

TECHNICAL[®]

ČTVRTLETNÍK ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE II 2016



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Rektor Českého vysokého učení technického v Praze prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc., FEng., si Vás dovoluje pozvat na

NOVOROČNÍ KONCERT

17. LEDNA 2017 V 19.30 HOD.

DVOŘÁKOVA SÍŇ, RUDOLFINUM, ALŠOVO NÁBŘEŽÍ 12, PRAHA 1

ÚČINKUJÍCÍ

**SYMFONICKÝ ORCHESTR
ČESKÉHO ROZHLASU**

KÜHNŮV SMÍŠENÝ SBOR

ONDREJ LENÁRD – DIRIGENT

JANA ŠREJMA KAČÍRKOVÁ – SOPRÁN

BARBORA POLÁŠKOVÁ – MEZZOSOPRÁN

JAROSLAV BŘEZINA – TENOR

JIŘÍ SULŽENKO – BAS

JAROSLAV TŮMA – VARHANY

PROGRAM

ANTONÍN DVOŘÁK

KARNEVAL
op. 92, B. 169

ČESKÁ SUITA
op. 39, B. 93

MŠE D DUR („LUŽANSKÁ“)
op. 86, B. 153, B. 175



Vstupenky lze zakoupit na odboru PR a marketingu, Rektorát ČVUT
(č. dveří B3-209), Žitná 4, Praha 6, telefon 224 352 367

CENA VSTUPENEK: 100 Kč, 400 Kč, 450 Kč a 500 Kč

Výtěžek z prodeje vstupenek bude určen na podporu veřejné sbírky na pořízení a instalaci varhan do Betlémské kaple (www.varhany.cvut.cz), kterou organizuje Spolek absolventů a přátel ČVUT (www.absolventicvut.cz).

VÍCE INFORMACÍ NA STRÁNKÁCH WWW.NOVOROCNIKONCERT.CVUT.CZ

prof. Ing. PETR KONVALINKA, CSc., FEng.
petr.konvalinka@cvut.cz



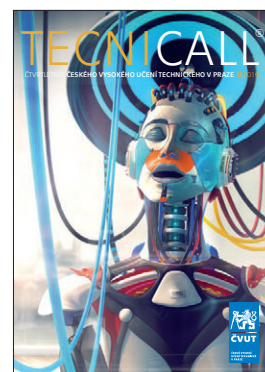
Vážené čtenářky, vážení čtenáři,

jsem velmi rád, že jste si našli čas na další číslo našeho univerzitního časopisu TecniCall. I v posledním čísle tohoto roku vám představujeme novinky z oblasti spolupráce našich vědecko-výzkumných pracovišť, kterými odborníci Českého vysokého učení technického v Praze doslova žijí. Než vám přiblížím obsah tohoto vydání, rád bych připomněl, že v roce 2017 oslaví ČVUT již 310 let od svého založení. Za tu dobu jsme stáli u zrodu stovek inovací a patentů a pomáhali jsme české vědě prosadit se ve velmi tvrdé zahraniční konkurenci. A je pro mne potěšující, že v tomto trendu pokračujeme i nyní. K tomu, abychom i nadále byli schopni konkurovat, případně doplňovat světovou vědu, pomáhá nejmladší součást ČVUT – Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky. A zejména jemu je toto vydání časopisu TecniCall, které držíte v rukou, věnováno. Nové moderní pracoviště se nikdy netajilo svými vysokými ambicemi. Jeho cílem je spojit vědce z různých oborů. Škála je opravdu široká. Ve špičkovém institutu se setkávají specialisté z oblasti kybernetiky, biomedicíny nebo na problematiku inteligentních budov. Moc bych si přál, aby jejich spolupráce posilovala dobré jméno ČVUT a aby se jim dobře „bydlelo“ v novém objektu poblíž Vítězného náměstí, který zanedlouho otevřeme. Pevně věřím, že i v roce 2017 zachováte svou přízeň ČVUT v Praze.

Petr Konvalinka, rektor ČVUT v Praze

Obsah

> Unikátní vědecké centrum se zabývá umělou inteligencí	2	> Spolehlivé komunikační protokoly budoucnosti	22
> Mezinárodní strojírenský veletrh	3	> Optimalizace výroby Použití metod operačního výzkumu pro decision-making	24
> Smlouva (nejen) o umělé inteligenci	4	> Roboty	26
> Zájem roste téměř exponenciálně rozhovor s prof. Vladimírem Maříkem	6	> Mise v Amatrice	26
> Interakce člověk-stroj Platformy v aplikované kybernetice	8	> Záchranáři	27
> CIIRC ?! Anketa s osobnostmi	10	> Inteligentní a mobilní robotika	28
> Síť systémů a systémy sítí	12	> Dvojruká manipulace s měkkými materiály	29
> Modelování přenosové soustavy	14	> SafeLog	29
> ASTEP pomáhá léčit epilepsii	16	> DIGICOR Inteligentní systémy pro průmysl	30
> Asistivní technologie	17	> Symbolické strojové učení	32
> Diagnostika „hrou“ Testování osob prostřednictvím sledování očních pohybů	18	> Co je právě vypouštěno do ovzduší...	33
> Aplikace pro lékaře Zpracování dat z EEG a magnetické rezonance	19	> Univerzitní synergie	34
> Zázemí pro vědu Nová budova ČVUT – CIIRC	20	> Automatizace!	36
		> V hlavní roli enzymy BIOCEV: nový partner pro ČVUT	39
		> On-line sledování stavu člověka Transfer technologií do praxe	40



TecniCall 2/2016
Časopis pro spolupráci vědy a praxe

Vydavatel:
Rektorát ČVUT
Žitkova 4, 166 36 Praha 6
IČ: 68407700

www.tecnical.cz / tecnical@cvut.cz

Vydání: podzim 2016

Periodicita: čtvrtletník
Náklad: 6 000 ks / cena: zdarma
Evidenční číslo: MK ČR E 17564
ISSN 1805-1030

Šéfredaktorka
Mgr. Andrea Vondráková

Editorka
PhDr. Vladimíra Kučerová

Spolupracovníci z ČVUT
Fakulta stavební
Ing. Marie Gallová
marie.gallova@fsv.cvut.cz

Fakulta strojní
Ing. Marta Špačková
marta.spackova@fs.cvut.cz

Fakulta elektrotechnická
Ing. Jan Sláma / slamajan@fel.cvut.cz

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Ing. Šárka Salačová
sarka.salacova@jfifi.cvut.cz

Fakulta architektury
Ing. arch. Kateřina Rottová, Ph.D.
rotoakat@fa.cvut.cz

Fakulta dopravní
Ing. Petra Skolilová
skolilova@fd.cvut.cz

Fakulta biomedicínského inženýrství
Ing. Ida Skopalová
skopalova@fbmi.cvut.cz

Fakulta informačních technologií
Bc. Veronika Dvořáková
veronika.dvorakova@fit.cvut.cz

Design
Michaela Kubátová Petrová,
Lenka Klimtová / Nakladatelství ČVUT

Inzerce
Ing. Ilona Prausová
ilona.prausova@cvut.cz

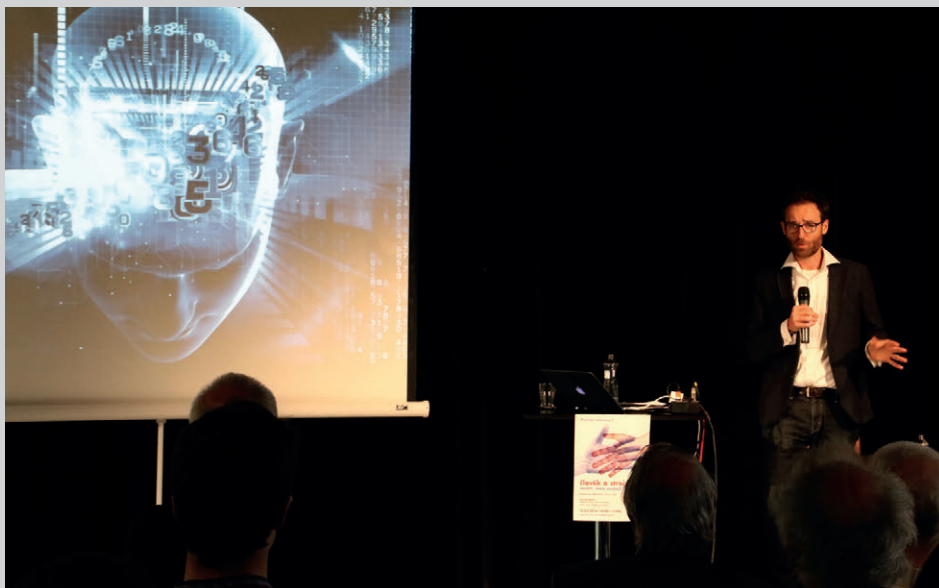
Distribuce
ČVUT v Praze

Fotograf
Bc. Jiří Ryszawy,
Výpočetní a informační centrum ČVUT
jiri.ryszawy@cvut.cz

Tisk
Grafotechna Plus, s. r. o.

Titul
DRAWetC. – Lukáš Vodička
www.drawetC.cz

Toto číslo bylo připraveno ve spolupráci s Nakladatelstvím ČVUT. Přetisk článků je možný pouze se souhlasem redakce a s uvedením zdroje.



Unikátní vědecké centrum se zabývá umělou inteligencí

Vědci z Fakulty elektrotechnické ČVUT založili výzkumné centrum Artificial Intelligence Center (AI Center), které je financováno z amerických vládních agentur, projektů agentury GAČR, evropských výzkumných projektů, ale i průmyslovými partnery, jako jsou například CISCO Systems, Google, Foxconn nebo Procter and Gamble. Celkem 35 vědců a doktorandů se v něm zabývá problematikou teorie her, multiagentními simulacemi, inteligentním plánováním, strojovým učením, aplikacemi umělé inteligence ve výpočetní robotice a dronech, inteligentními dopravními systémy budoucnosti (od leteckého provozu až po cyklistiku), nebo kybernetickou bezpečností a ochranou kritických infrastruktur. Zakladatelem centra je vedoucí Katedry počítačů FEL prof. Michal Pěchouček.

(red) foto: archiv

Noc vědců na ČVUT

Přes 3 300 zájemců přilákala Noc vědců na ČVUT (30. 9. 2016). V rámci letošního tématu Bezpečnost se návštěvníci seznámili se zajímavými projekty z dílen našich fakult a prostory, které za běžného provozu nejsou veřejnosti přístupné. Atraktivní program této nevšední exkurze připravily v dejvickém kampusu FEL, FS, FSv a FIT, zatímco FJFI se představilo v Břehové ulici.

(red) foto: archiv



Future Forces 2016

Na mezinárodním veletrhu Future Forces 2016, jenž se uskutečnil ve dnech 19. až 21. října v pražských Letňanech, se prezentovalo i ČVUT. Na stánku číslo 442 v hale 4 bylo vystaveno bezpilotní letadlo Pilatus PC-6, šestinohý kráčeč robot, end-to-end simulátor telefonní sítě, pře-

nosný analyzátor plynu, bezpilotní systém BRUS s LiDAREm a systém ochrany infrastruktury z Fakulty elektrotechnické, biotelemetrický monitorovací systém Flexi-Guard Fakulty biomedicínského inženýrství a balisticky odolná mobilní stěna, která vznikla na Fakultě stavební. Pozor-

nost budila „stíhačka“ ČVUT – ultralehký dvoumístný letoun UL-39 ALBI, jenž je úspěšným výsledkem spolupráce specialistů z Ústavu letadlové techniky Fakulty strojní ČVUT, společnosti JIHLAVAN airplanes, s. r. o. a firmy LA composite, s. r. o.

(red) foto: Jiří Ryszawy

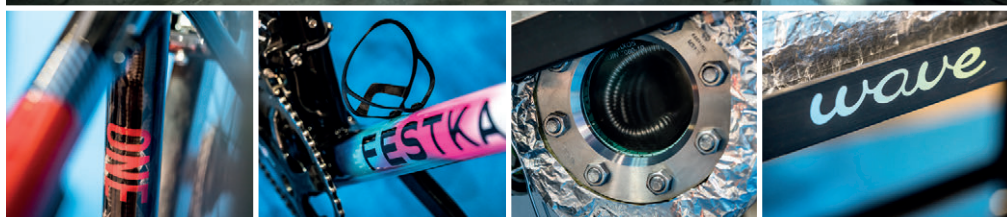
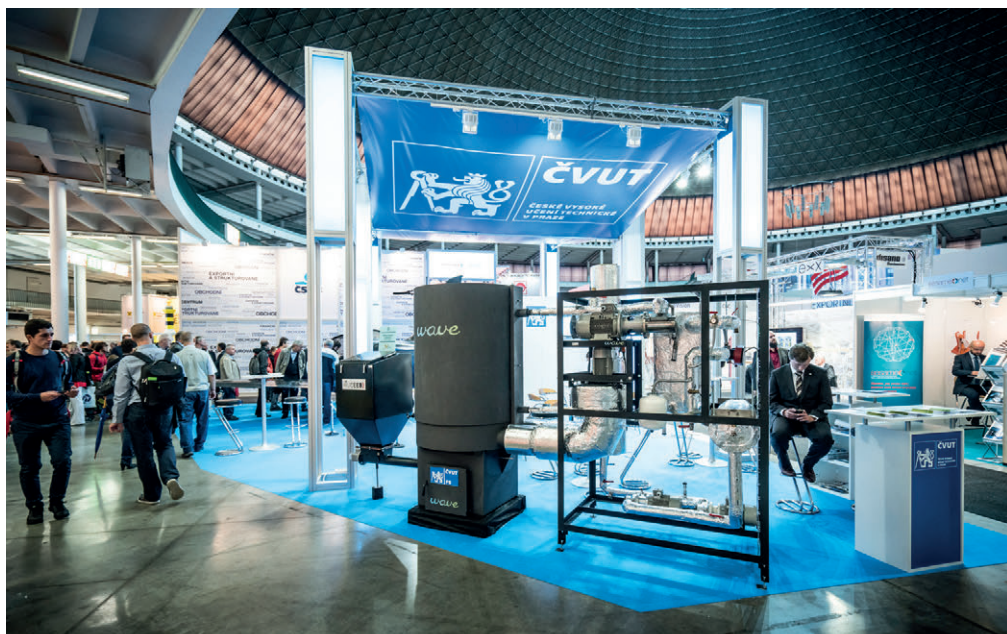
Mezinárodní strojírenský veletrh

Ultralehký letoun s dmychadlovým pohonem, jízdní kolo s karbonovým rámem a mikroelektrárnu představilo ČVUT na Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně (3. až 7. 10. 2016).

Univerzitní expozice v Pavilonu Z na stánku 92 poutala pozornost. Kromě zaslouženého obdivu si náš největší exponát – „stíhačka“ UL-39 Albi týmu Ing. Roberta Theinera, Ph.D., z Fakulty strojní – z mezinárodní přehlídky odvezl i významné ocenění: v kategorii Inovace v transportu a logistice získal Zlatou medaili MSV 2016.

Exponáty Fakulty strojní ČVUT prezentovaly projekty realizované v rámci spolupráce s firmami. Kromě „stíhačky“ zde návštěvníky zaujalo jízdní kolo, na jehož vývoji se podílí tým vedený profesorem Milanem Růžičkou – zaměřili se na optimalizaci rámu z uhlíkového kompozitu s využitím vysokomodulových karbonových vláken. Zajímavé bylo i seznámení s mikroelektrárnou WAVE, která je prototypem zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla pracující na principu organického Rankinova cyklu. Prototyp nejmenší elektrárny na biomasu na světě vznikl v týmu Ing. Jakuba Maščucha, Ph.D., na FS a dále se rozvíjí ve spolupráci s Univerzitním centrem energeticky efektivních budov ČVUT.

(red) foto: Jiří Ryszawy



Den s formulemi

I přes nepřízeň počasí se 12. října v areálu ČVUT v Praze-Dejvicích představila formule studentů Fakulty elektrotechnické eForce FEE Prague Formula a monopost Fakulty strojní CTU CarTech. Součástí Dne s formulemi ČVUT byla prezentace loňské sezóny a představení plánů na následující akademický rok. Setkání se zúčastnili i zástupci firem, které podporují studentské týmy a spolupracují na vývoji nových vozů.

(red) foto: Jiří Ryszawy



Podpora talentům

Podnikatelský inkubátor InQbay, který se zaměří na podporu studentů, výzkumníků, začínajících firem a podnikatelů s inovativními nápady nebo zajímavými projekty především na ČVUT, byl představen 10. října 2016 v areálu ČVUT v Praze-Dejvicích. Nové centrum je součástí Odboru pro řízení projektů a transfer technologií Rektorátu ČVUT.

(red) foto: Jiří Ryszawy

Smlouva (nejen) o umělé inteligenci



Kancelérka Spolkové republiky Německo Angela Merkelová a předseda vlády ČR Bohuslav Sobotka navštívili 25. srpna 2016 ČVUT v Praze. Oba se za přítomnosti dalších významných hostů zúčastnili diskuse o národní iniciativě Průmysl 4.0. Při této příležitosti byla podepsána dohoda o spolupráci mezi Německým výzkumným střediskem pro umělou inteligenci (DFKI) zastoupeným jeho ředitelem prof. Wolfgangem Wahlsterem a Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT reprezentovaným ředitelem prof. Vladimírem Maříkem.

„Velkou roli v Průmyslu 4.0 hraje i výzkum a vývoj. České podniky se v mnohých případech dostávají z pozice subdodavatelů na vyšší úroveň, na úroveň partnerů.

Domnívám se, že právě tam bychom měli v ČR směřovat naše úsilí – nebudovat tu jen montovny, ale orientovat se na úlohu systémového integrátora při budování větších celků Průmyslu 4.0. Máme na to. Naši inženýři jsou jak vzdělaní, tak schopní propojovat věci dohromady, systémově uvažovat, integrovat, což bude právě v éře Průmyslu 4.0 zásadní“, uvedl prof. Mařík. „Jsme typickou zemí, která není velká, ale má schopné lidi, kteří umí kombinovat řešení a vytvářet z nich novou unikátní kvalitu. A myslím si, že i české vysoké školy mají potenciál poskytnout Průmyslu 4.0 vědeckou a vědeckotechnologickou podporu. Spolupráce s německými odborníky z univerzit i průmyslu byla pro nás vždy velmi důležitá, v oblasti Průmyslu 4.0 se však jedná o spolupráci klíčového, doslova existenčního významu“, dodal ředitel Institutu.

Rektor ČVUT prof. Petr Konvalinka k významnému setkání uvedl: „Návštěva paní kancléřky je vnímána nejen jako určité ocenění naší dosavadní spolupráce, ale především vytváří skvělé předpoklady pro její další rozšiřování. Podpora tomu, co děláme a zkoumáme, je pro nás velkým stimulem.“

(red) foto: Jiří Ryszawy

České vysoké školy mají potenciál poskytnout Průmyslu 4.0 vědeckou a vědeckotechnologickou podporu.



Informatika

Robotika

Kybernetika

>>>

prof. Ing. VLADIMÍR MAŘÍK, DrSc., dr. h. c.
vladimir.marik@cvut.cz

Zájem roste téměř exponenciálně

Centrem mezinárodní vědy a výzkumu je nejmladší univerzitní součást, Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC), jenž byl založen 1. 7. 2013 jako vysokoškolský ústav ČVUT na základě rozhodnutí AS ČVUT ze dne 22. 4. 2013. O prvních výsledcích i dalších souvislostech hovoříme s jeho ředitelem, profesorem Vladimírem Maříkem.

Informatika, robotika, kybernetika, to vše jsou velmi atraktivní obory, které samy o sobě jistě lákají pozornost nejen laiků. Je tomu opravdu tak, jak by se dalo předpokládat, že o spolupráci s vaším centrem je velký zájem?

V souvislosti s dokončováním budovy, ale zejména s viditelnými výsledky dosavadních aktivit zájem o spolupráci s CIIRC roste téměř exponenciálně. Jak z průmyslu, tak i z dalších akademických institucí. Velkou roli zde sehrávají naše schopnosti konkrétními výsledky a konkrétní spoluprací podporovat moderní trendy v průmyslu, energetice i zdravotní péči. Vznikají společné laboratoře s klíčovými průmyslovými podniky, např. se Siemensem, Rockwellem či Eatonem.

Můžete být konkrétnější?

Samozřejmě, například společně s firmami Siemens a Škoda Auto budujeme rozsáhlý testbed, tedy moderně vybavenou laboratoř, umožňující vytvářet experimentální výrobní úseky pro potřeby malých a středních podniků. Mělo by se jednat o v naší zemi unikátní infrastrukturu, která by byla zcela otevřená pro národní i mezinárodní spolupráci a kterou budeme budovat a postupně rozšiřovat po řadu let. Konceptně se jedná o velkorysý projekt, který by mohl ve svém výsledku výrazně pomoci implementaci myšlenek Průmyslu 4.0 v českém prostředí, přispět k vytváření komunity firem zainteresovaných na moderních řešeních. Bude propojovat zájmy IT firem, výrobních strojírenských podniků,

světových výrobců automatizační techniky i malých a středních českých firem i akademické sféry.

Jedním ze záměrů centra bylo stát se excelentním pracovištěm, které právě spoluprací odborníků z ČVUT a dalších akademických pracovišť v ČR i zahraničí povýší zdejší vědu a výzkum na ještě vyšší úroveň. Jak to jde?

Institut se snaží podávat národní i mezinárodní projekty ve spolupráci s dalšími univerzitními pracovišti v České republice. Například návrhy společných projektů pro OP VVV jsme podávali s VUT Brno, VŠB Ostrava a ZČU Plzeň, projekty Horizont 2020 s VUT Brno, projekty MPO TRIO s VŠB Ostrava atd. Technickou univerzitu Liberec zapojujeme do sítě ASEAN Uninet. Vycházíme ze zkušeností a kontaktů získaných v rámci řešení projektu Centra aplikované kybernetiky jako Centra kompetence TA ČR. Obdobně se rozvíjí spolupráce se zahraničními pracovišti při přípravě dlouhodobých koncepčních projektů. Zde bych chtěl vyzvednout především Německé výzkumné centrum pro umělou inteligenci v Saarbureckenu, s nímž jsme podepsali velmi významnou smlouvu o spolupráci. Obdobnou smlouvu máme již např. s Rakouským technologickým institutem ve Vídni. Oba jsou to ústavy svým charakterem a postavením v rámci národního výzkumu podobné našemu centru. S rozvojem spolupráce i v mezinárodním měřítku můžeme být tedy spokojeni, odpovídá našim představám.



prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc., dr. h. c. (64)

Ředitel Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT
V letech 1999 až 2013 vedl Katedru kybernetiky FEL
Odbornost: umělá inteligence, multiagentní a znalostní systémy,
softcomputing a aplikace plánování a rozvrhování výroby

Jste vedoucím autorského kolektivu, jenž připravil národní iniciativu Průmysl 4.0. Jak se tato strategie – čtvrtá průmyslová revoluce – realizuje ve vašem institutu

**a v rámci celého ČVUT? Mimocho-
dem – jedná se podle vás opravdu
o revoluci, nebo spíše o vymezení
především technických novinek,
které změní nejen průmyslovou
výrobu, ale vlastně celou naši sou-
časnost?**

Změny ve výrobních procesech
v důsledku prudkého rozvoje
a konvergence výpočetních, komu-
nikačních a automatizačních tech-
nologii probíhají tak překotně
a mají takový vliv nejen na organi-
zaci výroby, ale na život celé spo-
lečnosti, že kvantita změn začíná
přecházet v novou kvalitu. Tedy
evoluční vývoj začíná mít příznaky
skutečné revoluce.

