být její elementy veřejně pozorovatelné a kvantifikovatelné podobně jako fyzikova vývěva či galvanometr. Tak se behaviorismus, jak jeho jméno napovídá, omezil pouze na vnější chování. Lidi je nejen možné, ale i nutné studovat stejně jako opice či krysy. Se vši rozhodností byly vypovězeny kategorie, jako je mysl, myšlení či imaginace a pochopitelně i vědomí, ale i projekt, přání či intence nebo mentální reprezentace. Podle behavioristů mohla být veškerá psychologická aktivita vysvětlena i bez použití všech těchto tmářských pojmů. To v podstatě proto, že živočichové, včetně lidí, nejsou ničím jiným než pasivním odrazem různých nevědomých sil a enviromentálních faktorů. Myšlenky, city či intence nedeterminují v poslední instanci naše chování. To totiž závisí na podmiňování.⁷ Jsme biologické stroje a nejednáme výlučně na základě vědomých motivů. Reagujeme reflexivně na stimuly.⁸

⁷ Watson se své teze pokoušel potvrdit někdy ne právě šťastným způsobem. Příslušecný je jeho experiment dokazující, že duševní fobie lze vytvářet, ovládat a vysvětlovat na základě klasického podmiňování. Watson pro něj „použil“ jedenáctiměsíčního chlapce Alberta a bílou krysu. Albert měl krysu rád a chtěl si s ní hrát. Watsonův postup spočíval v předvedení krysy Albertovi a poté v úderu kladivem do kovové tyče za jeho zády. Úder do tyče vytvářel nepříjemný silný zvuk a přinutil Alberta k pronikavému výkřiku, pláči a úzkosti. Po dvou takových seancích Albert váhal s natažením se po kryse; po dalších pěti opakováních ho samotný pohled na krysu vedl k pláči. Navíc se ukázalo, že fobický strach lze i generalizovat. Albert plakal, i když mu ukázali bílého králíka, bílého psa, vousy Santa Klause a bílý tuleň plášt. Myšlenka tak byla dokázána: fobii lze vyvolat použitím klasického podmiňování. Albert byl propuštěn.

Zajímavé je, že univerzita, na které Watson působil, považovala tento „experiment“ za přijatelný, ale zbavila jej místa na fakultě kvůli experimentům týkajících se fyziologických reakcí lidských bytostí během sexuálního styku. Asi to souviselo se skutečností, že on sám v těchto experimentech vystupoval jako pokusná osoba. A to je přece nevědecké. Srv. Cumminsová, D. D.: Záhady experimentální psychologie; Portál 1998, s. 126–127.

⁸ Behavioristé byli ovšem humanisty. Zdůrazňovali, že by jejich psychologie měla být pertinentní především v praktickém životě. Jestliže jejich cílem byla „předpověď a kontrola chování“, pak jen ve službách zlepšení života. Podle Skinnera se

Ale vraťme se k Hixonu a Lashleymu. Lashley ve svém vystoupení ukázal, že explikace chování na základě pouhého asociativního řetězení stimulu a odpovědi na něj nedokáže některé jeho formy vysvětlit: například chování „řazené seriově“ (serially ordered).

Jako příklad lze uvést tzv. *lapsus linguae*, tj. přechytnutí, která obsahuje slovo, jež by mělo přijít na mysl v lineárním řetězci až později. Pro vysvětlení jazykového chování se zdá být příhodnější nikoli lineární, nýbrž hierarchický nebo strukturální model. Nejvýše postavené uzly či úrovně hierarchie spustí obecnou intenci počít řečový akt, zatímco za syntax a skutečnou produkci zvuků jsou odpovědné nižší uzly v hierarchii.

To ovšem neplatí pouze pro jazyk: „Problémy odhalené organizací jazyka se mi zdají charakteristické i pro téměř veškerou ostatní mozkovou aktivitu.“⁹ Lashleyho nervový systém je organizován do hierarchických stále aktivních jednotek, které jsou kontrolovány spíše z centra než z periferních stimulů. Podle Lashleyho centrální nervová soustava spíše než že jen reaguje na vnější podněty, naopak vnucuje způsob, jakým organismus vykonává komplexní jednání. Organizace emanuje spíše z nitra organismu, než že by byla vtiskována vnějškem.¹⁰

lidé nesprávně zuby nehty drží iluze o svobodě svých aktů, protože jsou přesvědčeni, že by bez svobody ztratili veškerou důstojnost. Avšak ve skutečnosti jsme opravdu kontrolováni minulostí i prostředím. Avšak čím více to chápeme, čím lépe analyzujeme povahu této kontroly, tím lepší je naše situace. Skinner by souhlasil s Comte-Sponvillem, který říká: „Nepotřebujeme filosofii svobody, nýbrž filosofii osvobození.“ Comte-Sponville, A.: *Humain, jamais trop humain*. In: *Valeur et vérité*. P.U.F., Paris 1994, s. 235.

⁹ Citováno z: Gardner, H.: *The Mind's New Science* (fr. překlad: *Histoire de la révolution cognitive*. Payot, Paris 1993 s. 26).

¹⁰ Dnes je zřejmé, že oba dva přístupy je nutno sloučit: kognitivní procesy probíhají jak odspodu vzhůru (bottom up) – tedy od procesů začínajících podrážděním neuroreceptorů, přes čítí až po apercepci, ale také od shora dolů (top down) – kdy například kognitivní procesy vysoké úrovně, existující znalosti, druhy očekávání ap. hluboce modulují třeba vnímání. Srv. např.: Sternberg, G. J.: *Kognitivní psychologie*; Portál, Praha 2002, kap. Vnímání.

1.2 Kognitivní věda či kognitivní vědy?

Na Hixonském sympoziu tak došlo k čemusi, co bývá někdy označováno jako „kognitivní revoluce“, revoluce, ze které se zrodil nový obor bádání – kognitivní věda.

