

## Československý přínos ke vzniku kybernetiky a umělé inteligence

ŠOCH, Jan <sup>1</sup> & KUDLÍK, Matěj <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Prof. Ing., CSc., FAST VŠB-TU Ostrava

<sup>2</sup> Ing., FAST VŠB-TU Ostrava

### Abstrakt:

*Přednáška se pokouší naznačit dynamiku vývoje moderního vědního oboru – umělé inteligence. Poukazuje na dějiny československé umělé inteligence a na starší pracoviště expertů, na které navazuje budoucnost tohoto oboru. Jsou uvedena pracoviště expertů: prof. A. Stodoly, prof. J. Hrdiny, prof. A. Svobody, prof. Z. Trnky, prof. M. Baldy, prof. Z. Kotka, prof. S. Kubíka, VUT Brno, MFF UK Praha, ÚTIA AV ČR, ÚIVT AV ČR, ÚTK AV SK. V rámci umělé inteligence je hovořeno o senzorických systémech, neuronových systémech, adaptivních a učících se systémech, formátorech, expertních a metaexpertních systémech, komunikačních datových a znalostních sítích, textových systémech, hlasových systémech, lingvistice, jazycích pro umělou inteligenci, systémech řízení v reálném čase, kognitivní robotice, zpracování grafické informace, samoreprodukci a zdokonalování se systémů a znalostním inženýrství. Na závěr jsou uvedeny některé otázky výchovy a aplikace umělé inteligence.*

### Vyobrazení:

Prof. Aurel Stodola  
Prof. Jaroslav Hrdina  
Prof. Antonín Svoboda  
Prof. Zdeněk Trnka

### Zkratky:

ČR – Česká republika

SK – Slovensko

AV – Akademie věd

UK – Univerzita Karlova

ČVUT – České vysoké učení technické (Praha)

VUT – Vysoké učení technické (Brno)

ÚTIA – Ústav teorie informace a automatizace

ÚIVT – Ústav informatiky a výpočetní techniky

MFF – Matematicko-fyzikální fakulta

ÚTK – Ústav technické kybernetiky

SSSR – Svaz sovětských republik

USSR – Ukrajinská sovětská soc. republika

VÚMS – Výzkumný ústav matematických strojů

IFAC – (a) Mezinárodní federace automatického řízení

ČSAV – Československá akademie věd

ČSKI – Česká společnost kybernetiky a informatiky

## Úvod

Řeší-li specialista v určitém oboru konkrétní složitou úlohu, pak jeho řešení je tím inteligentnější, čím více variant oprávněně z řešení vynechá. Mechanismy, které umožňují specialistovi některé varianty hned na začátku odmítnout, jsou založeny na **znalostech**. Ty mohou být získány jednak převzetím od jiného specialisty, který je schopen úlohu řešit inteligentněji, nebo analýzou matematickologických a heuristických postupů řešení obdobných úloh. Specialistu, který úspěšně řeší velmi složité, úzce problémově zaměřené úlohy díky svým znalostem, zpravidla nazýváme **expertem**.

## Pracoviště expertů

Experty jsou zpravidla vědečtí pracovníci a pedagogové vybavení výzkumnou a didaktickou technikou a laboratořemi. Hovoříme proto o **pracovištích expertů**. Tato pracoviště jsou zpravidla školícími pracovišti pro výchovu vědeckých pracovníků a pedagogů a mají mimořádný význam pro rozvoj nových oborů a specializací. Takových pracovišť, která vybudovali a v jejichž čele působili, nebo ještě dosud působí, experti české nebo slovenské národnosti, je ve světě nebo v ČR celá řada. Dovolte abych jmenoval aspoň některá, která ovlivnila rozvoj kybernetiky.

## Prof. Aurel Stodola

Málo kdo ví, že rodák z Liptovského Mikuláše, prof. Aurel Stodola, byl expertem v oboru parních i plynových turbín a jejich regulace. Na svém pracovišti v Zürichu zdokonalil parní turbíny a jejich regulací natolik, že nejen je prosadil proti tehdejšími stroji pístovým, ale staly se základem dynamicky se rozvíjejícího průmyslového rozvoje světa. Akademie věd SSSR vydala v roce 1949 knihu o historii Teorie automatické regulace.



