

# Výroční zpráva o činnosti Ústavu informatiky AV ČR v roce 1999

## 1. Vědecká činnost pracoviště

### a) Stručná charakteristika

ÚI AV ČR je pracovištěm základního výzkumu v oboru informatiky. Zaměřuje se na výzkum v oblasti matematických základů informatiky, modelování paralelních a distribuovaných výpočtů, matematického zpracování nejistoty, aplikované lineární algebry, nelineární analýzy a optimalizace, umělých neuronových sítí, nelineárního modelování, medicínské informatiky a statistiky. Výzkumem se zabývá 67 vědeckých pracovníků (průměrný přepočtený počet je 51,52 pracovníků)\*.

### b) Nejdůležitější výsledky

Nejdůležitějšími výsledky vědecké činnosti ústavu jsou publikace poznatků v oboru informatiky. V roce 1999 bylo publikováno nebo přijato do tisku 14 knih nebo jejich částí, 67 článků v odborných časopisech, 63 příspěvků ve sbornících vědeckých konferencí a 28 výzkumných zpráv. Ústav v roce 1999 dosáhl následujících hlavních výsledků.

Byly získány nové výsledky o metamatematických vlastnostech fuzzy logiky [B]. Byly zkoumány možnosti propojení metody GUHA s technologiemi založenými na distribuovaných objektech (Corba, Java-Beans) [C]. Byly vyšetřovány aproximace domněnkových funkcí pomocí fuzzifikovaných a randomizovaných relací slučitelnosti a byly sestrojeny a podrobněji zkoumány possibilistické domněnkové funkce [B]. Byl zkoumán problém usuzování na základě analogie a byla definována deklarativní a procedurální sémantika pro programování abdukce na bázi fuzzy logiky. Bylo ukázáno, že nalezení minimálního řešení (vysvětlení příznaků) vede na následné užití lineárního programování [B]. Byla zjednodušena metoda výpočtů vícerozměrných robustních odhadů (Huberových momentových odhadů založených na zobecněné skárové funkci) a byl zaveden a studován pojem vzdálenosti pravděpodobnostních distribucí založené na zobecněné skárové funkci. Tento pojem byl pozorován se známou Kullback-Leiblerovou vzdáleností pravděpodobnostních distribucí a následně byl použit při testování hypotéz [B].

V oblasti umělých neuronových sítí byly popsány množiny funkcí, pro které je aproximace neuronovými sítěmi výrazně efektivnější než lineárními metodami [B]. Byl navržen a realizován genetický algoritmus pro učení RBF sítí, který je v průměru dvakrát rychlejší v porovnání se standardním genetickým učením [B]. Analýza speciálního typu AN sítě ukázala, že tyto sítě mohou soutěžit i při simulaci na sekvenčním počítači se standardními algoritmy [C]. Bylo nalezeno vyvážené nastavení PI(D) regulátoru. Podařilo se formulovat jednoduchá pravidla a odvodit iterační algoritmus vedoucí k takovému nastavení [C].

V oblasti nelineárního modelování a predikce byl nalezen statistický důkaz (metoda testování pomocí tzv. surrogate dat) pro významnou korelaci mezi okamžitou frekvencí a amplitudou cyklu slunečních skvrn, což znamená, že tento cyklus je generován nelineárním oscilátorem s možností stochastické „driving force“. Jde o důležitý výsledek, jak v oblasti nelineární dynamiky a analýzy nelineárních časových řad, tak solární fyziky [C].

V oblasti numerické simulace geomechanických procesů byly zkoumány teoretické otázky týkající se zobecněného Stefanova problému v geologii. V této souvislosti byl vyvinut program umožňující provádět adaptivní zjemňování diskretizační sítě. Výsledky byly předneseny na mezinárodní konferenci [C]. V oblasti numerického modelování v biomechanice byl vytvořen model kyčelního kloubu a provedena jeho následná numerická analýza [C]. V oblasti nehladké optimalizace byla navržena metoda redukovaných Hessiánů, která dovoluje efektivně řešit rozsáhlé nehladké úlohy [B].

---

\* Uváděn stav k 31.12.1999.

V oblasti nelineárního programování byla vyvinuta metoda vnitřních bodů pro řešení rozsáhlých úloh s nelineárními omezeními. Algoritmus byl implementován v universálním optimalizačním systému UFO [B]. Ve spolupráci s universitou v Bergamu byly sestaveny a otestovány speciální algoritmy pro řešení systémů lineárních a nelineárních rovnic [B].

