

NTIS – Nové technologie pro informační společnost

Výzkumné centrum Fakulty aplikovaných věd
Západočeské univerzity v Plzni

Odborná zaměření výzkumných programů centra NTIS

P1 Kybernetické systémy řízení, identifikace, inteligentního rozhodování a komunikace

- Systémy identifikace, odhadu, detekce změn a adaptivního řízení stochastických systémů: rozhodování a řízení za neurčitosti (str. 4)
- Výzkum a vývoj nových pokročilých metod a algoritmů řízení strojů a procesů a prostředků pro jejich implementaci (str. 6)
- Výzkum a vývoj nových řečových technologií pro komunikaci člověk-stroj (str. 8)
- Výzkum a vývoj informačních technologií pro podporu bezpečnosti a zdraví společnosti
- Výzkum a vývoj pokročilých metod diagnostiky a spolehlivosti energetických systémů (str. 10)

P2 Pokročilé počítačové a informační technologie

- Geometrické modely a algoritmy pro aplikace počítačové grafiky
- Metody a prostředky pro návrh bezpečných, spolehlivých a robustních počítačových systémů
- Zpracování přirozeného jazyka a webové technologie (str. 12)
- Data a znalosti pro podporu rozhodování v biomedicině (str. 14)

P3 Výzkum a modelování heterogenních materiálů a mechanických a biomechanických struktur

- Heterogenní materiály a biologické struktury (str. 16, 18)
- Inteligentní materiály a dynamicky namáhané struktury (str. 18, 20)

P4 Nové nanostrukturní tenkovrstvé materiály vytvářené plazmovými technologiemi

- Nové nanostrukturní tenkovrstvé materiály (str. 22)
- Nové plazmové zdroje pro depozici vrstev a modifikaci povrchů (str. 22)

P5 Kvalitativní a kvantitativní studium matematických modelů

- Matematické modelování spojitých systémů a procesů (str. 24, 32)
- Matematické modelování diskrétních systémů a procesů (str. 26, 30)
- Vývoj nástrojů a metod pro sběr, zpracování a aplikace prostorových dat (str. 28)

NTIS – Nové technologie pro informační společnost

Výzkumné centrum

Výzkumné centrum „NTIS – Nové technologie pro informační společnost“ je moderní výzkumné centrum Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni, které vzniklo hlavně díky finančním prostředkům z Evropského fondu pro regionální rozvoj – z prioritní osy 1: „Evropská centra excelence“ Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace. Toto výzkumné centrum, jež je doposud největší investicí v historii ZČU v Plzni, je jediným výzkumným centrem tohoto typu v západních Čechách a jedním z osmi v celé České republice.

Posláním výzkumného centra NTIS je výzkum, vývoj a inovace v rámci prioritních směrů „Informační společnost“ a „Materiálový výzkum“. Činnost centra je zaměřena na rozvoj vědních oborů kybernetika, informatika a mechanika, které jsou klíčové pro vývoj a aplikace informačních, komunikačních

a mechatronických technologií, a na rozvoj vědních disciplín fyziky a geomatiky. Klíčovou roli má při tom matematická podpora pro modelování zkoumaných systémů a procesů i samotný vývoj odpovídajících matematických struktur.

Ve výzkumném centru NTIS je zaměstnáno na dvě stě vědců a výzkumníků, jejichž klíčovou část tvoří odborníci z Fakulty aplikovaných věd, která díky unikátní kombinaci přírodovědných oborů a inženýrských věd již řadu let dosahuje mimořádných vědecko-výzkumných výsledků. Vědci a výzkumníci mají v centru NTIS pro svůj výzkum a experimenty k dispozici moderní zázemí s pracovny a laboratorními vybavenými špičkovým zařízením a technologiemi v hodnotě přesahující 200 milionů Kč.

Partnerem centra NTIS je Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.



Principy a východiska moderní kybernetiky

Výzkumný program P1 – Kybernetické systémy

► prof. Ing. Miroslav ŠIMANDL, CSc., simandl@ntis.zcu.cz

„Kybernetika je založena na informacích. Jde vlastně o to, jak informace zpracovávat a jak s nimi nakládat. Obvyklé je využití zpracovaných informací pro řízení nějakého systému. Nakládání s informacemi musí být přítom automatické, bez účasti člověka,“ vysvětluje laikům podstatu kybernetiky profesor Šimandl, vědec z centra NTIS a současně prorektor pro výzkum a vývoj ZČU v Plzni.

Za základ kybernetiky jsou považovány práce amerického matematika Norberta Wienera z první poloviny dvacátého století. O významný posun v kybernetice se v šedesátých letech zasloužil Rudolf Emil Kalman, který první dokázal odhadovat procesy, které reprezentují vlastnosti systému měnící se v čase. Jeho přístup navíc umožnil používání jednoduššího matematického aparátu, než potřeboval N. Wiener.

Kybernetika se zabývá podstatou zpracování informací, které jsou v zásadě dvojího druhu – informace apriorní a informace získané z měření. Apriorní informace vycházejí z matematického modelu, který popisuje nějaký proces nebo systém a nezáleží na tom, zda jde o technický objekt nebo živý organismus. Měřené informace se získávají během probíhajícího procesu řízení nějakého objektu a obvykle se využívají k vytvoření zpětné vazby, která koriguje řízení, jež by vycházelo z algoritmů postavených pouze na principech matematického modelu. V praxi totiž není možné dosáhnout úplné přesnosti matematických modelů reprezentujících reálné objekty.

Deterministické modely a neurčitost

Dříve se často pro popis reality používaly tzv. de-

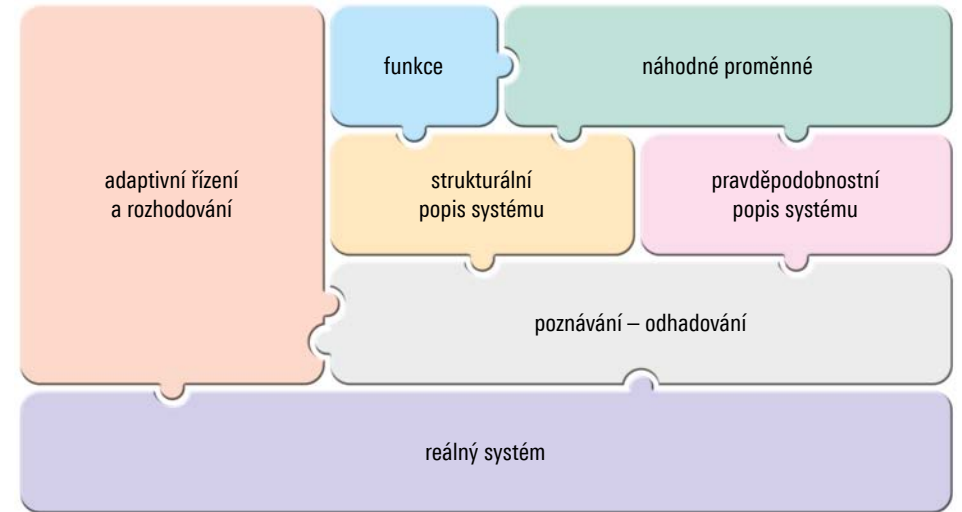
terministické modely. Tyto modely na základě výchozího stavu a předpokládaných zákonitostí jednoznačně určují budoucí stav nějakého procesu nebo systému. Z takových modelů vyplývá s úplnou přesností, co bude zítra, pozítří nebo za sto let. Potíž je v tom, že v případě skutečných jevů, které se v přírodě odehrávají, nevíme, zda máme k dispozici přesný a úplný popis výchozího stavu a zda jsou námi předpokládané zákonitosti správné a berou v potaz všechny skutečně existující vlivy. Proto se v současnosti pro popis reálných systémů spíše používají modely s neurčitostí.

Nedostatek našich znalostí o okolním světě ale není jediným problémem deterministických matematických modelů. Základy klasické fyziky, která je z principu deterministická, oťrásl Heisenbergův objev principu neurčitosti. Zjistil, že když víme, kde se částice nachází, tak podle principu neurčitosti nemůžeme přesně zjistit, jakou má rychlost; nebo víme přesně, jakou má rychlost, avšak v takovém případě nevíme, kde přesně je. Dnes se teoretická fyzika domnívá, že ve světě, ve kterém žijeme, se uplatňuje princip nahodilosti.

Pascal byl jeden z prvních, jenž rozeznal, že mohou existovat zákony pravděpodobnosti, které se týkají souboru jevů, ale neplatí pro jevy jednotlivé. Kombinace nástrojů statistiky a teorie pravděpodobnosti je dnes oporou pro téměř všechny moderní vědy – počínaje kvantovou mechanikou přes meteorologii až po kybernetiku.

Schopnost adaptace řídicích systémů

Významný posun ve vývoji kybernetiky znamenal respektování neurčitosti a složitosti okolního světa,



Poznávání a řízení v podmínkách neurčitosti

teré umožnilo vytváření přesnějších matematických modelů. Pozoruhodné je také přebírání vlastností živých organismů, jako je například schopnost učení nebo přizpůsobování – adaptace – do procesu automatizace. Kybernetika dnes stojí před velkou výzvou, jak optimálně skloubit a využít souběžně generované informace matematickým modelem na straně jedné a měřením na straně druhé tak, aby poznání aktuálního a následného budoucího stavu řízeného systému nebo procesu bylo co nejpřesnější. Celá úloha je ještě komplikována potřebou současného vyhodnocování měřených informací z několika zdrojů – informační fúze – a potřebou získávání optimálních odhadů neznámých či neměřitelných veličin. Tato oblast zpracování informací se nazývá automatické poznávání či identifikace systémů. Existují případy, kdy musí být automatické poznávání navíc schopné přizpůsobovat se měnícím se charakteristikám sledovaných objektů.

Systémy odhadu s těmito schopnostmi, které obsahují automatické poznávání, umožňují například snížit množství měřících čidel, jsou schopné odhalit poruchy v monitorovaných objektech nebo umožňují předvídat budoucí chování veličin, a pak získané poznatky využít při rozhodování a řízení. Jako příklad aplikací může být uvedeno zjišťování provozních veličin vozidla v automobilovém průmyslu, použití

při sledování životních funkcí člověka v lékařství, aplikace pro oblast energetiky, identifikace lidí atd.

Využití adaptivních systémů

Na automatické poznávání navazuje oblast automatického řízení a rozhodování. Pokud má mít celý řídicí systém schopnost přizpůsobovat se měnícím se charakteristikám řízeného objektu, musí mít schopnost adaptace i řídicí algoritmy. Takové sofistikované adaptivní systémy přinášejí nové možnosti při řízení robotických a složitých technologických systémů, například v automobilovém průmyslu. Jízdní vlastnosti auta, které je plně pasažérů a má plnou nádrž benzínu, jsou značně odlišné od situace, kdy je poloprázdné. Jízdní vlastnosti závisejí výrazně i na okolí, zda jde o jízdu v terénu, nebo na dálnici, na suché, či mokré vozovce atd. Na základě automatického poznávání aktuální situace je ale možné rozdíl v jízdních vlastnostech minimalizovat změnou parametrů řídicích systémů, které ovlivňují vlastnosti automobilu, jako je například adaptivní nastavení podvozku, aktivní potlačení hluku, adaptivní tempomat, systém ABS apod.

Jak vdechnout strojům duši

Výzkumný program P1 – Kybernetické systémy

► prof. Ing. Miloš SCHLEGEL, CSc., schlegel@ntis.zcu.cz

Každá doba s sebou přináší svůj fenomén, ostatně všichni známe příklad, kde se odráží přímo ve jménu – století páry. Současný svět je světem informačních technologií, světem myšlenky a důmyslu. Jestliže ještě v nedávné době bylo ve strojírenství nejdůležitější technické provedení, tedy jak se říká „železo“, dnes je na prvním místě jeho řídicí algoritmus.

Pokud by se na českých univerzitách hledal tým vědců, jejichž výzkum má největší využití v praxi, určitě by do pořadí na předních příčkách výrazně promluvil odborníci z centra NTIS, kteří se specializují na kybernetické systémy.

Vědci seskupení kolem profesora Miloše Schlegela patří v centru NTIS k nejvytíženějším. Zabývají se hledáním optimálních algoritmů, které jinak dokonalý stroj ožíví a umožní mu jeho uplatnění v praxi. Výsledky jejich práce využívají desítky firem z oblastí energetiky, metalurgie, potravinářství, chemického, textilního, automobilového i těžářského průmyslu a také divadla.

I my jsme řízení algoritmy

Jednoduše se dá napsat, že tým vyvíjí matematické postupy a posílá software, který umí ovládat různá zařízení, a to na základě impulsů, nebo lépe řečeno naměřených parametrů z daného zařízení. Princip se dá přirovnat třeba k chůzi člověka, jehož programem je mozek. Dostává informace o tom, kam má tělo donést, jaké jsou na cestě v určitém čase překážky, a také, aniž si to člověk uvědomuje, řeší informace o rovnováze těla. Všechny tyto informace během chůze mozek vyhodnocuje a předává úkoly svalům, které pak chůzi provedou. Jedná se o ob-

rovské množství menších pohybů, které řídí mozek právě na základě získaných impulsů.

Jak to celé funguje?

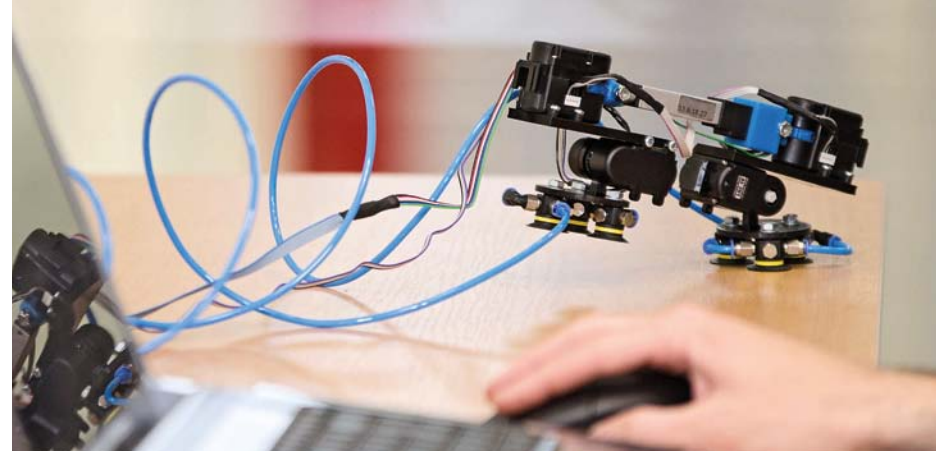
Prvotní je samozřejmě analýza problému, kdy zadavatel specifikuje možnosti stroje a požadovaný výsledek. Tým specialistů vytvoří matematický model a věnuje se jeho optimalizování. Aby však nešlo jen o pouhou teorii, je v určité fázi matematický model naprogramován v daném řídicím systému a odzkoušený na reálném zařízení. Pak už jen zbývá doplňovat drobnosti a faktory, které matematický model nemůže podchytit. Obrovskou výhodou takového přístupu jsou ušetřené finanční prostředky, které by bylo jinak nutné vynaložit na reálné testování stroje – matematický model celý proces a jeho možnosti věrně simuluje bez nutnosti programovat stroj.