V CIIRC můžeme přispět jak moder-
ními metodami a technikami umělé
inteligence, kybernetiky, strojového
vnímání a robotiky, tak i teorií auto-
matického řízení či teorií i praktic-
kými aplikacemi plánování a rozvr-
hování průmyslové výroby, a to již
děláme. Hlavní přínos však vidím
ve věcech unikátních a sloužících
našemu průmyslu a společnosti
jako celku: ve vybudování a provo-
zování výše zmiňovaného testbedu,
ale i akcelératoru start-upových
firem zaměřených na tematiku Prů-
myslu 4.0. Chceme hrát roli klíčové
a respektované výzkumné základny
pro Průmysl 4.0 v naší zemi.

**Výzkum potřebuje nejen šikovné
vědce, ale i nejmodernější zázemí.
Prostory v novém objektu vidi-
telně rostou před očima, ale jak
jste na tom s vybavením laboratoří,
které zde budou sídlit? Jejich
názvy – například Laboratoř inteli-
genicní robotiky, Laboratoř teleme-
dicíny a asistivních technologií či
Mechatronická laboratoř – napo-
vídají, že přístrojové vybavení je nut-
ností a jistě ne za pakatel...**

Přístrojové vybavení je skutečně
klíčovou záležitostí. Zatím se
v rámci rozpočtu spíše uskovnu-
jeme na úkor některých změn
a úprav na stavbě. Snažíme se pře-
devším dobře zvolit základní tech-
nickou infrastrukturu, která by měla
být modulární, rozšiřitelná. Počí-
táme s tím, že většinu speciálnějšího
vybavení budeme dokupovat
postupně, z prostředků např. OP
VWV nebo z projektů Horizont 2020.

**Při prezentaci centra jste kladli
důraz na to, že přístrojové vyba-
vení, které bude pořízeno pro
CIIRC, bude sdíleno nejen v rámci
ČVUT, ale i partnerskými organiza-
cemi. To je stále ještě záměr nebo
je tento princip už běžnou reali-
tou? Hovořilo se například o spekt-
rometru sdíleném s Fakultou
jadernou a fyzikálně inženýrskou...**

Spektrometr skutečně sdílíme
efektivně s FJFI. Základní infra-
strukturu budeme sdílet např.
s Výpočetním a informačním cent-
rem, rektorátem i Fakultou elektro-
technickou. Přístroje a stroje pro
testbed především s Fakultou
strojní – tak jsme ostatně formulo-
vali i návrhy některých projektů OP
VWV. Ve společné laboratoři CIIRC
a Škoda Auto počítáme se silnou
účástí Fakulty dopravní. Princip
sdílení se – u spolupracujících
fakult – stává skutečností.

**Daří se vám získávat mladé vědce?
Ať už zdejší studenty-doktorandy,
nebo i ze zahraničí?**

Daří. Zájemců o studium nebo
pozici mladého výzkumníka
od nás i ze zahraničí je poměrně
dost. Neměli jsme pro ně zatím
dostatečný prostor – ale nová
budova situaci dramaticky změní.

**Jste osobnost, která musela
vzniku a rozvoji nového vědecko-
výzkumného centra věnovat
nejen čas a úsilí, ale částečně
i kariéru na Fakultě elektrotech-
nické, kde jste byl vedoucím jedné
z nejvýznamnějších kateder,
a bohužel i nervů. Neustálé
dohady či neshody jsou viditelné
i mimo naši akademickou půdu.
Vidíte už posun i v rámci vnitřní
komunikace na ČVUT, když signály
zvenčí jsou viditelně pozitivní,
například nedávná návštěva
německé kancléřky Angely Mer-
kelové...**

Chtěl bych říci, že o kariéru mi
nejde. Jde mi především o dobro
ČVUT a České republiky jako celku.
Proto jsem mohl dohady přestat
v pohodě a brát je jako součást
naplňování složitějšího poslání, jako
součást výzvy. Určité třenice mezi
starými a nově vznikajícími institu-
cemi jsou běžné všude, i ve světě.

U nás na FEL to trochu přesáhlo
obvyklou míru, zejména proto, že
útoky na tvůrce nových konceptů
byly hodně osobní. A nemířily
jenom k mé osobě. Ale snad se
situace postupně uklidní.

**Vaši nezdolnou energii, s níž
budujete nové centrum, by vám
mnozí mohli závidět. Odhadnete,
kdy bude stoprocentní realitou
princip synergie fakult a ústavů,
která je klíčová pro kompetitiv-
nost ČVUT?**

Až všichni pochopí, že ve světové
soutěži má šanci uspět jen
a pouze ČVUT jako dobře sehra-
ný celek. Filozofie „malých pískovišť“
povede jen k tomu, že písečná
poušť převládne všude a prohra-
jeme všichni. To však dopustit
nesmíme. Dílčí úspěchy dosažené
v dělné synergii dávají strategii
spolupráce čím dál tím více
za pravdu.

**Dá se tedy už nyní říci, že vznik
CIIRC se opravdu stal společnou
příležitostí pro rozvoj ČVUT, že
naši univerzitu přibližuje směrem
k moderní technické univerzitě,
která se v mezinárodním hodno-
cení posunuje směrem vzhůru?**

Ano. Myslím, že obrovský zájem
firem o společné laboratoře, zájem
paní kancléřky Merkelové a její nad-
šené návštěvy u nás i neformální
zájem japonských kolegů o spolu-
práci v oblasti Průmyslu 4.0
na národní úrovni vedle SRN též
s Českou republikou, potažmo
s CIIRC ČVUT jsou jen některé pří-
klady toho, že se vříváme do mapy
světa. Je to zásluha více než
130 dnešních zaměstnanců, kteří
opustili poklidná místa v nejrůz-
nějších akademických institucích,
a to i mimo ČVUT, a přemístili se
do frontové linie aktivního budo-
vání něčeho nového. To jsou oprav-
doví hrdinové dneška a za to jim
chci vyjádřit dík. Jsem přesvědčen,
že budování CIIRC přispěje v dlou-
hodobém horizontu k zdravé
a efektivní restrukturalizaci,
k restartu ČVUT jako celku. A to by
byl výsledek vůbec nejhodnotnější.

Vladimíra Kučerová
foto: Jiří Ryszawy

**Dne 22. 9. 2014
vláda ČR
rozhodla
o dotaci pro
vybudování
CIIRC ve výši
1.0 mld. Kč
(příjemce
dotace ČVUT),
stavba byla
zahájena
6. listopadu
2014. Nový
moderní objekt
pro vědu
a výzkum ožívá
na konci roku
2016**

Interakce člověk-stroj

Platformy v aplikované kybernetice

Kybernetika je vědní obor, který se zabývá principy komunikace, vnímání a řízení ve strojích a živých organismech. Aplikovaná (nebo technická) kybernetika využívá mechanismů, které probíhají v živých organismech k vytváření nových a lépe fungujících strojů a systémů. Tento obor zažívá v posledních letech nebývalý rozmach, zejména díky rozvoji počítačových věd a informačních technologií.

Na kybernetických principech je založena čtvrtá průmyslová revoluce Průmysl 4.0. K její realizaci bude zapotřebí integrovat výzkumný potenciál různých oborů a těsně spolupracovat s průmyslovými podniky. K tomuto účelu v Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT (CIIRC) vzniklo oddělení vědeckého řízení platform, které podporuje a koordinuje výzkum mezi různými odděleními nebo skupinami uvnitř tohoto institutu, mezi ním a dalšími součástmi ČVUT a také mezi CIIRC a externími pracovišti. Platformu typicky tvoří rozsáhlé projekty nebo výzkumné aktivity, jejichž odborný záběr přesahuje do několika oddělení.

V současné době existují tři platformy: Centrum aplikované kybernetiky, Centrum pro statistické modelování a analýzy a Centrum výpočetní inteligence a zpracování signálů. Další dvě platformy se připravují: Prototypová dílna a půjčovna přístrojů a Znalostní podpora při využívání informačních zdrojů.

Centrum aplikované kybernetiky

Centrum aplikované kybernetiky vzniklo již v roce 2000 s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci programu Výzkumná centra. Do projektu se postupně zapojily nejlepší univerzitní týmy a výzkumně orientované firmy v oboru aplikované kybernetiky v České republice. V současné době je centrum podporováno Technologickou agenturou České republiky jako projekt TE01020197 v rámci programu Center kompetence. Strategická výzkumná agenda je formu-

lována na roky 2012–2019 a je rozdělena do 23 pracovních balíčků.

Pro řešení projektu bylo vytvořeno konsorcium 16 subjektů. Řešitelem projektu a hlavním příjemcem dotace je ČVUT, jehož partnerem jsou tři veřejné vysoké školy (VUT v Brně, Západočeská univerzita v Plzni a Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava) a řada velkých, středních i malých podniků (AIS spol. s r.o., CAMEA spol. s r.o., CertiCon, a.s., ČEPS a.s., GABEN spol. s r.o., LTR spol. s r.o., Merica s.r.o., Neovision s.r.o., PEDICO Machinery s.r.o., PT SOLUTIONS WORLDWIDE spol. s r.o., SpeechTech s.r.o., TG Drives, s.r.o.). V rámci ČVUT projekt zajišťuje CIIRC a na řešení se podílí Fakulta strojní a Fakulta elektrotechnická.

Projekt má čtyři konkrétní cíle/aplikační oblasti:

- „Modelování a řízení výroby, distribuce a konverze elektrické energie“ poskytne plně parametrizovaný model chování účastníků trhu s elektřinou v celoevropské přenosové síti, kompletní softwarový nástroj pro celoplošné monitorování sítě a vysoce účinný inteligentní systém řízení konverze elektrické energie v elektrických pohonech.

- „Inteligentní interakce člověk-stroj“ poskytne integrované systémy a nástroje pro realizaci robotů se schopnostmi inteligentní interakce člověk-stroj. Systémy budou schopné získávat relevantní data z prostředí, vytvářet adekvátní dynamické vnitřní modely situace v reálném prostředí jako podklad pro inteligentní interakci a jejich

Robot MORPHEUS, který představuje univerzální mobilní robotickou platformu pro široké využití například při 3D skenování a CBRN průzkumu. Robot byl vyvinutý v těsné spolupráci VUT v Brně a firem TG Drives s.r.o. a LTR s.r.o. v rámci projektu Centrum aplikované kybernetiky.



součástí budou i systémy komunikace člověk–stroj v přirozeném jazyce.

- „Strojové vnímání a analýza obrazů v průmyslových aplikacích“ vytvoří technologie a řešení, které umožní vizuální měření rozměrů, třírozměrné vidění pro nalézání polohy robotu, detekci a rozpoznávání objektů, využití taktilních senzorů v robotice a dále rozšíří systémy počítačového vidění do zcela nových oblastí monitorování a bezpečnosti dopravy.

- „Optimalizační nástroje pro průmyslovou informatiku“ vytvoří množinu softwarových nástrojů založených na modelování průmyslových procesů a na sofistikovaných algoritmech umožňujících automatizaci rozhodování operátora. Tyto přístupy budou implementovány ve formě softwarových modulů pro rozhodování, řízení a monitorování systémů.

Na řízení projektu se podílí tým zkušených profesorů. Manažerem projektu je prof. Ing. Vladimír Kučera, DrSc., dr.h.c. Jednotlivé aplikační oblasti koordinují prof. Ing. Michael Šebek, DrSc., prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc., dr.h.c., prof. Ing. Václav Hlaváč, CSc., a prof. Dr. Ing. Zdeněk Hanzálek. Projekt tvoří platformu, která odborně přesahuje do několika oddělení ústavu: Kyberneticko-fyzikální systémy, Průmyslová informatika, Robotika a strojové vnímání a Průmyslová výroba a automatizace.

Centrum vytváří národní platformu a je prototypem mezioborové spolupráce v oboru aplikované kybernetiky. Prof. Ing. Pavel Václavěk, CSc., z VUT v Brně k jeho významu říká: „Není pochyb, že vznik Centra aplikované kybernetiky je významným milníkem ve výzkumu v oblasti řídicích systémů, instrumentace a robotiky. Svým způsobem se od samého počátku jednalo o průkopnický projekt, který nesl a nese řadu atributů, které i dnes hledáme u úspěšných ambiciózních projektů – rozsáhlou spoluprací mezi akademickou a průmyslovou sférou, koncentrací výzkumných kapacit, které ve spolupráci mají potenciál dosáhnout významných výsledků, ale i jasné

Do projektu Centrum aplikované kybernetiky se postupně zapojily nejlepší univerzitní týmy a výzkumně orientované firmy v oboru aplikované kybernetiky v České republice.

danou odpovědnost za kvalitu a kvantitu získaných výsledků. Ani po více než šestnácti letech neztrácí toto uskupení předních pracovišť v oblasti kybernetiky na svém významu, centrum zůstává velmi efektivní platformou.“

Centrum pro statistické modelování a analýzy

Stát se mezioborovým pracovištěm sdružujícím jak odborníky s etablovaným vědeckým a aplikačním potenciálem, tak i mladší vědecké pracovníky i studenty z mnoha různých oblastí, zabývajících se analýzou dat, pravděpodobnostním a statistickým modelováním. Takový cíl má Centrum pro statistické modelování a analýzy, které vede prof. Ing. Emil Pelikán, CSc. Představuje teoreticko-aplikační výzkumnou platformu působící napříč výzkumnými skupinami a týmy v rámci ČVUT i mimo ně, které jsou schopny vzájemně komunikovat a vytvářet strategická partnerství pro podávání grantových přihlášek, provádění interdisciplinárního výzkumu a aplikaci získaných poznatků do praxe. Hlavním výzkumným směrem centra je rozvoj metod, které jsou zásadní pro porozumění určitým třídám složitých systémů spojených s fyzikálními, biologickými či společenskými procesy, průmyslovou výrobou, výrobou energií, zpracováním surovin nebo životním prostředím. Složitost analyzovaných procesů a tudíž i složitost datových struktur, které je popisují, je stále vyšší a je třeba se vypořádat s datovými typy různých druhů, jež pocházejí z různých zdrojů a mají odlišnou přesnost měření. Metodicky je výzkum zaměřen na techniky matematic-

kého (stochastického) modelování, na metody moderní semiparametrické regrese, detekce změn ve sledovaném procesu, klasifikační metody, a to včetně analýzy rizik a nejistot a s nimi spojených otázek bezpečnosti, které jsou v souvislosti se vzrůstající automatizací stále aktuálnější.

Centrum výpočetní inteligence a zpracování signálů

Obecnou platformu zaměřenou na metodologii inženýrské informatiky a číslicového zpracování signálů a obrazů představuje Centrum výpočetní inteligence a zpracování signálů, vedené prof. Ing. Alešem Procházkou, CSc. Cílem je integrace mezioborového přístupu k analýze vícekanálových a vícerozměrných dat a využití podobných matematických metod v rozdílných aplikačních oblastech. Teoretické oblasti zájmu této mezioborové platformy zahrnují vybrané matematické metody, funkcionální transformace pro analýzu dat, číslicovou filtraci pro potlačování nežádoucích komponent signálu, segmentační a klasifikační metody, optimalizaci a geometrické metody pro třírozměrné modelování.

Úzká mezioborová spolupráce s dalšími výzkumnými skupinami, vědeckými společnostmi a prestižními univerzitami ve světě umožňuje detailní koordinaci výzkumných aktivit, PhD projektů a organizaci společných odborných seminářů a konferencí. Vybrané projekty jsou zaměřené na adaptivní metody výpočetní inteligence při zpracování GPS dat a prostorovém modelování pohybu a chůze, při analýze a zpracování videosekvencí v inženýrských a biomedicínských aplikacích, při analýze neurologických dat, EEG signálů a polysomnografických záznamů a při segmentaci, identifikaci, registraci a číslicovém modelování objektů. Součástí obecného zájmu platformy jsou sensorové systémy, bezdrátový přenos dat, internet věcí a programové prostředky (paralelního) zpracování rozsáhlých dat.

**autor: Vladimír Kučera
ilustrace: archiv autora**

CIIRC?! | Anketa s osobnostmi

Posláním Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze je být mezinárodně uznávaným výzkumným pracovištěm a místem pro přenos technologií do průmyslu. Jak jej vnímají osobnosti ze sféry vědy a průmyslu? Oslovili jsme je s otázkou:

V čem vidíte hlavní význam Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT? Počítáte se spoluprací s tímto vědecko-výzkumným pracovištěm a ve které oblasti?



Ing. Eduard Palíšek, Ph.D., MBA, generální ředitel skupiny Siemens Česká republika

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT vnímám jako jedinečné výzkumné pracoviště, které vytváří a rozvíjí vazby mezi průmyslovými podniky a akademickou sférou. Díky této spolupráci vznikají inovativní koncepty a řešení, která tvoří základ dlouhodobé konkurenceschopnosti českých firem.

S CIIRC spolupracujeme na budování testovací laboratoře pro koncept Průmysl 4.0, jejímž cílem je umožnit zejména malým a středním podnikům bez velkých investic testovat nové technologie v reálných podmínkách. Na reálném HW a SW vybavení si bude možné jednotlivá technická řešení vyzkoušet a kvalifikovaně se rozhodnout pro řešení, které je pro podmínky vlastní výroby optimální. Testovací laboratoř vybavená technologiemi Siemens bude samozřejmě sloužit i výzkumným týmům a stane se součástí naší dlouhodobé podpory českého technického vzdělávání.



Engelbert Hetzmanseder, ředitel Evropského inovačního centra společnosti Eaton

Společná laboratoř CIIRC a moderního Evropského inovačního centra firmy Eaton (EEIC) v Roztokách u Prahy nám umožní lepší přístup k univerzitním studentům i profesorům, např. prostřednictvím financování studentů doktorandského studia. Technologická témata, na kterých budeme spolupracovat, sahají od integrovaných řídicích systémů pro spalovací motory přes hydraulické letecké systémy až po projekty z oblasti Průmysl 4.0, zejména Smart Grids. Navíc se CIIRC může stát spolehlivým partnerem pro společné technologické projekty financované z dotačních programů z ČR i EU. Jsem přesvědčen, že vybudujeme silné vzájemné partnerství a budeme mít prospěch z nejnovějších myšlenek a výzkumů s cílem vybudovat efektivnější a udržitelnější budoucí řešení pro všechny naše zákazníky.



Ing. Jiří Holoubek, člen představenstva, Svaz průmyslu a dopravy ČR

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT vnímám jako prestižní ústav, který je schopen integrovat, ale i koordinovat vědecko-výzkumné aktivity dalších špičkových pracovišť. V současné době je z mého pohledu velmi důležité otevřené a široké mezioborové zaměření, ve kterém informatika, kybernetika a robotika hrají dominantní roli. V osobě ředitele Institutu pana profesora Maříka, ale i jeho nejbližších spolupracovníků, spatřuji záruku úspěšného rozvoje této součásti ČVUT. Spolupráci Svazu průmyslu a dopravy České republiky s Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT si umím představit jak v Expertním týmu SP ČR pro vzdělávání a v Expertním týmu pro vědu, výzkum a inovace, tak i v Pracovní skupině pro implementaci Průmyslu 4.0 ve firmách.



Ing. Jaroslav Doležal, CSc., dr. h. c., konzultant, emeritní zástupce společnosti Honeywell pro Českou republiku

Dosavadní historii CIIRC sleduji od samotného vzniku tohoto záměru a následného projektu. Je více než dobře, že se podobná aktivita na ČVUT objevila, neboť přes úsilí jeho pracovníků pozice ČVUT v posledním období bohužel stagnovala. Lze sice diskutovat o vnitřních či vnějších faktorech tohoto stavu, ale bez zásadnějších vnitřních změn a postojů se bude ČVUT s touto situací jen pomalu vypořádávat. Náběh aktivit Institutu je a bude příkladem v inovativní orientaci ČVUT. Již jejich současný objem a skladba jsou nejen příslibem, ale i zárukou jinde dosti formálně proklamované excelence a světovosti. Netřeba zdůvodňovat, že aplikační sféra často marně vyhledává instituce tohoto typu; možnost kontaktů a spolupráce s CIIRC je v tomto ohledu více než pozitivním signálem od technického vysokého školství, potažmo od ČVUT.



**Ing. Jan Bezdíček, Ph.D.,
ředitel, Rockwell
Automation ČR**

Hlavní význam Institutu vidím v možnosti vytvořit unikátní pracoviště s jasnou působností, které svým zaměřením a možnostmi přiláká špičkové odborníky a stane se rovnocenným partnerem podobných světových institucí. Naše firma dlouhodobě spolupracuje s ČVUT. Více jak šest let financujeme například aktivitu laboratoře nazvané Rockwell Automation Distributed Intelligent Control (RADIC), která od doby ustavení Institutu pracuje pod jeho záštitou. Nadále počítáme s podporou aktivit této laboratoře. Domnívám se, že jedinečnost tohoto pracoviště spočívá v tuto chvíli zejména v osobnostech, které stojí za vznikem a „rozjezdem“ Institutu.



**Ing. Miroslav Dub, CSc.,
prokurista společnosti SIDAT**

Hlavní význam CIIRC spatřuji ve schopnosti identifikovat témata, která odpovídají komplexním potřebám průmyslové praxe a dosáhnout výsledků, jejichž řešení mají stěžejní význam pro další rozvoj tuzemské ekonomiky. K tomu přispívá mj. i spolupráce Institutu s renomovanými zahraničními vědeckými institucemi a technickými univerzitami a s výzkumnými centry špičkových výrobních firem.

Se spoluprací s CIIRC nadále počítáme. Hodláme přitom skloubit unikátní znalostní potenciál tohoto pracoviště s našimi dlouholetými teoretickými i praktickými zkušenostmi z realizace náročných automatizačních projektů v řadě průmyslových oborů. Zamýšlíme společně připravit a ověřit vhodná řešení pro postupnou transformaci tuzemských výroby na výroby s uplatněným principů Průmyslu 4.0.



**doc. Ing. Jaroslav Machan,
CSc., ŠKODA AUTO a.s.**

Významnými prioritami ŠKODA AUTO a.s. jsou spolupráce mezi průmyslovou a akademickou sférou a podpora zapojení mladé generace do výzkumných a vývojových projektů. Cílem těchto priorit je vytváření inovativního prostředí a generace inovativních myšlenek, technologií a produktů.

Stále významnější roli hraje schopnost pracovat s inovativními technologiemi, jež tvoří základ Průmyslu 4.0.