Není však lépe hovořit o kognitivních vědách v plurálu než jen o jediné kognitivní vědě? Podle Gardnera představuje kognitivní věda v singularu „soudobý pokus odpovědět s využitím empirických metod na prastaré epistemologické otázky týkající se zejména povahy vědění (vědomí), jeho složek, pramenů, jeho rozvoje a rozmachu.“¹¹ Francisco Varela definuje kognitivní vědy v plurálu jako „moderní vědeckou analýzu mysli a poznání ve všech jejích dimenzích.“, přičemž dodává, že se jedná o multidisciplinární obor, jehož základy nejsou doposud dobře definovány.¹²

Z obou definic je zřejmé, že otázka po singularu či plurálu je pouze nominální a vychází ze zastaralého přístupu k vědě jako sumě jednotlivých parciálních specializovaných disciplín s vlastním předmětem výzkumu i metodologií. Dnes je zřejmé, že samovazba, kterou na sebe vědci uvalili, je pro ducha a poznání spíše zhoubná. Pobludlí badatelé v současnosti vycházejí z šera svých izolovaných laboratoří, aby se setkali ve společném prostoru všemožných konferencí a s úžasem zjišťovali, že se, ač z různých úhlů pohledu, zabývají často tímtež a že se bez vzájemné spolupráce nadále nemohou obejít. To stejné platí pochopitelně i pro vztah věd „humanitních“ a „přírodních“.

Kognitivní věda je tedy charakteristickým příkladem nového pojetí vědy jakožto vědy nejen vysoce multidisciplinární, ale vědy přímo transdisciplinární, která se tvůrčím propojením rozličných oborů pokouší co nehlouběji proniknout do fenoménu mysli.¹³ Kognitivní věda se

¹¹ Gardner, H.: *Histoire de la révolution cognitive*. Payot, Paris 1993, s. 18.

¹² Varela, J. F.: *Cognitive Science. A cartography of Current Ideas*. (Citováno z fr. překladu *Invitation aux sciences cognitives*; Éditions du Seuil 1996, s. 9).

¹³ Srv. např.: Havel, I. M.: *Věda o duši; Vesmír 79, 336, 2000/7*. Viz též první český úvod do této problematiky: Pstružina, K.: *Svět poznávání*; Nakladatelství Olomouc, Olomouc 1998.

ovšem neomezuje jen na mysl lidskou, ale v širším pojetí se zabývá zároveň jak myšlením zvířecím, tak i myšlením umělým. Nesoustřeďuje se jen na kognitivní procesy v užším slova smyslu, jako je vnímání, učení či usuzování, ale jde jí o výkony mysli v nejširším významu: racionální i neracionální jednání, intencionalitu, paměť, kreativitu a v neposlední řadě a především – vědomí.

Nejjednodušeji si lze představu o charakteru kognitivní vědy udělat výčtem jejích historicky nejdůležitějších disciplín a nastíněním některých jejích klíčových problémů.

1.3 Kognitivismus

Při charakteristice kognitivních věd je třeba rozlišovat mezi pojetím „širokým“ a pojetím „úzkým“, které se též někdy označuje jako kognitivismus.

Kognitivismus, jako jakési semeno, ze kterého posléze vypučel nádherný květ kognitivní vědy v celé její šíři, charakterizuje přesvědčení o platnosti analogie mezi počítačem a myslí. Kognitivisté byli a jsou přesvědčeni, že myšlení je zpracování informací a zpracování informací že se děje manipulací se symboly. A jelikož jedním z principů fungování počítače je právě práce se symboly, nejlepší způsob, jak zkoumat myšlení, je tudíž zkoumání programů, ať již jsou implementovány v počítači či v mozku. Podle této úzké verze kognitivních věd je tedy důležité charakterizovat mozek a jeho mysl nikoli v rovině neuronální či v rovině vědomých mentálních stavů, nýbrž v rovině reprezentací, v níž mozek funguje jako systém zpracovávající informace.¹⁴

Reprezentace, entity nepřístupné přímé observaci, mohou být definovány jako funkce nějakého předmětu, události či vlastnosti odkazující

¹⁴ Srv. např. Searlovu charakteristiku kognitivismu a jeho fundamentální kritiku v kapitole Kognitivní věda in.: Searle, J.: Mysl mozek a věda; Mladá fronta 1994.

na jiný předmět, událost či vlastnost. Je to nějaké označení, znak či řada symbolů, které označují nějakou věc za její nepřítomnosti, zvláště je-li tato věc aspektem vnějšího světa nebo předmětem našich představ.¹⁵ Jsou to zároveň struktury uchovávací informace.

Idea kognitivních reprezentací se ujala ve chvíli, kdy se rozšířila myšlenka, že organismy si díky zkušenosti utvářejí vnitřní mapy prostředí a objektů, s nimiž se setkávají, a se kterými interagují. Ačkoli reprezentace nejsou přímo přístupné pozorování, kognitivisté jsou na rozdíl od behavioristů přesvědčeni, že jsou z přímo pozorovatelného chování (třeba experimentálně navozeného) nejen vyvoditelné, ale k jeho popisu a vysvětlení dokonce nezbytné.

Myšlenka reprezentací byla na svět vyvolána možnostmi, které v sobě nese digitální počítač. Jestliže je možné říci, že stroj sestavený člověkem myslí, že má intencionalitu, že opravuje své chování, že zpracovává informace nebo že se dokonce učí, pak je dozajista možné v termínech umělé inteligence (UI) charakterizovat i mysl lidskou. Mnoho badatelů považuje umělou inteligenci za centrální disciplínu kognitivních věd a počítačů užívají k simulování všech kognitivních procesů.

Jak ale bylo řečeno již výše, časem se takovéto chápání lidské mysli ukázalo jako příliš úzké. Ke kmenovým disciplínám tvořícím jádro kognitivních věd přistupovalo stále více oborů, které s metaforou mysli jako programem počítače často vůbec nepracovaly nebo ji dokonce úplně popíraly.

