

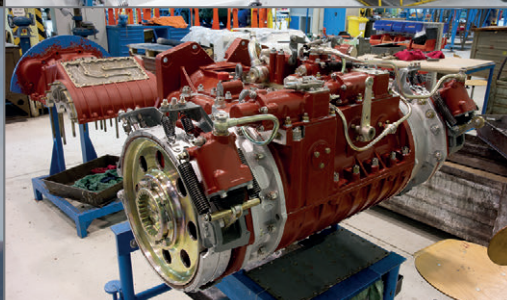
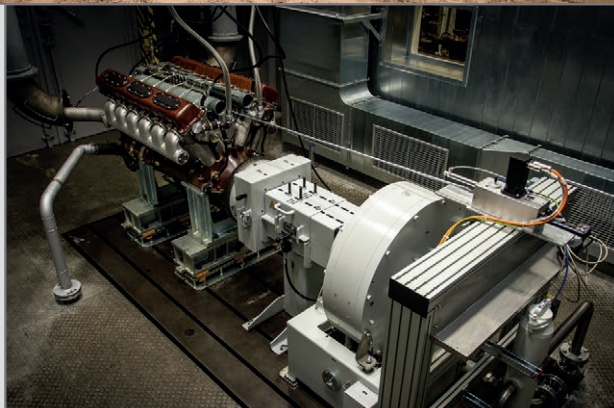
TECHNICAL[®]

ČTVRTLETNÍK ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE | 2015



SPECIÁLNÍ ZAMĚŘENÍ NA TECHNOLOGIE PRO ARMÁDU A BEZPEČNOST

TÉMA: ELEKTROTECHNIKA / UMĚLÁ INTELIGENCE strana 20 / USPÁVÁNÍ ROBOTŮ strana 22 / INTERMÉDIA strana 26



Výrobní závod EXCALIBUR ARMY Šternberk

- › Výroba, opravy a modernizace vojenské techniky, náhradních dílů a zbraňových systémů (např. vozidlo IFV ŠAKAL, samohybná houfnice DANA-M1 CZ a další).
- › Unikátní technologické vybavení, přípravky a zkušební zařízení.
- › Spolupráce se světovými leadery v oboru – na počátku roku 2015 uzavřeno strategické partnerství s General Dynamics.
- › Exkluzivita na vlastní výrobu a servis obrněných vozidel PANDUR II 8x8.

www.excaliburarmy.cz

ČLEN SKUPINY:
MEMBER OF: EXCALIBUR
GROUP

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



Vážené čtenářky, vážení čtenáři,

dostává se vám do rukou další číslo časopisu **TECNICAL**, který je tentokrát zaměřen na elektrotechniku a obranný výzkum. Důvodem je skutečnost, že chceme využít příležitosti prezentovat ČVUT v Praze na Mezinárodním veletrhu obranné a bezpečnostní techniky IDET 2015, který se koná v květnu v Brně. Tento veletrh je významnou přehlídkou obranných a bezpečnostních výrobků a technologií ve střední Evropě se silnou mezinárodní účastí vystavovatelů a odborných návštěvníků. Je koncipován jako pro-

exportní platforma pro český obranný a bezpečnostní průmysl. Koná se s podporou a za účasti nejvýznamnějších politických a vojenských představitelů České republiky. Největším vystavovatelem je Ministerstvo obrany ČR a Armáda ČR. Veletrh navštíví zahraniční armádní delegace a představitelé ministerstev obrany z více než 20 zemí světa. ČVUT v Praze bude na veletrhu mít svůj stánek s vynikajícím obsazením tvůrčími týmy a prezentacemi výsledků výzkumu a vývoje.

Mám radost z toho, že se máme čím pochlubit a že můžeme nabídnout spolupráci a výsledky výzkumu v mnoha oblastech. Ať už je to informatika, robotika a kybernetika, agentní systémy, letecké simulátory, umělá inteligence, analyzátoři, přenosové systémy, obranné a bezpečnostní prvky, neprůstřelný beton, speciální stavební konstrukce, geotechnika, hodnocení rizik, měření a regulace a další. To do budoucna vytváří obrovský potenciál pro spolupráci nejen s ministerstvy vnitra a obrany a Armádou a Policií ČR, ale také se zahraničními institucemi a firmami. Nezanedbatelná je naše spolupráce na výzkumu s Univerzitou obrany v Brně.

Těším se na to, že se nám podaří představit činnosti a aktivity, které jsou na vysoké vědecké a technologické úrovni, a které mohou do budoucna ovlivnit vývoj a směřování obranných a bezpečnostních technologií takovým způsobem, aby to mělo pozitivní význam pro lidskou společnost.

Pojedte s námi do Brna prohlédnout si, co všechno umíme!

Petr Konvalinka, rektor ČVUT v Praze

P. S. Jsem pyšný na to, že se práce na přípravě, grafice, redakci a finalizaci časopisu **TECNICAL** daří s takovou kvalitou. Děkuji všem, kteří na tom mají svoji zásluhu.

Obsah

> Agregát z univerzitní laboratoře	2	> Geotechnika / Pro bezpečnost staveb a prostředí	16
> Výzkum mozku člověka	3	> AgentFly	18
> Analyzátor plynů	5	> Umělá inteligence / Pro lepší dopravu a mobilitu	20
> CAFR / Pokročilá outdoorová robotika	6	> Uspávání robotů / Optimalizace spotřeby energie	
> TRADR / Týmová práce lidí a robotů	6	na robotických linkách	22
> Letecký simulátor / Safety-critical aplikace	7	> Na Antarktidu a zase zpátky	24
> Centrum robotiky a autonomních systémů	8	> Měření aktivity pohyblivých částí strojů	25
> Kam kráčíš, robote?	9	> Institut intermédií	26
> Systémy spolupracujících robotů	10	> Sledování očních pohybů	30
> RFID lokalizátor / Cesta ke snazší záchraně životů	11	> Formule s pohonem 4x4!	31
> Vylepšený beton / Proti zatížení výbuchem, nárazy a projektily	12	> Od kuliček k buňkám /	
> Balisticky odolný kompozit	13	Řízení pro distribuovanou (mikro)manipulaci	32
> FlexiGuard / Hlídká záchranáře, hasiče i vojáky	14	> Urychlovač Van de Graaff	35
> Měření kvality přenosu hlasu ve vojenských sítích	14	> Zátka pro hlubinné úložiště	36
> Hodnocení rizik mostů /		> Mrak na obzoru LHC	38
S ohledem na mimořádná zatížení	15	> Německý křídový lom	
		dostal druhé české kolesové rýpadlo	40



TecniCall 1/2015

Časopis pro spolupráci vědy a praxe

Vydavatel:
Rektorát ČVUT
Žitkova 4, 166 36 Praha 6
IČ: 68407700
www.tecnical.cz
tecnical@cvut.cz

Vydání: jaro 2015

Periodicita: čtvrtletník

Náklad: 7 000 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 ČVUT
Ing. Eva Kokešová
eva.kokesova@fs.cvut.cz

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

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

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
Ing. Libor Skoda
Libor.Skoda@jfci.cvut.cz

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

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

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT
Ing. Ida Skopalová
skopalova@bmi.cvut.cz

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

Rektorát ČVUT
odbor pro vědecko-výzkumnou činnost
Ing. Karel Žebrakovský
karel.zebrakovsky@rek.cvut.cz

Design

Michaela Kubátová Petrová, Lenka Klimtová,
Nakladatelství ČVUT

Inzerce

Ing. Ilona Prausová
prausova@vc.cvut.cz

Distribuce

ČVUT v Praze

Fotograf

Bc. Jiří Ryszawy
jiri.ryszawy@cvut.cz

Tisk

Grafotechna Plus, s.r.o.

Titul

DRAWetC. – Dominik Mikuláš
www.drawetc.cz

Toto číslo bylo připraveno ve spolupráci
s Nakladatelstvím ČVUT.

Přetisk článků je možný pouze se souhlasem
redakce a s uvedením zdroje.

Agregát z univerzitní laboratoře



Začátkem února 2015 bylo Ústavem konstruování a částí strojů Fakulty strojní ČVUT (FS) předáno zákazníkovi zkušební zařízení elektrohydraulických systémů (zakázka byla realizována na základě vyhraného veřejného výběrového řízení).

Návrh konstrukce a designu s důrazem na ergonomii celého zařízení byl proveden Ústavem konstruování a částí strojů FS. V laboratoři tohoto ústavu byla také realizována samotná kompletace

agregátu, tedy osazení konstrukce motorem, hydraulickými prvky, rozvedení kabeláže a zapojení elektrického rozváděče. Svařovaná konstrukce nádrže, rámu a krycí plechové díly byly vyrobeny a dodány externí firmou na základě dodané výrobní dokumentace. Návrh hydraulických okruhů, elektrického vybavení a tvorba ovládacího software pak probíhaly ve spolupráci s Ústavem výrobních strojů a zařízení a s Ústavem přístrojové a řídicí techniky FS.

Zkušební zařízení je ve své podstatě mobilní hydraulický agregát, který kromě proporcionálně řízené dodávky tlaku o hodnotě až 32 MPa a průtoku hydraulického oleje o hodnotě až 16 l/min a jeho filtrace, slouží i k měření teploty, tlaku a průtoku hydraulického oleje v hydraulickém systému, k ovládání externích hydraulických rozváděčů a k měření množství lekáže měřeného zařízení. Hydraulický agregát je vybaven vlastní nádrží na cca 100 l oleje s možností jeho ohřevu (pro práci za nízkých teplot) nebo chlazení. Zařízení je také možné připojit k externímu zdroji tlaku a průtoku (k externímu agregátu s tlakem až 20 MPa a průtokem až 60 l/min) a používat jej pouze pro řízení směru průtoku, k filtraci oleje a také k měření teploty, tlaku a průtoku hydraulického oleje dodávaného externím agregátem. K ovládání zařízení slouží počítač se speciálně vyvinutým ovládacím softwarem, který kromě ovládání agregátu umožňuje také zobrazovat aktuálně měřené hodnoty teploty, tlaku a průtoku a jejich archivaci. Pro snadnou manipulaci a transport zařízení odpovídají jeho vnější rozměry standardní europaletě (1,2 x 0,8 m).

autor: Martin Janda

foto: archiv

> Více na: <http://strojarna.cz/ukcs/>



ČVUT v Praze
Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí

8. mezinárodní konference

FIBRE CONCRETE 2015

10.–11. 9. 2015
Hotel DAP Praha

FIBRE CONCRETE 2015 je mezinárodní konferencí zaměřenou na VLÁKNOBETONY. Prezентuje nové poznatky v oblasti výzkumu, vývoje a jejich zavádění do projekční praxe. Součástí konference jsou ukázky úspěšných aplikací vláknobetonu.

Konference je určena širokému okruhu odborníků z oblasti výroby betonu, ale i projektantům a ostatním podnikatelům ve stavebnictví.

Informace:
Ing. Vladimíra Vytlačilová, Ph.D.
e-mail: fc2015@fsv.cvut.cz
<http://concrete.fsv.cvut.cz/fc2015>



Mgr. TOMÁŠ SIEGER, Ph.D.
siegetom@fel.cvut.cz

Výzkum mozku člověka

Objev veselých a smutných neuronů u člověka vzbudil velkou pozornost nejen ve vědecké komunitě. Článek shrnující výsledky výzkumu, v němž významnou roli mají vědci z Fakulty elektrotechnické ČVUT, publikoval 23. února prestižní americký časopis *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.

Výsledky jsou završením více než šestileté spolupráce odborníků z Neurologické kliniky a Centra klinických neurověd 1. Lékařské fakulty UK, Nemocnice Na Homolce a Fakulty elektrotechnické. Za ČVUT je členem výzkumného týmu, vedeného prof. MUDr. Robertem Jechem, Ph.D., z Neurologické kliniky 1. LF UK a VFN v Praze, hned několik vědců z Katedry kybernetiky FEL. Zapojila se do něj část skupiny Nature Inspired Technology vedené profesorkou RNDr. Olgou Štěpánkovou, CSc.: pod vedením Ing. Daniela Nováka, Ph.D. k výzkumu přispěli Mgr. Tomáš Sieger, Ph.D. (jeden ze dvou prvoautorů), Ing. Jiří Wild a Ing. Pavel Vostatek, výzkum podpořil i Ing. Petr Novák, Ph.D.

„Nejde jen o objev veselých a smutných neuronů, náš poznatek sahá dál – nejen že jsme u pacientů s Parkinsonovou nemocí našli veselé a smutné neurony, my jsme zároveň našli i neurony, které rozpoznávaly intenzitu prožitku bez ohledu na to, zda byl veselý či smutný,“ vysvětluje Tomáš Sieger z Katedry kybernetiky Fakulty elektrotechnické.

„Objevné je to, že jako prvním na světě se nám podařilo v tzv. subthalamickém jádře, malé a skryté oblasti mozku hrající však klíčovou roli v Parkinsonově nemoci, pozorovat jednotlivé neurony, které nám mnohé o této nemoci a její léčbě napovídají. Nalezli jsme dvě - funkčně i prostorově - oddělené skupiny neuronů, z nichž jedna se podílela na vnímání veselých a smutných obrázků, bez ohledu na to, jak intenzivní tyto obrázky byly. Druhá

skupina se pak naproti tomu podílela na vnímání samotné intenzity obrázků bez ohledu na to, zda byly smutné či veselé. Dříve jsme tušili, že se neurony subthalamického jádra budou podílet na zpracování emocí, ale vůbec jsme nevěděli, jakým způsobem. Mohlo to být tak, že by některé neurony reagovaly na veselé podněty – bez ohledu na to, jak hodně veselé by byly, a jiné zase na podněty smutné. Náš objev naproti tomu naznačuje, že mozek je na této úrovni uspořádán tak, že zpracovává zvlášť veselí a smutek, a zvlášť míru intenzity prožitku. To zásadně přispívá do mozaiky poznání lidského mozku a může se ukázat, že tento poznatek bude využit v nečekané souvislosti, například při výzkumu či léčbě zcela jiné nemoci,“ říká Tomáš Sieger, jenž je s výzkumem mozku spjat od počátku 3. tisíciletí.

Výzkum aktivity mozku vyžaduje spolupráci lékařů (neurologů, neurochirurgů), neurovědů, statistiků, programátorů, techniků a IT odborníků, ale i sester a administrativních sil. Tomáš Sieger se do výzkumu zapojil jako statistik a programátor: účastnil se plánování a přípravy experimentů a následně zpracování a analýzy dat.



Po absolvování informatiky na MFF UK (2000) se Tomáš Sieger – prý náhodou – dostal na civilní službu na Neurologickou kliniku 1. LF UK právě k doktoru Jechovi, s nímž navázal spolupráci v oblasti programování medicínských aplikací a analýzy medicínských dat. Po civilní službě však odešel za spolužáky ze studií do komerční sféry – skoro pět let působil ve firmě Systinet (vývoj softwaru, SOA) a rok a půl pracoval jako vývojář v HP. Co jej poté přivedlo k návratu na akademickou půdu? „Vědě jsem se věnoval částečně i mezitím, zejména jsem stále spolupracoval s prof. Jechem a jeho kolegy z lékařské fakulty, které jsem poznal na civilní službě. Šestileté intermezzo ve firmách Systinet a HP bylo ukončeno v okamžiku, kdy se rozčarování z komerční sféry zasnoubilo s nabídkou podílet se na výzkumu lidského mozku,“ říká Tomáš Sieger. A využívá ve své současné vědecké práci zkušenosti z „praktického“ života ve firmách? „Rozhodně ano. Praxe programátora, SW architekta či analytika v IT firmě člověka pomůže naučit se dobře „řemeslo“, např. navrhovat dostatečně obecný a robustní SW, ale také pracovat v týmu, či prioritizovat si práci.“ V roce 2008 Tomáš Sieger nastoupil Ph.D. studium na Fakultě elektrotechnické ČVUT spolupracující právě s prof. Jechem na fascinujícím tématu výzkumu lidského mozku. Doktorské studium absolvoval v květnu 2014. Nyní je jedním z mladých vědců, kteří se na ČVUT zapojili do evropského projektu OPVK, zkráceně nazývaného „postodoci“.

Tomáš Sieger počítá, že ve výzkumu mozku bude pokračovat. „Nálezem emočních neuronů v oblasti, kde probíhá léčebná stimulace neuronů spjatých s motorickými projevy Parkinsonovy nemoci, jsme přímo vysvětlili mnohé z vedlejších emočních účinků hluboké mozkové stimulace. Cesta ke zlepšení této léčby však bude vyžadovat další prohloubení znalostí o hlubokých strukturách lidského mozku,“ dodává.

autorka: Vladimíra Kučerová
foto: Jiří Ryszawy, VIC ČVUT

> Více na <http://neuro.felk.cvut.cz>



Doprava, komunikace, kybernetika, stavby, energetika, logistika, servis a údržba techniky... V těchto a dalších oblastech spolupracují vědci a výzkumníci ČVUT s rezortem obrany ve výzkumné, poradenské a odborně analytické činnosti.

V březnu 2015 podepsal ministr obrany Martin Stropnický a rektor naší univerzity prof. Petr Konvalinka Memorandum o spolupráci mezi Ministerstvem obrany ČR a ČVUT v Praze. Technická univerzita v rámci této smluvní spolupráce nabízí poskytování studijních programů a programů celoživotního vzdělávání. Připravili jsme kooperace na projektech financovaných z prostředků Evropské unie, Horizont 2020. Budeme se snažit uspět v poradenské a konzultační činnosti v oblasti ICT, informační strategie, informačního systému, práce s daty, zdravotnictví, robotiky, kybernetické a informační bezpečnosti, technickém zabezpečení budov, ekologii a energetice, letectví a řídicích systémech. V neposlední řadě jde o smluvní výzkum v oblastech zájmu Ministerstva obrany ČR a expertní činnosti, týkající se např. managementu kvality, staveb, povrchové úpravy materiálů atd.

Mnohé projekty jsou realizovány ve spolupráci několika součástí či pracovišť ČVUT.

Typickým příkladem může být projekt bezpilotních prostředků. Máme komplexní řešení projektu v avionice, řízení a ovládání, ale také využití čidel, sběru, vyhodnocení a prezentaci získaných dat. Takto by univerzitní věda měla pokračovat v dalších oborech, jako je biomedicína, doprava nebo robotika.

Na následujících dvanácti stranách představujeme několik úspěšných projektů, které mají mnohem širší využití než pouze v armádě a ochraně obyvatelstva.

ARMY

Projekty vědců ČVUT (nejen) pro sektor obrany



Ilustrační foto: archiv

Miniaturní inteligentní / Analyzátor plynů

Pracovníci Katedry mikroelektroniky Fakulty elektrotechnické ČVUT pod vedením prof. Miroslava Husáka se věnují výzkumu a vývoji inteligentního analyzátoru plynů s variabilním a rozšiřitelným systémem multisenzorových analyzačních matic. Výzkum, zaměřený na multisenzorové systémy, které integrují aktuálně dostupné a používané detekční technologie založené na různých senzorových principech, je založen na využívání identifikačních schopností vícenásobných detektorů uspořádaných do multisenzorových polí. Ta umožňují dosažení vyšší citlivosti i selektivity při detekci a analýze plynů.

K řešení problému jsou využívány známé senzory plynů, ale i nová mikrosystémová řešení založená na technologiích MEMS, která se vyznačují vysokou citlivostí a selektivitou. Pro monitorování některých typů plynů se v systému využívají i optoelektronické senzory na bázi moderních fotonických technologií s mikrospektrometrem. Intelligence systému je realizována jednak využitím inteligentní elektroniky s částečnou integrací, ale i software řízením měřících a vyhodnocovacích procesů.

Celková koncepce miniaturního analyzačního systému byla navržena z několika částí. Vlastní senzorová část je konstruována jako vyměnitelná a rozšiřitelná. Multisenzorové matice lze vyměňovat, čímž je zajištěna možnost ladění na jiné spektrum plynů s výrazně vyšší přesností indikace a analýzy. Vyměnitelnost matice senzorů má umožnit další variabilitu systému podle daných potřeb uživatelů. Zpracování signálů z multisenzorového systému je řešeno dynamicky vzhledem k počtu senzorů, a proto matice nemusí být z hlediska vnitřního uspořádání identické.

Jednotlivé části multisenzorového systému jsou podle povahy použitých senzorů vybaveny elektronikou pro zajištění standardizovaného připojení k řídicí a vyhodnocovací elektronice analyzátoru. Pro možné další rozšiřování multisenzorového systému o další speciální senzory je nutná standardizace rozhraní. Systém je řešen s možností přenosu senzorových dat do pevné stanice s využitím bezdrátových komunikačních standardů, umožňuje i přenos dat v opačném směru, tj. z pevné stanice do vlastního analyzátoru. Analyzátor přispívá ke zvýšení bezpečnosti občanů, k jeho realizaci byly použity nové technologie, poznatky z mikrosystémových technologií a výsledky aplikovaného výzkumu.

Uplatnění analyzátoru je široké, od ochrany člověka přes lékařství až po kontrolu životního prostředí, primárně je určen zejména pro oblast prevence a ochrany bezpečnostních a záchranných složek. V boji proti terorismu se uplatní citlivá indikace plynů založená na použití progresivních mikrosystémových technologiích s MEMS senzory.

Analýzátor umožňuje získání okamžité informace o kritických stavech koncentrací plynů, jeho činnost není podmíněna lidskou obsluhou, datové informace o detekovaných plynech jsou předávány automaticky na dálku s využitím bezdrátové komunikace. Systém tak umožňuje on-line předávání informací o stavu prostředí, ve kterém se vyskytují osoby a možnost jejich varování i bez sledování informací na přístroji. Rychlá odezva systému je umožněna použitím moderních elektronických a senzorových technologií, rychlým zpracováním dat s využitím vhodných algoritmů a též i použitím rychlých elektronických obvodů s mikroprocesorovými výpočty. Přínosem jsou i přídavné funkce systému, jako např. informace o poloze monitorovacího systému nebo informace o jeho pohybu.

Předpokládané využití analyzátoru je pro zajištění bezpečnosti osob, zařízení a objektů, typicky u hasičů pro ochranu před kritickou koncentrací toxických plynů, pro lokalizaci jejich polohy a pohybu, podobně u ozbrojených složek nebo na dalších rizikových pracovištích. Využití nalezne i např. v inteligentních budovách při sledování kvality prostředí.

Analýzátor vznikl za podpory projektu MV ČR VG 2010 2015 015 „Miniaturní inteligentní analyzační systém koncentrací plynů a škodlivých látek, zejména toxických“.

Uplatnění analyzátoru je široké, od ochrany člověka přes lékařství až po kontrolu životního prostředí, primárně je určen zejména pro oblast prevence a ochrany bezpečnostních a záchranných složek.



autor: Miroslav Husák

foto: Ing. Alexandr Laposa

> Více na <http://micro.feld.cvut.cz/files/mak.htm>



Inteligentní vozidlo by v budoucnosti mohlo zajišťovat bezobslužnou dopravu materiálu, vyzvedávání vojáků z nebezpečného území, automatický průzkum nebo ostrahu požadované oblasti.

Ing. JAN CHUDOBA
chudobj@fel.cvut.cz

CAFR / Pokročilá outdoorová robotika

Na vývoji autonomní navigace pro bezosádkové vozidlo Taros V2, vyvinuté společností VOP CZ, nyní pracují inženýři z Centra pokročilé outdoorové robotiky (CAFR), které je sdružením předních akademických a průmyslových pracovišť zabývajících se mobilní robotikou a autonomními systémy v České republice.

Takové inteligentní vozidlo by v budoucnosti mohlo zajišťovat bezobslužnou dopravu materiálu, vyzvedávání vojáků z nebezpečného území, automatický průzkum nebo ostrahu požadované oblasti.

Partnery centra jsou ČVUT (skupina Inteligentní mobilní robotiky), VUT Brno (Centrum aplikované kybernetiky), TU Ostava (katedra robotiky), Univerzita Obrany v Brně a VOP CZ, s.p.

Mezi další úspěšné projekty řešené v rámci sdružení patří vývoj systémů Kerberos a Kyklop pro kontrolu vozidel na vjezdech do chráněných objektů. Systém snímá tvar podvozku vozidla a umožňuje odhalit cizí objekty, např. připevněnou výbušninu.

Centrum pokročilé outdoorové robotiky má potenciál pro řešení náročných problémů souvisejících s aplikacemi autonomních inteligentních mobilních systémů v reálných úlohách pro civilní, bezpečnostní, průmyslový i vojenský sektor. Centrum dále slouží k přenosu myšlenek z akademické oblasti k jejich praktickému využití v produktech nabízených na trhu.

autor: Jan Chudoba
foto: archiv VOP CZ

Ing. VLADIMÍR KUBELKA
kubelvla@fel.cvut.cz

TRADR / Týmová práce lidí a robotů

TRADR je evropský integrovaný projekt dávající si za cíl během čtyř let vyvinout technologii pro nasazení smíšených týmů lidských záchranářů a robotů při živelných katastrofách, průmyslových nehodách, čili všude tam, kde může robotický prostředek převzít riziko poškození nebo zničení a poskytnout informaci nebo pomoc svým lidským kolegům.

Řešitelé projektu z pěti univerzit včetně ČVUT, tří výzkumných institutů, tří organizací koncových uživatelů a jeden průmyslový partner navazují na výsledky dosažené v projektu NIFTi, jenž řešil problematiku spolupráce robotů a lidských záchranářů. Novinkou v TRADR je snaha efektivně sdílet informace mezi více týmy lidí a robotů a umožnit mise trvající i několik dní.