Nejlepší referenci je praxe

Právě s výše zmíněnou chůzí je spojen i jeden z nejnámějších Schlegelových výzkumů. Tím je vývoj i zkonstruování řídicího systému kráčejiho osmisettunového pontonu v dole Bílina. „*Když jsme spustili kráčejiho ponton, hrozně vibroval, až spadl obří transformátor. Navíc kráčel pomalu. Měl jsem obavy, ale jediná možnost byla zrychlit. Přenastavil jsem parametry a ponton se ‚rozeběhl‘. Skoro nebyl slyšet,*“ popisuje unikátní řešení profesor Schlegel. Mezi další výrazné úspěchy patří řídicí systémy pro Divadlo J. K. Tyla v Plzni, pro pražské Stavovské divadlo, divadlo Archa, nebo pro Kongresové centrum.

Úkolů je bezpočet

Aktuální výzkum je zaměřen na robotiku a mecha-



Model defektoskopického robota pro kontrolu potrubních svarů

troniku. V současnosti je například vyvíjena řídicí jednotka a konstrukce robota, který bude čistit součástky pro automobilový průmysl. Má je polohovat tak, aby se znečištěné části dostaly do proudu čistícího média. Robot tak musí být velmi odolný vůči agresivnímu prostředí. Jako mimořádně náročný označuje Schlegel projekt systému řízení polohování podpěr (tzv. lunet) zalomených hřídelí při obrábění.

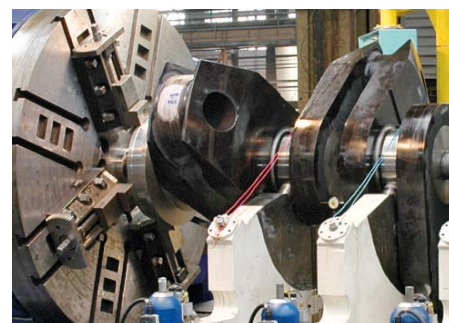
Práce výzkumného týmu vede jednoznačně k úsporám ve výrobních procesech a také v prosazování české ekonomiky v zahraničí. Díky aplikacím výzkumu – pokročilým algoritmům řízení – jsou totiž řídicí systémy firem Teco Kolín nebo ZAT Příbram stále více konkurenceschopné na světových trzích.

Překonávání údolí smrti

Podle projektového manažera centra NTIS Josefa Weinreba je Schlegelův tým mimořádným jevem

českých vysokých škol. Je totiž velmi úspěšný v překonání takzvaného „údolí smrti“. To je cesta od teoretického zpracování výzkumu po jeho praktickou realizaci. „*V týmu jsou i specialisté na mechaniku, materiály, elektroniku a další obory, takže tým dokáže navrhnout i konečné konstrukce nebo třeba rovnou vyrobit prototyp,*“ říká Weinreb.

Za tímto úspěchem je kromě řady odborníků právě i osoba Miloše Schlegela. Nepracoval vždy jen na akademické půdě, ale také v průmyslovém výzkumu a též jako ředitel společnosti Easy Control. Teorii díky tomu rovnou spojuje s uplatněním v praxi. Jeho hlavními obory jsou lineární systémy, robotní řízení, prediktivní řízení, mechatronika a automatické nastavování průmyslových regulátorů. Je autorem víc než stovky odborných prací. Pokud se jeho jméno zadá do vyhledávače Google, objeví se tisíce odkazů.



Unikátní řídicí systém pro automatické ustavování skládaných zalomených hřídelí



Obří tlapy umožňující pohyb důlního pontonu

Řečové technologie v praxi

Výzkumný program P1 – Kybernetické systémy

► prof. Ing. Josef PSUTKA, CSc., psutka@ntis.zcu.cz

Bohužel ne každý člověk dobře slyší a dokáže s ostatními komunikovat mluvenou řečí. Kromě takto hendikepovaných jsou především mezi seniory i slyšící lidé, kteří mají problémy s porozuměním mluvené řeči například křikem nebo hlasitou hudbou. Všichni ale touží rozumět a co nejlépe komunikovat.

Jak se rodí televizní titulky

Lidem s problémy se sluchem nebo hlasivkami se snaží pomoci tým výzkumníků z centra NTIS ve spolupráci s firmou SpeechTech. Vytvářejí způsob, jak automaticky převádět mluvenou řeč do titulků a naopak, z psaného textu automaticky generovat mluvenou řeč. O výsledky výzkumu je velký zájem. Velmi zajímavý projekt z této oblasti je řešen ve spolupráci s Českou televizí (ČT), která je povinna vybavit skrytými titulky minimálně 70 % vysílaných pořadů. Ačkoliv filmy nebo dokumentární pořady se jí titulkovat daří, obtížnějším úkolem je opatřit skrytými titulky „živé“ programy, jako např. diskuzní pořady nebo sportovní přenosy.

Automatické titulkování těchto živých pořadů pak může probíhat tak, že systém automatického rozpoznávání mluvené řeči buď rozpozná přímo originální zvukovou stopu a rovnou ji začne přepisovat do textu, nebo je potřeba zvukovou stopu přemluvit tzv. stínovým řečníkem. Systém pak převádí řeč stínového řečníka do titulků. V obou případech je přitom důležité, aby přesnost převodu řeči do titulků byla co nejvyšší.

Automatické titulkování je vhodné např. u přenosů z Poslanecké sněmovny, kdy do mikrofonu mluví v jednu chvíli vždy jen jeden řečník, mluví sro-

zumitelně a v poměrně nehlukném prostředí. „Tento způsob přímého přepisu mluvené řeči do textu začínáme pro ČT již od května 2010,“ uvádí profesor Josef Psutka a doplňuje, že systém automatického přepisu v tomto případě využívá slovníku obsahujícího dnes již přes milion slov.

Titulkování za pomoci stínového řečníka je nutné zejména u spontánních zpravodajských, diskusních a sportovních přímých přenosů, kdy je snímán zvuk plný rušivých momentů (řečníci si navzájem skáčou do řeči, mluví překotně, nespisovně apod.). V takovém případě stínový řečník původní zvukovou stopu přemlouvá „neutrálním“ způsobem do počítače s nainstalovaným systémem automatického rozpoznávání řeči, který pak automaticky převádí jeho řeč do titulků. Tento způsob titulkování byl poprvé nasazen v květnu 2011 na titulkování pořadu „Otázky Václava Moravce“ a od té doby je postupně rozšiřován na další podobné, ale i zcela odlišné žánry pořadů, jako např. Hyde park, Interview ČT24, Ceny TýTý nebo MS v hokeji a fotbale.

Když kvůli střelbě filmu nerozumí, starší raději přepnou

Výzkumníci z centra NTIS chtějí pomoci i těm divákům ČT, kteří těžko vnímají pořady, např. akční filmy, kde se herci často překřikují, mluví ve vypjatých scénách, v nichž se třeba navíc stírlí nebo hvízdají kola aut. Výzkumy ukázaly, že především starším lidem v takových případech unikají jednotlivá slova, přestávají vnímat celkový význam dialogů, a tak televizi přepnou na jiný kanál nebo ji jednoduše vypnou. „Teoreticky by šlo vyrobit druhou méně hlučnou zvukovou stopu filmu a divák by si mohl

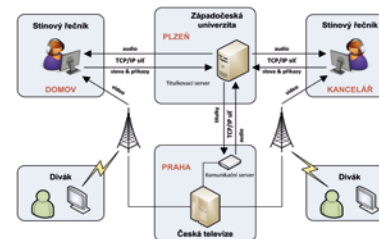


Schéma titulkování živých pořadů

vybrat. Tím by se prý ale zasahovalo do autorských práv filmařů, takže tudy cesta nevede. Tím správným řešením se zdá být automatický dabing, kdy řečový dialog nevytváří herci-daběři, ale hlasy v dialogu jsou vytvářeny zcela automaticky počítačem hlasovou syntézou na základě předem vyrobených titulků,“ vysvětluje profesor Psutka.

Počítač, který mluví znakovou řečí

V současné době výzkumníci z centra NTIS studují možnosti zpřístupnění televizních pořadů i pro diváky, kteří komunikují znakovým jazykem a preferují na své obrazovce místo televizních titulků okénko se znakovými postavami ve znakovém jazyce. Řečové technologie ale nenacházejí uplatnění pouze v televizi, ale je možné je využít i např. na úřadech, v obchodech nebo ve školách, kde mohou pomáhat komunikovat hendikepovaným lidem s informačními systémy. V Plzni se například zkoumá možnost informovat neslyšící o vlakových spojích informačním panelem, který by komunikoval ve znakové češtině. Plzeňští vědci také s kolegy z brněnské a olomoucké univerzity pracují na on-line slovníku českého znakového jazyka, který by se používal při vzdělávání.

V případě strojového překladu z mluvené řeči do znakového jazyka je opět nutné napřed převést mluvené slovo do textu a následně může teprve dojít k překladu textu do znakového jazyka. Ten pak předvádí pohybuji se třidimenzionální virtuální postava (tzv. avatar) zobrazená na monitoru počítače. Součástí takzvané syntézy znakového jazyka může být i mluvčí hlava, která artikuluje promlouvaný text. Ta je vhodná pro osoby, které umí nebo se učí odezírat promlouvanou řeč ze rtů.

Učí stroje rozumět hovorové řeči

Velký význam mohou mít řečové technologie pro



Ukázka překladu do znakové řeči

starší lidi, kteří mají problém s ovládním počítače nebo informačními automaty. Stroje totiž pro komunikaci potřebují jasné povely. Ne každý ale ví, jak na to. Plzeňští výzkumníci se proto zabývají možnostmi ovládat přístroje přirozenou mluvou. Mimo rozměr převodu řeči do textu a zpět zde hraje velkou roli rozpoznávání významu vyslovených vět, aby na ně mohl počítač správně reagovat.

Běžný hovorový způsob komunikace s počítačem vyvíjí výzkumný tým na dialogovém systému „Nádraží“. S jeho pomocí se může klient domlouvat svým přirozeným vyjadřováním s databází jízdních řádů IDOS. Systém mu při tom hlasem odpovídá, nebo se ptá na upřesňující informace. Dokáže přitom rozpoznat 2811 zastávek Českých drah v různých pádech, zkratkách či nespisovných tvarech (téměř 16 tisíc variant), takže může cestujícím zjistit typy spojů, časy odjezdů a příjezdů, ceny, přestupy, dobu jízdy nebo i způsob přepravy spoluzavazadel.

„Systém navíc nijak neomezuje volnost vyjadřování. Uživatel s ním debatuje po svém, a když třeba zapomene povědět, do jaké zastávky by se chtěl přesně dostat, převezme iniciativu počítač a vyzve ho, aby mu upřesnil cílovou stanici. Když uživatel zná jen město, hlas mu i nabídne seznam místních stanic. Uživatel může také během dialogu doplňovat nebo měnit požadavky,“ popisuje Psutka a dodává, že se tento systém zatím testuje, ale už brzy by se prý mohl dostat do reálného provozu.

Systém „Nádraží“ ale není jediný systém, který umí porozumět mluvenému slovu. Výzkumníci z centra NTIS vyvinuli i hlasový dialogový systém automatické telefonní asistentky, která umí spojit telefonní hovory či naplánovat schůzku účastníků v jejich kalendáři. Tuto aplikaci je možno propojit se systémem firemního kalendáře sdíleného pracovní skupinou, takže údaje obsažené v kalendáři mohou členové pracovní skupiny zapisovat a číst i hlasem.

Když onemocní atomová elektrárna

Výzkumný program P1 – Kybernetické systémy

► doc. Ing. Eduard JANEČEK, CSc., janecek@ntis.zcu.cz

Pokud se motoristovi začnou z vozidla linout podezřelé zvuky, zamíří zpravidla k automechanikovi. Ten už mu řekne, odkud zvuky pocházejí, co mohou znamenat a jaké je riziko, když se příčina hluku neodstraní. Co se ale děje, když se podezřelé hluky začnou linout z útrobu atomové elektrárny?

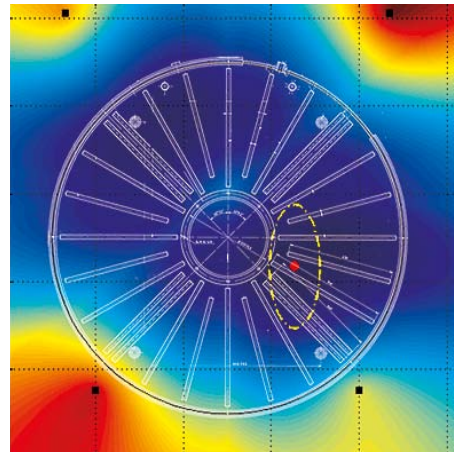
Dost často se potom telefonuje kybernetikům z centra NTIS, kteří totiž vytvářejí systém diagnostiky a lokalizace podezřelých zvuků včetně vibrací, které lze na pozadí jiných ruchů jen obtížně odhalit. Projekt se nazývá systém monitorování volných částí v komponentách atomových elektráren. Jeho cílem je odhalit například v potrubích uvolněné šrouby, klíny či návarky a stanovit jejich pohyb nebo místo zachycení v systému. Tou nejsložitější věcí je pak určit velikost těchto uvolněných částí, aby se dalo co nejpřesněji zjistit, jak velké škody mohou svým putováním napáchat. Vše se zjišťuje pomocí měření vibrací na povrchu zařízení a složitými výpočty.