Prof. Aurel Stodola

Vedle Maxwella a Vyšněgradského je více než třetina této knihy věnována Stodolovi. Jsou známy rovněž milé vzpomínky Alberta Einsteina, když jako novopečený docent na univerzitě v Zürichu přednášel o teoretické fyzice a najednou se v přednáškové aule objevil prof. Stodola. Kdykoliv uslyšíte vysoké tóny turbokompresorů, parních turbín elektráren a plynových turbín letadel – zaposlouchejte se – v nich je ukrytá inteligence podtatranského syna z koželužny v Liptovském Mikuláši. Bližší vit (2), (16), (18), (19), (20) a (25).

## **Prof. Jaroslav Hrdina**

Ještě méně je známo, že rodák z Plzně, prof. Jaroslav Hrdina, byl expertem v oboru dynamika živých organismů a jako první ve světové literatuře vyslovil myšlenku o servosystémech a zdůraznil jejich existenci u živých organismů. Ještě před třiceti lety byla většina kateder mechaniky technických vysokých škol na Ukrajině, kterých je asi 50, obsazena žáky prof. Hrdiny. V diskusi po přednášce člena korespondenta AV USSR A. I. Kuchtěna – O dynamice zařízení imitujících živé organismy, kterou přednesl na 1. mezinárodním kongresu IFAC v Moskvě, vystoupil sám prof. Norbert Wiener, který byl čestným hostem tohoto kongresu v roce 1960. Vyslovil výzvu: „Proč vy se pracemi Hrdiny nehrdíte, když v mnohých jiných případech to s oblibou děláte? My, s kolegou Rosengluethem jsme z jeho prací vycházeli“. Bohužel je jen jedna vysoká škola na světě, která se hrdí Hrdinou, je to vysoká škola hornická v Jekatěrinoslavi. Kdykoliv budete simulovat chování živých organismů na modelech a seznámíte se při tom s pracemi prof. Hrdiny, hledejte odpověď na otázku, jak dalece je v těchto pracích uchována inteligence plzeňského kluka jehož otec byl sládkem v pivovaru a jako správný Čech také muzikantem. Bližší viz (1), (4) až (11), (14), (15), (17), (24) až (28) a (30).



Prof. Jaroslav Hrdina

## **Prof. Antonín Svoboda**

Vzhledem k ještě dnes žijícímu velkému počtu jeho žáků, kteří se k tomu hlásí, víme řadu informací o prof. Antonínu Svobodovi. Díky posledním aktivitám ČSKI najdete řadu informací o prof. Svobodovi v posledních číslech Zpravodaje ČSKI. Rad bych jen připomněl, že byl jako rodilý Pražák prvním Čechem, který navrhl české počítače – SAPO a EPOS. Byl rovněž prvním, kdo zavedl na ČVUT v roce 1948 kurs Matematických strojů. Vybudoval oddělení matematických strojů, později VÚMS. Jeho pracovištěm však od roku 1966 do jeho smrti

v roce 1980 zůstala Kalifornská univerzita v Los Angeles. Bohužel jeho výjimečná inteligence, koncentrovaná do výpočetní techniky, nepřemohla kolo dějin a neudržela český počítačový průmysl na světové špičce. Bližší viz (12), (21), (22), (23) a (25).



Prof. Antonín Svoboda

### **Prof. Zdeněk Trnka**

Stejně jako u prof. Svobody, žije dodnes řada významných žáků prof. Zdeňka Trnky, který stál u zrodu druhé větve kybernetiky v ČR. Z jeho žáků, kteří vybudovali svá pracoviště, bych rád jmenoval alespoň prof. Kubíka a prof. Kotka. Jeho inteligence v daném oboru se dochovala a rozvíjí se v jeho žácích, jím vybudovaného pracoviště na elektrofakultě ČVUT. Bližší viz (3), (13) a (29).



