

# Výroční zpráva o činnosti Ústavu informatiky a výpočetní techniky Akademie věd České Republiky v roce 1997

## 1. Vědecká činnost pracoviště

### 1. a) Stručná charakteristika

ÚIVT 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 64 vědeckých pracovníků (průměrný přepočtený počet 54 pracovníků).

### 1. b) Nejdůležitější výsledky

Nejdůležitějšími výsledky vědecké činnosti ústavu jsou publikace poznatků v oboru informatiky. V roce 1997 byly publikovány nebo přijaty do tisku 2 knihy, 16 částí knih, 94 článků v odborných časopisech, 78 příspěvků ve sbornících vědeckých konferencí a 37 výzkumných zpráv.

V oblasti matematického zpracování nejistoty byly systematicky vypracovány striktně logické základy pojmu důsledku, dokazatelnosti a pravdivosti pro výroky zatížené vágností (systémy výrokového a predikátového počtu, analýza aproximativní inference a fuzzy řízení).

Výzkum v oblasti lineární algebry se zabýval teorií speciálních matic, přímým řešením soustav lineárních algebraických rovnic, rozklady řídkých matic a aproximací jejich inverze, konvergenčí a numerickou stabilitou iteračních metod a numerickým řešením úloh proudění a transportu chemických látek v porézním prostředí. Byl vyřešen obtížný problém z teorie bikvadratických forem, který podává částečné řešení úlohy, jíž se kdysi zabýval i D. Hilbert. Byl vytvořen numerický software schopný na dostupné technice řešit lineární soustavy s více než milionem proměnných.

V oblasti nelineární algebry byla vyvinuta velmi efektivní svazková metoda Newtonova typu pro řešení úloh nehladké optimalizace, jež byla aplikována pro řešení semivariačních rovnic. Vznikla nová verze softwarového optimalizačního systému UFO. Byl vytvořen geodynamický a matematický model styku Karpat a Českého masivu a kolize indické desky s eurasijskou deskou.

V oblasti neuronových sítí probíhal matematický výzkum aproximačních vlastností vrstevnatých sítí, vznikly aplikace neuronových sítí na problémy fyziky elementárních částic a adaptivního řízení, byly zkoumány neuronové sítě inspirované biologickými principy.

V oblasti nelineární predikce časových řad byla vyvinuta originální metoda na detekci fázové synchronizace v experimentálních časových řadách s oscilacemi a šumem. Metoda byla použita pro studium vztahů mezi cykly slunečních skvrn a oscilacemi v dlouhodobých teplotních záznamech. V oblastech analýzy přežití a predikční diagnostiky byla navržena metoda pro dlouhodobou predikci úmrtnosti zaměstnanců jaderného průmyslu.

V oblasti kognitivních výpočtů byl vypracován přehled počítačových modelu mozku a dále rozpracován původní model tzv. kogitoidu. V oblasti omezených modelů výpočtu byla studována efektivita turingovských výpočtů s omezenou alternací, programy s větvením a kombinatorické problémy v booleovské složitosti. Studovaly se efektivní genetické a neuronové učící algoritmy. Byla vypracována metodika pro určování markerů pro učení vícevrstevných neuronových sítí.

V oblasti medicínské informatiky byly vyvinuty algoritmy pro extrakci relevantní informace z medicínských databází, algoritmus a prototyp programu HYPERTENZE pomáhajícího při výběru optimální terapie esenciální hypertenze a algoritmus a prototyp programu E.T. pro rychlé zpracování dat z epidemiologických studií, které jsou využívány v mezinárodních kursech EuroMISE Centra a ve výuce a výzkumu absolventy EuroMISE kursů.

### 1. c) Uplatnění hodnocení grémia AV ČR

Nejdůležitější opatření vycházející ze závěrů hodnotitelského grémia AV jsou: vznik samostatného oddělení ze skupiny aplikované lineární algebry; zřízení společné laboratoře s Dopravní fakultou ČVUT věnované aplikovanému výzkumu; podpis dohody o spolupráci Akademie s firmou ICCG, která za výhodných podmínek zpřístupňuje ústavům vysoce výkonné superpočítače; zvýšení platové třídy několika vědeckým pracovníkům.

