

Výroční zpráva Ústavu Informatiky AV ČR za rok 2000

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 101 zaměstnanců (průměrný přepočtený stav 86,8), z toho je 68 vědeckých pracovníků.

Nejdůležitějšími výsledky vědecké činnosti ústavu jsou publikace poznatků v oboru informatiky. V roce 2000 bylo publikováno 8 knih nebo jejich částí, 61 článků v odborných časopisech, 76 příspěvků ve sbornících vědeckých konferencí a 29 výzkumných zpráv.

V oblasti teoretické informatiky byly získány nové výsledky o výpočtové složitosti fuzzy výrokových kalkulů a aritmetické složitosti fuzzy predikátových kalkulů. Byl analyzován vztah vícehodnotových, pravděpodobnostních a modálních logik. (B) Byly navrženy a implementovány algoritmy na konstrukci rozhodovacích stromů, které při dané velikosti minimalizují chybu na trénovacích příkladech. (B) Byly studovány architektury softwarových komponent se zvláštním zaměřením na popis těchto komponent pomocí protokolu chování (behavior protocols) a adaptaci jejich propojování. (B) Byly sestrojeny a vyšetřeny modifikace domněnkových funkcí (belief functions) a possibilistických měr pro případy, kdy stupně domněni jsou nenumerické povahy. (B) Byly získány nové výsledky o logickém programování ve fuzzy logice. (B) Byly získány nové výsledky o výpočetní síle symetrických Hopfieldových sítí. (B) Bylo navrženo a ověřeno použití metody GUHA při tvorbě rozhodovacích stromů. (C)

V oblasti numerických metod nehladké analýzy, metod pro rozsáhlé řídké úlohy nelineárního programování a metod pro řešení systému nelineárních rovnic byly získány nové teoretické výsledky týkající se metody redukovaných Hessiánů pro minimalizaci nehladkých funkcí, byly studovány metody rekursivního kvadratického programování pro řešení úloh ve tvaru rovnosti a zejména možnosti předpodmínění indefinitních KKT systémů. Byla vyvinuta a implementována řada specializovaných algoritmů pro jednotlivé úlohy, například nová metoda vnitřních bodů pro rozsáhlé obecné úlohy nelineárního programování a globálně konvergentní metoda pro řešení hustých systémů nelineárních rovnic. (B) Pokračovala práce na matematickém modelování kontaktních problémů pružnosti, zejména řešení aplikačních problémů biomechaniky páteře, kontaktního problému tektoniky Andského řetězce a šíření vln ve speciálních geomechanických systémech. (C) V oblasti numerických metod lineární algebry pokračoval vývoj stabilizovaného a blokového inverzního předpodmínování. (B)

Problematika velké dimenzionality úloh řešených neuronovými sítěmi byla zkoumána na základě tzv. dimenzionálně nezávislé aproximace. Byly popsány množiny funkcí, které lze aproximovat neuronovými sítěmi s počtem prvků nezávislým na dimenzi. (B) Byly zkoumány možnosti praktické implementace Kolmogorovy věty o reprezentaci spojitých funkcí mnoha proměnných pomocí superposice funkcí jedné proměnné. (B) Byl vyvinut nový predikční model, založený na umělých neuronových sítích, porovnán s klasickými statistickými přístupy a aplikován na reálné časové řady z oblastí životního prostředí a energetiky. (C) Byl vyvinut nový model pro včasnou diagnostiku nádorových onemocnění. (C) Byly vyvíjeny metody pro modelování prostoročasových datových polí, pro detekci redundantní informace a pro doplnění chybějících nebo odlehých pozorování. (B)

V oblasti medicínské informatiky se pracoviště zaměřuje na problémy sběru a analýzy lékařských a zdravotnických informací v různých formách jako jsou elektronické zdravotní záznamy, medicínské databáze a zdravotní informační systémy. Výzkum v oblasti medicínských bází znalostí formalizuje znalosti lékařských doporučení a vytváří elektronická lékařská doporučení. Oblast systémů pro podporu rozhodování a expertních systémů se soustřeďuje na speciální problémy spojené s extrakcí relevantní informace pro rozhodování z velkých databází a s užitím nástrojů teorie informace. (C) V oblasti medicínské statistiky a epidemiologie se výzkum se zaměřuje na užití stochastických metod a nových informačních a komunikačních technologií při řešení problémů genetiky, kliniky a epidemiologie, např. při studiu kardiovaskulárních faktorů u mužů středního věku, nebo vlivu vybraných genetických faktorů na vznik aterosklerózy. (C)

ÚI se snaží o popularizaci informatiky organizací Dnů otevřených dveří, články v populárních časopisech (PCWorld, Chip a Computerworld) a spolupráci 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.

V rámci spolupráce s VŠ byly vyvinuty nové postupy pro řešení úlohy proudění v porézním prostředí založené na redukci na Schurův doplněk a na využití jádra mimodiagonálního bloku odpovídajícího KKT systému (spolupráce s TU Liberec). Ve spolupráci s FEL ČVUT byla vypracována metodika pro návrh neuronové sítě, která řídí prosodii mluveného projevu na výstupu řečového syntezátoru. Ve spolupráci s 3. LF UK byly provedeny první analýzy časových experimentálních záznamů pálení na jednom neuronu u krys v normálním stavu a ve stavu bolesti. Ve spolupráci s Univerzitou Pardubice byla vypracována metodika a sestaven a otestován program v jazyce JavaScript pro vyhledávání v databázi chemikálií.