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT představuje klíčovou instituci jak na poli popularizace Průmyslu 4.0, tak v oblasti základního i aplikovaného výzkumu a vývoje, který může být pro ŠKODA AUTO a.s. velkou inspirací.

Inspirací pro vznik nové univerzitní součásti CIIRC ČVUT byl zvláště The Robotics Institute při Carnegie Mellon, podobný ústav ve Stanfordu a na Tokijské technické univerzitě. Prioritou je výzkum a transfer technologií.



Ing. Petr Havlík, obchodní ředitel IBM ČR

Vznik a otevření CIIRC je podle mého názoru jedinečným počinem, který svým významem zcela přesahuje vše, co se v ČR na poli robotiky a kybernetiky odehrálo od doby vydání Rossumových Univerzálních Robotů (R.U.R.) Karla Čapka v roce 1920. Ojedinelý je díky vzácné kombinaci osobnostního potenciálu soustředěného kolem vynikajících kapacit českého technického výzkumu a vývoje a ředitele CIIRC, pana profesora Maříka, a svým horizontálním až nadoborovým zaměřením a otevřeností potřebám nejen českého trhu a firem. Nelze opomenout také vzácně příznivý „časoprostorový“ aspekt – na správném místě a ve správný čas. Česká republika je de facto kolébkou robotiky a na tomto odkazu lze v době exploze digitálních technologií, inteligentních a kognitivních systémů velmi dobře stavět. V kontextu národní iniciativy Průmysl 4.0 a rozvoje vztahů s firmami z Německa, USA, Izraele, Jižní Koreje a dalších inovačně silných ekonomik se propojení výzkumných a vývojových kapacit v CIIRC s kapacitami a potřebami těchto firem může stát významným pilířem dlouhodobé konkurenceschopnosti naší země.

Těšíme se na rozvoj vzájemné spolupráce a konkrétní projekty, které posunou hranice komerčního využití inteligentních digitálních technologií opět o kousek dále.

prof. Ing. MICHAEL ŠEBEK, DrSc.
michael.sebek@cvut.cz

Evropský projekt
Sartre: Skutečná
kolona s automobily
Volvo bez řidičů
v běžném provozu.
Řídicí systémy byly
navrženy našimi
absolventy v pražské
pobožce firmy
Ricardo.
[foto: www.sartre-project.eu]



Sítě systémů a systémy sítí

Představte si síť složenou z mnoha nějak propojených systémů neboli agentů či uzlů. Chování každého subsystému obvykle závisí nejen na jeho vlastnostech, jeho minulosti a podnětech či povelích zvenku, ale také na chování subsystémů sousedních.

V elektrické síti propojených generátorů a spotřebičů závisí chování každého uzlu nejen na spotřebě a výrobě v daném místě, ale také na spotřebě či výrobě jinde v síti. Kvalita elektřiny závisí nejen na čase, ale také na místě, kde ji sledujeme. Změny z jednoho uzlu, když tam třeba zafouká vítr nebo vyjde slunce, se šíří po síti ve vlnách, které postupují, interferují a odráží se, jako vlny na vodní hladině.

Podobně se chová formace aut bez řidiče, bezpilotních letadel nebo robotů, které se mezi sebou snaží udržet předepsané vzdálenosti. Tady se navíc mění i počet agentů, jak se vozidla k formaci

přidávají nebo ji opouští, i jejich vzájemné propojení, když se někde ztratí spojení nebo vozidlo.

Populárním příkladem jsou sítě sociální, tedy lidé volně propojení „přátelstvím“ třeba na Facebooku nebo v běžném životě. Názory a chování jednotlivce v takové síti zřejmě neovlivňuje jen to, co sám prožívá, ale také názory a chování jeho přátel a navíc ještě i to, koho si za své „přátele“ vybere a jak těsně se na ně napojuje. Některé sociální sítě jsou řízeny (politika), jiné jen samovolně reagují na změny okolí (sportovní klub či hospoda).

Takovým sítím chceme rozumět: popsat je, modelovat, simulovat jejich chování a analyzovat jejich vlastnosti. Přitom potkáváme nové a často nečekané jevy, které se u samostatných systémů nevyskytují. Chování se tu projevuje a šíří nejen v čase, ale i v prostoru. Některé vlastnosti mají charakter dynamiky nekonečné dimenze (například vlny) a jiné zlomkového řádu, kde derivace je nejen první či druhá, ale třeba i poloviční. Stabilita tu má složitější charakter. Nestačí

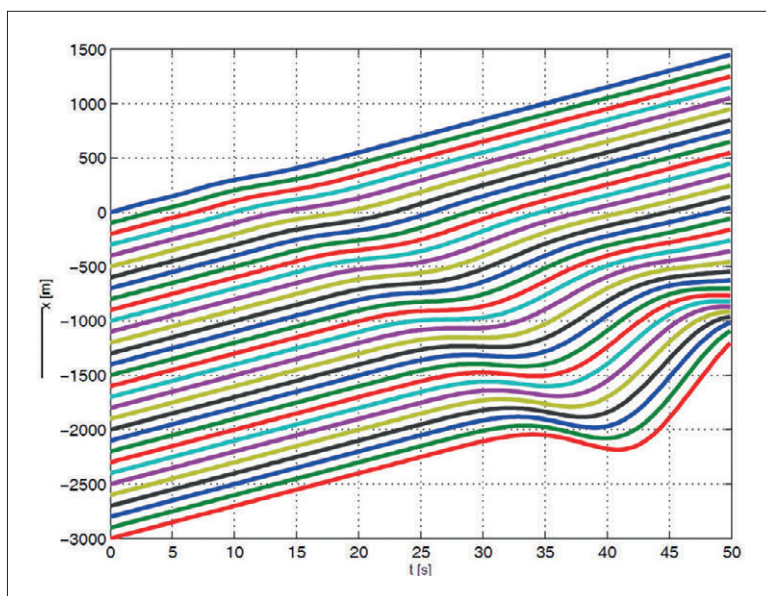
vědět, jak se nějaká počáteční změna projeví na chování subsystému v dalším čase. Je třeba znát i to, jak se projeví na chování sousedních subsystémů a jak se šíří po síti dál – tedy v prostoru. Co způsobí přidání dalších agentů nebo jejich ztráta? Jak se projeví změna propojení? Jaký dopad má škálování, tedy co se děje, když síť desetkrát nebo tisíckrát zvětšíme? Jak rychle se vlastnosti zhorší, lineárně či exponenciálně? Nebo se zlepší? V čem jsou si vlastně hejna hus, vlaštovek a kobylek podobná a v čem ne?

Sítě dnes zkoumají různé obory. Nás, na rozdíl třeba od informatiků, zajímají agenti s dynamickým chováním, popsaným nejčastěji diferenciální nebo diferenční rovnicí. Taková dynamická síť propojuje čas i prostor. K jejímu zkoumání musíme zapojit dvě dosud celkem oddělené metodologie: teorii dynamických systémů, popisující chování v čase, a teorii grafů popisující propojení v prostoru. Na chování sítě dynamických subsystémů mají samozřejmě vliv jak lokální vlast-

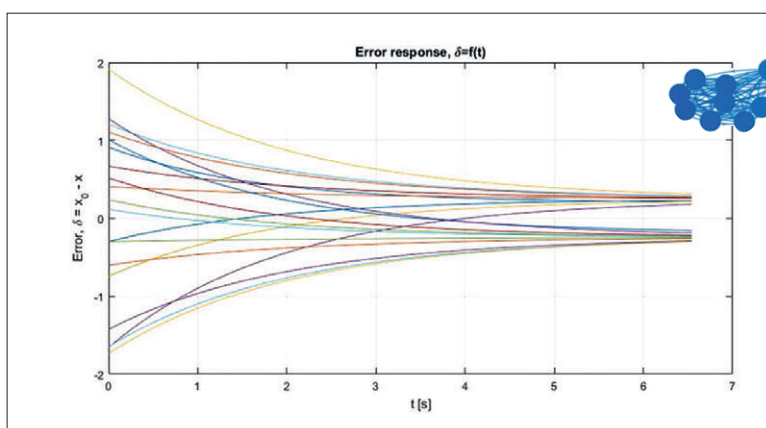
nosti agentů, tak i síťové vlastnosti jejich propojení. Přitom jen v jednoduchých případech lze oba vlivy zkoumat odděleně.

Při studiu přírody a okolního světa se častěji setkáme s problémy analýzy. Chová se hejno ptáků jinak než hejno ryb? A proč? Jsou jednorozměrné sítě horší než vícerozměrné? Zatím se zdá, že ano – ale proč? Sledují ptáci při letu vůdce nebo jen své nejbližší sousedy? A koho má ve formaci sledovat UAV, tedy bezpilotní letadlo? Mám na křižovatce pozorovat semafor, vozidlo přede mnou nebo obojí? Mám při jízdě v koloně dávat pozor na vedoucí auto, na to těsně přede mnou anebo snad i na to za mnou? Má volba takové strategie vliv na stabilitu kolony, bezpečnost jízdy a propustnost dálnice? Mám mít na Facebooku více nebo méně přátel? Mám děnit jen sledovat, nebo se aktivně zapojit? Rozhoduji se vůbec ještě sám, anebo už jsme nevědomky ve vleku davu či vůdce?

Jako inženýři nechceme světu jen rozumět, ale svět i měnit. Proto nejen zkoumáme a objevujeme, ale i tvoříme a vynalézáme. U síťových systémů je to úkol nadmíru složitý – je třeba navrhnout nebo alespoň řídit nejen samotné agenty, ale také jejich vzájemné propojení. Na obojí jsou potřeba jiné typy algoritmů. Navíc síťové algoritmy fungují alespoň na dvou úrovních, fyzická a komunikační síť se mohou lišit. Nové problémy, které přitom řešíme, ilustrujeme na příkladu automatické kolony aut: Mohu realizovat zjevně výhodnější kolonu aut jedoucích těsně za sebou, jako vagóny ve vlaku, anebo musí být rozestupy velké, jak to učí řidiče autoškola? Vystačí měření rozestupů, nebo se auta musí i domlouvat? A kdo s kým vlastně? Může být v koloně sto aut nebo jen deset? Můžeme míchat osobáky s nákladáky? A mnohé další.



Simulace vlny v koloně autonomních aut na dálnici



Simulace chování v síti: Konsensus „bližší“ dosáhnou rychle, ale sladit názory oddělených skupin je zdlouhavé.

Naše týmy na Katedře řídicí techniky Fakulty elektrotechnické a v Oddělení kyberneticko-fyzikálních systémů Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT jsou na nové potřeby a směry výzkumu nejen připraveny, ale už na nich dávno úzce spolupracují a nové trendy pomáhají tvořit.

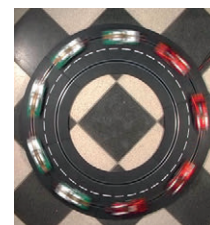
Hlavní motivací je jistě zvědavost, a proto rozvíjíme teorii síťových dynamických systémů. Ale i praktických aplikací je nepřeberně, sítě systémů najdeme všude. Zatím nás zaujaly formace autonomních dopravních prostředků: aut na dálnici, mobilních robotů v terénu, UAV ve vzduchu a satelitů v kosmu. Zkoušíme i síťové potlačení vibrací v nových materiálech pro budoucí automobily a letadla. Svůj záběr teď rozšiřujeme na elektrické rozvodné sítě nového typu – Smart grids. A na

řadě je samozřejmě i Internet Věcí (IoT) a dokonce Internet Všeho (IoE).

V této oblasti se snažíme mít náskok před průmyslem a celkem se to daří. Spolupracujeme se špičkovými pracovišti ve světě (USA, Singapur, Německo) a výsledky úspěšně publikujeme v úplně nejlepších světových časopisech v oboru automatického řízení IEEE Transactions on Automatic Control a Automatica. Jsme vidět na nejprestižnějších konferencích IEEE CDC a ACC. Budujeme vlastní a využíváme průmyslové test-bedy z různých oborů, na kterých své nápady a výsledky prakticky ověřujeme. Naše úspěchy se šíří do světa a přitahují k nám talentované mladé lidi – poslední přírůsteky máme z USA, Slovenska a Číny.

autor: Michael Šebek

ilustrace: archiv autora



Oblíbená hračka sestavená magisterskými studenty programu Kybernetika a robotika – platforma pro ověřování strategií a algoritmů pro řízení kolony.

Jako inženýři nechceme světu jen rozumět, ale svět i měnit. Proto nejen zkoumáme a objevujeme, ale i tvoříme a vynalézáme. U síťových systémů je to úkol nadmíru složitý – je třeba navrhnout nebo alespoň řídit nejen samotné agenty, ale také jejich vzájemné propojení. Na obojí jsou potřeba jiné typy algoritmů.

Modelování přenosové soustavy

Tým ČVUT složený z pracovníků Katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické se věnuje návrhu a implementaci algoritmů pro modelování elektrizačních přenosových soustav a zdrojového portfolia s využitím moderního software pro celočíselnou optimalizaci. Výzkum, který probíhá již pátým rokem, nyní v úzké spolupráci s českým provozovatelem přenosové soustavy, firmou Čeps, a.s., je nově zastřešen univerzitním Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC).

Primárním cílem výzkumu modelování a simulace přenosových soustav je vytvoření komplexního modelu soustavy zahrnující stranu výroby i spotřeby a návrh efektivních algoritmů, které umožní simulovat chování rozsáhlých přenosových soustav, např. kompletní evropské synchronní oblasti, v přijatelně krátkém čase. Typické využití vyvíjeného modelu představují simulace provozu soustavy o napěťových hladinách 220–750 kV s cílem modelovat možné budoucí scénáře vývoje soustavy a změny skladby dostupných zdrojů. Typická konfigurace takového výpočtu je simulace ročního provozu s hodi- novým simulačním krokem.

Systemová přiměřenost

Výsledky simulací přináší informace o tom, zda zkoumaná konfigurace v kombinaci se zadanou skladbou zdrojů splňuje kritéria bezpečnosti provozu soustavy. Mezi nejčastější kritéria patří splnění tzv. výrobní přiměřenosti (Generation adequacy), jehož cílem je zjištění, zda je dostatečná výrobní kapacita pro pokrytí spotřeby v průběhu celého roku. Druhým typem analýzy je ověření systémové přiměřenosti (System adequacy). V tomto případě je předmětem analýzy schopnost soustavy přenést vyrobený výkon ke spotřebiteli při současném splnění systémových omezení, např. zajištění podpůrných služeb nebo respektování omezené kapacity přeshraničních vedení. Vyvíjený nástroj umožňuje oba typy analýz

za použití modelu výrobních bloků obsahující všechny základní technické (fyzikální) a ekonomické parametry.

Dalším způsobem využití modelu je zkoumání skladby výroby a přetoků energie při uvažování výpadku jednoho libovolného vedení. Toto kritérium se nazývá N-1 a jeho splnění garantuje schopnost přenést vyrobený výkon od zdrojů ke spotřebiteli. Výsledky těchto simulací umožňují například studovat změnu rozproštění výroby v České republice v závislosti na výpadku konkrétního vedení.

Cesta do institutu

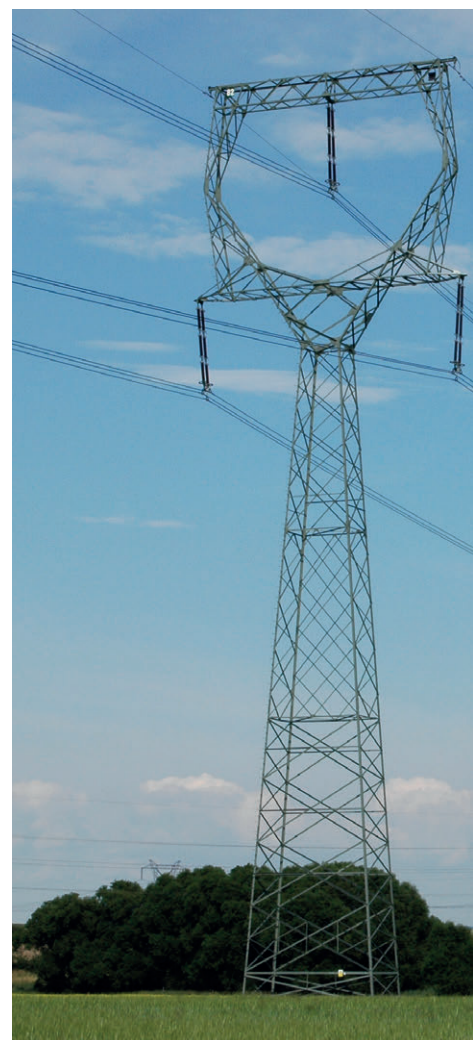
Impulzem pro tento výzkum bylo řešení otázek vývoje energetiky na národní i nadnárodní úrovni v následujících desetiletích, přičemž výzkumný tým z Katedry řídicí techniky navazoval na aktivity a výsledky dosažené v oblasti řízení, modelování a optimalizace v energetice v posledních deseti letech.

Mezi největší úspěchy týmu patří účast v projektu Spolehlivosti a ekonomie systémových služeb (SESyS), který byl součástí výzkumného Centra aplikované kybernetiky (2005–2011, projekt MŠMT 1M0567) a projektu Výzkum a vývoj metod a nástrojů pro podporu rozhodování v procesu bezpečné integrace OZE (BIOZE), který byl součástí grantu TAČR (2011–2015, projekt Alfa TA01020865). Oba projekty byly úspěšně řešeny ve spolupráci se Západočeskou univerzitou v Plzni, konkrétně s týmy z Fakulty aplikovaných věd a Fakulty elektrotechnické.

V současnosti probíhá výzkum na aplikační platformě Centra kompetence TAČR – Centrum aplikované kybernetiky 3 (2012–2019, TE01020197). Do roku 2015 se realizoval výzkum a vývoj modelu na Katedře řídicí techniky, se kterou je řešitelský tým úzce propojen dodnes. Počínaje rokem 2016 je projekt plně zastřešen Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky a jeho plnění zajišťuje skupina Modelování a optimalizace přenosových soustav (MOP) v rámci oddělení Kyberneticko-fyzikálních systémů (CYPHY).

Obtížná optimalizační úloha

Simulace přenosové soustavy představuje obtížný optimalizační problém. Vlastnosti elektráren se popisují soustavou nelineárních diferenčních rovnic, které jsou implementovány ve formě úlohy celočíselného lineárního programu, jenž obsahuje množství binárních a spojitých proměnných.



V každém časovém okamžiku simulace je třeba určit, zda elektrárna v dané hodině bude spuštěna, zůstane v provozu nebo se odstaví v závislosti na změně spotřeby, výrobě obnovitelných zdrojů, síťových omezeních či náhlém výpadku jiného zdroje. To vše při dodržení technických omezujících podmínek, které jsou dány charakteristikami výrobní části soustavy, parametry a kapacitami přenosového vedení a ekonomickými (nákladovými) parametry. Protože je simulační model implementován jako optimalizační úloha, je výsledek simulací optimální vzhledem k zadanému kritériu. Tím může být například optimalizace nákladů na výrobu elektrické energie. Míra složitosti rozhodování je tím větší, čím více zdrojů je do soustavy připojeno a čím delší simulační horizont je požadován. Tento fenomén je označován jako kombinatorická exploze stavů a jeho efektivní potlačení je klíčem

k rychlé simulaci přenosové soustavy. Samotné řešení optimalizační úlohy provádí specializovaný software (solver), který určí stav jednotlivých proměnných (elektrárna v provozu/odstavená). Cílem projektu je výzkum efektivní formulace optimalizačního problému a algoritmů pro jeho redukci, které mají potenciál násobně zrychlit simulaci. Struktura i způsob simulace modelu přenosové soustavy byly prezentovány na několika zahraničních konferencích, přičemž nejvýznamnější výsledek představuje publikace v impaktovaném časopise Applied Thermal Engineering popisující detailní formulaci modelu.

Za účelem podpory komercializace projektu, byl v období 2012–2015 vyvinutý prototypový model přenosové soustavy přepsán do formy programové knihovny, jejíž pilotní nasazení umožnila blízká spolupráce se spoluřešitelem projektu (2012–2015),

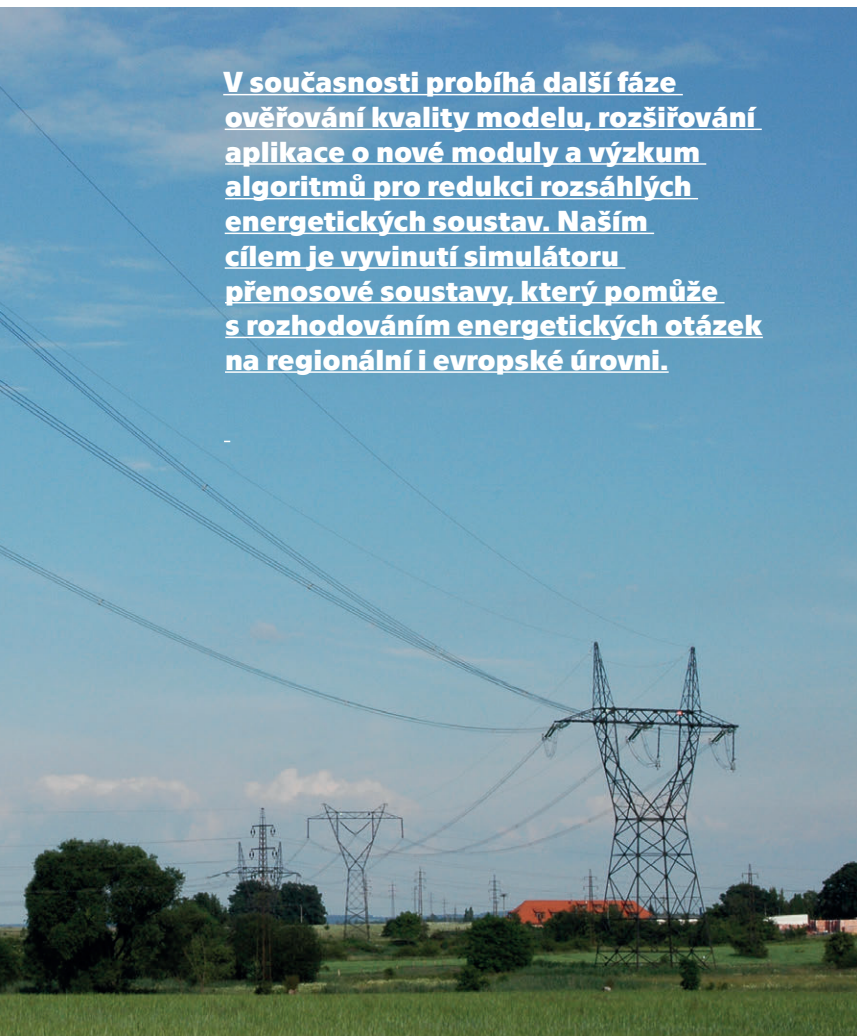
firmou CYGNI SOFTWARE, a.s. V posledním roce byla kolem této knihovny vyvinuta aplikační vrstva zahrnující grafické rozhraní pro snadnou editaci modelů, jejich řešení i vizualizaci výsledků. Tuto vrstvu doplňuje hybridní úložiště dat kombinující tradiční relační databázi a oddělené úložiště pro časové řady ve formátu HDF, který používá např. NASA pro ukládání obrázků z části svých satelitů. Výsledná aplikace nyní umožňuje snadnou simulaci scénářů s daty teplotně i srážkově průměrných či atypických let a zpracování výsledků. Do vývoje aplikace se již zapojilo několik studentů Fakulty elektrotechnické z kateder Řídicí techniky a Kybernetiky v rámci prázdninových stáží i svých semestrálních a bakalářských prací, čímž značně přispěli k jejímu rychlému rozvoji.

