

# Výroční zpráva o činnosti Ústavu informatiky AV ČR v roce 1998

## 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 65 vědeckých pracovníků (průměrný přepočtený počet 53 pracovníků).

### b) Nejdůležitější výsledky

Nejdůležitějšími výsledky vědecké činnosti ústavu jsou publikace poznatků v oboru informatiky. V roce 1998 bylo publikováno nebo přijato do tisku 18 knih nebo jejich částí, 106 článků v odborných časopisech, 96 příspěvků ve sbornících vědeckých konferencí a 37 výzkumných zpráv. Kromě dvou významných monografií uvedených v anotacích dosáhl ústav následujících hlavních výsledků.

V oblasti teoretické informatiky byl rozpracován výpočetní model kognitivní činnosti a vypracován nástin algoritmického vysvětlení rozvoje a fungování mysli. Pro neuronové sítě s diskretním i spojitém časem byly dokázány vyšší dolní odhady pro čas konvergence než bylo známo u lineárních modelů. Byl nalezen efektivní algoritmus pro testování splnitelnosti a ekvivalence jedné třídy branching programů. (B)

Původní metoda určování markerů pro učení neuronových sítí byla aplikována v medicíně, chemii a leteckém průmyslu. (C)

V oblasti zpracování signálů byla navržena originální inovace metody Monte Carlo SSA (singular system analysis) na detekci signálů vnořených v barevných šumech. V oblasti metod analýzy dat založených na stromové struktuře bylo navrženo vylepšení algoritmů pro vyhledávání optimálního větvení. (B)

V modelování průběhů tlaku v cévním systému bylo ukázáno, že je-li distribuce časových odstupů mezi srdečními tepy příliš úzká, je tento fakt nepříznivý z hlediska tlaků v různých místech cév, což objasňuje empirická zjištění lékařů. Byly navrženy predikční modely na bázi umělých neuronových sítí a Kalmanových filtrů pro předpověď výskytu možného překročení imisních limitů přízemního ozónu. (C)

V oblasti neuronových sítí bylo ukázáno, že geometrické vlastnosti množin funkcí počítatelných neuronovými sítěmi způsobují nespojitost aproximačních operátorů, což má za následek, že se dolní meze na přesnost aproximace omezující možnosti lineárních aproximačních schémat nevztahují na neuronové sítě. Byly popsány třídy funkcí, které lze aproximovat neuronovými sítěmi, na něž se nevztahuje jev tzv. prokletí dimenzionality. Byl vyvinut genetický algoritmus učení neuronových sítí prohledávající minimální parametrický prostor. (B)

Byl odvozen algoritmus suboptimálního nastavení PID regulátoru, který je ve všech směrech lepší, než dosud známá řešení. (C)

V oblasti práce s nejistotou byla vypracována metodika vhodná pro bodové odhady za nejméně příznivých podmínek, kdy je předpokládáno rozdělení nesymetrické a s těžkými konci. Byla dokončena podrobná analýza Dempster-Shaferovy teorie pomocí nástrojů teorie pravděpodobnosti. Byly systematicky a organicky uspořádány dosavadní jednotlivé výsledky v tomto směru. Řada nových výsledků a zobecnění D.-S. teorie byla získána vhodným použitím metodiky teorie pravděpodobnosti. Byly položeny formální základy fuzzy logiky jako druhu vícehodnotové logiky. (B)

Výzkum v oblasti lineární algebry se zaměřil zejména na teorii speciálních matic, řešení soustav lineárních algebraických rovnic přímými i iteračními metodami s důrazem na numerickou stabilitu a metody předpokládání iteračních metod. Byly nalezeny nové souvislosti mezi maticemi a grafy, a překvapivé odhady pro velikost rezidua v problému nejmenších čtverců. (B)

Vznikly nové paralelní implementace předpokládaných iteračních metod pro velmi rozsáhlé lineární systémy. (C)