V oblasti aplikované lineární algebry byly nalezeny podstatné souvislosti teorie úplného problému nejmenších čtverců a iteračních metod pro řešení systémů lineárních algebraických rovnic [B].

Pokračoval výzkum složitosti a výpočetní síly neuronových sítí. Byla charakterizována výpočetní síla analogových Hopfieldových a tzv. neuroidálních sítí. Byl odvozen dolní odhad času konvergence analogových sítí. Byl podán rigorózní důkaz NP-těžkosti problému minimalizace energie v symetrických analogových sítích [B]. Byla nalezena metoda dolních odhadů velikosti reprezentace explicitních Booleovských funkcí pomocí read-once binárních rozhodovacích diagramů s omezeným paritním nedeterminismem [B]. Původní metoda určování markerů pro učení neuronových sítí byla aplikována na řešení problému řízení prozodie při syntéze řeči [C]. Byla navržena sada kritérií pro porovnání různých implementací standardů CORBA a Enterprise JavaBean serverů. Kritéria byla aplikována na čtyři nejrozšířenější implementace EJB serverů [C].

V oblasti medicínské informatiky dosáhlo EuroMISE centrum řadu výsledků v užití nových informačních technologií ve výuce a vzdělávání a tvorbě elektronických multimediálních výukových materiálů při řešení projektu 4. RP IT EDUCTRA [C]. Při řešení evropských projektů dosáhlo EuroMISE centrum dalších nových interdisciplinárních výsledků v oblasti vyhledávání rizikových faktorů a podpory rozhodování v medicíně [C].

#### **d) Nejvýznamnější popularizační aktivity**

V rámci Dnů vědy v ČR uspořádal Ústav informatiky Den otevřených dveří. Jsou pořádány pravidelné semináře s přednáškami zahraničních hostů i domácích pracovníků. EuroMISE centrum bylo spoluorganizátorem konference Lékařská doporučení pro kardiologii ve spolupráci se Společností pro kybernetiku a informatiku a Českou společností biomedicínského inženýrství a lékařské informatiky. EuroMISE připravilo stánek a předneslo přednášku na veletrhu COMNET, Praha. V časopise CHEMagazin byla publikována série šesti článků na téma chemická informatika. V časopisech PCWord, Chip a Computerworld byly publikovány série článků o architektuře CORBA. Další popularizační články, referáty a recenze byly publikovány v časopise Lékař a technika. Prof. Fiedler byl členem ÚV Matematické olympiády.

#### **e) Další specifické informace o pracovišti**

Problémy odchodu mladých nadaných vědců přetrvávají již několik let (v roce 1999 odešli 4 mladí pracovníci). Za pozitivní lze naopak považovat, že se letos podařilo získat 6 mladých doktorandů.

## **2. Spolupráce s vysokými školami**

### **a) Jmenovité zhodnocení spolupráce s vysokými školami**

Ústav spolupracuje s následujícími vysokými školami: MFF UK Praha, FJFI ČVUT Praha, FD ČVUT Praha, FEL ČVUT Praha, FF UK Praha, VŠE Praha, TU Liberec, VŠCHT Praha, ZČU Plzeň, MUVS ČVUT Praha, 1. a 3. LF UK Praha, PřF UK Praha, FaF UK Hradec Králové, ÚP Olomouc a VA Brno. Spolupráce zahrnuje společné řešení grantových projektů, organizaci mezinárodních vědeckých konferencí a výuku a vedení studentů.

Společně s Universitou Pardubice byl řešen projekt regulace modelu vodních nádrží průmyslovým regulátorem. Ve spolupráci s FEL ČVUT byla nalezena optimalizovaná neuronová síť, která řídí prozodii výsledného signálu hlasového syntezátoru. Společně s TU

Liberec vznikly nové výsledky v řešení úlohy proudění v porézním prostředí a transportu kontaminantů.

#### **b) Výsledky činnosti společných pracovišť ústavu a vysokých škol**

V rámci společné Laboratoře spolehlivostních systémů FD ČVUT a ÚI AV ČR byly provedeny studie směřující ke zvýšení spolehlivosti predikčních systémů pro predikci spotřeby zemního plynu a studie pro analýzu teplotních závislostí v různých místech daného regionu pro potřeby dispečinku plynárenských společností.