Výsledky zkoušek předčily očekávání

V loňském roce prošel vyvíjený model přenosové soustavy dvěma zatěžkávacími zkouškami ve spolupráci s odborníky z firmy ČEPS, a.s. Při první byla ověřována kvalita výsledků použitého síťového modelu s reálnými daty. Poté následovalo ověření síťové stability N-1 a odhad struktury zdrojů v rámci přenosové soustavy České republiky na datech z blízké budoucnosti. Výsledky obou zkoušek předčily očekávání a model se osvědčil. Další zajímavé využití představovaly modelové výpočty scénářů Aktualizované státní energetické koncepce (ASEK), které na upravených datech zkoumaly schopnost soustavy přenést stále vzrůstající výrobu energie z obnovitelných zdrojů ke spotřebitelům. V současnosti probíhá další fáze ověřování kvality modelu, rozšiřování aplikace o nové moduly a výzkum algoritmů pro redukci rozsáhlých energetických soustav. Naším cílem je vyvinutí simulátoru přenosové soustavy, který pomůže s rozhodováním energetických otázek na regionální i evropské úrovni.

autor: Jan Zábojník
foto: ČEPS, a.s.

V současnosti probíhá další fáze ověřování kvality modelu, rozšiřování aplikace o nové moduly a výzkum algoritmů pro redukci rozsáhlých energetických soustav. Naším cílem je vyvinutí simulátoru přenosové soustavy, který pomůže s rozhodováním energetických otázek na regionální i evropské úrovni.



ASTEP pomáhá léčit epilepsii

Epilepsie je jednou z nejčastějších neurologických poruch. U některých pacientů není standardní léčba antiepileptiky dostatečně účinná a nezbavuje je záchvatů. Takovému pacientovi může v některých případech pomoci neurochirurgická operace. Pro rozhodnutí, zda operovat, je velmi důležité znát co nejpřesněji lokalizaci a rozsah epileptogenní zóny. K tomu slouží několik nezávislých vyšetření, z nichž jedním je analýza video-EEG záznamů pacienta v průběhu záchvatu.

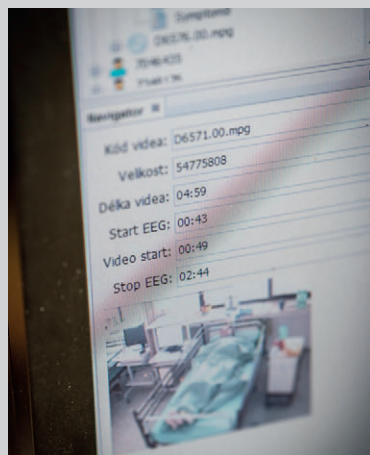
Záchvaty ovšem nepřicházejí na povel, ale objevují se často zcela nepředvídaně. Video-EEG záznamy se proto pořizují v rámci k tomu určené několikadenní hospitalizace, při které je pacient pečlivě monitorován tak, aby lékaři získali podrobný synchronizovaný záznam jak chování pacienta (video), tak jeho mozkové aktivity (EEG) v průběhu každého záchvatu. Před, během a po epileptickém záchvatu dochází opakovaně k charakteristickým projevům, jakými jsou například záškuby, vokalizace nebo automatické pohyby končetin. Jednotlivý elementární projev se nazývá symptom, celý záchvat je tvořen posloupností několika elementárních nebo komplexních symptomů (někdy probíhá současně několik elementárních symptomů, což se označuje jako komplexní symptom). Je dobře známo, že lokalizace epileptogenní zóny úzce souvisí

čení pro další léčebný postup, které se zapisuje do pacientovy osobní karty. Jedná se o práci velmi náročnou na čas neurologa, neboť spočívá v povinnosti důkladně prohlédnout mnohahodinový záznam. Je velká škoda, že v rámci takového klasického postupu nevzniká digitální soubor dat, který by mohl být příležitostně podroben moderní datové analýze. Ve spolupráci s Nemocnicí Na Homolce, která je jedním ze tří celorepublikových center pro léčbu epilepsie, jsme proto navrhli a vyvinuli softwarový nástroj ASTEP (Annotation and Statistical Tool for Epilepsy) pro anotování a analýzu video-EEG záznamů, který nejen usnadňuje proces interpretace údajů o jedné osobě, ale především data o záchvatech různých pacientů postupně ukládá do speciální databáze a její aktuální obsah průběžně analyzuje s cílem vyhledávat v datech často se vyskytující sekvenční vzory. K analýze se používá algoritmus cSPADE, který se zaměřuje na hledání speciálních typů vzorů splňujících omezující podmínky podle zadání aktuálního uživatele. Omezující podmínky mohou např. vyjadřovat požadavky na délku hledaných sekvencí nebo se soustředit jen na výskyt několika málo elementárních symptomů. I přes využití omezujících podmínek obvykle nabídne analýza dat stovky zajímavých posloupností symptomů, jejichž význam musí opět vyhodnotit neurolog, kterému pro rychlou orientaci v získaných výsledcích a vlastnostech nalezených posloupností symptomů mohou sloužit vhodné vizualizační techniky. ASTEP k tomu účelu používá open source balíček arulesViz systému R.

Dosud se nám podařilo anotovat 57 záchvatů 25 pacientů. Soubor anotací těchto video-EEG záznamů byl použit k ověření nové metodologie sběru a zpracování dat a byla na něm otestována platnost některých obecně přijímaných pravidel, která se uvádějí v učebnicích. Již dříve popsané symptomy a jejich sekvence se známou lokalizační či



Vlevo: MUDr. Michaela Stará a Ing. Lenka Vysloužilová společně prohlížejí data pořízená nástrojem ASTEP. Vpravo: Snímek obrazovky nástroje ASTEP – anotací část programu. Obrázek byl upraven tak, aby anonymizoval pacienta.



s několika konkrétními projevy chování, které odpovídají krátkým posloupnostem symptomů. Předpokládá se, že existuje mnoho dalších složitějších projevů chování, které ještě popsány nebyly nebo byly zatím zmapovány pouze na malé skupině pacientů. Ty je nutné hledat prostřednictvím analýzy velkého množství údajů od jednotlivých pacientů.

Tradiční způsob vyhodnocování video-EEG záznamů se soustředí na interpretaci dat jednoho pacienta a jeho výsledkem je doporu-

Ing. KAREL HÁNA, Ph.D.
hana@fbmi.cvut.cz

lateralizační hodnotou byly porovnávány s charakteristikami pacientů zadanými do databáze (v případě ověřování metody zejména s lokalizační epileptogenní léze na zobrazovacím vyšetření mozku – MRI nebo PET). Protože tento test proběhl úspěšně, je nyní ASTEP dále používán v nemocnici Na Homolce pro anotaci záznamů daleko větší skupiny pacientů a následné pátrání po nových symptomech (a jejich vazbách) s dosud neznámým lokalizačním významem. Díky této databázi je možné také hledat spojitost s jinými charakteristikami pacienta, než je pouze lokalizace epileptogenní léze na MRI/PET, například s pravorukostí/levorukostí a tím pádem s dominantní/nedominantní mozkovou hemisférou.

Užitečnost řešení, které vzniká ve spolupráci s výzkumníky Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT, hodnotí MUDr. Michaela Stará a MUDr. Zdeněk Vojtěch, Ph.D., z Nemocnice Na Homolce: „Význam právě vytvářené databáze pro klinickou praxi je nesporný. Čím více příznaků s lokalizační hodnotou, popsaných na základě vzniklé databáze velké skupiny pacientů, uvidíme u jednotlivého konkrétního pacienta s na léčbu nereagující epilepsií, tím lépe budeme moci napláňovat adekvátní operační řešení a zvýšit pravděpodobnost úspěchu chirurgické léčby. Zajímá nás i funkce systému ASTEP určená k podpoře pátrání po nových charakteristických symptomech. To bude zvlášť důležité u pacientů s psychogenními neepileptickými záchvaty, kteří tvoří nezanedbatelnou část pacientů vyšetřovaných na Epileptologické monitorovací jednotce Nemocnice Na Homolce. Správné odlišení neepileptických záchvatů je zásadní pro stanovení vhodného léčebného postupu a nalezení nových charakteristických symptomů by bylo velmi přínosné.“

autorky: Lenka Vysloužilová
a Olga Štěpánková

Rozvoj „Biomedicínského inženýrství“ patří k prioritám výzkumu v Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT, kde se těmto tématům věnují dlouhodobě odborníci ve dvou výzkumných odděleních: CogSys (Kognitivní systémy a neurovědy) a BEAT (Biomedicína a asistivní technologie).

Asistivní technologie

Nové technologie hrají zásadní význam při průběžném monitorování pacientů, u kterých hrozí náhlé život ohrožující zhoršení stavu. Tak je tomu např. u diabetiků, pro které možnost reálného sledování měřených parametrů (například v případě kontinuální monitorace glykémie) nabízí navíc i možnost poučit se z vlastní historie, a tak vytvářet personalizované řešení pro konkrétního pacienta.

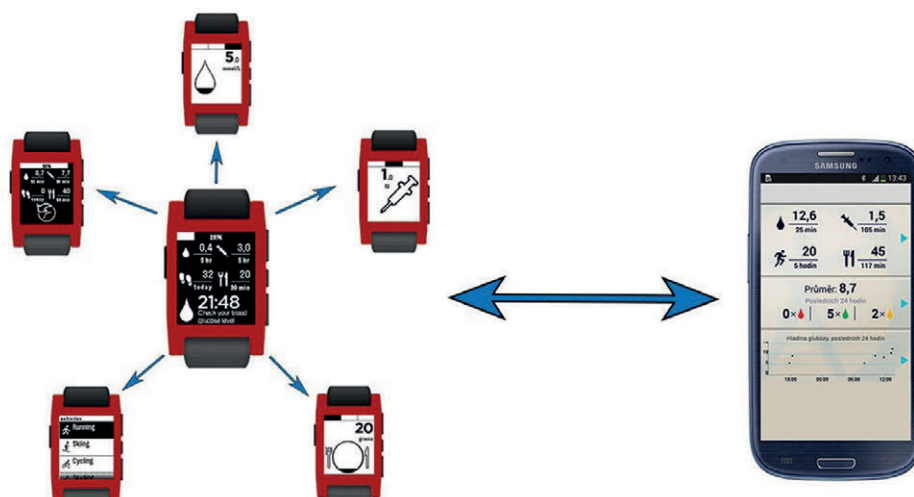
Výzkumná skupina Osobní zdravotní systémy (PHS – Personal health systems), která je součástí oddělení BEAT, představuje technické řešení pro sběr, interpretaci a sdílení patientských dat. To vtipně využívá kombinaci chytrý telefon s chytrými hodinkami, jejichž data se průběžně vzájemně synchronizují přes bezdrátové rozhraní Bluetooth.

Základem je průběžná registrace hladiny cukru v krvi, dávky inzulínu, množství sacharidů v přijímané potravě a fyzické aktivity. Každý z přístrojů zajišťuje takové funkce, pro které je pohotovější. Hodinky jsou vždy připraveny a odpadá u nich nutnost zapínat mobil, odemkat a spouštět aplikaci, po jediném zmáčknutí knoflíku do nich lze ručně vložit potřebný údaj (např. právě přijaté množství sacharidů), případně synchronizovat jejich data s daty v mobilu, který je bezdrátově spojen např. s glukometrem.

Veškeré změny v záznamech, ať už prostřednictvím hodinek nebo aplikace v telefonu, se vždy vzájemně přenesou a objeví na obou zařízeních. Posláním této aplikace je umožnit diabetickým pacientům snadněji kontrolovat stav jejich onemocnění, edukovat je a samozřejmě zlepšit celkovou kompenzaci diabetu. Nasbíraná data tvoří ucelený a přehledný záznam. Pacient tak snadno může zpětně analyzovat události a situace a provádět rozhodnutí týkající se stanovení množství přijímané potravy a velikosti dávky inzulínu. Právě v případech rozhodování o inzulínových dávkách je možné rovněž využít funkce pro hledání podobných situací v historii záznamů. První uživatelé tohoto systému si velmi cení toho, jak jednoduché a rychlé je použití popsaného řešení – ukazuje se, že zaznamenání hodnoty s pomocí hodinek oproti záznamu přes mobilní aplikaci je více než čtyřikrát kratší.

Vzhledem k nutnosti kombinovat při vývoji telemonitorovacích systémů znalosti techniků a lékařů, jsou v řadách našich výzkumných pracovníků zastoupeni nejen odborníci na IT technologie a zdravotnické přístroje, ale i lékaři a samotní pacienti. Díky tomu má výzkumný tým možnost čerpat vědomosti ze všech odvětví a vzájemně se tak doplňovat v průběhu práce.

autoři: Karel Hána a Olga Štěpánková



Diagnostika „hrou“

Testování osob prostřednictvím sledování očních pohybů

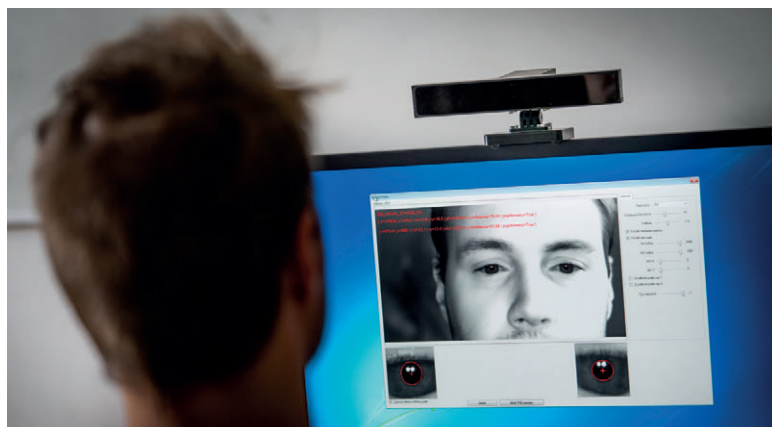
Zrak patří k největším zdrojům informací z našich smyslů. Z očí a příslušných očních pohybů pochází až 70 procent všech podnětů a až 55 procent mozkové kůry se podílí na řízení očních pohybů. Pracovníci Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky a Katedry ekonomiky, manažerství a humanitních věd Fakulty elektrotechnické ČVUT se spolu s psychology a personalisty zabývají výzkumem očních pohybů ve vztahu ke kompetencím osob.

Cílem výzkumného projektu Využití technologie sledování očních pohybů pro testování kompetencí, podpořeného Technologickou agenturou ČR (TH01010233), je návrh a tvorba testovacího prostředí, ve kterém lze využít sledování očních pohybů k detailní diagnostice osobnostních vlastností, psy-

různějších situacích přiměřeně a přesně; emoce (psychické procesy, zahrnující subjektivní zážitky libosti a nelibosti) a pozornost (výběrové zaměření a soustředění vědomí na určité objekty a aktivity). K testovacím účelům jsou navrženy speciální modelové situace a úlohy. Testy vycházejí z předpokladů, že

hodnocovány pomocí speciálního software.

Měření kompetencí pomocí očních pohybů má spoustu výhod. Tato forma je přívětivější, probíhá pomocí série krátkých úkolů s herními prvky, takže měřená osoba často „zapomíná“, že se ocitá v testové situaci. V rámci klasické psychodiagnostiky lze odpovědi často falšovat, odhalit záměr měření a přizpůsobovat odpovědi či reakce na podněty s cílem žádoucího nebo co nejlepšího výsledku. Jelikož pohyby očí jsou automatizovaný proces, šance na záměrně ovlivňování výsledku testu či prohlédnutí toho, co test měří, je velmi malá.



Zařízení pro sledování očních pohybů
[foto: Jiří Ryszawy]

chických stavů, funkcí a schopností. Kompetenční model pro potřeby projektu vychází z dlouhodobých poznatků z velkých i středních firem v ČR i zahraničí a zahrnuje vybrané klíčové kompetence, jejichž naplnění může firmám i jednotlivcům přinést úspěch jak v současné turbulentní době, tak i v budoucnosti. Jedná se o flexibilitu (schopnost přijmout změnu a přizpůsobit se i nepříznivým podmínkám); rozhodování (proces výběru mezi několika možnostmi, schopnost zvažovat širší kontext celé situace a důsledky svých rozhodnutí); odolnost vůči zátěži (schopnost udržet si vnitřní klid, jistotu a stabilitu i v emočně náročných situacích); pracovní tempo (schopnost pracovat v nej-

projevy pupily (zorničky) nelze ovládat vůlí a pohyby očí (způsob zpracování vizuálních informací) odpovídají kognitivním a emocionálním procesům.

Pro účely snímání očních pohybů byl ve spolupráci se společností Medicton Group s.r.o. a ČVUT v Praze vyvinut nový systém. Pracuje na základě videookulografické metody, která používá ke sledování polohy oka a jeho stavu speciální kameru, která je místo na brýlích umístěna na monitoru, což přináší větší volnost a komfort testované osobě. Dokonce není ani na překážku, když nosí brýle. Oči jsou neustále snímány zařízením pro sledování očních pohybů a takto získané informace jsou analyzovány a vy-

Oční pohyby se neomezuje na předem danou škálu odpovědí tak, jako je to v případě klasické diagnostiky, ale ponechávají volnost testovanému a jeho reakcím. Přínosem je i to, že testování je zajištěno přístrojovou metodou, tudíž se snižuje riziko chyb, zvyšuje se objektivita měření a výsledky je možné lépe kvantifikovat.

Aktuálně výzkum pokročil a posunul se do fáze pilotního testování. Rozhraní a soubory testů jsou již připraveny a nyní budeme sledovat a zkoumat souběžné spojitosti a vzájemné vztahy mezi výsledky samotných testů a výsledky snímání očních pohybů.

**autoři: Jaromír Doležal
a Alena Klesalová**

doc. Ing. LENKA LHOTSKÁ, CSc.
lenka.lhotska@cvut.cz

Ing. VÁCLAV GERLA, Ph.D.
vaclav.gerla@cvut.cz

V oblasti neurověd a kognitivních systémů je naše pozornost nejvíce zaměřena na zpracování dat z vyšetření EEG a magnetické rezonance, které jsou v klinické praxi nejvíce používány. Pokud jde o EEG, pak se zabýváme nejvíce analýzou dlouhodobých záznamů, která je pro manuální hodnocení časově velmi náročná. Cílem samozřejmě není nahradit expertizní činnost lékaře, ale rychleji vyhledat zajímavé či podezřelé úseky, případně kvantitativně vyhodnotit celý záznam nebo vybrané úseky.

Příkladem takových záznamů je spánkové EEG, případně polysomnografické záznamy, ve kterých je nutné správně detekovat jednotlivé fáze spánku a také vybrané průběhy, tzv. grafoelementy, které jsou významné pro diagnostiku. Polysomnografické záznamy jsou na zpracování ještě náročnější v tom, že kromě EEG se zaznamenává také činnost srdce (EKG), svalová aktivita (EMG), oční pohyby (EOG) a dýchání. Protože každý z těchto signálů má jiný charakter, je nutné je zpracovávat různými algoritmy. Největší výzvou je návrh takových algoritmů, které se dokážou vypořádat s velkou inter- a intrapersonální variabilitou. Průběhy jsou totiž ovlivňovány celou řadou vlivů, např. léky, různými chorobami, alkoholem atd. Ukazuje se, že klasifikátory naučené na velkých datových souborech nemusejí správně nalézt některé významné grafoelementy a mylně je označí za artefakty. Zaměřili jsme se proto na využití metod tzv. aktivního učení a také na metody využívající kontextové informace. Důležitým krokem ve zpracování dat a signálů je také maximálně přesná detekce šumu a artefaktů jako předstupeň další analýzy. Podařilo se nám navrhnout takové algoritmy, které s téměř stoprocentní přesností

Aplikace pro lékaře

Zpracování dat z EEG a magnetické rezonance

detekují v záznamu EEG mrkání očí, svalové artefakty i ty, které vznikly ze špatného kontaktu elektrody s kůží.

Elektroencefalografie a polysomnografie od svého vzniku prodělávají dynamický vývoj. S mohutným rozvojem výpočetní techniky v posledních desetiletích dostávají tyto metody, které jsou využívány v neurologii, neurofyzilogii a dalších příbuzných oborech, další rozměr. Moderní výpočetní programy pro kvantitativní zpracování dlouhodobých EEG a PSG záznamů jsou nepostradatelným podpůrným nástrojem při jejich hodnocení.

V dnešní době nejsou výjimkou několikadenní záznamy, které by ovšem v papírové formě byly prakticky nerealizovatelné, stejně jako jejich odborná analýza. Důvodem použití výpočetních prostředků v elektroencefalografii a polysomnografii není prozatím plně automatizované zpracování, ale především pomoc při rozboru velkých objemů dat. Hodnotiteli záznamu jsou pak například k vizuální kontrole předloženy pouze úseky signálu diagnosticky zajímavé pro detailní analýzu.

V minulosti se používal zápis EEG záznamu na papír. Pro představu se podívejme na kvantitativní údaje o takovém zápise. Klasická „papírová“ elektroencefalografie spotřebovala velké množství záznamového materiálu. Při standardní rychlosti posuvu 3 cm/s představoval ambulantní dvacetiminutový záznam délku 36 metrů papíru. Během tak krátké doby se však nemusí projevit například epileptická aktivita, navíc je nepoužitelná pro záznam spánkové aktivity. Při studiu poruch spánku může dosáhnout délka záznamu několik stovek metrů papíru, protože musíme zaznamenat alespoň 8 hodin. Při delším (až 24 hodinovém) monitorování je datová zátěž ještě výraznější. Kromě délky záznamu je dalším důležitým faktorem i počet

měřených kanálů. Základní používaná konfigurace EEG znamená měření 19 kanálů. Současné přístroje umožňují měřit až 256 kanálů. Takové záznamy se pouze manuálně hodnotit nedají. S vývojem výpočetní techniky a digitálních záznamových zařízení v posledních desetiletích je i logický nástup této techniky do zpracování EEG a PSG signálů. Samozřejmostí je využití kapacity dnešních paměťových médií pro neporovnatelně praktičtější uchovávání EEG a PSG záznamů.

Digitální podoba signálu dále umožňuje výpočetní zpracování signálu, které je v papírové formě reálně neproveditelné. Příkladem mohou být jednoduché statistické metody, názorná vizualizace dat jako mapování EEG signálu na 3D objekt hlavy (brain mapping) atd. Všechny tyto aplikace jsou vyvíjeny pro zefektivnění práce lékařů hodnotících daný EEG/PSG záznam.