Pracovní scénář projektu TRADR spočívá v nasazení rozličných typů pozemních a vzdušných robotů (které zároveň i vyvíjí) spolu s týmem lidských záchranářů. Ti všichni společně prohledávají místo živelné nebo průmyslové katastrofy, sbírají potřebné informace a fyzické vzorky a provádějí měření případné radiace nebo chemické kontaminace. Během mise takto tým lidí a robotů společným úsilím získává přehled o rozsahu neštěstí a vytváří model prostředí, který opakovaně používá a upřesňuje při řešení dalších úkolů.

Přehled a pochopení situace ve výsledku usnadňuje veliteli záchranné mise lépe koordinovat práci týmů lidí a robotů a efektivně využívat dostupné prostředky. Databáze schraňující dostupné informace získané prací celého týmu umožňuje efektivní předávání směn – jedním z cílů projektu je demonstrovat záchranné mise probíhající více dní.

Pracoviště řešící projekt TRADR se zaměřují – mimo jiné – na problémy řízení týmů lidských záchranářů, jejich koordinaci s robotickými partnery, na interpretaci a efektivní distribuci informací získaných pomocí těchto robotických prostředků a v neposlední řadě na vývoji robotického hardwaru a softwaru. Úlohou ČVUT v tomto projektu je vývoj kognitivních metod, které zpracovávají surová data generovaná škálou senzorů, jimiž jsou vybaveni jak pozemní, tak vzdušní roboti, uvažují nad nimi a prezentují je formou přívětivou lidskému uživateli. Kromě okamžitého sdělení zjištěných informací také vytváříme modely popisující nastalou situaci, z nichž pak těží všechny týmy nasazené v postižené oblasti.

autor: Vladimír Kubelka, foto: archiv projektu TRADR



Práce s koncovými uživateli – hasičskými sbory Itálie, Nizozemí a Německa – poskytuje výzkumníkům neocenitelnou zpětnou vazbu týkající se jak uživatelských rozhraní, tak postupů a požadovaných schopností robotických prostředků.

doc. Ing. PAVEL PAČES, Ph.D.
pacesp@fel.cvut.cz

Letecký simulátor / Safety-critical aplikace

Testovat rozhraní mezi člověkem a strojem, využívané v letecké technice, umožňuje plně pohyblivý simulátor letu, který vznikl ve skupině Centra pokročilých simulací a technologií (CAST) na Fakultě elektrotechnické ČVUT v rámci spolupráce s průmyslovým partnerem. Projekt podpořila Technologická agentura ČR.

Letecký simulátor je jedním z mnoha zajímavých projektů, které se realizují v Centru pokročilých simulací a technologií. Činnost centra, které úzce spolupracuje s externími firmami, se zaměřuje na senzory, zpracování dat a zobrazovací systémy, na kterých následně ověřujeme jejich přesnost a spolehlivost produktů využívaných v tzv. safety-critical aplikacích.

Firmám nabízíme profesionální služby a možnost navázat spolupráci se studenty již v průběhu jejich studia. Studentům poskytujeme možnost seberealizace, a to jak při vývoji elektroniky, software nebo postupů testů, tak i při prezentaci jejich řešení na akcích jako je FelFEST, Mezinárodní strojírenský veletrh v Brně, výstava NATO Future Forces, vojenský veletrh IDET nebo v letošním roce organizovaná konference zaměřená na digitální avionické systémy Digital Avionics Systems Conference, která se koná na podzim roku 2015 v Praze.

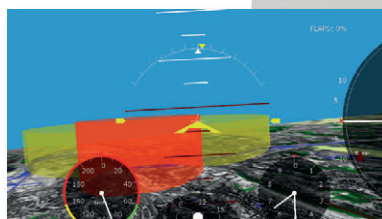
Digitální avionika

Převodník signálů z navigačních systémů, používaných na civilních a vojenských vrtulnících a letounech ruské provenience, je příklad v minulosti řešeného projektu. Jedná se o digitalizaci analogových signálů z ruských senzorů a jejich převod do digitální podoby odesílané pomocí v letecké technice standardně používaných digitálních sběrnic. Převedené údaje jsou následně využívány digitální avionikou na palubní desce, která informuje pilota o natočení stroje v prostoru, jeho kurzu, případně o tom, zda stroj přelétává přes rádiové navigační majáky umístěné na zemi v okolí letiště. Převodník v současné době slouží jak ve vojenských, tak

i v civilních letadlech. Jedná se hlavně o modernizované vrtulníky Mi-171, a o letadla Let L-410 Turbolet. Další použití nachází tento přístroj ve strojích Boeing 707 a Antonov An-26. Převodník splňuje vývojové a bezpečnostní požadavky vyžadované Evropskou agenturou pro civilní letectví.

Součástí vývoje měřicího modulu bylo intenzivní testování v certifikovaných laboratořích Výzkumného a zkušebního leteckého ústavu v Praze. Přístroj procházel intenzivními testy odolnosti proti vlivu okolní teploty, změn tlaku, vibrací, elektromagnetické compatibility atd. Přesná specifikace testů byla provedena na základě předpoklá-

situace. Jedním z příkladů je řešení vedení pilota na bezpečné přistání po výpadku motoru. Jedná se o unikátní řešení, které není v současné době v letecké technice používáno. Náš přístup je v současné době unikátní také z důvodu využití informací o terénu před letadlem s vysokým rozlišením, ze kterých je možné extrahovat informaci o vhodných přistávacích plochách. V současné době disponujeme jak zobrazovacím, tak i senzorovým systémem, který je připraven k zamontování do letadla. V minulosti byl celý systém intenzivně testován s pomocí plně pohyblivého simulátoru a profesionálních pilotů. Vyhodnocení testů bylo



Testování leteckého simulátoru a precizního zobrazovacího systému



daného použití přístroje, přičemž testy se liší podle typu stroje (vrtulník/letadlo) a podle umístění přístroje v letounu. Kromě testování vlivu okolního prostředí na přístroj je nutné věnovat pozornost a zajistit kvalitu i při vývoji SW vybavení požitého v přístroji. Cílem projektu bylo umožnit zástavbu moderního avionického zobrazovacího a navigačního vybavení z produkce firem Honeywell, Rockwell-Colins a CMC především do ruských strojů s původním senzorovým vybavením.

Pomoc pilotům řešit nestandardní situace

Naše skupina intenzivně pracuje na vývoji elektronických zobrazovacích systémů. Jedná se o rozšiřování množství zobrazovaných informací o údaje, které pomáhají pilotovi řešit nestandardní

provedeno pomocí metodiky, která byla vyvinuta speciálně pro testování vhodnosti navržených rozšiřujících funkcí pro řešení krizových situací. Výsledky testů byly publikovány na několika konferencích a v časopisech. Náš přístup je zajímavý i pro zahraniční instituce a pracovníky. V nedávné době se na základě navázaných kontaktů a společných oblastí zájmu podařilo podat projekt společně s US Air Force Research Laboratory, jehož cílem je rozšířit aktivity v oblasti vývoje nových zobrazovacích technologií a funkcí pro řešení krizových situací.

autor: Pavel Pačes
foto: Petr Neugebauer

> Více na
www.facebook.com/simulatorfel



doc. Ing. JAN FAIGL, Ph.D.
faigl@fel.cvut.cz

doc. Ing. TOMÁŠ SVOBODA, Ph.D.
svobodat@fel.cvut.cz

Centrum robotiky a autonomních systémů

Vědecko-výzkumné skupiny a laboratoře zabývající se robotikou, umělou inteligencí a jejími aplikacemi sdružuje Centrum robotiky a autonomních systémů (CRAS). Toto centrum vzniklo přirozenou spoluprací a tematickým překryvem výzkumníků odborných skupin kateder počítačů a kybernetiky Fakulty elektrotechnické ČVUT. Robotika je zde chápána v širším kontextu aplikací a vědeckých výzev, které souvisí s využitím robotizovaných prostředků, podporou rozhodování a zpracováním senzorických dat.

Cílem centra je vytvořit otevřenou platformu robotických laboratoří, ve které je kladen důraz na vzájemný a přirozený respekt spolupracujících týmů, a vybudovat společné excelentní fakultní pracoviště. Chceme posílit vnímání robotiky na ČVUT, a to jak z pohledu aplikovaného výzkumu, tak z pohledu špičkového vědeckého bádání a výchovy nových generací doktorandů. CRAS čerpá ze zahraničních zkušeností vůdčích osobností centra s fungováním podobných útvarů, kde je otevřenost spolupráci a „open-mind“ přístup samozřejmostí. Naším cílem je vytvořit v centru příjemné tvůrčí prostředí pro rozvinutí vědeckého potenciálu studentů a mladých kolegů, prostředí, jaké lze nalézt na prestižních robotických pracovištích ve světě.

V současné době jsou v rámci centra řešeny tři GA ČR a dva MŠMT výzkumné projekty a aplikované projekty Ministerstva zemědělství a AŽD Praha. Dále se členové centra podílejí na řešení projektů EU a ESA. Členové centra spolupracují s řadou univerzit a výzkumných institucí. Mezi jejich portfolio patří také zkušenosti s řešením aplikovaných projektů a spolupráce s průmyslovými partnery a obrannými agenturami, např. AFOSR, CERDEC, EDA, FAA, MO ČR, MV ČR, ONR.

Tematickým zaměřením a počtem pracovníků přesahuje CRAS samostatné participující laboratoře a představuje tak vědecko-výzkumný potenciál pro řešení rozsáhlejších projektů. Spolu se zkušenostmi vůdčích osobností centra vytváří vhodné prostředí nejen pro zahájení vědecko-výzkumné kariéry studentů magisterských a doktorských programů, ale také vhodné prostředí pro řešení aplikačních i čistě badatelských projektů.

autoři: Jan Faigl, Tomáš Svoboda
foto: Jiří Ryszawy a archiv pracoviště

> Více na <http://robotics.fel.cvut.cz>

Umělá inteligence je oblastí počítačových věd, která neodmyslitelně patří k robotice. Řadě z nás se při tomto termínu vybaví inteligentní stroj podobný člověku nebo jinému organismu, který můžeme spatřit v přírodě kolem nás.

Mezi hlavní rysy těchto robotů patří nepochybně jejich tvar a způsob pohybu, kterým je v případě suchozemských živočichů především chůze umožňující zdolávat nejen zpevněné cesty, ale také rozličné překážky, kamenitý, písčité či jinak náročný terén. Právě schopnost zdolávat členité terény je hlavní motivací současného vývoje kráčejících robotů, jako jsou čtyřnohé kráčející roboty testované obranými složkami nebo také experimentální šestinohé roboty. Ty lze nalézt v laboratoři výpočetní robotiky na Katedře počítačů Fakulty elektrotechnické ČVUT, která je jedním ze zakládajících členů nově budovaného Centra robotiky a autonomních systémů (CRAS).

V laboratoři se soustředíme na řešení náročných problémů plánování a řízení pohybu robotických systémů v úlohách autonomního sběru dat, které vyžadují nasazení nových adaptivních a učících se technik umělé inteligence. V našem výzkumu se tak neomezujeme na sestavení dálkově ovládaných robotů, ale dále rozvíjíme postupy pro jejich efektivní nasazení v rozličných misích. Náš přístup je založen na řešení výpočetně náročných plánovacích a on-line rozhodovacích úloh, vyžadujících zohlednění kom-

Kam kráčíš, robote?

plexních vlastností robotů a aktuální informace o operačním prostředí. Vyvíjené metody využívají principu samoorganizace, kombinovaného s metodami diskrétní optimalizace. Umožňují nám při řešení složitých úloh současně zohledňovat více kritérií a tím nalézt podstatně kvalitnější řešení než existující přístupy založené na dekompozici a nezávislém řešení dílčích podproblémů. Hlavní výhodou vyvíjených přístupů je však možnost efektivně řešit úlohy, které jsou sice formulovatelné, ale standardními kombinatorickými přístupy výpočetně nezvladatelné.

V rámci řešení projektu GA ČR byl v laboratoři vyvinut unikátní plánovací rámec, který poskytuje unifikované řešení plánovacích úloh pro autonomní sběr dat a efektivní určení míst odběru vzorků, jenž zohledňuje nejen jejich informační přínos, ale také náklady na jejich navštívení nebo očekávanou přesnost jejich navštívení při autonomní navigaci. Rámec je založen na umělých neuronových sítích, plánovací proces odpovídá učení této sítě bez učitele. Na rozdíl od učení s učitelem tento způsob učení nevyžaduje trénovací data se správným řešením, což je zvláště výhodné pro řešení úloh, u kterých je velmi obtížné stanovit, co je tím nejvhodnějším hledaným řešením, neboť v průběhu mise jsou sledovány rozdílné, neřídka protichůdné aspekty a cílem je tak nalézt vhodný kompromis dílčích kritérií.

Tento rámec byl ve spolupráci s Oregon State University a za podpory Fulbrightovy komise rozšířen pro řešení

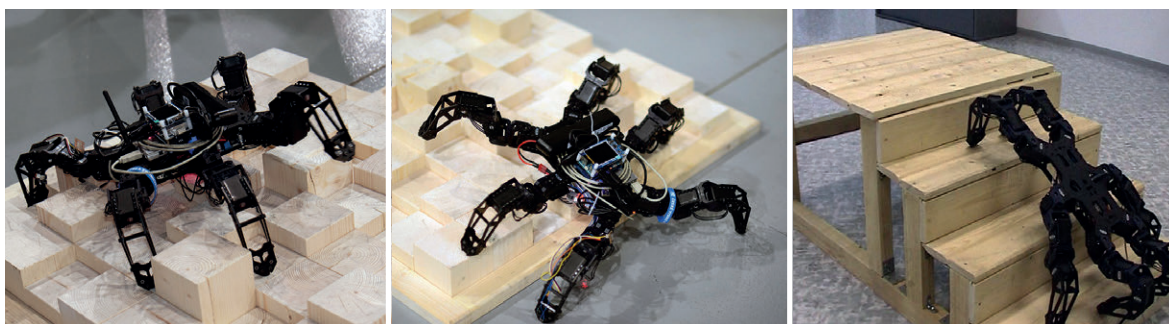
plánovacích úloh autonomního sběru dat bezpilotními podvodními vozidly ze vzorkovacích stanic umístěných na mořském dně. Při plánování těchto misí poskytuje vyvinutý rámec výrazně kvalitnější řešení a podstatně nižší výpočetní nároky než dosud známé přístupy. Řešení jsou nalezena v řádu desítek milisekund na běžném počítači, což dovozuje proces plánování dále rozšířit o zohlednění dalších vlivů a omezujících podmínek, které nebylo před tím možné uvažovat.

Na základě tohoto rámce řešíme úlohy adaptivního monitorování prostorových jevů v neznámém dynamickém prostředí šestinohými kráčejícími roboty. Naším cílem je vytvořit kvalitní model studovaného prostorového jevu s využitím co možná nejmenšího počtu měřících míst, která jsou zároveň snadno (rychle) dostupná pro kráčející mobilní roboty. Velkou výzvou řešení této úlohy je problém neznámého a dynamického prostředí. Robot tak má za úkol nejen monitorovat sledované veličiny, ale také prozkoumávat a modelovat průchodnost terénu a současně využívat tohoto modelu k určení optimální trasy a míst pro odběr vhodných vzorků. Řešení úlohy současně zahrnuje návrh adaptivních vzorů chůze pro efektivní a stabilní pohyb šestinohého robotu neznámým terénem.

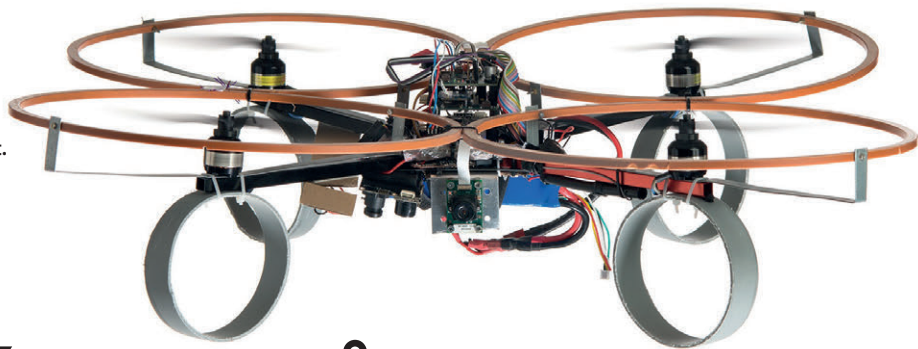
autor: Jan Faigl
foto: archiv pracoviště

> Více na <http://comrob.fel.cvut.cz>
<http://agents.fel.cvut.cz>

Šestinohý robot má za úkol nejen monitorovat sledované veličiny, ale také prozkoumávat a modelovat průchodnost terénu a současně využívat tohoto modelu k určení optimální trasy a míst pro odběr vhodných vzorků.



Ing. MARTIN SASKA, Dr. rer. nat.
saskam1@fel.cvut.cz



Systemy spolupracujících robotů

Pokrok ve vývoji a miniaturizaci autonomních mobilních robotů a značný pokles jejich ceny umožňuje nasazení více menších a jednodušších robotických platforem, které dohromady vyřeší zadaný úkol efektivněji a bezpečněji než jeden lépe vybavený těžký stroj. Konkrétní příklad představují miniaturizované autonomní helikoptéry, v literatuře označované zkratkou MAV (Micro Aerial Vehicle), případně pojmem dron.

Významný pokles ceny těchto platforem a jejich technické zdokonalení v poslední dekádě akcelerovaly také vývoj algoritmů pro jejich stabilizaci a autonomní řízení a umožnily jejich použití v bezpečnosti aplikací.

Skupina Multi-robotických systémů Katedry kybernetiky na Fakultě elektrotechnické ČVUT se specializuje na výzkum v oblasti vývoje metod stabilizace a koordinace týmů těchto miniaturizovaných helikoptér. Skupina se konkrétně zabývá návrhem, implementací a experimentální verifikací algoritmů pro stabilizaci formací MAV pevně definovaných tvarů a plánováním jejich pohybu. Další rozsáhlé téma výzkumu se zaměřuje na studium rojového chování, které vzniká při stabilizaci více bezpilotních letounů využívajících metod inspirovaných pohybovými vzory pozorovanými v hejnech ryb a ptáků. Vyvinuté algoritmy stabilizace skupin MAV využívají pouze palubních senzorů a výpočetních prostředků dostupných na palubě helikoptér. To spolu s využitím principů decentralizovaného řízení výrazně zvyšuje spolehlivost těchto komplexních systémů a umožňuje jejich nasazení v prostředích s nedostatečnou kvalitou signálu globální lokalizace a v prostředích, kde není možné zajistit spolehlivou komunikaci mezi jednotlivými MAV a mezi MAV a stanicí operátora.

Z aplikačního pohledu se výzkum skupiny Multi-robotických systémů zaměřuje na scénáře kooperativního

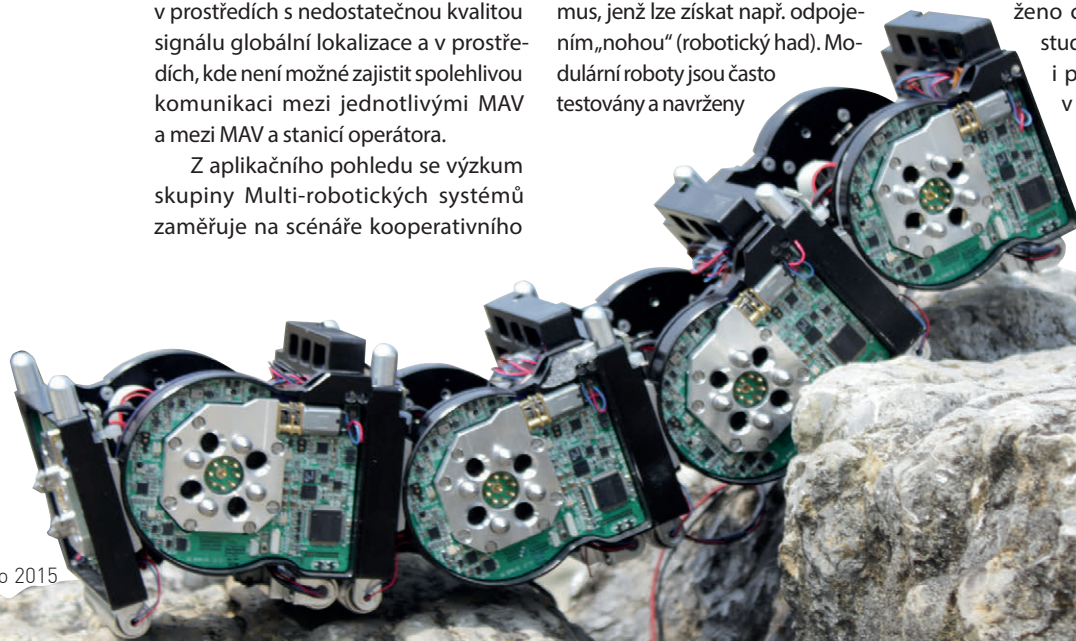
dohledu a střežení vytípaných oblastí, autonomního senzorického průzkumu prostředí a monitorování oblastí postižených přírodní katastrofou. Vyvinuté metody jsou cíleny na inspekci průmyslových zařízení, sledování pohybujících se objektů, 3D modelování objektů, letecké fotografování, filmování a kooperativní vyhledávání obětí v záchranných misích.

Další multi-robotickou platformou jsou modulární roboty, které jsou složeny z mnoha základních mechatronických jednotek (modulů). Každý modul je zpravidla vybaven samostatným počítačem, základními senzory a aktivním kloubovým mechanismem, který řídí úhel mezi sousedními moduly. V porovnání s klasickými mobilními/kračejícími roboty, které jsou navrženy pro konkrétní úlohu, jsou modulární roboty flexibilnější, neboť se mohou rekonfigurovat do různých tvarů. Modulární robot tak může přizpůsobit svůj tvar aktuálnímu úkolu nebo prostředí. Zatímco pro překonávání těžkých terénů (např. sutin) se hodí kráčející roboty ve tvaru pavouků, pro exploraci uvnitř sutin, kde je nutné prolézat úzké průchody, je vhodný menší organismus, jenž lze získat např. odpojením „nohou“ (robotický had). Modulární roboty jsou často testovány a navrženy

právě pro záchranné mise, kde je vyžadována schopnost pohybu ve velmi odlišných terénech.

Vysoká tvarová variabilita modulárních robotů však přináší problém při jejich řízení, neboť každý tvar robotu a každý terén vyžaduje jiný typ lokomoce (chůze). V případě modulárních robotů je řízena aktivními klouby jednotlivých modulů, což vyžaduje generování mnoha řídicích signálů a jejich vzájemnou synchronizaci tak, aby byla zajištěna stabilita robotu a nedocházelo k nechtěným kolizím mezi překážkami a jednotlivými částmi robotu. Právě problém generování lokomoce je jedním z aktuálních vědeckých témat. Možným řešením je využití metod založených na konceptu CPG (Central Pattern Generator), které dosahují pohybu rytmickým buzením jednotlivých aktuátorů modulů. Sestavení vhodného generátoru lokomoce je možné formulovat jako optimalizační metodu, kterou lze, alespoň částečně, řešit s využitím robotických simulátorů. V případě těžkých terénů (např. při záchranných misích) je nutné roboty vybavit různými typy chůze a ty přepínat tak, aby bylo dosaženo cílové polohy. Jedním ze studovaných problémů je tedy i plánování pohybu robotů v rozsáhlém prostředí.

autoři: Martin Saska,
Vojtěch Vonásek
foto: archiv pracoviště



Ing. LUKÁŠ VOJTĚCH, Ph.D.
lukas.vojtech@fel.cvut.cz

Ing. MAREK NERUDA, Ph.D.
marek.neruda@fel.cvut.cz

RFID lokalizátor / Cesta ke snazší záchraně životů

V laboratořích Fakulty elektrotechnické ČVUT vzniká nový systém pro radiofrekvenční identifikaci a lokalizaci, který umožňuje identifikovat oběti katastrof či zraněné osoby v definované oblasti pomocí tak zvaných aktivních RFID tagů. Systém zpracovává přenášené signály a do podrobné mapy zobrazuje v reálném čase polohu tagů, kterými jsou označeny oběti katastrofy či ranění. Řešení umožní optimalizovat postup záchranných prací a zároveň minimalizovat čas potřebný k záchraně, a to i v situaci, kdy jsou standardní komunikační systémy v důsledku katastrofy mimo provoz.

Systém radiofrekvenční lokalizace pro označování raněných a obětí katastrof si lze představit jako kombinaci dvou základních komponent. Tou první je náramek, či visačka s implementovaným RFID tagem, kterým se označí oběť katastrofy při první vlně záchranných prací. Druhou komponentu tvoří nadřazené systémy, které umožňují přijímat signály z těchto RFID tagů, zpracovat směr příchodu signálu a zobrazit jednotlivé tagy v mapě.

Myšlenka lokalizace zraněných při velkých živelných katastrofách pomocí komunikačních technologií vznikla při diskusích prof. Borise Šimáka, vedoucího Katedry telekomunikační techniky FEL, se zástupci vedení ITU-International Telecommunication Union v Ženevě před několika lety (Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze je akademickým členem ITU od roku 2011). Následovaly diskuse nad technickou proveditelností, podání přihlášky do výzvy Ministerstva vnitra ČR a úspěšné přidělení grantových prostředků z programu Bezpečnostního výzkumu ČR.