V rámci činnosti výzkumného centra Institut teoretické informatiky (spolu s MFF UK) byla nalezena nova metoda důkazu dolních odhadů pro větvičí se programy s jediným čtením s omezeným paritním nedeterminismem. Byla zevrubně prostudována monadická verze predikátových fuzzy logik (tj. logiky, které obsahují jen unární predikáty) a byly získány výsledky o (ne)rozhodnutelnosti těchto logik. Byla stanovena výpočtová složitost tzv. fuzzy pravděpodobnostní logiky.

V rámci činnosti výzkumného Centra aplikované kybernetiky (spolu s FEL ČVUT) byly studovány možnosti potlačení efektu přeučení u GMDH sítí a neuronových sítí se spínacími jednotkami. Byly vypracovány nové odhady mezí paměťové kapacity neuronových sítí Hopfieldova typu.

Oddělení medicínské informatiky, jež je součástí dvou pracovišť EuroMISE Centra UK a AV ČR a EuroMISE Centra – Kardio, úzce spolupracuje s 1. LF UK, PŘ UK a MFF UK a s VŠE v Praze. Nejvýznamnějším vědeckým výsledkem je publikace J. Zvárové v prestižní knize Handbook of Statistics, která shrnuje výsledky dosažené při rozvíjení oboru medicínské informatiky za posledních pět let a dotýká se vazeb medicínské informatiky a zdravotnických systémů, medicínské informatiky a systémů pro podporu rozhodování (včetně statistických metodologií), vazby medicínské informatiky na biostatistiku a epidemiologii v informační společnosti.

V loňském roce se podařilo získat celkem 12 mladých vědeckých pracovníků, vesměs na částečné úvazky. ÚI se však stále potýká s odchodem schopných studentů do podnikatelské sféry.

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). V jednání je akreditace dvou DSP s FEL ČVUT a jednoho s FJFI ČVUT. Připravují se další návrhy na akreditace (ZČU Plzeň).

3. Spolupráce pracoviště s dalšími institucemi a s podnikatelskou sférou

Mezi společné projekty výzkumu a vývoje vedené jako granty patřily v roce 2000 projekty *Longitudinální dvacetileté sledování mužů s rizikovými faktory aterosklerózy- vliv intervence na morbiditu a mortalitu* (IGA MZ ČR 4038-3, 1. LF 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 RP-4210/69/97, FZÚ AV ČR, MFF UK a FJFI ČVUT), *Aplikace kvantové informace v kryptologii - kvantová teorie informace* (MV ČR RN 1998 2003011) .

V EuroMISI Centru – Kardio probíhá spolupráce se dvěma nemocnicemi (VFN v Praze, Městská nemocnice v Čáslavi) a v rámci grantů i s dalšími zdravotnickými pracovišti, např. Revmatologickým ústavem, Státním zdravotním ústavem, Vinohradskou nemocnicí, Střešovickou nemocnicí, nemocnicí Bulovka, 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 spolupracoval se 4

firmami na základě smluv o hospodářské spolupráci, za nejdůležitější počin lze považovat nově uzavřenou smlouvu s firmou I2S o rozvoji a implementaci komerční verze metody GUHA. ÚI má zástupce ve vědecké radě programu TECHNOS MPO ČR a experty MZ ČR v oblasti standardizace a informačních systémů. J. Zvárová pracuje jako expert Evropské komise zastupující ČR ve Working Party, Information Society Technologies, Health Care.

4. Mezinárodní vědecká spolupráce pracoviště

Řešitelské týmy ÚI se podíleli na následujících mezinárodních projektech: *Appetise* (5. RP EU), *MGT* (4. RP EU), *I4C-TripleC* (4. RP EU), *HiperGeos* (Copernicus), *Barrande* (Francie), *CERN* (EU), *ADBIS-DASFA* (5. RP EU).

Výsledky v oblasti numerických metod lineární algebry byly dosaženy ve spolupráci s Emory University, Atlanta, a McGill University, Montreal; v oblasti metod pro řešení systémů nelineárních rovnic ve spolupráci s University of Bergamo. Pro potřeby modelování a predikce znečištění ovzduší (program *Appetise*) byla vyvinuta hybridní metoda, založená na kombinaci deterministických modelů se stochastickými přístupy. Byly rozvíjeny statistické testovací metody pro detekci nelineárního chování naměřených časových řad. V rámci spolupráce s CERN byl přepracován tzv. vlnový algoritmus pro hledání drah nabitých částic jednak pro zvýšení kvality aproximace, jednak pro jejich identifikaci. Ve spolupráci s Université Catholique de Louvany, Belgium byla vypracována metoda pro vyvážené nastavování PI regulátoru. Pro elektronický záznam o nemocných byly vyvinuty softwarové nástroje ORCA extraktor pro export dat z multimediálních elektronických záznamů do komerčních softwarových statistických systémů. Vznikla první verze medicínských guidelines pomocí nástroje OCML a strukturování lékařských doporučení pomocí programu MGTtree.