Na prvním místě to byla silná tradice neurověd se svými kořeny sahajícími hluboko do minulosti. Ačkoli všichni kognitivisté přijímali za samozřejmé, že veškeré mentální procesy jsou finálně reprezentované v centrálním nervovém systému, neurovědami se z principu nijak nezaobývali. Mnozí neurovědci jsou ale přesvědčeni, že právě v jejich oboru je skryto tajemství lidské mysli. A jelikož je to právě mozek, kde sídlí všechny ty reprezentace, je podle nich možné přejít od popisu centrální nervové soustavy přímo k myšlení, a to bez jakéhokoli rekurzu k repre-

¹⁵ Srv.: Kulišák, P.: Neuropsychologie; Portál, Praha 2003, s. 25.

zentacím. Jelikož veškeré mentální stavy mají své koreláty ve stavech neuronálních, bude dozajista brzy možné veškeré mentalistické pojmy nahradit pojmy neurověd. Přirozený jazyk plus jazyk neurověd tak možná eliminují nutnost hovořit o mentálních reprezentacích, hlásá eliminativistický program neurofilosofie, předložený manželky Churchlandovými.¹⁶

Také mnozí matematikové poukazují na fakt, že počítače dokáží implementovat jen určitou rovinu matematického uvažování, pouze rovinu kalkulu, přičemž roviny vyšší jsou přístupné pouze lidským myslím. Často operují s nějakou obdobou Gödelova teorému o neúplnosti.

Ze strany sociálních věd je kognitivismus kritizován za jeho redukcionismus. Například kulturní antropologové poměrně přesvědčivě ukazují, že velkou část klíče k otevření tajemství lidské mysli je nutno hledat v dějinně-kulturních faktorech, které jsou v inforatických termínech obtížně konceptualizovatelné.

Po několika letech nadšeného a poměrně nekritického přirovnávání mozku a jeho mysli k počítači a jeho programu došla vědecká komunita ke stále silícímu přesvědčení, že byla fatálně zanedbávána jedna z nejfundamentálnějších vlastností lidské kognice: totiž vědomí. Symbolem tohoto prozření se stal John Searle, který na svém slavném myšlenkovém experimentu „Čínský pokoj“ ukázal, nakolik se lidská mysl a „mysl“ počítačová liší. Nepřímo poukázal na to, že zdaleka nejdůležitější vlastností lidských myslí je právě vědomí. „Čínský pokoj“ podle Searla prokazuje (i když mnozí s tím nesouhlasí), že počítače pracující na tom principu, na kterém pracují (s jakoukoli architekturou a s jakkoli důmyslně koncipovanými programy), nikdy nemohou mít vědomí, byť mohou jakkoli dokonale simulovat chování vědomých bytostí. Z toho zároveň plyne, že lidský mozek, který vědomí nějak nepochybně způsobuje, musí tedy fungovat ještě na jiném principu než počítače.

Zkrátka, pro mnohé je metafora mozku a počítače jen další z dlouhé série neadekvátních modelů. Před vznikem počítače byl mozek telefon-

¹⁶ Srv. např.: Andrieu, B.: La neurophilosophie. P.U.F., Paris 1998.

ní centrálou, neurolog Sherrington jej přirovnával k telegrafu, Freud k hydraulickému systému, Leibniz k mlýnu a Řekové si prý mysleli, že je něco jako katapult.

Pochopit základní principy fungování počítače je však důležité proto, že obrovský a nečekaný exponenciální rozvoj výpočetní techniky v druhé polovině dvacátého století a výkony nejmodernějších počítačů důvody pro přirovnávání (a to ne jen metaforické) mozku k počítači opravdu dávají. Příslowčný se stal například onen slavný program Deep Blue, který v šachové partii porazil i Kasparova. Je možné, že počítače brzy úspěšně projdou i Turingovým testem. Již dlouho jsou schopny docela obstojně konverzovat.¹⁷

¹⁷ Pěkný příklad konverzace stroje s člověkem dává sice již poměrně starý (počítetek sedmdesátých let), ale zato slavný program ELIZA, který simuluje psychoterapeuta, s nímž „pacient“ konverzuje prostřednictvím klávesnice. Zde je úryvek konverzace, jak jej podává Churchland, P. M.: *Matiere et conscience*; Champ Vallon 1999, s. 149–150:

- Muži jsou všichni stejní.
- V jakém smyslu?
- Neustále nás něčím šikanují.
- *Můžete mi dát přesný příklad?*
- Ano, můj přítel mě třeba přinutil přijít sem.
- *Váš přítel vás přinutil přijít sem?*
- Říká, že jsem často depresivní.
- *Je mi líto, že se dozvídám, že jste depresivní.*
- Ano, pravda. Jsem nešťastná.
- *Myslíte, že to, že jste přišla, vám pomůže ne být nešťastná?*
- Potřebuji trochu pomoci, to je jisté.
- *Co by pro vás znamenala trocha pomoci?*
- Možná, že bych se naučila snášet s matkou.
- *Řekněte mi toho více o své rodině.*
- Moje matka se o mě stará.
- *Kdo ještě se o vás stará?*
- Můj otec.
- *Váš otec?*
- V něčem se mému otci podobáte.
- *V čem vidíte podobnost?*

Proto je tedy třeba se ptát, jak toho vlastně počítače dosahují. Snad se tak alespoň trochu objasní, jak pracují mozky. Právě proto to byla kybernetika a ne například neurologie 19. století, kdo dal nejsilnější podnět k sebeuvědomění a konstituci kognitivních věd.

Je ovšem zřejmé, že podstatu mysli je třeba hledat ještě někde jinde, přičemž není příliš zřejmé kde. Fenomén mysli je totiž komplexní a mnohoúrovňový.

Je možné zkoumat interakci inteligentních systémů (ať již jsou to lidé, zvířata nebo „inteligentní stroje“) s okolím. Můžeme tak zkoumat chování, vnímání či komunikaci. Nebo je možné se zabývat kategorií mentálních fenoménů, jako jsou myšlenky, představy, touhy, víry a podobně nebo konečně fyzikální a chemické reakce probíhající v mozku. I samotný mozek vykazuje mnoho úrovní, na kterých je třeba jej popisovat či interpretovat jeho činnost.¹⁸ Úroveň subatomární, molekulární, neuronální, úroveň nervových spojů, neuronových sítí, funkčních oblastí atd.

Jednotlivé disciplíny kognitivní vědy popisují tu či onu úroveň za pomoci té či oné metodologie v důvěře v heuristiku plurality. Jedná se zde o opravdovou mnohost v jednotě. Mnohost jako nejlepší metodu k dosažení jediného cíle, jímž je poznání.