Pro výzkumné účely náš tým vyvinul v prostředí Matlab nástroj PSGLab, který umožňuje zpracovávat mnohakanálové polysomnografické záznamy. Základní implementované metody jsou: předzpracování signálů, včetně filtrace a segmentace a extrakce a selekce popisných příznaků v časové a frekvenční oblasti, klasifikace, shluková analýza a vizualizace jednotlivých kroků zpracování. Předností nástroje je modulární uspořádání, které umožňuje snadné rozšiřování o další implementované moduly dle požadavků spolupracujících lékařských pracovišť.

Tým pracuje ve složení: Václav Gerla, Václav Křemen, Martin Macaš, Eliseveta Saifutdinova, Arnošt Mládek a Lenka Lhotská. Při vývoji spolupracujeme s Neurologickým oddělením Nemocnice Na Bulovce (zejména s panem primářem MUDr. Ing. Svojmílem Petránkem, MBA) a s lékaři Národního ústavu duševního zdraví.

**autoři: Lenka Lhotská
a Václav Gerla**



Zázemí pro vědu |

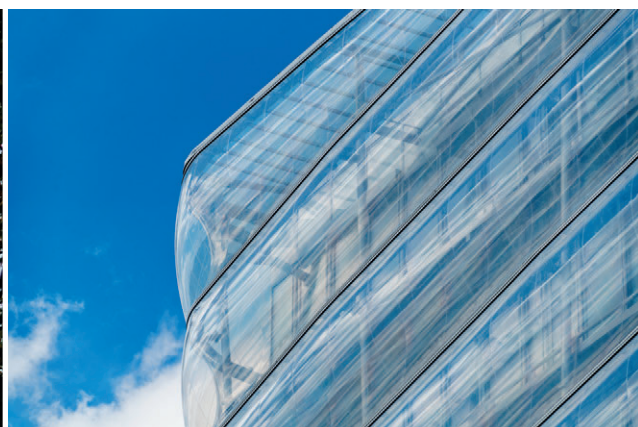
Nová budova ČVUT – CIIRC

Vědecko-výzkumné projekty Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT (CIIRC) potřebují náležité zázemí. Revitalizací bývalé Technické menzy a dostavbou nové budovy vznikly prostory, které samy o sobě splňují náročná kritéria na špičkové technologie a postupy.

Stavba, kde našla domov nejmladší univerzitní součást CIIRC, byla realizována s využitím nejmodernějších progresivních prvků podporujících trendy udržitelného stavění. Jedním z nejdůležitějších cílů tohoto v porovoluční historii nejrozsáhlejšího investičního záměru naší univerzity bylo, aby obě budovy institutu byly vybaveny prostorově i přístrojově odpovídajícím špičkovým standardem v oblasti informatiky, robotiky a kybernetiky v co nejširším pojetí a s interdisciplinárním přesahem. Ve výsledné realizaci jsou použita

konstrukčně a technologicky velice zajímavá řešení, která zůstanou při užívání objektu prakticky „utajena“. Mezi ně je potřeba zařadit i technologie speciálního zakládání, především zajištění 16 m hluboké stavební jámy kotvenými konstrukčními podzemními stěnami, pilotové založení dostavbového objektu a podchytení stávajících sloupů původního skeletu z důvodů přetížení třemi novými podlažími formou tryskové injektáže. Ke splnění ambiciózního programu přispěl bezpochyby návrh fasádních

Celková zastavěná plocha je 5 821 m², obestavěný prostor má kapacitu 139 786 m³ s celkovou užitnou plochou 33 944 m². Celkové náklady ve výši 1 381 711 877 Kč předpokládají náklady na stavební část 1 179 317 252 Kč včetně DPH.

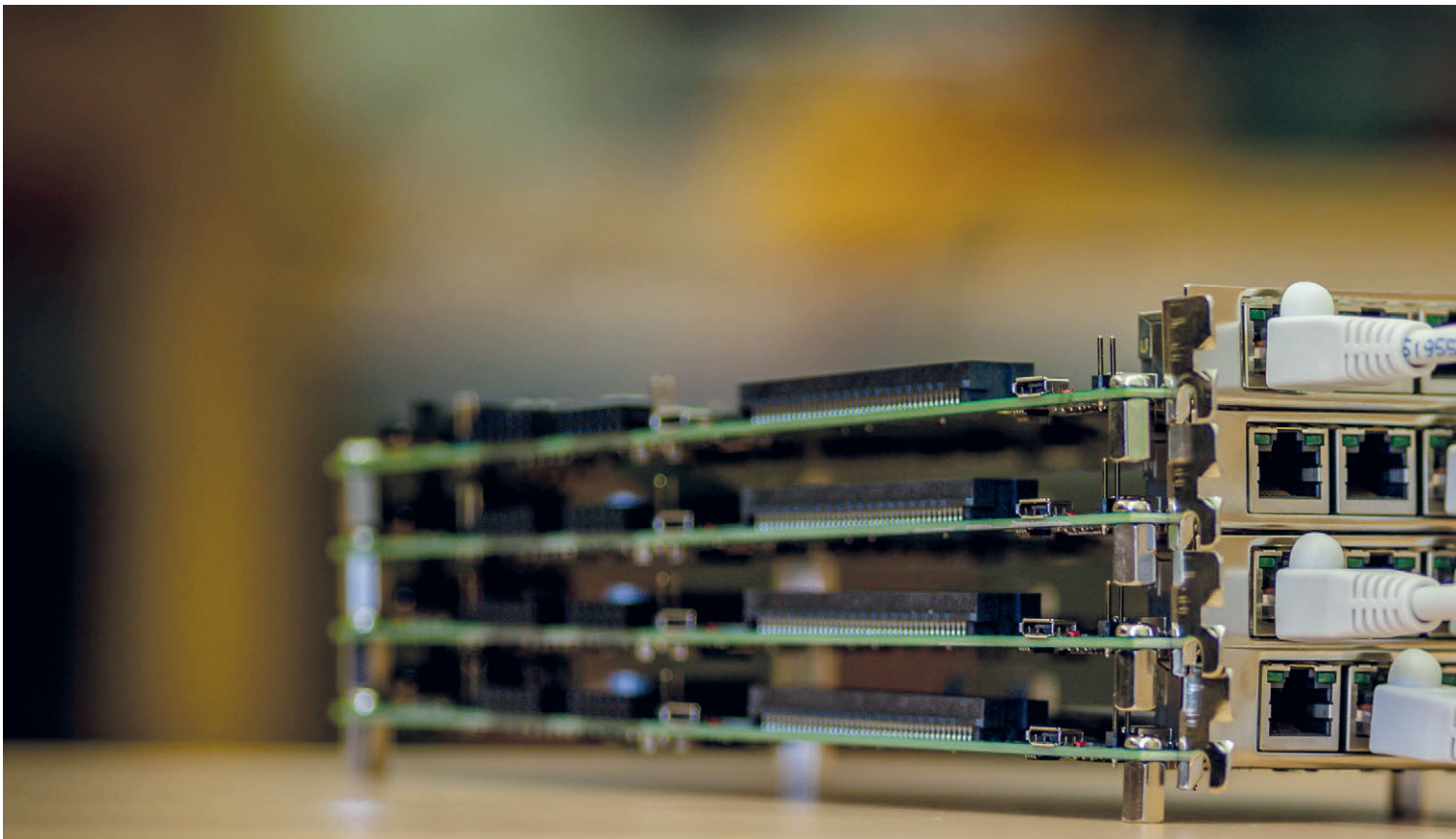


plášťů na chemicko-metalické bázi. V souladu se současnými trendy byla použita kombinace modulově vyráběných velkoplošných dílců s variantou rastrové modifikace systému. Toto řešení nenarušuje celkový kompaktní estetický výraz celé budovy, umožňuje však její tvarovou variabilitu jak v interiéru (kde rozšiřuje hloubku dispozice), tak v exteriéru (kde pozitivně narušuje monotónost původní západní fasády objektu). Stejná technologická kombinace byla využita i na novém objektu.

Dalším příkladem provázanosti estetických a technických parametrů je představená velkoplošná celoskleněná konstrukce fasády do ulice Jugoslávských partyzánů, která vytváří meziprostor pro požární uniková schodiště a zajišťuje rovněž snížení energetických nároků na vytápění v zimním období i chlazení v letním období. Současně dvojité fasáda pozitivně ovlivňuje akustickou pohodu vnitřního prostředí celého objektu. Z hlediska aplikace na území ČR je unikátem představená vnější fasáda

navržená jako pneumatická membránová konstrukce na bázi izolační fólie ETFE (ethylen-tetrafluorethylen). Tento materiál se vyrábí vytlačováním do požadované tloušťky a šíře a jeho hmotnost je 1% v porovnání se skleněnou variantou. Tepelné vlastnosti jsou závislé na počtu vrstev fólie, v tomto případě jsou aplikovány dvojité „polštáře“. Deklarovaná životnost je 50 let.

**prof. Ing. Miloslav Pavlík, CSc.,
zmocněnec rektora ČVUT v Praze
foto: Jiří Ryszawy**



Spolehlivé komunikační protokoly budoucnosti

Složitost vestavěných systémů používaných v automobilech, letadlech a jinde, kde ovlivňují lidské životy, neustále roste.

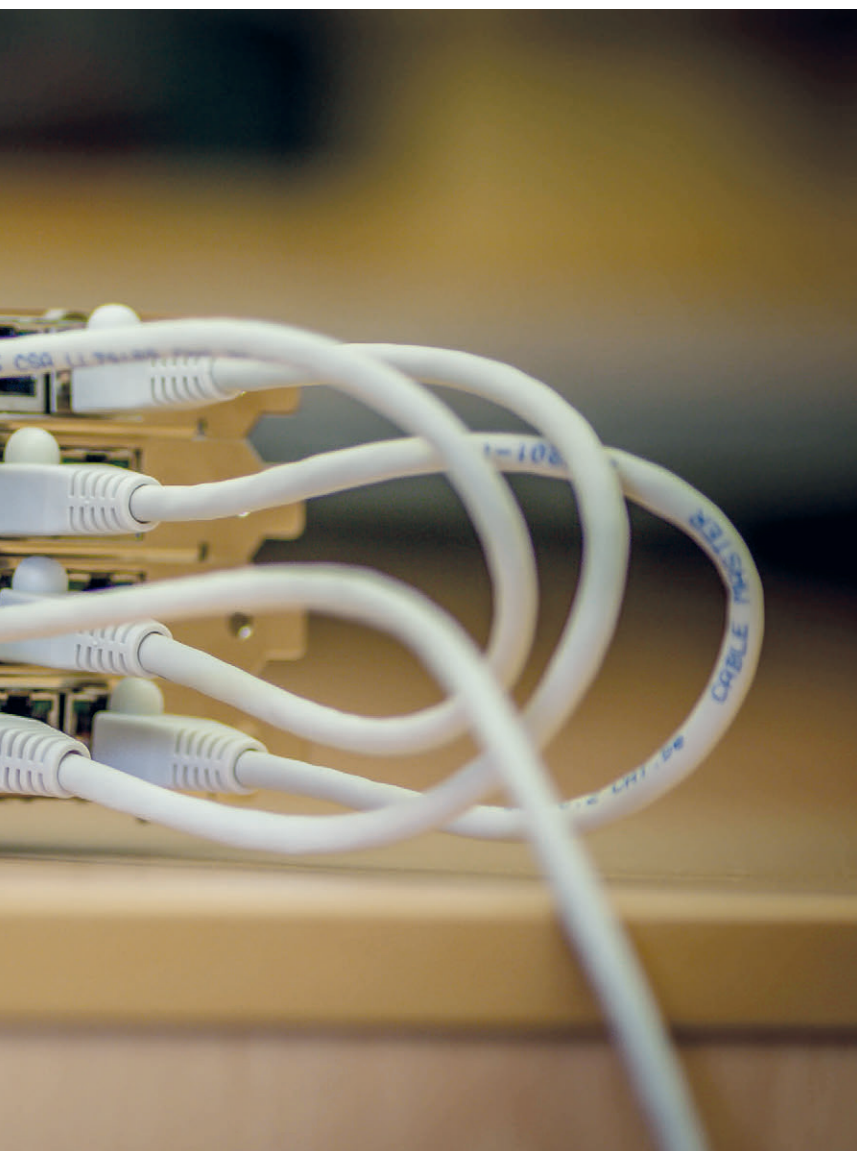
Zajistit jejich spolehlivost při protichůdném požadavku udržet cenu na přijatelné úrovni je velkou vědeckotechnickou výzvou.

Jednou ze složek ovlivňujících celkovou spolehlivost systému je komunikace mezi jeho jednotlivými částmi. Mladí výzkumníci ve skupině Průmyslové informatiky Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT pracují na vývoji nových, časem řízených komunikačních protokolů v rámci projektu SALT, jenž je financován U.S. Navy.

V současných automobilech jsou desítky až stovky komunikačních jednotek a senzorů využívající společných médií, přes která přenášejí svá data – to může být například rozsvícení světel, natočení zrcátek či mnohem důležitější zprávy z hlediska bezpečnosti, jako je brzdění.

Nástup chytrých vozidel přinesl navýšení požadavků na kapacitu komunikačního kanálu. Mnoho nových asistenčních systémů pro svou funkci vyžaduje přenos velkého množství dat od kamer a senzorů ke komunikačním jednotkám. Pro tento objem přenosu informací je ovšem stávající řešení nedostatečné. Technologii, která se s ním zvládne vypořádat, je například Ethernet známý z LAN sítí.

Ethernet se v automobilovém průmyslu používá již od roku 2008, ale většinou jako diagnostické médium nebo v části infotainment. Díky jeho vyšší přenosové rychlosti v porovnání s používanými technologiemi (např. CAN) je Ethernet dobrou volbou pro různé asistenční a kamerové systémy, které generují velký datový tok. V autonomních automobilech se stane pravděpodobně páteří komunikací a bude přenášet i kritická data. Nejedná se ovšem o identickou implementaci známou z osobních počítačů používanou běžně k přístupu k internetu, nýbrž o Time-Triggered (časem řízený) Ethernet. Klasický Ethernet používá nedeterministický přístup k médiu, v důsledku čehož je obtížné garantovat včasný



Důležitost řešení této otázky podtrhuje i zájem grantové agentury U.S. Navy, která projekt SALTT financuje.

mobilu) i na úkor doručení nekritických při zachování vysoké efektivity (k prodloužení přenosu zpráv nedochází často).

Pro řešení tohoto problému jsme navrhli nový model rozvrhování, který zohledňuje rozdílné kritičnosti zpráv. Uvažujeme, že skutečná doba zpracování je neurčitá a dopředu není známá. Pokud vlivem rušení není zpráva doručena, tak dovolíme její přeposlání na základě její kritičnosti. Pro každou zprávu uvažujeme konečnou množinu možných dob zpracování a jejich pravděpodobnostní rozdělení. Rozvrhy komunikace poté konstruuje tak, aby obsahovaly veškeré možné alternativy dané skutečnou dobou zpracování během vlastního vykonávání komunikačního rozvrhu.

Mimo vývoje rozvrhovacích algoritmů se také věnujeme návrhu vlastního hardware. Vyvíjíme Ethernetový přepínač, který slouží k propojení více komunikačních jednotek na Time-Triggered Ethernet síti. Zařízení připojená do této sítě komunikují dle předem spočítaných rozvrhů garantujících spolehlivou a efektivní komunikaci účastníků.

V blízké budoucnosti budou autonomní automobily ovlivňovat denně životy milionů lidí. Ty sestávají z komplexního celku vestavěných systémů, u nichž musíme garantovat bezpečnost, spolehlivost a efektivitu. Náš výzkum v rámci projektu SALTT naplňuje právě tyto cíle.

**autoři: Antonín Novák,
Jan Kaisrlík, Zdeněk Hanzálek
foto: archiv pracoviště**

přenos dat. Time-Triggered Ethernet má deterministický přístup k přenosovému médiu, a tak zvyšuje celkovou spolehlivost a efektivitu systému. Toho je dosaženo tak, že kritické zprávy mají předem přidělené časové okno. Tvorba rozvrhu komunikačních oken pro tyto jednotky se však řadí mezi velmi obtížné matematické úlohy.

Rozvrhování je zajímavý problém z oblasti kombinatorické optimalizace, které řeší otázku, jak sestavit rozvrh zpracování daných úloh za dodržení omezení (zprávy spolu nekolidují apod.), aby byl z hlediska požadovaného kritéria optimální či téměř optimální. V případě sestavování rozvrhu komunikace rozumíme úlohami např. řídicí zprávy posílané prostřednictvím

sběrnice v daný čas tak, aby výsledný rozvrh byl robustní vůči rušení, které se projevuje jako prodloužení doby přenosu zprávy.

Ukazuje se, že požadavky na spolehlivost a efektivní využití sběrnice jsou protichůdné. Pokud chceme přenášet zprávy s vysokou pravděpodobností úspěchu, tak musíme v rozvrhu komunikace rezervovat dostatečné množství času pro případné opakování přenosu. Výrazná ztráta zpráv ovšem není až tak častá a efektivita využití komunikačního kanálu by při rezervaci příliš velkého množství času byla malá. Řešením je kompenzovat prodloužení doby přenosu kritických zpráv vynecháním těch nekritických. Tím zaručíme doručení kritických zpráv (brzdění auto-

> Více na <http://industrialinformatics.cz>

Optimalizace výroby |

Použití metod operačního výzkumu pro decision-making

Efektivní využití dostupných zdrojů je základem úspěchu v řízení výroby. Se zvyšujícím se množstvím rozhodovacích procesů a jejich rostoucí složitostí však čím dál tím častěji přestává být možné tohoto úspěchu dosáhnout metodou „tužka a papír“. Vědečtí pracovníci Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT ze skupiny Průmyslové informatiky v rámci projektu Centrum aplikované kybernetiky vyvíjejí algoritmy, které vybírají správná rozhodnutí při řešení výrobních problémů.

Operační výzkum je vědní obor, který se zabývá matematickým modelováním situací, procesů či úloh a jejich následnou optimalizací.

Počítač je násobně rychlejší než člověk

S optimalizací, která hledá nejlepší možné řešení s ohledem na daná omezení, se setkáváme během našeho každodenního života. Příkladem může být doručování zásilek expresními dopravci. Objednávky jsou slučovány geograficky a zároveň dle časového okna dostupnosti zákazníků tak, aby byly náklady za najeté kilometry co nejmenší. Kde se však uplatní optimalizace v oblasti výroby? Důležitou roli hraje při návrhu výrobních plánů, v logistice, materiálovém hospodářství, ale i v řízení lidských zdrojů. Dříve byl za tato rozhodnutí zodpovědný plánovač s minimální podporou výpočetní techniky. Zkušenosti takového člověka se akumulovaly v průběhu let a v případě jeho odchodu bylo předání znalostí velmi náročné. Navíc, v dnešním globalizovaném a dynamickém světě již není v lidských silách reagovat na každou změnu v reálném čase a brát v potaz široký rozsah faktorů, které jsou často protichůdné. S pokrokem výpočetní techniky, vědeckého poznání a digitalizace dat ve výrobě se čím dál tím více nabízí využití k řešení optimalizačních problémů v různých fázích výrobního procesu potenciál strojových přístupů. Zatímco člověk je schopen vyhodnotit jedno řešení za několik sekund, počítač za stejný čas zmapuje tisíce až statisíce možných řešení.

Počet zakázek roste...

Jedním z konkrétních příkladů, kterými se zabýváme, je rozvrhování zakázkové výroby. Na základě poptávky je dnes běžné nabízet velkou variabilitu produktů, což je důsledkem snahy výrobce zvyšovat svou konkurenceschopnost. Počet zakázek obecně roste, jejich portfolio se dynamicky mění či rozšiřuje, ale velikost výrobní dávky se zmenšuje. V zakázkové výrobě se denně setkáváme s operativním zařazením urgentních objednávek do výroby, zpožděním dodávky materiálu, výpadky strojů, v delším časovém horizontu pak se změnami výrobního procesu nebo nákupem nových výrobních zdrojů. Díky všem těmto aspektům je tvorba výrobního plánu mnohem komplikovanější, než byla dříve. Již není možné pouze jednoduše seřadit zakázky podle termínu

dodání, protože je nutné uvažovat i další kritéria týkající se výroby, např. minimalizaci přípravných a přestavbových časů či minimalizaci mezipříchodů při zpracování zakázky. Výrobu navíc nelze vnímat izolovaně, ale jako součást složitějšího procesu (supply chain management), kde výraznou roli hrají logistika a materiálové hospodářství. V kombinaci s aktuálním trendem zesilování výroby, kde je jedním z hlavních rysů eliminace skladových zásob na minimální množství, musí být výrobní plány aktualizovány operativně dle dostupnosti materiálu.

Algoritmy pro plánování výroby

Při automatické tvorbě výrobního plánu pomocí algoritmů jsme schopni uvažovat různá časová omezení, kdy je možné zahájit další krok technologického postupu výrobní zakázky (dále pouze krok) až po určitém čase (např. z důvodu schnutí laku) či naopak je nutné další krok zahájit nejpozději do daného času (např. kvůli chladnutí obráběného kusu). Umíme modelovat a optimalizovat také složitější kroky. Jedním z nich je krok, během něhož je nutné využít více zdrojů současně (např. lidská obsluha stroje). Druhým ukázkovým případem je krok proveditelný buď na starším stroji pomaleji, nebo na novějším rychleji, který navíc umí zpracovávat více typů produktů. V tomto okamžiku záleží na řadě faktorů – vytíženosti obou strojů, jaké jsou zakázky v nejbližším časovém okolí výrobního plánu z důvodu přípravných a přestavbo-

Díky počítačům odpadá lidem zdlouhavá a často se opakující práce, mohou projevit svou kreativitu a operativně se soustředit na to, co je důležité. Nejde o nic jiného, než o jemnou úpravu známé zásady Tomáše Bati „Lidem myšlení, počítačům dřinu.“



vých časů a v neposlední řadě na tom, jak se na zakázku spěchá, resp. jakou cenu zákazník zaplatil.

Naše optimalizační algoritmy výrazně pomohly eliminovat problémy zakázkové výroby vznikající v návaznosti na logistiku, kdy dodávna bylo nutné operativně a neefektivně řešit problémy s nedostupností materiálu. Dalším ukazatelem výkonnosti, který se nám podařilo výrazně navýšit, je tzv. uptime, tedy výrobní čas strojů. Je to čas, kdy se vyrábí a stroje nestojí, ať už z důvodu špatného seřazení zakázek na stroji, nebo nadbytečných příprav/přestaveb stroje. Výrobní plány sestavené s pomocí optimalizačních algoritmů vykazují uptime v dlouhodobém měřítku o 10–20% vyšší, což přirozeně koresponduje se zvýšením obrátu a následně zisku výrobní společnosti.