V současné době existuje mezinárodní standard podporovaný OSN, který využívá papírové visačky s barevně odli-

šenou závažností poranění, který usnadňuje další selekci a pomoc raněným. Nový systém radiofrekvenční lokalizace usnadní další postup záchranných prací díky přesnému určení počtu zraněných a identifikaci jejich polohy se zobrazením přímo v mapě. Samozřejmostí je i lokalizace a zobrazení záchranářů, vojáků a dalších osob v oblasti zájmu. Systém je připraven i pro přenos základních medicínských dat (například srdeční tep či teplota těla) identifikované osoby do centrálního systému. Takové informace mohou pomoci odhalit i blížící se změnu zdravotního stavu záchranáře a včas jej ze zásahu odvolat.

První funkční vzorek, tedy ověření technické koncepce, byl otestován v prostranství Vypichu v Praze. V první verzi tento systém dosahoval přesnosti 1,6 m v areálu 400 x 400 m. V současné době se jedná o druhou verzi systému, jejíž testy právě probíhají. Očekává se přesnost pod 1 m na ploše 1000 x 1000 m, což je přesnost potřebná k určení polohy oběti či zraněného v takovéto oblasti.

Systém radiofrekvenční lokalizace je navržen jako ostrovní systém. V případě

velkých živelných pohrom je totiž standardní komunikační infrastruktura většinou ochromena. Může docházet k poškození kabelových svazků, tedy datových a napájecích vodičů, či anténních systémů, apod. V důsledku toho standardní komunikační technologie, jako je přístup k internetu či mobilní komunikace, nefungují nebo jsou málo spolehlivé. Systém radiofrekvenční lokalizace je z těchto důvodů navržen nezávisle na těchto standardních komunikačních systémech.

Systém radiofrekvenční lokalizace bude možné použít nejen pro potřeby disaster managementu, ale i v průmyslu pro lokalizaci objektů v definovaném perimetru. Bude tedy možné signalizovat opuštění objektu, či přesný pohyb označeného objektu v dané oblasti.

Další informace o projektu lze získat i v archivu rádia ZET (české vysílání stanice BBC) ze dne 9. 5. 2014, z rozhovoru s názvem „Český projekt chce zlepšit registraci obětí během hromadných katastrof“.

Nyní probíhají testy druhé verze RFID lokalizátoru. Očekává se přesnost pod 1 m na ploše 1000 x 1000 m, což je přesnost potřebná k určení polohy oběti či zraněného v takovéto oblasti.

[foto: Jiří Ryszawy, VIC ČVUT]

autoři: Lukáš Vojtěch, Marek Neruda



Vylepšený beton /

Proti zatížení výbuchem, nárazy a projektily

Od roku 2000 do roku 2014 bylo ve světě více než 10 000 teroristických útoků. Ty za sebou zanechaly více než 18 000 obětí na lidských životech (např. Moskva 2011, Stockholm 2010, Londýn 2005, Madrid 2004 a další.). Většina, cca 60 % všech útoků, se uskutečnila v politicky nestabilních státech (Irák, Afghánistán, Pákistán, Nigérie, Sýrie), nicméně počet útoků v ostatních částech světa narostl o více jak 54 % jen během roku 2013. Většina útoků byla provedena za užití výbušnin (60 %), následovaly útoky střelnými zbraněmi (30 %).

Odolnost staveb občanské a dopravní infrastruktury proti zatížení výbuchem, nárazy a projektily se tedy dostává do popředí vědeckého zájmu. Nejen odolností betonu v krizových situacích, ale i dalšími otázkami odolnosti staveb se v rámci projektů zabývají výzkumní pracovníci Katedry betonových a zděných konstrukcí Fakulty stavební ČVUT.

Ve většině případů teroristického útoku je konstrukce vystavena přetlakové rázové vlně a letícím úlomkům. Konstrukce je tedy zatížena kombinací následků výbuchu a projektilů. Tato interakce je velice komplikovaná, neboť i jednotlivé její složky představují velkou výzvu z hlediska metod řešení, musí být studována zvlášť.

V případě zatížení přetlakovou rázovou vlnou je selhání stavebního prvku způsobeno nárazem, odrazem a šířením výbuchové vlny a jejími odrazy uvnitř něj. Odolnost běžných stavebních prvků je dána jejich tlakovou pevností, tahovou pevností a lomovou energií.

Znalosti běžně dostupné ve vojenských kruzích začaly být přenášeny do civilní sféry začátkem milénia po teroristických útocích velkého rozsahu. Začaly být hledány cesty, jak vylepšit odolnost železobetonu – nejběžnějšího konstrukčního materiálu – proti tomuto druhu zatížení. Výbuch blízko povrchu prvku způsobí vznik velice rychle se šířící přetlakové vlny, která zatíží bližší povrch prvku. Část její energie se odrazí zpět do prostoru, nicméně většina jí prostu-

puje materiálem. Jakmile dosáhne spodní hrany prvku, dojde k dalšímu částečnému odrazu a úniku tlakové vlny do prostoru. Odraz vyvolává vznik tahových napětí, která způsobují odprýsknutí krycí vrstvy betonu. Vystřelené úlomky se pohybují velkou rychlostí a představují velké riziko pro osoby v sousedním prostoru. Úlomky se vytvoří v krycí vrstvě betonu, proto jim nemůže být zabráněno zvětšením objemu výztuže.

Zlepšení chování betonu vystaveného zatížení výbuchem, nárazy a projektily je možné dosáhnout přimícháním plastových či ocelových vláken do betonu. Vzniklý cementový kompozit se vyznačuje výrazně vyšší duktilitou a může tak svojí deformací spotřebovat výrazně větší podíl energie. Na obrázku vlevo je vidět spodní povrch železobetonového panelu (1,5 x 0,3 x 6 m), který byl vystaven výbuchu 25 kg TNT ve vzdálenosti 45 cm od horního povrchu. Na obrázku vpravo je spodní povrch panelu z ultravysokopevnostního vláknobetonu vystaveného stejnému zatížení. Rozdíl v průřezu a objemu výtrže je velice výrazný a jasně svědčí o vhodně zvoleném konstrukčním řešení.

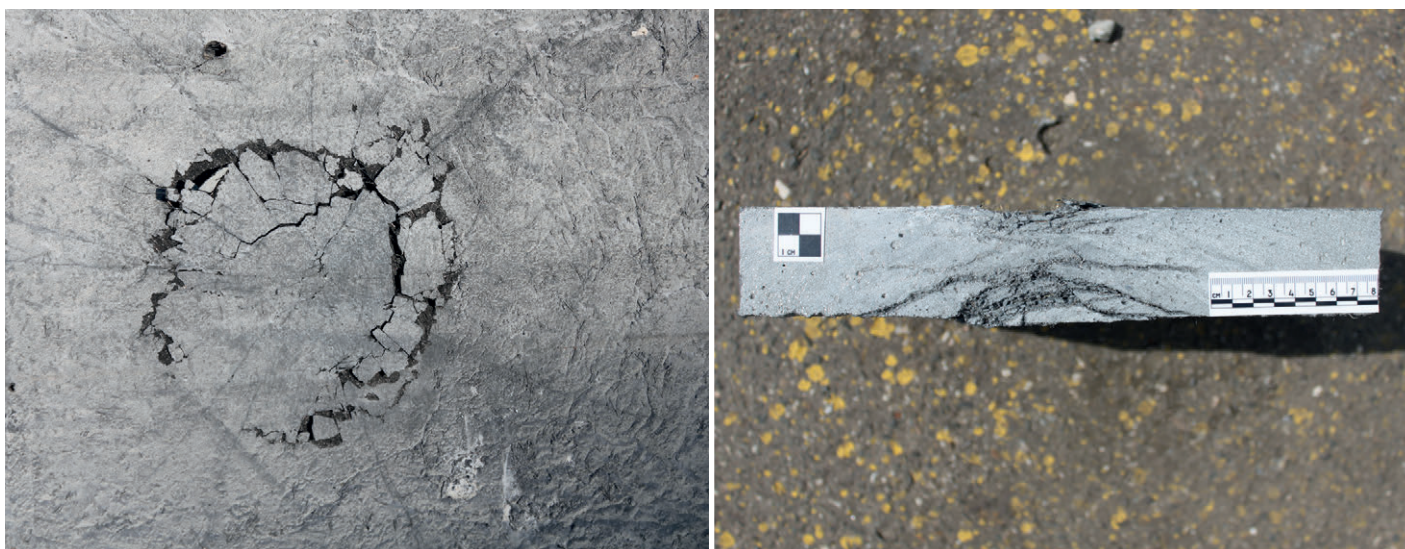
autor: Marek Foglar
foto: archiv pracoviště



Rozdíl v průřezu a objemu výtrže mezi železobetonovým panelem (vlevo) a panelem z ultravysokopevnostního vláknobetonu (vpravo) je velice výrazný a jasně svědčí o vhodně zvoleném konstrukčním řešení.

Ing. JAN ZATLOUKAL, Ph.D.
jan.zatloukal@fsv.cvut.cz

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



Balisticky odolný kompozit

V uplynulých pěti letech probíhal na pracovišti Experimentálního centra Fakulty stavební ČVUT vývoj vysokohodnotného betonu s vysokou odolností proti zatížení rázem, například nárazem projektilu – tedy materiálu s balistickou odolností. Výsledkem je materiál zajímavých vlastností, který plní často protichůdné požadavky kladené na materiál určený pro disipaci energie dopadajícího projektilu.

Výzkum v rámci projektu zadaného Ministerstvem vnitra ČR realizoval tým Experimentálního centra ve složení: prof. Petr Konvalinka, doc. Jiří Litoš, doc. Karel Kolář, Dr. Pavel Reiterman, Dr. Jan Zatloukal, Dr. Radoslav Sovják, Ing. Petr Máca a Ing. Jindřich Fornůšek.

Běžný konstrukční beton je materiál s velmi dobrou pevností v tlaku, ale neuspokojivou v tahu a smyku, proto se betonové konstrukce vyztužují ocelovou betonářskou výztuží. Zároveň se jedná o tzv. materiál kvazi-křehký, tedy chovající se tak, že po dosažení meze pevnosti následuje úplné porušení materiálu a naprostá ztráta jeho schop-

nosti přenášet další zatížení. Oproti tomu materiály duktilní jsou schopny se přetvářet a přenášet zatížení i po dosažení mezního namáhání, čímž umožňují pohltit větší množství mechanické energie. Tato vlastnost je využívána právě u materiálů určených k pohlcování rázového zatížení.

Námi vyvinutý materiál se od běžného konstrukčního betonu liší téměř ve všech ohledech, a to natolik, že vlastně ani nesplňuje definici termínu „beton“ – jeho složení je velmi jemnozrnné (pod 1 mm), jeho tlaková pevnost je přibližně čtyřnásobná než u konstrukčních betonů, tahová pevnost desetinásobná a lomová energie stonásobná, díky obsahu speciálních vysokopevnostních ocelových vláken, vyztužujících vnitřní strukturu materiálu. S betonem má ale společný jeden zásadní znak, a sice že se jedná o materiál na bázi cementu, vyráběný mícháním sypkých komponent s vodou a odléváný do forem, proto označení beton není zcela od věci. Už proto, že technicky správný název by byl „ultra-vysokopevnostní vlákna vyztužený cementový kompozit“ a tento je pro běžné použití přeci jen těžkopádný.

V průběhu vývoje bylo zkoušeno více než dvacet receptur a několik typů vláken. Byly testovány standardní mechanické vlastnosti materiálu (pevnost, modul pružnosti, lomová energie), receptury s vyhovujícími parametry byly

testovány na balistickou odolnost. Toto testování probíhalo ve zjednodušené podobě ostřelováním projektily různých rychlostí, hmotností a konstrukce. Nakonec se pro hodnocení balistických vlastností materiálu zvolila celoplošná střela standardního vojenského náboje 7,62 × 39 mm o rychlosti kolem 710 m/s a hmotnosti 8 g s jádrem z měkké oceli. Dopad střely a odezva materiálu byly snímány vysokorychlostní kamerou a vyhodnoceny. Jako vyhovující byl označen ten materiál (při referenční tloušťce 50 mm), z jehož rubové strany při zásahu neodlétaly střepiny a který střelu spolehlivě zastavil.

Možností využití námi vyvinutého a patentovaného materiálu nejen ve stavebnictví je bezpočet. Jeho vlastnosti se projevují tam, kde se předpokládá zatížení rychlým rázem, vyvolané například dopadem střely, tlakovou vlnou nebo nárazem vozidla. Od odpadkových košů odolných výbuchu nástražné nálože, přes obkladové fasádní desky pro ohrožené objekty, bariéry chránící mostní pilíře před nárazem vozidla, lehké mobilní prefabrikované ochranné konstrukce, protišvihové zábrany v průmyslu až po celé nosné konstrukce objektů strategické infrastruktury. Zajímavá je i výrobní cena – desku s obdobnou odolností v porovnání s ocelovým pancéřovým plechem lze pořídit za dvacetinu ceny.

autoři: Jan Zatloukal a Petr Konvalinka

Rubová strana desky tloušťky 50 mm po zásahu projektilem o rychlosti 700 m/s, bez vzniku nebezpečných fragmentů (vlevo) Průřez deskou v těsné blízkosti zásahu projektilem, viditelný výrazný roznos účinku do plochy [foto: archiv pracoviště]

Ing. PAVEL SMRČKA, Ph.D.
smrcka@fbmi.cvut.cz

FlexiGuard /

Hlídá záchranáře, hasiče i vojáky



FlexiGuard, biotelemetrický systém pro monitorování fyziologického stavu záchranářů, hasičů a vojáků, byl vyvinut na Společném pracovišti Biomedicínského inženýrství FBMI ČVUT a 1. LF UK.

Jeho návrh proběhl podle potřeb koncových uživatelů z řad hasičů a vojáků a v přímé spolupráci s nimi.

V současné době probíhá rozsáhlé testování v terénních podmínkách. Smyslem systému je zvýšit osobní zdravotní bezpečnost monitorovaných osob během výcviku a zásahu u exponovaných profesí: na každém členovi týmu (typicky 4 až 10 osob najednou) lze pomocí senzorů umístěných ve výstroji měřit řadu biologických a technických parametrů a přes bezdrátové rozhraní tyto údaje přenášet do vizualizační jednotky velitele. V základní sadě se jedná o snímač tepové frekvence, teploty povrchu těla, fyzické aktivity a vlhkosti. Zákaznické přidání dalších připravených senzorů (např. multisenzoru vybraných výbušných a jedovatých látek, detektoru ionizujícího záření apod.) je otázkou několika kliknutí myši. Rovněž je možná synchronizace signálů se záznamem z digitální kamery připojené k velitelské vizualizační jednotce.

Z těchto údajů je automaticky vypočítávána informace o fyziologickém stavu probanda (např. odhad energetického výdeje, anaerobního prahu, polohy těla, detekce přehřátí atd.) a jeho prostředí (přítomnost nebezpečných látek apod.). Tato informace je prezentována v uživatelsky přívětivé formě

na velitelské vizualizační jednotce a lze ji bezprostředně využít např. pro účely podpory rozhodování, pro optimální profilování výcvikového procesu. V praxi se osvědčilo souhrnné zobrazení výsledné informace ve formě „semaforu“ – zelená znamená vše v pořádku, oranžová signalizuje lehké překročení individuálně nastavitelných mezí, případně technickou závadu a červená značí výraznější překročení individuálních mezí. Kromě této souhrnné signalizace se samozřejmě uchovává kompletní záznam signálů monitorovaných osob – ten lze kdykoliv (přímo během akce, případně později v klidu kanceláře) prohlédnout a stanovit příčinu alarmu a srovnat individuální reakce jednotlivých osob na zátěžové situace.

Uvnitř každé osobní měřicí jednotky je rovněž zabudovaná paměťová karta, na které zůstanou (podobně jako v „černé skříňce“ letadla) uloženy veškeré signály i v případě náhodného výpadku datového radiového spojení s velitelskou vizualizační jednotkou.

autor: Pavel Smrčka
foto: archiv pracoviště



doc. Ing. JAN HOLUB, Ph.D.
holubjan@fel.cvut.cz

Měření kvality přenosu hlasu ve vojenských sítích

Unikátní simulátor pro modelaci podmínek hovoru v reálném čase, který je využíván pro měření poslechové i konverzační kvality ve speciálních sítích, vyvinuli specialisté Katedry měření Fakulty elektrotechnické ČVUT. Přístroj, vyvinutý v Laboratoři pro měření kvality přenosu hlasu, audio a video signálů, je využíván při vývoji a optimalizaci algoritmů pro relevantní objektivní měření kvality přenosu hlasu pro použití ve vojenských sítích.

Souběžně se simulátorem jsou v laboratoři vyvíjeny modifikace metod pro provádění subjektivních testů kvality přenosu hlasu ve speciálních

sítích. Ty vykazují v porovnání s komerčně využívanými telekomunikačními sítěmi řadu odlišností, např. zvláštní hlasové kodéry (např. STANAG 4591 – MELPe), nízkou přenosovou rychlost (typ. 1,2 kbit/s nebo 2,4 kbit/s), několikanásobné překódování hlasu (transcoding) v případě heterogenního komunikačního řetězce.

Typická komunikace probíhá často se ztěžujícími faktory, jimiž je komunikace prostřednictvím jazyka, který pro mluvčího nebo pro posluchače nebo pro oba není jazykem rodným, vysoká úroveň šumu okolí na jedné nebo obou stranách komunikačního řetězce,

zvýšená fyzická či mentální zátěž jednoho nebo obou komunikujících. Simulátor umožňuje emulovat různé stavy faktorů, ovlivňujících kvalitu přenášeného hlasu, a to především zpochybnění a jeho změny během hovoru, šumy okolí na straně mluvčího i posluchače, frekvenční omezení vyplývající z použitých terminálů, další zkreslení signálu, způsobené např. použitými terminály či algoritmy pro potlačení šumu či kódování signálu (včetně vícenásobného) zahrnujícími kodéry MELPe.

autor: Jan Holub
foto: archiv pracoviště

Spolehlivost a robustnost konstrukcí dopravních staveb (nejen pro případ mimořádné krizové situace, jakou jsou například teroristické útoky či jiná vnější narušení) a přípravou potřebných pokynů či norem se zabývají specialisté Kloknerova ústavu ČVUT ve spolupráci s brněnskou Univerzitou obrany.

V současnosti jsou základní postupy pro hodnocení spolehlivosti a rizik pozemních a inženýrských staveb včetně mostů s ohledem na mimořádná zatížení nárazem nebo vnitřním výbuchem plynu nebo směsí prachu uvedeny v Eurokódu ČSN EN 1991-1-7. Zatížení konstrukcí vlivem vnějších výbuchů nebo teroristických útoků jsou již mimo rozsah platnosti Eurokódů. Při rozhodování o úrovni ochrany stavby s ohledem na potenciální účinky mimořádných zatížení je účelné využít metody rizikového inženýrství. Míra zajištění robustnosti stavby v mimořádné situaci by se měla opírat o rozbor pravděpodobností vzniku nepříznivých jevů a jejich následků.

Projekt výzkumu zaměřený na hodnocení bezpečnosti a rizik dopravních staveb při mimořádném zatížení řeší Kloknerův ústav ČVUT v Praze ve spolupráci s Fakultou vojenských technologií Univerzity obrany Brno. V jeho rámci se připravují podklady, které se budou moci uplatnit pro metodické postupy hodnocení spolehlivosti a robustnosti konstrukcí v mimořádných návrhových situacích.

Pro mimořádné situace jsou potřebná doporučení pro zajištění přiměřené robustnosti konstrukce, aby nedošlo k jejímu celkovému zřícení při výskytu blíže nespecifikovaného mimořádného zatížení. Chybí podrobnější pokyny pro stanovení kritérií přijatelnosti do rizikových analýz. Pro hodnocení rizik a specifikaci úrovně ochrany mostu (např. silničním zachytným systémem, přijetím specifických opatření) lze s výhodou použít Bayesovskou síť, která je vhodná pro analýzu různých druhů mimořádných situací a doporučení vhodných opatření.

Hodnocení rizik mostů /

S ohledem na mimořádná zatížení

Při navrhování mostů na mimořádná zatížení je potřebné zabránit jejich progresivnímu kolapsu, zejména u spojitých mostů o více polích. Stanovení možných scénářů nebezpečí je důležité již během koncepčního návrhu, při výběru materiálů a konstrukčních detailů. Mimořádnou událostí může být náraz vozidla, požár nebo výbuch s nehodovým i záměrným charakterem.

U staveb kritické infrastruktury je základem pro hodnocení rizik stanovení jednotlivých scénářů nebezpečí, pravděpodobností jejich výskytu a odhad následků. Tyto stavby pak mohou být navrženy na určitou intenzitu výbuchu nebo se uvažuje s lokálním omezením porušení konstrukcí mostu. Pro zmenšení hrozby je možné navrhnout různá opatření jak konstrukčního charakteru včetně zajištění náhradního přenosu sil, tak také zabránit nebo omezit přístup ke kritickým prvkům, monitoring důležitých stavebních objektů atd. Pravidelné sledování konstrukcí rekonstruovaného mostu, kontrola jakosti a omezení rychlosti vlaků v oblasti rekonstrukce může zabránit nebo alespoň omezit následky takových

nehodových situací jako ve Studénce. Postupy hodnocení rizik z přírodních zdrojů (extrémní klimatická zatížení, zemětřesení) lze obecně použít také pro hodnocení rizik při záměrných útocích. Jednotlivé typy mimořádných zatížení mají přitom své specifické vlastnosti, které je potřebné uvážit. Zatímco zatížení při seizmické události nebo extrémním větru mají delší dobu trvání, zatížení výbuchem probíhá v řádech milisekund a může vyvolat lokální odezvu, aniž by došlo k zapojení jednotlivých konstrukčních částí. Takto lokalizované porušení pak může vést k celkovému kolapsu konstrukce.

Současné evropské normy dosud neposkytují pokyny pro ověřování mostů na mimořádná zatížení od vnějších výbuchů a teroristických činů a nepožadují ověření, že nedojde k progresivnímu kolapsu mostu jejich účinkem. Nedávné mimořádné události, ke kterým dochází v různých zemích, dokládají, že je potřebné tyto pokyny připravit.

autorka: Jana Marková
foto: archiv

Železniční nehoda ve Studénce: v srpnu 2008 najel vlak do konstrukce opravovaného silničního mostu, která se několik sekund před tím zřítíla na železniční trať.



Geotechnika /

Pro bezpečnost staveb a prostředí

Neprobíhají v podloží procesy vývoje deformací, které by mohly vést až k rozvoji sesuvu svahu, kde se buduje dopravní či jiná stavba? Sledování vývoje deformací v geotechnických konstrukcích a jejich podloží, vedoucí k zajištění bezpečnosti při realizaci staveb a jejich provozu, se na Katedře geotechniky Fakulty stavební ČVUT věnujeme řadu let a v rámci výzkumných projektů jsme nyní rozvíjeli užití optovláknových metod. Aplikace těchto metod je využitelná i v prostředí, kde se jedná například o bezpečnost hranic v krizových situacích (Identifikace pašeráckých tunelů do pásma Gazy, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Technion, Israel Institute of Technology, Haifa).

Instalace měřicích optických kabelů – metro V.A



(vpravo) Detail dvojice měřicích kabelů na jihovýchodním svahu Lomu Chabařovice



Sledování se zaměřuje i na zjištění a kontrolu, zda jsou provedená opatření pro stabilizaci svahu úspěšná a zastaví nežádoucí pohyby.

V rámci projektů výzkumu a vývoje FR-TI3/609 „Výzkum a vývoj detekce a kontrolního sledování kritických míst geotechnických konstrukcí zejména podzemního stavitelství, báňského průmyslu i ostatních inženýrských staveb“ a TA01011650 „Výzkum a vývoj aplikací dielektrických snímačů pro měření přetvoření v geotechnice“ byly rozvíjeny metody sledování vývoje deformací a teploty pro geotechnický monitoring pomocí dvou nových metod využívajících technologii snímání pomocí optických vláken.

V prvním projektu se jednalo o užití Brillouin Optical Time Domain Analysis (BOTDA), ve druhém projektu Fibre Bragg Gratings (FBG). Tyto metody mohou postupně nahradit klasické způsoby sledování. Metoda BOTDA využívá jev stimulovaného Brillouinova rozptylu, který vzniká při interakci molekul

skleněného vlákna s odraženým světlem. Posun tzv. Brillouinovy frekvence odpovídá změně deformace nebo teploty. FBG snímače jsou schopny měřit také změnu deformace i teploty a mohou být náhradou užívaných elektromechanických lokálních snímačů. Vlákno je během výroby opatřeno tzv. Braggovou mřížkou, kde dochází k periodické změně indexu lomu. Prodloužení nebo zkrácení celého vlákna a tím i mřížky vyvolá posun frekvence mřížky, který je úměrný změně deformace nebo teploty. U obou metod lze teplotní vlivy kompenzovat a detekovat pouze změny deformací.

Proměny v hostitelském prostředí nebo geotechnické konstrukci musejí být přeneseny na optické vlákno. Předmětem řešení uvedených projektů byly úpravy vláken, zvýšení jejich ochrany pro instrumentace a měření v prostředí staveb, způsoby jejich instalace, stanovení polohopisu v konstrukcích a prostředí staveb včetně softwaru pro zpracování naměřených dat k vytvoření

inženýrských výstupů ke kontrole vývoje chování konkrétních staveb.