-
- Nejste moc průbojný.
 - *Co vás přivedlo k názoru, že nejsem průbojný?*
 - Nediskutujete se mnou.
 - *Proč myslíte, že s vámi nediskutuji?*
 - Máte ze mě strach.
 - *Máte radost, když si myslíte, že z vás mám strach?*
 - Můj otec má strach ze všeho.
 - *Co vás ještě napadá, když myslíte na svého otce?*
 - Týrani.
 - *Má to něco společného se skutečností, že vás váš přítel nutil přijít sem?*

¹⁸ Srv. např.: Changeux, J. – P., Connes, A.: Matière à pensée; Odile Jacob 1992, s. 133–143.

I. část
Myslící stroje

KOMPUTACIONISMUS

Koncept umělé mysli není novinkou a ani se nezrodil společně s moderními počítači. Její počátky je třeba hledat hluboko ve středověku a možná i dříve.

2.1 Středověká matematika

Pro velkou část středověku představovala čísla neutuchající zdroj potíží. Přesná kvantifikace byla takřka nemožná. Tehdejší lidé se číslicům, pokud to šlo, co nejvíce vyhýbali. Abelard ve svých *Memoires* neuvádí žádné číslo větší než deset a dokonce v technologických manuálech, jako byl *De diversis artibus* z roku 1100, se místo čísel používaly výrazy jako „o něco více“ nebo „součástka průměrné délky“. Sepsání čtyřstránkové počtářské učebnice považuje její autor Gerbert z Aurillacu v desátém století za námahu „téměř nemožnou“.

Tyto obrovské potíže měly jednoduchý důvod: totiž římské číslice. I tehdy se počítalo podobně jako dnes v desítkové soustavě. Jestliže šlo s římskými symboly ještě jakž takž sčítat a odčítat, násobení a dělení byl již úkol, při kterém, jak se běžně říkalo, „teče pot a slzy“. To proto, že v této symbolice není zřetelný vztah mezi násobky. Jestliže z číslice „XX“ je ještě možno vyčíst, že se jedná o číslo rovné dvakrát číslu X, pak pětkrát X v číslici „L“ už možno vidět není.

Kdo chtěl cokoli spočítat, mohl od desátého století používat mechanické počítadlo, na kterém jsou násobky deseti jak známo reprezentovány prostorovou pozicí symbolů mezi jinými symboly – analogicky k arabskému číslování. Právě díky mechanickému počítadlu se i arabské číslování začalo pomalu prosazovat. Zastánci arabského číselného

systemu, tzv. „algoristé“, museli nicméně čekat až do šestnáctého století, kdy se díky zdokonalení papíru a vynálezu knihtisku tato symbolika mohla definitivně prosadit.

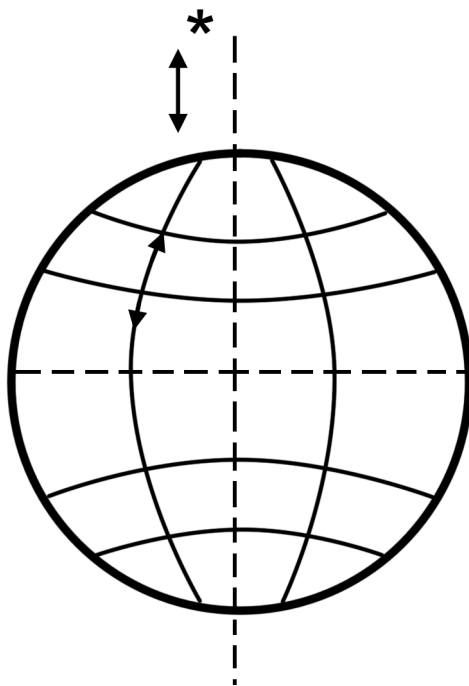
2.2 Aritmetická navigace

Rozhodující vliv na renesanci matematiky, renesanci, která stojí v samotném srdci vědecké revoluce, měly bezpochyby potřeby námořního obchodu, konkrétně potřeby přesné navigace. Po celá staletí neměli tehdejší navigátoři lepší navigační prostředek než odhad. Pouhým odhadem založeným na zkušenosti a intuici určovali navigátoři přibližnou polohu lodi. Naprostá většina mořeplavby se proto pochopitelně odehrávala na dohled od pobřeží.

Teprve ve čtrnáctém a patnáctém století se z části díky námořním zkušenostem Portugalců, kteří se ve svých výpravách podél břehů Afriky odvažovali stále více na jih, a zčásti díky znovuoobjevení řecké astronomie, objevily na tehdejších mapách linie označující zeměpisnou šířku a délku. Zeměpisná šířka byla poměrně snadno měřitelná s pomocí kvadrantu nebo astrolábu podle výšky Polárky nad horizontem.

Horší to bylo se zeměpisnou délkou. Protože se země otáčí kolem osy sever-jih, těžko lze najít na nebi nějaký fixní bod, jehož pomocí by se dala relativní pozice lodi na ose východ – západ nějak určit. Jediný způsob, jak toho dosáhnout, spočíval v přesném určení hodiny a porovnáním s relativní polohou Slunce.¹⁹ Potíž byla ale v tom, že nebyly k dispozici žádné dostatečně přesné hodiny. Problém zeměpisné délky mohl být po mnoha bezvýsledných návrzích a pokusech vyřešen až v osmnáctém století s vynálezem námořního chronometru Johnem

¹⁹ Slunce se „pohybuje“ z východu na západ. Kdyby se proto fiktivní loď vydala na západ takovou rychlostí, že by doprovázela zdánlivý pohyb Slunce (které by tím pádem zůstávalo nehybně v jednom bodě), pak by za čtyřiařdvacet hodin urazila vzdálenost rovnou 360° zeměpisné délky.



Obr. 1 Čím výš se loď pohybuje na ose sever-jih, tím výše stojí Polárka nad horizontem. Pomocí jejího zaměření a jednoduché trigonometrie lze tudíž vypočítat polohu lodi na zeměpisné šířce.

Harrisonem. Do té doby byly tehdejší lodě při svých čilých obchodních cestách na západ nuceny cestovat nejprve na sever či jih, dokud nedosáhly zeměpisné šířky cíle cesty a teprve poté se vydat podél této šířky přímo na západ či východ.