Virtuální modelování a simulace

Naše skupina se zabývá nejenom zakázkovou, ale také sériovou výrobou. Sériovou linku je možné si představit jako sestavu strojů, do které vstupuje materiál a výstupem je výsledný produkt. Cílem je tyto stroje vyladit tak, aby linka měla co největší propustnost, tedy aby generovala co nejvíce produktu

za daný čas. Z tohoto důvodu je velmi častým požadavkem tzv. what-if analýza sériové výrobní linky, kdy je vytvořen její matematický model a je zkoumán vliv parametrů (např. rychlost strojů mající vliv na jejich spolehlivost či délka dopravníků mezi jednotlivými stroji) na sledovaná kritéria (poruchovost strojů, energetická spotřeba, zmetkovitost výrobků apod.) bez fyzických zásahů do vlastní výrobní linky. What-if analýza je přírodná především při návrhu ještě

Zatímco člověk je schopen vyhodnotit jedno řešení za několik sekund, počítač za stejný čas zmapuje tisíce až statisíce možných řešení.

nepostavené linky nebo optimalizaci parametrů již existujících. Zde je možné otestovat změnu topologie linky nebo ověřit, zda výměna staršího stroje za novější bude pro linku jako celek přínosem. Ve spolupráci s firmou Procter&Gamble jsme takový modelovací a simulační nástroj navrhli na základě Petriho sítí. Výraznou výhodou našeho řešení oproti testování skutečné linky je výše nákladů za provedení testu a jeho rychlost. Tento přístup je v souladu s novou koncepcí výroby Průmysl 4.0, kde je právě virtuální modelování a simulace jedním ze stěžejních pilířů.

Cesty k úspěchu ve výrobě jsou různé. Jistotou však je, že jednou z nich je bezesporu aplikace optimalizačních algoritmů, které provádějí systematická rozhodnutí v krátkém čase. Jsou to však pouze nástroje a za konečná schválení jsou stále zodpovědní lidé. Díky počítačům jim však odpadá zdoluhavá a často se opakující práce, mohou projevit svou kreativitu a operativně se soustředit na to, co je důležité. Nejde o nic jiného, než o jemnou úpravu známé zásady Tomáše Bati „Lidem myšlení, počítačům dřinu.“

autoři: István Módos, Zdeněk

Bäumelt, Zdeněk Hanzálek

ilustrace: Zapp2Photo/Shutterstock

prof. Ing. VÁCLAV HLAVÁČ, CSc.
vaclav.hlavac@cvut.cz

Roboty

Sjednocujícím zájmem Oddělení robotiky a strojového vnímání v Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT (CIIRC) je výzkum a vývoj autonomních strojů. Jejich zvláštním případem jsou autonomní roboty, tedy fyzikálně vtělená, uměle inteligentní zařízení schopná vnímat své okolí a ovlivňovat ho pro dosažení cílů. Pojem fyzikální vtělení vyjadřuje požadavek na existenci robotu ve skutečném světě a v jednom umělém těle. Autonomnost znamená, že stroj (robot) je schopen sám rozhodovat. Není tedy přímo člověkem teleoperován. Autonomní robotika integruje několik vědeckých i inženýrských oborů. Právě vývoj a pokusničení (chcete-li hrani) s roboty vytváří nutný předpoklad pro pozdější aplikace souvisejících technologií. Zajímáme se o roboty ve výše vymezeném smyslu, protože chceme obrazně změřit síly s přírodou a pokusy o technické napodobení pomocí proniknout do jejích zákonitostí. Rádi bychom přispěli k vytvoření pomocníka člověka, který by v určité zvláštní dovednosti dokázal více než my lidé a bylo by na něho snad větší spolehnutí. Autonomní robotika je oblastí velmi přitažlivou jak pro studenty, tak i cílové uživatele, zejména firmy i vládní instituce. Oddělení robotiky a strojového vnímání CIIRC, které se samofinancuje z projektů, má nyní 21 pracovníků, což po přepočtení odpovídá 15 plným pracovním úvazkům. Hlavními osobnostmi oddělení jsou vedoucí skupin: Václav Hlaváč (robotické vnímání), Tomáš Pajdla (aplikovaná algebra a geometrie), Libor Přeučil (inteligentní a mobilní robotika) a Daniel Seifert (roboty pro zvláštní prostředí). Podle projektu CIIRC by oddělení mělo do pěti let vyrůst asi trojnásobně. Na několika konkrétních příkladech představujeme činnost oddělení.



Mise v Amatrice

Italské město Amatrice o 2 640 obyvatelích bylo 24. 8. 2016 v 3:56 téměř zcela zničeno zemětřesením. Zahynulo 232 obyvatel. Záchraně práce vedl italský hasičský sbor (Vigili del Fuoco), který je i jedním z deseti partnerů evropského projektu TRADR.

Když v Amatrice skončila horká fáze zachraňující zasypané lidi, bylo možné přistoupit ke zjišťování stavu zničených kulturních památek. Italští hasiči připravili podmínky pro tým TRADR, aby mohl prozkoumat dva kostely – St. Francesco a St. Agostino.

Pro naši misi byl vyhrazen jediný den, a to čtvrtek 1. září 2016. Tým TRADR se o akci dozvěděl v úterý 30. srpna dopoledne. Bylo

potřebné u několika partnerů připravit techniku projektu a přesunout ji do Amatrice. Na ČVUT pro misi připravili mobilní robot Martin Pecka a Libor Wagner. Václav Hlaváč vyjel z Prahy 31. srpna brzy ráno i s robotem. Po cestě přibral v Mnichově Vladimíra Kubelku, který tam byl na školení pilotování dronů. Po celkem 1 300 km dojeli večer do hotelu 62 km od Amatrice. Tam se večer sešel tým deseti nasazených lidí z projektu TRADR vybavený i druhým pozemním robotem (Sapienza University Rome), dvěma většími drony Falcon (Ascending Technologies München) a jedním menším dronem DJI Phantom 5 (Sapienza University Rome, pilotovaný Fraunhofer Institute, Sankt

Záchranáři

Dva po sobě následující evropské projekty NIFTI (Natural human-robot cooperation in dynamic environments, placený Evropskou komisí, FP7 č. 247870, 2010-2013) a TRADR (Long-Term Human-Robot Teaming for Robot Assisted Disaster Response, placený Evropskou komisí, FP 7 č. 609763, 2014-2017) nás naučily, jak vyvinout robot umožňující zasahujícím záchranářům rozšiřovat „povědomí o situaci“ v místě neštěstí, kam se člověk z bezpečnostních či jiných důvodů nemůže vydat.

Pro vysvětlení rámce projektu TRADR zmiňme jeden z používaných scénářů. Když jde člověk-záchranář do neznámé situace, popisuje veliteli (týmu velitele) zásahu přes vysílačku, co spatří. Poskytuje jen podstatná pozorování, ne každý detail. Komunikace je obousměrná. Při fungujícím spojení má velitel v každé chvíli přehled, v jakém stavu „jeho člověk“ je a může mu podle globální situace měnit zadání. V projektu TRADR se vyvíjejí postupy nahrazující lidské záchranáře několika roboty, jejichž autonomie vývojem v projektu roste. Roboty, jak pozemní tak i drony, jsou řízeny lidskými operátory, kteří ovšem roboty nemají v dohledu, ale musí se rozhodovat na základě informace získané ze senzorů robotů.

Důležitým vědeckým přínosem projektu TRADR je hierarchie reprezentací umožňující přetvářet povědomí o situaci z dílčích pozorování robotů do hierarchicky uspořádaných znalostí o celkové situaci v prostoru zásahu. Tato znalost je průběžně udržována a přetvářena do tvaru, s nímž pracuje tým velitele zásahu. V projektu jsou zastoupeni i koncoví uživatelé, a to z ředitelství italského záchranného sboru, hasiči německého města Dortmund a hasiči nizozemského přístavu Rotterdam. V každém roce jsou dvě společná týdenní cvičení. V prvním se integrují dílčí výsledky do jednoho společného softwarového systému TRADR. Např. integrační cvičení roku 2016 hostil v Praze tým z ČVUT. Ve druhém cvičení se systém TRADR ověřuje na praktickém scénáři připraveném koncovými uživateli, např. pro železniční neštěstí, průmyslovou havárii, zemětřesení.

Tým ČVUT v projektu TRADR vyvíjí:

- postupy pro pořízení a analýzu obrazů z kamer, všesměrové kamery a z hloubkových map pořízených pozemním pásovým robotem (roboty) nebo dronem (drony)
- metody posilovaného učení dovolující např. autonomní nastavování čtyř ploutví robotu, což podstatně snižuje kognitivní zátěž operátora řídicího robotu
- metody detekce/popisu objektů ve scéně a vytváření na nich postavené hierarchické reprezentace světa robotu, což umožňuje spojení senzory viděného světa se symbolickým usuzováním a reprezentací znalostí.

dvoustranu připravil: Václav Hlaváč



[3]



[4]

[1] Zřícený kostel St. Francesco, který jsme prozkoumali. [2] Dva mobilní roboty (UGV) v akci. [3] Dva mobilní roboty a dva drony v akci současně. [4] Stanoviště řízení mise a přístroje TRADR. [foto: Vigili del Fuoco]

Augustin). Ve čtvrtek 1. září tým přijel i s technikou svými auty na místo určení. V dopoledních hodinách jsme prozkoumali první kostel St. Francesco. Spolupracovaly zde dva mobilní roboty, které vjely dovnitř kostela, a jeden dron, který do kostela vletěl otvorem po vypadlé rosetě. Odpoledne se tým věnoval inspekci kostela St. Agostino. Zde pozemní roboty nemohly vjet do vnitřku kostela a mapovaly situaci v exteriéru. Do interiéru kostela vletěl jeden

menší létající robot, pro jeho vlet byla potřebná spolupráce s dalšími dvěma drony.

Celkově byla mise velmi úspěšná. Italsí hasiči připravili pro práci týmu TRADR bezpečné podmínky. Podařilo se nasnímat užitečná data, která se průběžně zpracovávají a výsledky se předávají přes italské hasiče dalším institucím. Data a zkušenosti z praktického nasazení jsou také velmi cenná pro další výzkum v projektu TRADR.

Záchranné práce v zemětřesením zničeném Amatrice vedl italský hasičský sbor, který je i jedním z deseti partnerů evropského projektu TRADR.

Inteligentní a mobilní robotika

Na výzkum a vývoj v oblasti inteligentních mobilních robotů se v Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT zaměřuje skupina vedená Ing. Liborem Přeučilem, CSc. Takové systémy přednostně přinášejí schopnost autonomní nebo semiautonomní činnosti např. létajícím či pozemním (kolovým, pásovým či kráčejícím) robotům. Vizí skupiny je vytvoření autonomního stroje, mobilního robotu, který bude schopen dlouhodobě operovat ve složitém, každodenním a lidsky orientovaném prostředí přírodního, výrobního či městského typu. Systém, který se bude schopen samostatně rozhodovat

výsledků výzkumu a vývoje do aplikací ve vysoce interdisciplinární oblasti autonomní a outdoorové robotiky.

Mimoto je tato skupina členem Centra aplikované kybernetiky reprezentující Centrum kompetence podporované Technologickou agenturou ČR. Jsme zde zodpovědní za řešení problematiky robotických systémů a jejich interakce s člověkem. Výsledky vznikají v oblasti pokročilé kooperace člověk-robot, a to zejména v aplikačních úlohách automatizovaného průzkumu neznámého prostředí, inspekce či dohledu.

Záběr výzkumníků je velmi široký, zahrnuje oblasti senzory, inteligentního zpracování a vnímání signálů a obrazů, plánovacích z rozvrhovacích postupů, až po úlohy elektronických a mechatronických řešení. Základní úlohy kybernetiky motivují naši skupinu k řešení výzkumných projektů základního i aplikovaného výzkumu. Laboratoř se v současnosti podílí na řešení projektu GAČR v oblasti pokročilých postupů strojového učení (Deep Learning) a jejich využití při řízení kráčejících robotů se složitou kinematickou strukturou.

Jiný, vznikající mezinárodní projekt MUAVET (Multiple UAV Experimental Test-Bed Design and Development) s King Abdulaziz University v Saudské Arábii, je zaměřený na vývoj experimentálního prostředí pro létající mikroroboty a je určený k experimentaci v oblasti kooperujících robotů a verifikaci multiagentních rozhodovacích principů v komunikačních aplikacích.

Nedávno dokončené integrované EU projekty FP6 „Symbion“ (Symbiotic Robotic Organisms)

a „Replicator“ (Self-Replicating Robotic Organisms) se soustřeďovaly na základní vědecké otázky z oblasti evoluční robotiky. Skupina působila v evropském výzkumném týmu pracujícím na pomezí autonomní robotiky a evoluční biologie. Cílem obou uvedených projektů byl návrh a ověřování principů evoluce v robotických organismech.

Jiným příkladem úspěšné spolupráce s průmyslem je vývoj série produktů pro bezpečnostní kontrolu vozidel společně s VOP CZ. Světově unikátní ve své kategorii je zde vyvinutá technologie snímání podvozku laserovým skenerem a rekonstrukce prostorového 3D modelu podvozku za jízdy. Toto řešení umožňuje provádět automatické vyhodnocení a upozornění na změny tvaru podvozku a označuje podezřelé vozidlo.

Rostoucí složitost mnohých řešení způsobuje, že problematika bezpečnosti softwarových systémů zůstává častým zadáním průmyslových partnerů. Dlouhodobě se věnujeme formálnímu popisu a automatizaci testování softwaru. Výsledky aplikovaného výzkumu zde byly využity i v bezpečnostně-kritických aplikacích, jakými jsou např. zabezpečovací a diagnostické systémy pro železniční dopravu. Společnost AŽD Praha například nabízí elektronický autoblok, pro jehož testování při vývoji využívá právě výsledků práce našich výzkumníků.

Průmysl a inteligentní robotika se prolínají stále více. Zejména nová iniciativa Průmysl 4.0 spatřuje budoucnost ve využití kyberneticko-fyzikálních systémů, kde manipulatory, mobilní roboty, internet věcí, inteligentní zpracování dat a jejich sdílení navzájem stejně jako s lidmi, hrají klíčovou úlohu. Zapojení jsou i velcí hráči jako např. Škoda Auto a.s. Právě pro výrobní linky této společnosti řeší vědci ze skupiny Inteligentní a mobilní robotiky a z Katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT přetrvávající úlohy průmyslové robotiky vybírání a podávání výrobních dílů z přepravních obalů (bin-picking).

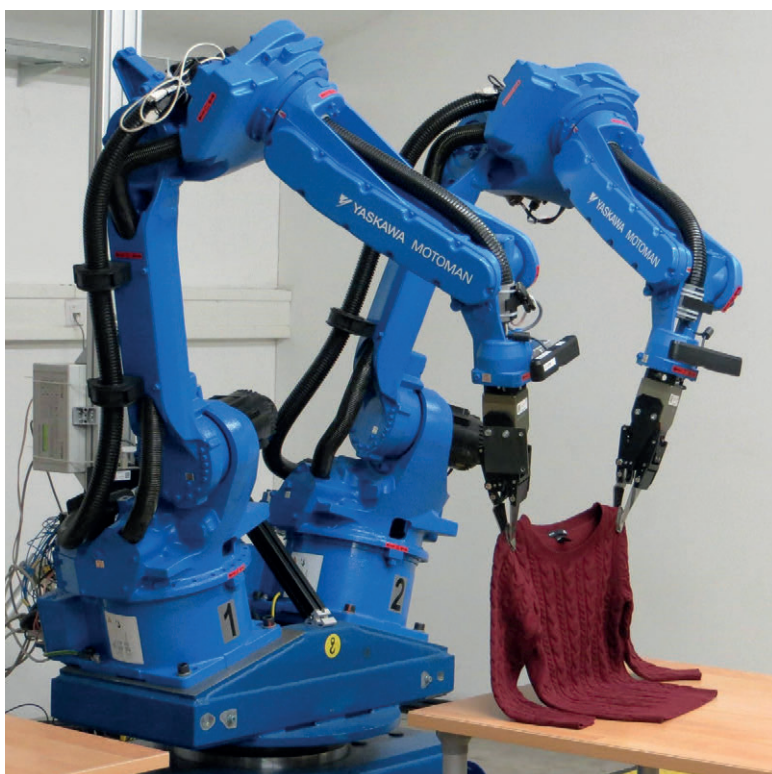


Systém pro 3D rekonstrukci podvozků vozidel (Kerberos) pro účely bezpečnostní inspekce, VOP CZ s.p.
[foto: archiv skupiny IMR]

na základě aktuální situace ve svém okolí, spolupracovat s jinými roboty či lidmi a plnit úkoly, které jsou pro člověka příliš náročné, nebezpečné nebo jen obtěžující.

Neboť předchozí cíle jsou z velké části společné předním výzkumným a vývojovým pracovištím v ČR s obdobným zaměřením, inicioval Libor Přeučil vznik Centra pokročilé outdoorové robotiky (Center for Advanced Field Robotics, <http://www.cafr.cz>). To sdružuje ČVUT v Praze, VUT v Brně, VŠB – TU Ostrava, Univerzitu obrany v Brně a významného průmyslového partnera VOP CZ s.p. Motivací k jeho vzniku je propojení základního a aplikovaného výzkumu akademických pracovišť, vývojových laboratoří a průmyslových partnerů. Centrum tak usnadňuje vzájemnou spolupráci, výměnu znalostí a zkušeností k přenosu

Vizí skupiny je vytvoření autonomního stroje, mobilního robotu, který bude schopen dlouhodobě operovat ve složitém prostředí přírodního, výrobního či městského typu.



Dvojruký robot (testbed) pro manipulaci s měkkými materiály (projekt realizován též v rámci Centra aplikované kybernetiky) [foto: Libor Wagner]

Dvojruká manipulace s měkkými materiály

Robotická manipulace je předmětem výzkumného zájmu již skoro půlstoletí. Za zvláště obtížnou se považuje manipulace s měkkými materiály, např. kusy oblečení, s čalouněním interiéru automobilu při jeho montáži či při konstrukci protéz končetin. Další významnou aplikační oblastí je spolupráce robotů s lidmi, ať v továrním prostředí, při pomoci invalidům nebo při polohování/nošení špatně pohyblivých pacientů u nich doma nebo ve zdravotnických zařízeních. Náš tým získal zkušenosti s dvojrukou manipulací v evropském projektu CloPeMa (Clothes Perception and Manipulation) financovaném Evropskou komisí v rámci FP 7 (projekt č. 288553, 2012 až 2015). Od září 2016 jsme začali řešit navazující osmnáctiměsíční projekt RadioRoSo (Radioactive Waste Robotic Sorter) financovaný Evropskou komisí, přes sdružující projekt ECHORD++ (European Clearing House for Open Robotics Development). Na našem pracovišti jsme s přispěním partnerů

obou projektů z Řecka (koordinují oba projekty), Itálie a Velké Británie vytvořili experimentální zařízení (testbed) pro dvojrukou manipulaci sestávající ze dvou obvyklých (a levných) průmyslových svařovacích robotů s dutým zápěstím vybavených chapadly vyvinutými italskými partnery a dovolujícími řídit mechanickou tuhost. Testbed je doplněn bohatou senzorickou výbavou. Používáme dva šestiosé silové/momentové senzory umístěné mezi koncem ramene robotu a chapadlem, které dovolují zavést silovou zpětnou vazbu tak potřebnou při manipulaci i spolupráci robotu s člověkem. Dále je vybaven kamerami, hloubkoměry, fotometrickým stereem a čidly umělého hmatu. Nejvíce jsme v projektu CloPeMa rozvinuli oblast manipulace s kusy oblečení, např. tričky s krátkými i dlouhými rukávy, ručníky, a kalhotami. Umíme rozebrat hromadu prádla vysypanou po praní ze sušičky, jednotlivé kusy oblečení složit a uložit je do „komínků“.

SafeLog

Do oblasti inteligentní robotiky spadá projekt programu Horizont 2020 SafeLog – Safe Human-Robot Interaction in Logistic Warehouses (řešitel L. Přeučil), který se zabývá problematikou vytváření hybridních týmů člověk-robot pro aplikace v oblasti automatizovaných skladů. Pro udržení nízkých pořizovacích nákladů na taková řešení nemohou být použity dopravní roboty vybavené systémy a senzory, jež dokážou zajistit bezpečnost přítomných osob. Současnost nepřipouští v takovém skladu přítomnost lidí v pracovním prostoru mobilních robotů, ačkoliv by mohla být užitečná či dokonce nezbytná. Například při odstraňování závady v prostoru automatizovaného skladu vyžadují obvyklé postupy úplnou odstávku skladového systému a způsobují tak nemalou ztrátu.

Projekt SafeLog je zaměřen do oblasti wearable computing a inteligentní robotiky, konkrétně na vývoj bezpečnostní vesty pro personál vstupující do pracovního prostoru skladu. Její funkce jsou klasifikovány do bezpečnostních úrovní, přičemž prvotní je detekce blízkosti se robotu a zábrana možné vzájemné srážce (zranění) zastavením pouze jednotlivého konkrétního robotu. Cílem výzkumu a vývoje je přitom daleko pokročilejší řešení, při kterém se člověk, například servisní technik, stává integrální součástí skladového systému. Jeho bezpečnostní vesta poskytuje skladovému systému informaci o okamžité pozici člověka v prostoru skladu, odhaduje jeho očekávaný směr a rychlost pohybu a umožňuje tím za běhu odklánět skladové roboty z možné kolizní trajektorie. Vyvinuté postupy jsou schopné v libovolném okamžiku řešení vždy poskytnout aspoň suboptimální řešení plánu, jak se roboty mají ve skladu pohybovat. Představu o výpočetní náročnosti takové úlohy dokresluje počet užitých robotů až kolem jednoho tisíce, pohybujících se ve skladu s řádově desítkami tisíc křížení cest. Přijatelného řešení je potřebné dosáhnout v čase do jedné sekundy!

Bezpečnostní vesta bude mít také lokalizační funkci k určení orientace a směru pohledu jejího uživatele. Při předchozí znalosti a informaci o pozici ve skladu spolu s identifikací pozorovaného úložiště poskytne řídicí systém skladu informaci o přítomnosti a poloze konkrétních skladových položek v úložišti. Taková informace je pak uživateli zprostředkována augmentovanou realitou, jež může být realizována přímou projekcí značek na položky nebo využitím HMD brýlí. Znalost o druhu a pozici skladové položky umožní přítomnému uživateli návazné akce, např. přenesení, kontrolu druhu položky atp.

Projekt SafeLog je ve své úvodní fázi. Je rozvržen na 48 měsíců řešení s cílem vytvoření certifikovaného prototypu bezpečnostní vesty a příslušného řídicího SW robotizovaného skladu. Partnerem řešitelského konsorcia je i firma realizující budoucí využití řešení.

dvoustranu připravil: Libor Přeučil



Plánem je vytvořit systém podobný tomu, pomocí kterého uživatelé mobilních telefonů získávají nové aplikace na Google Play nebo v App Store společnosti Apple.

