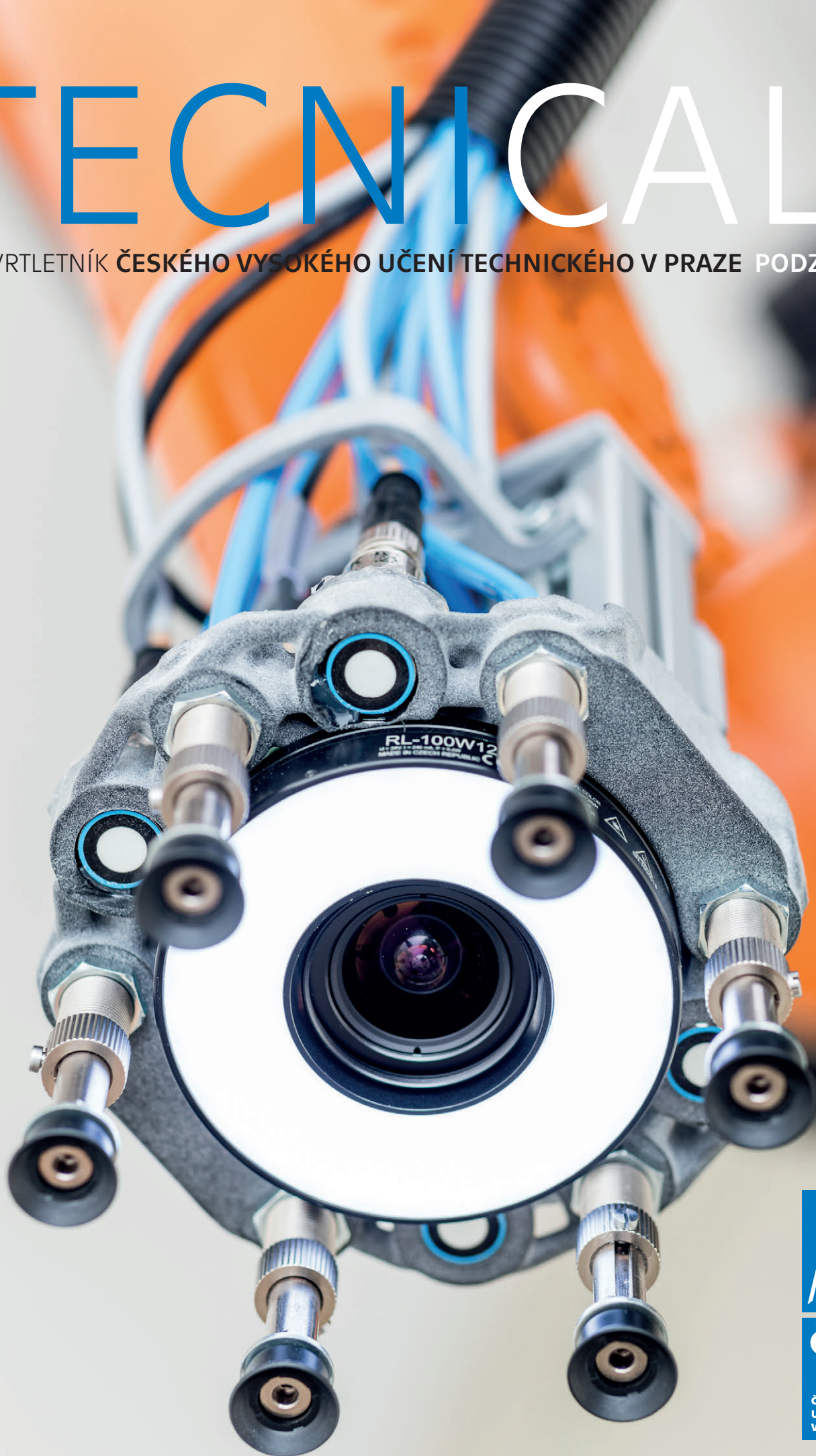


TECHNICALL[®]

ČTVRTLETNÍK ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE PODZIM 2020



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



POJĎTE S NÁMI VYTVÁŘET DIGITÁLNÍ BANKU BUDOUCNOSTI

Navštivte kb.jobs.cz a zjistěte, jaké možnosti
Vám nabízíme.



**BUDOUCNOST
JSTE VY**  **KB**

doc. RNDr. VOJTĚCH PETRÁČEK, CSc.
Vojtech.Petracek@cvut.cz



Vážené čtenářky, vážení čtenáři, umělá inteligence dnes pomáhá ve všech odvětvích lidské činnosti od průmyslové výroby, přes ochranu životního prostředí až po zdravotnictví. Jsem hrdý na to, že na Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT vznikl Testbed, který pomáhá řešit úkoly spojené s Průmyslem 4.0 v těsném sepětí výzkumu a vývoje a naplňuje tak spolupráci s partnery při testování inovativních řešení pro pokročilou a plně integrovanou průmyslovou výrobu. Připomeňme také Národní centrum Průmyslu 4.0, které vzniklo v roce 2017 jako specializované a unikátní pracoviště právě na ČVUT. Máme ale i další excelentní pracoviště, která se již několik let umělou inteligencí a jejím přenosem do praxe zabývají. Jedná se o 3D tisk, digitální modelování pro stavební průmysl, automatické testování pro automobilový průmysl nebo využití AI v logistice. Průmyslové umělé inteligenci v evropském kon-

textu a dopadech koronakrizy na Průmysl 4.0 se věnuje v úvodu čísla profesor Wolfgang Wahlster, uznávaný odborník a zakladatel Německého výzkumného centra pro umělou inteligenci DFKI, který převzal v roce 2020 čestný doktorát ČVUT.

Výzkumem v oblasti Průmyslu 4.0, novými metodami a postupy se zabývají také kolegové na Fakultě strojní ČVUT. Zde byl akreditován před pěti lety studijní program pro navazující magisterské studium s tímto názvem. Více vám přiblíží rozhovor s děkanem Fakulty strojní ČVUT profesorem Michaelem Valáškem.

V souvislosti s tématem umělé inteligence nemohu zapomenout ani na chytrou dopravu, respektive rovinu tematiky Smart Cities jako takové. Díky automatizaci nedochází ke změnám pouze ve výrobních procesech, ale i v dalších oblastech, jako je energetika, logistika, doprava, bezpečnost a vodní a odpadové hospodářství. Na Fakultě dopravní ČVUT se těmito tématy zabývají také naši akademičtí pracovníci v rovině studia, a proto připravují ve spolupráci s University of Texas nový double degree program.

Součástí Smart Cities je také spolehlivá a rychlá komunikace mezi zařízeními a člověkem. Výzkum nových generací komunikačních sítí řeší specialisté z Katedry telekomunikační techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT. Na této fakultě před lety vznikla Laboratoř inteligentního testování systémů, kde se zkoumá automatizované testování kvality vozidel.

Na Katedře inženýrské informatiky Fakulty stavební naši odborníci navrhují a testují postupy aplikace optických metod pro tvorbu digitálních 3D modelů nejen budov, ale i soch, památníků a uměleckých děl.

Jak se dále budete moci dočíst, na ČVUT je celá řada pracovišť, kde naši výzkumníci zkoumají využití umělé inteligence pro náš budoucí život. Doufám, že si toto číslo časopisu TecniCall přečtete se stejným zaujetím jako já, protože umělá inteligence může být do budoucna klíčem ke dveřím vedoucím k průlomovým objevům.

doc. Vojtěch Petráček,
rektor ČVUT v Praze

Z obsahu

> Průmysl 4.0 je na ČVUT doma	4	> Tvorba digitálního modelu staveb	24
> Umělá inteligence v továrnách budoucnosti Hovoříme s profesorem Wolfgangem Wahlsterem	6	> Smart Cities Chytrá doprava i Evropská třída	26
> Centrum RICAIP Mezinárodně propojené testbedy	8	> Mobilní sítě 5G v průmyslu	28
> EIT Manufacturing Hub	12	> Automatizované testování vozů	30
> Národní centrum Průmyslu 4.0	15	> Strojové učení při navrhování styčnicků ocelových konstrukcí	31
> Úspěchy v umělé inteligenci na světové úrovni	18	> Robotická „stavebnice“	32
> PRVOK Zatěžovací zkouška domu z 3D tisku	19	> Software na míru	33
> Průmysl 4.0 určitě změní celou společnost Rozhovor s profesorem Michaelem Valáškem	20	> Od hlavolamů ke skladové logistice	34
> Strojrenství 21. století	22	> Multisenzorický biotelemetrický systém	36
		> Inteligentní bílá hůl	37



TecniCall / podzim 2020
Časopis pro spolupráci vědy a praxe

Vydavatel:
Rektorát ČVUT
Jugoslávských partyzánů 1580/3,
166 36 Praha 6
IČ: 68407700

<https://www.cvut.cz/casopisy>

Periodicita: čtvrtletník
Náklad: 2 000 ks / cena: zdarma
Evidenční číslo: MK ČR E 17564
ISSN 1805-1030

Šéfredaktorka
Mgr. Andrea Vondráková
Andrea.Vondrakova@cvut.cz

Editorka
PhDr. Vladimíra Kučerová

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

Fakulta strojní
PhDr. Ladislav Lašek
Ladislav.Lasek@fsf.cvut.cz

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

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Eva Prostejovská
eva.prostejovska@jfifi.cvut.cz

Fakulta architektury
Ing. arch. Jan Jakub Tesař, Ph.D.
tesarjan@fa.cvut.cz

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

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

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

Design
Michaela Kubátová Petrová,
Lenka Klímtová / Nakladatelství ČVUT

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

Distribuce
ČVUT v Praze

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

Tisk
Grafotechna Plus, s. r. o.

Foto na titulní straně:
Lukáš Legierski, www.lukaslegi.com

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



Nový autopilot

Nový model autopilota tradiční značky BendixKing s názvem AeroCruze 230 určený pro kategorii malých letadel uvedla na trh brněnská pobočka Honeywell Aerospace s podporou vědců z Katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT. Při certifikaci zařízení u amerického kontrolního úřadu Federal Aviation Administration český tým vývojářů využil vlastní metodiku, která umožnila certifikovat autopilota téměř pro 60 různých typů letadel zároveň. Projekt je ukázkou funkční spolupráce mezi českou univerzitou a globální technologickou firmou s přímým pozitivním dopadem na letecký průmysl.

(red) foto: archiv

Cena za Průmysl 4.0

Projekt pro integraci průmyslových robotů z dílny Blumenbecker Prag s.r.o., Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze a Fakulty strojíního inženýrství VUT v Brně v říjnu získal Cenu Svazu průmyslu a dopravy ČR za Průmysl 4.0. Oceněn byl inovativní přístup a řešení v oblasti technologií pro integraci průmyslových robotů při realizaci funkční testovací robotické platformy, ke které existuje i tzv. digitální dvojče. Na testovacím pracovišti se ověřila koncepce virtuálního zprovoznění robotické linky, která prokázala jeho smyslnost s ohledem na úsporu času při uvádění do provozu či s ohledem na eliminaci dílčích technických rizik. CIIRC ČVUT vyvinul algoritmus a SW nástroj (ve formě pluginu do prostředí Siemens Process Simulate), který dokáže optimalizovat výrobní takt a spotřebu energie robotické linky.

(red) foto: CIIRC



Lůžka On-line výstupem platformy ATLAS21.cz

On-line monitoring kapacit lůžek v nemocnicích je tématem, které rezonuje v souvislosti s rostoucím počtem hospitalizovaných s nemocí covid-19. Integrovaný systém, který na pomoc zdravotníkům i krizovému managementu vyvinul Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT a start-up TRIX Connections, umí automaticky a bezpečně propojit a zpracovat online živá data přímo z nemocnic. Ve spolupráci s VŠB-TUO byla v rámci pilotu vytvořena pro FN Ostrava struktura, která koresponduje s jejími 21 odděleními. Na začátku listopadu byl proveden úspěšný test spojení mezi nemocnicí a systémem. Analogicky lze vytvořit strukturu pro všechny nemocnice v Moravskoslezském kraji a dále jej rozšířit na všechny kraje ČR. Monitoring lůžek je postaven na platformě Microsoft Azure a funguje jako webová služba, která přijímá aktuální data o obsazenosti lůžek. Dokáže v reálném čase propojit data nejen z nemocnic, ale i od dalších poskytovatelů lůžkové péče. Proces implementace celého projektu byl od začátku dokumentován a stává se prvním reportážním výstupem platformy ATLAS21.cz, která při této příležitosti vznikla na CIIRC ČVUT za účelem informování o pozitivních dopadech českých technologických řešení v době pandemie. Tato otevřená platforma je zaměřena na české technologie a počiny, jež pomáhají lépe zvládat krizi spojenou s pandemií. Informuje o nejnovějších technologických řešeních, inovačním potenciálu českých firem a akademické sféry, o celospolečenských aktivitách, které pomáhají v boji proti pandemii covid-19.

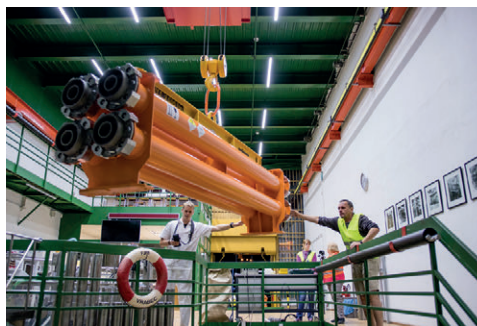
(red) foto: Marie Svatoňová



Úspěšná WAVE 120

Projekt vývoje mikroelektrárny WAVE 120 probíhající v Univerzitním centru energeticky efektivních budov ČVUT se významně přiblížil fázi jejího reálného uplatnění na trhu. Oficiální měření potvrdilo, že zařízení dosáhlo parametrů potřebných k získání tzv. Ekodesignu a může být instalováno prakticky v celé Evropské unii. Projekt byl podpořen Technologickou agenturou ČR. Mikroelektrárna WAVE 120 splňuje všechny požadavky obsažené v nařízení Komise EU pro kogenerační jednotky na biomasu. Ekodesign je soubor parametrů (především energetická účinnost), které musí dodržet dodavatel (výrobce nebo dovozce) výrobku spojeného se spotřebou energie při jeho uvedení na trh EU, popř. do provozu. Záměrem legislativy je podpořit rozšíření nejúčinnějších technologií a snížit tak spotřebu energie ve fázi používání výrobku. Mikrokogenerační zařízení WAVE si lze jednoduše představit jako plně automatický biomasový kotel s přidruženou výrobou elektřiny. Zatímco běžné kotle pro svůj provoz elektřinu spotřebovávají, jednotka WAVE si pro svůj provoz elektřinu vyrobí a přebytečnou elektřinu je schopna dodat do připojeného objektu, případně distribuční síti.

(red)



Stavba druhého školního štěpného reaktoru

Na začátku listopadu vydal Státní úřad pro jadernou bezpečnost povolení k umístění podkritického reaktoru VR-2 Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze (FJFI). Nový reaktor by měl být spuštěn v roce 2022. „S naším stávajícím reaktorem VR-1 Vrabec už narážíme na kapacitní limity, protože zájem jak o vzdělávací, tak výzkumné aktivity je velký. To byl hlavní důvod, proč jsme už před lety začali uvažovat o myšlence vybudování druhého reaktoru,“ vysvětluje Ing. Jan Rataj, Ph.D., vedoucí Katedry jaderných reaktorů FJFI. Nové zařízení je klasifikováno jako podkritický reaktor. Jeho konstrukce je velmi jednoduchá: tvoří ji válcová nádoba vysoká zhruba 1,7 metru o objemu zhruba 2 200 litrů. Jedná se o specifické výzkumné jaderné zařízení, které k udržení štěpné řetězové reakce potřebuje externí zdroj neutronů, takže k jeho odstavení stačí pouze vypnout tento zdroj.

Jan Kadeřábek, FJFI
foto: FJFI



CoroVent už je v nemocnicích

Plicní ventilátory CoroVent vyvinuté na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT a zaplacené ze sbírky občanů a firem jsou dodávány do nemocnic. Umožnilo to povolení od Ministerstva zdravotnictví ČR, které zařízení získalo 22. října. První instalace proběhla 31. října v Krajské zdravotní – Masarykově nemocnici Ústí nad Labem, kde byl pacient poprvé připojen na tento ventilátor. Další byly instalovány v nemocnicích v Rychnově nad Kněžnou, Slaném, Valašském Meziříčí, Žatci, Broumově či Liberci. Vývoj plicního ventilátoru CoroVent započal tým pod vedením prof. Karla Roubíka z FBMI ČVUT letos v březnu. Zařízení začala sériově vyrábět společnost MICo Medical v Třebíči na základě licence ČVUT.

(red) foto: Jiří Ryszawy

Mezinárodní projekt SHui pomáhá zemědělství

Fakulta stavební ČVUT se v prestižním mezinárodním projektu SHui (Soil Hydrology research platform underpinning innovation to manage water scarcity in European and Chinese cropping systems) zaměřuje na opatření, jež by měla pomoci zadržet vodu v krajině. Cílem je hledat inovativní způsoby zajištění udržitelného zásobování vodou pro zemědělství v podmínkách Evropy a Číny, a to i s ohledem ke klimatickým změnám. Projekt, jenž je součástí programu H2020, začal v roce 2018 a ukončen bude v září 2022. Účastní se ho celkem 19 prestižních institucí z devíti evropských zemí a Číny. Týmu Katedry hydromeliorecí a krajinného

inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze se do něj podařilo začlenit v náročném dvoukolovém výběrovém řízení. SHui představuje multidisciplinární projekt se specifickými úkoly pro každý tým. „Prioritou je zapojení špičkových vědců z různých oborů ze zúčastněných zemí. Jednotlivá témata se navzájem propojují, navazují a předávají, každý tým pracuje ve své zemi a na svém úkolu, takže se transdisciplinárním výzkumem získají data a informace, jež by jedna instituce nebyla schopna nikdy zajistit,“ popisuje unikátnost projektu doc. Tomáš Dostál z Katedry hydromeliorecí a krajinného inženýrství FSv.