Umění odhalit zdroje vibrací

„Zjednodušeně se vše dá popsat tak, že od zadavatele dostaneme přesný popis chladicího systému s určením míst, kde jsou instalovaná čidla. Na základě vzdáleností těchto čidel od sebe a časů, kdy k čidlům podezřelé vibrace dorazí, pak dokážeme určit místo, odkud se vibrace rozšířila,“ vysvětluje princip monitorování volných částí docent Eduard Janeček s tím, že obvyklé rychlosti šíření vibračních vln v komponentách diagnostikovaných strojů jsou až šest tisíc metrů za sekundu. Se svými kolegy vyvíjí metody a algoritmy až do fáze softwaru, které k popsaným zjištěním vedou. Celá věc je o to

složitější, že vibrace nárazů uvolněných částí jsou zpravidla mnohem slabší než vibrace způsobené samotným prouděním kapalin, čerpadly nebo okolním zařízením. Provozní vibrace je přítomná třeba z výpočtu odstranit. A právě to je úkolem plzeňského výzkumu v posledním období.

Výsledky výzkumu dokážou při provozu energetických zařízení uspořit významné sumy peněz. Neodhalené nebo nesprávně diagnostikované volné části by totiž mohly napáchat obrovské škody. Stejně tak ale může dojít k nemalým škodám mimořádným zastavením provozu elektrárny třeba kvůli uvolněné matce, která by zařízení nemohla ohrozit a její vyjmutí by bylo možné až při plánované odstávce. Vyvíjené metody a algoritmy odhalující zdroj i velice



Vizualizace výpočtu místa nárazu volné části



Jindřich Liška nastavuje snímače pro měření vibrací turbíny v atomové elektrárně

slabých vibrací jsou důležité nejen pro ekonomiku, ale i pro bezpečnost.

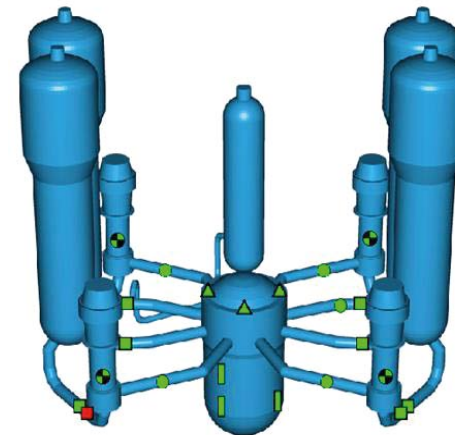
„Výsledky námi vyvíjeného prototypu softwaru se používají i v atomové elektrárně Dukovany. Je-

jich systém totiž nedokáže přesně lokalizovat místa kontaktu volných částí například s reaktorovou nádobou,“ doplňuje Eduard Janeček.

Výsledky využívá svět

Výpočty lze ale využít například i v paroplýnových elektrárnách nebo v úplně jiných odvětvích. Mohou pomoci při kontrole chodu obřích dieselových motorů v kogeneračních jednotkách či v pohonech velkých strojů a lodí. Už v 90. letech použili plzeňští vědci podobné principy při návrhu metod a algoritmů pro monitorování úniků médií z parovodů, plynovodů či ropovodů.

„V současné době provádíme výzkum hlavně pro společnost AREVA, která je jednou z mála na světě, jež dovedou kompletně navrhnout a postavit atomovou elektrárnu,“ uvádí příklad výzkumné spolupráce vedoucí diagnostické laboratoře Jindřich Liška a doplňuje, že právě společnost AREVA poznatky plzeňských vědců již několik let úspěšně využívá a dále se chystá aplikovat i ve svých nových atomových elektrárnách budovaných ve Finsku a ve Francii.



Model primárního okruhu atomové elektrárny

Jak naučit počítač rozumět textu

Výzkumný program P2 – Informační technologie

► Ing. Miloslav KONOPÍK, Ph.D., konopik@ntis.zcu.cz

Mohutný rozmach používání informačních a komunikačních technologií v minulém desetiletí přinesl i raketový rozvoj toho, čemu se říká Web 2.0. Lidé velkou část svých životů vložili do elektronických databází, a tím začalo vznikat opravdu masivní množství textu, které je z velké části dostupné na internetu.

Je jen těžko představitelné, že se v roce 2013 zdvojnásobilo celkové množství textových informací, které bylo na internetu nashromážděno za celou jeho předchozí historii. To s sebou samozřejmě přináší jak svá úskalí, tak příležitosti. Zejména pokud využijeme výpočetní centra (např. takzvaná metacentra) můžeme textovou informaci doslova „vytěžovat“ nástroji pro zpracování přirozeného jazyka. To jsou speciální počítačové algoritmy založené na matematických modelech a strojovém učení.

I počítač může porozumět významu vět

Jeden z výzkumných týmů z centra NTIS se soustředí zejména na to, jak z velkých textů automaticky odvodit význam slov či vět. „*Počítač se v našem přístupu učí význam slov, frází, vět či větných celků samostatně,*“ vysvětluje specialista na tuto problematiku Ing. Miloslav Konopík. Základem tohoto přístupu je tzv. distribuční hypotéza, která byla formulována již v polovině minulého století, ale až dnešní zdroje textových dat a výpočetního výkonu umožnily její přenos do praxe.

Podle této hypotézy je význam slov a frází možné určit statistickým zkoumáním jejich okolí neboli kontextu. Slova, která se často vyskytují v podobných kontextech, k sobě totiž mají určitý vztah. Myšlenku

vysvětluje další z odborníků na tuto problematiku, Ing. Tomáš Brychcín, na jednoduchém příkladu: „*Představme si dvě věty: ‚Lod’ najela na mělčinu’ a ‚Plavidlo najelo na mělčinu’. Je zřejmé, že slova ‚lod’ a ‚plavidlo’ se vyskytla v podobných kontextech, a tudíž by mezi nimi měla být nějaká spojitost.*“

Obrovskou výhodou tohoto přístupu navíc je, že se vše děje bez asistence člověka a použité metody jsou jazykově nezávislé, takže je možné je použít stejně dobře na angličtinu jako na češtinu.

Algoritmus, který zvládne i češtinu

Funkčnost těchto metod zpracování přirozeného jazyka se vědcům z centra NTIS podařilo již mnohokrát prokázat. Jedním z příkladů může být zlepšení strojového překladu z jednoho jazyka do druhého, při kterém překladový model rozšířili o „znalost“ významu slov. „*Umístili jsme se mezi nejlepší týmy (první v ČR) na světové soutěži o automatickém určení polarity emocionálního zabarvení vět,*“ říká Tomáš Brychcín. Právě to je možné použít, pokud by někdo chtěl např. vědět, zda se o nějakém výrobku či restauraci píše na internetu pozitivně nebo negativně. A opět, použitím stejných metod. Vědcům se podařilo vytvořit algoritmus, který díky použití sémantické informace umožňuje vypořádat se i s tak morfologicky složitými jazyky, jako je např. čeština. Tento algoritmus svou přesností dokáže překonat dosavadní metody a je tak jedním z nepochybnitelných důkazů vysokého potenciálu výsledků výzkumu plzeňských vědců.

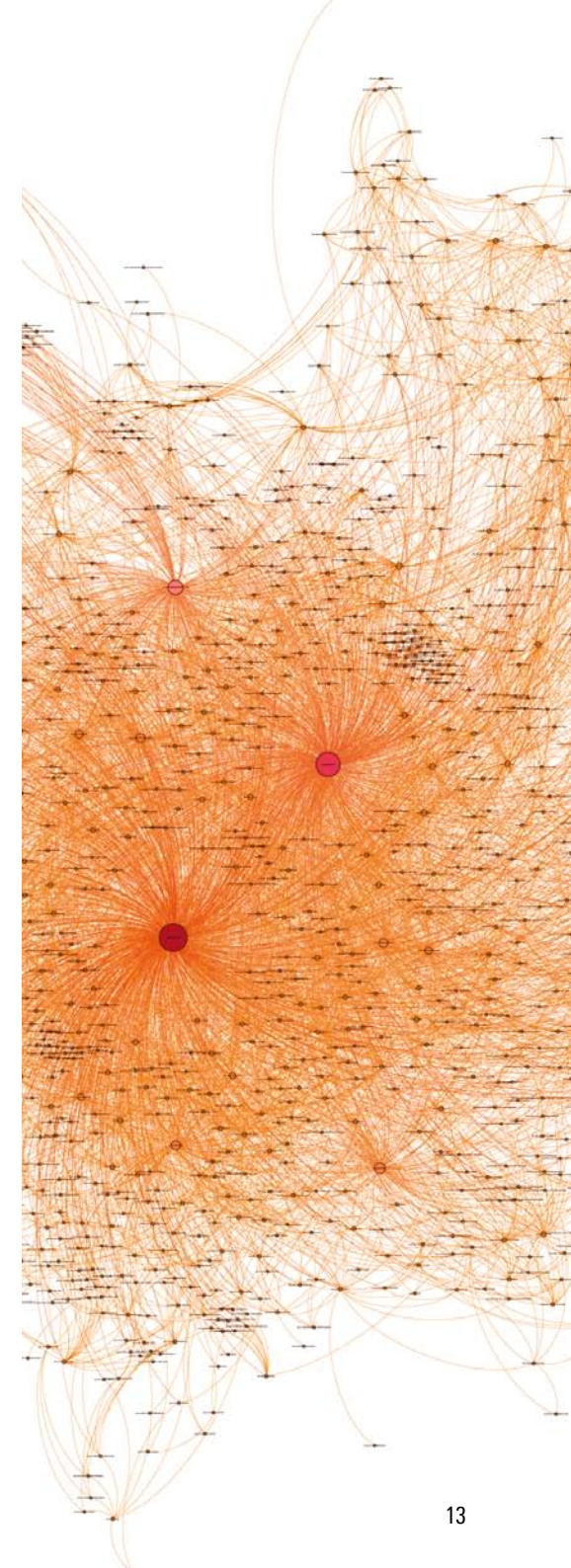
Technologie hledání skrytého významu

Dokladem, že vlastnictví takové technologie opravdu

může rozhodovat o úspěchu nebo neúspěchu, může být doposud velmi vydařená spolupráce s americkou firmou Owen Software. „*Ta nám zadala významnou zakázku, ve které jde o automatické rozpoznání, zda lze jedním univerzitním předmětem nahradit jiný, nebo zda to nelze, protože předmět nepokrývá stejnou látku. S využitím běžně dostupných metod, které pracují se slovy bez znalosti významu, jsme dosáhli úspěšnosti pouze 55 %. Během dvouletého výzkumu jsme ovšem dosáhli toho, že nahraditelnost předmětů umíme určit s 92% úspěšností. A to by ani zdaleka nebylo možné bez využití technologie hledání skrytého významu,*“ říká Miloslav Konopík.

Výzvy budoucnosti

Výzvou pro tým vědců z centra NTIS je učinit významný posun v algoritmech statistického modelování významu slov, které doposud využívají pouze jednoduché závislosti. Díky tomu by bylo možné, aby počítač uměl lépe pochopit, o čem člověk píše. A právě to by našlo velké využití v řadě praktických úloh, bez kterých se již současný IT svět neobejde. Uplatnění výsledků tohoto výzkumu by ale nebylo pouze v úlohách, jako je strojový překlad, ale i např. v moderních systémech business inteligence. Firmy, které se totiž nebudou schopny zorientovat v obrovské změti záznamů a informací na internetu a ve svých vlastních databázích, nebo ani nebudou vědět, co se o nich píše, budou velmi pozadu za konkurencí, která se chopí této nové příležitosti.



Odhalování aktivity lidského mozku

Výzkumný program P2 – Informační technologie

► Ing. Roman MOUČEK, Ph.D., moucek@ntis.zcu.cz

Jedním z výzkumných pracovišť v centru NTIS je pracoviště specializované na provádění experimentů a zpracování biosignálů, zejména pak signálů elektroencefalografických neboli EEG. O významu pracoviště svědčí i to, že tým jeho pracovníků působí jako koordinátor českého národního uzlu pro neuroinformatiku a podílí se na aktivitách Národního telemedicínského centra.

Výzkumníci pracující na tomto pracovišti disponují laboratorii vybavenou zařízením k realizaci široké škály experimentů, včetně experimentů zaměřených na tzv. evokované potenciály (event-related potentials – ERP). Ty popisují elektrickou aktivitu mozku vyvolanou podnětem nebo událostí. Odpovědí mozku na tyto podněty lze následně získat z celkové EEG aktivity. „Metoda evokovaných potenciálů umožňuje online monitorování mozkové aktivity i v případě, že u testovaného člověka nelze sledovat žádnou změnu v chování,“ popisuje přednosti metody Roman Mouček.

Včasný rozpoznání únavy může zachránit životy

Díky tomuto vybavení mohou v laboratoři probíhat např. experimenty zkoumající pozornost řidiče při jízdě. Na rozdíl od tradičních metod na rozpoznání únavy, které sledují změny chování řidiče, se tým zaměřuje na změny v charakteristice právě evokovaných potenciálů. „Snažíme se vyvinout algoritmus, který bude schopen s vysokou pravděpodobností určit, zda není pozornost řidiče příliš nízká na to, aby mohl bezpečně pokračovat v jízdě,“ říká Roman Mouček.

Pokud by se podařilo zajistit, aby řidiči neusínali za volantem, mohl by se prý až o 40 % snížit počet

dopravních nehod, a to především těch vážnějších. „Že člověk začíná usínat, lze předpovědět již několik minut před tím. V takovém předstihu totiž začíná mozek významně měnit svoji aktivitu, kterou lze vyhodnocovat měřením úrovně elektroencefalografických neboli EEG signálů. Pokud by ke změně či k útlumu aktivity docházelo, bylo by možné třeba spustit nebo zesílit rádio, případně přímo hlasem upozornit řidiče, aby sjel ze silnice a tam si odpočinul nebo zavíčil,“ popisuje další z plzeňských



Snímání evokovaných potenciálů z mozku



Automobilový simulátor

vědců, profesor Václav Matoušek, jak by bylo možné silničním nehodám zabránit.