Ing. PETR KADERA, Ph.D.
petr.kadera@cvut.cz

DIGICOR | Inteligentní systémy pro průmysl

Tým výzkumníků z ČVUT vstoupil v říjnu 2016 do další etapy spolupráce se společností Airbus. Po úspěšném dokončení projektu ARUM jsme zahájili společný výzkum v rámci projektu DIGICOR (Horizont 2020), jehož řešitelské konsorcium čítá jedenáct členů z šesti evropských států.

Zatímco v rámci projektu ARUM jsme se soustředili na vývoj nových metod a nástrojů pro optimalizaci výrobních procesů v rámci jedné společnosti, v projektu DIGICOR uvažujeme celý výrobně-dodavatelský řetězec jako jeden propojený systém heterogenních komponent, které reprezentují informační a výrobní systémy spolupracujících firem.

Koordinátor projektu Airbus, největší světový výrobce civilních letadel, má bohaté zkušenosti s tím, jak výroba složitých a vysoce specializovaných výrobků vytváří komplexní výrobně-dodavatelské sítě, pro které je typická dlouhá doba potřebná pro nastavení a spuštění všech obchodních procesů. To představuje velký problém zejména pro malé a střední firmy, pro které může být překonání této bariéry nad jejich síly.

Projekt DIGICOR, do jehož řešení jsme se v Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v říjnu zapojili, si klade za cíl zmenšení této bariéry tím, že bude optimalizovat dva základní aspekty mezifiremní spolupráce v rámci jednoho dodavatelského řetězce. Prvním je samotné vytvoření dodavatelsko-odběratelského vztahu a druhým sdílení informací o stavu aktuálních dodávek. Důležitým prvkem nástroje pro snazší vytváření nových obchodních vztahů bude systém hodnocení spolehlivosti a kvality jednotlivých

společností. Ten umožní snazší budování portfolia referencí, což kvalitnímu subjektu nabídne urychlení procesu budování „dobrého jména.“

Navržená platforma vyniká svou otevřeností, která umožní její průběžné rozšiřování o moduly s novou funkcionalitou. Některé budou již od počátku integrální součástí vyvinuté platformy (např. komponenta nazvaná „Service Discovery Tool“, pomocí které dodavatelé služeb a dílů nabízejí své výrobní prostředky a případní odběratelé naopak potřebné služby a zboží poptávají). Další funkcionalitu bude možné získat pomocí modulu, který je označován jako „Tool Store“. Plánem je vytvořit systém podobný tomu, pomocí kterého uživatelé mobilních telefonů získávají nové aplikace na Google Play nebo v App Store společnosti Apple.

Navržený přístup je v souladu s iniciativou Industrie 4.0 vyhlášenou a podporovanou vládou Spolkové republiky Německo. Tato iniciativa mimo jiné navrhuje využití pokročilých metod z oblasti umělé inteligence, optimalizace a automatizace pro kompletní horizontální a vertikální integraci. V rámci vertikální integrace dochází k přímému propojení všech systémů tzv. automatizační pyramidy, zatímco u horizontální dochází k propojení systémů od přijetí objednávky, přes její zpracování až po zahrnutí do výrobního rozvrhu a následné předání navazujícím logistickým procesům.

Klíčovou technologií navržené platformy je komunikační protokol OPC Unified Architecture (OPC UA). Ten – na rozdíl od svého předchůdce (OPC DA) – není postaven na konkrétní softwarové technologii (OPC DA je pevně spjato s technologiemi COM a DCOM společnosti Microsoft) a je proto univerzálně použitelný. V současné době se jedná o široce podporovaný standard, který bývá označován jako

referenční komunikační architektura pro Industrie 4.0.

Nový protokol OPC UA nabízí propracovaný mechanismus zajištění bezpečné komunikace, která je pro nasazení v průmyslových aplikacích klíčová. Jedná se jednak o systém autentifikace a autorizace, jednak o využití RSA šifrování s certifikáty X.509 pro kódování a zaručení integrity posílaných zpráv.

Zajištění spolehlivé a bezpečné komunikační platformy je nicméně pouhou prerekvizitou pro vytvoření efektivní mezifiremní spolupráce. Další výzkumnou výzvu představuje správná identifikace kompatibilních požadavků a nabídek, což je problémem, jehož složitost se odvíjí od komplexnosti popisu poptávaných dílů a služeb. Tým ČVUT je v projektu DIGICOR zodpovědný za návrh a implementaci „Service Discovery Tool“. Má vyvinout metody, pomocí kterých bude možné detekovat kompatibilitu konkrétního požadavku a nabídky. Naše řešení se bude opírat o využití ontologií (důležitá součást sémantického webu), které umožní požadavky a nabídky efektivně popsat a automaticky porovnat.



O průběhu řešení budeme informovat na webové stránce projektu DIGICOR (<http://www.digicor-project.eu/>), stejně jako na webu naší výzkumné skupiny (<http://isi.ciirc.cvut.cz/>).

autor: Petr Kadera

foto: © AIRBUS S.A.S. 2016

Symbolické strojové učení

Převážná většina průmyslových řídicích systémů a automatizovaných rozhodovacích procesů je založená na suboptimálních řešeních a heuristikách. Projekt, jemuž se věnujeme v Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT, se zabývá novými přístupy k hledání optimalních řešení pomocí strojového učení.

Cílem je vytvořit algoritmy, které automaticky naleznou symbolickou aproximaci optimalního řešení namísto numerických aproximací, které se nyní používají a které nejsou dostatečně efektivní. Aplikací těchto nových přístupů je celá řada – od průmyslových procesů, přes robotiku až po distribuční energetické sítě.

Algoritmy posilovaného učení (Reinforcement learning – RL) umí optimálně řešit problémy dynamického rozhodování a řízení např. v technických disciplínách, ekonomice, medicíně a umělé inteligenci. Ani nejnovější metody však dosud spolehlivě nevyřešily přechod z prostorů diskrétních stavů do spojitých stavových prostorů. Ve spojitých stavových prostorech se k reprezentaci užité funkce (tzv. V funkce) a řídicí strategie využívají numerické funkční aproximátory, např. ve formě radiálních funkcí nebo hlubokých neuronových sítí. Výběr vhodného aproximátoru a jeho struktury je velmi obtížným krokem, který vyžaduje ladění metodou pokus-omyl.

Cílem tohoto projektu je zautomatizovat proces hledání vhodných aproximátorů tak, aby se z něj stala nedílná součást procesu

učení. Využíváme symbolickou regresi, techniku založenou na genetickém programování, kterou jsme přizpůsobili, aby byla schopna automaticky hledat analytické funkce reprezentující řídicí strategii a užitekovou funkci v RL. Výsledkem bude nová třída metod RL vhodná pro spojitě mnohazměrné prostory stavů a akcí.

Symbolická regrese je metoda regresní analýzy, jejíž cílem je nalézt symbolický předpis funkce, která co nejpřesněji modeluje trénovací data. Dalším požadavkem často bývá, s ohledem na snadnou interpretovatelnost výsledné funkce, i její jednoduchost.

Na rozdíl od konvenčních regresních technik (např. metody lineární regrese) nevyžaduje symbolická regrese žádnou apriorní znalost nebo předpoklad o struktuře hledané funkce, jako je právě lineární model v případě lineární regrese. Symbolická regrese tedy pouze neladí parametry známého modelu, ale hledá i vhodnou strukturu modelu.

Veškerá apriorní znalost se omezuje na množinu základních funkcí a operátorů, které mohou být ve výsledném modelu použity. V závislosti na doméně konkrétní řešené úlohy si uživatel může zvolit aritmetické operátory (+, -, *, /), nelineární funkce (např. exp, log, mocnina), periodické funkce (např. sin, cos) apod. Při řešení symbolické regrese využíváme přístupy založené na evolučních algoritmech, tedy optimalizačních metodách motivovaných evolucí odpozorovanou v přírodě. Pracují s populací tzv. kandidátních řešení daného problému, kterou iterativně vyvíjejí nejčastěji pomocí různých variant operátorů selekce, křížení a mutace. Selektace řídí evoluci populace

směrem ke kvalitním řešením s ohledem na uživatelem definovanou účelovou funkci (tzv. fitness). Křížení a mutace jsou nástroje pro vzorkování prostoru řešení, tedy pro generování nových kandidátních řešení s použitím těch stávajících.

Počátky evolučních algoritmů se datují do poloviny 60. let. Od té doby se vyprofilovalo několik hlavních směrů, z nichž nejdůležitější pro náš projekt je tzv. genetické programování. Jedná se o evoluční algoritmus, který nejčastěji pracuje se stromovou strukturou vyvíjených kandidátních řešení. Tedy hodí se zejména pro takové úlohy, jejichž řešení lze zapsat ve formě stromu. Symbolická regrese, kde je řešením funkce, kterou lze přirozeně reprezentovat stromem výrazu, představuje typickou úlohu. V našem projektu vyvíjíme několik variant genetického programování, ve většině případů to jsou hybridní metody, které kombinují genetické programování s klasickými metodami lineární regrese. Genetické programování navrhuje vhodné příznaky, ty potom vstupují do zvolené metody lineární regrese, která vrátí optimální výsledný model funkce.

Další dobrou vlastností evolučních algoritmů, a tedy i genetického programování, je jejich snadné použití pro řešení úloh, kde se hledané optimum v čase mění, tzv. úlohy dynamické optimalizace. To je i případ hledání symbolického modelu V funkce, což je typicky iterativní proces, ve kterém se optimalizační kritérium částečně adaptuje z iterace na iteraci.

Vyvíjené algoritmy testujeme jednak na SW simulátorech, jednak na reálných robotech. Příkladem je šestinožý robot jehož pohyb řídí 18 servomotorů.

Tento výzkum je sponzorován Grantovou agenturou České republiky v rámci projektu Symbolická regrese pro posilované učení ve spojitých prostorech.

**autoři: Robert Babuška
a Jiří Kubalík
ilustrace: archiv autorů**



prof. Ing. EMIL PELIKÁN, CSc.
emil.pelikan@cvut.cz

Co je právě vypouštěno do ovzduší...

Znečištění ovzduší je jedním z problémů, kterým se musejí zabývat téměř všechny vyspělé země. V České republice nás trápí především vysoké koncentrace pevných prachových částic, v horkém létě vysoké teploty v urbanizovaných oblastech a s tím spojené zvýšené koncentrace přízemního ozonu. V obou případech hrají důležitou roli oxidy dusíku, které jsou podstatnou složkou chemických procesů, při kterých dochází ke vzniku zdraví škodlivých polutantů.

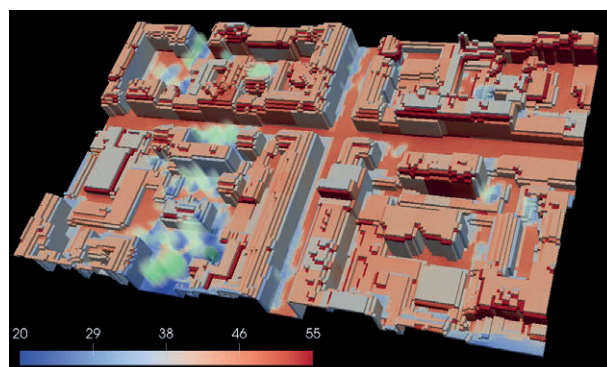
Řešením environmentálních problémů s využitím moderních matematických postupů se zabývá interdisciplinární obor environmentální informatika. Mezi využívané postupy patří například metody matematického modelování, matematické statistiky, metody HPC (High Performance Computing), metody strojového učení apod. Environmentální informatika se dynamicky rozvíjí zejména v posledních letech, a to díky technické i ekonomické dostupnosti dat z celé řady měření. Tato data mohou pocházet jak z konvenčních, tak i z netradičních zdrojů, jako jsou například senzorové sítě, mobilní telefony, automobily, nové satelity s vysokým rozlišením apod. Rozvoj v oblasti environmentálních měřících technik, stejně jako vědecký pokrok v informatice a v mnoha dalších souvisejících vědních oblastech, přináší řadu nových zajímavých problémů a výzev, které jsou

předmětem našeho výzkumného zájmu.

V Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT (CIIRC) se zabýváme matematickým modelováním šíření látek v ovzduší včetně složitých chemických procesů, ke kterým v atmosféře dochází. Současné matematické modely (nazývané chemické transportní modely CTM) jsou schopny postihnout nejen závislost na počasí, ale zpracovávají též ukládání chemických částic na zemském povrchu a jejich návrat zpět do atmosféry za pomoci vzdušných proudů, vymývání nečistot v ovzduší deštěm či modelují například vliv slunečního záření na vznik některých typů znečišťujících látek. Takovéto modely se dají kupříkladu používat pro zjišťování toho, co by se stalo, kdyby došlo (někdy v budoucnosti) ke snížení nebo naopak navýšení emisí. Pro modelování vlivu městských tepelných ostrovů na klima, počasí i na kvalitu ovzduší v urbanizovaných oblastech využíváme modely městského povrchu BEM (building energy models) ve spojení s regionálními modely s velmi jemným prostorovým rozlišením, popřípadě modely pracující v mikroskopickém měřítku.

CIIRC se společně s Fakultou dopravní ČVUT účastní projektu financovaného Technologickou agenturou České republiky, jehož cílem je vytvoření emisního modelu s využitím nově dostupných zdrojů dat. Dalšími partnery jsou Český hydrometeorologický ústav a firmy ATEM – Ateliér ekologických modelů s.r.o., Sherlog Trace a.s. a Ekotoxa s.r.o. Společně vytváříme nejlepší možný odhad toho, co je do atmosféry právě vypouštěno a slouží nám k tomu řada informací. Zásadní je registr zdrojů a znečištění

ovzduší spravovaný Českým hydrometeorologickým ústavem. V takové informaci je ovšem nutno zohlednit aktuální sezónní, meteorologické i sociologické vlivy (např. jak moc lidé zrovna topí dřevem, uhlím nebo plynem). Podstatnou složkou znečištění jsou emise pocházející z automobilů, které mají velký vliv na celkovou kvalitu ovzduší, a to především ve městech. Odhaduje se, že zhruba 60 procent emisí oxidu dusíku pochází z dopravy, avšak panuje velká nejistota ohledně aktuálních emisí v reálných podmínkách městského i mimoměstského provozu. Unikátní novinkou je v tomto ohledu využití dat z reálného provozu automobilů, kdy dochází k analýze měřených hodnot z provozovaných



vozidlových flotil. Kromě klasických parametrů, jako je poloha a rychlost automobilu, jsou získávány a analyzovány údaje o režimu motoru a automobilu jako celku, které jsou online vyčítány přímo ze senzorů softwarové jednotky vozu. Zpracování takových údajů není jednoduché, v principu se jedná o analýzu velkého množství dat zatížených vysokou neurčitostí. Pro pilotní analýzu takového unikátního a nového zdroje dat je nutné využívat kombinaci výkonných počítačů, softwarových nástrojů pro zpracování velkých dat a moderních metod matematické statistiky. Výsledkem práce bude nejen lepší znalost toho, co vlastně v reálném provozu vychází z výfuků automobilů, ale také vznik nástroje, který bude sloužit pro pochopení toho, jak je kvalita ovzduší ovlivňována různými zdroji.

Modelování vlivu zeleně na povrchovou teplotu v okolí křižovatky Komunardů x Dělnická v Praze Holešovicích pro den 3. 7. 2015 12:00 [ilustrace: řešitelský tým projektu UrbanAdapt na ČVUT]

autor: Emil Pelikán

Univerzitní synergie

V čem vidíte největší přínos společného řešení projektů specialisty z vaší fakulty či pracoviště a Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC) i význam samotného Institutu, který je nejmladší součástí ČVUT? Můžete uvést příklad, jenž je pro vás symbolem spolupráce vědců v rámci celé univerzity, a nebo oblast, kde vidíte potenciál příští spolupráce?



**doc. Ing. Zoltán Szabó, Ph.D.,
vedoucí Katedry
biomedicínské informatiky
Fakulty biomedicínského
inženýrství ČVUT**

Společné řešení projektů vnímám jako oboustranně výhodné. Na straně jedné obohatí naši fakultu o zkušenosti transferu výsledků vědy a výzkumu do praxe a na straně druhé nabízí aplikace robotiky a kybernetiky v oblasti biomedicínského inženýrství nové příležitosti včetně mezinárodní spolupráce. Výše zmíněné skutečnosti představují především výzvu pro stávající i budoucí studenty doktorského studia. Příkladem spolupráce vědců z různých oblastí může být koncept tzv. Smart Cities zahrnující oblasti, jako jsou architektura, stavebnictví, strojírenství, energetika, elektrotechnika, doprava, informatika i biomedicínské inženýrství. Jako další příklad mohu uvést Smart Grids – inteligentní sítě umožňující regulovat výrobu a spotřebu elektrické energie na základě vzájemné komunikace mezi výrobními zdroji elektrické energie a spotřebiči nebo spotřebiteli.



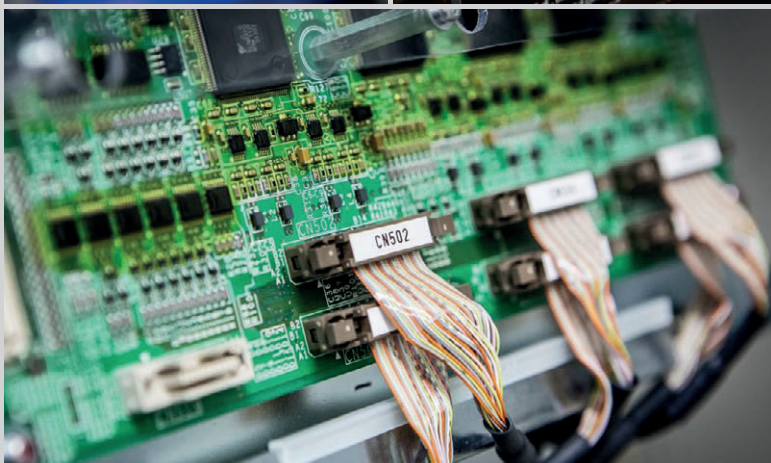
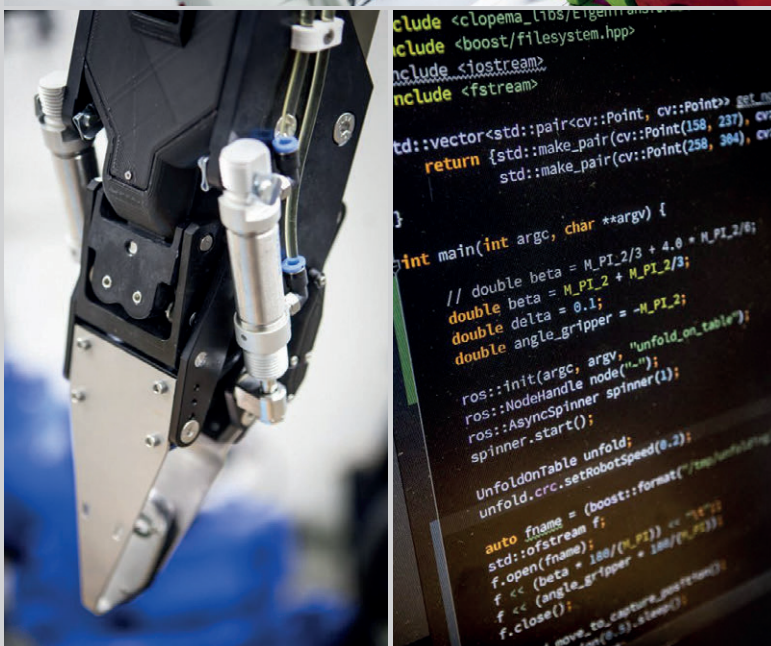
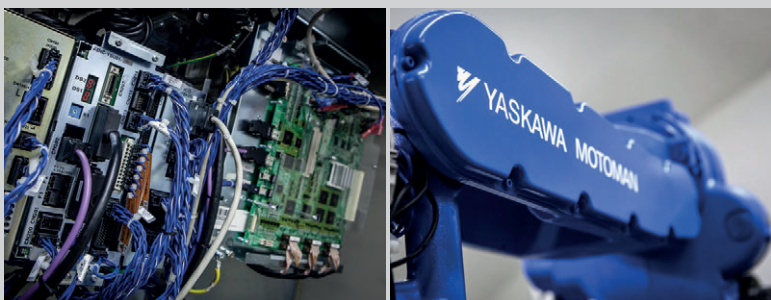
**doc. Ing. Lenka Švecová, Ph.D.,
ředitelka Masarykova ústavu
vyšších studií ČVUT**

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT vnímáme jako ambiciózní a veskrze prospěšný projekt, který překračuje sektorové a oborové bariéry, reaguje na nové trendy a potřeby základního i aplikovaného výzkumu a v neposlední řadě do něj otevírá dveře i dalším institucím i jednotlivým pracovníkům naší univerzity, což je i případ našeho vysokoškolského ústavu. Jedno z témat, na kterém se CIIRC i ČVUT profiluje, je Industry 4.0. Tzv. čtvrtá průmyslová revoluce přináší nejen kruciólní změny v technických oborech, ale především zcela mění trh práce, konfrontuje stávající makro i mikroekonomická paradigmaty i metodiky s novou technologickou realitou, mění pohled na problematiku sociální koheze či autorského práva. To jsou témata, kterými se na MÚVS zabýváme, a proto s CIIRC spolupracujeme na projektu financovaném Technologickou agenturou ČR, jehož cílem je návrh perspektiv tematických oblastí VVI na koncept Industry 4.0 reagujících.



**Ing. arch. Lukáš Kurilla,
Kabinet modelového
projektování Fakulty
architektury ČVUT**

Digitální prostředí je platforma napříč různými obory, která vytváří pro CIIRC velký potenciál vzniku zajímavých komplementárních výzkumů. Digitální nástroje se staly sofistikovanými asistenty v procesu architektonického návrhu, které se architekti naučili efektivně využívat a také přizpůsobovat. Výzkum ve spolupráci mezi CIIRC a Fakultou architektury bude moci ovlivnit nejen samotné navrhování, ale i výrobní procesy, a tak přímo zasáhnout stavební průmysl. Velký potenciál vidím ve společném výzkumu digitální fabrikace zaměřeném na použití průmyslových, ale i autonomních robotů, které můžou tisknout tzv. chytré materiály, nebo se také stát součástími dočasných staveb. Dále pak ve výzkumu zpracování velkých dat pro získávání potřebné zpětné vazby pro urbanisty nebo v kreativním využití algoritmů umělé inteligence pro podporu rozhodování a optimalizaci již v koncepční fázi návrhu. Věřím, že vznikající spolupráce přinese navzájem obohacující pohled na současná výzkumná témata a bude mít znaitelný dopad na inovaci dosavadních výzkumných přístupů v mezinárodním kontextu.



**prof. Dr. Ing. Miroslav Svátek, dr. h. c.,
děkan Fakulty dopravní ČVUT**

Současný rozvoj vědeckého poznání směřuje k řešení rozsáhlých interdisciplinárních projektů, na kterých se mohou podílet odborníci z celé řady technických i humanitních oborů. Význam CIIRC vidím v koordinační roli těchto rozsáhlých projektů, a to nejen v rámci ČVUT, ale i v celé České republice.