Vědci z pražské technické univerzity se věnují hydrologickému a eroznímu modelování a vedou pracovní balíček, ve kterém se toto téma řeší. „Soustředíme se na pohyb vody na povrchu půdy i v půdě, na její vsakování, i povrchový odtok. Matematicky potom modelujeme jak možnosti udržení vody v krajině, tak poškozování půdy zejména vodní erozí. Spolu s tím se zaměřujeme na výzkum pohybu vody ve vztahu k tomu, jak rostliny umí dostupnou vodu využívat. Tam, kde voda chybí, hledáme cesty, jak ji pro rostliny zajistit.“

Mgr. Lidmila Kábrtová, FSv
foto: FSv

Mgr. ALENA NOVÁKOVÁ
Alena.Novakova@cvut.cz

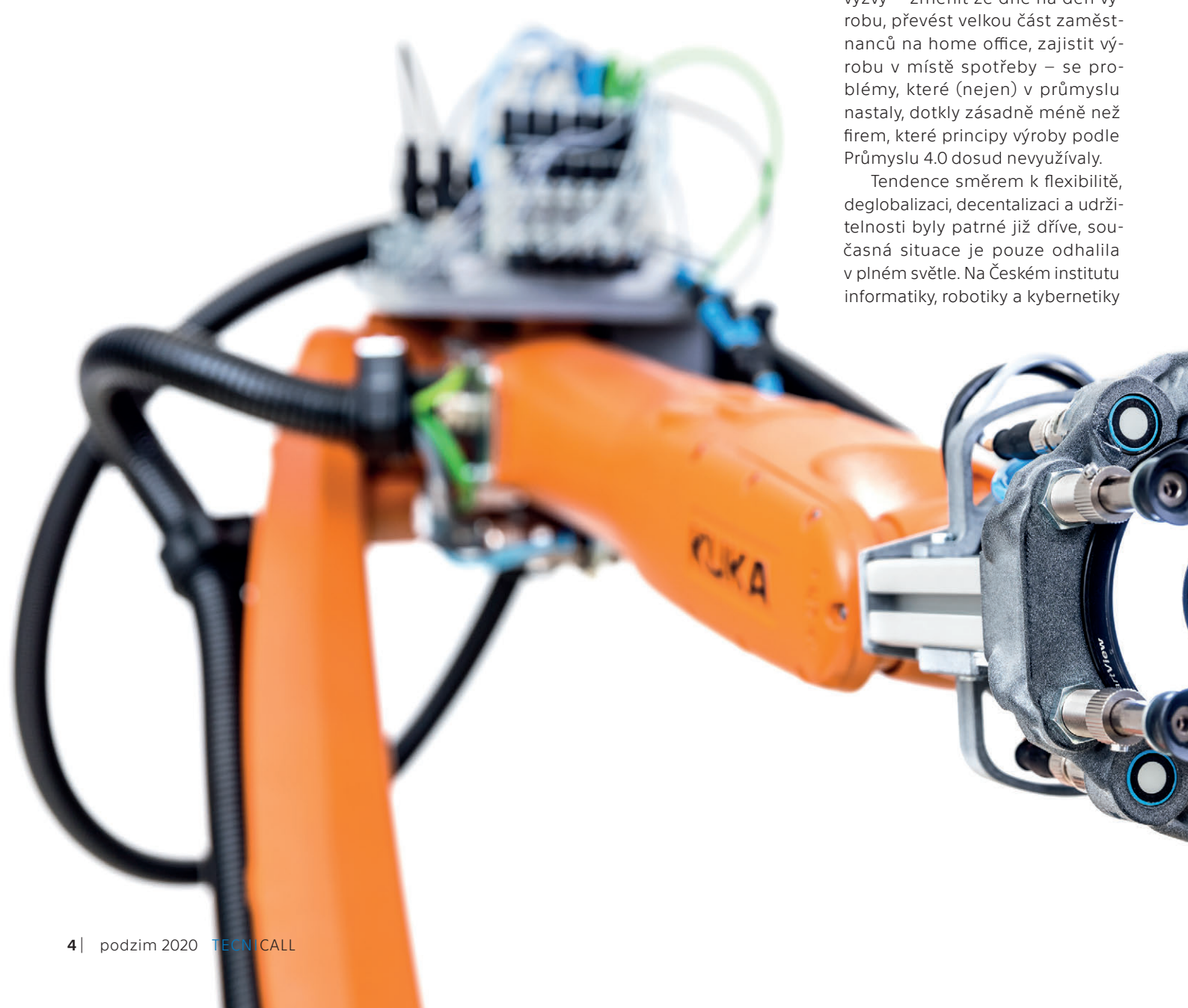
Průmysl 4.0

je na ČVUT doma

Ať už budeme na rok 2020 zpětně nahlížet jakkoli, vždycky jej budeme označovat za určitý milník. Světová pandemie koronaviru, která na čas zastavila ekonomiku, velmi zkomplikovala pohyb zboží i osob – zásobování, výrobu, distribuci. Jako každá velká přelomová událost v plném světle ukázala na tendence a změny, které postupně ve společnosti probíhají. S velkou dávkou zjednodušení by se dalo říci, že Průmysl 4.0 je technologickou odpovědí na tyto tendence.

Tak jako každá černá labuť, tedy zásadní, ale neočekávaná událost, má i pandemie nemoci covid-19 své vítěze a poražené. V oblasti průmyslu lze jednoznačně označit za vítěze Průmysl 4.0. Ukázalo se, že právě společnosti, které byly dostatečně technologicky připravené a dokázaly pružně reagovat na výzvy – změnit ze dne na den výrobu, převést velkou část zaměstnanců na home office, zajistit výrobu v místě spotřeby – se problémy, které (nejen) v průmyslu nastaly, dotkly zásadně méně než firem, které principy výroby podle Průmyslu 4.0 dosud nevyužívaly.

Tendence směrem k flexibilitě, deglobalizaci, decentralizaci a udržitelnosti byly patrné již dříve, současná situace je pouze odhalila v plném světle. Na Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky



I pandemie nemoci covid-19 má své vítěze a poražené. V oblasti průmyslu lze jednoznačně označit za vítěze Průmysl 4.0. Ukázalo se, že právě společnosti, které byly dostatečně technologicky připravené a dokázaly pružně reagovat na výzvy – změnit ze dne na den výrobu, převést velkou část zaměstnanců na home office, zajistit výrobu v místě spotřeby – se problémy, které (nejen) v průmyslu nastaly, dotkly zásadně méně než firem, které principy výroby podle Průmyslu 4.0 dosud nevyužívaly.

ČVUT (CIIRC ČVUT) jsme se Průmyslem 4.0 zabývali od jeho prvopočátků, a to od doby, kdy s tímto konceptem přišel i dlouhodobý spolupracovník CIIRC ČVUT a významný německý vědec profesor Wolfgang Wahlster. Rozhovor s ním k letošnímu desátému výročí termínu Průmysl 4.0 si můžete přečíst na následující dvoustraně. I díky této spolupráci zakladatele CIIRC ČVUT profesora Vladimíra Maříka a dalších českých vizionářů z oblasti akademie a průmyslu vznikla v České republice iniciativa Průmysl 4.0, kterou posléze přijalo i Ministerstvo průmyslu a obchodu a česká vláda. Nedá se přesto říci, že by si Průmysl 4.0 hledal své místo snadno. Jako každá větší změna vyžadující nejen investice, ale i změnu přístupu a myšlení se setkával (a do jisté míry stále setkává) s řadou nepochopení. I z tohoto

důvodu vzniklo na podzim roku 2017 na CIIRC ČVUT specializované pracoviště – Národní centrum Průmyslu 4.0 (NCP4.0), které se v prvotní fázi zabývalo především vytvářením ekosystému pro Průmysl 4.0, především spoluprací průmyslových firem, akademických institucí a předmětných svazů, komor či inovačních center a osvětě v této oblasti. Centru se v současnosti velmi daří a v českém Průmyslu 4.0 hraje stále významnější roli. Zásadní pro prosazování principů 4.0 se stalo i otevření prvního Testbedu pro Průmysl 4.0 v ČR, opět již v roce 2017. Testbed představuje vizi chytrých továren budoucnosti – plně integrovaného, automatizovaného a průběžně optimalizovaného prostředí založeného na principu propojení výrobních zařízení do tzv. kyberneticko-fyzických systémů.

Centra, jako je NCP4.0 a Testbed pro Průmysl 4.0, by ale sama o sobě nebyla dostačující pro skutečnou implementaci a širší prosazování konceptu Průmyslu 4.0 v ČR, pokud by nebyla postavená na spolupráci s vědou. Průmysl 4.0 je na CIIRC ČVUT doma, a je to i jeden ze čtyř pilířů jeho vědecké práce: jak v základním, tak aplikovaném výzkumu. Týmy oddělení Inteligentních systémů, Průmyslové informatiky a Robotiky a strojového vnímání se intenzivně věnují spolupráci s průmyslem a přinášejí řadu efektivních řešení v rozličných oblastech. Na CIIRC ČVUT mají společné laboratoře i společnosti Škoda Auto, Eaton, Rokwell Automation nebo Siemens.

V oblasti mezinárodní výzkumné spolupráce se podařilo dosáhnout významného úspěchu. CIIRC ČVUT koordinuje aktuálně jeden z největších projektů podpořených z evropských peněz v oblasti umělé inteli-

gence pro Průmysl 4.0. Jaké projekty řeší – či bude řešit – nově vznikající centrum RICAIP (česky Výzkumné a inovační centrum pro pokročilou průmyslovou výrobu)? I o tom se dočtete na následujících stránkách. Orientace CIIRC ČVUT na propojování výzkumu a podnikání se vzděláváním se posouvá skutečně na mezinárodní úroveň. Spolu s Fakultou strojní ČVUT podporují jeho vědci rozvoj českého ekosystému zaměřeného na výrobu díky napojení na největší evropskou inovační síť EIT Manufacturing.

Dnes velmi diskutovaná umělá inteligence (AI) – ať už se jedná o strojové učení, počítačové vidění, deep learning nebo automatické rozhodování, je klíčová i pro chytré průmyslové aplikace. Na CIIRC ČVUT tedy kromě ekosystému pro Průmysl 4.0 rozvíjíme i ekosystém pro umělou inteligenci, a to jak na domácím, tak mezinárodním poli. Sídli zde české pobočky mezinárodních iniciativ ELLIS a CLAIRE, jsme Evropský digitální inovační hub pro AI a DIH World. Spolupráce mezi akademií a průmyslem (transfer znalostí) i ta mezioborová a mezinárodní je pro styl práce na CIIRC ČVUT klíčová a v určitém smyslu kopíruje i již zmíněné tendence Průmyslu 4.0 – sdílení či společné využívání kapacit či strojů nebo spolupráce člověka a stroje.

Jak se bude společnost nadále vyvíjet a jak naše životy ovlivní jediný virus, přesně říci neumíme. Jedno je ale jasné – Průmysl 4.0 již prokázal svou životaschopnost a budeme se s ním setkávat čím dál častěji. Vyplatí se tedy sledovat i činnost CIIRC ČVUT.

autorka: Alena Nováková
foto: Lukáš Legierski

Průmysl 4.0 je na Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT doma, je to jeden ze čtyř pilířů jeho vědecké práce jak v základním, tak aplikovaném výzkumu. Je technologickou odpovědí na tendence vývoje společnosti.



Umělá inteligence v továrnách budoucnosti |

Nejen o Průmyslu 4.0 hovoříme s profesorem Wolfgangem Wahlsterem

Kdy a s jakým záměrem jste poprvé definoval pojem Průmysl 4.0, který i mimo německé prostředí vešel ve známost jako Industrie 4.0?

Z pověření Spolkové vlády jsme ve Výzkumné unii už v roce 2010 navrhli pro Německo důležitý projekt budoucnosti zaměřený na využívání kyberfyzikálních systémů a internetu věcí. Usadili jsme vše do oblasti kyberfyzikálních výrobních systémů, neboť v Německu je každé druhé pracoviště přímo nebo nepřímo závislé na výrobě fyzických produktů. V prosinci 2010 jsem poté na jednání v Německé akademii technických věd v Berlíně s kolegy Kagermannem a Lukasek navrhl, aby se tento projekt budoucnosti nazýval Industrie 4.0. Tímto bude přes označení 4.0 ohlášena čtvrtá průmyslová revoluce a současně naznačena důležitá budoucí role softwaru způsobem obvyklým v IT pro označování verzí. Prvního dubna 2011 se v týdeníku a portálu VDI-Nachrichten objevil náš první článek o Průmyslu 4.0 s názvem „Industrie 4.0: S internetem věcí na cestě ke čtvrté průmyslové revoluci“. A patnáctého června 2011 jsem poprvé na internetu sdílel svoji grafiku čtyř stupňů průmyslových revolucí, kterou poté přeložily a převzaly tisíce kolegů po celém světě. Intuitivně srozumitelná grafika nepochybně přispěla k razantnímu rozšíření pojmu Industrie 4.0. Globální triumf tohoto výrazu také vedl k tomu, že se v mnoha zemích doposud používá německý pojem Industrie 4.0.

Měli jste nějaké přípravné práce k Průmyslu 4.0, na kterých jste mohli tento koncept postavit?

Ano, při specifikaci charakteristik pro Industrie 4.0 jsme mohli stavět na konkrétních výsledcích

výzkumu institutu DFKI, které byly dosahovány již od roku 2005 v naší světově první inteligentní továrně v Kaiserslauternu. Na základě demonstrátoru provedeným mým kolegou Zühlkem jsem už od roku 2008 vedl projekt „SemProm“ zaměřený na sémantické produktové paměti, který každému továrnímu modulu a každému výrobnímu produktu přidělil digitální dvojče. To uloží funkci a celou historii provozu fyzického objektu do strojově srozumitelné reprezentace a aktivně řídí samotný výrobní proces, takže je ekonomicky možná masová customizace až do velikosti výrobní dávky 1. V roce 2011 se mi podařilo úspěšně dokončit projekt financovaný německým ministerstvem školství BMBF a vydat knihu v nakladatelství Springer, která je i dnes zásadním základem pro Industrie 4.0. V té době jsme v DFKI již byli schopni vyrábět tekutá mýdla v různých směsích přizpůsobených zákazníkovi na plně funkčním zařízení podle Průmyslu 4.0 v architektuře orientované na služby. Věděli jsme tedy, o čem mluvíme, když jsme pojem Industrie 4.0 uvedli do světa.

Věřili jste už tenkrát, že tento koncept bude mít globální úspěch? A kdy podle vás skončí čtvrtá průmyslová revoluce?

Už v té době jsem byl přesvědčen, že Industrie 4.0 přinese zejména díky pokroku umělé inteligence, na kterou se specializují, průlom pro internet věcí v továrnách. Ta myšlenka zažehla jako raketa a je stále velmi aktuální. Průmyslové revoluce nelze zcela realizovat během jedné dekády, nýbrž zpravidla potřebují minimálně třicet let. Celosvětově je dnes teprve maximálně deset procent všech továr-

ren převedeno na Průmysl 4.0 a určitě bude trvat ještě do roku 2030, než bude více než polovina všech světových továren fungovat podle principů Průmyslu 4.0. Dnes v některých zemích světa stále existují provozy, ve kterých se pracuje podle standardu Průmyslu 2.0 zcela bez digitalizace.

Průmyslovou umělou inteligenci považujete za hnací sílu pro novou generaci inteligentních továren. Proč?

Umělá inteligence je avantgardou digitalizace. První vlna digitalizace průmyslové výroby byla v inovativních podnicích právě dokončena: data jsou ukládána, přenášena a zpracovávána již pouze digitálně. Jsou strojově čitelná, ale zatím nejsou strojově srozumitelná. Druhá vlna digitalizace je založena na technologiích umělé inteligence. Poprvé nyní může AI software také strojová data interpretovat po obsahové stránce. Stroje rozumí lidem v továrně a jejich zamýšleným aktivitám. Stroje mohou sémanticky analyzovat jazykové popisy mechatronického fungování strojů a tímto způsobem si autonomně poradit s novými moduly. Automatické získávání znalostí z Industrie 4.0 může probíhat s využitím umělé inteligence třemi způsoby: prostřednictvím Deep Learning, tedy strojového hlubokého učení ze strojových dat, prostřednictvím strojového porozumění řeči z technických dokumentů a prostřednictvím řečových dialogů s inženýry a technickými pracovníky.

Jaké další trendy určují následující fázi Průmyslu 4.0?

S mobilními sítěmi 5G a poté 6G bude možná bezdrátová komunikace v reálném čase s garantova-

nými dobami latence, takže dálkové ovládání robotů a výrobních strojů stejně tak jako analýza dat ze senzorů na velké vzdálenosti budou nákladově výhodné a univerzální. V DFKI jsme úspěšně nasadili 5G v různých testovacích prostředích. To také umožňuje využívat takzvané Edge Clouds. Můžeme tak v továrnách senzorská data přímo na místě sloučit a pomocí procesů strojového učení analyzovat, například k průběžnému udržování kontroly kvality v každém výrobním kroku. Přitom již nejsou zařízení typu edge pracně zapojována, ale bezdrátově propojena pomocí technologie 5G.

Továrna budoucnosti podle Industrie 4.0 musí běžet v multicloudových architekturách a z důvodů technické suverenity musí být vždy schopna přejít na federované edge cloudy, pokud se to bude jevit jako nutné z bezpečnostních nebo politických důvodů.

Aby bylo možné zajistit interoperabilitu velkého počtu sesíťovaných modulů v Průmyslu 4.0, jsou nyní naléhavě nutné mezinárodní standardy a normy pro nové komponenty umělé inteligence. Pod mým vedením jsme nyní společně s DIN a DKE (Německý institut pro normování) jménem Spolkové vlády dokončili světově první cestovní mapu pro standardizaci umělé inteligence, která bude zveřejněna v listopadu. Normy a standardy zajišťují přístup na globální trh a mohou také představovat rozhodující konkurenční výhodu pro malé a střední společnosti.

Jak se vyvinula globální konkurence?

Německo je stále nejdůležitějším dodavatelem továren na světě, pokud jde o nejvyšší standardy kvality a inovace. Celkově má Evropa v Průmyslu 4.0 stále náskok dva až tři roky ve srovnání s Čínou, Japonskem a USA v této oblasti. K tomu přispívá také dobrá spolupráce v Evropě s německými průkopníky Industrie 4.0. Vynikajícím příkladem je Česká republika, kde se profesor Mařík a jeho tým velmi brzy a důsledně zaměřili na Průmysl 4.0. S jeho mezinárodně uznávanými odbornými znalostmi v oblasti holonických multiagent-

ních systémů také zásadním způsobem přispěl k implementaci nových distribuovaných a na služby orientovaných výrobních architektur. ČVUT je s CIIRC jedním z nejdůležitějších center excelence pro Průmysl 4.0 s vynikajícím aplikačním prostředím v českých továrnách. Spolupráce mezi DFKI a CIIRC, jakož i INRIA ve Francii, TNO v Nizozemsku, DTx CoLabs v Portugalsku a FBK-ITC v Trentu zajistila, že Evropa zůstane vedoucím poskytovatelem a hnacím motorem inovací v Průmyslu 4.0. Náš společný evropský projekt RICAIIP je mezinárodním majákem Industrie 4.0.

Poskytla koronakrizi také relevantní poznatky pro Průmysl 4.0?

Ano, bylo zcela jasné, jak rychle se mohou globální dodavatelské řetězce v pandemii zhroutit. Díky tomu bude aspekt odolnosti dodavatelských řetězců v budoucnu mnohem důležitější. K tomu mohou významně přispět nástroje založené na umělé inteligenci pro monitorování stability dodavatelských řetězců v reálném čase a pro inteligentní přeplánování v logistice. V DFKI jsme byli schopni pro vícero velkých výrobců v Německu implementovat monitorování a přeplánování čínských dodavatelů, což velmi silně omezilo škody způsobené výpadky výroby v souvislosti s koronavirem.

Co radíte studentům technických oborů?

Se studiem na ČVUT máte nejlepší vyhlídky do budoucna, pokud se specializujete na průmyslovou umělou inteligenci. I nadále bude v dalších deseti až dvaceti letech po tomto sektoru velká poptávka v průmyslové a akademické sféře. Díky renomovaným akademickým pracovištím na ČVUT v robotice, strojovém učení, mechatronice, interpretaci senzorů a multiagentních systémech, internetu věcí a softwarových technologiích jsou zde ty nejlepší výchozí podmínky pro interdisciplinární studium průmyslové umělé inteligence na světové úrovni.

zpracovali: **Eva Doležalová**
a **Tilman Becker**
foto: **Jim Rakete, DFKI**



Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster

je světově uznávaný vědec v oblasti počítačových věd, který se zaměřuje na výzkum umělé inteligence a internetu věcí a průmyslové inženýrství. V roce 1988 založil Německé výzkumné centrum pro umělou inteligenci DFKI, které po více než třicet let vedl. DFKI se za dobu jeho působení stalo největším neziskovou institucí pro umělou inteligenci na světě. V současnosti působí prof. Wahlster na DFKI jako výkonný poradce.