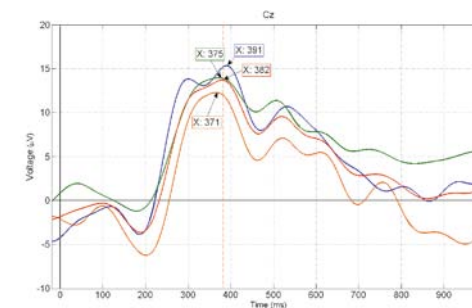
Monitorování vývojové poruchy koordinace

Dalším pozoruhodným výzkumem, na kterém výzkumníci z centra NTIS spolupracují s Fakultou pedagogickou ZČU v Plzni a Fakultní nemocnicí Plzeň, je vývoj metody, která by pomohla předem určit vývojovou poruchu koordinace u dětí na základě monitorování jejich mozkové aktivity. Vývojová porucha koordinace (DCD) patří k poruchám učení a obvykle je popisována jako porucha ve vývoji pohybových schopností, kterou nelze vysvětlit mentální retardací. Poruchy koordinace postihují jak základní motorické schopnosti, tak i jemnou motoriku. Postihuje 6 % dětí školního věku, výrazně ovlivňuje školní výsledky a negativně působí i na další běžné denní aktivity dětí.

Pro výzkum této vývojové poruchy je rovněž možné využít metodu evokovaných potenciálů. „Dětem jsou v různých podmínkách posílány do sluchátek zvuky. My sledujeme jejich mozkovou aktivitu jednak online, abychom na místě dokázali rozpoznat odchylky od předpokládaných hodnot, jednak tuto aktivitu posléze zpracováváme a porovnáváme s mozkovou

aktivitou ostatních dětí, které se experimentu účastnily,“ vysvětluje Roman Mouček.

Výsledky experimentů naznačují, že děti s DCD nejsou schopny regulovat pozornost v situacích, ve kterých je nutné se věnovat více podnětům najednou, což může spolu s horším vyhodnocením a uchováváním informací tvořit základ pro vývojovou poruchu koordinace i pro problémy s učením. Pokud se ale u dětí podaří spolehlivě předurčit vývojovou poruchu koordinace, pak bude možné začít pracovat na možnostech včasné a cílené léčby.



Ukázka průběhu evokované odezvy monitorovaného subjektu

Biomechanika a její uplatnění

Výzkumný program P3 – Mechanické a biomechanické struktury

► prof. Ing. Jiří KŘEN, CSc., kren@ntis.zcu.cz

Biomechanika neboli popis mechanických vlastností živého organismu je rychle se vyvíjející vědní disciplína, která například pomáhá zrychlovat rekonvalescenci těla po léčení nebo je využitelná v oblasti ochrany řidičů při konstruování vozidel.

Dobrá znalost mechaniky a nezanedbatelné vědomosti z medicíny. To je kombinace, která dělá z oboru biomechanika jednu z nejnáročnějších vědních disciplín, a také důvod, proč je v této oblasti zatím relativně málo vědeckých pracovníků. Obor, který se zabývá matematickým popisem fungování živého organismu, je přitom nepostradatelný pro další rychlý vývoj medicíny, a nejen té. Dokazují to i výsledky odborníků z výzkumného programu centra NTIS, které vzbuzují velký zájem v českém zdravotnictví i v zahraničí.

Operace nanečisto

Jeden z odborníků výzkumné programu, profesor Jiří Křen, zjednodušeně říká, že biomechanika je mechanika aplikovaná v biologii. Pomocí nelineárních rovnic totiž popisuje mechanické vlastnosti jednotlivých tkání, aniž by se musely měřit experimentálně. „Mechanické vlastnosti kostí se dají popsat na základě experimentu nebo s použitím matematického popisu vyplývajícího z vlastností mikročástic. A to je vhodnější řešení než lámání kostí,“ vysvětluje profesor Křen.

Řešit je tedy možné například proudění krve v cévách, tuhost či pružnost kostí, odolnost měkkých tkání při nárazu nebo ideální tvary chrupavek. Taková zjištění pak pomáhají buď při léčení, nebo při nahrazování špatně fungujících či poškozených tkání,

případně k předpovědi zdravotních komplikací včetně rozsahu a rizik. A je jen otázka času, kdy bude možné na základě výzkumu věrohodně simulovat průběh operace a zjistit důsledky chirurgického zákroku před tím, než k samotné operaci vůbec dojde.

Natrénovat si operaci předem je prý zatím hudba budoucnosti. V Plzni už ale skládají první noty. Do osnovy si vědci zapsali močovou trubici. Jde o to ještě přesněji popsat její mechanické vlastnosti a zadat je do počítačového programu, který celkově znázorní břišní dutinu. „V počítači pak bude možné virtuálně zkusit někde říznout, jinde něco přišít, propojit a program ukáže, jaký to bude mít vliv na fungování trubice. Zda ten či onen zákrok povede ke zlepšení, či ke zhoršení. Najde se předem nejlepší varianta, a pak začne skutečná operace,“ popisuje Jiří Křen.

Přemodelují bolavá záda na zdravá

Další výzkumný projekt se týká páteře. Má popsat ideální tvar obratlů a to, co se stane, když se obratel poškodí nebo když se z něho úmyslně nějaký kousek odebere, či se naopak přidá. „Páteř bolí skoro každého a je to tím, že obratle na sobě buď dobře nesedí, nebo mají tendenci k nesprávnému pohybu a skřípne se mezi ně nerv. Budeme zkoumat, jak by na sobě měly ideálně sedět, na jakých záhybech a ploškách, a jakou při tom hrají roli tělní tekutiny. Na základě poznatků bude možné lidem s bolavými zády přemodelovat podle potřeby chybný obratel tím, že se někde kousek obrousí, někde přidá, nebo se vyrobí rozpěrka, aby se nerv nemohl skřípnout,“ vysvětluje princip Jiří Křen s tím, že potřebné techniky úpravy kostí již existují.

A nemusí se jednat jen o techniku opravy tvaru. Může jít o zpevnění kosti šroubem nebo přímo o náhradu implantátem. Tuto náhradu zkoumají odborníci z výzkumného programu konkrétně na kolenu. Snaží se zjistit, jak do sebe kloub přímo zapadá a jaké nepřesnosti v uložení umělého kloubu způsobují bolesti. Právě bolest je totiž indikátorem, že něco není „udělané“ dobře.

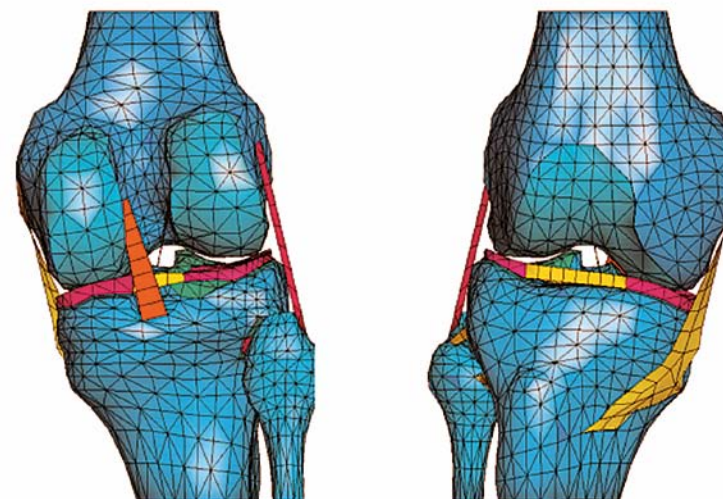
Léčení lze zkrátit o více než polovinu

Biomechanika je ale také využitelná při zvyšování bezpečnosti v dopravních prostředcích. Je totiž možné udělat počítačový model celého člověka, simulovat průběh srážky s autem a stanovit, k jak významnému poškození organismu může v těle do-

jít. Simulace relativně přesně odhalí i bez použití figuríny, zda zranění mohou být smrtelná.

Aplikace biomechaniky dokáže nejen chránit a zlepšovat zdraví lidí, ale dokáže léčení i urychlovat. Například zlomenina nohy může být v sádře i šest týdnů a definitivně se vyléčí až po půl roce. S použitím takzvaného fixátoru, což je z části produkt biomechaniky, je možné začít našlapovat už za tři dny a končetina se uzdraví řádově do dvou až tří měsíců.

Na výzkumu spolupracuje tým biomechaniků velmi úzce s odborníky z Fakultní nemocnice Plzeň. S profesionálními lékaři konzultuje jak svá zjištění, tak průběh skutečných operací. Významné partnery má tým biomechaniků i v zahraničí, a to hlavně ve Francii, v Německu a Nizozemsku.



Vizualizace kolenního kloubu. Plzeňští vědci řeší, jak je posun kloubových těles citlivý na bolest

Modelování proudění tekutin v praxi

Výzkumný program P3 – Mechanické a biomechanické struktury

► doc. Ing. Jan VIMMR, Ph.D., jvimmr@ntis.zcu.cz

S prouděním nestlačitelných a stlačitelných tekutin se lze setkat v každodenním životě – od průmyslových zařízení přes dopravní prostředky až po lidské tělo.

V oblasti kardiovaskulární biomechaniky se tým odborníků pod vedením docenta Jana Vimmr zabývá víceškálovým modelováním proudění krve v cévních řečištích, včetně patologických případů, kdy je určitá část poškozena např. aterosklerózou. Toto chronické zánětlivé onemocnění cévní stěny, obecně spojované s vysokou hladinou cholesterolu v krvi, je charakteristické místním nahromaděním lipidů a dalších komponent krve a vazivové tkáně, které po určité době vede k trvalému zmenšení vnitřního průměru (průsvitu) cévy.

Matematické modelování proudění krve v poškozených cévách

Jednou z nejčastěji postižených cév jsou karotické tepny (krkavice) přivádějící okysličenou krev do hlavy, především pak do mozku, kde nedostatečné prokrvení může mít fatální následky. „Z tohoto důvodu vyvíjíme vhodnou metodiku a příslušné algoritmy pro numerické simulace proudění krve ve složitých cévních strukturách, abychom mohli stanovit vliv míry zúžení průsvitu poškozené tepny na riziko vzniku mozkové příhody (mrtvice),“ popisuje motivaci výzkumu vedoucí výzkumného programu Jan Vimmr. Dosažené výsledky pak mohou pomoci lékařům předpovědět nutnost chirurgického zákroku.

Když přijde na řadu bypass

Kromě karotických tepen lze výskyt aterosklerotických zúžení rovněž zaznamenat u koronárních tepen na srdci, kde jsou hlavní příčinou infarktu myokardu. U těžkých forem aterosklerózy, kdy je koronární řečiště postiženo ve velkém měřítku, nebo v případě, kdy standardní neinvazivní zákroky jako léky a angioplastika s aplikací stentu (výztuže) nejsou dlouhodobě účinné, bývá jediným možným řešením plnohodnotné obnovujícím průtok krve přemostění poškozené části pomocí cévního štěpu, neboli našití tzv. bypassu. V tomto směru jsou vědečtí pracovníci z výzkumného programu schopni pomocí numerických simulací proudění krve určit hemodynamicky významné faktory mající vliv na případné selhání nově implantovaného cévního štěpu a s jejich znalostí tak poskytnout návod, jak tento štěp vhodně napojit, aby výsledný bypass byl efektivní a měl dlouhodobou životnost.

Modelování proudění krve ovšem není jen o ateroskleróze a rizicích s ní spojenými, ale i o patologických změnách vyvolaných strukturálními změnami v cévní stěně, které se zvýšenou hladinou cholesterolu nemusí vůbec souviset. Řeč je konkrétně o aneuryzmatech neboli cévních výdutích, které byly příčinou úmrtí nejedné známé osobnosti – Alberta Einsteina či nedávno zesnulého Radoslava Brzobohatého. Predikce ruptury (porušení) oslabené cévní stěny, zejména pak u aneuryzmat břišní aorty je i v současné moderní době záležitostí spíše zkušeností lékaře než výpočtového modelování. Proto se skupina odborníků z výzkumného programu snaží prostřednictvím vyvíjených matematických modelů

Přesnější diagnostika díky výpočtovému modelování

Modelování proudění krve ovšem není jen o ateroskleróze a rizicích s ní spojenými, ale i o patologických změnách vyvolaných strukturálními změnami v cévní stěně, které se zvýšenou hladinou cholesterolu nemusí vůbec souviset. Řeč je konkrétně o aneuryzmatech neboli cévních výdutích, které byly příčinou úmrtí nejedné známé osobnosti – Alberta Einsteina či nedávno zesnulého Radoslava Brzobohatého. Predikce ruptury (porušení) oslabené cévní stěny, zejména pak u aneuryzmat břišní aorty je i v současné moderní době záležitostí spíše zkušeností lékaře než výpočtového modelování. Proto se skupina odborníků z výzkumného programu snaží prostřednictvím vyvíjených matematických modelů

identifikovat oslabená místa cévní stěny, a pomoci tak lékařům v přesnější diagnostice rizikových aneuryzmat a v jejich rozhodování ohledně vhodného způsobu léčby.

Modely pacientům na míru – vize budoucnosti

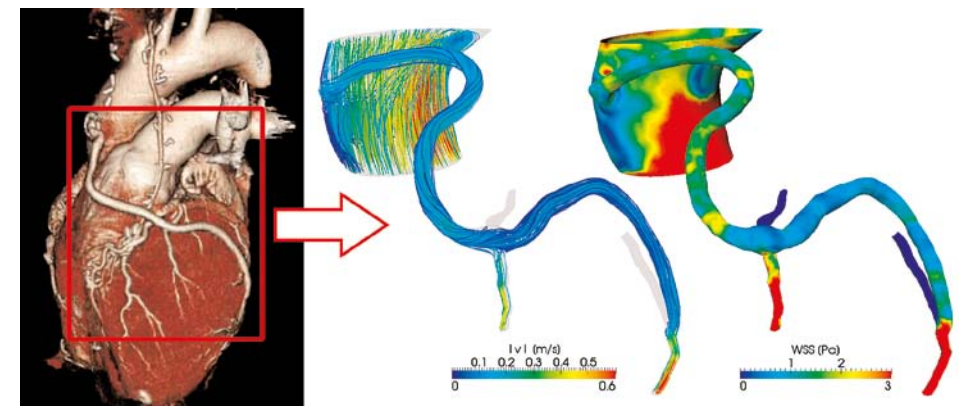
Součástí vyvíjených modelů proudění jsou i konstitutivní vztahy umožňující respektovat komplexní reologické (tokové) vlastnosti krve na různých úrovních. Vedle standardních 3D modelů proudění ve složitých cévních strukturách jsou při numerických simulacích rovněž využity tzv. OD modely, které umožňují modelovat vliv periferních částí cévního řečiště na lokální hemodynamiku a vedou tak ke zpřesnění výsledků, zejména není-li možné klinicky stanovit průběhy tlaků v cévách. „Další výhodou těchto OD modelů je to,“ vysvětluje Jan Vimmr, „že pokud bychom znali fyziologické okrajové podmínky, jako je např. změřené průtočné množství krve, pak by bylo možné parametry těchto modelů přizpůsobit pro konkrétního pacienta.“ Přesnost výsledků si potvrzují vědci při konzultacích s lékaři z Fakultní nemocnice Plzeň, se kterými spolupracují.