Jako konkrétní příklad mohu uvést koncept Industry 4.0, jehož dopady se postupně projevují v různých vědních disciplínách, počínaje návrhem nových přístupů k bezpečnosti složitých systémů až po pokročilé algoritmy řízení dopravy pomocí autonomních dopravních prostředků. Celý tento koncept bude muset být doprovázen úpravou vzdělávacího systému, ale také rozsáhlými legislativními změnami nutnými pro praktickou implementaci nových výrobních postupů.

Zapojením se do takto komplexního projektu může každá fakulta ČVUT získat nové podněty pro svůj další rozvoj a zejména mladí vědečtí pracovníci se mohou společně zúčastnit celé řady mezinárodních projektů, které se na toto téma vypisují.

Koncept Industry 4.0 je plně v souladu s rozvojem kooperativních inteligentních dopravních systémů (C-ITS) založených na vzájemné komunikaci vozidlo-vozidlo (V2V) nebo vozidlo-infrastruktura (V2I), které jsou již v ČR prakticky testovány díky projektu C-ROADS, jehož je Fakulta dopravní spoluřešitelem. V rámci konceptu Industry 4.0 budou tyto technologie dále doplněny o komunikaci vozidlo-náklad (V2F). Takto získané dopravní informace umožní aplikovat nové algoritmy pro řízení a organizaci dopravy zejména ve velkých městech. Jako konkrétní návrh projektu mezi CIIRC a Fakultou dopravní bych uvedl využití vozidlových simulátorů propojených s virtuálním modelem výrobního podniku či chytrého města pro testování různých scénářů řízení dopravy ve městech či optimalizaci logistických úloh.





Automatizace!

Zachování konkurenceschopnosti průmyslové výroby, která je tradičně jedním z pilířů ekonomiky České republiky, vyžaduje zavádění flexibilních, snadno rekonfigurovatelných výrobních technologií a jejich automatizace doplněných o aplikace sofistikovaných metod monitorování a řízení pomocí moderních informačních systémů průmyslových podniků. V souladu s tzv. čtvrtou průmyslovou revolucí (Průmysl 4.0) dochází k ještě intenzivnějšímu posilování úloh a zefektivnění už beztak klíčových informačních vazeb ve výrobních procesech.

Oddělení průmyslové výroby a automatizace Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT (CIIRC) má za cíl vytvořit platformu pro integraci výsledků výzkumu a inovativních řešení dosažených jak v tomto institutu, tak i na jednotlivých fakultách naší univerzity, počínaje Fakultou strojní, za účelem jejich rychlého transferu do konkrétních (nejen) průmyslových aplikací.

Interdisciplinární výzkum bude zaměřen na vývoj pokročilých materiálů včetně kompozitů a povrchových úprav i s nanovrstvami pro aplikace ve strojírenství a stavebnictví (skupina pokročilé materiály), využití pokročilých výpočetních a měřicích metod včetně paralelních počítačů pro simulaci a optimalizaci výrobků a procesů (skupina simulace, optimalizace a měření), optimalizovaný návrh samotných výrobků a řízení

strojů a výrobních procesů včetně robotiky (skupina návrh a řízení strojů a výrobků), pokročilé výrobní systémy od návrhu hybridních výrobních technologií se zvýšenou přesností přes využití tzv. rapid a aditivních technologií po efektivní výrobní technologie s využitím laserových technologií (skupina efektivní výroba). Uvádíme několik ukázek výzkumných projektů z těchto výzkumných skupin.



Softwarové aplikace pro řízení výrobních procesů

Výzkumná skupina „Návrh a řízení strojů a výrobků“ se v úzké spolupráci s Ústavem přístrojové a řídicí techniky Fakulty strojní zaměřuje na aplikaci moderních výpočetních metod, konstrukčních postupů a netradičních algoritmů v návrhu a řízení strojírenských systémů a procesů. Motivací pro daný výzkum komplexního charakteru je zvyšující se tlak na dosažení spolehlivých, efektivních a kompaktních komerčně úspěšných řešení v současně rychle se měnící situaci v dostupnosti a v cenách energie a strategických materiálů.

Nosným projektem výzkumné skupiny je Centrum kompetence – Centrum aplikované kybernetiky 3, kde se vědecký tým zabývá návrhem a ověřením softwarových aplikací v oblastech monitorování, řízení a optimalizace výrobních procesů,

zejména hutního a ocelářského průmyslu. Zaměření na tuto oblast vyplývá z toho, že klíčovým průmyslovým partnerem skupiny v rámci centra je firma PT SOLUTIONS WORLDWIDE spol. s r.o., která zajišťuje průmyslovou implementaci výsledků společného výzkumu. Konkrétním výsledkem spolupráce je například modulární aplikace pro procesy válcování plechů. S využitím pružnostně-pevnostní a termodynamické analýzy procesů jsou vytvářeny jejich simulační modely, které jsou následně využity pro monitorování a optimalizaci silového zatížení jednotlivých válcovacích stolic a řízení rychlosti posuvů s cílem zvýšení produktivity a kvality výroby.

Další významnou aplikační sférou, kde optimalizace s využitím simulačních modelů umožňuje dosažení významných energetických úspor, je oblast průmyslových pecí pro tavbu a ohřev oceli. Vytváření simulačních

modelů energeticky náročných pecí vyžaduje důkladné pochopení a analýzu termomechanických a chemických jevů daných procesů komplexního charakteru, jejichž matematický popis je poté aproximován do zjednodušených simulačních modulů, které jsou implementovány a využity v systémech řízení v reálném čase.

Vytvořené systémy monitorování a řízení již nacházejí uplatnění v průmyslových provozech zejména na trzích mimo EU, na které se průmyslový partner zaměřuje.

Nedílnou a publikačně úspěšnou součástí výzkumu skupiny je též návrh algoritmů řízení systémů s rozloženými parametry a systémů s dopravním zpožděním, s návaznými projekty se zaměřením na řízení transportních procesů, řízení kvality prostředí budov či systémy tlumení vibrací flexibilních systémů.





Kooperující roboty pro obrábění

Jedním z projektů řešených na Fakultě strojní ČVUT, jehož další rozvoj se předpokládá v Oddělení průmyslové výroby a automatizace CIIRC, je vývoj konceptu fyzicky kooperujících robotů s aplikací obrábění pomocí robotů. Projekt byl řešen ve spolupráci s firmou LAMMB Systems s.r.o.

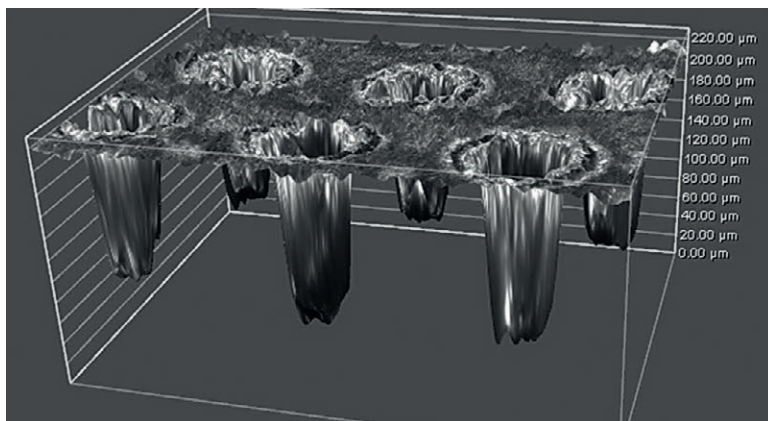
Základním řešeným problémem bylo, jak zvětšit tuhost robotů, aby mohly obrábět. Řešení vychází z dlouhodobého výzkumu na Ústavu mechaniky, biomechaniky a mechatroniky Fakulty strojní ČVUT, který se v posledních patnácti letech intenzivně věnuje problémům spojeným s návrhem a řízením paralelních kinematických (robotických) struktur s nadbytečnými pohony. Výzkum paralelních kinematických struktur vedl ke konceptu fyzicky spojených kooperujících robotů, jenž sám zvýšil statickou tuhost faktorem 3,5 a spolu s přídatným odměřováním v kloubech robotů dojde k navýšení tuhosti od jednoho robota s hodnotou 0,5 N/μm až na hodnotu přes 10 N/μm. Taková tuhost již umožňuje obrábění srovnatelné s obráběcími stroji, nicméně obrábějící kooperující roboty disponují větší pohyblivostí při nižší ceně.

Fyzicky spojené kooperující roboty pro obrábění



Lasery pro obrábění

Skupina efektivní výroba je v současnosti zaměřená především na laserové technologie obrábění a dělení materiálu. Laserové obrábění patří mezi klíčové subtraktivní technologie pro obrábění DTC materiálů (Difficult-To-Cut materials) a současně laserové technologie umožňují nejefektivnější přesné dělení materiálu. Výzkum a vývoj se realizuje v rámci společného grantu s VÚTS, a.s. a firmou Hofmeister, s.r.o.



Analýza opakovatelnosti dosažené geometrie mikrootvorů vytvořených laserem ve slinutém karbidu

V rámci projektu probíhá výzkum a vývoj technologií obrábění tvrdých a supertvrdých materiálů, jako je slinutý karbid a diamant, ale na druhé straně jsou také zdokonalovány technologie obrábění uhlíku a korozivzdorných ocelí. V projektu je řešena problematika realizace mikrovrtání (průměr otvorů do 0,1 mm) do slinutého karbidu; zvýšení řezivosti obráběcích nástroj pomocí laserové modifikace řezné geometrie; plošné výřezy v dílcích z pyrolytického karbonu s extrémní přesností a jakostí řezu; využití laseru pro tvorbu přesných 3D struktur v supertvrdých materiálech včetně diamantů či mikroopracování (leštění) prostorových struktur, a to opět pomocí laserového paprsku. Dílčí výsledky jsou již nyní v průběhu projektu ověřovány v průmyslových aplikacích.

Dalším významným projektem, ve kterém je společným jmenovatelem laser, je projekt smluvního výzkum a vývoje, jehož předmětem byl vývoj laserového pálicího stroje a zadavatelem společnost BLUE RAY a.s. Výsledkem společného vývoje je laserový pálicí stroj UBRA, který rozšířil výrobní portfolio firmy a první dodaný stroj slouží ve společnosti ROKA Ráža, spol. s r.o. Zařízení disponuje řezací hlavou Precitec HP SSL, využívá automatický zaostřovací systém a umožňuje dělit ocelové dílce až do tloušťky 20 mm.

Budování nové laboratoře

Nedávným počinem spolupráce Fakulty strojní ČVUT a oddělení CIIRC v čele s Oddělením průmyslové výroby a automatizace, bylo sepsání a podání projektu OP VVV

na vybudování laboratoře inteligentních průmyslových systémů označované jako testbed Průmyslu 4.0. Pro sepsání tohoto projektu bylo důležité vytvoření konceptu laboratorního pracoviště pro výzkum a vývoj aplikace postupů Průmyslu 4.0 pro výrobní linky ve strojírenství. Skládá se z větvené automatické dopravní linky mezi výrobními jednotlivými pracovišti doplněné manipulačními roboty a automatickými dopravními vozíky (AGV). Výrobní pracoviště pokrývají obrábění, tváření, dělení materiálu, svařování, montáž, měření, automatický sklad, 3D tisk aj. Každé je vybaveno čtečkami kódů, které spojují IP adresou fyzický objekt s jeho virtuální reprezentací v cloudových počítačích (internet věcí). Jednotlivá výrobní pracoviště neobsahují předem dané programy pro výrobní operace, ale dostávají je z cloudových počítačů až po porovnání virtuálního a fyzického stavu konkrétního výrobku/polotovaru (internet služeb).

Symbióza s kybernetickými a informatickými metodami

Oddělení průmyslové výroby a automatizace CIIRC ve spolupráci s Fakultou strojní ČVUT a s dalšími odděleními CIIRC buduje pracoviště provádějící relevantní výzkum a vývoj pokročilého strojního inženýrství v symbióze s kybernetickými a informatickými metodami.

**autoři: Michael Valášek,
Tomáš Vyhliďal, Martin Nečas,
Jan Smolík, Jiří Švéda
foto: Jiří Ryszawy
a archiv autorů**

V hlavní roli enzymy |

BIOCEV: nový partner pro ČVUT

Klíčem k pochopení vlastností každého materiálu je jeho struktura. U makroskopických objektů určuje vnitřní struktura především jejich mechanické vlastnosti, u makromolekulárních systémů i jejich funkci. V nově založené Laboratoři strukturní biologie na Katedře inženýrství pevných látek Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT se studenti i pracovníci zabývají analýzou struktur enzymů, které vykazují potenciál pro aplikaci v nových biotechnologických postupech.

Enzymy hrají ústřední roli ve všech buněčných procesech. V jistém smyslu patří mezi „smart“ materiály, jejichž průmyslové použití je obecně velmi dobře rozvinuto. Díky své unikátní struktuře pomáhají významně usnadňovat (katalyzovat) chemické reakce. Obecně se jedná o makromolekuly s mnoha tisíci různými atomy. Pro správný průběh každé enzymové reakce je zcela zásadní poloha skupin několika atomů tvořících takzvané aktivní místo. Enzymy a jejich vlastnosti jsou používány v oborech od potravinářství, výroby senzorů a čipů až po medicínu. Právě na tyto obory hodlá laboratoř ve svém výzkumu cílit.

Možná nás napadne otázka: Proč se na FJFI vyskytuje takto biologicky orientovaný výzkum? Odpověď je velice jednoduchá. Správné nastavení a obzvláště vyhodnocení difrakčního experimentu na zdroji rentgenového záření vyžaduje matematické a fyzikální vzdělání. Data o velikostech desítek gigabajtů je třeba redukovat na použitelný signál o velikosti v řádu megabajtů a následně upřesňování struktury je ve velké míře výpočetní proces. Zkrátka, strukturní biologie je mezioborová disciplína, u které fyzikální a matematická stránka hraje významnou úlohu. Druhým důvodem je využití „inteligentních“ biomolekul jako aktivních prvků ve funkčních strukturách, jakými jsou například optické chemické senzory.

Stanovení struktury enzymů je obvykle zdoluhavý a náročný proces. Hlavní metodou určování struktur enzymů je monokrystalová rentgenová difrakce. Celý proces zahrnuje následující kroky: produkce enzymu a jeho krystalizace, testování získa-

ných monokrystalů a sběr difrakčních dat pomocí zdroje rentgenového záření, zpracování difrakčních dat, řešení fázového problému, upřesňování struktury a kontrola geometrie výsledného modelu. Díky možnostem využití výpočetní kapacity na katedře je v současné době lze samostatně pracovat na následných krocích počínaje zpracováním difrakčních dat.

K testování monokrystalů a sběru difrakčních dat je nejvhodnější synchrotron, což je v principu velký urychlovač částic – elektronů nebo

pozitronů. Nabízí laditelnou vlnovou délku a největší intenzitu primárního svazku. Přestože v České republice žádný synchrotron nemáme, lze tato měření provádět na zahraničních přístrojích, které poskytují měřicí čas jednotlivým pracovištím na základě kvality předloženého projektu a jeho cílů. Členové Laboratoře strukturní biologie pravidelně synchrotrony navštěvují, především Bessy II v rámci Helmholtz-Zentrum Berlin, méně často pak Petra III v Hamburku nebo Diamond poblíž Oxfordu. Tato měření však pokrývají pouze několik dnů v roce (obvykle 24 hodin na jednu sérii měření). Nedostupnost blízkého zdroje rentgenového záření ztěžuje okamžitou reakci na právě probíhající experiment. V případě jakéhokoliv náhlého problému lze v některých případech experiment opakovat až při dalším měření, což může být po době trvající několik měsíců.

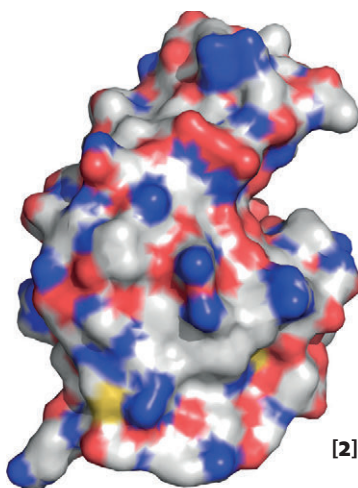
Počátkem roku 2016 začal plný provoz vědeckého centra BIOCEV ve Vestci u Prahy. Co z toho plyne pro pracovníky FJFI a její studenty? Díky již několik let trvající spolupráci s Biotechnologickým ústavem AV ČR, který je zapojen do projektu BIOCEV, je pro studenty naší fakulty nově dostupná široká škála fyzikálních technik pro strukturní analýzu. Centrum molekulární struktury provozované v rámci projektu BIOCEV na uvedeném ústavu Akademie věd poskytuje mimo jiné přístup k robotickému nasazování krystalizačních experimentů, jejich automatickému vyhodnocení, ale i k novému, vysoce výkonnému laboratornímu zdroji rentgenového záření.

autor: Petr Kolenko

ilustrace: Ing. Jan Stránský, FJFI



[1]



[2]

Příklad struktury enzymu vyřešené studenty FJFI

[1] Hlavní řetězec enzymu je reprezentován duhově zabarveným modelem.

[2] Znázornění povrchu enzymu připomínající písmeno C. Na dně výrazného žlábků probíhá enzymatická reakce. Zbarvení povrchu odpovídá druhu povrchového atomu (bílá – uhlík, modrá – dusík, červená – kyslík, žlutá – síra).

On-line sledování stavu člověka

Transfer technologií do praxe

Multifunkční biotelemetrický systém se širokým uplatněním – od „detektoru lži“ až po výzkum psychofyziologických stavů a podporu diagnostiky např. v psychologii, vyvinuli výzkumníci z Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT a 1. lékařské fakulty UK. Zařízení lze také úspěšně využít pro výcvik bezpečnostních složek nebo operátorů, kteří jsou vystaveni náročným úkolům a je potřeba měřit jejich odezvu při různých simulovaných stresových situacích. Produkt už našel uplatnění v praxi, nyní se rozeběhly marketinkové aktivity na podporu jeho prodeje.

Dlouhodobým cílem ČVUT je nabízet znalosti a výsledky výzkumu, vývoje a inovací vzniklé na univerzitě ke komerčnímu uplatnění na trhu. Multifunkční biotelemetrický systém – bezdrátový kapesní polygraf s obchodním označením VLVIab, je příkladem úspěšného transferu technologií. Vznikl v rámci grantového projektu Bezpečnost a obrana InovaSEED a je zaměřen na podporu technických řešení pro fázi proof-of-concept a přípravu komercializace těchto řešení. Jeho technologii se podařilo ověřit v klinických podmínkách.

Unikátní know-how VLVIab spočívá v konstrukci zařízení pro on-

-line sledování a klasifikaci psychofyziologického stavu člověka umožňující sledování charakteristické odezvy organismu na stresové situace, psychickou, mentální a emoční zátěž nebo jiné senzorní, tj. vizuální, akustické a podobné podněty. Technologie reaguje na současně dostupná zařízení laboratorního typu, která jsou často nepřenositelná a nedokáží měřit různé veličiny synchronizovaně v reálném čase. VLVIab obsahuje kompaktní bezdrátovou snímáči jednotku, EKG senzor a další senzory pro měření kožního odporu, dechové křivky, tělesné teploty, ale i senzor teploty okolí, aktivity 3D aktigram,

Na základě důkladného průzkumu trhu došli původci ze sdíleného pracoviště během dvouletého vývoje k závěru, že výsledný produkt má komerční potenciál a je tedy možné ho umístit na trh a nadále pokračovat v technickém zdokonalování dané technologie.



pro měření a vyhodnocení HRV variability srdečního rytmu a další funkce.

Na základě důkladného průzkumu trhu došli původci ze sdíleného pracoviště během dvouletého vývoje k závěru, že výsledný produkt má komerční potenciál a je tedy možné ho umístit na trh a dále pokračovat v technickém zdokonalování dané technologie. Komerční potenciál technologie posoudili odborníci na transfer technologií Odboru pro řízení projektů a transfer technologií Rektorátu ČVUT a po vzájemné shodě obou pracovišť byla zvolena forma založení samostatné firmy. Společnost FlexiCare s.r.o. následně uzavřela smlouvu o spolupráci s ČVUT, čímž se stala spin-off společností ČVUT. Poté byla uzavřena licenční smlouva a mohla být zahájena obchodní činnost produktu VLVIab. Právní aspekty partnerského vztahu a licenčních podmínek byly zajišťovány ve spolupráci s Odborem pro řízení projektů a transfer technologií.

V současné době FlexiCare s.r.o. realizuje marketingové aktivity pro zajištění prodeje technologie, pro který se hledají další obchodní partneři. Stejně tak jsou vedena jednání s případnými investory, kteří by podpořili aktivity zaměřené na prodej, aby produkt našel širší uplatnění u koncových uživatelů.

Univerzitní Odbor pro řízení projektů a transfer technologií vytváří ekosystém, ve kterém dochází k propojení akademického prostředí s průmyslem a přenosu znalostí a výsledků výzkumu, vývoje a inovací vzniklých na ČVUT do praxe. Cíleně vyhledáváme průmyslové partnery a navazujeme spolupráci v oblasti transferu technologií s cílem zvýšit komercializaci projektů vznikajících na ČVUT.

autorka: Darja Elfmarková
foto: Jiří Ryszawy



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

PÍŠŤALY pro ČVUT

Spolek absolventů
a přátel ČVUT
pořádá

veřejnou sbírku na pořízení varhan do Betlémské kaple

Pojďme společně rozeznít Betlémskou kapli!

Dar v jakékoliv výši můžete zasílat na účet veřejné sbírky č. **2100626587/2010** nebo jej složit v hotovosti do zapečetěné pokladničky na akcích Českého vysokého učení technického v Praze.

Tváří sbírky je Eva Jiříčná,
architektka a absolventka ČVUT.

Zahájení sbírky: 1. října 2014

Sbírka bude ukončena dnem vybrání
maximální potřebné částky.

www.absolventicvut.cz
www.varhany.cvut.cz

Osvědčení o konání sbírky vystavil Magistrát hl. m. Prahy dne 19. 8. 2014.

SIEMENS

Ingenuity for life

5 000 Kč
za doporučení
kamaráda

1 milion Kč
rozdělíme
na odměnách

Cena Wernera von Siemens

19. ročník soutěže o nejlepší
diplomové, disertační
a výzkumné práce

siemens.cz/cenasiemens

Hledáme autory kvalitních studentských prací a výzkumných projektů.
Přihlaste se, oceníme vás.

Co můžete získat:

- prestižní ocenění udělované nezávislou vědeckou radou
- odměny v celkové výši přes 1 000 000 Kč
- mediální publicitu vaší práce
- nové kontakty z akademické a vědecké oblasti

Kategorie:

Nejlepší diplomová práce
Nejlepší disertační práce
Nejvýznamnější výsledek základního výzkumu

Nejvýznamnější výsledek vývoje/inovace
Nejlepší pedagogický pracovník
Ocenění za překonání překážek při studiu

Registrovat se můžete do 25. listopadu 2016.*

* Podmínky naleznete na stránkách soutěže.