Prof. Wahlster je jedním z duchovních otců konceptu Industrie 4.0. Termín poprvé veřejnosti představil spolu se svými kolegy Henningem Kagermannem a Wolf-Dieter Lukase na veletrhu v Hannoveru v roce 2011. Působil jako expert pro inovace ve vládě kancléře Gerharda Schrödera a kancléřky Angely Merkelové, kdy určoval dlouhodobé národní výzkumné programy propojující akademickou sféru a průmysl. Stál u zrodu Evropského inovačního a technologického institutu EIT. V roce 2019 obdržel Velký záslužný řád Spolkové republiky Německo. Německá národní společnost pro informatiku ho zařadila mezi deset nejvlivnějších osobností v oblasti umělé inteligence. Na začátku roku 2020 převzal od rektora ČVUT čestný titul Doctor Honoris Causa za vynikající výzkumné výsledky v oblasti umělé inteligence a Průmyslu 4.0, za dlouhodobou výzkumnou spolupráci s ČVUT v Praze a za významnou inspiraci a podporu, kterou poskytl české iniciativě Průmysl 4.0. Prof. Wolfgang Wahlster vždy podporoval ČVUT a CIIRC a českou vědeckou komunitu. Díky němu se v uplynulých letech významně rozvinula prestižní spolupráce s DFKI, která byla korunována úspěchem v podobě společného projektu mezinárodního výzkumného centra RICAIIP.

Centrum RICAIP | Mezinárodně propojené testbedy

Jak funkčně propojit moderní výrobní uzly tak, aby bylo možné technologicky i kapacitně flexibilně reagovat na aktuální potřeby trhu či (ne)dostupnost zdrojů? Tímto se zabývá mezinárodní výzkumné centrum RICAIP (anglická zkratka pro Výzkumné a inovační centrum pro pokročilou průmyslovou výrobu), které spolu s dalšími třemi partnery buduje Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze (CIIRC ČVUT). Centrum propojuje experimentální pracoviště průmyslové výroby, takzvané testbedy, v Praze, Brně a německém Saarbrückenu. Jedná se aktuálně o jeden z největších nyní realizovaných projektů v oblasti umělé inteligence pro Průmysl 4.0 podpořený z evropských a národních zdrojů ve výši téměř 50 milionů EUR.



Polomaska z 3D tisku – distribuovaná výroba a infrastruktura RICAIP v praxi.

Akutní nedostatek ochranných prostředků pro profesionály první

linie na začátku koronavirové krize uspěl první úspěšné využití technologií RICAIP i samotného konceptu distribuované výroby. Na jaře 2020 vědecký tým CIIRC ČVUT vyvinul a ve zkráceném procesu certifikoval ochrannou polomasku RP95 s nejvyšším stupněm ochrany vyrobenou pomocí 3D tisku. To, co v běžné praxi trvá roky, se v tomto případě podařilo během jednoho březnového týdne. Roli sehrála kombinace umu výzkumníků CIIRC ČVUT, zapojení firem a také možnost využít technologie, které byly do Testbedu pro Průmysl 4.0 instalované právě díky RICAIP. Data pro 3D tisk masky byla nabídnuta jako bezplatná licence celému světu. Stáhly si je stovky institucí z více než třiceti zemí světa včetně amerického námořnictva nebo NATO.

RICAIP rozvíjí koncept tzv. distribuované výroby, která umožňuje, aby byly kapacity flexibilně „najímány“. Výrobci tak nemusejí továrny ani výrobní prostředky vlastnit. Jejich hlavním aktivem jsou znalosti a data o potřebách koncového uživatele, díky kterým dokážou přijít s novými produkty. Výrobní prostředky je možné pronajmout, což vyžaduje datová propojení nejen ve vlastní výrobě, ale také v její technologické přípravě v celém dodavatelském řetězci. Je to nový směr, který využívá hlavní efekty pokročilé výroby podle Průmyslu 4.0 – sdílení informací a dat o výrobních zdrojích pro poskytování výroby jako služby. Takové uspořádání má celou řadu pozitivních efektů – výroba i produkt se lépe přizpůsobují a mohou se dostat blíže cílovému trhu. Díky lokálním zdrojům a znalostem je možné kompenzovat případné výpadky v tzv. offshore zemích a přivést produkci zpět do Evropy.

RICAIP se zaměřuje na oblasti výzkumu související s Průmyslem 4.0, zejména na robotiku a umělou inteligenci (AI) pro pokročilou průmyslovou výrobu. Aby mohl být koncept distribuované výroby simulován i prakticky ověřován, vytváří centrum základní funkční infrastrukturu v podobě tzv. RICAIP Industrial Testbed Core. Páteř této infrastruktury tvoří pražský Testbed pro Průmysl 4.0 v CIIRC ČVUT, testbed v institutu CEITEC VUT v Brně a společný testbed dvou německých výzkumných center DFKI a ZeMA v Saarbrückenu. Díky projektu se na českou akademickou půdu i k aplikační sféře dostávají nejnovější poznatky o Průmyslu 4.0 a další know-how přímo od evropského lídra v oboru. Významná část prostředků, které na RICAIP plynou v období 2019 až 2026 z evropského programu Horizon 2020 a z Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání, je určena na vybavení zejména pražského a brněnského testbedu nejnovějšími technologiemi. Jádrem aktivit RICAIP bylo přitom formulováno již v roce 2017 v rámci jeho první přípravné fáze. Jak se ukazuje u příštího rámcového

programu EU pro výzkum a inovace Horizon Europe, zejména v části Digitální Evropa, myšlenka vytvoření experimentální sítě pro testování a vývoj umělé inteligence pro pokročilou průmyslovou výrobu se stává integrální součástí evropských priorit výzkumu a vývoje.

Lidé na prvním místě

RICAIP není jen o pořízení strojů a zařízení, ale také o konkrétních lidech a výzkumných týmech. Při jejich formování přišlo na CIIRC ČVUT několik výrazných osobností. Prvním z nich byl v lednu 2020 Tilman Becker, německý odborník na strojové učení a kyberfyzikální výrobní systémy, který do té doby působil téměř 25 let v Německém výzkumném centru pro umělou inteligenci (DFKI). DFKI, jeden z partnerů RICAIP, se řadí mezi nejvýznamnější výzkumné instituce pro umělou inteligenci na světě. Tilman Becker nastoupil po mezinárodním výběrovém řízení na pozici ředitele centra RICAIP. S rozhodnutím spojit svou další kariéru s CIIRC ČVUT a RICAIP ho v dubnu 2020 následoval Tomáš Mikolov, mezinárodně uznávaná kapacita na umělou inteligenci, jehož výzkum nových modelů neuronových sítí skokově zdokonalil fungování aplikací pro rozpoznávání a zpracování jazyka, jako je například strojový překladač Google. V létě pak přišel ze švédské technické Chalmers University expert na počítačové vidění Torsten Sattler, který se v RICAIP zaměřil na možnosti dynamického propojení počítačového vidění, robotiky, rozšířené reality a umělé inteligence. Na podzim obsadili další dvě tzv. tenure track pozice Mikoláš Janota, držitel grantu ERC CZ na výzkum v oblasti matematického uvažování, a Martin Suda, který se zabývá modely pro automatické uvažování a strojové učení. Díky RICAIP posílili tito odborníci na CIIRC jednu z nejsilnějších výzkumných skupin na počítačové vidění v Evropě a podobně silný tým na automatické uvažování a formální metody.

autorka: Eva Doležalová



Flexibilní výrobní linka s robotickými stanicemi v Testbedu pro Průmysl 4.0, CIIRC ČVUT

Ing. PAVEL BURGET, Ph.D.
Pavel.Burget@cvut.cz

doc. Ing. PETR KOLÁŘ, Ph.D.
Petr.Kolar@fs.cvut.cz

Testbed pro Průmysl 4.0

Ve dvou podlažích CIIRC ČVUT v pražských Dejvicích sídlí Testbed pro Průmysl 4.0, jenž je nedílnou součástí centra RICAIP. Založen byl o několik let dříve než toto mezinárodní centrum. V přízemí je laboratoř zaměřená na automatickou montáž, plánování a virtualizaci výroby. V suterénu je umístěna část zaměřená na výrobní stroje a technologie, kde probíhá společný výzkum CIIRC ČVUT a Fakulty strojní ČVUT. Celý Testbed slouží pro výzkum, vývoj, výuku a spolupráci s průmyslovými partnery při testování inovativních řešení pro pokročilou a plně integrovanou průmyslovou výrobu a procesy pro inteligentní továrny. Základní infrastruktura Testbedu vstupuje do celé řady mezinárodních výzkumných projektů v oblasti Průmyslu 4.0. Navíc ve spojení s výukovým zázemím ČVUT vytváří jedinečné podmínky pro další vzdělávání.

Účelem Testbedu je poskytnout platformu pro experimenty a ověřování výzkumných výsledků týkajících se aspektů Průmyslu 4.0 a vytvoření scénářů, které by demonstrovaly oblasti, jako jsou optimalizace a plánování výroby, sémantický popis výrobních operací, propojení designu produktu s výrobou pro přechod na samoorganizující se výrobu, komunikace v sítích se smíšenou kritičností založených na průmyslovém Ethernetu, optimalizace energetické účinnosti výrobních (robotických) systémů, diagnostika a prediktivní údržba, data mining v rámci životního cyklu produktu a další. Obě části Testbedu, tj. část pro robotiku a flexibilní výrobu a část pro robotiku a výrobní techniku, budou propojeny na úrovni koordinace výroby, sběru a sdílení

dat apod., což umožní vytvářet další scénáře odpovídající například výrobnímu podniku, distribuované výrobě s oddělenými místy pro výrobu a pro montáž nebo třeba scénář kombinující automatické a manuální výrobní operace.

Národní a mezinárodní projekty spolupráce

Již nyní je Testbed úzce navázán na projekty základního i aplikovaného výzkumu financované z různých zdrojů – evropských i národních v rámci EU Horizon 2020 či programů MŠMT, MPO či TA ČR. Datovou integraci výrobních systémů řeší projekt Cluster 4.0, do kterého se zapojily průmyslové firmy, např. SIDAT, Škoda Auto či Siemens. Pro rozsáhlý projekt Národní centrum kompetence pro kybernetiku

a umělou inteligenci zajišťuje Testbed infrastrukturu pro aplikace úloh řízení robotů, strojového vidění a umělé inteligence. Spolu s Fakultou strojní ČVUT je zapojen do vytváření vzdělávacích programů na téma využití moderních výrobních technologií v rámci sítě EIT Manufacturing, zejména v projektech ManuLearn a M-NEST-RIS. Poskytuje také prostor pro průmyslové projekty s českými a zahraničními firmami a jako součást DIH (Digitální inovační hub) vytváří prostředí pro pomoc firmám v procesu jejich digitální transformace. Nové informace se dostávají i do výuky ve spolupráci se strojní a elektrotechnickou fakultou ve studijních programech Robotika a výrobní technika, Průmysl 4.0 nebo Kybernetika a robotika.





Robotika a flexibilní výroba

Základem Testbedu je flexibilní výrobní linka pro souběžnou výrobu několika typů produktů v řadě variant, která obsahuje čtyři robotické stanice a základní stanice. Díky zpracovanému řídicímu systému lze stejné zdroje použít k provádění různých operací, které jsou naplánovány optimálně podle potřeby. Tuto linku lze rozšířit o skupinu samostatných výrobních modulů z rodiny Cyber-physical Factory (CP Factory) od firmy Festo, která představuje navzájem propojený modulární výrobní systém včetně různých výrobních scénářů od automatických operací přes pracoviště s automatickou identifikací dílů, interakcí s operátorem apod.



Robot KUKA

Multiagentní platforma

V příštích měsících se bude Testbed rozšiřovat o další samostatné výrobní či manipulační buňky, které v napojení na stávající výrobní prostředky umožní modelovat a demonstrovat řadu procesů robotické manipulace, strojového vidění, intralogistiky, mobilní robotiky, autonomních a distribuovaných (multiagentních) systémů nebo rozšířené a virtuální reality. Tyto buňky se stanou součástí multiagentní platformy, která se rozšíří i na vzdálené testbedy a další pracoviště.

Termín „agent“ představuje software, který dokáže s ostatními agenty vyjednat, s jakými parametry má být úkol proveden, a může také obsahovat digitální dvojče příslušného fyzického zařízení. Jednotliví agenti budou moci reprezentovat jednotlivé stroje i skupiny strojů, jako jsou výrobní buňky nebo dokonce skupiny výrobních buněk, jako jsou výrobní linky. Úroveň podrobnosti lze zvolit podle schopností jednotlivých agentů inzerovat jejich služby a vyjednávat s ostatními agenty. Taková platforma pro více agentů bude moci běžet místně i škálovatelně na distribuovaná místa. Skutečná distribuce mezi agenty bude záviset na scénáři výroby, schopnostech jednotlivých agentů, dostupnosti dílů potřebných pro produkci atd.

Systémy pro plánování a řízení výroby

Softwarový plánovač flexibilní výroby slouží jako nástroj kombinu-

jící výrobní a interní logistické operace. Může pracovat centrálně jako prostředek pro plánování, koordinaci operací několika strojů či jednotek, ale také distribuovaným způsobem využívat multiagentní platformu pro řízení rozdělení úkolů a kapacit pro složitější úlohy. Simulační model výroby v Tecnomatix Process Simulate či v Plant Simulation může ověřit plán produkce a další scénáře před zahájením skutečné výroby.

V současné době dokončujeme ve spolupráci s partnery Siemens a SIDAT implementaci systému řízení výroby Siemens Opcenter, který bude integrovat plánovač flexibilní výroby vyvinutý na CIIRC ČVUT. Jedná se o příklad propojení výzkumného výsledku (plánovač) s průmyslovou aplikací určenou pro řízení rozsáhlých systémů. Dalším příkladem je využití systémů jako MindSphere nebo Thingworx a spolupráce s dalšími partnery, například VDT nebo Cleverlance.

Nové výrobní a manipulační buňky

- > Plně automatický sklad pro automatické doručování do výroby pro modelování dodávek just-in-time se třemi autonomními vozíky a dvěma mobilními kolaborativními roboty od společnosti KUKA určenými k přepravě dílů mezi výrobními prostředky a ke spolupráci s lidmi.
- > Flexibilní dopravník propojený s robotem typu delta s velkou dynamikou a vizuálním naváděním pro operace pick & place od výrobců Siemens a Festo. Specifické moduly umožní operace, jako je robotická montáž nebo lisování, a díky rozšíření delta robota o momentové senzory na jednotlivých osách bude možné realizovat pokročilé algoritmy řízení pohybu se silovou zpětnou vazbou.
- > Flexibilní dopravník s různými druhy robotů – SCARA, šestiosý robot nebo robot pro spolupráci s člověkem od společnosti ABB, kdy tyto roboty bude možné synchronizovat s pohybem dopravníku a vykonávat například operace montáže nebo optické kontroly bez nutnosti zastavit pohyb přepravovaných dílů.
- > Pracoviště pro robotické vidění tvořené skupinou robotů pro realizaci komplexních řešení robotického vidění s různými typy kamer se

zaměřením na úkoly, jako je automatické vybírání dílů z krabice, optická kontrola kvality dílů či optická kontrola kvality montáže, a to vše s rozšířením o strojové učení a zlepšení navádění na základě silové zpětné vazby.

- > Automatická základní stanice přímo ve stávající flexibilní montážní lince, která rozšíří stávající manuální základní stanice a propojí systém automatického skladu s touto linkou. Podobná základní stanoviště budou součástí většiny budovaných buněk, což poskytne velkou flexibilitu v modelování procesu intralogistiky s různou mírou autonomie.
- > Kolaborativní robotické pracoviště pro gastronomii umožňující připravovat a zpracovávat různé druhy nápojů. Pracoviště je navrženo modulárním způsobem a počítá s využitím moderních algoritmů optimálního plánování a rozvrhování výroby, možností připojování a odpojování strojů podle potřeby (modulární výroba) i s konfigurací výrobku zákazníkem a automatickým generováním výrobních operací.
- > Kolaborativní robotické pracoviště pro asistovanou montáž s hlasovým ovládním a inteligentním rozpoznáváním předmětů a nástrojů, které robot předává operátorovi.

K Testbedu je přidruženo Centrum 3D tisku s průmyslovými 3D tiskárnami různých technologií pro tisk z plastů a kovů, které je rovněž vybaveno pokročilým SW pro modelování a topologickou optimalizaci dílů s přímým napojením na tiskové procesory jednotlivých zařízení, což umožňuje v maximální míře využít možností, které 3D tisk nabízí pro moderní prototypovou, ale částečně i malosériovou výrobu.

Laboratoř Smart Grid

S Testbedem také souvisí Laboratoř Smart Grid, která se bude zabývat modelováním a simulací distribučních systémů elektrické energie se zapojením různých zdrojů „zelené“ energie. Umožní simulovat zátěže, vedení a propojování různých druhů zdrojů od fotovoltaických panelů, přes bateriové úložiště až po samostatné turbíny ve funkci generátoru. Jednotlivé zdroje budou propojeny na úrovni sítě střídavého proudu, jak to odpovídá reálným podmínkám v distribuční síti. Díky pokročilým simulátorům napojeným na modelovací software

Robotika a výrobní technika

V současné době dokončujeme ve spolupráci s partnery Siemens a SIDAT implementaci systému řízení výroby Siemens Opcenter, který bude integrovat plánovač flexibilní výroby vyvinutý na CIIRC ČVUT. Jedná se o příklad propojení výzkumného výsledku (plánovač) s průmyslovou aplikací určenou pro řízení rozsáhlých systémů. Dalším příkladem je využití systémů jako MindSphere nebo Thingworx a spolupráce s dalšími partnery, například VDT nebo Cleverlance.

Matlab/Simulink získáme velkou pružnost při vytváření scénářů chování distribuční sítě. Velkou výhodou pak bude také připojení skutečných strojů z obou částí Testbedu, stejně jako též některých systémů v budově ČVUT (například klimatizace a vytápění). Díky tomu bude možné řešit poměrně složitá výzkumná témata optimalizace dodávky a spotřeby elektrické energie ve výrobních procesech i v budovách, včetně pokrytí výkonových špiček efektivním využitím bateriového úložiště. Optimalizace bateriového managementu a plánování výrobních operací na různé úrovni detailů a se zapojením různých druhů strojů je komplexní problém, jehož řešení vede k výrazným úsporám nákladů na energii. Testbed díky své pokročilé a rozmanité infrastruktuře umožní připravit se na řešení konkrétních problémů podobného charakteru ve skutečných průmyslových aplikacích.

Suterénní část Testbedu se zaměřuje na výzkum pokročilé robotiky pro průmyslovou výrobu a na výrobní stroje a technologie ve třech oblastech: laserové technologie, technologie obrábění a technologie aditivní. Rozvoj pracoviště zajišťuje tým oddělení Průmyslové výroby a automatizace CIIRC v úzké spolupráci s Fakultou strojní ČVUT. To mj. umožňuje účinné propojení výukových aktivit této fakulty se strategickými projektovými příležitostmi Testbedu.