Prof. Zdeněk Trnka

## Řada dalších

Obdobně je tomu u dalšího představitele technické větve kybernetiky, plzeňského rodáka, prof. Milana Baldy. Vybudoval a řadu let vedl pracoviště na strojní fakultě ČVUT. Z řady jeho žáků bych rád jmenoval alespoň některé. Jde zejména o prof. Jiřího Bílu a prof. Pavla Zítka. Sám pan prof. Balda ve svých 76 letech ještě velmi aktivně pracuje v rámci své firmy a vede rozsáhlé výzkumné práce. Rovněž jeho inteligence se dochovala a rozvíjí v jeho žácích.

Po prof. Trnkovi převzal pracoviště na elektrofakultě ČVUT v Praze prof. Zdeněk Kotek. Pracoviště dobudoval a přiblížil již problémům umělé inteligence, zejména v oblasti adaptivních a učících se systémů. Inteligence rodáka z Nučic se dále rozvíjí v jeho žácích, je však již také součástí jím navrhovaných umělointeligentních zařízení.

Druhým žákem prof. Trnky je rodák z Myslivu od Klatov prof. Stanislav Kubík. Ten vybudoval pracoviště technické kybernetiky v Plzni a spolupracoval při budování ÚTIA ČSAV. jeho inteligence je koncentrována do jeho prací z oblasti nelineárních obvodů a optimálních systémů automatického řízení a je rozvíjena jeho žáky.

Obdobně by bylo možné hovořit o pracovištích prof. Švece, nebo dnešních již jeho žáků na VUT v Brně. Na MFF UK by bylo jistě možné hovořit o pracovišti prof. Milana Vlacha, prof. Evy Hajičové, na ÚTIA AV o pracovištích prof. Vladimíra Strejce, prof. Jiřího Beneše, na UIVT AV o pracovišti prof. Petra Hájka, na ÚTK SAV o pracovišti prof. Miroslava Šalamona, prof. Ivana Plandera atd. Předem se omlouváme všem pracovištím, které jsme opomenuli.

## Umělá inteligence (25)

Pro umělou inteligenci je specifické, že zatím není oborem s pevně vymezeným teoretickým základem. Můžeme říci, že jde spíše o soubor teorií, matematickologických metod, modelů, algoritmů a prostředků sjednocovaných úsilím o řešení velmi složitých úloh za využití nejmodernější výpočetní techniky. Z celého tohoto souboru bych v dalším rád uvedl několik poznámek k: sensorickým systémům, neuronovým systémům, expertním a metaexpertním systémům, adaptivním a učícím se systémům, formátorům, komunikačním datovým a znalostním sítím, lingvistice, textovým systémům, hlasovým systémům, jazykům pro umělou inteligenci, systémům řízení v reálném čase, zpracování grafické informace, kognitivní robotice, samoreprodukčním a zdokonalujícím se systémům a ke znalostnímu inženýrství.

Do našeho vědomí proniká asi jen miliontina všech informací, které dostihnou naše smysly, všechno ostatní náš mozek odfiltruje, protože informace nejsou pro naši činnost užitečné, případně jsou pro organismus přímo škodlivé. Sensory a sensorovými systémy lze naopak zachytit a vyhodnotit přesně definované i nejslabší signály jakéhokoliv druhu. Budoucnost patří integrovaným SMART sensorům – inteligentním převodníkům.

Studiem neuronů, synapsí, prahů a vah excitačních a inhibičních synapsí a analýzou základních neuronových obvodů byly vypracovány teorie neuronových sítí. Technickou realizací umělých neuronových sítí jsou budovány neuronové systémy. Neuronovými systémy jsou zpravidla neuropočítače, neuročipy a hybridní neuropočítače. Tyto systémy jsou pak používány pro analýzu a zpracování signálů, pro zpracování obrazů, pro řízení v reálném čase a pro analýzu dat u znalostních systémů.