Evropské centrum pro medicínskou informatiku, statistiku a epidemiologii UK a AV ČR (EuroMISE Centrum) se podílí na výuce pro MFF UK, 1. LF UK, 3. LF UK, PřF a FaF UK v Hradci Králové. Se všemi uvedenými fakultami a dalšími lékařskými fakultami v Brně, Plzni a Hradci Králové EuroMISE Centrum spolupracovalo při realizaci mezinárodních kursů a konferencí.

#### **c) Získávání a příprava mladých pracovníků**

Ústav získává každoročně zhruba 5 mladých absolventů vysokých škol převážně pro postgraduální studium. Mnoho těchto zaměstnanců však odchází ještě před dokončením studia (převážně z finančních důvodů).

### **3. Spolupráce s dalšími institucemi**

ÚI personálně i technicky zajišťuje práci České společnosti pro kybernetiku a informatiku, předseda, vědecká tajemnice i účetní ČSKI jsou zaměstnanci ÚI. Ve spolupráci s ČSKI se organizují pravidelné semináře se zahraniční účastí. J. Wiedermann je ředitelem Českého výzkumného konsorcia v informatice a matematice (CRCIM), které je členem obdobného Evropského konsorcia, sdružujícího přední evropská pracoviště v informatice. Na 10. zasedání ERCIM v říjnu 1999 v Amsterdamu byl prezentován příspěvek UI AV ČR k řešeným projektům. EuroMISE Centrum dále spolupracovalo se zdravotnickými a akademickými institucemi při řešení grantů a výzkumných projektů. Jedná se zejména o spolupráci s Všeobecnou fakultní nemocnicí v Praze, Fakultní nemocnicí na Královských Vinohradech, Fakultní nemocnicí v Motole, Nemocnicí na Homolce, Revmatologickým ústavem, Embryologickým ústavem, a ústavy AV ČR (ÚTIA, ÚEM). Byly řešeny hlavně úlohy interdisciplinárního výzkumu, které vyžadovaly fundovanou statistickou analýzu. Hlavní výzkumné granty probíhaly s podporou IGA MZ ČR. Ve spolupráci s firmou DIAMO s.p. probíhal výzkum řešící problematiku kontaminace podzemních vod.

#### **a) Společné grantové projekty**

- *Longitudinální dvacetileté sledování mužů s rizikovými faktory aterosklerózy- vliv intervence na morbiditu a mortalitu*, IGA MZ ČR 4038-3, 1. IF UK a VFN v Praze 2
- *Mírná hyperhomocystenemie v české populaci: analýza genetických faktorů u pacientů s aterosklerózou*, IGA MZ ČR, M-26-3, 1.LF UK a VFN v Praze, 3.LF UK a nemocnice na Vinohradech
- *Genetic regulation of IgE expression - implications for human atopic diseases*. IGA MZ ČR, M-4780-3
- *Cooperation of the Czech republic with CERN*, MPO č. RP-4210/69/97, spolu s FZÚ AV ČR, MFF UK a FJFI ČVUT.

#### **b) Projekty na základě dohod**

- *Predikce koncentrací přízemního ozonu*. (s ČHMÚ).
- *Predikce spotřeby zemního plynu*. (s Pražskou plynárenskou a.s. a se Západočeskou plynárenskou a.s.)
- *Analýza teplotních závislostí v různých místech středočeského regionu pro potřeby plynárenského dispečinku*. (se Středočeskou plynárenskou,a.s.)

- V rámci spolupráce s firmou I.C.C.C. v oblasti využívání *paralelních výpočetních systémů* byl instalován systém Silicon Graphics Origin 2000, ke které mají přístup všechna akademická pracoviště.

#### **d) Odborné expertízy**

Pracovníci ÚI vykonávají funkce auditora Společnosti pro Cenu České republiky za jakost (v oblasti výpočetní techniky a informatiky), auditora systémů jakosti podle norem ISO 9000 a hodnotitele Evropské ceny za jakost. Jeden pracovník je členem vědecké rady programu výzkumu a vývoje TECHNOS Ministerstva průmyslu a obchodu.