Dnes se již obecně přijímá, že to byla nutnost řešení právě praktických problémů, co nejvíce přispělo k intelektuálním úspěchům šestnáctého a sedmnáctého století. Díky této nutnosti se v evropském prostoru pomalu ale jistě začala ujímat matematika kalkulu a to ve službách

zejména „aritmické navigace“ využívající trigonometrie²⁰, pomocí níž bylo možné ze známých údajů poměrně snadno vypočítat polohu lodí. Tak masivní expanze námořních aktivit mobilizovala velkou část intelektuálního potenciálu své doby.

Největší duchové právě tehdy začali upírat své zraky na matematiku, ve které stále více viděli nejadekvátnější nástroj použitelný k rozkrytí tajemství přírody, ba přímo jazyk, jímž příroda v mučivě experimentu hovoří. Známa jsou slova Galileova: „Filosofie je vepsána do velké knihy světa, která je neustále rozevřena před našima očima. Avšak této knize není možné porozumět, aniž bychom se nejprve nenaučili jazyk i písmo, jimiž je napsaná. Její jazyk je jazykem matematiky a písmena jsou trojúhelníky, kružnice a jiné figury. Bez nich není žádné slovo srozumitelné a nezbývá než bloudit ve tmě labyrintu.“²¹

2.3 Analytická geometrie

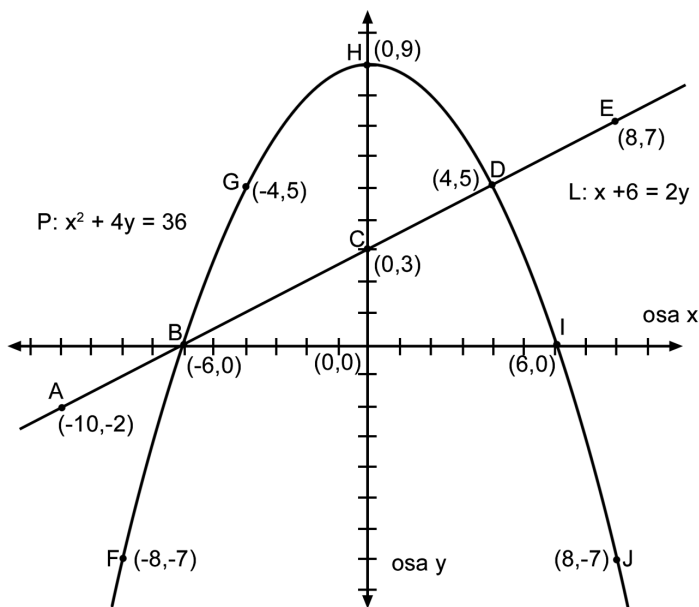
Evropské myšlení té doby čerpalo téměř výlučně z řeckého dědictví peratické filosofie názoru, pro které matematika rovnalo se geometrie. Galileo však začal geometrii používat poměrně novátorským způsobem. Tradičně geometrie zkoumala figury a jejich vztahy v prostoru. Galileova koncepce však byla abstraktnější. Linie jeho obrazců nepředstavovaly pouhé přímky či vzdálenosti, ale i čas, rychlost a mnohé jiné zajímavé fyzikální proměnné.

Mužem, který jako první dokázal ve své analytické geometrii sloučit řeckou matematiku názoru (geometrie) s pro Evropany neprůhlednou arabskou matematikou kalkulu (algebra), nebyl nikdo menší, než René

²⁰ Principy trigonometrického kalkulu vycházejí ze skutečnosti, že jestliže úhly daného trojúhelníku zůstanou konstantní, zatímco se zvětší jeho velikost, délky jednotlivých stran rostou proporcionalně.

²¹ Galilei, G.: *Il Saggiatore*, oddíl 6. Citováno z: Haugeland, J.: *Artificial intelligence, the very idea*; MIT 1985 (fr. překlad: *L'Esprit dans la machine*; Odile Jacob 1989).

Descartes. Analytická geometrie je ta větev matematiky, kde body, přímky a geometrické vztahy jsou reprezentovány pomocí čísel a algebraických rovnic v soustavě souřadnic, která nese jméno karteziánská. Pomocí této soustavy jsou veškeré problémy geometrie systematicky převáděny na problémy algebry.



Obr. 2 Většina matematiků 16.–17. století (včetně Galileiho a Keplera) vyjadřovala kvantitativní vztahy pomocí geometrických proporcí způsobem jako: „přímka (nebo plocha) A se má k B jako C k D “, což bylo pochopitelně nepřehledné a komplikované. Teprve od Descarta lze tedy fyzikální jevy a události popisovat matematickými rovnicemi a ne jen pomocí přímek a kružnic. Tímto svým dějinytvořným počinem založil koncept moderní přírodovědy a něřku-li moderního nazírání na svět více než kdokoli jiný. Troufal bych si dokonce tvrdit, že to byla právě tato myšlenka a ani ne tak jeho pojetí cogito a role subjektu, co mělo na formování světového názoru rozhodující vliv. Descartes bývá proto zcela po právu označován za otce moderního myšlení. Upraveno podle Haugeland, J. (1989)

2.4 Co je myšlení?

Galileo vyvázal Euklidovy metody z područí čistě prostorových vztahů a aplikoval je na fyziku. Descartes tento proces dotáhnul až do samotného konce: geometrie, algebra i fyzika jsou pro něj jen „aplikovaná matematika“.²² A matematika jako taková se nezabývá žádným konkrétním předmětem (jako jsou figury, čísla, pohyby atd.), nýbrž pouze čistě abstraktními vztahy, které je možné nalézt v té které oblasti. Geometrické proporce i numerické operace jako násobení a dělení jsou pro Descarta různé formy jediné obecné vztahové struktury.

Hlavní Descartova inovace spočívala v redefinici vztahu symbolů k tomu, co symbolizují. Algebraické formule nereprezentují čísla stejně jako Euklidovské formule nereprezentují geometrické figury, nýbrž obě jsou jen různými způsoby vyjádření číselných, prostorových či pohybových vztahů.