V oblasti nelineární numerické matematiky byly vyvinuty globálně konvergentní metody s proměnnou metrikou pro konvexní i nekonvexní nehladkou optimalizaci. V oblasti nelineární analýzy rozsáhlých systémů byly vyvinuty globálně konvergentní metody pro řešení soustav nelineárních rovnic a metody rekurzivního kvadratického programování pro řešení optimalizačních úloh s omezeními ve tvaru rovností. (B)

Vznikla nová verze interaktivního programového systému pro univerzální funkcionální optimalizaci UFO. Byly vyvinuty metody pro řešení kontaktních úloh se třením a aplikovány na problémy biomechaniky, geomechaniky a geodynamiky. (C)

V oblasti medicínské informatiky byly vyvinuty metody vzdělávání a vyhodnocování znalostí s využitím nových informačních technologií projektu IT EDUCTRA. Vznikla učebnice „Základy statistiky pro biomedicínské obory“ a její elektronická verze a byl vytvořen počítačový program ExaME. (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 spolupořadatelem semináře Telemedicína ve spolupráci se Společností pro kybernetiku a informatiku. V časopise Lékař a technika byly publikovány popularizační články, referáty a recenze. Prof. Fiedler byl místopředsedou ÚV Matematické olympiády.

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

Problémy odchodu mladých nadaných vědců přetrvávají již několik let (v roce 1998 odešli 4 doktorandi).

### **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 a VA Brno. Spolupráce zahrnuje společné řešení grantových projektů, organizaci mezinárodních vědeckých konferencí a výuku a vedení studentů.

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

Ve společné laboratoři ÚI AV ČR a FD ČVUT probíhal výzkum v oblasti nelineárních predikčních metod. Byly zdokonaleny metody pro predikci dopravních kongescí a probíhal vývoj pro predikci koncentrací škodlivin v ovzduší, zejména z hlediska výskytu fotochemického smogu. Ve spolupráci s LFUK Hradec Králové byla nalezena optimalizovaná neuronová síť, která pomáhá stanovit optimální dobu pro podání náplavu trombocytů pacientům s iatrogení trombocytopenií. 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, jako např. Medical Informatics a Stochastica '98.

#### **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. EuroMISE Centrum spolupracovalo zejména s dalšími zdravotnickými a akademickými institucemi, jako je Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Fakultní nemocnice na Královských Vinohradech, Fakultní nemocnice v Motole, Nemocnice na Homolce, Revmatologický ústav, Embryologický ústav, Státní kriminalistický ústav a Ústav experimentální medicíny. Byly řešeny hlavně úlohy interdisciplinárního výzkumu, které vyžadovaly fundovanou statistickou analýzu.

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

- *Predikce fotochemického smogu*, MŽP VaV/520/2/97, společně s ČHMÚ
- *Polymorfismus kandidátních genů osob s rodinnou dispozicí k hypertenzi, jejich sourozenců a rodičů*, IGA MZ ČR 3792-3
- *Longitudinální dvacetileté sledování mužů s rizikovými faktory aterosklerózy- vliv intervence na morbiditu a mortalitu*, IGA MZ ČR 4038-3
- *Mírná hyperhomocystenemie v české populaci: analýza genetických faktorů u pacientů s atherosklerózou*, IGA MZ ČR, M-26-3
- *Genetic regulation of IgE expression - implications for human atopic diseases*. IGA MZ ČR, M-48-3,
- *Cooperation of the Czech republic with CERN*, MPO č. RP-4210/69/97, spolu s FZÚ AV ČR, MFF UK a FJFI ČVUT.
- *Predikce vzniku krvácivých stavů při iatrogení trombocytopenii pomocí umělých neuronových sítí*, IGA MZ 3773-3:
- *Corba Comparisson*, MLC Ratingen

#### **b) Projekty na základě dohod**

V rámci spolupráce s firmou I.C.C.C. v oblasti využívání paralelních výpočetních systémů byla instalována první část systému 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), předsedy a členů Zkušební komise pro získání certifikátu č.15 QPI – Manažer projektů informačních systémů a člena Rady programu výzkumu a vývoje TECHNOS MPO ČR.