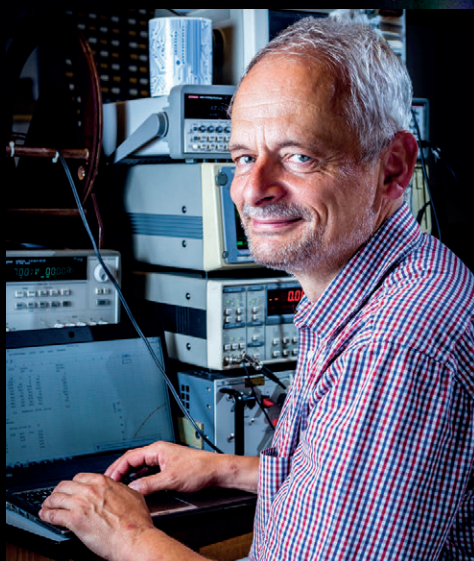
Na jaře roku 2011 byly instalovány měřicí optické kabely pro detekci deformací BOTDA na primární ostění Středního tunelu stavby Metro V.A v Praze (obr. vlevo). Červená šipka ukazuje na měřicí kabel pro sledování deformací příčného profilu ostění, zelená šipka ukazuje na kabely převádějící signál z dvojice podélných měřicích kabelů na tunelovém ostění přes kalotu tunelu ke kabelu pasivnímu a dále do zařízení staveniště. Po instalaci následovala měření deformací způsobených ražbou těsně sousedícího traťového tunelu razicím štítem typu Earth Pressure Balance S 609 „Tonda“. Přetvoření detekovaná v podélných měřicích liniích dosahovala až 200 μm , což odpovídá velikosti deformace 200 $\mu\text{m/m}$. Stanovené hodnoty přetvoření byly hluboko pod hranici prvního varovného stavu deformací primárního ostění Středního tunelu.

Pomocí obou uvedených metod je dlouhodobě sledován potenciálně nestabilní jihovýchodní svah Lomu Chabařovice. Optovláknovými technologiemi za podpory vysoce přesných liniových měření elektromechanickými měřidly jsou zde mapovány jak deformace povrchové, tak uvnitř masivu. Vytvořená měřidla s FBG snímači i včetně možností sériově paralelních propojení snímačů FBG ve vysoce odolném obalu z Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) byla užita pro detekci vývoje povrchových deformací i deformací ve vrtu hlubokém 27 m. Optovláknová měřicí linie je umístěna do mělké rýhy ve směru spádnice svahu. Na obrázku (vpravo) je detail dvojice měřicích kabelů v ochranném obalu po předepnutí a optické kontrole před ochranným obsypem a následným zásypem rýhy místním materiálem. Druhý vrt o hloubce 50 m byl instrumentován pomocí optických vláken pro BOTDA. Porovnání výsledků s elektromechanickými měřidly prokázalo v daném čase stabilitu měřidel optovláknových s oběma užívanými metodami měření i jejich dobrou funkčnost a spolehlivost.

autoři: Jan Záleský, Kristýna Čapová
foto: archiv pracoviště

Partneři projektu:
[ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika,](#)
[ČVUT v Praze a SAFIBRA, s.r.o.](#)

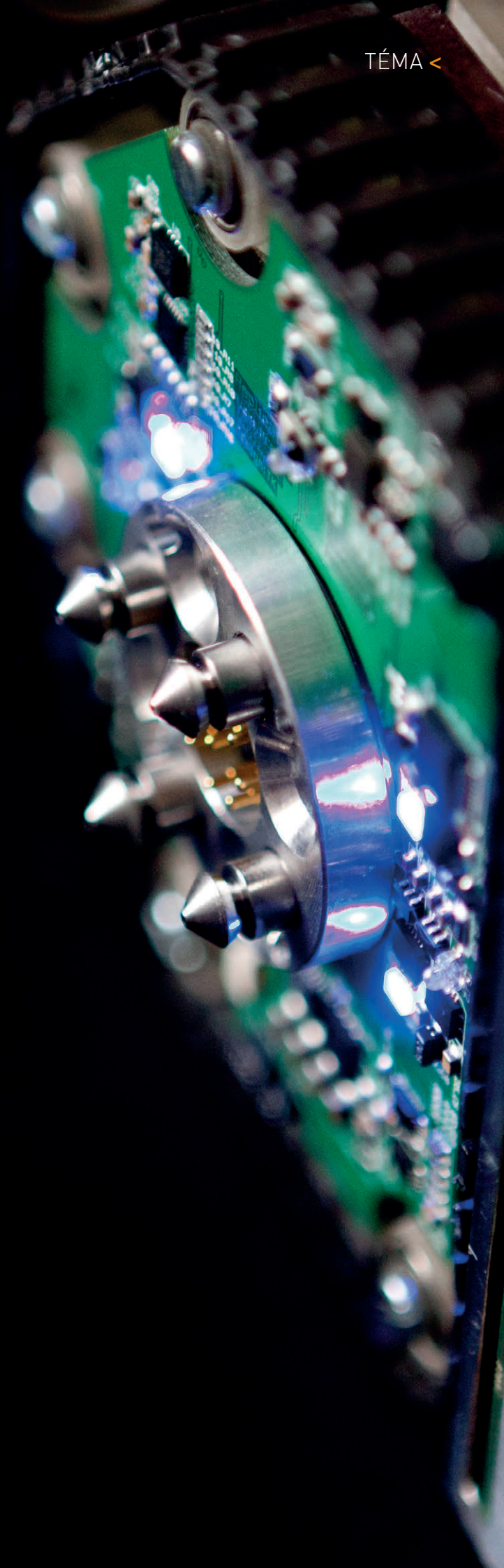
prof. Ing. PAVEL RIPKA, CSc.
ripka@fel.cvut.cz



Vážení čtenáři, v tomto čísle TecniCallu najdete spoustu aktuálních informací o týmech a laboratořích na Fakultě elektrotechnické ČVUT. Týkají se širokého spektra problémů od manipulace mikročástic až po řízení systémů rozprostřených na statisících čtverečních kilometrech. Nejviditelnějších úspěchů dosahujeme ve výzkumných projektech na pomezí disciplín a v týmech složených z odborníků z různých oblastí: elektrotechniky, informatiky, fyziky, teorie řízení, biologie, medicíny a umělecké tvorby. Tým elektroformule je zdánlivě odlišný – nejedná se o výzkumný kolektiv, jeho cílem nejsou ani časopisecké publikace, ani řešení problémů průmyslových partnerů. V prvním plánu je cílem vyhrát závod, za tím je ovšem obrovská možnost získat zkušenost nejen z konstrukce, ale třeba i z managementu nebo PR. Tým je složen ze studentů několika fakult, kteří v něm uplatňují svou odbornost. Studenti samozřejmě mají podporu a pomoc nadšených pedagogů, zejména Ing. Víta Hlinovského, ale palivem týmu je jejich energie. Od kolegů z konkurenčních světových univerzit se liší skromným rozpočtem; výkonovou elektroniku a řídicí systémy nenakupují, ale sami konstruují, podílejí se i na konstrukci elektromotorů. O veterány studentského týmu se proto průmyslové vývojové kanceláře perou.

Obranný a bezpečnostní výzkum má také odlišnou roli. Místo publikací se spíše dbá na utajení, to co v časopise najdete, je možná jen vrchol ledovce. Naše týmy šlechtí, že spolupracují nejen s naší armádou, ale i s obrannými složkami ostatních zemí NATO, zejména USA. To, co produkují, zdaleka nejsou jen hračky pro generály. Doufám, že i Vás něco v tomto čísle zaujme a třeba podnítí Váš zájem s námi spolupracovat. Do jednoho vydání časopisu se samozřejmě všechny týmy nevešly, více najdete na www.fel.cvut.cz.

Pavel Ripka, děkan Fakulty elektrotechnické ČVUT



Ing. MILAN ROLLO, Ph.D.
rollom@fel.cvut.cz

Mgr. PŘEMYSL VOLF, Ph.D.
premysl.volf@agents.fel.cvut.cz

AgentFly

V současné době jsme svědky prudkého rozvoje v oblasti bezpilotních letounů (Unmanned Aerial Vehicle – UAV). V souvislosti s vývojem v oblastech palubní elektroniky, pohonů či napájení, kde došlo v uplynulých letech k výrazné miniaturizaci, nárůstu výpočetního výkonu a prodloužení doby letu, se tyto prostředky začaly rychle šířit z původního nasazení ryze pro vojenské účely nejprve do civilního sektoru a následně i mezi rekreační uživatele a amatérské hobby piloty.

Výhodou využití bezpilotních prostředků oproti klasickým letounům či vrtulníkům je jejich výrazně nižší pořizovací cena, menší provozní náklady a možnost jejich nasazení v oblastech, kde klasické prostředky nasadit nelze. Aplikační spektrum je široké: jedná se o úlohy mapování, tvorby trojrozměrných modelů budov a terénu, monitoringu oblastí, hledání osob, detekci znečištění, inspekci produktovodů a konstrukcí a řadu dalších. Možnosti nasazení jsou závislé na konkrétních senzorech, kterými jsou bezpilotní prostředky vybavené. V současnosti jsou nejrozšířenější fotoaparáty a kamery, a to jak pro denní, tak i noční vidění, hyperspektrální kamery, termokamery a laserové scannery. Výrobci senzorů jsou si tohoto vědomí a věnují výzkumu v této oblasti velkou pozornost. Dochází jak k miniaturizaci existujících senzorů, aby je bylo možné nasadit na bezpilotní prostředky, tak i k vývoji zcela nových.

Letouny umí společně vyjednávat...

Bezpilotní letouny jsou v současnosti provozovány nejčastěji v tzv. RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) režimu, kdy pilot na dálku ovládá jejich pohyb přímo pomocí rádiových vysílaček, případně definováním bodů zájmu s využitím software pozemního pracoviště.

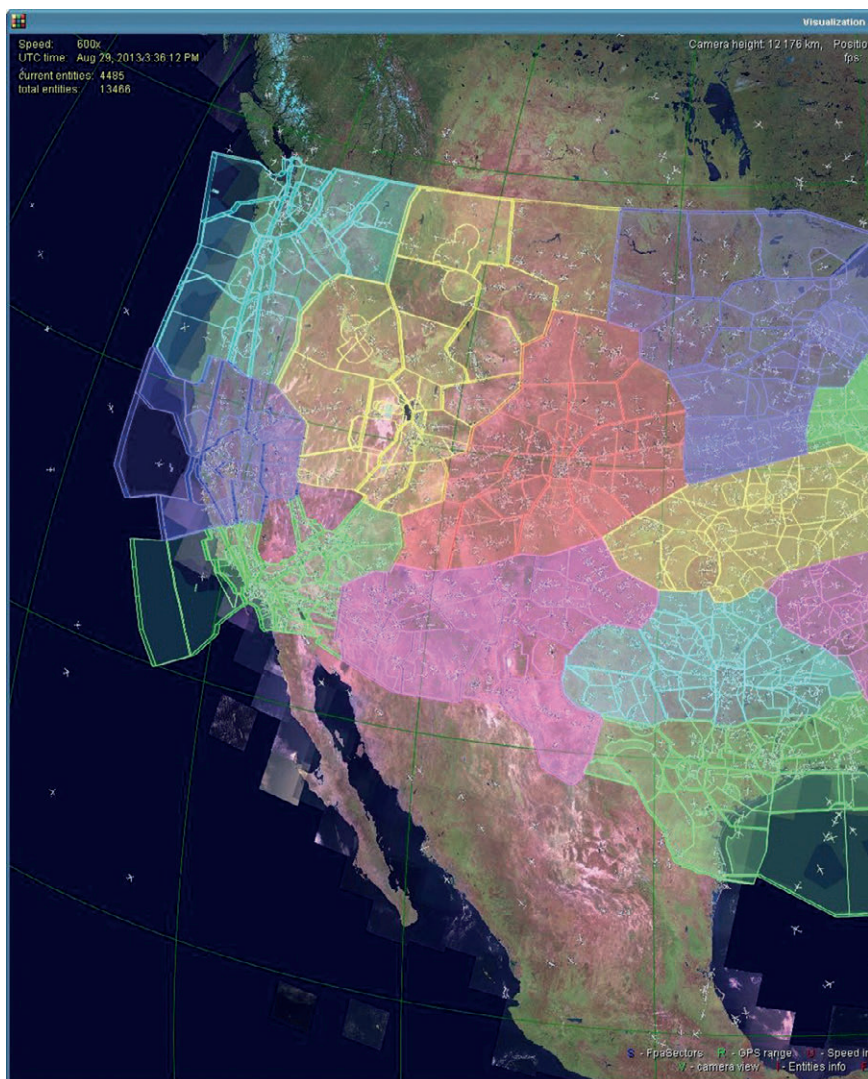
Výzkumu v oblasti bezpilotních prostředků se dlouhodobě věnuje i Centrum agentních technologií na Katedře počítačů Fakulty elektrotechnické ČVUT v rámci projektu AgentFly. Hlavní náplní práce je modelování a simulace letového provozu a vývoj algoritmů pro řízení týmů autonomních bezpilotních letounů. Cílem je umožnit jednomu ope-

rátorovi ovládat celou skupinu letounů zadáváním úkolů na vyšší úrovni. Příkladem takové úlohy může být monitorování hranic nebo ochrana kritických infrastruktur. Letouny po zadání takového úkolu začnou v týmu společně vyjednávat o možnostech jeho splnění a o přiřazení dílčích cílů jednotlivým letounům s ohledem na jejich fyzikální vlastnosti, aktuální polohu, stav baterií, senzorické vybavení, ostatní plnění úlohy a další optimalizační kritéria. K tomuto vyjednávání jsou využívány algoritmy z oboru distribuované umělé inteligence. V systému neexistuje žádný centrální bod, ve kterém by probíhalo plánování pro všechny entity, ale vše se děje decentralizovaně na základě výměny informací prostřednictvím modemů, kterými jsou všechny letouny vybavené. To zvyšuje robustnost systému pro případ výpadku takového centrálního uzlu. Výsledkem tohoto vyjednávání je přiřazení cílů a naplňování konkrétních letových trajektorií jednotlivým letounům.



Při vykonávání těchto plánů by mohlo dojít mezi jednotlivými letouny ke kolizním situacím. Letouny proto sdílí své letové plány s ostatními, vzájemně je porovnávají a detekují možnosti vzniku nebezpečných situací. V případě, že by k takové situaci mělo v budoucnu dojít, letouny provedou nezbytné úpravy svých letových plánů, aby kolize eliminovaly, např. změnou své letové hladiny, rychlosti nebo vychýlením z původního kurzu.

Systém AgentFly umožňuje i dynamickou rekonfiguraci přiřazení dílčích úloh v případech, kdy by došlo např. k poruše některého z letounů, jeho sestřelení nebo byl nucen přistát z důvodu nedostatku energie. Ostatní letouny jsou schopné detekovat tyto případy a přepínat úlohu tak, aby



byla splněna mise i bez tohoto letounu. Stejně tak je možné úkoly rekonfigurovat i v opačném případě, kdy se k týmu připojí nový letoun, převezme část úkolů a zlepší tak senzorické pokrytí nebo zkrátí dobu potřebnou ke splnění mise.

Využití všech těchto algoritmů umožňuje operátorovi soustředit se na plnění úkolů mise a zpracovávat data, která jsou mu zasílána ze senzorů, aniž by se musel zabývat detaily pohybu jednotlivých letounů jako v případě jejich řízení v režimu RPAS.

Celý koncept s sebou samozřejmě nese řadu technických problémů. Na rozdíl od provozu v režimu RPAS, je nezbytné vybavit všechny bezpilotní letouny vlastní výpočetní jednotkou umístěnou na palubě. Na té běží všechny výše uvedené algoritmy a je odpovědná za komunikaci s autopilotem. Druhým nezbytným hardwarovým prvkem je modem, který je využíván pro komunikaci s ostatními letouny v týmu a zároveň i s pozemním pracovištěm.

Simulace řízení letového provozu

Výzkum je provázán s další aktivitou pracoviště v rámci projektu AgentFly a to simulací ATM (Air Traffic Management – řízení letového provozu). ATM simulace je nezbytnou součástí procesu pro zlepšování efektivity současného provozu a vývoje nových nástrojů a přístupů pro bezpečné řízení provozu v budoucnosti. Aby simulace mohla být použita pro nejrůznější scénáře a možné budoucí situace, musí být flexibilní a modulární a modely musí pokrývat co nejvíce součástí řízení ATM. Je třeba modelovat prostředí, samotná letadla a řízení letového provozu.

Simulace prostředí obsahuje výškovou mapu, model počasí a informace pro řízení. Při modelování počasí hraje nejvýznamnější roli vítr (má vliv na rychlost letu i o stovky km/h) a bouřky, které neumožňují bezpečný průlet. Informace pro řízení obsahují např. navigační body, letové tratě nebo definice sektorů (oblasti obsluhované jedním řídicím letového provozu).

Simulace letu je založena na kinematickém modelu, který umožňuje vypočítat letovou obálku (do jaké výšky a rychlosti je letadlo schopné letět), aktuální odpor vzduchu, vztlak, tah motoru nebo spotřebované palivo. Modely jsou poskytnuty přímo výrobcí letadel (např. Boeing, Airbus) a umožňují tak provádět realistickou simulaci.

Klíčovou součástí ATM simulace je kognitivní model chování řídicího letového provozu. Tento model umožňuje simulovat reálnou činnost rozdělením na jednotlivé aktivity (např. kontrola obrazovky, komunikace s piloty, změny letových tratí apod.). U těchto aktivit je možné určovat dobu jejich trvání a intenzitu zátěže, kterou kladou na řídicího během jejich plnění. Jejich složením je pak možné určit zatížení a rychlost reakce řídicího a jeho schopnost celkově plnit zadané úkoly.

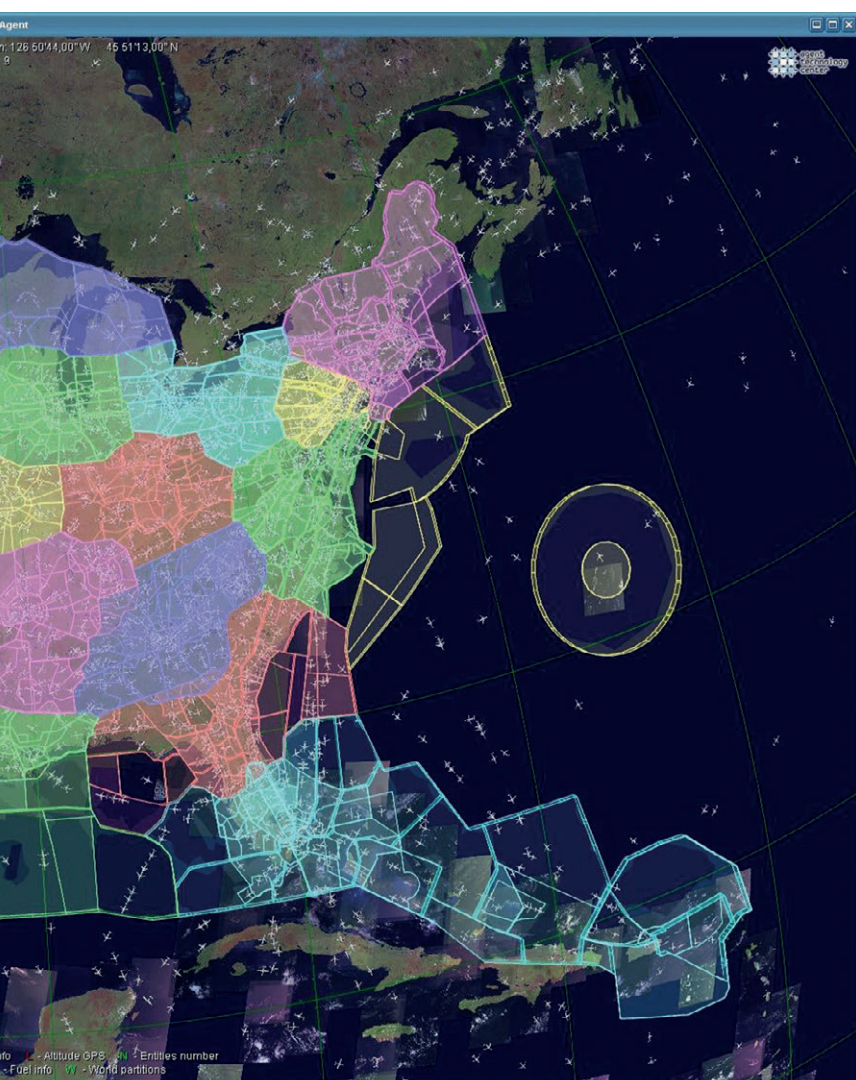
Spolupráce s americkými agenturami i NASA

S rozvojem množství a schopností bezpilotních prostředků vyvstává nutnost jejich integrace do řízení letového provozu. Jedná se o komplexní problém, který vyžaduje výzkum a vývoj nových přístupů. AgentFly simulace umožňuje propojit tyto systémy a zkoumat jejich vzájemné ovlivňování – např. jaké požadavky musí splňovat bezpilotní prostředky pro provoz v civilním letovém provozu, jaký vliv mají bezpilotní prostředky na zátěž řídicích letového prostoru, jakým způsobem bude ovlivněna kapacita letového prostoru.

Výzkumu v této oblasti se pracoviště věnuje již téměř deset let. Od počátku jej financují dvě americké obranné agentury – U.S. Air Force Research Laboratory a U.S. Army CERDEC. Simulaci řízení letového provozu vyvíjíme ve spolupráci s americkým úřadem pro letectví (Federal Aviation Administration), americkou NASA a českým Řízením letového provozu. Máme též řadu průmyslových partnerů, mezi něž patří například švédský SAAB nebo britský BAE Systems. Spolupracujeme též se zahraničními univerzitami (Drexel University ve Filadelfii nebo Technická univerzita v Drážďanech).

autoři: Milan Rollo,
Přemysl Volf

Snímek obrazovky systému AgentFly zobrazující aktuální letový provoz a rozdělení letového prostoru na řídicí centra a sektory.
[Ilustrace: Přemysl Volf]



Umělá inteligence / Pro lepší dopravu a mobilitu

Doprava a mobilita hrají zásadní roli ve fungování moderní společnosti - jsou nedílnou součástí našich každodenních životů, zaměstnávají tisíce lidí a významně přispívají do ekonomiky. Přes neustálé inovace v technologii a organizaci dopravy, dopravní systémy stále čelí řadě výzev. Doprava má zásadní negativní environmentální dopad, dopravní nehody jsou stále jednou z hlavních příčin předčasného úmrtí a dopravní zácpy způsobují ekonomické ztráty ve výši celého jednoho procenta HDP.

Stále tedy existuje významná motivace pro zlepšování efektivnosti, bezpečnosti a ekologické udržitelnosti dopravních systémů. Využití informačních a komunikačních technologií v dopravě – tzv. intelligent transportation systems – jsou už delší dobu vnímány jako zásadní nástroj pro dosažení těchto zlepšení.

S příchodem moderních technologií v oblasti mobilních komunikací, velkých dat a cloud computingu, a s nimi souvisejícím nárůstem množství dostupných dat, se navíc otevřel prostor pro aplikaci řady pokročilých, inteligentních metod pro analýzu dat a jejich efektivní využití pro plánování a řízení dopravy.

Centrum agentních technologií se problematice využití pokročilých výpočetních metod v dopravě věnuje již několik let. Základem naší práce je schopnost detailně a efektivně reprezentovat dopravní systém na základě široké množiny reálných dat (mapové podklady, jízdní řady, informace ze sčítání lidu, informace o využití území, dopravní průzkumy a další). Pro tyto účely mj. využíváme zobecněné časově závislé grafy, které umožňují detailně reprezentovat časovou i prostorovou strukturu všech možností dopravy ve studovaném území. V závislosti na konkrétní řešené úloze poté nad touto grafovou datovou strukturou implementujeme specifické výpočetní algoritmy.

