

# Výroční zpráva Ústavu Informatiky AV ČR za rok 2003

## 1. Vědecká činnost pracoviště a uplatnění jejích výsledků

Ústav informatiky AV ČR se zabývá základním a aplikovaným výzkumem v informatice a počítačových vědách. Hlavní výzkumné směry tvoří teoretická informatika, umělé neuronové sítě a nelineární modelování, výpočetní matematika a medicínská informatika. ÚI měl ke konci roku 142 zaměstnanců (průměrný přepočtený stav 105,6), z toho je 99 (průměrný přepočtený stav 70,4) vědeckých pracovníků.

Nejdůležitějšími výsledky vědecké činnosti ústavu jsou publikace poznatků v oboru informatiky. V roce 2003 bylo publikováno 10 knih nebo jejich částí, 40 článků v mezinárodních odborných časopisech, 44 příspěvků ve sbornících vědeckých konferencí a 13 výzkumných zpráv.

V oblasti teoretické informatiky byla prozkoumána významná zobecnění základní fuzzy logiky a byly pro ně dokázány věty o úplnosti (B). Byly nalezeny nové metody studia sémantických aspektů výpočtu branching programů (B). Byly také identifikovány další případy emergence super-Turingovské výpočetní síly v evolučních interakčních systémech (B). Byly vyšetřovány posibilistické míry definované jako parciální množinové funkce, vnitřní a vnější míry, minimální posibilistické zúplnění a vzájemné vztahy mezi těmito funkcemi (B). V oblasti teorie učení neuronových sítí byly odvozeny odhady přesnosti aproximace optimálního řešení pomocí sítě dané složitosti, které zahrnují též globální vlastnosti jako např. hladkost a typ oscilací (B). Bylo ukázáno, jak lze pro popis softwarových komponent využít tzv. "protokoly chování", které jsou dostatečně čitelné pro praktické použití při vývoji těchto systémů a dovolují automatizované ověřovat, zda implementace systému odpovídá jeho formálnímu popisu (C).

V oblasti neuronových sítí a nelineárního modelování byly zdokonaleny algoritmy pro optimalizaci shody klasifikačních a regresních stromů s trénovacími daty a vylepšena technologie numerických experimentů (B). Byl navržen model neuronové sítě s přepínacími a korekčními jednotkami pomocí genetických algoritmů, a úspěšně aplikován na separaci simulovaných dat z gama teleskopu Magic (C). Byl formulován nový přístup k řešení známého 13. Hilbertova problému pomocí kvantové mechaniky (B). Bylo prokázáno, že spojitě rozdělení má svou skórovou funkci rozdělení, popisující citlivost jeho těžiště k hodnotě proměnné (B). Byly započaty práce na vývoji asimilačních algoritmů pro regionální modely předpovědi počasí a kvality ovzduší (B).

V oddělení výpočetních metod byly zkoumány zásadní souvislosti metody konjugovaných gradientů s některými klasickými oblastmi matematické analýzy a byl ukázán relativně jednoduchý, ale přitom numericky stabilní způsob jak odhadnout chybu aproximace řešení. Dosažené výsledky vyvracejí některé zažité nepřesné interpretace týkající se chování metody v aritmetice s konečnou přesností a mají i přímý dopad na její praktické implementace (B). Dále bylo navrženo nové předpokládání metody řešení lineárního problému nejmenších čtverců založené na přibližných faktorizovaných inverzích (B). V oblasti analýzy Krylovovských metod byla ukázána souvislost mezi ztrátou ortogonalita vektorů vypočtených pomocí klasického Gram-Schmidtova algoritmu a konvergencí zobecněné metody minimálních reziduí (GMRES) (B). Pokračovala práce na vývoji metod pro řešení rozsáhlých nehladkých nelineárních soustav pocházejících z úloh komplementarity a variačních problémů, jakož i metod vnitřního bodu pro řešení úloh kvadratického a nelineárního programování včetně předpokládání indefinitních KKT-systémů (B). Dále byla rozvíjena teorie speciálních matic (B) a publikovány výsledky týkající se matematického modelování kontaktních problémů elasticity a termoelasticity (C).

V oblasti medicínské informatiky byl vyvinut nový typ minimálního modelu pro kardiologii (C). Nových výsledků bylo dosaženo při vývoji nového typu elektronického zdravotního záznamu

(C). Byly vyvinuty nové přístupy k formalizaci lékařských doporučení pro kardiologii a aplikovány metody data mining pro analýzu medicínských dat (C).

V loňském roce se podařilo získat 6 doktorandů. ÚI popularizuje informatiku zejména organizací Dnů otevřených dveří, články v populárních časopisech (Vesmír, PCWorld, Chip a Computerworld) a spoluprací s Tiskovým odborem KAV.