### 1. d) Nejvýznamnější popularizační aktivity

EuroMISE Centrum zorganizovalo společně s Českou společností pro kybernetiku a informatiku, Českou společností biomedicínského inženýrství a lékařské informatiky ČLS JEP seminář Současný stav a perspektivy systémů pro podporu rozhodování ve zdravotnictví.

Prof. Fiedler je místopředsedou ÚV Matematické olympiády. Prof. Hájek přednesl tutoriály o fuzzy logice na konferencích IFSA'98 Praha a FUZZ-IEEE'98 Barcelona. V Časopise lékařů českých byl doc. Zvárovou publikován přehledový článek Medicínská informatika–systémy pro podporu rozhodování.

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

Problémy odchodu mladých nadaných vědců přetrvávají již několik let (v roce 1997 odešli 4 doktorandi).

## **2. Spolupráce s vysokými školami a dalšími domácími institucemi**

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

#### *(i) Nejdůležitější výsledky 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. V tomto roce byly ve spolupráci s vysokými školami spolupořádány tyto mezinárodní konference: IMPC '97 (MFF UK), PASE '97 (VŠE Praha), ECSAP '97 (VŠCHT Praha), IFSA '97 a WUPES '97. Ve spolupráci s FJFI ČVUT a MFF UK ústav zajišťuje vědeckou výchovu v doktorandském studiu. Byla založena Společná laboratoř spolehlivostních systémů Fakulty dopravní ČVUT a UIVT AV ČR.

#### *(ii) Výsledky činnosti společných pracovišť ústavu a vysokých škol*

V ústavu aktivně pracuje Evropské centrum pro medicínskou informatiku, statistiku a epidemiologii UK a AV ČR (EuroMISE Centrum), které je ustaveno jako společné pracoviště ÚIVT AV ČR a MFF UK. EuroMISE Centrum je interdisciplinární vědecko-pedagogické pracoviště se zaměřením na oblast biomedicíny, které vzniklo v roce 1994 s podporou evropských projektů JEP 4358 programu TEMPUS (výuka) a JRP 10053 COPERNICUS (výzkum). EuroMISE 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 EuroMISE kursů.

#### *(iii) 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).

### **2. b) Spolupráce s dalšími mimovysokoškolskými výzkumnými a mimoakademickými pracovišti**

ÚIVT personálně i technicky zajišťuje práci České společnosti pro kybernetiku a informatiku, předseda, vědecká tajemnice i účetní ČSKI jsou zaměstnanci ÚIVT. Ve spolupráci s ČSKI se organizují pravidelné semináře se zahraniční účastí.

Pokračovala spolupráce s firmou ICCO Praha v oblasti nových architektur počítačových sítí a paralelního počítání. V budově ústavu bylo vybudováno superpočítačové pracoviště, vybavené 16-procesovou verzí počítače HP-CONVEX SPP 1200, které umožňuje ústavům Akademie věd přístup k moderní výkonné výpočetní technice. EuroMISE Centrum spolupracovalo zejména s dalšími zdravotnickými a akademickými institucemi, jako je Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Fakultní nemocnice na Královských Vinohradech, 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.

### **2. c) Odborné expertízy pro státní orgány a instituce**

Pracovníci ÚIVT vykonávají funkce auditora Společnosti pro Cenu České republiky za jakost (v oblasti výpočetní techniky a informatiky), předsedy Zkušební komise pro získání certifikátu č.15 QPI – Manažer projektů informačních systémů a člena Rady programu výzkumu a vývoje TECHNOS MPO ČR.

## **3. Mezinárodní vědecká spolupráce**

### **3. a) Nejvýznamnější vědecké výsledky**

Ve spolupráci s SCSC/CSCS ETH Zürich byla teoreticky vysvětlena rozdílná přesnost implementací iteračních metod založených na matematicky ekvivalentních tříčlenných a dvoučlenných rekurencích. Společně s IAN CNR Pavia byla popsána úplná parametrizace množiny všech matic a pravých stran, pro které zobecněná metoda minimálních reziduí generuje předepsanou konvergenční křivku zatímco matice má předepsaná vlastní čísla.