Proudění stlačitelných tekutin v průmyslových zařízeních

Tým docenta Vimmr se rovněž dlouhodobě věnuje výzkumu proudění stlačitelných vazkých tekutin s aplikacemi ve vnitřní aerodynamice. V poslední době se specializuje zejména na náročnou problematiku matematického modelování proudění v úzkých kanálech, která nachází široké uplatnění v technické praxi, jako např. těsnící mezery v rotačních strojích (šroubové kompresory), labyrintová těsnění, ucpávky a štěrby regulačních ventilů parních turbín.

době se specializuje zejména na náročnou problematiku matematického modelování proudění v úzkých kanálech, která nachází široké uplatnění v technické praxi, jako např. těsnící mezery v rotačních strojích (šroubové kompresory), labyrintová těsnění, ucpávky a štěrby regulačních ventilů parních turbín.

Výzkumným záměrem jednoho z projektů, který jeho tým právě řeší pro společnost Doosan Škoda Power, je vývoj nové metodiky a softwarových nástrojů pro určení vlivu ucpávek na chování rotorů parních turbín. Vyvíjená metodika umožní komplexně řešit problémy související s dynamikou a vibracemi rotorů parních turbín. Díky ní bude možné predikovat a předcházet nestabilnímu chování turbínových rotorů, a tím zvýšit jejich spolehlivost a životnost. „Kdyby se podařilo společně s pracovníky Doosan Škoda Power odzkoušet nový typ ucpávky, který bude navržen na základě nově vyvinutých a experimentálně prověřených výpočtových metod, jednalo by se o významný úspěch,“ doplňuje Jan Vimmr.



Vizualizace vypočteného proudového pole a smyčkového napětí na stěně sekvenčního aorto-koronárního bypassu rekonstruovaného z CT dat

Materiály s vlastní inteligencí

Výzkumný program P3 – Mechanické a biomechanické struktury

► prof. Ing. Vladislav LAŠ, CSc., las@ntis.zcu.cz

Tvůrcům filmů o daleké budoucnosti určitě nechybí fantazie při vymyšlení nových přístrojů a zařízení. V jednom směru se ale jejich nápady zastavily v minulém století. Jako hlavní materiály se v science-fiction ve velkém měřítku stále používají kovy a beton. Přitom jsou oba již nahraditelné modernějšími alternativami.

Už roky se ví, že kovy i beton lze nahradit materiály pevnějšími, levnějšími či lehčími. Tyto takzvané vícevrstvé materiály se navrhují i v Čechách a na vytváření jejich mechanických vlastností a též na přidávání rozměru inteligence těmto materiálům pracuje tým specialistů z výzkumného programu centra NTIS. „*Plech bude mít stále stejnou pevnost, ať ho budeme roztahovat shora dolů nebo zleva doprava. U vícevrstvých materiálů můžeme pevnost dle potřeby ovlivnit směrováním vláken, a tak měnit jejich vlastnosti,*“ vysvětluje profesor Vladislav Laš.

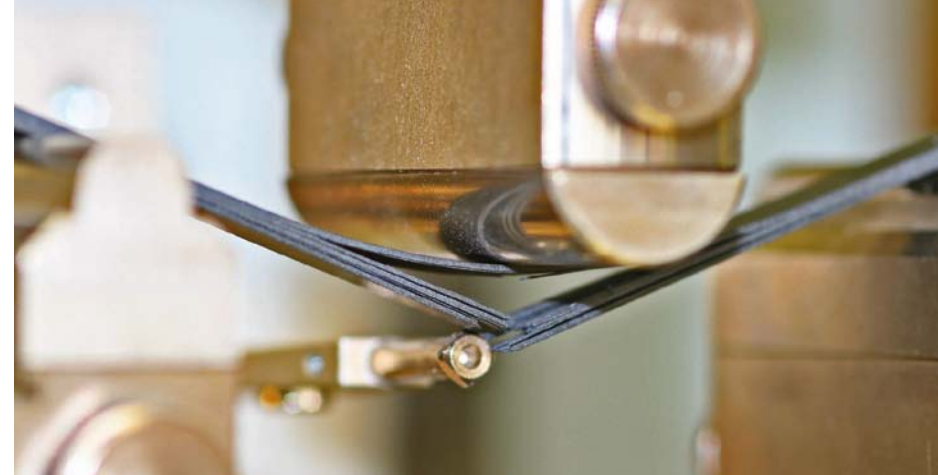
V současnosti jsou asi nejznámějšími vícevrstvémi materiály kompozity, jejichž základ tvoří například skelná, uhlíková či kevlarová vlákna propojená pryskyřicí. „*Jejich výhodou je, že vhodnou skladbou vrstev lze vyrobit konstrukci požadovaných mechanických vlastností, jako jsou tuhost, hmotnost, tlumicí schopnosti, tepelná odolnost, vlastní frekvence a další. Výzkumný tým má také vypracovanou metodiku navrhování takových konstrukcí. Dokážeme rovněž jejich chování simulovat dříve, než se vůbec vyrobí,*“ říká Vladislav Laš. V praxi to znamená, že výzkumníci dokážou prostřednictvím výpočtů navrhnout optimální skladbu vrstev v konstrukci, aby měl například nosník předem daných rozměrů po-

žadovanou hmotnost, nosnost a při maximální záteži povolil jen nepatrné prohnutí. Třeba u kovů je takoveto „pohrávání si“ s vlastnostmi, a především s hmotností téměř nemožné.

Konstrukce se zakomponovanou inteligencí

Tím ale možnosti navrhování zdaleka nekončí. Plzeňští výzkumníci vymýšlí, jak konstrukcím poskytnout jistou inteligenci. Například výše zmíněný nosník může mít posílenou odolnost vůči kmitání, které způsobí vítr či náraz. Mezi vrstvy lze totiž vložit aktivní prvky – čidla a takzvané aktuátory. Když čidla zaznamenají nežádoucí pohyb, spustí přes připojenou řídicí jednotku aktuátory. Ty v případě rozkmitání nosníku vybudí konstrukci tak, aby vibrace ustaly. Vědci také určují, kam je tyto aktivní prvky v konstrukci nejvhodnější umístit.

Právě inteligentní materiály neboli „smart materials“ jsou jedním z hlavních směrů, kterým se skupina pracovníků z výzkumného programu vydává. Chce se například podílet na vývoji inteligentních křídel pro letadla nebo vrtulí pro větrné elektrárny. Také do nich lze zabudovat systém, který by odhaloval skryté vady materiálu způsobené například nárazem ptáka nebo úderem blesku. „*Křídla letadel se dnes kontrolují opticky. Při tom je možné udělat chybu a okem se velmi těžko pozná mikrotrhlina. Do kritických míst lze ale dát čidla, která dokážou během provozu identifikovat nejen místo dopadu cizího tělesa, ale rovněž zjistit, zda nedošlo při nárazu k poškození konstrukce. V případě, že počítač zaznamená poškození, provedou se výpočty, které určí, zda je poškození kritické a zda není nutné křídlo opravit,*“ popisuje možnosti Vladislav Laš.



Ukázka experimentálního testování vícevrstvých materiálů

Simulace nárazových testů

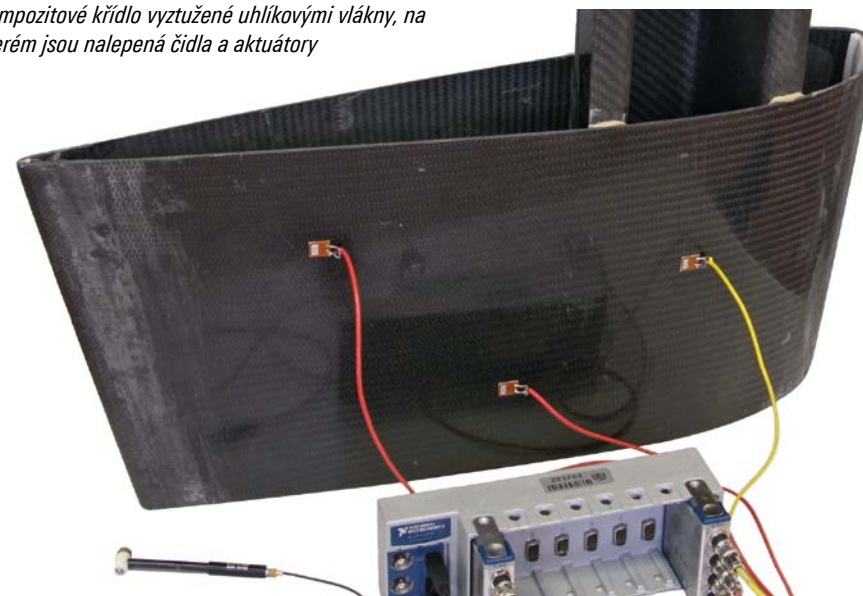
Jeho tým se v poslední době rovněž věnuje numerickým simulacím nárazových testů, takzvaných crash-testů. Jednou z úloh, kterou výzkumný tým řeší, je náraz čela dopravního prostředku vytvořeného z kompozitu do betonového bloku. Po vizualizaci výsledků testu lze snadno odhalit slabá místa konstrukce a navrhnout optimální tvar z hlediska bezpečnosti cestujících. Až po úspěšném návrhu konstrukce lze vyrobit čelo dopravního prostředku a skutečnou karozerii podrobit opravdovému crash-testu.

Vícevrstvé materiály jsou budoucností například v automobilovém a leteckém průmyslu. Jsou lehčí

a v případě potřeby mnohem pevnější než kov. Zvyšují proto bezpečnost vozů a snižují spotřebu. Pokud by se nezapočítávaly investice do výměny technologií výroby, pomohly by i snížit výrobní náklady. Další výhodou také je, že zkoumané materiály nepodléhají korozi a jsou jednodušeji recyklovatelné. K tomu všemu je i sama jejich výroba ekologičtější.

Materiály se dají mimo jiné použít i ve stavitelství třeba v nosných konstrukcích, dále v energetice, při konstruování výrobních strojů a novinkou nejsou ani ve zdravotnictví, kde se dají použít k výrobě lehčích pojízdných lehátek nebo i k výrobě implantátů.

Kompozitové křídlo vyztužené uhlíkovými vlákny, na kterém jsou nalepená čidla a aktuátory



Plazmové technologie a tenkovrstvé materiály

Výzkumný program P4 – Tenkovrstvé materiály

► prof. RNDr. Jaroslav VLČEK, CSc., vlcek@ntis.zcu.cz

Jeden z vědeckých týmů výzkumného centra NTIS se věnuje výzkumu a vývoji nových tenkovrstvých materiálů a v této oblasti patří v Evropě k velmi uznávaným odborníkům.

Tenké vrstvy, které dokáží změnit vlastnosti materiálů

„Naše činnost je zaměřena na výzkum a vývoj nové generace tenkovrstvých materiálů. Jejich typická tloušťka je několik mikrometrů neboli tisícín milimetru. Většinou vlastně neexistují v objemové formě. Přesto dokáží přidat velmi zajímavé vlastnosti materiálům, na které se nanášejí. Díky nim mohou mít tyto materiály vysokou tvrdost, nízký koeficient tření, teplotní stabilitu, oxidační odolnost, biokompatibilitu umožňující spojení s živým organismem nebo mohou vykazovat antibakteriální aktivitu či samočisticí efekt. Může se rovněž jednat o tenkovrstvé materiály s vysokou nebo velmi nízkou elektrickou vodivostí, velmi vysokou relativní permitivitou nebo vysokým indexem lomu a vysokou optickou transparentí ve viditelné a infračervené oblasti,“ vysvětluje profesor Jaroslav Vlček, který je mezinárodně uznávaným odborníkem v této oblasti. Nanesení tenké vrstvy na povrch, takzvaná depozice, je mimořádně složitý proces, který má rozhodující vliv na to, jaké nové vlastnosti bude mít daný materiál.

Kontrola motorů součástkami zevnitř?

V Plzni se v posledních letech zkoumají metody vytváření nových materiálů, jako jsou například nitridy na bázi křemíku, bóru a uhlíku, které jsou oxidačně odolné a mimořádně teplotně stabilní za teplot dosahujících až 1700 °C. „*To umožní vyrábět vysokotep-*

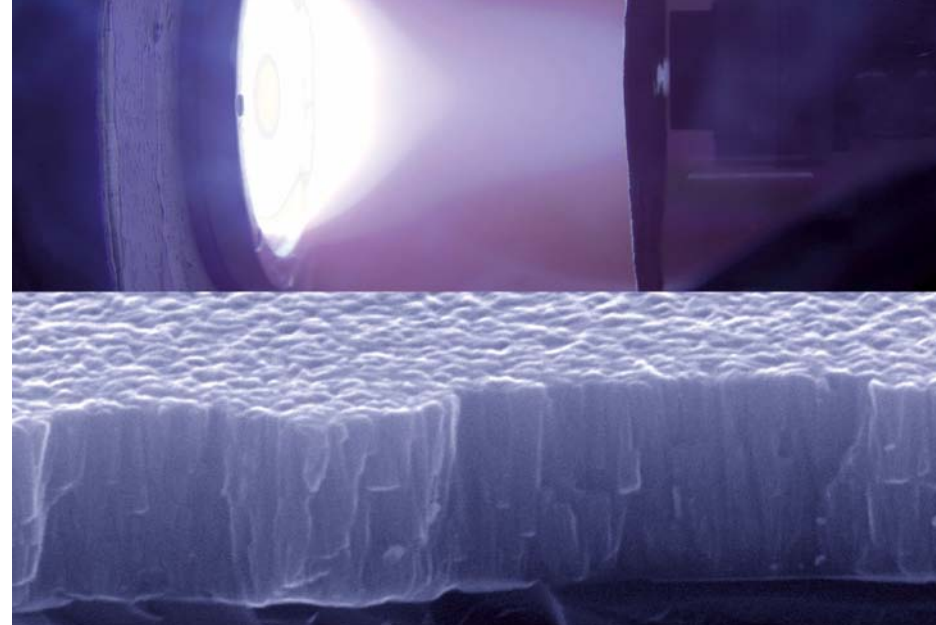
lotní elektronické součástky, které bude možné používat třeba přímo uvnitř nové generace leteckých motorů, kde mohou kontrolovat nebo přímo aktivně řídit jejich funkce. Možné bude také jejich využití při ochraně povrchů kosmických dopravních prostředků nebo optických systémů,“ jmenuje možnosti využití Jaroslav Vlček a doplňuje, že tyto materiály již úspěšně otestovalo dokonce i výzkumné centrum Amerických leteckých sil a zájem o ně projevil i např. výzkumné laboratoře firmy IBM.