Simulační analýza

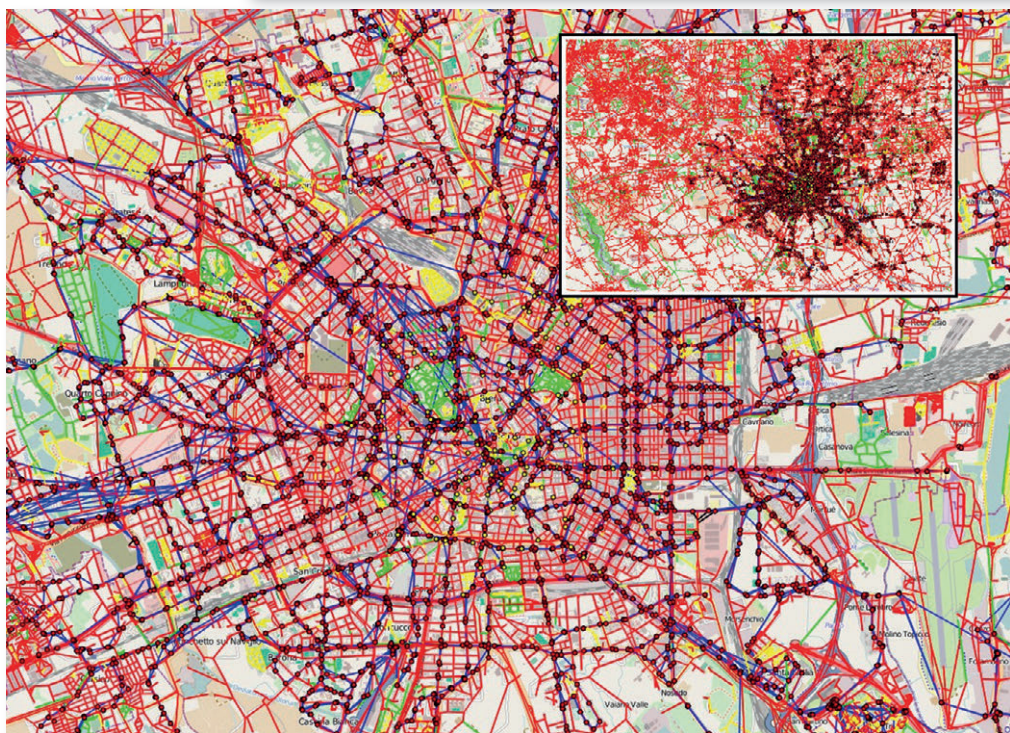
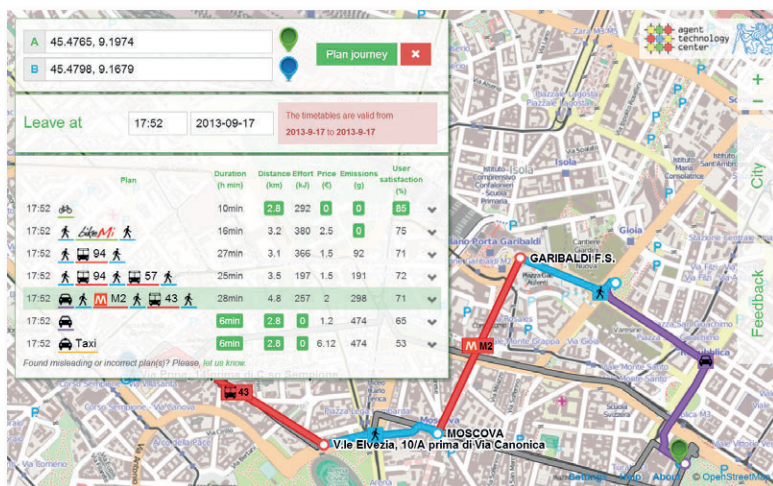
Složitost dopravních systémů stále roste. Objevují se nové typy dopravních prostředků a služeb, což dále navyšuje množství entit v dopravním systému a počet kombinací, ve kterých mohou vzájemně interagovat. Výsledek je komplexní adaptivní systém, jehož chování není snadné analyzovat a předpovídat.

Výpočetní simulace se již etablovaly jako nástroj pro studium chování složitých systémů, a jako takové jsou vhodné i pro studium chování dopravních systémů. V Centru agentních technologií se výzkumu a aplikacím simulačního modelování dopravních systémů věnujeme dlouhodobě.

Jedním z důležitých výstupů, vyvíjeným v rámci projektu Centra kompetence TA ČR RODOS (mj. ve spolupráci s odborníky z brněnského Centra dopravního výzkumu), je aktivitní model multimodální mobility České republiky. Pomocí aktivitního modelu mobility lze upřesnit informace o existujících mobilityních vzorcích obyvatelstva (tj. kdo se kam, kdy, jak a za jakým účelem pohybuje), ale lze také odhadovat předpokládanou změnu těchto mobilityních vzorců v důsledky změn v studované oblasti

Základem algoritmů pro plánování cest jsou tzv. plánovací grafy zachycující způsoby a možnosti dopravy v dané oblasti.

Na obrázku plánovací graf (dole) a výsledná aplikace (vpravo) pro plně multimodální plánovač cest v italském Miláně (jedno z pilotních měst mezinárodního projektu SUPERHUB).



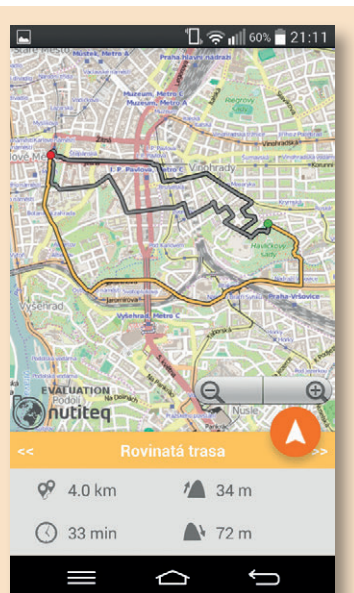
(např. vlivem otevření nové tramvajové linky nebo výstavby obchodního centra).

Druhou velmi perspektivní oblastí využití simulačního modelování v dopravě je modelování výkonnostních charakteristik systémů poptávkové dopravy, které se ve světě rychle prosazují jako alternativa ke klasickým formám dopravy. Systém poptávkové dopravy, jehož příkladem je v širší interpretaci i celosvětově rozšířená služba Uber nebo česká služba Liftago, využívá potenciál moderních ICT technologií k tomu, aby v reálném čase propojoval cestující a řidiče se zprostředkovateli mobility služby. Správné nastavení parametrů služby, od velikosti flotily vozidel, přes algoritmy přiřazující заказы až po případné dynamické nastavování cen, je důležité pro její efektivní fungování. Simulační platforma AgentPolis, která je v Centru agentních technologií dlouhodobě vyvíjena, umožňuje zkoumat vliv takových parametrů a následně zvolit ty, které zajistí optimální fungování služby. Simulační platformu AgentPolis lze podobným způsobem použít pro návrh a testování real-time algoritmů pro řízení logistiky zásilkových služeb, především těch, které pracují s dynamickými, průběžně přicházejícími přepravními požadavky, jak je typické např. v kurýrních službách nebo u rozvozu jídla.

Plánování cest příští generace

Nástroje pro plánování cest se za posledních deset let staly běžnou součástí našeho života. Jako první se objevily již v 90. letech webové stránky pro plánování automobilových tras a spojení veřejnou dopravou, brzy poté přibýly jednoúčelové navigace do automobilů. S nástupem chytrých mobilních telefonů pak došlo k dalšímu rozmachu plánovačů cest, které dnes podporují široké spektrum dopravních prostředků a které se staly v kombinaci s mapami jednou z nejdůležitějších aplikací na mobilních telefonech. Málokdo ale ví, jak takové plánovače cest fungují.

Naprostá většina těchto plánovačů je založena na algoritmech pro hledání nejkratších cest v grafech. Základní datovou strukturou je tzv. plánovací graf, který popisuje, odkud se dá kam a jak dostat. Vrcholy plánovacího grafu tvoří křižovatky, zastávky veřejné dopravy a další body dopravní sítě významné z hlediska tvorby trasy. Hrany plánovacího grafu pak reprezentují možnosti



Jako jedno z mála světových pracovišť se v centru věnují i hledání cest pro městskou cyklistiku. Jeden z výstupů je využíván v rámci akce Do práce na kole, které se každoročně účastní tisíce cyklistů. Tento rok mají díky univerzitnímu centru k dispozici navigační aplikaci na mobilní telefon, která jim radí, jakou cestu do práce nejlépe zvolit.

dopravy mezi jednotlivými vrcholy – každá hrana stanovuje typ dopravního prostředku a parametry přesunu po dané hraně (např. vzdálenost, doba přejezdu, stoupání atd.).

Prototypy plánovacích algoritmů vyvíjených na ČVUT si lze volně vyzkoušet na adrese <http://transport.felk.cvut.cz>

Plánovací grafy se vytvářejí z řady datových podkladů, zahrnujících mimo jiné mapy silniční, cyklostezkové a chodníkové sítě, jízdní řády veřejné dopravy, parkoviště nebo statistiky o plynulosti provozu. Tvorba plánovacího grafu je náročný proces, během něhož je třeba původní podklady zjednodušit (typicky se odstraňují vrcholy mezi křižovatkami) a vzájemně propojit (např. zastávky MHD s mapou chodníkové sítě). Výsledné plánovací grafy jsou obrovské – pro město velikosti Prahy obsahuje plánovací graf stovky tisíc vrcholů a hran, přičemž graf evropské silniční sítě má řádově desítky milionů vrcholů a hran.

Tyto grafy je potřeba efektivně prohledat a nalézt trasy co nejvíce odpovídající uživatelským požadavkům. K tomu se využívají pokročilé algoritmy hledání nejkratších cest v grafech včetně variant schopných pracovat s více plánovacími kritérii současně (např. cestovní čas a počet přestupů). Moderní

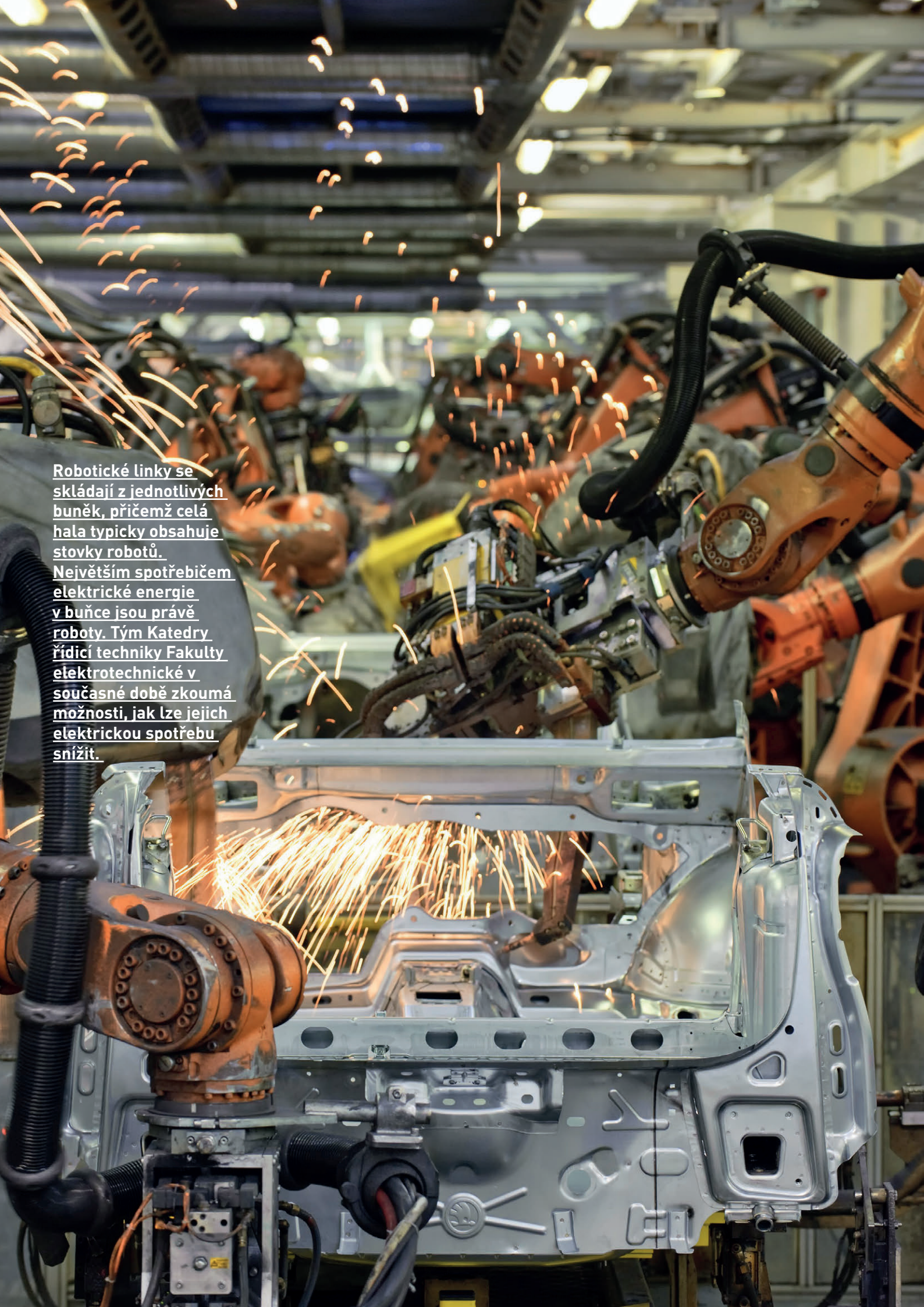
techniky prohledávání plánovacích grafů jsou díky řadě pokročilých optimalizací schopny i ve velkých silničních grafech nalézt trasy v řádech desítek mikrosekund a v sítích veřejné dopravy v řádech milisekund.

Základní plánování cest lze v dnešní době považovat již za velmi dobře zvládnuté. Pozornost výzkumníků a vývojářů se proto soustředí na pokročilejší funkce, které dále zjednodušují využívání plánovačů tras a zpřesňují poskytované výsledky. Jednou z aktuálních oblastí vývoje jsou tzv. dynamické plánovače cest pracující v reálném čase s informacemi o plynulosti provozu, zpoždění nebo výluce veřejné dopravy. Dynamické dopravní plánovače dokáží přesněji odhadnout celkový čas cesty, případně navrhnout alternativní trasy a spoje, a to jak před cestou, tak dokonce během ní. Druhým významným trendem, souvisejícím s fenoménem big data, je personalizace plánování cest. Na základě sběru a analýzy dat o reálném pohybu cestujících v dopravní síti je možné se učit, jakým trasám dávají jednotlivé skupiny uživatelů přednost. Touto znalostí lze posléze doplnit objektivní matematická kritéria standardních algoritmů hledání cest a produkovat tak

plány, které přesněji vystihují i nevyřčené uživatelské preference.

V rámci mezinárodních výzkumných projektů SUPERHUB a MyWay vytvořili výzkumníci z Centra agentních technologií Fakulty elektrotechnické prototypy plánovačů příští generace, které už byly experimentálně nasazeny v několika evropských městech. Jako jedno z mála světových pracovišť se v centru věnují i hledání cest pro městskou cyklistiku, což je především v zemích s neúplnou cyklistickou infrastrukturou velmi aktuální problém. Jeden z výstupů je nyní využíván v rámci květnové akce Do práce na kole, které se každoročně účastní tisíce cyklistů. Tento rok mají díky univerzitnímu centru k dispozici navigační aplikaci na mobilní telefon, která jim poradí, jakou cestu do práce nejlépe zvolit, a nalezenou trasou je poté i (srozumitelně) provede.

autoři: Michal Jakob, Jan Hrnčíř,
Michal Pěchouček

A detailed view of an industrial robotic welding station. In the foreground, a silver car chassis is being welded by an orange robotic arm. A large, dense spray of bright orange sparks is being generated at the point of contact between the welding torch and the metal. In the background, other robotic arms and industrial equipment are visible, creating a sense of a busy manufacturing environment. The lighting is industrial, with bright overhead lights and the intense glow of the welding sparks.

Robotické linky se skládají z jednotlivých buněk, přičemž celá hala typicky obsahuje stovky robotů. Největším spotřebičem elektrické energie v buňce jsou právě roboty. Tým Katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické v současné době zkoumá možnosti, jak lze jejich elektrickou spotřebu snížit.

Ing. PAVEL BURGET, Ph.D.
pavel.burget@fel.cvut.cz

Uspávání robotů /

Optimalizace spotřeby energie na robotických linkách

Tým na Katedře řídicí techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT ze skupin Průmyslové automatizace a Průmyslové informatiky se zabývá optimalizací spotřeby elektrické energie na robotických výrobních linkách ve svařovně společnosti Škoda Auto. Do projektu se intenzivně zapojují i studenti doktorského a magisterského studia.

Typická výrobní linka svařovny ve společnosti Škoda Auto obsahuje 600 až 700 robotů. Ty jsou seskupeny do samostatných buněk, ve kterých se svařují části karoserie – jako například sloupek dveří, boční stěna, příčná stěna, podlaha apod. Každá část se skládá z menších dílů, které si roboty podávají a ve většině případů spojují k sobě odporovým svařováním. Hotové díly se mezi buňkami předávají buď ručně, nebo automatickými dopravníky a podavači, což se děje především na buňkách v tzv. hlavním výrobním proudu.

Kde lze uspořit energii

Největším spotřebičem elektrické energie v buňce jsou roboty. Typicky spotřeba robotů na provedení operací, tj. na jejich pohyby, činí 50 procent spotřeby elektrické energie celé výrobní haly, což je v případě jedné haly svařovny v Mladé Boleslavi ročně přibližně 8 500 MWh. Tým Katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické v současné době zkoumá možnosti ve třech oblastech, kde lze tuto spotřebu snížit.

Režimy Standby a Hibernace

Dnešní roboty používané v automobilech podporují energeticky úsporné režimy, do nichž je možné robota převést, pokud nevykonává žádnou operaci. Typicky jsou k dispozici dva úsporné režimy, a to Standby a Hibernace. Ve Standby klesne spotřeba robota přibližně o 30 procent,

v Hibernaci až o 85 procent. Hibernace je vhodná pro vypínání na delší dobu, jako je například víkend, zatímco Standby se využívá i pro kratší přestávky, jako je například nutná údržba nebo pauza na oběd.

Vhodným používáním úsporných režimů o víkendu a během plánovaných přestávek se nám podařilo uspořit přibližně 5 procent celkové spotřeby robotů na buňce. Do budoucna lze však čekat úspory vyšší především s rozvojem technologií jako Profienergy, což je standardizovaný profil, který definuje, jak mají probíhat přechody mezi energetickými režimy. Tento profil začínají podporovat i výrobci dalších zařízení. Během výrobní přestávky by tak bylo možné uspat i jiná zařízení než roboty a spotřebu tím snížit ještě víc.

Optimalizace trajektorií robotů

Vhodným návrhem trajektorie robotů lze uspořit významné množství energie. V současnosti jsou trajektorie optimalizovány ručně a výsledný tvar je do značné míry dán zkušenostmi programátora, který trajektorie robota navrhuje. Ve většině případů se ale nezohledňují dynamické parametry pohybu tak, aby robot zbytečně nezrychloval a nezpomaloval, aby trajektorie byla hladká apod. Optimální návrh musí zohlednit kinematické i dynamické parametry pohybu a současně musí být známý energetický model robota, tj. mechanická energie nutná pro uskutečnění pohybu se musí přepočítat na elektrickou energii spotřebovanou motory jednotlivých os robota. Na základě provedených experimentů lze v této oblasti očekávat úsporu kolem 10 procent.

Model cyklického rozvrhování

Pokud se nezaměřujeme pouze na optimalizaci pohybu jednotlivých robotů, ale také na celý výrobní cyklus v buňce, jsme schopni minimalizovat neefektivní části cyklu, kdy na sebe roboty čekají, protože například do určitého synchronizačního bodu robot dorazí příliš brzy. Jednotlivé operace

jsou tedy popsány matematickým modelem, který se převádí na problém cyklického rozvrhování. V modelu se uvažují energetické režimy robota, což může být například režim Standby se sníženou spotřebou, a tzv. energetická funkce, která udává závislost spotřeby energie robota pro danou trajektorii, resp. operaci, na délce jejího vykonání, jinými slovy na rychlosti pohybu. Výsledkem optimalizace jsou tedy předepsané rychlosti pohybu v robotických operacích tak, aby celková požadovaná doba výrobního cyklu buňky zůstala zachována. Díky tomu lze reálně očekávat snížení spotřeby v rozsahu 15–20 procent v závislosti na konkrétní výrobní buňce.

Při řešení projektu jsme významným způsobem využili možnost simulace výrobních buněk v prostředí Tecnomatix Process Simulate, které se v automobilce Škoda Auto používá pro návrh, modelování a simulaci výroby. V případě optimalizace spotřeby energie jsme využili možnost tzv. simulovaného měření spotřeby robota pro zadanou trajektorii, díky čemuž jsme byli schopni získat energetickou funkci pro globální optimalizaci. Dále simulaci využijeme k tomu, abychom mohli ověřit, že upravený rozvrh, který je výsledkem globální optimalizace, je proveditelný především vzhledem k možným prostorovým kolizím jednotlivých robotů.

Nejde jen o finance, ale i o životní prostředí

V dalším období se ve výzkumu úspor energie zaměříme na ověření optimalizovaného rozvrhu robotických operací a jiné možnosti získání energetické funkce, především prostřednictvím kinematického a dynamického modelu robota. Už nyní jsou ale dosažené výsledky velice slibné, protože úspora v řádu desítek procent představuje nejen významný finanční přínos, ale také výrobu automobilů, která je šetrnější k životnímu prostředí.

autor: Pavel Burget
foto: Škoda Auto

Na Antarktidu a zase zpátky

Pět let v nehostinných podmínkách nejjižnějšího kontinentu čeští vědci udržují v chodu přístroj, který získává cenná data o stavu ozónové vrstvy. A to navzdory tomu, že občas jim počasí nedovolí přistát nebo je viditelnost natolik mizivá, že Antarktidu jednoduše nenajdou. Data, která získají, mají mezinárodní dopad.

Český výzkum ozónové vrstvy, přesněji měření jejího stavu, letos slaví páté narozeniny. Příprava tohoto projektu, za nímž stojí tříčlenný tým (RNDr. Michal Janouch, Ph.D. z ČHMÚ a Ing. Martin Staněk z IOS Kanada, Ing. Ladislav Sieger, CSc., z ČVUT FEL) započala již v roce 2004 s cílem zahájit výzkum o tři roky později, tedy v rámci Mezinárodního polárního roku 2007/2008. K instalaci však kvůli organizačním překážkám došlo až v roce 2010, nicméně od té doby přístroje fungují zcela bez závad. Tím nejcennějším, na čem celé měření stojí, je Brewerův spektrofotometr, sofistikovaný přístroj schopný snést i nepřízeň počasí. Ten využívá Slunce jako zdroj záření, ozon představuje spektrální filtr. Porovnání toho, co by mělo ze Slunce dopadnout na zemský povrch, a toho, co naměřil spektrofotometr, nese informaci o stavu ozonu. Na argentinské základně Marambio však v péči českých vědců není

pouze samotný spektrofotometr, ale i rozsáhlé technické zázemí zajišťující jeho bezproblémový chod. To, že vše funguje tak, jak má, již více jak 63 měsíců, není dílem štěstí, ale výsledek péče a zodpovědného přístupu antarktického týmu.

Sebemenší technická nedokonalost může vést ke špatným výsledkům, je tedy třeba dbát na to, aby podmínky byly optimální. Samotné zařízení je umístěno na střeše observatoře tak, aby bylo dosaženo volného výhledu na oblohu a horizont. Každé měření, opakované každou půlhodinu, začíná automatickou kalibrací přístroje za pomoci kalibračních lamp. Následuje samotné měření a nakonec opět kalibrace. Pro správné fungování techniky je potřeba uvnitř přístroje udržovat teplotu nejméně 10 °C a nulovou absolutní vlhkost, kterou vyžadují zejména optické části přístroje (zrcadla, optické mřížky, UV fotonásobič).

Každoroční údržba zahrnuje i kalibraci kalibračních lamp, výměnu silikagelu a kontrolu mechanické části přístroje. Spektrofotometr podobně jako dalekohled sleduje polohu Slunce, je proto potřeba také kontrolovat, zda se nezměnila jeho vlastní poloha. Základy observatoře, na níž je umístěn, jsou ukotveny v permafrostu a neustále se nepatrně hýbou, čímž dochází ke změně polohy střechy. Nutná je také péče o zdroj přesného času synchronizovaného pomocí signálu z GPS družic. A v neposlední řadě je zde také dálkově ovládaná kamera snímající celý přístroj. Geostacionární družice přenášejí data z ní získaná, umožňuje kontakt s řídicím počítačem spektrofotometru a odesílá data do ČHMÚ Hradec Králové, odkud pak putují do celosvětové databáze měření ozonu – World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre v Torontu. Zdrojem elektrické energie pro celou základnu, kde se kromě českého měřicího systému nachází také letiště, komunikační centrum pro kontakt s Argentinou i základnami v Antarktidě a mnohé další, jsou místní generátory, každý o výkonu 1 MW. K plánovaným výpadkům dochází jedenkrát za dva dny při přepínání na záložní generátor, neplánované nelze vyloučit. Protože si systém nemůže dovolit být bez přísunu energie, má sestava k dispozici záložní UPS zdroj, schopný pokrýt až tříhodinový výpadek napájení.

Po návratu do Čech vědci čeká dohled nad bezporuchovým chodem spektrofotometru pomocí dálkové kontroly přes družici. Data z přístroje získaná se dále zpracovávají. Využití nacházejí u vědců z mnoha různých zemí. Světová meteorologická organizace v Ženevě (WMO) a Program OSN pro životní prostředí (UNEP) je používá k aktuálnímu hodnocení stavu ozónové vrstvy v oblasti Antarktidy.

autorka: Tereza Zoulová
foto: Ladislav Sieger



Ing. MICHAL ŠUSTA
michal.susta@fel.cvut.cz

Zástupci společnosti Keyelements s.r.o. vyjádřili v průběhu roku 2014 zájem o vývoj zařízení, kterým by bylo možno měřit aktivitu strojů v průmyslové praxi. Konkrétním místem pro nasazení takového zařízení do provozu byla tiskárna Colonia Press v Kolíně, kterou výzkumníci z ČVUT navštívili, aby se seznámili s jejím provozem a výrobními technologiemi. Hlavním záměrem zadavatele však bylo řešení obchodovat a pokračovat ve vývoji dalších inovovaných verzí.