Ve spolupráci s Endokrinologickou fakultní nemocnicí v Hannoveru byla provedena analýza hormonálních a kalciových časových řad. Společně s Westlakes Research Institute, Cumbria, England byla zkoumána predikce úmrtnosti na různá onemocnění zejména v kohortách zaměstnanců jaderného průmyslu. Součástí projektu byla i analýza mortality celkové populace Anglie a Walesu.

V rámci projektu COST Action 15 Evropské unie „Many-valued logic for computer science applications“ byly vytvořeny logické základy pojmu důsledku, dokazatelnosti a pravdivosti pro výroky zatížené vágností. Tato práce vyústila v monografii „Metamathematics of fuzzy logic“, jež vydává nakladatelství Kluwer v roce 1998.

### 3. b) Nejdůležitější uskutečněné akce

- *PASE '97 – Parallel Applications in Statistics and Economics*, spoluorganizátor: Swiss Centre for Scientific Computing, ETH Zürich, Research Institute for Applied Economics, Zuerich a VŠE Praha,
- *ECSAP '97 – The First European Conference on Signal Analysis and Prediction*, spoluorganizátor: VŠCHT Praha, European Association for Signal Processing EURASIP, FEL ČVUT, ÚRE AV ČR,
- *IFSA '97 - International fuzzy sets association congress*,
- *WUPES '97 – Workshop on Uncertainty Processing in Expert Systems*,
- *IMPC '97 – Czech – U.S. Workshop on Iterative Methods and Parallel Computing*,
- *SOFSEM '97 – Software Seminar*, ve spolupráci s MU Brno, MFF UK Praha, UK Bratislava,
- *Statistics in Clinics and Epidemiology*, EuroMISE Centrum,
- *Medical Informatics*, EuroMISE Centrum.

### 3. c) Výčet zahraničních grantů a projektů

- NSF grant na organizaci konference *IMPC '97*.
- *Sdružený evropský projekt CERN*, součástí je grant MPO ČR, RP – 4210/69/97. Společně s FZÚ (nositel), MFF UK, FJFI ČVUT.
- INCO-COPERNICUS 96-0195: *ALTEC – KIT (Algorithms for Future Technologies – Keep in Touch)*, Spolupráce 9 akademických a univerzitních institucí z Holandska, Německa, Francie, Polska, Maďarska, Slovenska a České republiky. Součástí je grant MŠMT ČR č. OK-304.
- COST Action 15 „*Many-valued logic for computer science applications*“.
- ÚIVT je společně s ÚTIA AV ČR, MFF UK Praha a FI MU Brno členem *Českého výzkumného konsorcia pro informatiku a matematiku (CRCIM)*, v rámci kterého se podílí na aktivitách Evropského konsorcia ERCIM se sídlem v Paříži. Členy ERCIMu tvoří 13 dalších evropských států.
- *Barrande – Aplikace neuronových sítí pro triggering událostí ve fyzice elementárních částic*. Grant MŠMT ČR č. 97052, společně s DAPNIA/SPP CEA – Saclay, Gif-sur-Yvette.
- Grant Westlakes Research Institute, Cumbria, England „*Mortality Pattern Prediction in Worker Cohorts*“.
- Projekt 4. rámcového programu IT EDUCTRA „*Information Technologies, Education and Training*“.
- Zkušební činnost v rámci česko-holandského projektu *AMBI*. ÚIVT je zkušební organizací (podle licenční smlouvy s holandskou nadací EXIN), která prověřuje znalosti absolventů řady speciálních kurzů z oblasti informatiky.
- Ustanovení „*NeuralWare Technology Teaching Center*“ v rámci Společné laboratoře spolehlivostních systémů FD ČVUT a ÚIVT AV ČR za grantové podpory firmy NeuralWare, Inc., Pittsburgh, USA.