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

ÚI má dvě společné laboratoře s MFF UK a FD ČVUT a je zastoupen jako hlavní řešitel či spoluřešitel ve třech výzkumných centrech. Oddělení výpočetních metod tradičně spolupracuje a podílí se na výuce na fakultě mechatroniky TU v Liberci, na FJFI ČVUT a ZČU v Plzni. V rámci činnosti výzkumného centra Institut teoretické informatiky (spolu s MFF UK) prokázali řešitelé z ÚI výhody metod založených na rekurzivním dělení oproti optimalizaci shody klasifikačních a regresních stromů. Dále dokázali, že učení i jen jednoho sigmoidálního neuronu je NP-težký problém. V rámci společné Laboratoře spolehlivosti systémů (s FD ČVUT) byl řešen projekt multimediálního vozidla. Řešenou etapou letošního roku byla příprava a laboratorní realizace on-line informační služby regionální předpovědi počasí s využitím elektroniky vozu. V rámci činnosti výzkumného Centra aplikované kybernetiky (spolu s FEL ČVUT) byla na pracovišti ÚI zdokonalena optimalizace návrhu neuronových sítí pomocí genetických algoritmů. Oddělení medicínské informatiky, jež je součástí dvou pracovišť EuroMISE Centra UK a AV ČR a EuroMISE Centra–Kardio, vyvinulo minimální model pro kardiologii, nový typ elektronického zdravotního záznamu a nové přístupy k formalizaci lékařských doporučení pro kardiologii. V těchto oblastech oddělení úzce spolupracuje s Univerzitou Karlovou v Praze (1. lékařská fakulta, Přírodovědecká fakulta a Matematicko-fyzikální fakulta) a Vysokou školou ekonomickou v Praze. Další spolupráce s VŠ probíhala v oblasti numerické matematiky (FJFI ČVUT, TU Liberec), softwarového inženýrství (MFF UK Praha), chemické informatiky (Univerzita Pardubice), regionálních modelů kvality ovzduší (MFF UK Praha), neurofyzologie (3. LF UK) a neuronových sítí (VŠE).

ÚI má akreditovány 4 doktorské studijní programy v oblasti informatiky a aplikované matematiky společně s MFF UK v Praze (Teoretická informatika, Softwarové systémy, Algebra, teorie čísel a matematická logika, Vědecko-technické výpočty) a doktorský studijní program Biomedicínská informatika společně s Univerzitou Karlovou v Praze. Dále má akreditovány dva doktorské studijní programy s FEL ČVUT a jeden s FJFI ČVUT.

## **3. Spolupráce pracoviště s dalšími institucemi a s podnikatelskou sférou**

Na základě hospodářských smluv probíhá spolupráce se Západočeskou plynárenskou, a.s. Plzeň na vývoji matematického modelu pro výpočet nevyfakturované složky zemního plynu (společně s firmou GASIS s.r.o a Soluziona s.r.o. ). Společně s firmou SINCO Praha s.r.o. a s regionálními distribučními plynárenskými společnostmi se ÚI AV ČR podílí na vývoji a zdokonalování predikčních modelů pro spotřebu zemního plynu. V roce 2003 započala dlouhodobá spolupráce s firmou Deloitte&Touche na využití numerického modelu pro předpověď počasí pro potřeby elektroenergetiky. EuroMISE Centrum – Kardio jako společné pracoviště tvoří rovněž Všeobecná fakultní nemocnice v Praze a Městská nemocnice v Čáslavi. EuroMISE centrum a oddělení medicínské informatiky úzce spolupracují i s dalšími zdravotnickými pracovišti, například Revmatologickým ústavem, Státním zdravotním ústavem, Vinohradskou nemocnicí, Vojenskou nemocnicí ve Střešovicích, Fakultní nemocnicí na Bulovce, Fakultní nemocnicí v Motole a IKEM. Ve spolupráci s Elektrotechnickým zkušebním ústavem Praha byly prováděny předcertifikační, certifikační a dozorové audity Systému jakosti podle norem ČSN EN ISO 9000 v organizacích, zabývajících se vývojem hardware, software a informačních technologií.

ÚI má zástupce v radě ředitelů Evropského výzkumného konsorcia pro informatiku a matematiku ERCIM, v radě INTAS, ve vědecké radě programu TECHNOS MPO ČR, experty MZ ČR v oblasti standardizace a informačních systémů a experty Evropské komise zastupující ČR, Information Society Technologies, Health Care a v mezinárodních organizacích IMIA (International Medical Informatics Association) a EFMI (European Federation for Medical Informatics).