Máme u nás propracovány adaptivní a učící se systémy pro teorii řízení a klasifikátory pro příznakově i syntakticky popsané předměty, díky expertnímu pracovišti prof. Vladimíra Maříka, který převzal a zdokonalil pracoviště prof. Kotka na pracoviště umělé inteligence.

Kybernetické systémy s automatickou organizací, formování technických systémů a řízení složitých komplexů vedou ke konstrukci formátorů: hovoříme pak o formátorovém řízení

komplexů, o diagnostických a obnovovacích formátorech o formátorovém řízení neuronových sítí apod. viz práce pana prof. Jiřího Beneše.

Klasické expertní systémy pracují s pravidly, která odpovídají sice různým typům, ale pevného způsobu odvození závěrů ze známých faktů. Metaexpertní systém pak nemá pevný způsob odvození závěrů, ale je upraven tak, že uživatel (expert na metaexpertní úrovni) je schopen sám definovat formu a funkce odvození závěrů. Přijaté závěry z metaexpertní úrovně jsou předávány do programů expertních systémů. Expertní systémy mohou být propojeny se systémy simulačními.

V rámci komunikačních datových a znalostních sítí hovoříme o veřejných datových sítích, lokálních datových sítích, digitálních sítích integrovaných služeb, širokopásmových sítích a družicových sítích pro datovou komunikaci. Konečně je zde také celosvětová síť sítí, která dovoluje milionům uživatelů komunikovat mezi sebou a požívat technické, programové a datové prostředky výpočetních systémů zapojených do Internetu. Protože Internet byl založen a rozvíjen především jako nástroj pro výzkum a výuku, tak projekty řešené v Internetu představují spolu se svými výsledky jedinečnou studnici celosvětových teoretických i praktických znalostí.

V oblasti matematické i filosofické lingvistiky je u nás pracoviště prof. Evy Hajičové, která je spolu s prof. Petrem Sgallem zakladatelkou školy se světovou pověstí. Pracoviště se zabývá matematickou teorií jazyka přirozeného i umělého, teoretickými i aplikačními problémy strojového překladu.

Jsou používány již běžně textové systémy, které při vytváření textových materiálů zajišťují: kontrolu jazykové správnosti, organizují uchování textu, ochranu textu proti chybám, vyhledávání informací v textu a formátují výstupy textu.

Jsou známy hlasové systémy, které nejen přeměňují výslednou informaci z paměti počítače na syntetický hlasový výstup pomocí reproduktoru či telefonu, ale také jsou schopny u hlasového vstupu zachytit řeč, rozpoznat řeč a porozumět řeči.

Funkcionální programování vybrané jazyky a jejich aplikace pro operace s grafy a řešení úloh pomocí prohledávání nás uvedly k novému oboru – jazykům pro umělou inteligenci. Pomocí technologie programování budou vytvářeny větší programové celky, které budou pokrývat potřeby inženýrské praxe v oblasti umělé inteligence.

Senzorické sledování mnohorozměrných systémů, fuzzy regulace, automatické nastavování regulátorů, modelování a simulace v transformovaném čase a komplexnost počítačových systémů pro řízení výroby nám umožňují realizovat systémy řízení v reálním čase.

Kognitivní robotika směřuje k realizaci inteligentních robotů, které budou schopny rozpoznávat prostředí, komunikovat v přirozeném jazyce, vytvářet a aktualizovat vnitřní model vnějšího světa, plánovat svoji činnost, realizovat tento plán a monitorovat svoji činnost.

Zvládnutí vztahů mezi objektovým prostorem a obrazovým prostorem pomocí počítačové grafiky a počítačové geometrie nám umožňuje zpracovávat obrazy a počítačové vidění. Jsme schopni zpracovávat grafické informace.

V návaznosti na některé práce prof. Ja. Z. Cypkina, po zvládnutí speciálních problémů z oblasti biosenzorů (zejména umělých svalů), z oblasti biokybernetiky (zejména kybernetické genetiky) a z oblasti biointeligence (zejména kybernetické genetiky) a z oblasti biointeligence (zejména formátorování neuronových sítí asociatronů), budeme schopni řešit problémy samoreprodukce a zdokonalování se systémů.