Obráběcí technologie, stroje a roboty

V laboratoři je instalováno pětiosé obráběcí centrum, které slouží pro výzkum v oblasti řízení víceosého pohybu obráběcích strojů a pro výzkum interakce stroje a procesu. Druhé frézovací centrum bude vybaveno kryogenním chlazením řezného procesu. To umožní rozšířit možnosti výzkumu zejména v oblasti obrábění těžkoobrobitelných materiálů s různou koncepcí řízení. Kromě obráběcích strojů je laboratoř vybavena robotem s frézovacím vřetenem. Roboty mají obecně nižší tuhost než obráběcí stroje. Jejich kinematika a nižší pořizovací cena však umožňuje realizaci zajímavých technicko-ekonomických scénářů. Interakce robota s frézovacím procesem a jeho řízení jsou tak dalším prvkem výzkumu v oblasti obráběcích strojů a technologií.

Strojní vybavení doplňuje diagnostické vybavení laboratoře obsahující dynamometry (přístroje pro měření řezných sil), vybavení pro vibrační analýzu strojů a procesu, souřadnicový měřicí stroj a nejmodernější mikroskopy značky Alicona a Keyence.

Laserové technologie

Výzkum laserových technologií může probíhat na dvou specializovaných strojích. Prvním je laserová mikroobráběcí stanice, jež disponuje kombinací nanosekundového laseru o průměrném výkonu 200 W a femtosekundového laseru o průměrném výkonu 40 W. Tato kombinace umožňuje spojení produktivního a přesného zpracování povrchu laserem. Stroj navíc disponuje pětiosým polohováním pro zpracování komplikovaných tvarů, jako jsou

řezné nástroje nebo kloubní implantáty. Na stroji je možné tvořit funkční povrchy s detaily dosahujícími jednotek mikrometrů.

Druhým strojem, jehož instalace proběhne počátkem roku 2021, je kombinovaný laserový systém s robotem, který umožňuje řezání, svařování a navařování, a to v plně automatizovaném procesu. Stroj je osazen 6 kW laserovým zdrojem od firmy IPG a procesními hlavami od firmy Precitec. Skloubení těchto technologií dává vzniknout zcela novému druhu dílců, jakými jsou například laserové výpalky s navařenými žebry. Účelem této procesní stanice je vývoj vybraných aplikací laseru nebo hledání procesního okna, což je velmi důležitou službou pro firmy uvažující o implementaci podobné technologie. S ohledem na komplexnost technického řešení bude tato buňka také zajímavou ukázkou průmyslové automatizace výrobní techniky.



Robot KUKA při testech obrábění

Hybridní technologie

Instalovaný stroj WeldPrint má plně pětiosou koncepci se souvisle řízeným otočně sklopným stolem. Může realizovat aditivní výrobu technologií WAAM i subtraktivní výrobu pětiosým frézováním. Patentovaný výrobní postup umožňuje na stroji vyrábět i vysoké tenkostěnné dílce s relativně malými tvarovými odchylkami a s vysokou kvalitou struktury materiálu.

Datová infrastruktura

Pro efektivní propojení řídicích systémů byla navržena, a bude realizována v roce 2021 ze zdrojů RICAIP, vícevrstvá komunikační a datová infrastruktura. Je založena na optické síti, která umožňuje jednoduše a flexibilně definovat propojení horizontálně mezi jednotlivými zařízeními a nebo vertikálně mezi jednotlivými vrstvami aktuátorů, lokálních řídicích systémů, nadřazeným řízením a dohledovou vrstvou. Tato infrastruktura bude základem pro realizace budoucích experimentů jak v oblasti vývoje technologických procesů, tak spolupráce reálných strojů a jejich digitálních dvojčat.

**autoři: Pavel Burget
a Petr Kolář**

foto: Lukáš Legierski

EIT Manufacturing Hub

V roce 2020 získalo ČVUT v Praze status EIT Manufacturing Hub pro Českou republiku. Co to znamená a jaké příležitosti to přináší českým firmám?

Evropská unie systematicky podporuje inovační potenciál Evropy, od roku 2008 také prostřednictvím tzv. Evropského inovačního a technologického institutu (EIT), který má dedikovány prostředky na rozvoj podnikání, vzdělávání a výzkum přímo v rámci rámcového programu EU Horizon 2020.

Čím je EIT oproti ostatním poskytovatelům grantů jiný? Funguje trochu jako sněhová koule. EIT vznikal postupně zakládáním tematických inovačních společenství, tzv. KIC (Knowledge and Innovation Communities). Do nich se zapojují inovační firmy, výzkumná centra a univerzity. KIC se pak specializují na jednotlivé oblasti, od změny klimatu, udržitelné energetiky, přes zdravý životní styl a zdravé potraviny, až po městskou mobilitu či výrobu. Právě posledně jmenovaný EIT Manufacturing je jedním z nejmladších KIC. Vznikl v roce 2018, věnuje se podpoře inovací v evropské výrobě a má za cíl zvýšit její konkurenceschopnost, udržitelnost a produktivitu. Zjednodušeně řečeno, cílem je udržet konkurenceschopnou výrobu v Evropě a nebyť, např. z důvodu nákladů, závislý na jiných částech světa. Jádrem konsorcia EIT Manufacturing se rostlo z původních téměř pěti desítek subjektů na současných 61 z více než 17 evropských zemí. ČVUT je jako jediný zástupce České republiky jedním z nich. EIT Manufacturing poskytuje kromě přímých projektových příležitostí také neobyčejně různorodé možnosti pro rozvíjení intenzivní mezinárodní spolupráce.

Největší evropská inovační síť

Celé EIT v současnosti sdružuje více než 1 000 partnerů v celkem osmi sektorově zaměřených KIC a je tak největší evropskou inovační sítí.

Po právní stránce je EIT zřízeno jako nezisková mezinárodní asociace (ASBL) s propracovanou řídicí a kontrolní strukturou zohledňující širokou členskou základnu v podobě členského shromáždění s dozorčí radou a manažerským výkonným týmem. EIT má čtyři hlavní pilíře aktivit, kterými chce v Evropě dlouhodobě rozvíjet a podporovat konkurenceschopnou výrobu: Education (vzdělávání), Innovation (inovace), Business Creation (rozvoj a tvorba byznysu), RIS (regionální inovační schémata).

Do víny dostávají KIC od EIT počáteční grant ve výši cca 4 miliony EUR, aby se co nejdříve nastartovala jejich činnost. Roční příspěvek postupně roste podle dosažených výsledků a je rozdělován v tematických výzvách na krátkodobé projekty. Do těch se zapojují jak zakládající členové společenství, tak další partneři hlavně z řad firem či výzkumných institucí. Postupným navyšováním rozpočtu může každé společenství obdržet z Evropské unie až 80 milionů EUR ročně. K tomu má za úkol získávat také soukromé zdroje. Tak se EIT jako celek nyní může pochlubit externími investicemi v objemu 3,3 miliardy EUR.

Dvě součásti ČVUT podporují inovace v české výrobě

ČVUT v Praze se do EIT Manufacturing zapojilo prostřednictvím dvou součástí – Fakulty strojní a Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC). Tato dvě pracoviště realizují v letošním roce ve spolupráci s evropskými partnery osm ročních projektů s celkovým rozpočtem 3,15 mil. EUR, z toho 328,1 tis. EUR je určeno pro ČVUT. Projekty jsou zaměřeny zejména na přenos digitálních znalostí v Průmyslu 4.0 a na výzkové aktivity vedoucí ke zvyšování kvali-

fikace pro práci s pokročilými výrobními technologiemi, ale i na digitální transformaci firem. Očekává se, že až devět dalších nových projektů se zapojením ČVUT bude podpořeno a realizováno v příštím roce.

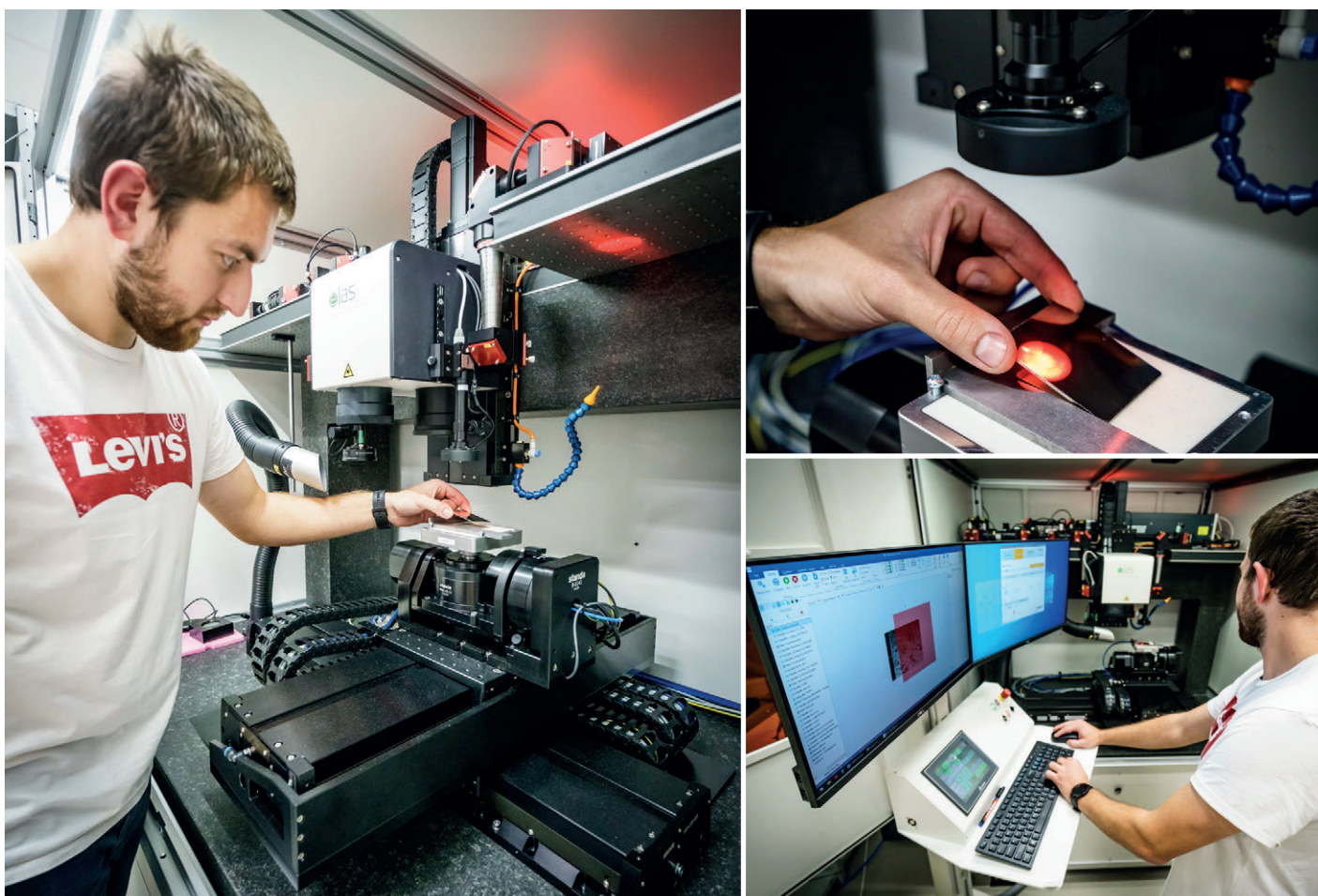
EIT Manufacturing Hub Česká republika

Díky aktivnímu přístupu získalo ČVUT v roce 2020 status EIT Manufacturing Hub Česká republika. V praxi to znamená, že se české univerzity, výzkumná pracoviště, výrobní podniky i startupy mohou zapojit do projektů nebo se obrátit na ČVUT, které v rámci regionu rozšiřování sítě EIT Manufacturing podporuje. Cílem je rozvoj českého inovačního ekosystému zaměřeného na výrobu. ČVUT propojuje tyto subjekty přes networkingové a vzdělávací akce do tzv. integračního znalostního trojúhelníku pro lepší sdílení dobré praxe z výzkumu, podnikání a vysokoškolského vzdělávání.

ČVUT má přitom pro aktivity EIT Manufacturing Hub skvělé podmínky. Prostřednictvím CIIRC ČVUT poskytuje jedinečné propojení akademické a průmyslové sféry s nejmodernější výzkumnou infrastrukturou. To se daří díky aktivitám Národního centra Průmyslu 4.0 (NCP4.0), projektovým příležitostem a moderní infrastrukturou spolu s výukovým zázemím Fakulty strojní. Mostem pro toto spojení je Testbed pro Průmysl 4.0, kde je možné simulovat provozní podmínky podobné skutečné výrobě. To napomáhá například vytvářet vzdělávací kurzy a programy, které může využívat česká i evropská průmyslová komunita i studenti ČVUT.

autoři: **Eva Doležalová**
a **Petr Kolář**

> Více na: www.eitmanufacturing.eu



Laserová mikroobráběcí stanice patří mezi unikátní investice instalované do Testbedu v rámci projektu RICAIP (foto: Jiří Ryszawy)

> **ManuLearn**

Cílem projektu je sdílení zkušeností v oblasti digitalizace a propojení vzdělávání s praxí. Hlavními nástroji jsou specializované výukové platformy vytvářené podle konceptů tzv. Teaching Factory, Learning Factory a Open Innovation Practices, kde mohou společně pracovat a vzdělávat se studenti, výzkumníci i pracovníci firem na společném rozvoji digitálních schopností. Národní centrum Průmyslu 4.0 a Fakulta strojní ČVUT v projektu zmapovaly úroveň i potřebu digitálních znalostí v českých výrobních firmách. Tyto informace porovnal s výukovými programy českých technických univerzit. Závěry byly zpracovány do komparativní studie analyzující situaci v České republice, Řecku, Litvě a Španělsku. Na jejich základě byl definován výukový obsah konkrétních vzdělávacích kurzů.

> **M-NEST-RIS**

V tomto projektu se hlavně tým Fakulty strojní ČVUT zapojuje do ověřování školících metod v rámci distribuovaného vzdělávacího systému pro individualizovaný rozvoj kvalifikace studentů i pracovníků v Průmyslu 4.0. Testbed pro Průmysl 4.0 pro to poskytuje zařízení z oblasti hybridní strojírenské výroby. Využívá se zejména technologie víceosého obrábění a aditivní výroby pomocí navařování (WAAM) pro výrobu specifických kovových komponent.

> **DigTrafoRis**

Projekt se zaměřuje na úzkou spolupráci s firmami a podporu procesů směrem k digitalizaci. Prvním krokem bylo zmapování digitální úrovně malých a středních podniků. Národní centrum Průmyslu 4.0 na základě toho vytvořilo komparativní mapu digitální vyspělosti pro vybrané země EU (ČR, Slovensko, Litva, Estonsko, Řecko a Portugalsko). V dalším kroku jsou firmám poskytovány konzultační aktivity a také příspěvek ve výši až 15 tisíc EUR. NCP4.0 informovalo české firmy o možnosti požádat o příspěvek, poskytlo jim potřebnou součinnost a zároveň se zapojilo do hodnocení žádostí o příspěvek z ostatních zemí.



Manufacturing Hub
CZECH REPUBLIC

EIT Manufacturing is supported by the EIT,
a body of the European Union



DIH: digitální inovace

Pomoc malým a středním podnikům

Bez digitální transformace nemohou být evropské podniky dlouhodobě konkurenceschopné, ale pro řadu z nich to představuje náročný proces. Evropská komise se proto v posledních letech zaměřila na podporu trvalých sítí center digitálních inovací, tzv. DIH (Digitální inovační huby), které mají podnikům pomáhat s digitalizací a podporovat je ve vzájemné spolupráci. Jeden z českých „DIHů“ je na ČVUT.

Globální pandemie COVID-19 ukazuje, že země a regiony s vyšším stupněm digitalizace jsou schopné se s nastalou krizí vyrovnat lépe a rychleji obnovit řadu ekonomických i sociálních aktivit. Digitalizace však bývá finančně i technicky náročným úkolem. V Evropské unii působí více než 25 milionů malých a středních podniků a pokud nezapočítáme finanční sektor, tvoří 99,8 % z celkového počtu firem a podílí se z více než 60% na zaměstnanosti. Jsou tak bez přehánění páteří evropské ekonomiky. Avšak podle údajů za roky 2018–2019 jen méně než deset procent malých a středních podniků využívá pokročilou digitalizaci. Praxe navíc potvrzuje, že je digitalizace procesů časově náročná – velkým firmám trvá v průměru pět až sedm let, zatímco malým a středním až o další dva roky déle.

Úkolem DIH, neboli Center pro digitální inovace, je podpořit zejména malé a střední podniky a start-upy v implementaci digitalizace a pomoci jim využívat pokročilé digitální technologie včetně

umělé inteligence, kybernetické bezpečnosti a digitální dovednosti. Fungují jako „one stop shop“. Nemusí je tvořit jen jedna instituce, ale ekosystém spolupracujících subjektů zorganizovaný tak, aby na jednom místě firma našla vše, co potřebuje ke své digitální transformaci, výzkumu a vývoji, rozvoji spolupráce, a tedy i posílení globální konkurenceschopnosti. Je nasnadě, že v době trvání a po covidové krizi bude implementace pokročilé digitalizace u malých a středních podniků akutně potřeba k překonávání negativních ekonomických dopadů.

Jedním ze sedmi českých plně funkčních DIH zařazených do evropského katalogu DIHů v rámci platformy S3Platform je od roku 2018 také Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze (CIIRC ČVUT). Využívá přirozeného propojení výzkumných aktivit akademické instituce s průmyslovými podniky, a to jak díky zapojení do evropských projektů a spolupráce v rámci Testbedu pro Průmysl 4.0, tak prostřednictvím aktivit

Národního centra Průmyslu 4.0. Může tak malým a středním podnikům pomoci s rozvojem technických řešení v oblasti Průmyslu 4.0, s jejich napojením do širšího průmyslového ekosystému a přispět k přenosu znalostí, včetně sdílení zkušeností mezi subjekty navzájem.

CIIRC ČVUT se stal součástí třiceti excelentních digitálních inovačních hubů, které dohromady tvoří evropskou síť DIH zaměřenou na umělou inteligenci (AI DIH Network). Na tuto prvotní formu integrace a spolupráce evropských center naváže v rozpočtovém období 2021–2027 evropský program Digitální Evropa. V něm bude poskytnuto 9,2 miliardy EUR na budování rozsáhlé digitální kapacity a infrastruktury. Je logickým vyústěním dosavadní činnosti CIIRC ČVUT, že se uchází o roli Evropského Centra pro digitální inovace (EDIH), které bude v programu Digitální Evropa plnit roli poskytovatele komplexních služeb pro digitalizaci s využitím umělé inteligence.

**autorky: Markéta Iffland
a Eva Doležalová**

> **DIH-World, www.dihworld.eu**

Cílem projektu DIH-World je urychlit zavádění vyspělých digitálních technologií evropskými výrobními MSP a podpořit je ve vstupu na globální trh. V rámci projektu se uskuteční více než 50 případových studií. Malé a střední podniky se ve spolupráci s DIH budou moci přihlásit do podvýzev projektu.