Úkolem zařízení je sledovat a vyhodnocovat provoz strojů na základě měření aktivity jejich funkčních částí. Po konfrontaci takto získaných dat s výsledky výroby lze posuzovat efektivitu provozu průmyslových aplikací a vyhodnocovat tyto faktory ekonomicky. Zadavatel pak užívá serverové aplikace s uživatelským rozhraním, zobrazujícím data v grafické podobě jako závislost aktivity stroje na čase. Tato data jsou konfrontována s výsledky produkce výroby.

Výroba na míru

„Požadavek na vývoj zařízení vyplynul z potřeby nahradit stávající řešení navržené a užívané zadavatelem. Princip jeho funkce spočíval v instalaci magnetického věnce na hřídel stroje, přičemž indukční snímač umožňoval čítání počtu průchodů magnetů. Toto řešení však předpokládalo výrobu každého kusu příruby na míru a zvlášť pro každý konkrétní případ hřídele. Navíc neumožňuje měření ve dvou osách pohybu, například u posuvných pásů. Proto zadavatel projevil zájem o takové zařízení, které by umožňovalo měření pohyblivých částí strojů jednak takovou metodou, kdy žádná část senzoru není v kontaktu se zařízením, a aby bylo možno provádět měření aktivity strojní části ve dvou osách jejího pohybu,“ přibližuje tuto spolupráci Ing. Michal Šusta, autor celkového konceptu a zpracování návrhu řešení, jenž pra-

Měření aktivity pohyblivých částí strojů

cuje v Laboratoři pro vývoj a realizaci (LVR) při Fakultě elektrotechnické ČVUT, v níž se tato spolupráce realizuje. Dalšími členy realizačního týmu byli Ing. Radek Janča, Ph.D., a dva dokto- randi – Ing. Jiří Balach a Ing. Tomáš Havel, kteří jsou spolupracovníky laboratoře na částečný úvazek.

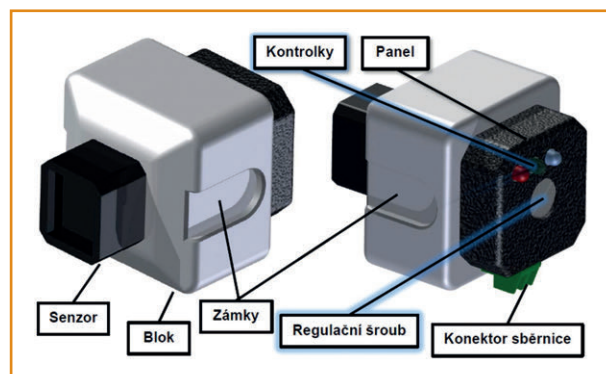
Nároky na senzor byly zadavatelem specifikovány v rámci požadavků průmyslového provozu. Důraz byl kladen nejen na mechanickou odolnost konstrukce, prachotěsnost a odolnost proti vlhkosti, ale také na odolnost proti elektromagnetickému zarušení přítomnému v průmyslovém prostředí. Stejně tak byl vyjádřen požadavek na minimální fyzické rozměry zařízení. Dalším a velmi důležitým aspektem zadání byl požadavek na neinvazivní způsob měření. Řada strojů, pro které byl systém zamýšlen, byla v garanční době a provoz některých je dálkově monitorován. Jakýkoli zásah do strojů jako takových byl proto vyloučen.

Řídicím a výpočetním jádrem zařízení je procesor, jehož úkolem je nejen komunikace s optickým senzorem po datové sběrnici, ale především zpracování dat vyčítaných ze senzoru a řízení datového výstupu senzoru. Stejně tak je zodpovědný za obsluhu uživatelského rozhraní zařízení, které umožňuje nastavení rozsahu měřených rychlostí v obou osách pohybu měřeného povrchu, a dále ovládání numerického displeje, kterým je senzor vybaven. Úkolem tedy bylo integrovat do pouzdra senzoru tištěný spoj optického snímače integrovaného v hlavě senzoru a dále DPS řídicího obvodu, která je osazena ovladači nastavení rozsahů a numerický displejem. Numerický display pak poskytuje uživateli informace o aktuálním nastavení rozsahů rychlostí v obou osách měření, a dále, během inicializační fáze po spuštění systému, informaci o kvalitě optické vazby dané vzdáleností hlavy senzoru od měřeného povrchu. Tím je zajištěno správné nastavení zařízení v provozu, přičemž korekce je provedena regulačním šrou-

bem umístěným na zadní straně pouzdra, kterou také prochází krycí sklíčko průzoru displeje a otvory pro nastavení uživatelských ovladačů pomocí nástroje.

Laboratoř spolupracuje s praxí

Laboratoř pro vývoj a realizaci vznikla z projektu s názvem „Nákup přístrojů a vybavení umožňující profesionální návrh, výrobu a diagnostiku funkčních vzorků v oblasti elektroniky a elektrotechniky“ v rámci prioritní osy 3 Operačního programu Praha – konkurenceschopnost (OPPK). Laboratoř byla vybudována v letech 2010–2011 a od té doby se stala integrální součástí ČVUT. Kvality její práce jsou využívány jak Fakultou elektrotechnickou, tak ostatními fakultami ČVUT v rámci řešených vědecko-výzkumných projektů.



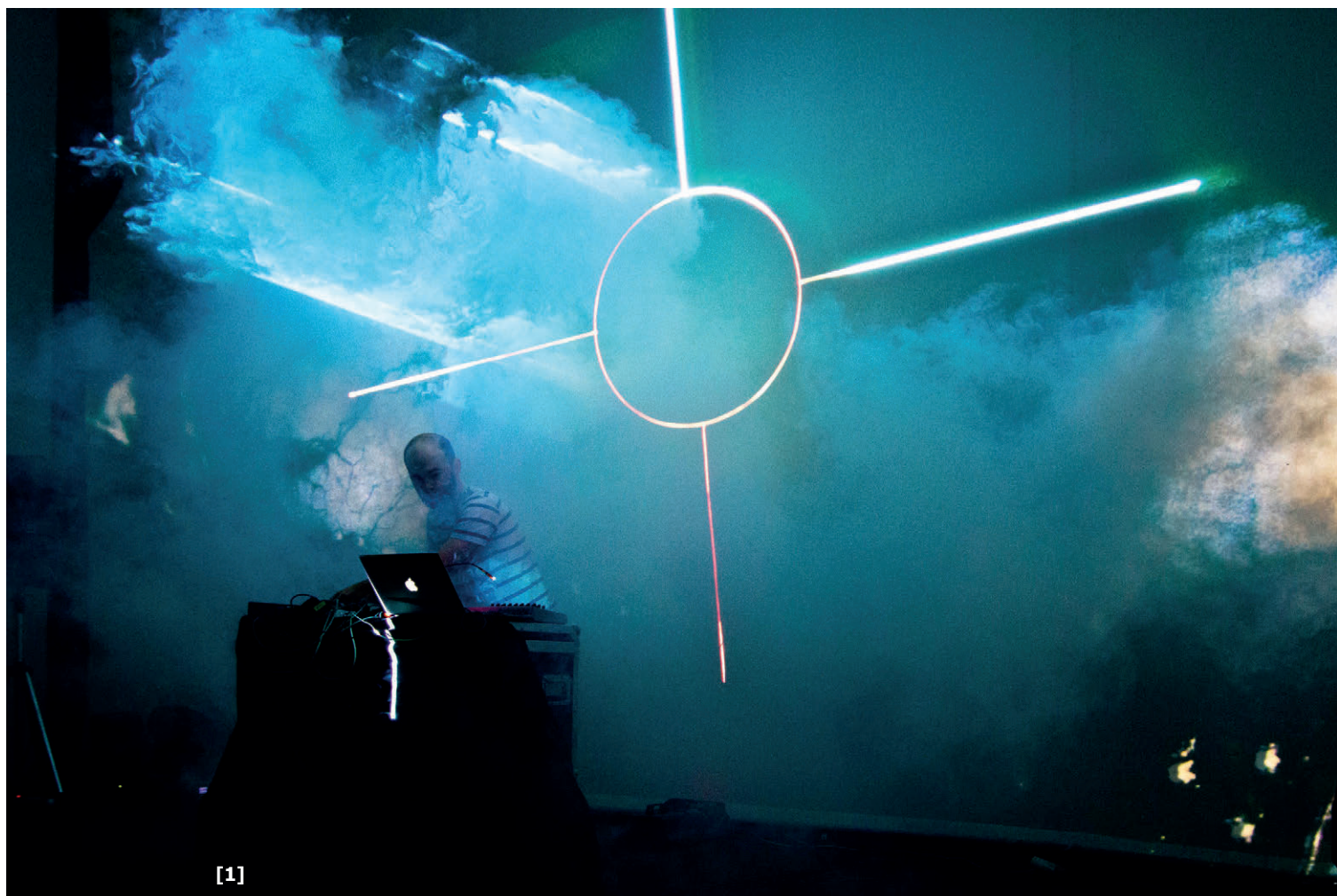
Laboratoř vedle podpory vědecko-výzkumné činnosti ČVUT spolupracuje intenzivně i s podnikatelskou sférou. Nabízí své kapacity v oblasti výzkumu a výroby nových elektrotechnických řešení. „Vzhledem k tomu, že laboratoř je součástí vědecko-výzkumné činnosti ČVUT, považujeme se nejen za realizátory řešení podle zadání, ale i za spoluautory a konzultanty těchto řešení,“ upřesňuje Ing. Šusta, jenž se v doktorském studiu, pod vedením prof. Ing. Pavla Zahradníka, CSc., věnuje návrhům číslicových filtrů.

(red)

ilustrace: archiv pracoviště

Návrh konceptu senzoru a popis jeho částí v počáteční fázi projektu

> Více na <http://lvr.fel.cvut.cz/>



[1]

Institut intermédií

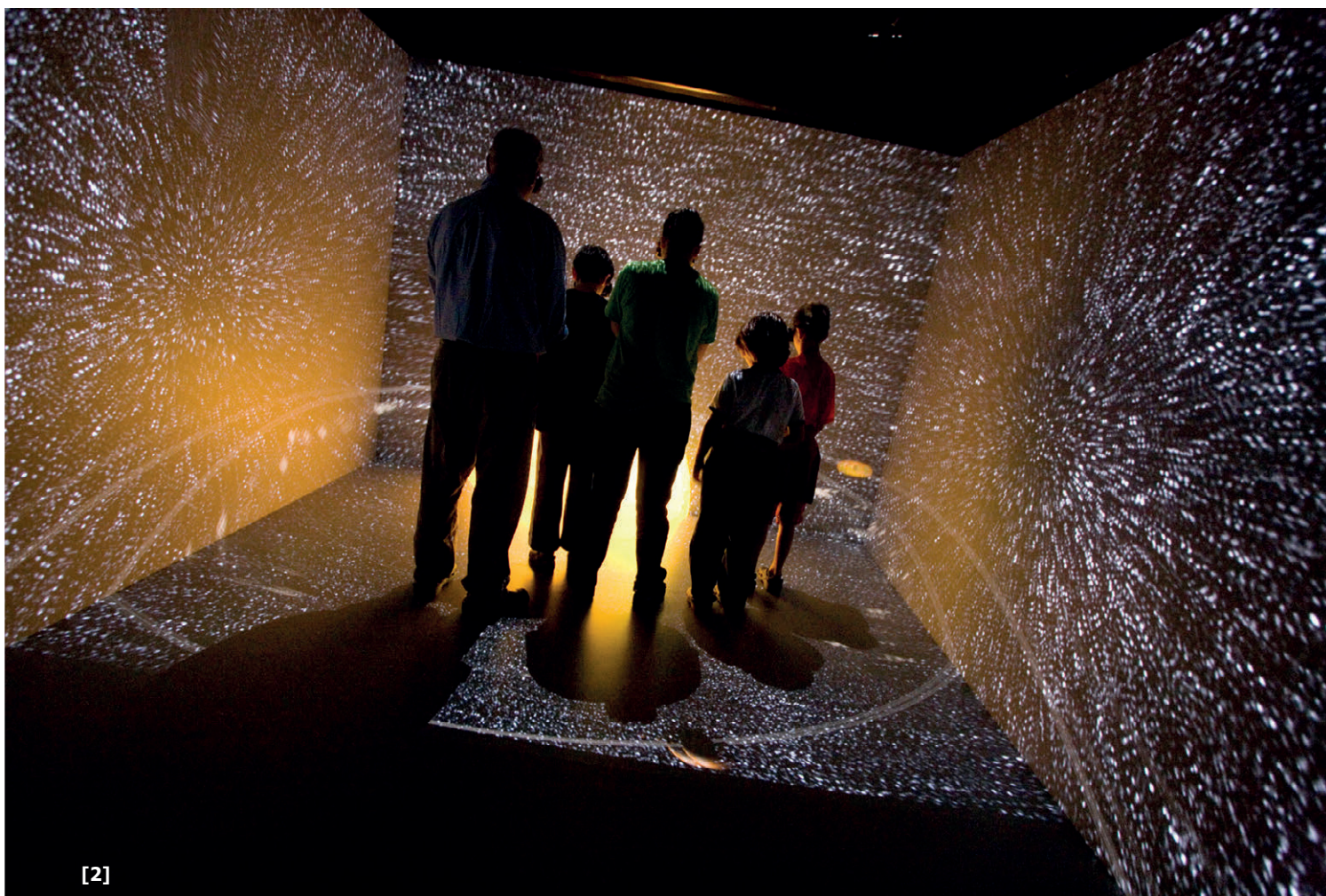
Vzájemné setkávání technicky i umělecky orientovaných osobností a velmi atraktivní projekty a workshopy. Institut intermédií (IIM), společné pracoviště ČVUT a AMU v Praze sídlící na technické univerzitě v Dejvicích, umožňuje iniciaci inovačních procesů, které by na čistě uměleckých školách nemohly proběhnout.

Institut intermédií, jenž vznikl v roce 2007, si během krátké doby vybudoval pevnou pozici ve struktuře obou univerzit. Toto mezioborové pracoviště se profiluje zejména v oblasti multimédií a audiovizuální tvorby. Podílí se na výuce akreditovaných programů partnerských univerzit a na uměleckých i výzkumných projektech. V rámci výukových aktivit se angažuje v oblasti vývoje technologií pro scénografické a taneční projekty, světelný design, zvukový design, speciální projekce, vizualizace ve virtuální realitě a vývoj řídicí techniky pro interaktivní a kinetické instalace se silným přesahem do oblasti architektury a designu.

V institutu probíhá výuka předmětů v rámci studijních programů vyučovaných na Fakultě elektrotechnické a Fakultě architektury ČVUT a na AMU.

Účastní se jí ale i studenti z dalších pražských (VŠUP, UK) a mimopražských (UJEP v Ústí nad Labem) partnerských univerzit. V prostoru pracoviště probíhá převážně spolupráce studentů počítačové grafiky Fakulty elektrotechnické ČVUT, studentů průmyslového designu Fakulty architektury ČVUT a dále studentů scénografie a loutkové tvorby DAMU a studentů audiovizuálních studií FAMU. Pro všechny tyto studenty se zájmem o projekty propojující technologie a uměleckou tvorbu je organizován společný předmět Intermediální tvorba a technologie. Cílem předmětu je vytvořit prostředí, v rámci něhož se studenti učí komunikovat napříč obory, které sami studují a kde mohou pak společně realizovat své školní projekty.

S Institutem intermédií rovněž spolupracují mimoškolní instituce a tvůrčí



[2]

[1] Audiovizuální performance „2015“ (v rámci spolupráce FUD UJEP – Ondřej Mikula /AID KID a František Pecháček, 2014).

Foto: Helena Binková **[2]** Speciální multiprojekční zařízení pro vizualizaci virtuálních 3D světů – CAVE. Foto: archiv

skupiny, které pak obvykle za podpory IIM naplňují projekty určené pro širší veřejnou prezentaci nebo jsou takové projekty uskutečněny přímo institutem. Příkladem je „Laboratoř moci“, stálá instalace pro Národní muzeum, realizovaná v únoru 2012 podle návrhu akad. arch. Vladimíra Soukenky, pro kterou institut vyvinul světelnou a zvukovou část.

Institut je také jedním z nejvíce vytížených pracovišť ČVUT, pokud jde o prezentaci univerzity směrem k širší veřejnosti či potenciálním budoucím studentům. Interaktivní výstupy, jako například mobilní CAVE, Kinect, Arduino piano a další, jsou zastoupeny téměř na všech propagačních akcích univerzity (Gaedeamus, Dny otevřených dveří, Soči park, Techpark Felfestu, Muzejní noc, každoroční robotický fes-

tival Cafe Neu Romance a další). Pravidelně se v něm konají exkurze pro střední i základní školy a pro zahraniční akademické delegace.

Jako mezioborové pracoviště spojuje oblast technologií (převážně IT) a oblast umělecké audiovizuální a taneční tvorby. Patří sem světelný design, taneční a divadelní experimentální tvorba a audiovizuální projekty (instalace i performance) pro galerijní i veřejný prostor.

Institut umožňuje vzájemné setkávání technicky i umělecky orientovaných osobností. Například inženýr navrhne pro umělecký projekt technické řešení, které se později uplatní v jiné souvislosti v jiném odvětví. Příkladem může být projekt Kanárci.cz, který vznikl na podnět Radky Peterové, studentky nových médií na FF UK, v rámci

něhož bylo v institutu realizováno nízkonákladové zařízení pro měření a sběr dat o změnách kvality ovzduší. Práce v institutu tedy na jedné straně dává určitou svobodu studentům a jejich pedagogům, pokud nemají ambice přímo se zapojit do výzkumných aktivit, ale zároveň představuje prostředí, které reprezentuje potenciál pro objevování nových, netradičních přístupů.

Institut intermédií je ojedinělé vysokoškolské pracoviště, které má potenciál těžit ze spolupráce s kreativními partnery a výsledky přenášet do oblasti výzkumu a vývoje. Ostatní obdobná pracoviště jsou většinou orientovaná čistě umělecky. Institut je tak jedinečnou českou mezioborovou platformou pro technologicko-uměleckou spolupráci.





Intermediální projekty a workshopy

Laboratoř ticha

Interaktivní instalace simulující prostředí českého lesa s názvem Laboratoř ticha je součástí expozice českého pavilonu současné světové výstavy EXPO 2015 v Miláně. Autoři návrhu, Dávid Sivý a Jan Tůma z Fakulty architektury ČVUT vyhráli se svým multimediálním projektem, který v sobě kombinuje design s audiovizuálními technologiemi, v soutěži několika českých vysokých škol. Na projektu se podílelo víc pracovišť ČVUT, zejména Ateliér Vladimíra Soukenky, Ateliér Mariana Karla a Institut intermédií.

> Více na <http://www.fullcapacity.cz/?project=laborator-ticha>

Letní škola PULSE 2015

Institutu intermédií se v minulém roce podařilo navázat spolupráci s jednou z nejlépe hodnocených univerzit na světě – Massachusetts Institute of Technology (MIT). Společné projekty odstartují intenzivní dvoutýdenní letní školou, která se uskuteční v první polovině června. Interdisciplinární dílnu zaměřenou na využití multimédií v oblasti performing arts povede Bozkurt Karasu z MIT a Jakub Hybler z ČVUT. Studenti z technických i uměleckých oborů budou pracovat jak s jednotlivými složkami – světlem, zvukem, senzory či videem, tak se softwarem, který umožní efektivně všechny tyto složky synchronizovat a využít je pro fyzickou akci na jevišti.

> Více na <https://www.iim.cz/co-je-pulse/>

Zpráva o knize

Od 22. dubna do 30. srpna 2015 probíhá v prostorách jedné z nejzajímavějších renesančních staveb Prahy, letohrádku Hvězda, obsáhlá interaktivní výstava Zpráva o knize, připravená k 50. výročí soutěže o nejkrásnější české knihy roku, kterou pořádá Památník národního písemnictví. Institut intermédií vyhrál soutěž na technické řešení softwarové části expozice. Společně s autorem koncepce výstavy, architektem Jakubem Jansou z UMPRUM, proměnili letohrádek na čtyři měsíce v digitalizační laboratoř a vytvořili zde procesuální performance, v rámci níž po celou dobu výstavy probíhá průběžná digitalizace a postupné online zpřístupnění 2 000 knih, které byly od roku 1928 hodnoceny z grafického, ilustračního a polygrafického zpracování jako nejkrásnější.

> Více na <http://www.pamatniknarodnihopisemnictvi.cz/aktualni-vystavy/>

Laserové světlo a počítačové improvizace

Z oblasti vzdělávacích projektů stojí za zmínku několik zajímavých dílen z poslední doby: David Vrbík a Jakub Hybler seznámili studenty a zájemce z řad veřejnosti s technikami používání laserového světla v oblasti audiovizuální tvorby; Juan A. Romero a Patrick Borgeat představili nejnovější trendy stále více populárního odvětví počítačové improvizace za pomoci manipulace se softwarem, označovaného jako tzv. live coding (živé programování); známá tvůrčí jednotka Lunchmeat připravila čtyřhodinový workshop pro studenty ČVUT a AMU zaměřený na používání software Resolume a jeho integraci do světelných a audiovizuálních projektů.

> Více na <http://www.lunchmeat.cz>

Videomapping

Do úskalí videomappingu studenty zasvětil František Pecháček (absolvent Time-Based Media na FUD UJEP) a Josef Kortan (absolvent ČVUT v oboru Počítačová grafika a Interakce), veřejnosti známí spíše pod názvem BLACK / DIVISON. Duo, které patří k české videomappingové špičce, se dalo dohromady v rámci výuky právě v Institutu intermédií. Svůj um předvedli účastníkům workshopu v přímém přenosu, když pomocí mappingu a netradičními výjevy ozvláštnili lidský obličej. I další jejich projekty spojují techniku s uměním...

> Více na <http://www.blackdivision.cz/>

Autoři: Roman Berka, Hana Chmelenská

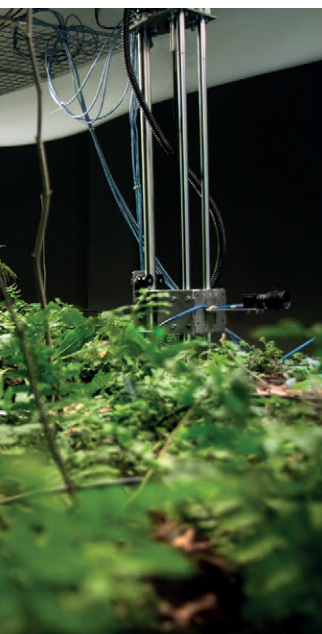


[3]



[5]

[3] Příprava instalace Laboratoř ticha pro mezinárodní výstavu Expo 2015 v Miláně (ve spolupráci s Full Capacity). Foto: Mária Júdová
 [4] Úspěšný studentský projekt AIRGROUND (Sylvia Nicolaides ve spolupráci s uskupením Nového cirkusu La Putyka, 2014). Foto: Sylvia Nicolaides
 [5] Multimediální představení „17“ u příležitosti výročí 17. listopadu (spolupráce s výtvarníky Marianem Karlem a Josefem Šafaříkem, FA ČVUT, 2014). Foto: Michal Hančovský [6] Audiovizuální světelné představení u příležitosti odhalení skleněné plastiky výtvarníka Mariana Karla, 2015. Foto: Adam Sporka [7] Aplikace senzorů pro snímání biosignálů tanečnice (studentský projekt, 2014). Foto: Mária Júdová [8] Taneční projekt „In Between a Woman“ (spolupráce s tvůrčí skupinou choreografky a tanečnice Berrak Yedek, 2014). Foto: Michal Adamovský [9] Ukázka z workshopu mapování na obličeji od skupiny BLACK / DIVISION. Foto: Zdeněk Trávníček



[4]



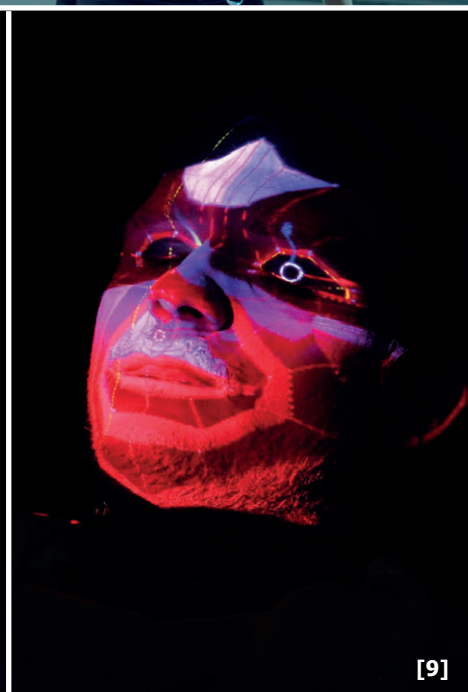
[6]



[7]



[8]



[9]

Sledování očních pohybů

Vytvořit vlastní eye-trackingové řešení a ověřit proklamovanou použitelnost této technologie v oblasti marketingu. Tato myšlenka byla u zrodu Laboratoře očních pohybů, která byla v roce 2010 otevřena na Fakultě elektrotechnické ČVUT. Při naplňování původních vizí se ukázalo, že snímání a vyhodnocování očních pohybů představuje komplexní technickou úlohu.