Nej překvapivějším se ukázalo, jaký dopad mají tyto Descartovy objevy na koncepci mysli. Myšlenky jsou totiž pro Descarta také symbolické reprezentace analogické k reprezentacím matematickým. Mentální reprezentace (myšlenky) stejně jako reprezentace matematické jsou jedna věc a objekty jim odpovídající (domy, čísla) jsou věc zcela jiná. Není mezi nimi žádný vnitřní vztah, a mohou proto být od sebe klidně odděleny.²³

Ke stejnému závěru, že „myšlení je kalkul“, dospěl i Descartův současník Hobbes. Zde je úryvek z jeho *Leviathana*: „*Rozumuje-li* někdo, nedělá nic jiného, než že *počítá*: hledá konečný souhrn *sčítáním* jednotlivých částek nebo hledá zbytek *odčítaje* částku od částky. Děje-li se to slovy, je to zachycování souvislosti mezi jmény všech částí a jménem celku. ... Tyto výkony se netýkají jen čísel, nýbrž věcí všech druhů, které je možné sčítati a odčítati. Jako aritmetikové učí počítati s *číslly*,

²² Haugeland (1999), s. 35.

²³ Teprve v posledních desetiletích se objevují názory, že je nutné mysl opět vtělit. Srv. např.: Varela, F., Thompson, E., Rosch, E.: *L'Inscription corporelle de l'esprit*; Seuil, Paris 1993.

tak geometrii učí témuž s *čarami* a *obrazci*, hodnotami povrchovými i obsahovými, *úhly*, *rozměry*, *určením časovým*, stupni *rychlosti*, *síly* atd. Logikové učí témuž zase s významy a *souvislostí slov*, skládají k sobě dva *pojmy*, dvě slova, aby vytvořili *větu*, *soud*, a z dvou *soudů úsudek*. ... Rozum v tomto významu není než *počítání*, to jest *sčítání* a *odčítání* významů obecných pojmů, o kterých jsme se shodli, že jich budeme užívatí jako *známek* nebo *označení* svých myšlenek.²⁴ Na těchto základech stojí celá koncepce umělé mysli dodnes.²⁵

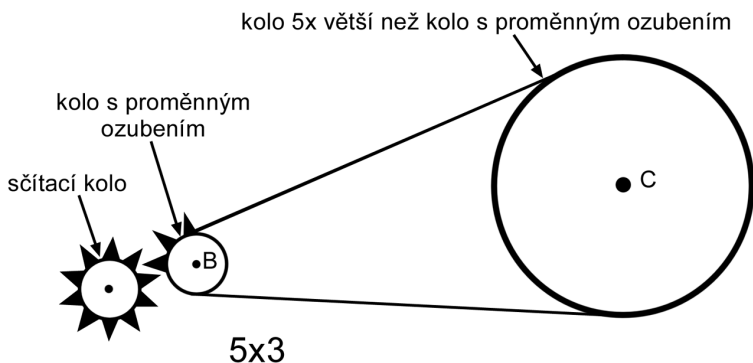
2.5 Myslicí stroje

Od těchto idejí pak nebylo daleko k myšlence, že na základě matematiky, jež se přece od myšlení nijak neliší, je možné sestrojít mechanismy, které by nás od „potu a slz“ matematických manipulací a koneckonců i „utrpení“ celého myšlení zbavily. Cesta od vynálezu sextantu přes logaritmické pravítko až k dnešním počítačům byla již přímá.

Jednou z významných zastávek na této cestě bylo sestrojení prvních „počítacích hodin“, jak se těmto zařízením manipulujícím s čísly na základě nestejně ozubených kol říkalo. Dlouho se myslelo, že první takový stroj sestavil Pascal v roce 1642, ale v padesátých letech dvacátého století byl objeven dopis Keplerovi od astronoma Wilhelma Schickarda z roku 1624, ve kterém je podobné zařízení také popisováno. Sláva těchto počítacích hodin se brzy donesla až k samotnému Leibnizovi, který jedny ihned sestrojil a značně vylepšil. Na Pascalově stroji bylo možné násobit jen únavným opakovaným sčítáním. Na stroji Leibnizově šlo již díky ozubeným kolům s nastavitelným počtem zubů přímo i násobit.

²⁴ Hobbes, T.: *Leviathan*. Melantrich, Praha 1941, kap. 5., s. 84–85.

²⁵ „Myslet znamená, odvažme se této definice, manipulovat s reprezentacemi“, píše Vernon Pratt hned na první stránce úvodu ke svým *Myslicím strojům*. Pratt, V.: *Thinking machines. The evolution of artificial intelligence*, Basil Blackwell, Oxford, New York 1987. (Fr. překlad: *Machines a penser*. P.U.F, Paris 1995, s. 5.).



Obr. 3 Schéma Leibnizova stroje: jedna rotace C způsobí pět rotací B , přičemž pokaždé tři zuby kola s proměnným ozubením zapříčiní otočení sčítacího kola o tři desetiny.

2.6 Leibnizův projekt

Možná právě díky tomuto svému počínu si Leibniz uvědomil hlubokou kontinuitu mezi matematikou a logikou (uvažováním). I pojal plán zvládnout a systematizovat mohutnost uvažování a posléze ji podobně jako kalkul zautomatizovat.

Tento dalekosáhlý a odvážný projekt mohl být pojat jen díky změnám v chápání toho, co je to uvažování a co jsou slova. Slova, říká Locke v roce 1690, jsou „znaky našich vnitřních reprezentací“, „znaky idejí v samotné lidské mysli“.²⁶ Jsou to reprezentace idejí, tedy reprezentace reprezentací. A jelikož slova mají s idejemi společné právě to, že jsou reprezentacemi, může s nimi být i stejným způsobem nakládáno. A to způsobem, jak jsme viděli výše u Hobbese, poměrně mechanickým.

²⁶ Srv.: Locke, J.: Esej o lidském rozumu. Svoboda, Praha 1983, III,1, s. 250 a dál.

Podle nominalisty Hobbese²⁷ je uvažování jednoduché spojování jmen či etiket, podle Locka²⁸ utváření možných spojení mezi idejemi a podle Leibnize nacházení identit mezi reprezentacemi. Všichni tři sdílejí přesvědčení, že uvažování se netýká věcí, nýbrž reprezentací.

Nyní bylo jasné nejen to, co je uvažování, ale i to, v čem spočívá vidění či cítění: v operacích s reprezentacemi. Stačilo by tedy najít jen příslušné mechanické ztělesnění dotyčných reprezentací, stejně jako bylo v počítacích hodinách nalezeno mechanické ztělesnění reprezentací čísel, a bylo by možné zkonstruovat stroje schopné nejen uvažování, ale možná dokonce i pocitů a emocí.