V rámci inovace učebních plánů vzniká otázka jak začlenit všechny tyto poznatky z oblasti vznikajícího nového oboru umělé inteligence, aby urychleně pronikly do všech ostatních oborů, specializací a technologií. Pro přechodnou dobu bude asi vhodné vybudovat obor zna-

lostního inženýrství, jehož frekventanti zvládnou práci se znalostmi a umělou inteligencí a jako absolventi budou schopní spolupracovat se specialisty jiných oborů a technologií.

## **Aplikace umělé inteligence**

Je vhodné upozornit, že umělá inteligence je charakteristická tím, že dosažením výsledků v řešení dílčích problémů přestávají být tyto výsledky součástí umělé inteligence a přecházejí do jiných oborů, kde se aplikují nebo slouží k formování nových, samostatných vědních disciplín. Této charakteristice umělé inteligence lze využít pro aplikace zejména u nových technologií.

Celosvětové zaostávání v rozvoji bezodpadových moderních hysolárních technologií třetího tisíciletí vyžaduje aplikovat umělou inteligenci právě pro jejich urychlený rozvoj. Ve spolupráci a v návaznosti na práce odborníků jak z oboru umělé inteligence, tak odborníků ze vznikajících specializací, vypracovali autoři detailní báze znalostí pro aplikaci umělé inteligence s cílem urychlit jejich rozvoj. Celá báze znalostí je vytvořena jako otevřená redundantní a je průběžně doplňována. Co tři roky bude inovována. Je určena pro řádné blokové studium, distanční studium, doktorandské studium, konzultace a poradenství.

Báze znalostí se skládá z těchto úseků: Kybernetika a informatika, Umělá inteligence, Technologie bezemisních vozidel, Technologie obnovitelných zdrojů, Techniky revitalizace krajiny a ekologie lesa, Výstavba ekologických měst a sídel, Budování moderních výrobních ekologických systémů, Ekologická těžba surovin a bezemisních paliv, Lékařská kybernetika, Výchova člověka k přežití civilizace a Technologie expandující civilizace.

## **Závěr**

Jak vyplývá z prací pro Římský klub, vyvedl nás náhlý vzrůst složitosti jevů a procesů ze speciálního systému, který bylo možno řídit logickými rozhodnutími, a včlenil nás do supersystému, který lze zvládnout jen se všestrannou znalostí kybernetických relací.

Samotné poznatky nejsou vlastní informací, ale jen surovinou. Teprve inteligentní smysl pro relevanci dat je následným výběrem uspořádává, soustřeďuje a vytváří informaci. Soustava informací se stává znalostí či poznáním. Avšak znalost či poznání samo ještě nevede k spontánnímu pochopení, které vyžaduje moudrost získanou zkušeností.

Máme nesmírné vědecké a technické možnosti ke zlepšení životních podmínek, disponujeme znalostmi, ale postrádáme moudrost a usilovně hledáme klíč k přežití a stabilitě.

Někde na počátku tohoto vývoje stáli naši Stodolové a Hrdinové, kterých se pro jejich znalosti i práci vážili i A. Einstein a N. Wiener.