## 4. Předpokládané hlavní okruhy vědecké činnosti v příštím roce

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.

Výzkum vlastností speciálních matic, řešení rozsáhlých a řídkých lineárních systémů a jejich aplikace na ekologickou problematiku, výzkum metod s proměnnou metrikou pro nehladkou optimalizaci a jejich implementace do programového systému.

Detekce netriviálních dynamických módů v barevném šumu s aplikacemi na klimatické oscilace v solárně-terrestrických časových řadách. Aplikace entropických měř na biomedicínské problémy a další rozvoj moderních metod analýzy nelineárních časových řad. Návrh metod pro předpověď výskytu fotochemického smogu a možného překročení ozónových imisních limitů.

Výzkum biologicky motivovaných neuronových sítí s lambda-theta mechanismem; analýza aproximačních vlastností a složitosti neuronových sítí; využití Kohonenových neuronových sítí pro rozpoznávání drah nabitých částic v experimentech b-fyziky.

Výzkum výpočetní složitosti, kognitivních a neuronových výpočtů, distribuovaného prostředí a objektivě orientovaných systémů.

Aplikace metod zpracování biomedicínských dat (modelování rizika onemocnění, podpora rozhodování, analýza dat, epidemiologické studie a genetické modely), algoritmy pro extrakci relevantní informace z medicínských databází.

## 5. Anotace nejvýznamnějších výsledků pracoviště

### 5. a) Teoretické otázky neuronových sítí

Autoři: J. Šíma, R. Neruda

V českém prostředí doposud chyběla kniha, která by systematicky vykládala oblast umělých neuronových sítí z hlediska matematiky a informatiky. Uvedená monografie se skládá ze tří částí, z nichž první slouží jako úvod do problematiky neuronových sítí a stala se využívanou učebnicí pro kurzy neuronových sítí na mnoha univerzitách v České a Slovenské republice. Další dvě teoretické části monografie se zabývají výpočetními a funkcionálními aspekty neuronových sítí a matematicky analyzují vlastností v praxi užívaných modelů. Tato část obsahuje nejnovější poznatky — včetně původních výsledků autorů — které jsou mnohdy dostupné jen v odborných článcích. Vytváří tak uniformní základ složitostní a funkcionální teorie neuronových sítí.

*Publikace:*

*J. Šíma, R. Neruda: Teoretické otázky neuronových sítí, MATFYZPRESS, MFF UK Praha, 1997, 390 pp.*

### 5. b) Teorie a software pro úlohu proudění

Autoři: J. Maryška, M. Rozložník, M. Tůma

Na základě teoretické analýzy byl J. Maryškou, M. Rozložníkem a M. Tůmou navržen a implementován řešič pro úlohu potenciálového proudění v porézním prostředí s použitím smíšené hybridní formulace metody konečných prvků. Způsob řešení výsledné algebraické úlohy je založen na několikanásobné redukci matice soustavy na Schurův doplněk. Výsledky strukturální analýzy umožnily efektivní redukci, výsledky spektrální analýzy vedly k odvození vztahu pro rychlost konvergence použité iterační metody. Vytvořená implementace se používá na běžně dostupné výpočetní technice k řešení lineárních soustav s více než miliónem proměnných.

*Publikace:*

[1] J. Maryška, M. Rozložník, M. Tůma: *Mixed-hybrid finite element approximation of the potential fluid flow problem, Journal of Comp. and Appl. Mathematics* 63 (1995), 383-392.

[2] J. Maryška, M. Rozložník, M. Tůma: *The potential fluid flow problem and the convergence rate of the minimal residual method, Numerical Linear Algebra with Applications, Vol 3(6), 525-542 (1996).*

[3] J. Maryška, M. Rozložník, M. Tůma: *Schur complement systems in the mixed-hybrid finite element approximation of the potential fluid flow problem, submitted to SIAM J. Scient. Comput., (Tech. Report No. 730, ICS AS CR, Praha, 18 pp, 1997).*