Vytváření takových povrchů je ovšem velmi náročný proces, a proto klíčovou specializací plzeňských vědců je rovněž výzkum a vývoj nových plazmových zdrojů pro depozici vrstev a modifikaci povrchů. Zásadní předností takových plazmových technologií je, že dokáží vytvořit unikátní tenkovrstvé materiály i při poměrně nízkých teplotách. To je možné díky využití hustého výbojového plazmatu, ve kterém dochází k podstatnému zvýšení reaktivity plynů a vytvoření dostatečného množství iontů, které pak bombardují vrstvy během jejich růstu, a tak jim dodávají energii.

Rovněž i v oblasti plazmových technologií se těmto vědcům mimořádně daří a v posledních třech letech např. vyvinuli novou metodu pro velmi rychlou depozici oxidových a oxynitridových vrstev. Právě tato metoda byla v roce 2013 zaregistrována jako společný Evropský patent s firmou TRUMPF Hüttlinger, která podepsala se Západočeskou univerzitou exkluzivní licenční smlouvu o jeho průmyslovém využití.

Elektronické systémy na plastových fóliích

Výzkum tenkovrstvých materiálů má také praktické



Nová metoda pro vytváření oxidových a oxynitridových vrstev ve výbojovém plazmatu

využití i například v tzv. flexibilní elektronice. Výhodou té bude, že funkční vrstvy bude možné nanášet třeba na pouhý papír nebo plastové fólie. Při ohybu jsou takové vrstvy velmi náchylné ke vzniku trhlin, a proto se plzeňští vědci v současnosti úspěšně věnují problematice zvyšování odolnosti těchto speciálních vrstev.

Další velké možnosti využití má nový způsob depozice oxidových vrstev v optice. Některé tímto způsobem nanášené materiály, jako například oxid titaničitý, navíc mají silný samočisticí a antibakteriální účinek. Tento účinek je důsledkem vzniku radikálů OH^- a O^{2-} . „*Tyto radikály jsou silnější než peroxid vodíku nebo chlór. Stačí přítomnost vlhkosti ze vzduchu a ultrafialové záření, které je součástí třeba slunečního svitu, a dokáží rozložit nejen organické nečistoty, ale také některé bakterie,“* popisuje výsledky výzkumu profesor Vlček s tím, že využití těchto vlastností tenkovrstvých materiálů je nepřehledné.

Rozklad vody slunečním světlem

Speciální tenké vrstvy je možné rovněž aplikovat na karoserie automobilů. Díky nim se pak na nich nebudou držet organické nečistoty. Samočisticí vrstvy lze dále použít na osvětlovací tělesa nebo stěny, které se hodně znečišťují a těžko omývají, například v silničních tunelech. Podobné by to mohlo být třeba

se stěnami nebo i s nástroji na operačních sálech v nemocnicích, kde by tenké antibakteriální vrstvy a ultrafialové záření nahradily peroxid vodíku nebo jiné desinfekce. Cílem mnoha výzkumných týmů na světě je posunout fotoaktivitu nových materiálů do oblasti viditelného světla, a tak maximálně využít slunečního záření, které dopadá na zemský povrch. Téměř polovina jeho energie totiž pochází právě z této části světelného spektra. Výzkum v Plzni je zaměřen na přípravu vrstev na bázi oxynitridů tantalu, jehož elektronová struktura je vhodná pro využití viditelné části slunečního záření k přímému rozkladu vody na vodík a kyslík.

Tenkovrstvé materiály se už dnes používají například ve skleněných oknech mrakodrapů, kde umožňují jednostranně odrážet vybrané spektrum záření. V chladných oblastech pak pomáhají držet teplo uvnitř staveb a v teplých krajinách ho naopak nepouštějí dovnitř.

Plazmové technologie jsou využitelné snad ve všech oblastech průmyslu. Směřují k novým možnostem vytváření tenkovrstvých materiálů, k úsporám surovin, financí a energie i k ochraně životního prostředí. Pro to vše je výzkum nových tenkovrstvých materiálů považován nejrozvinutějšími světovými zeměmi za strategický a jsou do něj vkládány obrovské prostředky.

Hledání matematických souvislostí

Výzkumný program P5 – Matematické modely

► prof. RNDr. Pavel DRÁBEK, DrSc., pdrabek@ntis.zcu.cz

„Matematika je nejen počítání s čísly nebo řešení konkrétních problémů. Je to také způsob pohledu na svět, je to životní styl a životní filozofie, je to nejen zvláštní způsob myšlení, ale i nástroj poznávání světa a jeho zákonitostí.“ Tak mluví o jedné z nejméně oblíbených a zároveň zřejmě o nejpotřebnější vědní disciplíně světově uznávaný vědec profesor Pavel Drábek.

Neoblíbenost matematiky vysvětluje profesor Pavel Drábek tím, že pro orientaci v ní jsou potřeba hluboké teoretické znalosti a každý, byť malý krok vpřed je vykoupěn velkým množstvím tvrdé práce. Význam oboru ani vysvětlovat nemusí. Je přece stále zřetelnější, že matematika se v běžném životě využívá snad úplně všude. To, že auto jede a letadlo letí, že je možné platit platební kartou, telefonovat, dívat se na televizi, vyhledávat na internetu, to všechno (a mnoho dalších věcí) je možné jenom proto, že v minulosti chytrí lidé dovedli pomocí matematiky pochopit některé zákonitosti tohoto světa a využít je ve svůj prospěch. Tento vývoj neustále pokračuje a není v silách člověka předvídat, k čemu konkrétně budou využity poznatky získané současným teoretickým matematickým výzkumem. Ani ve snu by například zakladatele teorie grup a booleovských algeber nenapadlo, že o sto padesát let později budou existovat počítače v podobě, v jaké je známe dnes, a budou mít takový dopad na náš každodenní život.

Posláním Drábkovy týmu je základní výzkum. To znamená hledat pro neobjasněné matematické vztahy řešení, dokazovat nové, zatím neznámé matematické souvislosti, a vše pak předávat pro-

střednictvím publikační činnosti k využití dalším matematikům nebo odborníkům, kteří s pomocí matematiky hledají řešení praktických úkolů. Právě tato očekávání tým vědců z centra NTIS matematiky beze zbytku naplňuje. Její pracovníci se mohou pochlubit rozsáhlou, a hlavně hojně citovanou publikační činností.

Teorie podepřená příkladem

Příkladem publikační činnosti mohou být články týkající se skákajících nelinearit. Co se pod tímto pojmem skrývá, lze ale v laickém jazyce jen těžko vysvětlit. Je možné to jen trochu přiblížit např. na konkrétním příkladu příčin pádu mostu Tacoma Narrows Bridge v roce 1940 na západě USA, kterou se plzeňští vědci zabývali. Ani ne půl roku starý most se zřítil vlivem obrovských kmitů. Ty způsobil relativně malý vítr, který ale most rozechvíval ve stejné frekvenci, jakou měla nestandardně navržená mostní konstrukce. A to byl onen pověstný kámen úrazu!

I když jsou příčiny pádu mostu v Tacomě známé a od události se postavily stovky dalších mostů, stále v oblasti jejich konstruování zůstává plno otázek nezodpovězených. „*Naším cílem je porozumět matematickým úlohám s tímto typem asymetrie, aby konstruktéři byli schopni navrhnout stoprocentně bezpečné parametry mostu. Teoretické výsledky, kterých jsme v této oblasti dosáhli, zatím korespondují s jevy, které byly pozorovány v reálných situacích, a naše články jsou citované jinými autory,*“ říká k tomuto výzkumu Pavel Drábek.

Matematika ale neslouží jen ke zdokonalování popisů již pozorovaných jevů. „*Pomocí jejího přesného jazyka je možné zformulovat matematický mo-*

del reálné situace, na jehož základě lze se značnou přesností vidět do budoucnosti, daleko do vesmíru nebo hluboko do mikrosvěta. Je možné popsat to, co oči nemají šanci zhlédnout ani s pomocí nejnovějších dostupných přístrojů. A je také možné obdržet teoretické výsledky, které až v daleké budoucnosti potvrdí technologicky dokonale vybavený experiment,“ tvrdí Pavel Drábek.

Podle něj se bez matematiky neobejde žádný vědní obor a matematika stále významněji proniká i do dalších oblastí. Pochopení matematiky a jejího

správného použití se tak stává klíčem k bráně poznání. Tento klíč obrábí profesor Drábek se svými spolupracovníky, často nedávnými studenty, tak dokonale, že v prosinci 2009 obdržel Cenu za mimořádné výsledky ve výzkumu, experimentálním vývoji a inovacích a za výzkum v oblasti nelineárních diferenciálních rovnic z rukou ministryně školství, mládeže a tělovýchovy ČR a v roce 2013 Čestnou oborovou medaili Bernarda Bolzana za zásluhu v matematických vědách z rukou předsedy Akademie věd České republiky.



Tacoma Narrows Bridge rozvlnil v listopadu 1940 relativně malý vítr



Most se během hodiny hroutí. Příčinami vyjádřenými matematicky se zabývají vědci z plzeňské univerzity

Diskrétní matematika v reálném životě

Výzkumný program P5 – Matematické modely

► prof. RNDr. Zdeněk RYJÁČEK, DrSc., ryjacek@ntis.zcu.cz

I nevykonnějším počítačům by v některých případech mohlo nalezení nejlepšího řešení některých úloh trvat i miliony let. Tým vědců z výzkumného centra NTIS zkoumá tyto úlohy a hledá jejich přijatelná řešení podstatně rychleji s využitím teoretických metod a postupů z oblasti diskrétní matematiky.

Počítače často nahrazují kvůli větší rychlosti a přesnosti lidskou činnost. Existují ale i takové úlohy, kde i super rychlé počítače mají stále problémy. Platí to pro mnohá zadání, ve kterých se hledá nejlepší řešení z velmi velkého množství možností.

„Diskrétní matematika je matematická disciplína zabývající se otázkami na pomezí matematiky a informatiky. Typickými zkoumanými otázkami jsou problematika výpočetní složitosti nebo optimalizace různých procesů, jakými je výroba, řízení či sestavování sítí. Úspěšné řešení si vyžaduje hluboké teoretické znalosti,“ říká představitel týmu profesor Zdeněk Ryjáček. Tuto podmínku bezesbýtku splňuje. Patří mezi světovou matematickou elitu. Jeden z jeho matematických objevů v teorii grafů, takzvaný Ryjacek's closure (Ryjáčkův uzávěr) dokonce nese ve světové matematické literatuře jeho jméno, což je v rámci matematické komunity považováno za velké ocenění.

Vše nemusí být aplikovatelné ihned

O bádání matematiků říká, že jejich cílem nemusí být vytvoření matematického postupu, který bude hned využitelný v praxi. Pravděpodobnější je, když matematik posune řešení zkoumaných úloh o kus dál, své bádání publikuje a jeho závěry pak použijí

další matematici, kteří je buď opět posunou nebo už pro ně najdou praktické využití.

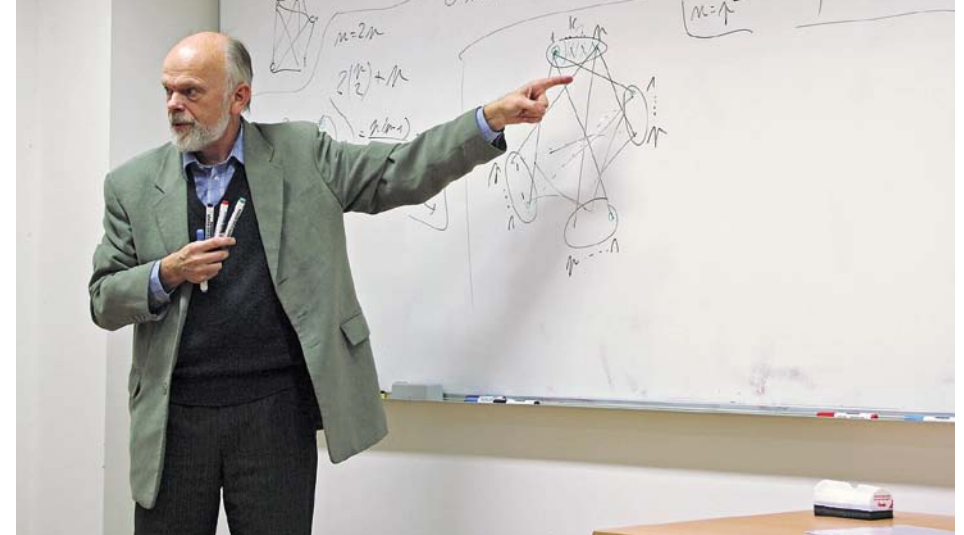
„Kdyby matematik zkoumal jen to, pro co bude předem znát využití, nikdy by nic pořádného nevzniklo. V matematice je nutné hledat teoretické postupy i bez toho, aby byly předem dané jejich aplikace. To není nic nového. To, co bylo v matematice vymyšleno, našlo často uplatnění až desítky i stovky let poté,“ říká Ryjáček.