Tohoto projektu, i když omezeného na automatizaci uvažování, se tedy ujal Leibniz. Před pokusem o sestavení myslícího stroje bylo ovšem nejprve třeba najít „universální jazyk“ či „universální charakteristiku“, s nímž by bylo možné mechanicky pracovat, kalkulovat. Kalkul (*calculus ratiocinator*) je systém znaků (charakterů), v jehož rámci lze provádět operace podle předem stanovených formálních pravidel, aniž by byly znakům přiřazeny obsahové významy a aniž by tím vůbec byly obsahové významy vzaty v potaz. Tím by se podstatně snížilo nebezpečí omylů lidského uvažování, neboť abychom přezkoumali správnost operací v rámci kalkulu, nemuseli bychom se odvolávat na empirii, nýbrž by bylo možno soustředit se na kontrolu aplikace operačních pravidel.²⁹ „Bylo by jistě možné, jak jsem mínil, vymyslet jakousi abecedu lidských myšlenek (universální charakteristiku, poznámka M. P.) a pomocí spojení jejich písmen a analýzy slov, která se z nich skládají, objevit a posoudit všechno ostatní. ... Naše charakteristika však zredukuje všechny otázky vcelku na čísla, a tak vytvoří jakýsi druh statistiky, s jejíž pomocí budou moci být zváženy rozumové důvody.“ Poté by bylo možné rozložit všechny jazykové výrazy a pojmy na poslední elementy

²⁷ Srv. např. Hobbesovu námitku Descartovi in.: Descartes, R.: *Meditace o první filosofii*. OIKOYMENH, Praha 2003, Třetí námitky, náminka IV., s. 153–154.

²⁸ Srv.: Locke, J.: *Esej o lidském rozumu*. Svoboda, Praha 1983, IV, kap. 17.

²⁹ Srv.: Röd, W.: *Dějiny filosofie II*; OIKOYMENH, Praha 2004, s.130.

významu, jakési elementární pojmy, či „první termy“, jak říkal Leibniz, které by byly dále neanalyzovatelné, a přiřadit jim charaktery tak, aby se jejich vztahy daly explikovat v rámci kalkulu. „Budou-li pak jednou charakteristická čísla stanovena pro většinu pojmů, bude tím mít lidské pokolení nový orgán, jenž zvýší výkonnost ducha daleko více, než optické přístroje zesilují ostrost očí, a jenž předčí mikroskopy a dalekohledy stejnou měrou, jak je rozum nadřazen zrakovému smyslu.“³⁰ Tato nová logika by jakožto *ars inveniendi* umožňovala nalézat nové poznatky, ale především by umožňovala zdůvodnění vět, až dosud akceptovaných bez důkazu: „Když někdy vzniknou spory, bude třeba, aby o tom pojednali spíše než dva filosofové dva matematikové. Postačí totiž vzít do rukou brka, sednout si ke stolům a vzájemně si říci (je-li tato výzva přáteli milá): počítejme.“³¹ Leibniz věřil, že vše půjde velmi hladce. „Myslím, že někteří vyvolení by mohli vše zvládnout v pěti letech...“³² Sám tomuto projektu zasvětil celý život a ... neuspěl.

2.7 Matematizace logiky

Neuspěl ani nikdo v následujícím století, které na tento aspekt Leibnizova díla zcela zapomnělo. Až ve století devatenáctém našel Leibnizův odkaz, i když poněkud pozměněn, své pokračovatele v osobách Charlese Babbage na jedné straně a George Boola a Gotloba Fregeho na straně druhé.

³⁰ Leibniz, G. W.: K universální charakteristice: in. *Monadologie a jiné práce*; Svoboda 1982, s. 46–53.

³¹ „Quo facto quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duos philosophos, quam inter duos Computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et sibi mutuo (: accito si placet amico :) dicere: calculemus.“ Leibniz, G. W.: *De arte charakteristica ad perficiendas scientias ratione nitentes*. <http://www.uni-muenster.de/Leibniz/Daten/V14a2.pdf>, s. 405 pdf. souboru.

³² Leibniz, G. W.: K universální charakteristice: in. *Monadologie a jiné práce*; Svoboda 1982 s. 50.

Leibnizův projekt sestával ze dvou částí: převést uvažování na soubor nediskutovatelných procedur a následně tyto procedury materializovat v myslícím stroji. Zásahu o zvládnutí první poloviny úlohy (by) si (ráda) připsala rozšířená a zdokonalená algebra. V průběhu devatenáctého století matematik George Boole ukázal, že stále všeobecnější a abstraktnější algebraické systémy není třeba chápat pouze jako číselné systémy, nýbrž že lze počítat a odčítat například i funkce nebo logické operace, jako jsou disjunkce a konjunkce, že se zkrátka jedná o opravdovou Leibnizovu „universální matematiku“, která se týká nejen kvantitativních veličin, ale třeba i logiky či fyziky. Logika je právě jednou z mnoha možných interpretací tohoto formálního symbolického systému³³, který se jmenuje algebra. Ačkoli v logické algebře budou proměnné dosahovat jen dvou možných hodnot, 0 nebo 1, zákony, axiomy i operace takového algebry s binární aritmetikou budou stále platné. Bude odlišná pouze v interpretaci. Boole tak realizoval Leibnizovu intuici, že lze logiku formalizovat, čili vyjádřit ji ve formálním systému, jehož principy by byly dedukovatelné z určitého počtu axiomů, stejně jako geometrie v matematice, a jež by byl jakousi všeobecnou vědou o usuzování.³⁴

Na Leibnize pak ještě později navázal Gottlob Frege, který se pokusil formalizovat logiku, tj. sestavit úplný popis našeho usuzování a přesný popis důkazů s uvedením všech předpokladů tak, aby nemohla vzniknout pochybnost o jejich jistotě (tzv. pojmové písmo – Begriffsschrift). Fregeův význam v dějinách kognitivních věd je právě v tom, že na rozdíl

³³ Formální systém sestává z množiny formulí a z množiny transformačních pravidel umožňujících manipulaci s těmito formulemi.