### **4. Mezinárodní vědecká spolupráce**

#### **a) Zahraniční granty**

- HC 4008 I4C-*TripleC (Integration and Communication for Continuity of Cardiac Care)* 4.RP
- IC15-CT980315 *MGT (Medical Guideliness Technology)* 4. RP
- HC 1108 IT EDUCTRA *Information Technologies, Education and Training* 4. RP
- Společný projekt CNR - AV ČR 01/1 *Teorie, numerická analýza a aplikace metod řešení velkých řídkých soustav lineárních algebraických rovnic*
- Společný grant s NSF DMS-9802919
- *Suboptimal PID Control*, grant belgické národní agentury s Katolickou Universitou Louvain, Belgie
- *Sdružený evropský projekt CERN*, společně s FZÚ (nositel), MFF UK, FJFI ČVUT.
- INCO-COPERNICUS 96-0195: *ALTEC – KIT (Algorithms for Future Technologies – Keep in Touch)*
- COST Action 15 *Many-valued logic for computer science applications.*
- *Barrande 99010-1– Aplikace neuronových sítí pro triggering událostí ve fyzice elementárních částic.* University Marseille and University EcoleNormale Paris
- INCO-COPERNICUS 977 066 – *HIPERGEOS II: High Performance Computing in Geosciences*

#### **b) Nejvýznamnější výsledky spolupráce**

Objev vyváženého nastavení PI(D) regulátoru. Principem nastavení je rovnost mezi proporcionálními a integračními akčními zásahy měřenými pomocí ITAE (Integral-Time-Absolute-Error) kritéria. Jde o neagresivní suboptimální nastavení, které po všech stránkách vyhovuje nárokům na moderní regulaci. Podařilo se formulovat jednoduchá pravidla a odvodit iterační algoritmus vedoucí k takovému nastavení.

Spolupráce s katedrou aplikované matematiky na universitě v Jyvaskyle (aplikace metod nehladké optimalizace na řešení hemivariačních nerovnic) a s katedrou aplikované matematiky v Bergamu (numerické řešení systémů lineárních a nelineárních rovnic).

Nalezení podstatné souvislosti teorie úplného problému nejmenších čtverců a iteračních metod pro řešení systému lineárních algebraických rovnic. Nalezení robustního předpokládání pomocí přibližných inverzí pro metodu sdružených gradientů.

ÚI je zkušební organizací (podle licenční smlouvy s holandskou nadací EXIN) česko-holandského projektu AMBI, která prověřuje znalosti absolventů řady speciálních kurzů z oblasti informatiky. V roce 1999 uděleno 50 certifikátů.

#### **c) Nejdůležitější uskutečněné akce**

- *ICALP'99 — 26-th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming*, 11.-15.července, Praha.
- *SOFSEM'99 — 26th Annual Conference on Current Trends in Theory and Practice of Informatics*, 27. listopadu – 4. prosince, Milovy.

- *COST Action 15 - Many-valued logic for computerscience workshop*, Praha 28.-30. října.
- Mezinárodní zasedání evropských projektů *TripleC*, dne 16. dubna 1999, a *MGT*, dne 17.11.1999.
- Konferenci se zahraniční účastí *Lékařská doporučení pro kardiologii*, Praha, 16. 11. 1999

#### **d) Předpokládané okruhy činnosti v příštím roce**

V oblasti numerické matematiky se bude zkoumat teorie matic, teorie Krylovských metod, implementace a numerická stabilita iteračních metod, předpodmínění iteračních metod a výpočty na paralelních počítačových architekturách. Bude probíhat vývoj metod vnitřního bodu pro nelineární a nekonvexní úlohy matematického programování. Vytvoří se nová verze interaktivního programového systému pro univerzální funkcionální optimalizaci UFO. Budou se zkoumat numerické metod souvisejících s řešením kontaktních úloh, jež se aplikují v oblasti věd o Zemi a biomechaniky.

V oblasti nelineárního modelování proběhnou další analýzy klimatických řad, detekce oscilací klimatu a jejich souvislostí se sluneční variabilitou a slunečními cykly. Bude se pokračovat v návrhu metod pro optimální větvení stromových struktur, návrhu predikčních metod s ohledem na chování extrémálních hodnot časových řad, analýza a modelování rizika onemocnění na základě medicínských laboratorních dat. V rámci projektu 5. RP EU budou navrženy metody pro predikci koncentrací přízemního ozonu v Evropském regionu.