DIH-WORLD

> **Analýza digitální zralosti podniků**

Nástrojem, který mohou firmy využívat, je Analýza digitální zralosti podniků NCP4.0. Jedná se o komplexní metodiku vyvinutou pro české prostředí, která vychází z ověřených postupů předních zahraničních institucí, jako je Economic Development Board Singapore či Fraunhofer Austria Research. Je prováděna formou konkrétních uživatelských scénářů a její součástí je i návrh vhodných pilotních řešení, ušitých podniku na míru. Postup pro hodnocení digitální zralosti vznikl v rámci NCP4.0 spoluprací partnerů z průmyslové i akademické sféry. Základem je zjištění výchozího stavu firmy, od nastavení dodavatelských řetězců, nákup, plánování výroby až po odbyť výrobku. Do analýzy zralosti vstupují faktory daného odvětví, vnější vlivy v podobě tržních hybatelů, ale i motivace firmy k digitalizaci. Posuzuje se dostupnost a vnitřní koloběh dat i využívání robotů v podniku – a to jak těch skutečných, zejména ve výrobě, tak i například softwarových. To vše ukáže míru automatizace opakujících se procesů v podniku. Vyšší úroveň pak představuje zapojení pokročilých analytických nástrojů včetně umělé inteligence.

Mgr. **ALENA NOVÁKOVÁ**
Alena.Novakova@cvut.cz



Národní centrum Průmyslu 4.0, které funguje jako samostatná platforma v rámci CIIRC ČVUT, si za tři roky svého působení v České republice vydobylo stabilní pozici. Zatímco Testbed pro Průmysl 4.0 reprezentuje chytrou infrastrukturu pro továrny budoucnosti, jádrem činnosti centra je propojování akademické a průmyslové sféry, vytváření kvalitního prostředí pro Průmysl 4.0, pořádání odborných konferencí a workshopů či vydávání Bulletinu Průmyslu 4.0. To vše s jediným a velkým cílem: propojit teorii s praxí a pomoci českým firmám a podnikům s transformací v moderní a konkurenceschopné společnosti.

Národní centrum Průmyslu 4.0

Národní centrum využívá k těmto ambiciózním cílům řadu nástrojů: předně je to know-how pokrývající všechny oblasti principů Průmyslu 4.0, které získáváme v rámci rozsáhlého ekosystému, který kolem centra vytváříme. Dále je to zázemí Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky, které disponuje kvalitními vědeckými pracovišti schopnými realizovat výzkum a vývoj v řadě oblastí, a již zmíněný Testbed pro Průmysl 4.0. První svého druhu vznikl v Praze na CIIRC ČVUT, ale postupně vyrůstají testbedy i na brněnském Vysokém učení technickém (VUT) a v Ostravě – na Vysoké škole báňské (VŠB TUO). Protože VUT i VŠB TUO jsou akademickými partnery centra (stejně jako další technické vysoké školy – ZČU v Plzni, TUL, UTB Zlín, UJEP a další), mají podniky sdružené v centru mnohem snazší přístup do těchto testbedů a zároveň i k výzkumným kapacitám vysokých škol. Důležitou roli hraje zapojení lídrů v oblasti digitalizace – ať už jsou to české společnosti či české pobočky nadnárodních korporací. Společně prosazujeme komplexní přístup k digitalizaci, který se jednoznačně prokazuje jako dlouhodobě udržitelný a efektivní, pokud se týká vynaložených zdrojů (materiálních, lidských) a jejich návratnosti a reakce na potřeby trhu.

Propojování a nalézání synergií a oblastí ke spolupráci je pro

Národní centrum Průmyslu 4.0 velmi důležité. Ať už je to propojování vědců s firmami (všichni víme, jak zásadně se tato dvě prostředí liší), nebo komunikace firem směrem ke státu a naopak. A přes všechny rozdíly, nebo právě proto, je spolupráce a kooperace všech těchto subjektů v oblasti postupu digitalizace v České republice neoddiskutovatelná. Důležitými partnery pro digitální transformaci a vzdělávání jsou pro české podniky Ministerstvo průmyslu a obchodu nebo Národní pedagogický institut, se kterými aktivně spolupracujeme a napomáháme vzájemné diskusi mezi státem a firmami. V prostředí testbedů s virtuální simulací si mohou firmy vyzkoušet, zda by určitá řešení mohla fungovat i pro jejich výrobu. Digitální řešení, které nemají výrobci a integrátoři technologií Průmyslu 4.0 na skladě, ale které by mohly být pro danou výrobu zásadní, pak mohou nalézat přímo s vědeckými týmy.

Co a jak digitalizovat, jak si připravit svůj plán a na co se soustředit? To je zásadní otázka, kterou nemají zodpovězenu především malé a střední firmy. Pro ty Národní centrum připravilo unikátní metodiku hodnocení digitální zralosti. Ta je ve své první části všem k dispozici online a zdarma. Výsledkem je komplexní analýza, která zahrnuje rozličné oblasti na hori-

zontální i vertikální ose mapy činností podniku, která může sloužit jako výchozí bod k nastavení digitální strategie podniku nebo jako vodítko, kde momentálně hledat slibné příležitosti k inovacím.

Rozšířit si svoji znalostní bázi v mnoha oblastech Průmyslu 4.0 a strategického vývoje a přímo se propojit s experty v daných oblastech, to je cílem workshopů a seminářů, které centrum pořádá ve spolupráci se svými partnery. Novinkou v roce 2020 bylo vrcholné setkání představitelů Vlády ČR, akademické a průmyslové sféry – Národní průmyslový summit. První ročník tohoto strategického setkání se uskutečnil za velmi přísných hygienických opatření letos v září a účastnilo se jej více než 200 zástupců firem, třicet velvyslanců, rektori vysokých škol a pomocí telemostu i premiér Babiš, ministryně Schillerová a Dostálová a osobně mezi průmyslníky dorazil i místopředseda vlády Havlíček.

Témata diskuse byla jasná – jak nejlépe pomoci transformovat průmysl a udržet konkurenceschopnost i v době pokovidové? Jak se zbavit nálepky levné ekonomiky nebo kam směřovat investice? Silně zde rezonovalo i téma spolupráce vysokých škol s firmami.

Velkou pozornost médií získala i Analýza českého průmyslu, která byla představena právě na průmyslovém summitu. Mapuje aktuální stav českého průmyslu (výrobních firem), pokud jde o jejich ekonomické ukazatele, ale věnuje se i aktuálním technologickým tématům. Analýza čerpala data z osobních a telefonických rozhovorů s 250 řediteli firem a reflektovala aktuální témata, jako je objem zakázek, tržby, kapacity, zisk, investice do inovací, vývoj kapacit a úroveň znalostí zaměstnanců. Data komentují svými citacemi známé osobnosti českého průmyslu, ministři a akademici.

Národní centrum Průmyslu 4.0 má co nabídnout téměř všem – od široké veřejnosti a studentů, po firmy, akademiky a odborníky. A především – vzdělává, propojuje a pomáhá prosazovat principy pro moderní a vyspělou společnost využitelné nejen v průmyslu.

autorka: Alena Nováková

Rostoucí objemy zboží prodaného prostřednictvím internetu a rozšiřování distribučních řetězců kladou zvýšené nároky na efektivní logistická řešení. Úspěšné logistické firmy zvětšují kapacity svých skladů a automatizují proces naskladnění, balení a následné distribuce zboží koncovému zákazníkovi či obchodnímu partnerovi.

Aplikace umělé inteligence

Moderní logistické systémy se neobejdou bez prvků umělé inteligence umožňující autonomní pohyb robotických vozidel v prostředí skladu, a to bez nutnosti instalace další podpůrné infrastruktury. Charakteristickou vlastností takovýchto postupů pro průmyslovou výrobu a služby je schopnost pracovat v dynamicky proměnlivých prostředích, za přítomnosti lidského spolupracovníka či v jinak neúplně kontrolovaných nebo jen částečně známých prostředích, tedy za podmínek nejistoty. Vývojem takových metod se zabývá skupina Inteligentní a mobilní robotiky na CIIRC ČVUT.

Klíčovými komponentami automatizovaného skladu jsou systém pro řízení skladů (WMS) a systém správy flotily robotů (FMS). WMS kontroluje pohyb a skladování materiálu

a určuje, kde bude dané zboží uloženo a kam bude následně doručeno. FMS pak plánuje a koordinuje pohyb robotů doručujících zboží dle požadavků WMS. Zatímco na trhu existuje množství komerčních WMS, tak FMS spravující stovky robotů a tisíce skladových položek zatím dostupné nejsou. Důvodem je vysoká výpočetní složitost plánovacích algoritmů kontrastující s požadavkem na rychlou odezvu systému v okamžiku, kdy se objeví nový požadavek na doručení.

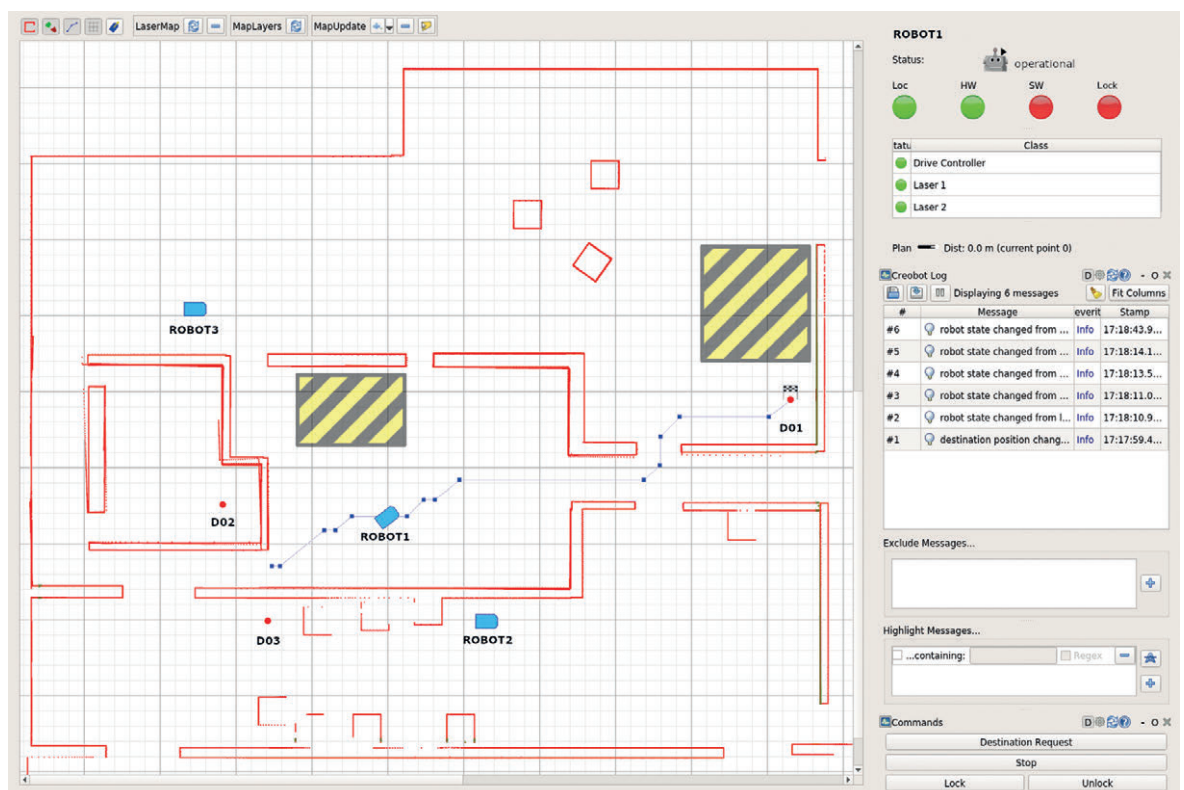
FMS vyvinutý skupinou Inteligentní a mobilní robotiky využívá při generování nového plánu znalosti předchozích plánů, historie běhu skladu a vzájemných interakcí mezi roboty. Díky tomu je schopen generovat nové plány rychle a ve vysoké kvalitě. Jeho součástí je rovněž gra-

fické uživatelské prostředí pro sledování a řízení pohybu robotů a zboží ve skladu a simulátor, který umožňuje modelovat chování skladu v různých situacích bez nutnosti napojení na reálný hardware. To mimo jiné umožňuje výrazně zkrátit dobu projektování skladu a rozmístění zboží v něm.

Navigace robotů v průmyslových aplikacích je dnes řešena převážně umístěním speciálně vytvořených optických značek nebo jiných účelových instalací v pracovním prostředí, které je robot schopný snadno a spolehlivě identifikovat kamerou či jiným vhodným senzorem.

Hlavní nevýhodou tohoto přístupu je nutnost přizpůsobování prostředí vzhledem k robotu, což je nákladné a časově náročné jak na umístění značek, tak na jejich

Uživatelské rozhraní autonomního mobilního robotu pro těžká prostředí. Příklad struktury pracovního prostředí



Ing. PETR KADERA, Ph.D.
Petr.Kadera@cvut.cz

Ing. VÁCLAV JIRKOVSKÝ, Ph.D.
Vaclav.Jirkovsky@cvut.cz



Virtuální operátor

Zkracování životního cyklu výrobku a nutnost rychle reagovat na potřeby trhu patří mezi hlavní faktory, které výrobní podniky nutí inovovat tradiční výrobní procesy. Společnost LEGO není výjimkou. Přestože její celkový objem produkce roste, velikost výrobních dávek klesá a variabilita výroby stoupá. Každý rok se obmění šedesát procent výrobního portfolia.

Společnost LEGO se rozhodla novým výzvám čelit pomocí moderních technologií: simulací, digitalizací a nasazením umělé inteligence. Jejím strategickým partnerem pro inovace v těchto oblastech je Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC ČVUT), jehož výzkumníci vyvinuli řešení nazvané Virtuální operátor.

V první fázi se úsilí společného inovačního týmu zaměřilo na optimalizaci tzv. „pre-packových“ balicích linek, na kterých se plní plastové sáčky s kostičkami LEGO®, které se následně umísťují do finálních papírových krabic. Tyto výrobní linky jsou tvořeny až třiceti šesti vibračními bubny, kontrolními váhami a balicím strojem. Pomocí simulace výrobního procesu bylo zjištěno, že ve většině případů o výkonnosti celé linky rozhoduje kvalita nastavení vibračních bubnů.

Vibrační buben je zařízení, které pomocí několika vibrujících komponent umožňuje vytvořit z hromady neuspořádaných kostiček LEGO řadu, ve které jsou kostičky rozmístěny s rozestupy na dopravníkovém pásu. Díky tomu je možné zajistit dávkování přesného množství dílků do jednotlivých balení.

Řešení, které vytvořili pracovníci výzkumné skupiny Inteligentní systémy pro průmysl a chytré distribuční sítě CIIRC ČVUT, kombinuje metody digitalizace ve smyslu IIoT (Industrial Internet of Things) simulací datové analýzy a metod umělé inteligence. Stávající bubny byly vybaveny moderním OPC UA rozhraním, které umožňuje přímé propojení se systémy pro sběr dat a automatické nastavování parametrů vibračních bubnů.

Vytvoření simulací za pomoci nástrojů MathWorks MATLAB a Siemens Technomatics Plant Simulation byl jeden z prvních kroků, který umožnil komplexní porozumění jednotlivým procesům produkce a jejich vzájemných interakcí. Díky tomu bylo možné identifikovat slabá místa výroby, a tak i rozpoznat příležitosti pro využití umělé inteligence za účelem zlepšení funkce celého systému. Největší potenciál pro zlepšení výkonnosti balicích linek byl identifikován právě u procesu nastavování vibračních bubnů.

Nastavení správných parametrů vibračních bubnů je komplexní proces, který zpomaluje náběh výroby nové zakázky, a na který se operátoři linky školí 6–12 měsíců. Nastavení je třeba optimalizovat nejen pro každý typ kostičky LEGO, kterých je aktuálně v portfoliu přibližně 8 000, ale i pro každý jednotlivý vibrační buben (celosvětově 6 000 kusů). Parametry je dále nutné měnit v závislosti na stupni opotřebení celého zařízení.

Sebraná a zpracovaná data z vibračních bubnů slouží následně jako vstup pro shlukovou analýzu, která nalezne historicky nejlepší nastavení parametrů daného zařízení pro typ kostičky podle definovaných kritérií. Tato reprezentativní nastavení vibračních bubnů jsou uložena do znalostní báze, ze které virtuální operátor v případě zavádění nové výroby hledá vhodné parametry pro výchozí nastavení. To je následně během výroby dále lokálně optimalizováno metodami umělé inteligence. Případná zlepšení jsou zaznamenána do znalostní báze, aby byla později použita při další shlukové analýze. Kombinací lokální optimalizace a shlukové analýzy nad globálními daty systém získává schopnost adaptovat se na nové podmínky, ale zároveň si zachovává robustnost a spolehlivost.

Navržené řešení je založeno na architektuře kombinující prvky EDGE a Cloud technologií. EDGE komponentu reprezentuje server, kterým je každá inovovaná linka vybavena. Zpracovává data z bubnů dané linky, vyhodnocuje je a okamžitě upravuje parametry nastavení jednotlivých zařízení. Díky tomu, že je tento server přímo součástí linky, dosahujeme krátkého času odezvy a vysoké spolehlivosti. Cloudové technologie používá navržená architektura pro sdílení znalostí mezi různými linkami, a vytváří tak globální a dlouhodobou znalostní bázi.

Funkčnost tohoto řešení byla vedení společnosti LEGO prezentována v únoru 2020 na jedné balící lince. V současnosti se systém rozšiřuje i na další linku a do konce roku budou probíhat uživatelské testy. V případě úspěchu bude systém nasazen na všechny „pre-packové“ balicí linky provozované společností LEGO nejen v ČR, ale i v dalších továrnách ve světě.

autoři: Petr Kadera a Václav Jirkovský

následnou údržbu. Současné metody strojového vidění umožňují detekci již existujících objektů, a to i v proměnlivých prostředích, která vykazují vysokou složitost struktury a tvaru.

Naše skupina navrhla a ověřila metodu pro rozpoznání místa reprezentovaného sekvencí snímků scény založenou na hlubokých neuronových sítích (DNN), která překonává všechny dosud publikované systémy. Metoda byla dále upravena pro autonomní navigaci robotu po dříve naučené trajektorii (Teach-and-Repeat), kdy při prvním průjezdu je robot řízen operátorem a ukládá si do paměti informace o prostředí, na jejich základě je schopen se při dalších průjezdech navigovat již bez pomoci operátora.

Nové a robustní postupy rozpoznávání objektů v kamerovém obrazu pracovního prostředí nenačítají uplatnění pouze v mobilní robotice, ale i v úlohách detekce a sledování objektů, které jsou v průmyslových aplikacích časté. Rozpoznání a přesná lokalizace objektu umožňuje navigaci průmyslových robotů k objektu při manipulaci či samotné výrobě (Visual-Servoing, Bin-Picking). S použitím metod strojového učení lze navíc pracovat i s objekty, které nemají pevný, definovaný tvar.

Laboratoř naší skupiny je nyní rovněž vyvíjen navigační systém pro autonomní logistický mobilní robot pro přepravu těžkých nákladů do skladů a výrobních prostorů. Řídicí systém je koncipován jako bezobslužný, což znamená, že pracovník si může vozidlo přivolat na kterékoliv místo nebo jej může poslat s nákladem do zvoleného cíle.