Laboratoř očních pohybů byla i bez významné investiční podpory postupně vybudována v rámci vědecko-výzkumné činnosti na Katedře ekonomiky, manažerství a humanitních věd Fakulty elektrotechnické ČVUT. Aktuálně je zde využíván systém I4Tracking® založený na videokulografické metodě, který vznikl ve spolupráci s průmyslovým partnerem. Oční kamera se skládá z hardwarové a softwarové části. HW je tvořen miniaturním kamerovým systémem s vhodně navrženou geometrií a slouží především k záznamu obrazových dat. SW aplikace představuje jádro celého technického řešení a umožňuje kompletní management prováděných experimentů (tj. návrh, realizaci, vyhodnocení). Robustní metody analýzy obrazu v kombinaci s matematickými transformacemi umožňují vypočítat koordináty oblasti zájmu člověka v průběhu experimentu na monitoru PC i ve volném prostoru.

Úlohy sledování očních pohybů však nepředstavují ryze technickou disciplínu. Pokud je předmětem zkoumání chování lidských bytostí, je vždy velmi komplikované stanovení referenční hodnoty. Zpravidla zde na rozdíl od technických měření neexistuje vhodný etalon. Širšímu využití technologií sledování očních pohybů v praxi tak nyní více než technický stav dostupných řešení brání schopnost správné interpretace měřených dat.

Pracovníci Laboratoře očních pohybů ve spolupráci s psychology, lékaři a průmyslovým partnerem v letech 2011 až 2014 úspěšně řešili projekt podpořený TA ČR č. TA01011138 s názvem „Sledování očních pohybů pro diagnostiku v neurovědách“. Cílem projektu bylo ověřit využitelnost technologie ke sledování očních pohybů v další aplikační oblasti. V rámci projektu vzniklo zcela nové technické řešení (HW i SW), sada okulometrických testů a metodiky vyšetření, které byly testovány na různých skupinách probandů. Při řešení projektu byla ověřena možnost praktického využití navržených metod k diagnostice dyslexie u dětí. Během 25 měřicích dnů bylo změřeno 378 dětí ve věku 5 až 12 let s různými vývojovými poruchami i bez nich. Celkově je zálohováno více než 16 TB primárních obrazových dat.

V roce 2015 bylo zahájeno řešení nového projektu, též podpořeného TA ČR, č. TH01010233 „Využití technologie sledování očních pohybů pro testování kompetencí“, jenž

volně navazuje na výsledky předešlého projektu. Cílem výzkumu je ověřit nové metody pro testování vybraných pracovních kompetencí v personalistice. Opět se jedná o interdisciplinární výzkum, kde jsou spojovány technické, medicínské, manažerské i humanitní obory. Jeho výsledky by měly najít širší uplatnění, a to nejen při výběru pracovníků, ale také při jejich pravidelném hodnocení a plánování dalšího rozvoje zejména u klíčových osob.

Jednu z dalších oblastí našeho zájmu představuje zkoumání rozhodovacích procesů ve vazbě na kognitivní činnost a emocionální stav jedinců. Již nyní je možné měnit multimediální obsah reklamního sdělení podle toho, zda se na obrazovku dívá muž/žena různého věku, s různým psychickým rozpoložením. Do budoucna obdobných aplikací bude jistě přibývat.

Laboratoř očních pohybů disponuje velmi dobrým zázemím: kromě technických prostředků s možností jejich přizpůsobení aplikační oblasti a zavedení kolektivu výzkumníků také spolupracuje s několika průmyslovými partnery. Současné možnosti laboratoře nejsou dílem jedince, ale k postupnému rozvoji i vzhledem k interdisciplinaritě problematiky přispěla celá řada odborníků různých specializací z akademického prostředí i praxe. Do řešení vybraných úloh jsou formou závěrečných prací zapojováni také studenti magisterského i bakalářského studia. Všem zainteresovaným tak patří velké díky.

autor: Martin Dobiáš
foto: Jiří Navrátil

Při řešení projektu byla ověřena možnost praktického využití navržených metod k diagnostice dyslexie u dětí.

Během 25 měřicích dnů bylo změřeno 378 dětí ve věku 5 až 12 let s různými vývojovými poruchami i bez nich.

Celkově je zálohováno více než 16 TB primárních obrazových dat.

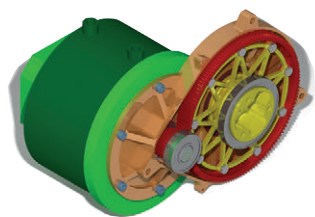


Bc. FRANTIŠEK PECH
pechfran@fel.cvut.cz

Formula Student je mezinárodní soutěž pro studenty technických vysokých škol, jejímž cílem je umožnit jim získání praxe a zkušeností v oboru studia.

Formule s pohonem

4x4!



Na Fakultě elektrotechnické ČVUT se nyní dokončuje první elektrická formule s pohonem 4x4, s níž bude studentský tým bojovat v letošní soutěži mezinárodního projektu Formula Student. Do tohoto projektu byla nejprve zapojena jen auta s klasickým spalovacím motorem. Od roku 2010 se soutěže mohou účastnit i vozy s čistě elektrickým pohonem.

Vývoj první formule s elektrickým pohonem pro tuto soutěž začal na ČVUT v roce 2010, od roku 2013 je čistě v režii Fakulty elektrotechnické. Právě pod její záštitou dosáhl tým eForce FEE Prague Formula prvního výrazného úspěchu v italském Varanu de' Melegari, kde obsadil celkově druhé místo z 25 přihlášených týmů z celého světa.

Sezona 2015 klepe na dveře

V současné době se v prostorách halových laboratoří v Dejvicích finalizuje elektronika formule, probíhá oživování celého vozu a příprava na první předsezonní testování zcela nového monopostu pro sezonu 2015 s typovým označením FSE.04x. Jedná se o revoluční koncept, protože pohonné ústrojí bude sestávat ze čtyřelektrických motorů a díky kontrole trakce tento koncept posune značným způsobem chování vozu o několik úrovní výše, a to především za nepříznivých adhezních podmínek.

Námi vyvinutou kontrolu trakce jsme měli možnost testovat již na loňském modelu. Testovací piloti byli s chováním vozu s poháněnou zadní nápravou za zhoršených podmínek velmi spokojeni. Řízení motorů mají na sta-

rosti dva výkonové dvojměniče vlastního návrhu. Ty byly optimalizovány přesně pro závodní monopost, kde se šetří každý gram hmotnosti. To však neomezilo výkon měničů, protože každý je schopen poskytnout výkon až 120 kW. Měníče používají algoritmy vektorového řízení včetně odbuzování motorů s permanentními magnety a algoritmus maximálního momentu na jednotku proudu. Takto vespolek řízení motorů nemá v soutěži Formula Student obdoby a je vždy velmi kladně hodnoceno porotci. Dalšími jednotkami, které si vyvíjíme „na míru“ naší formuli, je například „Battery management system“, který monitoruje napětí na všech uzlech akumulátorové baterie a měří teplotu na každém druhém článku, což je celkem 396 teplot. Nakonec se ještě sluší zmínit palubní dotykový zobrazovač nebo magnetické senzory natočení plynového a brzdového pedálu.

Léto s formulí

Po těžké práci v dílnách při návrhu, osazování a oživování celého vozu se tým přesune do fáze testování vozu. To probíhá obvykle na letišti, kde se věnuje

pozornost především spolehlivosti a nastavení vozu. Na základě sesbíraných a zanalyzovaných dat se snažíme nalézt ideální nastavení pro různé typy povrchů a povětrnostní podmínky. Proto se testuje za jakéhokoli počasí, abychom nemohli být na následujících závodech zaskočení. Vrcholem sezony pak jsou závodní podniky, které se konají po celém světě.

Našemu týmu se podařila úspěšná registrace na evropské podniky na Red Bull Ringu v Rakousku, v Maďarském Györu, na okruhu v Mostě a vrcholem sezony bude italský okruh ve Varanu de' Melegari. Podpořte nás lajkem nebo sdílením na facebooku. Držte nám v létě palce a my se budeme snažit ještě vylepšit loňské umístění! Pokud byste si rádi vyzkoušeli práci v mladém týmu nebo se jen chtěli podívat, jak se staví závodní speciál, neváhejte navštívit dílnu eForce FEE Prague Formula v Halových laboratořích Fakulty elektrotechnické v dejvickém areálu ČVUT.

autor: František Pech
foto: Bc. Jakub Klíma

> Více na <http://eforce.cvut.cz>
www.facebook.com/e.force.prague

Od kuliček k buňkám /

Řízení pro distribuovanou (mikro)manipulaci

Klasické robotické přístupy pro manipulaci s objekty, například uchopení předmětu pomocí robotického manipulátoru a jeho přemístění, mají svá omezení. Nehodí se například pro mikroskopické objekty či křehké rozměrné objekty a ani s nimi nelze realizovat manipulaci s mnoha předměty najednou, což motivuje výzkum v oblasti tzv. distribuované manipulace.

Při distribuované manipulaci jsou pohony rozprostřené v prostoru místo toho, aby byly soustředěné v jednom či několika málo místech. Funkci takového manipulátoru lze připodobnit k chování davu fanoušků, kteří na koncertu nesou na ruku svou rockovou hvězdu poté, co ona mezi ně z pódia skočila (viz crowd surfing, stage diving). Zatímco na koncertě není třeba, aby manipulaci se zpěvákem někdo řídil, u technických zařízení se o to musí postarat nějaký systém. Výzkumem takových systémů se zabýváme ve skupině AA4CC (Advanced Algorithms for Control and Communications) na Katedře řídicí techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT.

Výzkum v oblasti distribuované manipulace se začal intenzivně rozvíjet v 90. letech minulého století, kdy se objevily zajímavé manipulátory založené například na individuálně řízených bimorfních řasinkách (cilia) vyrobených ve stovkách na integrovaném obvodu. Dnes se tomuto oboru věnuje řada vědeckých týmů po celém světě. Některé

související práce jste mohli vidět i v populárních technologických magazínech. Jmenujme například systém inFORM z MIT Media Lab (<http://tangible.media.mit.edu/project/inform>) nebo WaveHandling od firmy Festo (www.festo.com/en/wavehandling).

Zlepšování metod pro analýzu biologického materiálu

Řízením distribuované manipulace a mikromanipulace jsme se začali v naší skupině věnovat díky evropskému výzkumnému projektu Golem (viz Tecnicall č. 4/2010). Cílem konsorcia projektových partnerů bylo prozkoumat přírodou inspirované metody pro samosestavování komponent o velikosti v řádu desítek až stovek mikrometrů. To je vnímáno jako výhodné především kvůli úspoře času, který by byl nutný při použití standardních metod, jako je například postupné umísťování komponent do cílových pozic (tzv. pick-and-place). Základní myšlenkou bylo vybavit jednotlivé součástky selektivním lepi-

dlem na bázi DNA definujícím, které části k sobě patří. Naším úkolem bylo tyto komponenty rozšířovat dostatečně náhodně, aby mohly najít svá místa.

Získané know-how můžeme nyní zúročit v projektu Biocentex (Centrum excelence pro výzkum bioanalytických metod, <http://biocentex.cz/>) podpořeném Grantovou agenturou ČR, kde spolupracujeme s dalšími dvěma partnery – Oddělením bioanalytické instrumentace z Ústavu analytické chemie AV ČR a Ústavem biochemie z Přírodovědecké fakulty MU. Společnými silami pracujeme na zlepšování metod pro analýzu biologického materiálu. Jedním z našich cílů je například vytvořit systém, který umožní analyzovat množství rakoviných buněk v krvi.

Prostředkem pro distribuovanou (někdy též paralelní) manipulaci je tzv. pole aktuátorů, tedy množství akčních členů rozmístěných v prostoru, často například do pravidelné čtvercové mřížky. Těmito aktuátory mohou být všesměrová kola, která slouží pro přepravu balíků, vzduchové trysky sloužící pro transport skleněných nebo křemíkových desek či mikrořasinky umožňující manipulaci s mikroskopickými objekty.

V naší skupině se zaměřujeme na dva fyzikální fenomény. Prvním z nich je jev zvaný dielektroforéza, při níž dochází k silovému působení na elektricky neutrální, ale polarizovatelné částice v nehomogenním elektrickém poli. Na první pohled může být překvapivé, že lze pomocí elektrického pole pohybovat i s nenabitými částicemi, ale většina z nás tento jev dobře zná z jednoduchého experimentu, kdy hřebem, kterým jsme si pročešali suché vlasy, k sobě přitahuje malé kousky papíru. V praxi se tento jev (samozřejmě už bez hřebenu) využívá například pro separaci a transport buněk.

Náš manipulátor se skládá ze sady elektrod, které mají rozměry řádově v desítkách mikrometrů. Pro jejich výrobu používáme různé metody – například ablaci excimerním laserem nebo litografií. Elektrody slouží k vytváření elektrického pole, v němž jsou umístěny objekty, se kterými pohybujeme. Abychom mohli pohyb a tedy polohu jednotlivých součástek řídit, musíme být schopni odpovídajícím způsobem nastavovat napětí na všech elektrodách, kterých je třeba i několik desítek. O to se stará řídicí algoritmus, který na základě znalosti matematického modelu a aktuální polohy objektu hledá pomocí numerické optimalizace



vhodná napětí, aby se objekty chovaly podle požadavků.

Pro měření polohy využíváme počítačové zpracování obrazu z kamery umístěné na mikroskopu. Optika nutná pro sledování mikroskopických objektů je relativně nákladnou položkou, a proto jsme s ohledem na potenciál budoucí komercializace začali prozkoumávat možnosti tzv. bezčočkové (lensless) mikroskopie. Pro sledování objektů o velikosti v desítkách mikrometrů nám pak stačí běžný levný čip z kamery bez další optiky. Bonusem je, že se nám podařilo do systému implementovat i měření vzdálenosti objektů od čipu – levitační výšky; za pomoci 2D senzoru tedy získáváme informaci o poloze ve 3D. K měření vzdálenosti jsme nejprve zkoušeli využít analýzu interferenčních obrazců, které se mění se vzdáleností od objektů čipu, ale posléze se jako výhodnější ukázala metoda založená na využití více zdrojů světla v různých polohách a triangulaci.

Platformu je možné využít i k více hravým či uměleckým záměrům – dovoluje například vytvářet vizuálně zajímavé dynamické scény ve spojení s magnetickou kapalinou (ferrofluid). Toho využili filmaři připravující sérii dokumentů o výzkumu na FEL ČVUT nazvané Jednou nohou v absolutnu pro přípravu znělky této série.

Soutěže s mikroroboty

Zkušenosti v oblasti mikromanipulace jsme využili rovněž při účasti na mezinárodní soutěži mikrorobotů Mobile Microrobotics Challenge (<https://youtu.be/Dq-lapN3sBI>), nejdříve v roce 2012, kdy byla pořádána ještě pod záštitou institutu NIST v St. Paul ve státě Minnesota v USA, a pak v roce 2013, kdy již začala být organizována společností IEEE RAS v Karlsruhe v Německu. Na soutěži jsme se utkali s týmy z institucí jako Carnegie Mellon, francouzské CNRS, nebo U. S. Naval Academy a předvedli jsme, že naše řešení je kompetitivní s tím, co dnes zvládají další světové týmy. V obou případech se soutěž konala v rámci prestižní robotické konference IEEE International Conference on Robo-

tics and Automation (ICRA). Úkolem soutěžních týmů bylo s „robotem“ menším než 500 mikrometrů projet v daném pořadí čtveřici branek, které byly umístěné na „hracím poli“ o velikosti 3×4 mm.

Experimentální platforma Magman zaujala v zahraničí

Vedle elektrického pole pracujeme také s polem magnetickým. Pro experimenty využíváme laboratorní platformu skládající se z matice elektromagnetů, nad kterými se po rovné ploše odvaluje jedna nebo několik ocelových kuliček. Proud tekoucí každou z cívek je možné nastavovat pomocí řídicího systému a poloha kuliček je měřena buď pomocí dotykové fólie, nebo opět pomocí kamery a počítačového vidění.

Video o této platformě (https://youtu.be/AhS_2gU1qW0), kterou pracovně nazýváme Magman (od spojení Magnetic Manipulator), vyhrálo v roce 2013 mezinárodní soutěž Matlab and Simulink Student Design Challenge. Platforma se dostala do pozornosti odborné veřejnosti nejen díky tomuto videu, ale i prostřednictvím její prezentace na stánku firmy Mathworks v průběhu prestižní vědecké konference IEEE Conference on Decision and Control (CDC) ve Florencii v Itálii. Zmíněné video slavilo úspěch i o rok později v soutěži IEEE Control Systems Society Video Contest, kde bylo vybráno mezi sedm finalistů. O naši experimentální platformu projevili zájem například odborníci ze Slovenské technické univerzity v Bratislavě, kteří pro tento systém vyvíjejí speciální prediktivní regulátor nebo kolegové z TU Delft, kteří se rozhodli postavit si zjednodušené zařízení Magman pro experimenty s tzv. reinforcement learning.

Magman však není zajímavý jen jako testovací platforma pro výuku a výzkum

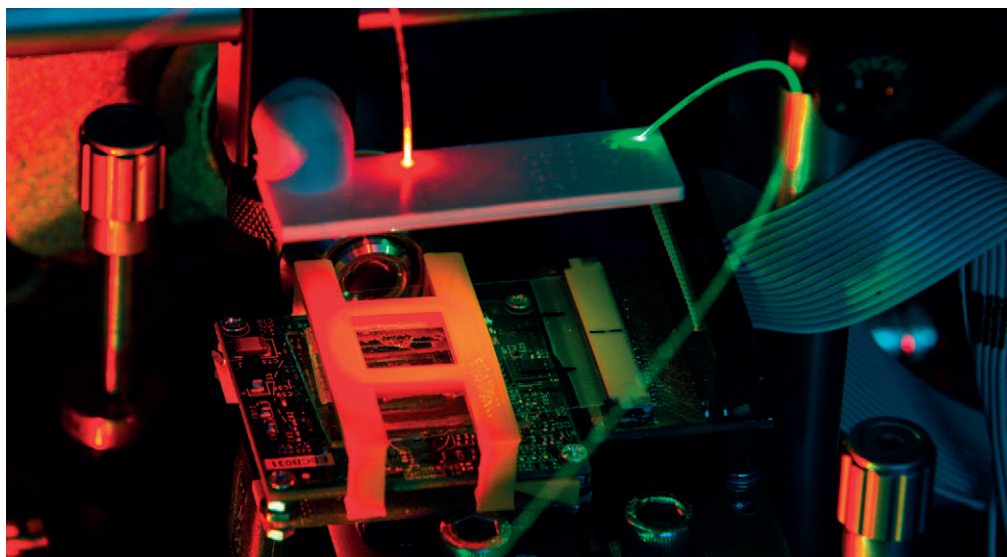
v oblasti distribuované manipulace. Nyní pracujeme na úpravě uspořádání elektromagnetů, aby se platforma dala použít i pro manipulaci s mikroskopickými magnetickými objekty, což je opět motivováno snahou využít ji pro účely analýzy, konkrétně třídění buněk. Vedle toho je možné platformu využít i k více hravým či uměleckým záměrům – dovoluje například vytvářet vizuálně zajímavé dynamické scény ve spojení s magnetickou kapalinou (ferrofluid). Toho využili filmaři připravující sérii dokumentů o výzkumu na FEL ČVUT nazvané Jednou nohou v absolutnu (<http://www.fel.cvut.cz/cz/film/>) pro přípravu znělky této série.

Od matematických modelů k laboratorním experimentům

Výzkum v oblasti distribuované manipulace a mikromanipulace v naší skupině AA4CC má tedy mnoho tváří. Od hledání matematických modelů, návrhu algoritmů pro řízení, realizaci elektronických obvodů, výrobu laboratorních prototypů s využitím technologií pro mikrosystémy, až po laboratorní experimenty s elektrickým a magnetickým polem, kdy navíc úzce spolupracujeme se specialisty na bioanalytické metody. Jsme pyšní, že se výzkumu v naší skupině účastní také nadaní bakaláři (za bakalářskou práci, která souvisela s účastí na mikrorobotické soutěži, získal Jakub Drs pod vedením Jiřího Zemánka cenu Josefa Hlávky) a magisterští studenti v rámci studentských projektů, závěrečných prací, nebo prázdninových stáží a těšíme se, kam dále nás výzkum v této oblasti zavede.

autor: Jiří Zemánek
foto: Filip Kirschner

> Více na
<http://aa4cc.dce.fel.cvut.cz/>
<https://www.youtube.com/user/aa4cc/>





Chceš se zapojit do našeho INTERNSHIP programu?



Pro rok 2015 vypisujeme výběrové řízení na stáž do oddělení plynárenského dispečinku.

Jsi student/ka vysoké školy technického zaměření?



Máš zájem stát se členem týmu odborníků a nastartovat kariéru v oblasti energetiky - plynárenství?



Chceš a můžeš pracovat cca 18 hodin týdně?



Máš komunikativní znalost anglického jazyka?



Pokud jsi odpověděl/a na všechny otázky ANO, zapoj se do našeho INTERNSHIP programu pro studenty vysokých škol.

Kdy a jak se můžeš přihlásit do programu INTERNSHIP?

Podání přihlášek pro rok 2015: 1. – 31. 5. 2015

Výběrové řízení: červen 2015 Nástup do programu: září 2015

V termínu podání přihlášek navštiv stránku <http://net4gas.jobs.cz> a dozvíš se více.
V případě dotazů kontaktuj naše personální oddělení na hr@net4gas.cz.

Kdo jsme?

NET4GAS, s.r.o., je výhradním držitelem licence pro přepravu zemního plynu v České republice. Zabezpečuje mezinárodní přepravu zemního plynu přes ČR, vnitrostátní přepravu tuzemským partnerům, zejména distribučním společnostem, a související obchodní a technické produkty a služby. NET4GAS provozuje plynovody o celkové délce více než 3 800 km, čtyři kompresní stanice, tři hraniční a téměř stovku předávacích stanic do vnitrostátních distribučních soustav. Je členem Českého plynárenského svazu, mezinárodních organizací ENTSG, GIE, EASEE-gas a pracovních skupin asociace Marcogaz. V současné době zaměstnává více než 500 zaměstnanců a hledá další do svého týmu.

Urychlovač Van de Graaff

Areál těžkých laboratoří v pražské Troji ukrývá významnou výzkumnou infrastrukturu mezinárodního významu – elektrostatický urychlovač lehkých iontů typu Van de Graaff. Zařízení s maximálním urychlujícím napětím 2,5 MV převzal Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT od Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v roce 2010 a v současné době slouží širokému spektru odborníků pro aplikovaný i základní výzkum.

Zařízení, které je jediným urychlovačem na českých vysokých školách, poskytuje kromě svazků lehkých iontů (protony, 2H, 4He) též i monoenergetické neutrony s laditelnou energií v poměrně širokém rozmezí (od 30 keV do téměř 19 MeV). Na tomto urychlovači se provádí výzkum jak základního, tak i aplikovaného charakteru. Z oblasti základního výzkumu jde o program studia interakce polarizovaných neutronů na polarizovaných terčích (spinová fyzika), o produkci tzv. značených částic (tagged neutrons) a dále o jaderné reakce pro astrofyzikální výzkum a pro jaderné fúze. Co se týče aplikací, zařízení je využíváno pro kalibraci a testování detektorů částic při definovaných hodnotách energií, toků, ale i směru (lehké ionty, neutrony). Zařízení je užíváno i pro testování a kalibraci přístrojů pro kosmický výzkum a pro potřeby ESA (European Space Agency), která financovala přebudování neutronových terčů a absolutní kalibraci těchto zdrojů prostřednictvím grantové podpory. Mezi další využití patří jaderné analytické metody, jako např. povrchové analýzy materiálů metodami RBS (Rutherford Backscattering) a PIXE (Proton induced X-ray emission). Za tímto účelem je dlouhodobě vyhrazen jeden svazek urychlovače pro FJFI ČVUT v Praze. Vědecký program pracoviště je realizován v rámci mezinárodních projektů s podporou týmu z mateřské instituce ÚTEF ČVUT.

K urychlovači mají přístup i studenti, a to formou fyzikálního praktika, prováděného dlouhodobě FJFI ČVUT, i formou studentských prací (magisterských a doktorských). Dále pracoviště slouží pro školení mladých odborníků i ze zahraničí. Obory výchovy jsou jak urychlovačová technika, tak i příslušné technologie, a to od poskytování svazku, terčů a produkci sekundárního záření, zejména monoenergetických neutronů, produkci značených a polarizovaných neutronů, až po aplikace,

jako jsou jaderné analytické metody, nízkoenergetické jaderné reakce a testování a kalibrace detektorů částic. Ve spolupráci s týmem z ÚJF AV ČR, v Řeži, byl otevřen nový kanál pro experimenty s nízko-energetickými jadernými reakcemi pro astrofyzikální výzkum.

Laboratoř je vybavena dalšími přidruženými zařízeními, jako jsou radionuklidový neutronový zdroj AmBe a měřicí kompaktní kalibrační gama stanice, které byly vyvinuty pro kosmický výzkum (v rámci tzv. mission related services) rovněž s finanční podporou ESA. Jedná se o zařízení pro poskytování diskrétního gama pole v širokém rozsahu energií od stovky keV do 9 MeV. S podporou vývojových grantů ESA byly vybudovány dvě stanice: stacionární, pro intenzivní a širokou pásmovou kalibraci, a mobilní, schopnou transportu na libovolné místo, kde je potřeba prověřit funkčnost a provoz přístrojů a gama detektorů, které jsou již integrované do větších zařízení vč. celých družic (v tzv. remote test centers např. ESA). Principem obou zařízení je produkce monoenergetických fotonů gama s definovanými energiemi v širokém rozsahu využitím interakce neutronů s vybranými materiály. Neutrony produkuje radionuklidový zdroj AmBe. Pro ladění a charakterizaci odezvy gama záření slouží v obou stanicích zabudovaný gama detektor HPGe. Přenosná gama stanice byla zaslána do Ruska kosmickému ústavu IKI k testování tamního přístroje (gama detektoru) již integrovaného do družicového zařízení pro budoucí misi na Merkur (Bepicolombo),

Přenosná gama stanice je v současnosti v ruském kosmickém ústavu IKI k testování tamního přístroje (gama detektoru) již integrovaného do družicového zařízení pro budoucí misi ESA/JAXA na Merkur (Bepicolombo).



pořádanou ESA a japonskou vesmírnou agenturou JAXA.