Neznamená to ale, že by se nemohlo říci, že výzkumy týmu nejsou nikde vidět nebo že nevydělávají. Opak je pravdou. Další z matematiků z centra NTIS doc. Roman Čada totiž už několik let vyvíjí nové algoritmy a software pro optimalizaci palivových vsázek do jaderných reaktorů. Co to znamená?

Optimalizace ukládání palivových článků

Například v aktivní zóně každého reaktoru jaderné elektrárny Dukovany je 349 palivových článků. Při prvním cyklu neboli kampani jsou všechny nové. Jenže každý palivový článek vyhořívá během kampaně jinou rychlostí v závislosti na jeho poloze v reaktoru. Kampaň pak skončí tím, že některé články jsou téměř zcela vyhořelé, ale většinu je možné použít do následujících kampaní. V té chvíli nastává problém, které články nahradit čerstvými a jak novou sadu článků do reaktoru umístit.

Cíl přitom je, aby výroba elektřiny v následující kampani byla co nejefektivnější. Protože palivové články jsou velmi drahé, je třeba je plně využít. Zároveň je ale nutné dělat co nejméně odstávek. Ty jsou pro elektrárny také mimořádně ztrátové, a navíc se při najždění každého cyklu významně snižuje životnost komponent, jako je například tur-



Profesor Ryjáček při přednášce na semináři o teorii grafů

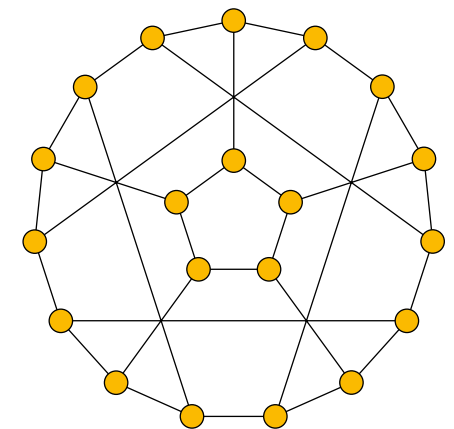
bína. Možností pro rozmístění palivových článků v uvedeném typu reaktoru je ale teoreticky zhruba $3,5 \times 10^{37}$, což je číslo, které má 737 nul (počet atomů ve vesmíru je pro srovnání číslo se 100 nulami). Určit ideální řešení jedné kampaně by současné počítače hrubou silou nezvládly ani do konce tisíciletí. Elektrárny se proto dlouhodobě snaží využívat postupů diskrétní matematiky. Roman Čada takové algoritmy vyvíjí a dále zdokonaluje. „Vytvořil např. mimořádně účinný algoritmus pro výpočet vkládání palivových článků do reaktoru,“ říká Ryjáček s tím, že jeho kolega nyní algoritmus ještě zdokonaluje, aby se v něm řešilo rozmístění paliva nejen v nejbližší kampani, ale dopředu už také v několika následujících kampaních.

Využitelných oborů je mnoho

Další související aplikační projekt garantuje další z členů matematického týmu Ing. Roman Kužel, pod jehož vedením je vyvíjen program pro numerické modelování transportu neutronů v jaderných reaktorech se šestiúhelníkovými kazetami. Detailní znalost dějů při štěpné reakci v jaderných reaktorech je velmi důležitá nejen pro bezpečný chod jaderných elektráren, ale i pro jejich efektivní řízení. Matematická řešení dokážou uspořít při provozu elektráren stovky milionů korun.

Metody diskrétní optimalizace jsou využitelné snad ve všech oborech. Využívají je například mobilní operátoři pro rozdělení vysílacích frekvencí

(kanálů) tak, aby síť měla co největší přenosovou kapacitu, ale zároveň aby se sousední vysílače nerušily. Pomocí optimalizačních metod se určují také třeba rozpisy hokejové ligy. Kritéria jsou třeba, aby týmy nehrály po sobě vždy s podobnými soupeři, aby se při zápasech jednotlivých týmů pravidelně měnili rozhodčí, aby se střídala domácí a venkovní utkání a aby se při nich střídaly i hrací dny a jeden tým nehrál třeba drtivou většinu domácích utkání jen v úterý. Hluboké otázky diskrétní matematiky jsou také v pozadí informační bezpečnosti.



Jeden ze speciálních grafů, tzv. flower snark J_5

Matematické metody určování vlastností a chování planety Země

Výzkumný program P5 – Matematické modely

► prof. Ing. Pavel NOVÁK, Ph.D., panovak@ntis.zcu.cz

K možnosti budoucího předvídání zemětřesení či vln tsunami, ke správnému určení nadmořské výšky, stanovení přesné polohy osob a objektů, k měření pozemků, popisu pohybů zemských pólů i k pomoci při vyhledávání nalezišť nerostných surovin nebo podzemních zdrojů pitné vody lze využít výzkum, který na půdě Západočeské univerzity v Plzni provádí tým geomatiků z výzkumného centra NTIS.

Členové tohoto týmu se zabývají složitými výpočty, kterými se snaží co nejpřesněji popsat geometrické, fyzikální a pohybové vlastnosti planety Země. Výsledky lze použít třeba k předpovědi změn souvisejících s vývojem zemského klimatu, táním polárních ledovců či s pohyby zemských ker.

„Země lze popisovat například tvarově. A to nejen tím, že se přibližně jedná o rotační elipsoid, ale je možné přesně zmapovat všechny nepravidelnosti tvaru jejího povrchu. Dále lze určovat fyzikální vlastnosti Země, jako je tíhové pole, nebo pohybové vlastnosti, jako je rotace. Parametrů popisujících tyto vlastnosti Země je velké množství a většinou nejsou přímo měřitelné. Lze je ale určovat pomocí více či méně komplikovaných výpočetních algoritmů z dostupných měřitelných veličin,“ popisuje práci týmu jeden z jeho členů profesor Pavel Novák, podle kterého je stejně jako počet dosažitelných parametrů rozsáhlé i jejich praktické využití.

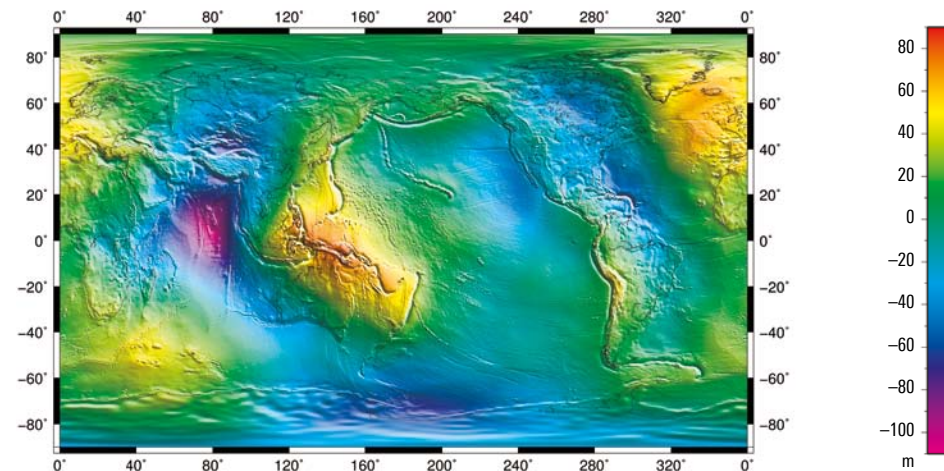
Střední hladina světových moří

Jeden z konkrétních úkolů, na kterém se pracovníci výzkumného centra podílejí, je hledání takzvané střední hladiny světových moří, která má pomoci k vybudování jednotného světového výškového sys-

tému. V současnosti jednotlivé země využívají ke stanovení nadmořských výšek střední hladiny nejbližších moří, které se ale v důsledku rotace planety, gravitačního působení mimozemských těles a dalších vlivů neshodují se stejným parametrem jiných moří. Například výška Sněžky vztahená ke střední hladině Baltského moře není stejná jako výška vztahená k hladině Jaderského moře či Atlantiku. „Pro turistu jsou decimetrové rozdíly mezi jednotlivými výškovými systémy samozřejmě zanedbatelné, ale třeba v moderním stavitelství, například při budování mostů, tunelů a jiných liniových staveb, představují tyto odchylky problém,“ objasňuje Pavel Novák jeden z důvodů, proč svět hledá společný výškový systém.

Řešení v rámci Galileo

V současnosti věnuje tým geomatiků svoji pozornost také budování nového evropského navigačního družicového systému Galileo, který připravují státy Evropské unie. Ten se má stát alternativou pro americký Global Positioning System (GPS) či ruský GLONASS. Vědci z centra NTIS budou spolupracovat na monitorování signálu tohoto navigačního systému při výpočtech pro určování přesné polohy navigačních družic a přesné polohy bodů na Zemi. To ale až v době, kdy bude na orbitálních drahách dostatečný počet družic. Mají se pohybovat ve výšce zhruba 20 tisíc kilometrů nad zemským povrchem a jejich polohy, důležité pro uživatele Galilea, bude možné určovat s centimetrovou přesností. Centrum NTIS systému Galileo přispívá také tím, že má na střeše své budovy permanentní přijímač signálů stávajících navigačních družic, pomocí nichž se



Globální mapa odchylek střední hladiny zemských oceánů (geoid) od zemského elipsoidu jako referenční plocha pro určování nadmořských výšek

právě poloha družic vypočítává. Aplikace družicové navigace je oblast výzkumu, kde probíhá intenzivní spolupráce s partnerem centra, kterým je Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický ve Zdíbech u Prahy.

Galileo, a potažmo výpočty plzeňských geomatiků, mají sloužit veřejnosti k podobným účelům jako dnes GPS, tedy například k navigaci, k určování pohybu dopravních prostředků či osob nebo k zaměřování budov či pozemků. Využit tak bude v oblasti dopravy, bezpečnosti, cestovního ruchu, realit i veřejné správy. Analýzou signálu navigačních družic lze také určovat parametry atmosféry, které pak mohou být vstupními hodnotami pro matematické modely předpovědi počasí.

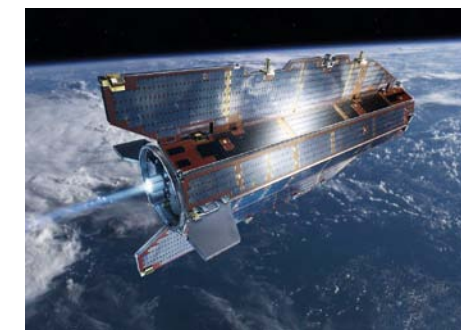
Mapování gravitačního pole Země

Gravitační pole Země, jeho časové změny a související změny v rozložení hmot v zemském systému představují další oblast zájmů geomatiků z centra NTIS. V rámci vědeckých projektů podporovaných mimo jiné Evropskou kosmickou agenturou (ESA) zkoumají plzeňští geomatici a jejich partneři možnosti využití gradiometrických dat měřených evropskou družicí GOCE při mapování anomálních struktur v zemském plášti, které mohou poukazovat na ložiska nerostného bohatství.

„Přepočtem měřitelných gravimetrických veličin je také například možné určit místa, kam na Zemi

v minulosti dopadly meteority. Tato místa jsou často nalezištěm diamantů. Někteří vědci dokonce spekulují, že i Český masív je jeden velký deformovaný kráter vzniklý před miliardami let dopadem meteoritu,“ doplňuje Pavel Novák.

Znalost časových změn gravitačního pole Země je možné ale použít i k dalším důležitým zjištěním. Lze z nich například určovat deformace zemské kůry, monitorovat jevy související se změnou zemského klimatu, jako je tání ledu v polárních oblastech či změny výšky hladiny světových oceánů a moří, a případně předvídat související živelné katastrofy. Geomatika se tím dostává na téměř neohraničené pole využitelnosti.



Gradiometrická družice GOCE Evropské kosmické agentury (obrázek ESA–AOES–Medialab)

Obyčejná voda spoutaná čísly

Výzkumný program P5 – Matematické modely

► doc. Ing. Marek BRANDNER, Ph.D., brandner@ntis.zcu.cz

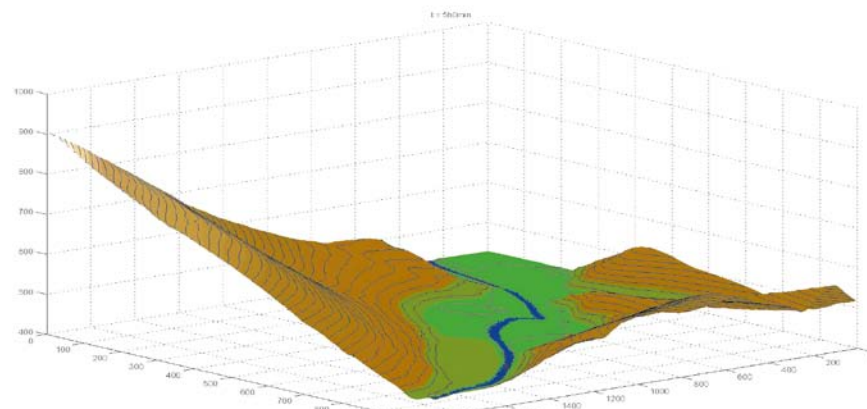
Změna klimatu na naší planetě bude podle řady vědců způsobovat stále větší výkyvy počasí. Důsledkem mohou být častější záplavy – a možná ještě větší, než zažily Čechy v srpnu 2002. Bezpečnost obyvatel pak bude závislá na prostředcích pro předpověď toho, jak rychle, jakým směrem a v jakém rozsahu se řeky rozlijí z koryt.

Na vývoji nových algoritmů pro simulace říčního proudění a rozlivů pracuje tým matematiků z centra NTIS. „Cílem našeho výzkumu je navrhnout efektivní prostředky pro předpověď hloubek a průtoků v říční síti. Současně se věnujeme návrhu postupů pro modelování případných rozlivů. Příslušné matematické modely jsou založené na složitých nelineárních vztazích popisujících proudění tekutin. Námí navrhovaný přístup zachycuje všechny podstatné jevy včetně takzvaných rázových a zpětných vln,“ říká docent Marek Brandner s tím, že se svými

kolegy vyvíjejí numerický model, který bude možné aplikovat na různé řeky a různé oblasti. Ten by měl být univerzálně využitelný pro různé účely a bude součástí systému Floreon (Floods Recognition on the Net), který připravuje Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

Simulace povodní v budoucnosti

Podle Marka Brandnera se v současnosti používá v hydrologii řada matematických modelů, které už posloužily pro vývoj mnoha softwarových systémů. Aby ale bylo možné tento software použít i na běžném PC, jsou přístupy pro simulace zjednodušené, a tedy od skutečnosti někdy méně, někdy i významně odlišné. Důsledkem této odlišnosti je fakt, že řada v současnosti používaných numerických modelů není dostatečně obecná, neuvažuje například uvedené zpětné vlny nebo není navržena pro nespojitá data. Numerické modely plzeňských ma-



Simulace předpokládaného rozlivu řeky v daných časových intervalech při povodňové vlně

tematiků jsou ale vyvíjeny tak, aby fungovaly pro co nejobecnější případy.