V rámci společného projektu vyvíjí k realizaci našeho systému partnerská firma Hopax s.r.o. všesměrový stavebnicový podvozek pro těžká průmyslová prostředí s předpokládanou užitnou nosností až deset tun. Řídicí systém pak využívá rozšířených kinematických možností podvozku tak, aby jízda byla časově optimální, minimalizovala spotřebu energie a opotřebení kol.

**autoři: Libor Přeučil,
Miroslav Kulich,
Jan Chudoba**

Úspěchy v umělé inteligenci na světové úrovni

Umělá inteligence (AI) může přinést řešení mnoha společenských výzev od léčby chorob, přes snižování dopadu zemědělství na životní prostředí až po zefektivnění průmyslové výroby. Evropská komise proto ročně navyšuje investice do této oblasti až o 70 procent v rámci programu pro výzkum a inovace Horizon 2020. Jen v letech 2018–2020 investovala 1,5 miliardy EUR do vývoje umělé inteligence v klíčových odvětvích. Institut CIIRC ČVUT k tomuto úsilí díky nedávným úspěchům přispívá stále větší měrou.

Záměrem Evropské komise je propojováním výzkumu umělé inteligence vybudovat autonomii EU v klíčových technologiích a posílit pozici v pomyslné soutěži o světového lídra v AI. Proto bylo v rámci výzvy ICT48-2020 programu Horizon 2020 vyčleněno 50 miliónů EUR na přípravu prostředí pro mnohem větší investice v blízké budoucnosti. Cílem je snížit roztržitost evropské vědecké AI komunity. Podpořeno bylo pět projektů, které odstartovaly na podzim 2020. Čtyři vytvoří velké evropské sítě specializovaných center excellence, pátý koordinuje společné aktivity a propojuje, aby byl umožněn přístup ke všem kapacitám AI napříč Evropou.

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT v Praze (CIIRC ČVUT) je zapojený hned do tří z těchto projektů, včetně toho patého koordinačního.

Projekty se zapojením CIIRC :

- > ELISE propojuje nejlepší evropské výzkumníky a instituce v oblastech opírajících se o strojové učení.
- > TAILOR posiluje základní výzkum integrující učení, optimalizaci a uvažování v klíčových oblastech pro důvěryhodnou AI.
- > VISION koordinuje aktivity, posiluje synergie a spolupráci mezi výše uvedenými a dalšími dvěma novými AI sítěmi (tj. AI4Media a HumanE-AI-Net, kde jsou mj. dalšími českými partnery MFF UK a FIT VUT), a to v úzké spolupráci s Evropskou komisí.

Klíčovým přínosem je velikost komunity: přímo se jedná téměř o 80 partnerů, ale projekty se dotknou až několika stovek dalších subjektů, od výzkumných institucí a firem, až po mezinárodní sítě a asociace. CIIRC ČVUT a České republiky se otevírají obrovské možnosti spolupracovat se špičkami evropského výzkumu

v oblasti umělé inteligence a tento výzkum ovlivňovat a směřovat.

CIIRC ČVUT se v poslední době profiluje jako skutečně evropský institut v oblasti umělé inteligence. Tento vývoj byl postupný, avšak nyní dostal velkou dynamiku. Ze zahraničí přicházejí špičkoví vědci, podařilo se vybudovat silné týmy propojující různé oblasti umělé inteligence – strojové učení, automatické uvažování, počítačové vidění a robotiku. Jádrem výzkumných týmů tvoří mezinárodně uznávaní experti Josef Šivic, Josef Urban, oba nositelé ERC grantů, dále Robert Babuška, Tomáš Pajdla, nověji pak Tomáš Mikolov, který je světově známý díky úspěchům ve Facebooku či Googlu, Martin Suda, Mikoláš Janota z Portugalska či Torsten Sattler ze Švédska.

Významnou roli hraje skutečnost, že CIIRC ČVUT a jeho výzkumníci jsou již od začátku aktivní v nejdůležitějších evropských iniciativách umělé inteligence CLAIRE a ELLIS.

Profesor Vladimír Mařík, vědecký ředitel CIIRC ČVUT, shrnuje aktuální vývoj: „Spolupráce s CLAIRE, ELLIS a zapojení do evropských projektů pro nás všechny představuje neuvěřitelnou příležitost spojit síly a vytvořit větší a efektivnější evropské AI týmy, které mohou být konkurenceschopné v celosvětovém měřítku. Jako Evropa musíme být schopni konkurovat USA i Číně. Evropa má spoustu zdrojů, které ale fungují izolovaným způsobem. Věřím, že se to díky těmto aktivitám podaří změnit. CIIRC ČVUT je u toho a v centru dění.“

autorka: Eva Doležalová

> CLAIRE Office Prague

CIIRC ČVUT vede českou kancelář Konfederace laboratoří pro výzkum umělé inteligence v Evropě CLAIRE (claire-ai.org). Tato organizace je založená tzv. „odspodu“ evropskou komunitou vědců a institucí, kterým záleží na vývoji AI s ohledem na člověka a jeho potřeby. Jedním z jejích cílů je také zavést celosvětově respektovanou značku kvality pro „Evropskou AI“ opírající se o vysoké etické zásady. CLAIRE sdružuje přes 380 výzkumných skupin a institutů ze 35 zemí světa, přičemž podporu jí vyjádřilo více než 3 500 jednotlivců z řad výzkumníků, technologů a inovátorů. Od ledna 2020 existuje CLAIRE jako mezinárodní neziskové sdružení (tzv. AISBL) se sídlem v Haagu a oficiálním zastoupením v sedmi evropských zemích. Pražská kancelář v CIIRC ČVUT byla otevřena mezi prvními.

> ELLIS Unit Prague

Poboček Evropské laboratoře pro strojové učení a inteligentní systémy ELLIS (ellis.eu) s označením „ELLIS Unit“ je již 30 ve 14 evropských zemích. CIIRC ČVUT uspěl mezi prvními na konci roku 2019 na základě mezinárodního hodnocení excellence českého týmu. ELLIS propojuje přední evropské instituty a vědce v oblastech opírajících se o strojové učení. Hlavními nástroji jsou:

- Výzkumné programy od základního teoretického výzkumu po aplikace ve zdravotnictví, modelování klimatu a důvěryhodnou AI zaměřenou na člověka
- Pan-Evropský PhD program, který přitáhne, vychová a propojí nejlepší doktorandy v moderní umělé inteligenci v Evropě
- Síť pracovišť (ELLIS Units a ELLIS Institutes) ve stávajících nebo nově založených institucích, které vytvoří atraktivní podmínky pro špičkový výzkum a inovace.

doc. Ing. JIŘÍ LITOŠ, Ph.D.
litos@fsv.cvut.cz



PRVOK

Zatěžovací zkouška domu z 3D tisku

První 3D tištěný dům v České republice z betonu, resp. z cementového kompozitu, a zároveň první 3D tištěný dům na světě, který plave na vodě, byl slavnostně odhalen 18. srpna na Sřeleckém ostrově. Unikátní PRVOK byl kompletně vytištěný v Českých Budějovicích a po jeho převezení do Prahy byl uložen na ponton. Jeho název byl zvolen nejen pro jeho půdorysnou podobnost s jednobuněčným primitivním organismem, ale i pro jeho mnohá prvenství v oblasti 3D tisku.

Autorem návrhu PRVOKa je vizionářský sochař Michal Trpák, který vytištěný dům prezentuje jako organickou obytnou sochu a ve spolupráci s firmou Scoolpt a za finanční podpory stavební spořitelny Buřinka se povedlo realizovat tento zajímavý projekt. Od prvního nápadu až k tisku finální verze PRVOKa uběhl téměř rok. Během této doby si celý tým prošel dlouhými měsíci navrhování, projektování a kódování robota. Bylo také nutné provést několik testů samotné tištěné konstrukce, zejména pak statickou zatěžovací zkoušku, která měla ověřit její stabilitu a únosnost.

Konstrukce je jedinečná nejen tvarem, ale i použitým materiálem a zejména způsobem tisku, kdy jsou jednotlivé provazce cementového kompozitu na sebe kladeny v růz-

ných časových intervalech. Pro klasické materiály a konstrukce existují matematické modely a testy ověřené desítkami let, ale na konstrukci PRVOKa a podobné stavby současné normy zatím nepamatují. Proto na Apríla, nikoli jako žert, byla ve zkušební hale Experimentálního centra Fakulty stavební ČVUT vytištěna část domu, konkrétně budoucí ložnice s půdorysnou plochou přibližně 10 m², která byla podrobena prvnímu testu na zatížení úspěšně cestě PRVOKa. Tisk byl proveden za pomoci robotického ramene standardně používaného v automobilovém průmyslu a celou část stavby se povedlo vytisknout během několika hodin.

Celkově se jedná o velmi atypickou a netradiční konstrukci o délce přes 13 metrů, kdy její stěna je v řezu

rozdělena na vnější samonosnou část, která určuje stavbě tvar, a na vnitřní nosnou část vyztuženou svislými žebry, na kterých jsou umístěny střešní vazníky. Výjimečnost díla umocňuje instalace zelené střechy a netradiční květinové stěny ve střední části objektu. Tepelnou pohodu uvnitř stavby zajišťuje izolace, kterou je vyplněn prostor mezi těmito skořepinami. Právě zmíněná vnitřní nosná část stěny byla v Experimentálním centru podrobena statické zatěžovací zkoušce. Pomocí systému vahadel bylo zatížení z jednoho zatěžovacího hydraulického válce rozneseno do 16 míst na konstrukci, každé z nich bylo vystaveno stejně velké síle. Testovaná místa respektovala pozice rozmístění střešních vazníků a zatížení se tak přeneslo do svislých žeber.

Cílem zkoušky bylo nejen ověřit požadovanou únosnost stavby, ale kromě zatěžovací síly monitorovat i deformace konstrukce ve všech směrech. Zkouška byla provedena postupně ve třech krocích. Nejprve byla konstrukce zatížena silou, která reprezentovala vlastní tíhu střešního pláště. Následovalo přitížení o fiktivní zatížení sněhem pro oblast Praha a na závěr byla síla navýšena o hodnotu nahodilého zatížení. Celkem bylo do konstrukce vneseno zatížení téměř 50 kN, což při půdorysné ploše 10 m² vytištěné části domu odpovídá zatížení 5kN/m². PRVOK mu bez problému odolal. Postupně bylo zatížení navyšováno až na desetinásobek požadované únosnosti, což ještě dovoľovala navržená roznášecí vahadla. Ani toto navýšení PRVOKovi vůbec neublížilo a nebyly pozorovány žádné výrazné deformace, které by naznačovaly jeho poškození či dokonce kolaps.

Po zatěžovací zkoušce byla vytištěná konstrukce rozdělena na menší segmenty, na kterých v současné době probíhají další testy. Výsledky získané na základě těchto experimentů pak budou použity pro validaci stávajících výpočtových modelů pro vhodnější zachycení této atypické konstrukce.

autor: Jiří Litoš
foto: Jiří Litoš

Průmysl 4.0 určitě změní celou společnost

Výzkum v oblasti Průmyslu 4.0 je též doménou vědců Fakulty strojní ČVUT. Tato univerzitní součást přitom v této moderní sféře nejen zkoumá nové postupy a metody, ale jako první v ČR již v roce 2016 zahájila navazující magisterský studijní program Průmysl 4.0. Nejen o robotech ve výrobě hovoříme s prof. Ing. Michaelem Valáškem, DrSc., děkanem Fakulty strojní ČVUT a výraznou osobností v oboru, je mj. vedoucím sekce Průmyslové výroby a automatizace Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT.

Co můžeme očekávat od uplatňování konceptu Průmysl 4.0?

Základní koncept Průmyslu 4.0 je v České republice pod vlivem Německa orientovaný na zvýšení produktivity a flexibility průmyslové výroby. Podle mého názoru jde však o větší změnu danou vlivem internetu na naše podnikání, chápané jako obstarání si živobytí v roli podnikatele nebo zaměstnance. Jako klíčové prvky je však třeba chápat více technologických změn než jen užití internetu. Je to internet věcí, digitální dvojče, big data, umělá inteligence, virtuální i rozšířená realita, robotizace či 3D tisk. Průmysl 4.0 nazývají někteří autoři čtvrtou průmyslovou revolucí. Ty minulé vždy vznikaly spojováním nových technologií s novou organizací výroby, což podstatně ovlivnilo náhled na způsoby podnikání. Proto se dnes musíme ptát, jak můžeme jinak podnikat s užitím internetu a dalších technologií. Přestalo stačit vyrábět jen to, co umíme, a snažit se produkt uplatnit na trhu. Již ve třetí průmyslové revoluci byla stále důležitější variabilní produkce a plnění potřeb či přání zákazníků. S tím souvisela výroba bez velkých skladů a rozvoj sektoru služeb. Výrobci museli změnit své myšlení a mnoho lidí profesi. Důsledkem byla i globalizace, která v covidové krizi narazila na nerespektování minimální velikosti zásob a skladů z hlediska robustnosti a systémového inženýrství.

V čem je tedy ta čtvrtá revoluce zásadně jiná?

Ve čtvrté průmyslové revoluci bude důležitější přemýšlet více o nových

postupech v podnikání než pouze o samotné výrobě. Vzniklo již mnoho nových obchodních modelů založených na internetu. Například marketingové náklady sítě hotelů částečně nahradily internetové aplikace na hledání a pronájem ubytování. Jenže tento příklad ukázal, že bezpečná je zřejmě jen kombinace materiálních a digitálních statků. Hodnota internetové aplikace v covidu byla rázem nulová, ale s materiálními objekty hotelů se dalo stále něco podniknout – ubytování jiné klientely – nakažených, v karanténě, ohrožených, izolovaných cizinců, bezdomovců a dalších. Příkladem podnikatelské tvořivosti rychle přibývá. V průmyslové výrobě pomáhá internet věcí vytvářet simultánní dvojče reálného produktu a ve virtuální realitě na něm zkoušet nejrůznější změny. O to se například snažíme i v naší zkušebně leteckých motorů na Fakultě strojní. Vzniklá big data se výborně využijí v dalším vývoji i v údržbě. Na jejich základě vzniká monitorovací systém individuální pro každý letecký motor. Do budoucna jsou pak základem učení, které zvládne umělá inteligence. Další podobné možnosti se nabízejí ve výrobě a opravárenství. Brzy bude reálné vyrábět nové produkty nebo je opravovat na dálku, přímo u zákazníka. Vývoj však nebude pouze přímočarý plný úspěchů. Optimální organizaci podnikání s technologiemi Průmyslu 4.0 jako nového obchodního modelu budeme muset ještě hledat skrze úspěšné i neúspěšné experimenty. Příkladem dnes neúspěšného experimentu je ukončení robotických

továren Speedfactories společnosti Adidas v Evropě a USA a jejich přesun zpět do Číny a Vietnamu. Průmysl 4.0 určitě změní celou společnost, zejména ve způsobu získávání živobytí.

Může Průmysl 4.0 změnit přístup k podnikání a strukturu národního hospodářství také v naší republice?

Věřím, že ano, protože nejsme izolovanou částí světa, ale jeho součástí. Jednak kvůli kooperačním vazbám průmyslu v České republice na zahraniční podniky a jednak jako tvůrčí přístup k podnikání vlastníků průmyslu u nás. Musíme si uvědomit, že přestože prostor pro digitalizaci, automatizaci a robotizaci je v České republice velký, tak o investicích do technologií Průmyslu 4.0, digitalizace, automatizace a robotizace českého průmyslu zdaleka nerozhoduje Česká republika, ale vlastníci průmyslových podniků, kteří jsou z velké části právě v západních zemích. Investiční náklady na digitalizaci, automatizaci a robotizaci jsou velké a při jejich vynakládání místo využívání nižších mezd by poptávka po výrobcích z českého průmyslu nemusela být tak příznivá, jako je dnes. Svět však není černobílý a je na České republice, aby ve svých rozvojových programech vytvořila potenciál pro větší digitalizaci, automatizaci a robotizaci zvláště po zkušenostech s covidem.

Jaké souvislosti s covidem máte na mysli?

Pokud výrobní společnost nedosta-
tečně zaváděla automatizaci a digi-

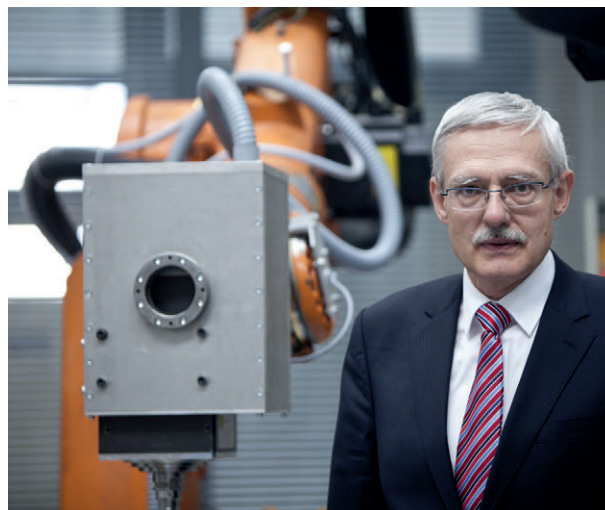
[Současná epidemie je velkou příležitostí k zamýšlení nad strategickými změnami struktury národního hospodářství. Současně je silným impulsem k rychlejšímu zavádění inovací a uplatňování principů Průmyslu 4.0 i v České republice.](#)

talizaci, pak se to projevilo právě během koronavirové epidemie. Takové firmy pak musely radikálně omezit produkci nebo zavřít provoz. Pokud by alespoň část jejich technologií například obsadily roboty a využívaly a řídily některé procesy prostřednictvím internetu, tak mohly omezit velikost směn a vytvořit dvě skupiny pracovníků, které se nemusejí při epidemii potkávat. Nějaké krizové situace nelze v budoucnu vyloučit, proto je nutné se na ně připravit. Nechtěl bych tvrdit, že současná epidemie povede k okamžitým změnám v přístupu k podnikání a k zavádění vyššího podílu digitalizace, robotizace a automatizace ve výrobních procesech.

Vezměme si ze současné krize poučení, že sice si nemůžeme vyrábět sami vše, od jehly po lokomotivu, ale vysoká závislost na jednom dominantním odvětví a na masových dovozech komponentů i zboží běžné potřeby z asijských zemí je strategicky nebezpečné. Snadno bychom se mohli dostat do těžké krize ekonomické. Ke konceptu Průmyslu 4.0 patří také změny v přístupu k podnikání. Epidemie odhalila ekonomickou zranitelnost některých odvětví. Poznatky systémového inženýrství a úvah o odolnosti proti krizím byly ignorovány. Dosavadní dlouhodobý nárůst služeb oproti výrobě konkrétních produktů se zastavil. Podle mého názoru se ukázala důležitost spojení produktů a služeb, i když je to na první pohled proti trendu specializace. Některé profese dokonce skončily ze dne na den. Ale řada firem i živnostníků našla i ve složitějších podmínkách novou příležitost. Nastal okamžitý boom rozvozu hotových jídel a e-shopy nestačily plnit zakázky. To je jasný příklad podnikání pomocí internetu, a to při spojení výrobku se službami. Současná epidemie je velkou příležitostí k zamyšlení nad strategickými změnami struktury národního hospodářství. Současně je silným impulsem k rychlejšímu zavádění inovací a uplatňování principů a nástrojů Průmyslu 4.0 i v České republice.