#### 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
- *Suboptimal PID Control*, grant belgické národní agentury
- *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 – Aplikace neuronových sítí pro triggering událostí ve fyzice elementárních částic.*
- *Mortality Pattern Prediction in Worker Cohorts*, Westlakes Research Institute, Cumbria, England.
- HC 1108 IT *EDUCTRA Information Technologies, Education and Training* 4. RP
- INCO-COPERNICUS 977 066 – *HIPERGEOS II: High Performance Computing in Geosciences*

##### b) Nejvýznamnější výsledky spolupráce

Ve spolupráci s SCSC/CSCS ETH Zürich byla teoreticky vysvětlena rozdílná přesnost implementací iteračních metod založených na matematicky ekvivalentních tříčlenných a dvoučlenných rekurencích. Spolupráce s Los Alamos National Laboratory vedla k vytvoření paralelního iteračního řešiče pro řešení lineárních systémů, který je pro řadu aplikačních úloh s nestrukturovanými sítěmi nejhodnější alternativou. V oblasti zpracování signálů probíhala spolupráce s Universitou v Jeně, při níž byla originální metoda na detekci fázové synchronizace úspěšně aplikována při studiu kardio-respiračního systému savců. Ve spolupráci s katedrou aplikované matematiky univerzity v Jyväskylä byla u nás vyvinutá svazková Newtonova metoda aplikována na řešení hemivariačních nerovnic. Ve spolupráci s University of Nijmegen a Université Libre de Bruxelles byly vyvinuty optimální algoritmy pro úlohy elasticity a plasticity, které byly společně s CMRI Dhaubod a CBRI Roorkee aplikovány na úlohy stability povrchových dolů. 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 1998 uděleno 68 certifikátů.

##### c) Nejdůležitější uskutečněné akce

- *Logic Colloquium'98* – přední evropská konference v matematické logice.
- *Mathematical Modelling and Computational Methods in Mechanics and Geodynamics*, konference IMACS
- Mezinárodní kurs *Medical Informatics*, EuroMISE Centrum, Praha
- Konference *Stochastica '98*, sekce *Biomedical and Environmental Statistics*
- Přednášky na seminářích projektu *IT EDUCTRA* (Madrid), *TripleC* (Rotterdam, Bratislava)

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

## **Příloha 1: Anotace významných výsledků**

- ***Numerical Modelling in Applied Geodynamics*, Nedoma J., John Willey and sons, 1998, 966 stran**

Cílem monografie je poskytnout matematické základy a metody pro analýzu geofyzikálních problémů pro globální geodynamické modely Země a planet. V monografii jsou presentovány numerické metody založené na variačních formulacích modelových úloh geofyzikálních polí. Důraz je kladen na variační přístup řešených úloh a numerické řešení středových úloh vycházejících z fyzikální podstaty vyšetřovaných problémů. V monografii je uvedena řada aplikací geodynamických a tektonických modelů, které souvisí s výstavbou trvalých uložišť jaderného odpadu a staveb za kritických podmínek jako hlubinných dolů, vodních přehrad apod.

- ***Metamathematics of fuzzy logic*, Hájek, P., Kluwer, 1998, 308 stran**

Monografie představuje systematický výklad deduktivních aspektů a struktur fuzzy logiky chápané jako vícehodnotová logika svého druhu. Jsou definovány základní systémy reálně-hodnotového výrokového a predikátového počtu (založené na pojmu spojitě t-normy) a jsou vyšetřeny jejich logické vlastnosti (úplnost, výpočetní složitost, (ne)rozhodnutelnost apod.). Cílem je ukázat, že fuzzy logika jakožto logika nepřesných (vágních) výroků má dobré formální základy a že většina postupů obvykle nazývaných „fuzzy inference“ může být přirozeným způsobem chápána a vyšetřována jako logická dedukce. Kniha obsahuje množství nových výsledků, které systematicky vykládá v kontextu dosavadních vědomostí o vícehodnotových logikách. Je určena matematikům, logikům, informatikům, specialistům umělé inteligence a znalostního inženýrství, jakož i tvůrcům fuzzy systémů.