## Literatura:

1. BENEŠ, J.: Jaroslav Ivanovič Grdina (1871-1931). Academia – ČSAV, Vesmír 13, Praha, 1984, s.265.
2. BENEŠ, J.: Quelques aspects du developpement de lautomatique en Tchecoslovaquie. Nouvelles Techniques 3 (1961), č.8, s.514-517.
3. BENEŠ, J.: Zdeněk Trnka (1912-1968). Academia – ČSAV, Vesmír 17, Praha, 1988, s.297.
4. FRADLIN, B.N.: Dynamika živých organizmov v pracjach Ja. I. Grdiny. Prikladnaja mechanika, sv. (1961), VIII, vyd 6, Moskva 1962, s.581-591.
5. GRDINA, Ja.I.: Dinamika živych organizmov. IEGI, Jekatěrinoslav, 1911.
6. GRDINA, Ja.I.: Dopolnenije k dinamike živych organizmov. IEGI, Jekatěrinoslav, 1913.
7. GRDINA, Ja.I.: K dinamike živych organizmov. IEGI, Jekatěrinoslav, 1911.
8. GRDINA, Ja.I.: Osnovnyje zakony dviženija. IEGI, Jekatěrinoslav, 1924.
9. GRDINA, Ja.I.: Priliganija k dinamike živych organizmov. IEGI, Jekatěrinoslav, 1913.
10. GRDINA, Ja.I.: Zametki po dinamike živych organizmov. IEGI, Jekatěrinoslav, 1916.
11. IVANČENKO, G.Je.: Osnovy teorií rasčota sistem avtomatičeskogo regulirovanija rudničnych podjomnych mašin. Gosgortechizdat, Moskva, 1961.
12. KLÍR, G.J.: Pokus o rekonstrukci přínosu Antonína Svobody k vědě a technologii 20. Století. Seminář Antnonína Svobody. Přednáška. Zpravodaj pro kybernetiku a informatiku ČSKI, Praha, 9/1994 (3.11.1994).
13. KOZÁK, P.: Seminář Zdeňka Trnky. Zpravodaj pro kybernetiku a informatiku ČSKI, Praha, 3.7.1995.
14. KUČTĚNKO, I.A.: Ob odnom klasse mehanizmov s negolonomnymi svjazami. TMS AN SSSR, sv. XV, vyd. 58, Moskva, 1955.
15. KUČTĚNKO, I.A.: O dynamike ustrojstv imitujuščich živyye organizmy. Kongres IFAC I, Moskva, 1960.
16. MAKSVELL, D.K., VYŠNĚGRADSKIJ, I.A., STODOLA, A.: Teorija automatičeskogo regulirovanija (linearizovannyje zadači). Izdatělstvo akademii nauk SSSR, Klassiki nauki, Moskva, 1949.
17. PUTJATA, T.V., FRADLIN, B.N.: Jaroslav Ivanovič Grdina. Nauka, Moskva, 1970.
18. STODOLA, A.: Dampf- und Gastubinen. Fünfte umgearbeitete und erweiterte Auflage, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1922.
19. STODOLA, A.: Die Dampfturbinen. Dritte, bedeutend erweiterte Auflage, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1905.
20. STODOLA, I.: Náš strýko Aurel. Mladá letá, Bratislava, 1968.
21. SVOBODA, A.: Computing Mechanisms and Linkages. McGraw-Hill, New York and London, 1948 (Peking, Moskva, Kijev).
22. SVOBODA, A., WHIT, D.E: Advanced Logical Circuit Design Technigues. Garland STPM Press, New York, 1979.
23. ŠOCH, J.: Dvě setkání s profesorem Antonínem Svobodou. Zpravodaj pro kybernetiku a informatiku ČSKI, Praha, 1/1995.
24. ŠOCH, J.: Literární setkání s profesorem Jaroslavem Hrdinou. Zpravodaj pro kybernetiku a informatiku ČSKI, Praha, 1/1995.
25. ŠOCH, J.: Minulost a budoucnost umělé inteligence. Mezinárodní vědecká konference VŠB, Sekce 26, Ostrava, 1995.
26. ŠOCH, J.: Předchůdce Wienerův českého původu. Svět techniky, č.1, Praha, 1964.



- 27.ŠOCH, J.: Sovětský vědec českého původu, předchůdce Wienerův – počátky kybernetiky. Přednáška na ČSKI při ČSAV, Praha, 14.5.1981.
- 28.ŠOCH, J.: Z dějin kybernetiky. Celostátní konference o robotice. Český Krumlov, 1975.
- 29.TRNKA, Z.: Servomechanismy. Učební texty vysokých škol. SNTL, Praha, 1963.
- 30.ZOTIN, A.I., ZOTINA, R.S.: Raboty Jaroslava Ivanoviča Grdiny po teoretičeskej mechanike živých organizmov. Biofyzika, sv.1, vyd. 5.M, AN SSSR, Moskva, 1956.