Mezi nejdůležitější mezinárodní akce pořádané ÚI patří konference ADBIS-DASFA, Neural Network World 2000, Soft Computing Workshop v rámci mezinárodní konference SOFSEM 2000 a seminář na téma Elektronické zdravotní dokumentace. Pracovníci ÚI jsou členy redakčních rad významných časopisů v oboru a programových výborů vědeckých konferencí.

K významným zahraničním vědcům, kteří loni navštívili ÚI AV ČR patří prof. D. Mundici (Milano); prof. J. Hromkovic (Aachen). Prof. M. Arioli (RAL, UK), prof. C. C. Paige, (McGill U., Montreal), prof. S. Franklin (Memphis), prof. P. Kainen (Washington), prof. G. H. van Bommel (Nizozemí), prof. A. van Gineken (Nizozemí), prof. A. Grant (Kanada), prof. R. Haux (Heidelberg), prof. I. Moisi (Rumunsko), prof. Zywieta (Hannover), prof. Hasman (Nizozemí).

5. Předpokládané hlavní okruhy vědecké činnosti pracoviště v příštím roce

V oblasti numerické matematiky se bude zkoumat teorie matic, teorie Krylovských metod, implementace a numerická stabilita iteračních metod. 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, 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, systémy pro podporu rozhodování, práci s nejistotou, analýzu dat, měření závislosti, přístupy teorie informace, mnohorozměrné statistické metody, matematické modely v genetice a epidemiologii. 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. Budou se charakterizovat množiny funkcí, které lze aproximovat neuronovými sítěmi nízké složitosti. V teoretické informatice pokračuje výzkum výpočetní složitosti, kognitivních a neuronových výpočtů, distribuovaného prostředí a objektivě orientovaných systémů.

Příloha 1: Anotace dvou význačných výsledků:

A) L. Lukšan, J. Vlček: Numerické metody pro nehladkou optimalizaci

V tomto roce byl završen vývoj numerických metod svazkového typu pro nehladkou optimalizaci zahájený v roce 1998. V rámci tohoto projektu byla vyvinuta Newtonova svazková metoda druhého řádu [1], jejíž superlineární rychlost konvergence výrazně předčí rychlost konvergence známých typů svazkových metod. Dále byly vyvinuty dvě varianty metody s proměnnou metrikou [2] a [3] (pro konvexní a nekonvexní úlohy), které jsou velmi efektivní, neboť nepotřebují řešit časově náročné úlohy kvadratického programování. Jednotlivé metody byly spolu s testovacími problémy implementovány ve formě programových modulů [4] a [5]. Teoretické výsledky, týkající se navíc numerických metod pro řešení systémů nehladkých rovnic, jsou shrnuty v práci [6].

1. Lukšan L., Vlček J.: A Bundle-Newton Method for Nonsmooth Unconstrained Minimization. *Mathematical Programming*, Vol. 83, 1998, pp 373-391.
2. Lukšan L., Vlček J.: Globally convergent variable metric method for convex nonsmooth unconstrained minimization. *Journal of Optimization Theory and Applications* Vol.102, 1999, pp.593-613.
3. Vlček J., Lukšan L.: Globally convergent variable metric method for nonconvex nondifferentiable unconstrained minimization. Technical Report B 8/1999. Department of Mathematical Information Technology. University of Jyväskylä, 1999.
4. Lukšan L., Vlček J.: NDA: Algorithms for nondifferentiable optimization. Technical Report V-797. Prague, ICS AS CR, 2000.
5. Lukšan L., Vlček J.: Test problems for nonsmooth unconstrained and linearly constrained optimization. Technical Report V-798. Prague, ICS AS CR 2000.
6. Lukšan L., Vlček J.: Introduction to nonsmooth analysis. Theory and algorithms. Technical Report DMSIA 00/1 (serie didattica), Università degli Studi di Bergamo, 2000.

B) J. Zvárová – Medical Informatics and Health Care Systems: Biostatistical and Epidemiologic Perspectives. Kapitola v prestižní knize *Handbook of Statistics*, Vol. 18, Elsevier Science, 2000.

Tato práce shrnuje výsledky dosažené při rozvíjení oboru medicínské informatiky za posledních pět let a navazuje zejména na dvě předchozí publikace: Zvárová, J. (1997). On medical informatics structure. *Int. J. Med. Inform.*, a Zvárová, J., Studený, M. (1997) Information theoretical approach to constitution and reduction of medical data. *Int. J. Med Inform.* Publikace *Handbook of Statistics* navrhuje novou strukturu medicínské informatiky a ukazuje vazbu centrálního pojmu informace v různých podobách a vzhledem k potřebám biomedicínskému výzkumu. Dotýká se vazeb medicínské informatiky a zdravotnických systémů, medicínské informatiky a systémů pro podporu rozhodování (včetně statistických metodologií), vazby medicínské informatiky na biostatistiku a epidemiologii v informační společnosti.