Vědecko-výzkumná činnost EuroMISE se soustředí na elektronické záznamy o nemocných a jejich užití ve zdravotnictví, systémy pro podporu rozhodování, práci s nejistotou, analýzu dat, měření závislosti, přístupy teorie informace, mnohorozměrné statistické metody, matematické modely v genetice a epidemiologii a výuku s užitím nových informačních technologií.

V matematické logice bude pokračovat výzkum matematických základů usuzování za vágnosti a nejistoty (fuzzy logika, pravděpodobnostní a possibilistické metody, teorie domněnkových funkcí); rozvoj metody GUHA — automatického generování hypotéz — a její programová implementace.

V oblasti neuronových sítí bude probíhat výzkum biologicky motivovaných sítí s lambda-theta mechanismem; analýza aproximačních vlastností a složitosti neuronových sítí a využití Kohonenových neuronových sítí pro rozpoznávání drah nabitých částic v experimentech b-fyziky. Budou se charakterizovat množiny funkcí, které lze aproximovat neuronovými sítěmi nízké složitosti. Dále se předpokládá výzkum „bublinového“ bezprametrického neuronového klasifikátoru zejména pro klasifikaci do dvou tříd. Vznikne systém pro vzdálenou PID regulaci prostřednictvím WWW.

V teoretické informatice pokračuje výzkum výpočetní složitosti, kognitivních a neuronových výpočtů, distribuovaného prostředí a objektově orientovaných systémů.

## Příloha 1: Anotace významných výsledků

### 1. Strakoš a kolektiv: Konvergence iteračních metod řešení velkých diskrétních systémů

Jedním z významných výsledků, kterých dosáhl náš ústav v uplynulém roce 1999, je vyřešení dlouho otevřeného problému základního výzkumu v oblasti aplikované lineární algebry. Mezi tíživé problémy řešení diskrétních systémů, které vznikají převáděním velké části úloh z matematického modelování přírodních a technologických dějů, patří problematika velmi rozsáhlých systémů. Metody, které se v současné době používají k nalezení jejich řešení, můžeme klasifikovat přibližně do dvou skupin: metody přímé a metody iterační. Právě tato druhá skupina obsahuje obrovský potenciál k rutinnímu řešení soudobých úloh, které používají k diskretizaci především metodu konečných prvků.

Otázkami konvergence iteračních metod, které zahrnují v konečném důsledku problémy odhadnutelnosti doby pro získání řešení diskrétního problému, se ústav zabývá dlouhá léta. Během uplynulých dvou let se podařilo získat zásadní výsledek, jehož podstatou jsou velmi přesné odhady konvergenční křivky iterační metody GMRES, ale zahrnují vyřešení mnoha otevřených a obtížných problémů souvisejících s teorií úplného problému nejmenších čtverců a teorií matic.

Výsledek byl dosažen v mezinárodní spolupráci Strakoš - Paige (McGill University), ale navazuje i na předchozí výsledky dalších pracovníků ústavu. Je popsán v několika společných pracích výše zmíněných autorů, které byly zaslány k publikaci.

### 2. Kůrková a kolektiv: Spojitost a přesnost aproximace neuronovými sítěmi

V návaznosti na předchozí výzkum aproximačních vlastností neuronových sítí se podařilo dokázat důležitý výsledek o složitosti aproximace v závislosti na počtu proměnných.

Byly porovnány aproximační vlastnosti neuronových sítí a lineárními metodami. Bylo ukázáno, že značné složitostní nároky lineárních metod neplatí pro neuronové sítě. Konkrétně jde o složitost rostoucí exponenciálně s počtem proměnných, která plyne ze spojitosti aproximačních operátorů.

Podařilo se dokázat, že v prostorech funkcí  $L_p$ , kde  $p \in [1, \infty)$  existuje zobrazení nejlepší aproximace do množiny funkcí, které lze počítat neuronovými sítěmi s jednou skrytou vrstvou s  $n$  perceptrony s nespojitou Heavisidovou aktivační funkcí. Pro  $p \in (1, \infty)$  tato nejlepší aproximace není spojitá.

Výsledek je publikován v následujících pracích:

- Kainen, P.C., Kůrková, V., Vogt, A.: Geometry and topology of continuous best and near best approximations. *Journal of Approximation Theory*, v tisku.
- Kainen, P.C., Kůrková, V., Vogt, A.: Best approximation by Heaviside perceptron networks, zasláno do *Neural Networks*.