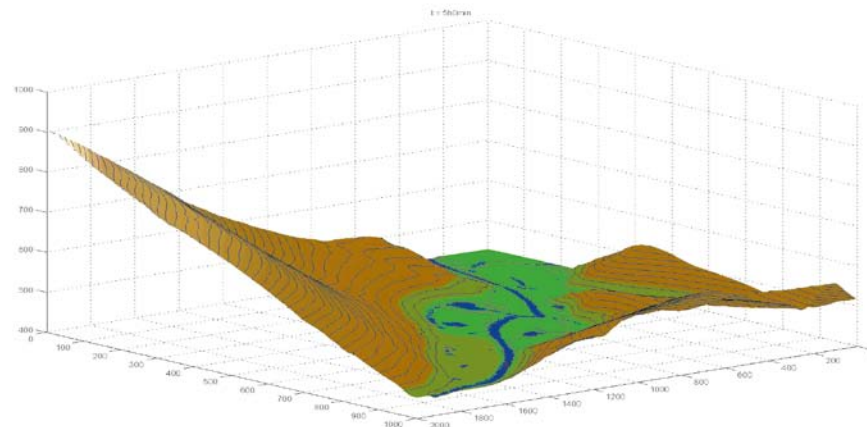
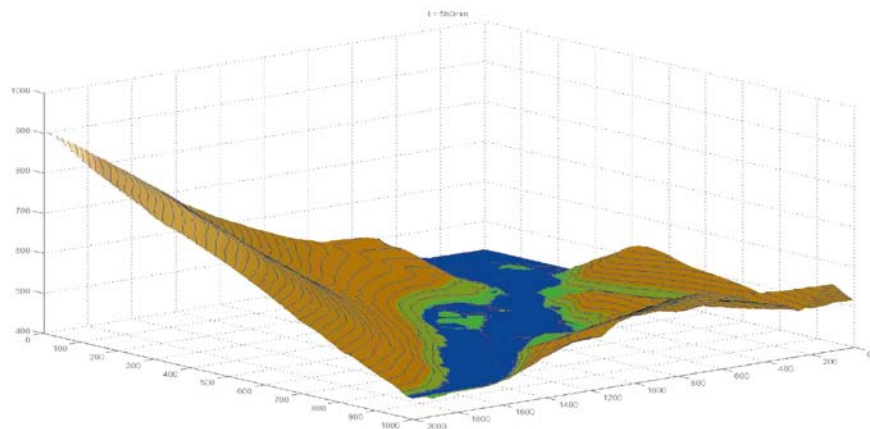
Protože je ale výpočet složitější, nepočítá se s využitím osobních počítačů. Navržené algoritmy lze ovšem využít právě například v rámci systému Floreon, který je provozován na superpočítači. Ten sice nemá každý po ruce, každý jej ale bude moci každý využít prostřednictvím internetu. Požadované výsledky včetně průtokových a rozlivových grafů či vizualizací pak moci každý sledovat on-line na svém vlastním počítači nebo mobilním telefonu.

K čemu lze využít povodňové modely

Využití je možné při různých situacích. „V případě záplav je možné pomocí moderních metod lépe stanovit, v jakém čase dojde v konkrétní lokalitě k zatopení konkrétních míst. Na základě těchto informací

pak mohou krizové štáby stanovit priority evakuace různých sídel. Mohou se dozvědět, kde voda udeří dřív a kde později a která místa budou postižena více a která méně,“ popisuje jednu z možností užití takového systému Marek Brandner. Dále lze na základě poznatků získaných pomocí výpočtů realizovat například územní plánování kolem říčních toků, kdy matematika umožní přesněji popsat, jaký vliv mohou mít například zásahy do tvaru říčního koryta nebo výstavba nového objektu na břehu. Matematické a numerické metody, kterými se tým vědců z centra NTIS zabývá, mohou být v budoucnu použity i v řadě jiných oblastí.

„Naším cílem je vyvíjet nové efektivní numerické přístupy v oblasti počítačové dynamiky tekutin. Věnujeme se především základnímu výzkumu. V řadě případů však pro naše výsledky nacházíme opravdu velice zajímavé aplikace,“ uzavírá Marek Brandner.



Geometrické modelování reálného světa

Výzkumný program P5 – Matematické modely

► doc. RNDr. Miroslav LÁVIČKA, Ph.D., lavicka@ntis.zcu.cz

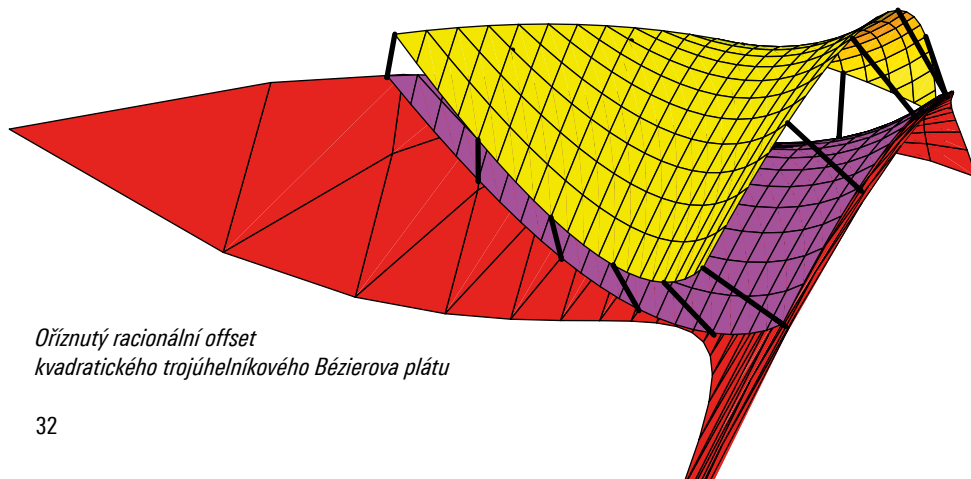
Málokterá oblast vědy se dotýká tolika oblastí jako geometrické modelování. Lze ho najít v architektuře, ve veškerých odvětvích průmyslu včetně zábavního, v medicíně, archeologii, energetice a koneckonců i v tomto textu. Českými špičkami ve svém oboru jsou vědci z centra NTIS, kteří se zabývají geometrickým modelováním. Tyto metody zdokonalují a přizpůsobují praktickému využití. Významné úspěchy sklízí i na mezinárodním poli.

Efektivní popis tvaru

Geometrické modelování je zjednodušeně efektivní popisování tvaru předmětů např. pomocí rovnic. Může přitom jít o předměty reálné či o výrobky, které na svoje zhotovení teprve čekají. Tvarově jednoduché věci, jako například kulovou plochu, lze popsat jednou jednoduchou rovnicí. Komplikovanější věci, jako je třeba karosérie automobilu nebo lopatka turbíny, se pak popisují i několika systémy složitých rovnic. „Každý předmět lze popsat mnoha způsoby.

My se za prvé snažíme najít pro konkrétní tvary co nejjednodušší modely přesného popisu a za druhé hledáme popisy, které budou ideální v konkrétních případech praktického využití, protože pro každou úlohu je vhodný jiný model popisu. A za třetí vyvíjíme co nejjednodušší způsoby, jak přecházet z jednoho modelu popisu na druhý,“ říká ve zkratce k činnosti výzkumného týmu Miroslav Lávička.

Jeho slova lze přiblížit na příkladu z oblasti strojírenství, kde se geometrické modelování uplatňuje velmi často. Frézaři například potřebují vyrobit kovovou součástku. Je sice znám její nejjednodušší tvarový popis, ale ten je pro frézku nevhodný. Je tak třeba vytvořit popis, který obráběcímu přístroji vyhovuje. Zde dochází k prvnímu převodu z jednoho popisu modelu na druhý. Tím může být třeba popis pomocí takzvaných ekvidistantních ploch v případě, že se výrobek opracovává kulovou frézou. Alternativou může být využití jiných tvarů fréz, např. ve tvaru paraboloidu. Pak se k popisu obráběného předmětu využívá



Oříznutý racionální offset kvadratického trojúhelníkového Bézierova plátu

takzvaná teorie konvolucí. A právě těmito typy popisů se plzeňští vědci zabývají a zdokonalují je.

Modelování spoří čas

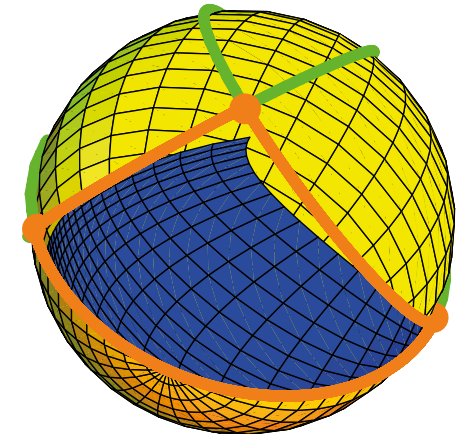
Kromě finální výroby lze práci plzeňských vědců vidět už v přípravných etapách. Například ještě v 80. letech používaly automobilky při vývoji nových modelů pouze makety karosérií, které pak testovaly např. v aerodynamických tunelech. Když výsledky nebyly dobré, musela se udělat jiná maketa a za pár dnů či spíš týdnů se testovalo dál. To je minulost. S využitím metod geometrického modelování je možné vytvořit karosérii v počítači, kde lze pomocí nelineárních rovnic proudění vzduchu udělat test aerodynamiky virtuálně. Když jsou výsledky nevyhovující, upraví technici tvar karosérie změnou několika málo parametrů a za pár minut se zkouší dál.

Zřejmě nejpobornější oblast, která využívá geometrické modelování, je filmový průmysl. Příkladem je světoznámý film Jamese Camerona Avatar. Hodně z toho, co vidí člověk na filmovém plátně, je vytvořeno metodami geometrického modelování, které určuje tvar postav a objektů. Podobné je to i s počítačovými hrami nebo třeba také s počítačovým písmem. Kupříkladu znak „š“ není v počítači zaznamenán jako obrovské množství obrazových souborů podle toho, jakou velikost paragrafu autor potřebuje. Geometrické modelování nabízí jeden popis pro všechny velikosti a varianty tohoto znaku. Až počítač mu dá dle povelů uživatele rozličné parametry.

Geometrické modelování pomáhá i v architektuře a medicíně

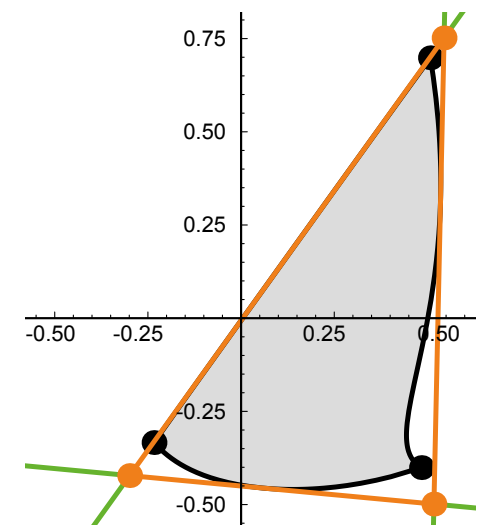
Geometrické modelování v současnosti masivně vstupuje hlavně do architektury a zpracování geodat. Proto mohou vzniknout nové tvary budov, střeš a interiérů. Důležité ale je, že vytvořený geometrický model dovoluje zkoumání důležitých vlastností navrhovaného objektu. Bez geometrického modelování by nebyl možný tak výrazný pokrok v zobrazování terénu a obecně zpracování dat o Zemi. Kvalitní prostorový model krajiny, který dnes nabízí např. internetové mapy nebo server Google, by nevznikl bez moderních metod geometrického modelování. Ostatně některé algoritmy, které používá Google, vznikly právě v Plzni.

Budoucnost výzkumu je také v medicíně či archeologii. Medicína už například dokáže z tomogra-



Konstrukce racionálních offsetů kvadratických trojúhelníkových Bézierových plátů včetně oříznutí parametrické oblasti

fických vyšetření vyrobit 3D model mozku, který si pak neurochirurgové v počítači různě natáčejí, a dokonce poloautomaticky identifikují místa s netypickým vývojem. V archeologii pak lze vytvořit repliku vzácného předmětu, který nemůže být vystavován. „Může se jednat o nález, který je příliš křehký, vadí mu světlo nebo oxiduje. Je ho ale možné naskenovat, tedy převést jeho tvar do čísel, která se pak přizpůsobí pro vytvoření např. holografického modelu,“ vysvětluje Miroslav Lávička.



Kontakty

Výzkumné centrum NTIS – Nové technologie pro informační společnost

NTIS – Nové technologie pro informační společnost

Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8
306 14 Plzeň

www.ntis.zcu.cz ntis@ntis.zcu.cz tel. +420 377 632 062

Ředitel: prof. Ing. Pavel Novák, Ph.D.
 panovak@ntis.zcu.cz
 tel. +420 377 632 676

Vědecký ředitel: doc. Ing. Eduard Janeček, CSc.
 janecek@ntis.zcu.cz
 tel. +420 377 632 506

Vedoucí výzkumného programu P1: prof. Ing. Miloš Schlegel, CSc.
 schlegel@ntis.zcu.cz

Vedoucí výzkumného programu P2: doc. Ing. Josef Kohout, Ph.D.
 besoft@ntis.zcu.cz

Vedoucí výzkumného programu P3: doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
 jvimmr@ntis.zcu.cz

Vedoucí výzkumného programu P4: doc. Ing. Petr Zeman, Ph.D.
 zemanp@ntis.zcu.cz

Vedoucí výzkumného programu P5: doc. Ing. Marek Brandner, Ph.D.
 brandner@ntis.zcu.cz