Pracoviště je využíváno uživateli českými i zahraničními, z výzkumných a akademických institucí i z průmyslových komerčních subjektů. High-tech firmy (např. VF Černa hora, WidePix nebo VTT Finland) mají ke zdrojům poskytovaným infrastrukturou přístup též bezplatně, mohou zde zkoušet a kalibrovat své průmyslové prototypy atd. ESA a její vědeckí partneři pracoviště využívají rovněž, např. skupina z University College Dublin pro charakterizaci svých nově vyvinutých detektorů gama pro vesmír (planetární výzkum). Celkově probíhá ročně okolo dvou desítek měření, experimentů nebo školení. Přístup a využití pracoviště jsou poskytovány bezplatně (open access), neboť financování provozu a modernizace celého zařízení je podpořeno grantem výzkumné infrastruktury MŠMT (research infrastructure č. LM2011030). Urychlovač je zařazen mezi národní výzkumné infrastruktury a je začleněn do vědecké roadmapy České republiky. Vědecké týmy a studenti nejen z ČVUT jsou vítáni realizovat své výzkumy a disertační práce v naší laboratoři.

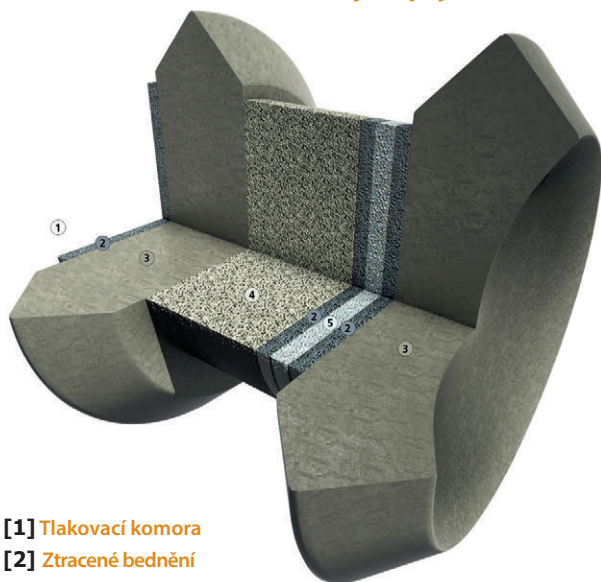
autoři: Carlos Granja, Michael Solar

> Více na <http://vdg.utef.cvut.cz>

Elektrostatický urychlovač lehkých iontů typu Van de Graaff. V popředí hlavní urychlující element. V pozadí jsou vidět některé z experimentů vč. polarizačního zařízení pro spinovou fyziku [foto: C. Granja]

Zátka pro hlubinné úložiště

Na konstrukční řešení zátek, které budou součástí hlubinného úložiště radioaktivních odpadů, je zaměřen rozsáhlý mezinárodní projekt DOPAS (Demonstration of Plugs and Seals, 2012–2016), do něhož je zapojeno Centrum experimentální geotechniky (CEG) Fakulty stavební ČVUT.



- [1] Tlakovací komora
 - [2] Ztracené bednění
 - [3] Stříkaný vlákno-beton
 - [4] Bentonitové pelety
 - [5] Filtr
- [zdroj: SÚRAO]

Česká část projektu, na němž spolupracuje čtrnáct institucí z osmi evropských zemí, je realizována v Podzemní laboratoři Josef, pracovišti provozovaném CEG v lokalitě Čelina-Mokrsko. Dalšími českými účastníky jsou v rámci sdružení experti ze Správy úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) a ÚJV Řež, a.s.

Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů je podzemní dílo, které musí splňovat nej přísnější požadavky na bezpečné fungování v dlouhodobém časovém horizontu, řádově tisíců let. Jednou z mnoha jeho konstrukčních částí budou tlakové a těsnící zátky, jejichž úkolem je bezpečné utěsnění prostor nejen po celou dobu provozu hlubinného úložiště, ale i po jeho trvalém uzavření. Cílem projektu DOPAS je navrhnout konstrukční řešení, parametry

použitých materiálů, otestovat stavební technologie a vystavět čtyři experimentální zátky v in situ prostředí.

Česká zátky (experiment EPSP – Experimental Pressure and Sealing Plug) vzniká v in situ horninovém prostředí granitoidů v Podzemní laboratoři Josef. Koncept primárně využívá tuzemské materiály a know-how. Technické řešení zátky bylo navrženo Centrem experimentální geotechniky. Průběh experimentu je rozdělen do čtyř etap: laboratorní ověření materiálů pro konstrukci zátky, zejména bentonitu a betonové směsi; samotnou stavbu experimentu; tlakování sytívacími médii (předpokládá se vzduch, voda a bentonitová suspenze) postupně až do tlaku 2,5 MPa a závěrečné vyhodnocení dat a poznatků získaných in situ a z laboratorních měření pomocí numerické analýzy a modelování.

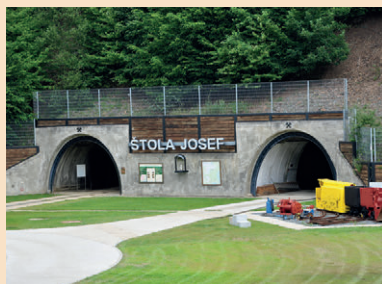
Výstavba zátky byla zahájena v roce 2013. Nejprve byl přibírkou upraven profil experimentální rozrážky do požadovaného tvaru – vznikly tzv. limce pro vnitřní a vnější betonovou zátku. Protože v 80. letech 20. stol. při budování štoly Josef pomocí trhacích prací vznikla velká zóna rozvolněného masivu, musely být provedeny rozsáhlé injektáže vedoucí k významnému snížení propustnosti horninového masivu v okolí budoucí zátky.

Hlavní konstrukční části zátky představují tlakovací komora, vnitřní zátky ze stříkaného vlákno-betonu, bentonitové těsnění, filtr a vnější zátky ze stříkaného

vlákno-betonu. Tlakovací komora je situována mezi čelbou a stěnou ze ztraceného bednění pro vnitřní zátku. Její funkce spočívá v zajištění mechanické stability celého systému i při vysokém tlaku vyvolaném v tlakovací komoře a v omezení průtoku vody do sousední bentonitové zóny. Díky nízké hydraulické vodivosti, vysoké bobtnací schopnosti a samohojení je bentonit ideálním materiálem pro těsnění. V české zátce bude bentonitové těsnění vytvořeno z bentonitových pelet lisovaných na vysokou objemovou hmotnost (1,9 g/cm³). Bentonitové těsnění ukončuje štěrkový filtr, který je oboustranně fixován stěnami ze ztraceného bednění. To slouží jako podpora nejen pro filtr, ale i pro bentonitové těsnění v době výstavby a jako ztracené bednění pro vnější zátku.

Jedním z významných cílů EPSP je ověřit funkčnost navrženého řešení pomocí komplexního monitoringu v klíčových místech experimentu. Mezi hlavní sledované veličiny patří rozložení teploty a deformace uvnitř obou zátek, kontaktní napětí mezi zátkami a horninou, rozložení vlhkosti a rozložení bobtnacího tlaku uvnitř bentonitového těsnění. Sbíraná data jsou kontinuálně ukládána do databáze měřicího systému tak, aby byla ihned on-line k dispozici uživateli pro další využití. Důležitou součástí měřicího systému je webové rozhraní, které umožňuje jednoduchým způsobem získat přehled o dění v experimentu.

autorka: Dana Pacovská



Centrum experimentální geotechniky je samostatným prestižním pracovištěm Fakulty stavební ČVUT. Přednostně se orientuje na seznámení studentů s laboratorními zkouškami a na experimenty z oboru geotechniky, na jejich praktické využití a na in situ zkoušky a měření související se zakládáním staveb a s podzemními stavbami. V bývalém průzkumném díle štoly Josef je pro výuku a výzkum zprovozněno více než pět kilometrů podzemních chodeb. Mezi stěžejní projektová témata patří výzkum materiálu pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů a určování termofyzikálních vlastností horninového masivu. Dosud zde bylo úspěšně dokončeno 15 projektů, devět je nyní realizováno a další se připravují.

foto: Dana Pacovská

> Více na <http://ceg.fsv.cvut.cz/>

Ozvučení je provázané se systémem digitálně ovládaných architektonických světél. Premiérové představení nového ozvučení a nasvětlení je naplánované na letošní červen.

Ozvučená katedrála

Podzemní kaverna, prezentovaná jako „katedrála“, je součástí zpřístupněného podzemí ve štolě Josef. V 80. letech 20. století byl ve zlatonosné oblasti Psích hor, již ze středověku známé těžbou zlata, proveden podrobný průzkum, v rámci kterého byla vyražena štola Josefa. Rozsáhlá síť podzemních chodeb s celkovou délkou přibližně 8 km byla systematicky vedena oběma známými ložisky – Čelinou a Mokřskem. Výsledkem průzkumu bylo zhodnocení zásob zlata v těchto ložiskách, celkový potenciál byl odhadnut na 130 tun zlata. V rámci průzkumu probíhala v letech 1989–1991 i experimentální těžba v oblasti Čelina východ, odkud bylo vytěženo 19 500 tun rudniny. Po těžbě zůstala unikátní podzemní kaverna o objemu přibližně 10 000 m³, přístupná i z dalších dvou výškových úrovní štol: z +20 m a z +40 m.

Zpřístupňování katedrály trvalo téměř tři roky. Zahrnovalo odtěžení rubaniny z přístupových štol v základní úrovni, výstavbu schodiště v bývalém lezném oddělení až do úrovně +40 m a úpravy chodeb v dalších dvou výškových patrech. V úrovni +20 m vzniklo hlediště s kapacitou 20 míst a dva boční balkony. První návštěvníky přivítala katedrála po kolaudaci stavby v červenci 2014. V katedrále lze spatřit nejen výrazné zlatonosné křemenné žíly, ale ve vynikající akustice vyslechnout ukázky klasické reprodukováné hudby. Aby byl hudební poslech ještě intenzivnější, rozšířen o vizuální zážitky, spolupracuje Centrum experimentální geotechniky s experty z Hudební akademie múzických umění – Janem Trojanem, Jakubem Ratajem a Michalem Horáčkem. Ti navrhli 3D instalaci – tzv. „Akusmonium Josef“ (orchestr reproduktorů), které prostřednictvím permanentního a přenosného systému reproduktorů ozvučí katedrálu v různých úrovních šířky, hloubky a výšky. Ozvučení je provázané se systémem digitálně ovládaných architektonických světél. Premiérové představení nového ozvučení a nasvětlení je naplánované na letošní červen.

foto: Čestmír Beneš

Mrak na obzoru LHC

Large Hadron Collider (LHC) v Evropské laboratoři jaderných výzkumů CERN je jedním z největších vědeckých projektů současnosti. Spolupracují na něm desetitisíce vědců z celého světa. Jeho cílem je potvrdit platnost současných teorií mikrosvěta (případně nalézt chybějící kousky) a ukázat nám náznak toho, kam se fyzika mikrosvěta bude ubírat v následujících desetiletích.

Během první fáze provozu byl nalezen první takový kousek – Higgsův boson. Letos začíná druhá etapa provozu při plném výkonu a čím dál více pozornosti je upřeno na jeden velmi závažný jev, který zásadně ovlivňuje fungování celého urychlovače a tím pádem i všechny experimenty na něm řešené – existenci elektronových mraků.

Standardní model je báječná teorie. Zahrnuje v sobě vše, co víme o elektřině a magnetismu, jež tvoří základ naší technologie, radioaktivitě a jaderné síle, která drží hmotu pohromadě, a popisuje první krůčky po zrodu našeho vesmíru. Předpovědi tohoto modelu byly opakovaně testovány a potvrzovány v tisících experimentech, z nichž některé měřily s přesností jedna ku miliardě.

Navzdory všem těmto úspěchům ovšem nebyl standardní model úplný. Higgsův boson – základní kámen, na kterém stojí celá struktura modelu – chyběl. Aby byl nalezen, musely se spojit síly desetitisíců vědců z celého světa v kolosálním experimentu, který je jedním z největších projektů celého lidstva trvajícím bezmála třicet let od prvního nápadu realizace až doposud.

Hledání Higgsova bosonu

Výsledkem tohoto snažení byl Large Hadron Collider – částicový urychlovač o obvodu 27 km umístěný 100 metrů pod zemí v laboratoři CERN na hranicích Francie a Švýcarska u Ženevy. Většina technologie potřebné pro stavbu LHC ještě před pár lety neexistovala a musela být vyvinuta. Tak vzniklo naprosto jedinečné zařízení. Například vnitřní trubice s urychlovanými částicemi obsahuje méně hmoty než prostor mezi Zemí a Měsícem. Vnitřek urychlovače je s teplotou $-271,3^\circ\text{C}$ jedním z nejchladnějších míst ve vesmíru. Cena celého zařízení byla 6 miliard švýcarských franků a provoz spolýká ročně tolik energie, co spotřebují všechny domácnosti v celé Praze.

První fáze provozu urychlovače začala v listopadu 2009 s jediným hlavním cílem – nalézt Higgsův boson. Dne 4. července 2012 bylo oznámeno pozorování nové částice odpovídající svými vlastnostmi hledanému Higgsovu bosonu. Poté probíhalo zpřesňování měření až do března 2013, kdy už nikdo nemohl o správnosti objevu pochybovat. Na základě toho dostali dne 10. prosince 2013 François Englert a Peter Higgs, kteří existenci této částice předpověděli již v roce 1964, Nobelovu cenu za fyziku.

Standardní model tak byl po desetiletích vývoje konečně úplný. Toto ovšem stále není konec, neboť standardní model popisuje pouze 4 % energie v celém vesmíru. Neříká nic o gravitaci ani o temné hmotě a nedávno objevené temné energii, které tvoří téměř 96 % energie v celém vesmíru. Úplný standardní model tedy nemůže znamenat konec cesty, ale může to být začátek cesty další.

Vnitřní trubice s urychlovanými částicemi obsahuje méně hmoty než prostor mezi Zemí a Měsícem. Vnitřek urychlovače je s teplotou $-271,3^\circ\text{C}$ jedním z nejchladnějších míst ve vesmíru.

Je třeba miliard srážek...

Po prvním úspěšném období provozu bylo LHC v roce 2013 zastaveno, aby mohla být provedena údržba, opravy a různá vylepšení. Opětovné zprovoznění je plánováno na rok 2015 s jasným hlavním cílem – zjistit, co leží za standardním modelem. Aby bylo možno dosáhnout tohoto cíle, musí urychlovač ještě navýšit svůj výkon, což není úplně jednoduché. Na obzoru LHC se totiž rýsuje mrak. Přesněji řečeno elektronový mrak.

V LHC jsou urychlovány protony v opačných směrech a následně dochází k jejich srážkám v místech, kde jsou postaveny obrovské detektory. Při srážce se uvolní velké množství energie, ze které vzniknou nové částice. Některé částice ovšem vznikají snadněji než jiné – je třeba miliard srážek, než vznikne několik Higgsových částic. A pro objevení hypotetických částic, které předpovídají teorie doplňující standardní model, bude třeba ještě mnohem více srážek.

Aby bylo možné získat tak neuvěřitelné množství srážek v rozumně krátké době, musí LHC urychlovat najednou celé shluky protonů. Každý shluk sice obsahuje několik miliard protonů, ale i přesto dochází v současné době při každém průniku shluků k jen asi dvaceti vzájemným srážkám. Jedna možnost, jak zvýšit frekvenci srážek, je zvýšit množství vzájemných srážek při jednom průniku. Na souběžné měření velkého množství srážek však nejsou detektory v současné době stavěné. Jinou možností je zvýšit frekvenci, s jakou dochází k průniku jednotlivých shluků. Při prvním období provozu byla doba mezi jednotlivými průniky 50 ns, což odpovídá 20 milionům průniků za sekundu. V plánu je však zmenšit tuto dobu na polovinu, takže LHC bude schopno produkovat až 600 milionů srážek za sekundu. Jednou z největších překážek v tomto plánu je elektronový mrak.

Pokud elektricky nabitá částice obíhá po kruhové trajektorii, jako je tomu v případě LHC, vyzařuje elektromagnetické záření (fotony). Jakmile tyto fotony dopadnou na vnitřní stěnu urychlovače, vyrazí z materiálu elektrony díky fotoelektrickému jevu. Tyto volné elektrony jsou pak unášeny elektromagnetickým polem dalšího shluku protonů. Jakmile elektrony dopadnou na stěnu urychlovače, vyrazí z ní další elektrony a takto pokračuje proces jako lavina dále. Vnitřní stěna trubice je tedy



Large Hadron Collider (LHC) – částicový urychlovač o obvodu 27 km je umístěn 100 metrů pod zemí v laboratoři CERN.

neustále bombardována částicemi, což vede k jejímu zahřívání. A teplo je pro urychlovač smrtící!

Rychlost rovná 99. 9999991 % rychlosti světla

Abychom mohli urychlovat protony na kruhové dráze na rychlost rovnou 99. 9999991 % rychlosti světla, potřebujeme k tomu velmi intenzivní magnetické pole. To musí být natolik silné, že pokud bychom vyrobili elektromagnety, které ho mají produkovat, z konvenčních materiálů, okamžitě by se roztavily. Proto je třeba použít jiný typ materiálu – supravodiče. Tyto typy materiálu nekladou odpor procházejícímu elektrickému proudu, a tudíž neprodukují nežádoucí teplo. Všechny známé supravodivé materiály ale mají tyto vlastnosti pouze při extrémně nízkých teplotách. Z tohoto důvodu musí LHC udržovat při provozu teplotu -271,3 °C. Jakmile by se teplota o něco zvýšila, supravodivost materiálu by pominula a elektromagnety by se roztavily.

Elektrony, které jsou zodpovědné za tvorbu elektronového mraku, pochá-

zejí z vnějších vrstev elektronového obalu atomů, které tvoří materiál stěny urychlovače. Strategie, jak omezit vliv těchto mraků na LHC, spočívá v zavedení předstartovní procedury, při které dojde k vyražení co nejvíce těchto elektronů z materiálu. Tato procedura se nazývá „scrubbing“. Elektrony jsou následně odvedeny pryč z trubice urychlovače a LHC pak může být normálně spuštěno.

Je však stále otevřenou otázkou, zda je „scrubbing“ dostatečně účinný. Zkušenosti z předchozích let fungování urychlovače nedaly prokazatelnou odpověď. Výskyt elektronových mraků byl sice redukován, nezmizely ovšem úplně a stále měly vliv na provoz LHC. Další studium problému a vylepšení vyvinutá za posledních několik let dávají naději, že budeme schopni rozptýlit tento mrak na obzoru LHC a díky tomu budeme moci vyrazit plnou parou do dalšího dobrodružství objevování.

autoři: Jesus Guillermo Contreras,
Jan Čepila
foto: CERN

Na Katedře fyziky FJFI ČVUT

působí již dlouhou dobu aktivní skupina vědců a studentů, kteří pracují na projektu LHC v CERN v rámci experimentů ALICE a ATLAS. Kromě práce na konstrukci a provozu vnitřního dráhového detektoru ALICE se skupina věnuje analýze a interpretaci naměřených dat v oblastech fyziky jetů, produkce vektorových bosonů, vícenásobných partonových interakcí a produkce těžkých kvarků. V rámci programu Návrat přišel v roce 2013 na Katedru fyziky FJFI profesor Jesus Guillermo Contreras z Cinvestav Mexiko a rozšířil spektrum řešených výzkumných témat o problematiku ultra-periferálních jaderných srážek, fyziku partonové saturace a v neposlední řadě o studium problematiky elektronových mraků.

Německý křídový lom dostal druhé české kolesové rýpadlo

Do severoněmeckého křídového lomu VKD zamířilo v krátké době už druhé české kolesové rýpadlo K100. Navrhla a vyprojektovala jej společnost NOEN, pro kterou je unikátní v tom, že je to nejmenší ze strojů, jež nabízí. Navíc se jedná o vůbec první stroje této vývojové řady.

První rýpadlo (s označením K100.1) obdržel německý zákazník loni na podzim. Druhé (s označením K100.2) dostal dle dohody na začátku roku 2015.

Kompaktní kolesové rýpadlo K100 navrhli projektanti společnosti NOEN pro specifické podmínky křídového lomu. Složení hornin v něm je převážně tvořeno křídou s vrstvami pazourku. Materiál odtěží korečky kola, které je poháněno pomocí elektromechanického pohonu. Odebíraný materiál putuje od kola po dopravním páse přes kolesový výložník na nakládací výložník, odtud pokračuje na následnou dálkovou pásovou dopravu.

Celý stroj stojí na housenicovém podvozku, který je schopen se otočit o 360° a je poháněn hydraulickými pohony. Zvedací systém pro kolesový výložník, stejně jako pro nakládací výložník, je poháněn též hydraulicky. Rýpadlo má centrální

mazací systém a může být transportováno jako celek bez nutnosti větší demontáže jednotlivých komponent.

První rýpadlo (K100.1) je v severoněmeckém lomu už půl roku v úspěšném provozu. „Stroj odvedl velký kus práce. Pracuje v náročných podmínkách, téměř sto metrů pod úrovní moře, a je velmi spolehlivý. Navíc je efektivnější než stávající bagry. V průběhu podzemních a zimních měsíců šetřil deset procent energie, po zprůměrování s letními měsíci se předpokládá ještě větší úspora. Opatření zubů jednotlivých koreček je pětina oproti dřívější těžbě,“ popsal dosavadní pozitivní reference ředitel dolu VKD.

Dodávka obou rýpadel je významná nejen pro společnost NOEN, ale také pro celou Českou republiku, která na obdobný obchod čekala od 80. let, tedy tři desetiletí. Společnost NOEN získala

zakázku ve standardním výběrovém řízení za účasti široké mezinárodní konkurence, její finanční objem dosahuje několik desítek miliónů korun.

„Rozhodující byla cena a schopnost našich inženýrů. Projektční způsobilost pro stavbu kolesového rýpadla řadí NOEN mezi úzkou skupinu několika firem na světě,“ uvedla tisková mluvčí společnosti NOEN Kateřina Rosová. Výrobu strojů měly na starost firmy spadající do holdingu NOEN (Elektroprim Koutník, SEA) a také společnost Teplická strojírna.

Společnost NOEN vyrostla výhradně na českém trhu a poslední roky intenzivně investuje do rozvoje zahraničního obchodu. Projekt těchto dvou kolesových rýpadel je prvním uzavřeným kontraktem na dodávku finálního výrobku na zahraniční trh. Doposud společnost v zahraničí prodávala pouze inženýrské hodiny.



Hlavní technické parametry stroje K100:

Celková hmotnost: cca 71 t
Teoretická výkonnost stroje: 120 t/h
Těžený materiál: křída CaCO_3
Šířka pásu: 800 mm
Průměr kola: 4 100 mm
Typ pohonu kola: elektromechanický
Výkon pohonu kola: 90 kW
Objem korečku: 100 dm³

NOEN, a. s.

Václavské náměstí 56, Praha 1
MgA. Kateřina Rosová –
tisková mluvčí,
marketingová ředitelka
Tel.: +420 602 464 278
E-mail: rosova@noen.cz
www.noen.cz

NOEN, a.s. působí na českém i zahraničním trhu již přes patnáct let. NOEN, a.s. je česká firma s vlastním vývojem a odbornou znalostí pro vývoj a dodání na klíč technologického zařízení pro kontinuální povrchovou těžbu a dálkovou pásovou dopravu velkých objemů sypaných materiálů. Akciová společnost NOEN zaměstnává tým více než 100 vysoce odborných pracovníků, projektantů a konstruktérů s dlouholetou praxí. Během svého působení se NOEN, a.s. stala hlavním partnerem Severočeských dolů, a.s. Mezi další významné společnosti, se kterými spolupracuje, patří ČEZ, a.s., Mostecká uhelná společnost a.s., Sokolovská uhelná a.s. a ŠKODA PRAHA Invest s.r.o.



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.



**Navštivte nás na výstavě
IDET 2015, 19. – 21. 5.,
Brno, pavilon P, stánek 34**

PANDUR II 8x8

- › Díky partnerství s koncernem GENERAL DYNAMICS European Land Systems je EXCALIBUR ARMY exkluzivním dodavatelem servisních služeb pro vozidla PANDUR II 8x8 CZ ve výzbroji Armády ČR.
- › EXCALIBUR ARMY vlastní kompletní know-how a technologie pro výrobu a přestavbu vozidel PANDUR II 8x8.
- › EXCALIBUR ARMY je exkluzivní výrobce vozidel PANDUR II 8x8 v různých variantách pro vybraná teritoria.

www.excaliburarmy.cz

20 1995
LET
2015

ČLEN SKUPINY:
MEMBER OF: **EG** EXCALIBUR
GROUP