#### 4. Mezinárodní vědecká spolupráce pracoviště

Výzkum teorie učení neuronových sítí probíhá ve spolupráci s Università di Genova a Georgetown University, USA. Teorie super-Turingovských výpočtů se zkoumá ve spolupráci s Utrechtskou univerzitou. Výsledky z teorie fuzzy logiky vznikaly ve spolupráci s kolegy z University J. P. Štefánika, Košice, Slovensko; Technische Universität Wien, Rakousko; Università di Siena, Università di Firenze, Itálie; Instituto d'Investigation d'Intelligencia Artificial, Španělsko.

Ve spolupráci s mezinárodní institucí CERN a Institutem fyziky jadrovej v Krakově, byl testován model neuronové sítě při hledání Higgsova bosonu. Společně s Univerzitou v Ljublani (University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering) vyvinuli pracovníci ÚI metodu k identifikaci směru působení ve spřežených oscilátorech, která byla úspěšně aplikována na kardiorespirační data. V rámci česko-rakouské spolupráce v oblasti modelování kvality ovzduší (podporováno Austrian Institute of East and Southeast European Studies) byly studovány možnosti využití numerického modelu kvality ovzduší CAMx ve středoevropském regionu.

Výsledky v oblasti numerických metod lineární algebry byly dosaženy ve spolupráci s TU Berlin, Emory University, Atlanta, CERFACS Toulouse, Francie; v oblasti metod pro řešení systémů nelineárních rovnic ve spolupráci s University of Jyväskylä.

V oblasti medicínské informatiky probíhá spolupráce s univerzitou v Heidelbergu při vývoji databáze pro neurologii.

Řešitelské týmy ÚI se podílely na následujících mezinárodních projektech: COST Action 274 *Theory and Applications of Relational Structures as Knowledge Instruments (TARSKI)*, Evropský projekt *PRO-ACCESS* pro podporu výzkumu a rozvoje v nově asociovaných státech. COBASE projekty *Minimization of error functionals by neural nets*, *A foundational framework for the integration of heterogeneous intelligent agents*, Barrande projekt *E-business and E-learning: Auto-adapting web sites via neural networks*, Společný projekt *Modelování znečištění ovzduší v česko-rakouském regionu* financovaný Rakouským Institutem pro studie Jihovýchodní Evropy, projekt *KONTAKT Kvantifikace kardiovaskulárních interakcí při zdraví a při nemoci* s Fakultou elektrotechnického inženýrství University v Lublani, projekt *KONTAKT, Functional Optimization and Nonlinear Approximation by neural Networks*, Università di Genova, Itálie.

Mezi nejdůležitější mezinárodní akce pořádané ÚI patří mezinárodní konference SOFSEM a *Soft Computing Workshop*. Pracovníci ÚI jsou členy redakčních rad významných časopisů a programových výborů vědeckých konferencí.

K významným zahraničním vědcům, kteří loni navštívili ÚI AV ČR, patří prof. Björck (Finsko), prof. Combe (Francie), doc. Csombó (Slovensko), prof. Düföse (Francie), prof. Frolov (Rusko), prof. Goda (Španělsko), prof. György (Maďarsko), prof. Karacuba (Rusko), Dr. Krüger (Rakousko), prof. Kumar (USA), ing. Okša (Slovensko), prof. Pearson (USA), dr. Uguerra (Španělsko), dr. Wülling (Německo).

## **5. Předpokládané hlavní okruhy vědecké činnosti pracoviště v příštím roce**

V matematické logice bude pokračovat výzkum matematických základů usuzování za vágnosti a nejistoty (fuzzy logika, pravděpodobnostní a posibilistické metody, teorie domněnkových funkcí). V oblasti neuronových sítí bude probíhat výzkum analýzy aproximačních vlastností a složitosti a teorie učení. V teoretické informatice pokračuje výzkum výpočetní složitosti, kognitivních, neuronových, interaktivních a evolučních výpočtů, distribuovaného prostředí a objektově orientovaných systémů.

V oblasti nelineárního modelování bude probíhat výzkum a vývoj nových metod pro analýzu časových řad s nelineárním chováním s možnými aplikacemi v energetice, zdravotnictví, životním prostředí i jinde. Budou studovány možnosti dalšího využití neuronových sítí se speciální architekturou. Budou rozvíjeny teoretické poznatky, vedoucí ke zdokonalení stávajících metod.

V oblasti numerické matematiky se bude zkoumat teorie matic, konvergence Krylovovských metod, implementace a numerická stabilita iteračních metod, předpodmiňování iteračních metod a numerické metody souvisejících s řešením kontaktních úloh elasticity a termoelasticity.

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