Myslíte si, že koronavirová epidemie „přispěla“ k rychlejší implementaci prvků i systémů charakteristických pro „Éru Průmyslu 4.0“?

Ano, i když ne plošně, ale jen výběrově. Mohu uvést pár příkladů, které demonstrují užití 3D tisku, dálkový přístup k výrobním procesům přes internet a digitální sdílení výrobních postupů po internetu. Na ČVUT epidemie podpořila na všech fakultách a u řady výzkumných pracovníků i studentů vysokou motivaci rychle vyvinout a pomocí nejnovějších technologií vyrobit aktuálně potřebné ochranné pomůcky. Obvykle byl základem 3D tisk schopný rychlé přípravy a realizace výroby. Výsledky byly obdivuhodné a naše fakulta k nim také přispěla. Přímou na naší fakultě dokonce mohli zahraniční experti díky digitalizaci procesů a jejich sdílení po internetu i během pandemie plynule s námi pokračovat v testování nového leteckého motoru spolu s GE Aviation z pohodlí svých domovů při home office v Itálii a Polsku. Místo třiceti pracovníků bylo na zkušebně motorů jen pět ve vlastním velínu. K úsilí se také přidali naši absolventi. Jeden z nich vyvinul s kolegou ve své firmě „mobilizační“ stohovatelná lůžka, která lze rychle vyrobit kdekoli na světě do 24 hodin a řešení zveřejnil pod volnou licencí na internetu. A podobných příkladů uplatňování konceptu Průmysl 4.0 v českých firmách je samozřejmě více. Hlavně se však domnívám, že covidová krize teprve přispěje ke změnám v našem průmyslu. Úvahy o digitalizaci, automatizaci a robotizaci budou intenzivnější. Uvažuje se třeba o volbě mezi zásobou strategických výrobků nebo zásobou strategických surovin a výrobní kapacitě just-in-case použitelné pro řadu výrobků. Doufám, že se bude zvažovat optimální délka logistických řetězců a velikosti skladů s úvahou o odolnosti hospodářství vůči různým krizím s užitím systémového inženýrství, v případě globální výroby o tvorbě výrobních dvojic mezi Českou republikou a vyvezenou průmyslovou výrobou, o spojení



výrobků se službami a prodej spíše služeb než vlastních výrobků.

Jak na tak velké změny připravujete své studenty?

Na jedné straně uchováváme základ tradičního vzdělání strojního inženýra s důrazem na procesy tvořivosti a s přirozeným porozuměním ekonomice a managementu, což vlastně tvoří tak skloňované kritické a tvůrčí myšlení. Na straně druhé vzdělání doplňujeme novými oblastmi, ale i pro strojařinu netradičními znalostmi například digitálního světa a umělé inteligence. Vzdělávání ve vědě a technice je a bude důležité. S ním souvisí jejich popularizace, která bohužel často sklouzává k jednoduchým klišé. Média ukazují záběry, jak robot „sám“ něco dělá, z 3D tiskárny vycházejí výrobky stejně snadno jako tisky z laserové tiskárny, a většinou již nerozvádí, co všechno je za tou zdánlivou jednoduchostí. Hlavní příprava tedy zůstává na odborném vzdělávání založeném na porozumění základním fyzikálním, matematickým a digitálním principům. Snažíme se studenty trénovat v tvořivosti při navrhování tradičních výrobků i řešení crazy nápadů. Osobně jsem se podílel na zavádění výuky mechatroniky postupně na čtyřech našich univerzitách, na Fakultě strojní byl studijní program Mechatronika akreditován jako první. Důležité je i to, že jsme jako první v ČR již v roce 2016 zahájili navazující magisterský studijní program Průmysl 4.0.

autor: Ladislav Lašek
foto: Fakulta strojní

Podle mého názoru se ukázala důležitost spojení produktů a služeb, i když je to na první pohled proti trendu specializace. Některé profese dokonce skončily ze dne na den. Ale řada firem i živnostníků našla i ve složitějších podmínkách novou příležitost. Nastal okamžitý boom rozvozu hotových jídel a e-shopy nestačily plnit zakázky. To je jasný příklad podnikání pomocí internetu, a to při spojení výrobku se službami.

Strojírnoství 21. století

Strojírnoství je obor, který se neustále vyvíjí a přirozeně integruje nové technické znalosti, které do strojů a zařízení pronikají z dalších technických oborů. Aktuálně se jedná zejména o intenzivnější nasazení a využití nástrojů a postupů v oblasti průmyslové komunikace, digitalizace a softwarového inženýrství. Myšlenka Průmyslu 4.0 rozšířená a popularizovaná v ČR od roku 2015 urychlila přirozenou evoluci řady oblastí průmyslové výroby. Současně přinesla řadu nových podnětů do technického vývoje i na úzce navazující problematiku nových obchodních modelů. Se čtvrtou průmyslovou revolucí souvisejí i aktivity Fakulty strojní ČVUT ve vzdělávání i výzkumu.

Výuka pro Průmysl 4.0

Nové výzvy a technická i manažerská témata Průmyslu 4.0 vytváří požadavky na nový profil absolventů inženýrské výuky. Fakulta strojní ČVUT na tuto situaci záhy reagovala a jako první univerzita v České republice umožňuje od akademického roku 2016–2017 studium v akreditovaném magisterském studijním programu Průmysl 4.0. Nový program byl iniciován a je garantován děkanem Fakulty strojní, prof. Ing. Michaelem Valáškem, DrSc.

Výukový obsah tohoto programu kombinuje základní předměty strojního inženýrství relevantní průmyslové výrobě a výrobním strojům, které jsou synergicky doplněny o předměty specificky vázané na nový pohled na moderní průmysl. V něm se úzce integrují hardwarová řešení, ovládací software, komunikace a výměna dat, a na to vázané řízení strojů, systémů a lidí. Roste podíl operací bez zásahu člověka, ale cílem stále zůstává snaha vyrobit požadovaný fyzický produkt s definovanými náklady, kvalitou a časem dodání. Studenti se učí výrobním procesům a provozu strojů, které tyto procesy zajišťují. To je integrovaně propojeno s novými možnostmi v oblasti techniky i byznysu, které umožňuje digitalizace výroby a sdílení infor-

mací napříč celým dodavatelským řetězcem. Studium kombinuje existující vyučované technické předměty s novými specificky zaměřenými na Průmysl 4.0, jako například Aditivní a alternativní technologie, Znalostní a datové inženýrství, Softwarové inženýrství, Distribuované systémy, Počítačové vidění a virtuální realita, Právo, bezpečnost a duševní vlastnictví či Řízení lidských zdrojů.

Virtuální digitální modely stroje a procesu

Nové podněty přináší koncept Průmyslu 4.0 i do aplikovaného výzkumu. Silnou oblastí výzkumu na Fakultě strojní je oblast digitálních dvojčat strojů pro podporu návrhu a kontroly výrobních procesů, zejména obráběcích. Dalším významným tématem je otázka rozšíření schopností komunikace výrobních strojů s dalšími průmyslovými zařízeními i s lidmi přítomnými ve výrobním procesu. Těmto projektům se věnuje tým specialistů na Ústavu výrobních strojů a zařízení FS ČVUT.

Moderní virtuální modely strojů a procesů jsou účinným nástrojem pro kontrolu a optimalizaci obrábění. Tzv. digitální dvojčata strojů umožňují realistické simulace chování strojů a procesů včetně projevů tuhosti a kmitání systému stroj–nástroj–obrobek. Výstupem simulace je reálný čas obrábění a vizualizace přesnosti a jakosti povrchu obrobku – tzv. digitální dvojče obrobku.

Virtuální model stroje sestává z jádra CNC řídicího systému stroje, modelu nosné struktury stroje včetně mechaniky a řízení pohonů a původního vizualizačního software, které umožňují simulovat celý proces obrábění. Vstupem do virtuálního stroje je NC program vytvořený v CAM systému. Výstupem je realistická vizualizace povrchu obrobku včetně detailů jakosti opracovaných povrchů vlivem kmitání stroje, nástroje nebo obrobku.

Tento simulační systém je unikátní jak rozsahem popisu dynamického chování stroje, tak i snadným využitím pro optimalizace technologických aplikací.

Příkladem uplatnění digitálního dvojčete stroje pro zvýšení produktivity obrábění může být aplikace řešená s výrobcem obráběcích center firmou BRAY pro polského zákazníka této společnosti (projekt FV10204). Forma z hliníkové slitiny s požadovanou tvarovou přesností $\pm 0,1$ mm se původně obráběla 130 minut. Stroj pracoval s jedním nastavením hodnot interpolátoru. S využitím simulace celého procesu bylo doporučeno použít pro obrábění tři různé sady nastavení interpolátoru (pro hrubování, před-dokončování a dokončování). Změny v nastavení způsobily, že se v některých operacích snížila přesnost obrábění (např. při hrubování snížená přesnost nevadí), nebo byl řízeně využit celý rozsah přípustné tolerance přesnosti obrobekových ploch. To zkrátilo čas obrábění až na 106 minut, což představuje růst produktivity obrábění o 18 procent.

Druhým příkladem je technologicky jeden z nejnáročnějších úkolů: obrábění tvarově složitých dílců typu štíhlých poddajných lopatek, při kterém je třeba dosáhnout co nejvyšší kvality obrobku a zároveň minimalizace času obrábění. Ve spolupráci s výrobcem multifunkčních obráběcích strojů KOVOSVIT MAS Machine Tools, a. s. (projekt TE01020075) byla vyvinuta strategie optimalizace obrábění tenké štíhlé lopatky z těžkoobrobitelné slitiny duplexní oceli. Navržený postup spočívá v řízení otáček nástroje tak, aby se v žádné části lopatky nevybudila nepříjemně vysoká úroveň vibrací a nedošlo k poškození povrchu lopatky. Optimalizace obrábění byla realizována s využitím virtuálního dvojčete stroje, virtuálního modelu lopatky a integrované simulace řezných sil. Na základě výpočtů byl zvolen optimalizovaný postup obrábění roz-

dělením lopatky do tří oblastí, v nichž byly nastaveny takové řezné parametry, aby nedošlo k poškození kvality povrchu vlivem vibrací. Výsledek optimalizace vedl nejen k úspěšnému odstranění vad jakosti povrchu lopatky, ale také k celkově více než 40procentní úspoře času obrábění.

Virtuální modely – digitální dvojčata stroje a procesu nacházejí úspěšné uplatnění v úlohách odladění, optimalizací a zvyšování produktivity výroby zejména obrábění tvarově složitých dílců, které by běžnými postupy nebylo dosažitelné nebo bylo časově velmi náročné.

Virtuální testování

I v dnešní době existuje řada speciálních strojů, pro které není možno efektivně využívat CAM SW pro přípravu NC kódu řídicího chodu stroje. Patří sem například víceřetěnové soustružnické automaty, které jsou používány v masové výrobě řady součástí. V boji o zkrácení celkové doby obrábění o každou desetinu sekundy musí technolog vhodně rozvrhnout osazení stroje nástroji s ohledem na plánované obráběcí operace a následně správně nastavit návaznost a překryv jednotlivých operací, aby nedošlo ke kolizi pohybujících se částí stroje mezi sebou. Ve spolupráci s partnerem TAJMAC-ZPS, a. s. (projekt TE01020075) byl vyvinut software pro NC programování dlouhotočných automatů. Virtuální testování nástrojového vybavení pomocí simulací obrábění umožňuje relevantně ověřit vhodnost navržených nástrojů z pohledu rizika kolizí dříve, než proběhne skutečné obrábění na stroji. Další významný přínos spočívá v možnosti virtuálně testovat reálný čas obrábění jednotlivých NC programů s cílem co nejlepšího časového využití nástrojů v režu a minimalizace neproduktivních časů.

Nadstavbový systém správy stroje

Moderní obráběcí stroje musí umožnit integraci řady přídatných HW i SW řešení, která zvyšují jejich užitnou hodnotu a produktivitu

i přesnost výroby. Zajištění takové integrace obvykle vyžaduje řešení na míru. Kritickým požadavkem pro úspěch celého řešení je nutnost bezešvé integrace do ovládání mateřského stroje, aby se obsluha naučila řešení používat rychle a efektivně.

Příkladem univerzálního řešení uvedených požadavků je nadstavbový systém správy stroje TOS Control, který slouží nejen jako pokročilé uživatelské prostředí, ale také jako brána pro implementaci dalších aplikací a rozhraní pro komunikaci s nadřazenými systémy. Byl vyvinut ve spolupráci s TOS VARNSDORF, a.s. (projekt TE01020075). Jednou s přídatných funkcí, které může mít stroj integrován, je inprocesní měření rozměrů dílce. To vyžaduje vestavení přídatného odměřovacího systému do stroje a ovládání měřicích úloh na stroji v režimu souřadnicového měřicího stroje (CMM). Díky tomu je možné, aby stroj „cítil“ skutečný tvar vyráběného dílce a přizpůsobil se mu. Vyráběné dílce jsou před dokončením proměřeny dotykovou sondou přímo na stroji bez nutnosti manipulace, přičemž řízení měření je prováděno z metrologického software jako na běžném CMM – metrologický software je integrován přímo do řídicího systému stroje.

Na základě měření jsou následně změřená geometrická data automaticky zavedena jako korekce dané geometrické entity pro následné obrábění. Kromě využití přídatných odměřování integrovaných do stroje s cílem zjištění skutečného tvaru dílce při měření je možné využít i externích měřicích zařízení, například laser trackery.

Sofistikované stroje

Koncept Průmyslu 4.0 přináší do strojařiny další akceleraci integrace elektroniky, digitalizace a SW inženýrství. Strojírénství 21. století tak stále zůstává zdrojem sofistikovaných strojů, které zajišťují výrobu a chod věcí, které nás obklopují. Pro řešení nových výzev v moderní výrobě je možno na Fakultě strojní studovat nový studijní program Průmysl 4.0. Na výuce v tomto programu participují odborníci fakulty, kteří mají řadu zkušeností a výsledků v této oblasti z aplikovaného výzkumu ve spolupráci s firmami. Řada prezentovaných řešení je od letošního roku uváděna průmyslovými partnery na trh a pomáhá tak konkrétním českým firmám zvyšovat svoji konkurenceschopnost na náročných světových trzích.

autoři: Petr Kolář a Matěj Sulitka
foto: Jiří Ryszawy

Doktorandi FS připravují v laboratoři IPA CIIRC praktickou výuku programování průmyslových robotů



Tvorba digitálního modelu staveb s využitím optických metod

Nacházíme se v období transformace celého stavebního odvětví, která může přinést nejen změnu v nahlížení na stavby a proces výstavby, ale i odlišný přístup lidí ke stavbám, ve kterých žijí a pracují. Tato změna je podporována trendy Stavebnictví 4.0, spočívajícími mimo jiné v aplikaci procesů informačního modelování staveb (Building Information Modeling) a využívání informačních modelů staveb.

V současné době jsou procesy informačního modelování staveb spojeny zejména s novou výstavbou a většina dat informačních modelů staveb je pořizována již ve fázi projektování stavby. Avšak přínosy informačního modelování staveb by měly spočívat zejména v úspoře nákladů při vlastním provozu stavby. Neméně velkou důležitostí má tedy i tvorba informačních modelů stávajících staveb. Jako první jsou v rámci informačního modelování staveb obvykle pořizována data popisující geometrii jednotlivých prvků stavby i objektu jako celku (tzv. 3D model). Informační model pak může být podle potřeb obohacován o další údaje.

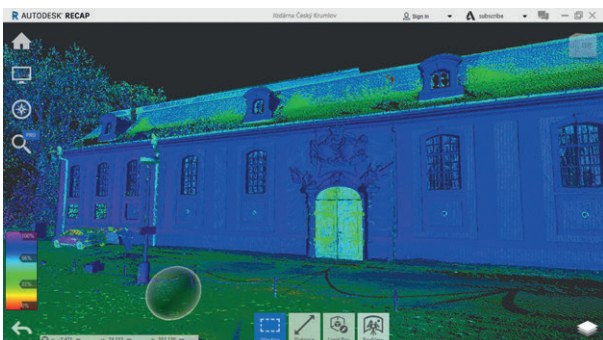
3D model existující stavby je pak možné vytvářet obdobně jako v případě nového objektu, avšak optické metody mohou získání informace o geometrii stavby značně usnadnit. Konkrétně se jedná o metody 3D skenování a digitální fotogrammetrie.

Na Katedře inženýrské informatiky Fakulty stavební navrhujeme a testujeme postupy aplikace optických metod pro tvorbu digitálních 3D modelů nejen stavebních objektů, ale i například soch, památníků nebo uměleckých děl. Optimalizujeme tak procesy tvorby digitálních 3D modelů za současné spolupráce s architekty, umělci i dalšími profesemi.

3D skenování je proces, kterým za pomoci laserového nebo optického skeneru pořídíme 3D snímky. Vzhledem k velikosti stavebních objektů je třeba rozvrhnout celou plochu stavby na jednotlivé oblasti. Samotné skenování je ale pouze prvním krokem k získání 3D modelu celé stavby. Získané snímky je třeba spojit do jednoho

modelu celé stavby. Dle členitosti povrchu skenované stavby je pak k tomu možné použít vlíčovací body nebo přesahy ploch jednotlivých snímků. Takto získaný model stavby však často obsahuje chyby v získaných datech. Ty mohou být například zaviněny různou odrazivostí materiálů stavby, kdy skener nezachytí odraz laserového nebo optického paprsku od některých materiálů, mohou také vznikat nedokonalým spojením snímků a podobně. K odstranění těchto chyb v datech se používají metody jako doskenování chybějících oblastí, vyplnění vzniklých děr v modelu nebo vyhlazování částí modelu. Některé z těchto metod mohou být částečně automatizovány. Získaný model stavby je tvořen mračnem bodů, které reprezentují 3D geometrický tvar stavby. Těmto bodům pak mohou být přiřazeny globální souřadnice a mezi body může být vytvořena trojúhelníková síť, reprezentující povrchy 3D modelu existující stavby.

Digitální fotogrammetrie je další metodou vytváření 3D modelu existujících objektů. Jedná se o proces tvorby digitálního modelu pomocí překrývání většího počtu fotografií modelovaného objektu přes sebe. Stěžejní částí celého procesu je samotné fotografování, které je potřeba pečlivě naplánovat s ohledem na velikost a tvar snímaného objektu. Jednotlivé fotografie musí mít určité procento překryvu, je potřeba držet určitou ohniskovou vzdálenost a úhel fotoaparátu. Z hlediska pořizování fotografií lze rozdělit fotogrammetrii na pozemní (fotografujeme ze země) nebo leteckou (fotografujeme nejčastěji pomocí dronu). Při vytváření modelu stavby



Jízdárna v Českém Krumlově – vizualizace modelu vzniklého pomocí 3D skenování

Na Katedře inženýrské informatiky Fakulty stavební navrhujeme a testujeme postupy aplikace optických metod pro tvorbu digitálních 3D modelů nejen stavebních objektů, ale i například soch, památníků nebo uměleckých děl. Optimalizujeme tak procesy tvorby digitálních 3D modelů za současné spolupráce s architekty, umělci i dalšími profesemi.