³⁴ Hovořit o naplnění Leibnizova projektu lze ovšem pouze v určitém smyslu. Leibnizova myšlenka ideálního jazyka byla založena na sémantice: základním slovníkem tohoto jazyka měl být seznam termínů vyjadřujících vlastnosti objektů, na které referují. Ideální jazyk algebry však nebyl koncipován tímto způsobem. O významu v algebře nelze vůbec hovořit, jde pouze o platnost pravidel zřetězení formulí. Nejsme již v oblasti sémantiky nýbrž syntaxe. Usouvzaňně členy formulí jsou zde zbaveny jakéhokoli smyslu.

od Leibnize skutečně vytvořil účinný systém symbolického jazyka a že na rozdíl od Boola si uvědomil obecnější filosofickou relevanci svého postupu.³⁵

2.8 Automatizace myšlení

Mužem, který se pokusil vykonat druhou část Leibnizova projektu, byl Charles Babbage. Jako matematik velkou měrou přispěl k rozvoji nové algebry, čímž vytvořil podmínky k možnosti sestavení „Analytického stroje“, jak říkal stroji, který by implementoval algebraický kalkul. Navíc se ovšem zajímal i o technické vymoženosti, které by umožnily jeho konkrétní sestavení.

Princip stroje poháněného parou, který navrhl, i když nikdy zcela nedokončil, se v leccems podobal dnešním číslicovým počítačům. Například veškeré matematické operace převáděl pomocí principu konečných diferencí na sčítání. Na sčítání jde totiž převést jakýkoli polynom – výraz typu $a + bx + cx^2 + \dots + dx^n$, a na polynom je dostatečně aproximativně převoditelná téměř jakákoli funkce.

Kontrolu posloupnosti jednotlivých operačních sekvencí zajišťoval jakýsi „program“ vepsaný do děrných štítků, princip, který si Babbage vypůjčil z Jacquardova tkalcovského stavu.³⁶ Síla Babbageova stroje spočívala v tom, že si dokázal „zapamatovat“ vypočtené číslo a použít je v pozdější operaci. To bylo možné pouze proto, že stroj byl natolik sofistikovaný, že uměl pracovat s proměnnými, tj. že na daný příkaz se zaměřil na určitý sloupec v paměti a zpracoval pak libovolné číslo, které se tam nacházelo.

³⁵ Srv. např.: Valenta, V.: *Problémy analytické filosofie*; Nakladatelství Olomouc, Olomouc 2003, s. 33.

³⁶ Babbage vlastnil osobní Jacquardův portrét utkaný na jím vynalezeném stavu. Na výrobu tohoto přibližně jeden metr čtverečný velkého kusu látky bylo potřeba 2400 štítků s kapacitou 1050 perforací pro každý z nich.

číslo	druhá mocnina čísla	soupec prvních diferencí	soupec druhých diferencí
X	X ²	D ¹	D ²
1	1		
2	4	3	
3	9	5	2
4	16	7	2
5	25	9	2
6	36	11	2
7	49	13	2
8	64	15	2
9	81	17	2
10	100	19	2

Obr. 4 *Tabulka diferencí*

Předpokládejme, že chceme vypočítat tabulku funkce $f(x) = x^2$ čili tabulku druhých mocnin. Začneme sepsáním všech čísel $0, 1, 2, 3, \dots, n$ do jednoho sloupce a do sousedního sloupce jejich druhé mocniny. Následně odečteme mocninu 1 od mocniny 2, mocninu 2 od mocniny 3 atd. a výsledky zapíšeme do třetího sloupce. To jsou první diference. S těmi provedeme podobnou operaci: první odečteme od druhé, druhou od třetí ... a dostaneme čtvrtý sloupec – druhé diference. Je zřejmé, že všechny diference ze čtvrtého sloupce jsou stejné, což nám umožní opačným postupem rekonstruovat sloupec druhých mocnin. Jestliže začneme sloupcem druhých diferencí, pohybem sčítáním dojdeme k diferencím prvním (sečtením 1 a 2 pro 3, 3 a 2 pro 5, 5 a 2 pro 7 atd.) a posléze i k požadovaným mocninám (1 a 3 pro 4, 4 a 5 pro 9, atd).

Babbageův vynález uměl pracovat nejen s čísly, ale po vybavení symbolovým kolem i se symboly. To bylo nejpřekvapivější. Symbolický systém, se kterým *Analytický stroj* pracoval, představoval skutečný jazyk, kterým bylo možno vyjádřit všechny zákony, které popisují možné změny ve vztazích dvou libovolných věcí. Matematická interpretace práce stroje je tak pouze jednou z možných interpretací, jinou je třeba logika – jak ukázal Boole.

Takový stroj by podle názoru matematicky a Babbageovy chráněnkyně Lady Lovelace dokázal i komponovat hudbu, a to pouze za jediného předpokladu, totiž že se ukáže, že základní vztahy mezi zvuky v harmonii jsou tímto universálním jazykem postižitelné.

Analytický stroj je totiž schopen implementovat jakýkoli formální systém nebo jinými slovy, jakýkoli formální systém může být analytickým strojem automatizován. Praktické sestavení stroje, který by implementoval ten který systém, může být pochopitelné z různých důvodů (časových, technologických atd.) neproveditelné. Ani Babbageovi, jak již bylo řečeno, se ve své době jeho stroj nakonec sestavit nepodařilo. Ale ve druhé polovině dvacátého století rozvoj elektroniky umožnil zkonstruovat číslicové počítače s takovou výpočetní rychlostí, že dokáží zautomatizovat i velmi náročný formální systém. Bariéra, která ještě Babbage zastavila, se zhroutila.

Babbageův projekt sice musel na svou konkrétní realizaci ještě několik desetiletí čekat, avšak co se týče jeho potencialit matematických, úspěch byl okamžitý a naprostý. Poměrně velmi rychle konvergovaly objevy z různých center a různých kontextů k sestavení prvních moderních elektromechanických počítačů ve třicátých letech dvacátého století.

Tehdy byl také učiněn další významný krok ke konečné automatizaci myšlení, tj. nahrazení ozubených kol zprvu mechanickými později elektromechanickými relé. Namísto počítacího kola, jehož jedna otáčka reprezentovala desítku a otáčka částečná některé z čísel od jedné do devíti, kalkulátor navržený Georgem Stibitzem, matematikem společnosti Bell Telephone, pracoval na principu binárních relé, která mohla dosáhnout pouze dvou stavů: otevřené a zavřené.