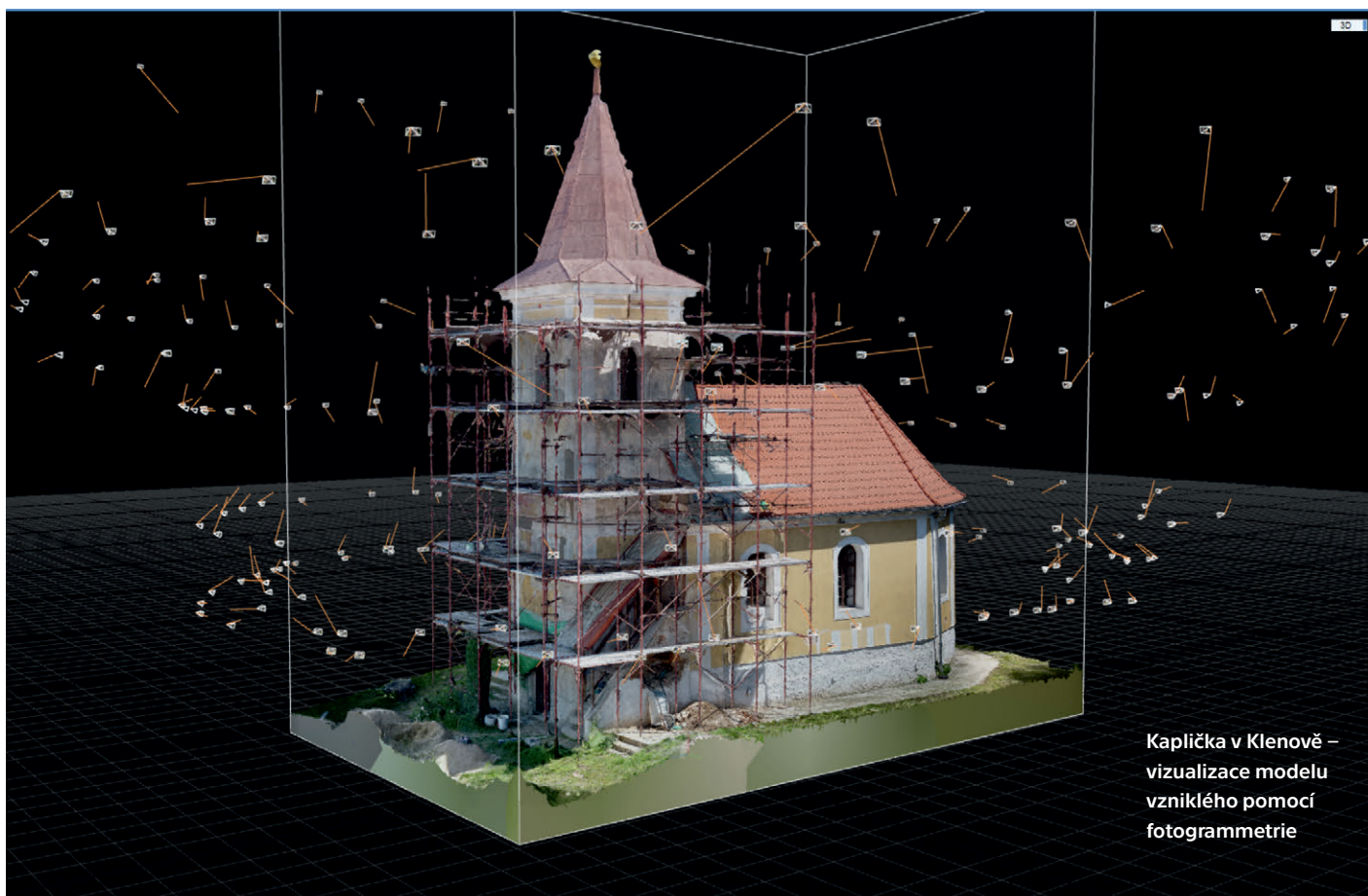
využíváme kombinaci obou metod, zpravidla fotíme exteriér pomocí dronu a interiéru pomocí fotoaparátu. Získaných snímků bývají stovky i tisíce a je potřeba je spojit do jednoho modelu celé stavby. Podle kvality fotodokumentace je možné vytvořit model z velké části automaticky. Vždy se nám ale vyskytnou v modelu chyby, zapříčiněné špatným úhlem některé z fotografií nebo různou odrazivostí materiálu. Například od vodních ploch se paprsky světla odráží pod jiným úhlem než u ploch matných. Tyto chyby je nutné opravit ručně v modelu po převedení

modelu do bodového mračna. Při větších chybách je možné chybnou část nafotit znovu. Při focení v exteriéru ale může vzniknout problém s rozdílnými světelnými podmínkami oproti těm původním a poté bývá problém jednotlivé části pospojovat do jednoho modelu. Získaný model stavby je možné uložit jako mračno bodů, které reprezentují 3D geometrický tvar stavby. Stejně jako u 3D skenování i tento model může být připojen ke globálním souřadnicím.

Takto vytvořené modely stavby mohou nejen sloužit jako podklad pro tvorbu informačního modelu

existující stavby, ale také zachycují aktuální stav stavby. Díky vysoké přesnosti vytvořených modelů je možné je využít například ke sledování defektů stavby v průběhu celého jejího životního cyklu, zmapování kulturně a historicky významných objektů nebo jejich částí pro potřeby památkové péče či tvorbu digitálních dvojčat sloužících jako podklad pro renovaci v budoucích letech.

**autoři: Jiří Kaiser
a Martin Dědič
ilustrace: autoři**



**Kaplička v Klenově –
vizualizace modelu
vzniklého pomocí
fotogrammetrie**

Smart Cities | Chytrá doprava i Evropská třída

Je zřejmé, že Průmyslu 4.0 nepovede pouze ke změnám samotných výrobních procesů, ale zásadně ovlivní i prostředí obklopující jednotlivé výrobní podniky, jako jsou energetické, bezpečnostní, logistické či dopravní systémy či vodní a odpadové hospodářství. Žádná výrobní jednotka nemůže být z principu izolovaná. Je nutno sledovat pohyb vstupních komponent, distribuci výsledných produktů, odvoz odpadů, dopravu zaměstnanců atd.

V budoucnu lze předpokládat čím dál více vzájemně propojených distribuovaných výrobních jednotek oproti stávajícímu centralizovanému uspořádání. Jejich decentralizované řízení je technologicky řešitelné pomocí systémů s vysokou bezpečností, spolehlivostí a dostupností telekomunikačního, informačního, dopravního či energetického prostředí včetně využití 5G mobilních sítí, datových center, a to jak uvnitř, tak i vně vlastních výrobních jednotek. Každý prvek výrobního procesu, reprezentovaný svým softwarovým agentem, musí být schopen řešit v reálném čase a s vysokou garancí nejen úlohy spojené například se svojí manipulací, ale i služby závislé na komunikaci se svým okolním prostředím (město, region).

Urbanistické struktury můžeme v prvním přiblížení chápat jako pozadí pro Průmysl 4.0, které nabízí výrobním jednotkám své služby. Po hlubší analýze se však lze na výrobní jednotky dívat jako na konkrétní územní prvky se svými specifickými požadavky na řešení typu automatického řízení vstupu, energeticky efektivních průmyslových budov, řízení pohybu vozidel v rámci průmyslových areálů, dynamického přidělování parkovacích míst, efektivní logistiky až po pokročilou ostrahu objektů využívajících například drony.

Příkladem konkrétní realizace může být Smart city polygon v Plzni (www.smartcitypolygon.cz), který postupně vzniká ve výrobním

areálu firmy Omexon ve spolupráci s různými společnostmi, jež jsou většinou členy Czech Smart City Cluster (www.czechsmartcitycluster.com), jehož zakládajícím členem byla Fakulta dopravní ČVUT. Na fakultě byl například zpracován Smart city koncept města Mladá Boleslav, jehož zásadním úkolem byla integrace výrobního podniku Škoda-Auto, a.s., s městskými systémy zejména pro zlepšení dopravy a logistiky ve městě.

Odolnost urbánních celků

Pro zvýšení garance poskytovaných služeb pro výrobní podniky je třeba posílit odolnost územních celků proti nepředvídatelným mimořádným událostem, dopravním kongescím, sociálním nepokojům, ale i kybernetickým atakům či výpadkům elektrické energie. Urbánní odolnost (Urban Resilience) je měřitelná schopnost městských celků spolu se svými obyvateli udržovat jejich chod i přes hrozbu různých mimořádných situací (příkladem může být pandemie COVID-19) a zároveň tyto celky pozitivně přizpůsobovat a transformovat směrem k udržitelnému rozvoji, který zahrnuje řešení ekonomických, environmentálních i sociálních problémů.

Chytré energetické sítě musí být schopny pomocí pokročilého řízení optimalizovat spotřebu, ukládání či poskytování energie na úrovni jednotlivých uzlů s ohledem na všechny dostupné informace. Koncept Průmyslu 4.0 umožňuje díky detailní znalosti výrobního procesu dodávat informace pro chytré řízení energetických soustav vyšších celků a aktivně přispívat ke stabilitě celé energetické soustavy.

Jelikož jsou urbánní celky typické nejen svou vysokou hustotou obyvatel, ale také vzájemně se ovlivňujícími a fyzicky se překrývajícími infrastrukturálními prvky s různými funkcemi, nelze úlohu urbánní odolnosti studovat odděleně. Řešení musí zahrnovat všechny vazby a synergické efekty mezi dotčenými odvětvími včetně výrazné decentralizace lokálních zdrojů. Pro úspěšné zvládnutí tohoto problému je nutná kooperace mezi jednotlivými profesemi, která vyžaduje vzájemné pochopení různých úhlů pohledu na danou problematiku, jak se snažíme řešit v rámci Národní platformy pro chytrou odolnost měst a obcí (www.urbanresilience.cz).

„Chytrá Evropská“

Při řešení dílčího projektu Národního centra kybernetiky a umělé inteligence (NCK TA ČR) byl vytvořen interdisciplinární tým z odborníků na jednotlivé oblasti, konkrétně dopravní systémy, energetické sítě, územní plánování, chytré budovy a environmentální modelování. V rámci projektu vznikla myšlenka tzv. „Chytré Evropské“ (www.SmartEvropska.cz), tj. pražského „smart city polygonu“ provozovaného za běžného provozu, který začíná kruhovým objezdem v Dejvicích („Kulaťák“) a končí na Letišti Václava Havla. Připravovaný polygon zahrnuje prakticky všechny dopravní módy – leteckou dopravu díky letišti, železniční dopravu díky železniční stanici Praha-Veleslavín, veřejnou hromadnou dopravu s tramvajovými a autobusovými linkami, ale také významné stanice metra Dejvická, Bořislavka a Veleslavín. Polygon je „chytrou ulicí“ vybavenou postupně všemi dostupnými relevantními informačními a komunikačními technologiemi. Takto koncipovaný polygon je vysoce reprezentativním testovacím prostředím celého spektra služeb inteligentních dopravních systémů (ITS). Polygon zahrne i blízké okolí kolem Evropské, kde se plánuje celá řada



3D model Dejvic je umístěn ve společné laboratoři Fakulty dopravní ČVUT a UTEP s názvem CTU-UTEP Digital Twin Lab, která sídlí na Ústavu logistiky a managementu dopravy FD ČVUT

developerských projektů a kde lze i efektivně testovat aplikace Průmyslu 4.0 zejména ve stavebnictví.

Virtuální digitální dvojče „Chytré Evropské“ bude využívat celou řadu senzorů počínaje fyzickými detektory a konče zpracováním kosmických snímků (predikce počasí, teplotní a emisní mapy), aby mohly být poskytovány služby jak občanům, tak i průmyslovým partnerům.. Je třeba upozornit, že i vlastní vozidlo či mobilní telefon se v tomto konceptu stávají inteligentním senzorem generujícím důležitá data.

Na druhou stranu, chytré energetické sítě (SG, Smart Grids) musí být schopny pomocí pokročilého řízení optimalizovat spotřebu, ukládání či poskytování energie na úrovni jednotlivých uzlů s ohledem na všechny dostupné informace. Koncept Průmyslu 4.0 umožňuje díky detailní znalosti výrobního procesu dodávat informace pro chytré řízení energetických soustav vyšších celků a aktivně přispívat ke stabilitě celé energetické soustavy.

Projekt C-ROADS

Díky kooperativním inteligentním dopravním systémům (C-ITS)

bude možno sbírat velké množství dat ze vzájemné komunikace vozidlo–vozidlo, vozidlo–infrastruktura, ale také občan–infrastruktura. Právě tímto způsobem budou získávány individualizované požadavky na dopravu, obdobně jako je tomu u Průmyslu 4.0. Již od svého počátku jsou systémy C-ITS řešeny na Fakultě dopravní ČVUT, která byla i členem projektu C-ROADS (www.c-roads.cz).

Cílem těchto aktivit je vytvářet podmínky, aby bylo možno postupně zavádět jednotlivé generace autonomních systémů s možností efektivněji reagovat na aktuální poptávku. Postupně bude docházet k vyloučení limitovaného lidského činitele.

Některé klíčové kroky směřující k autonomnímu řízení dopravních systémů modeloval a testoval mezinárodní řešitelský tým v úspěšně ukončeném projektu Horizon 2020 s názvem MAVEN (www.maven-its.eu), jehož spoluřešitelem byla také Fakulta dopravní ČVUT.

Transatlantický výzkum

Dalším z konkrétních přínosů Fakulty dopravní ČVUT k oblasti chytrých a odolných měst a obcí

je vytvoření nového studijního „double degree“ programu, který je realizován ve spolupráci s University of Texas at El Paso (www.utep.edu) zařazenou do kategorie R1 výzkumných univerzit v USA.

Absolventi nového studijního programu získají jak český, tak i americký magisterský titul, čímž se jim otevrou možnosti širokého mezinárodního uplatnění v tomto zajímavém oboru.

V současné době již běží první transatlantické výzkumné aktivity zahrnující například chytrý univerzitní areál (Smart Campus) nebo chytrou hranici (Smart Border).

Z výše popsaných aplikací vyplývá, že „chytrost“ přístupů spočívá i v tom, že si uvědomíme, že společně toho dosáhneme více. Jsme přesvědčeni, že propojení Průmyslu 4.0 s konceptem chytrého města a regionu může být nosným tématem nejenom pro technické obory, ale i pro odborníky na humanitní vědy, např. na sociologii, psychologii atd., kteří k danému tématu mají rozhodně co říci.

autor: Miroslav Svátek



Cenu Osobnost Smart City udělenou ministryní pro místní rozvoj ČR v roce 2019 převzal prof. Miroslav Svátek (foto: archiv autora)

Mobilní sítě 5G v průmyslu

Nedílnou součástí konceptu digitalizace, Smart řešení a řešení s přívlastkem „4.0“, je spolehlivá a rychlá komunikace mezi zařízeními i mezi zařízeními a lidmi. Výzkumem nových generací komunikačních sítí a aplikací konceptu internetu věcí (IoT) se zabývají specialisté z Katedry telekomunikační techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Velké naděje veřejnosti i průmyslu se vkládají do sítí 5G. Nejedná se však o zásadní revoluční změnu oproti současnému 4G, spíše o postupnou evoluci závislou na jedné straně na uvolňování dostatečně širokých kmitočtových pásem, na straně druhé na dostupnosti technologií i koncových zařízení. Sítě 5G umožňují datové přenosy o rychlosti přes jeden Gbit/s, což je desetinásobek v současnosti dosahovaných rychlostí v sítích LTE. Vedle vyšší rychlosti je jejich výhodou i kratší odezva proti LTE, což se právě dá využít v řadě průmyslových aplikací, na které dnešní sítě nestačí. Mají tak mimo jiné umožnit rozvoj autonomního řízení vozidel a strojů nebo průmyslového internetu věcí.

Na Katedře telekomunikační techniky řeší úkoly z uvedené oblasti tyto výzkumné skupiny a týmy: 5Gmobile lab, skupina sítí (Networking), tým aplikací IoT a Průmyslu 4.0, tým kyberbezpečnosti a skupina

zpracování velkých dat (Big data). Náš výzkum je z velké části založen na spolupráci s průmyslovými partnery, z nichž vybíráme Foxconn, Electrolux, CETIN, ČEZ distribuce, PRĚdi. V rámci projektu s podporou MŠMT „Spolupráce s mezinárodním výzkumným centrem v oblasti digitálních komunikačních systémů“ se účastníme výzkumu v institutu EURECOM. Jsme aktivní nejen ve výzkumu a vývoji, ale i při přípravě strategií a národních implementačních plánů. Spolupracovali jsme na přípravě Národní strategie pro sítě 5G, byli jsme u výběru pěti měst pro 5G, jsme akademickým členem Řídícího výboru 5G aliance v České republice, pomáháme s tvorbou testovacích metodik a scénářů uplatnění.

Samozřejmě nejnovější poznatky uplatňujeme ve vzdělávání a snažíme se studenty zapojit do aktuálně řešených úkolů a projektů, zejména pak ve studijním programu Elektronika a komunikace a též v Softwarovém inženýrství a technologiích. Rovněž seznamujeme s aktuálními komunikačními technologiemi absolventy studijního programu Průmysl 4.0 zajišťovaném Fakultou strojní.

Podpora průmyslových aplikací

Sítě páté generace definují tři typy služeb. Prvním z nich je rozšířená vysokorychlostní komunikace, což je spíše evoluční rozvinutí 4G sítí pro běžné uživatele. Týká se zejména zvýšení přenosových rychlostí pro přístup k internetu a multi-mediálnímu obsahu. Druhým typem je komunikace s nízkým zpožděním a vysokou spolehlivostí. V tomto scénáři se předpokládá extrémně nízké zpoždění při přenosu dat, cca 1 milisekunda. Toho se ovšem nevyužijete v mobilním telefonu, ale

právě v aplikacích pro průmysl a všude tam, kde je nutná rychlá odezva, prakticky v reálném čase. Třetím je komunikace mezi velkým množstvím zařízení. Do budoucnosti se předpokládá, že veškerá zařízení, která si dovedeme představit, budou připojená k internetu a budou spolu schopna navzájem komunikovat. Jedná se tedy o podporu a další rozvoj konceptu internetu věcí (IoT), speciálně pak průmyslového internetu věcí (IIoT).

Předmětem výzkumu už je 6G

Z pohledu vědeckého bádání je již technologie 5G hotová a jasná věc. Implementuje se do sítí, prostor pro nás zde sice je, ale spíše v oblasti implementace a průmyslového vývoje. Zabýváme se proto, zatím v teoretické rovině, již dalšími generacemi sítí. Nyní je ovšem vědecká komunita teprve ve fázi definování toho, co by další generace 6G mohla umět. Hodně se mluví a píše o využití strojového učení a umělé inteligence z hlediska řízení sítě a procesu komunikace. Předpokládá se totiž, že se do budoucna bude k síti současně připojovat obrovské množství zařízení a ani sítě páté generace už na to nebudou stačit, jelikož by souběžné řízení komunikace tak velkého množství zařízení dnes používanými způsoby bylo nerealizovatelné. Strojové učení by tento problém mohlo vyřešit, jak se ukazuje i v našem aktuálním výzkumu.

Testování mobilních sítí

Požadavky na datovou konektivitu, zejména na bezdrátové připojení vždy a všude, se neustále zvyšují. Parametry datové komunikace je proto nutné testovat a měřit. Síťová skupina na katedře se dlouhodobě věnuje vývoji vlastní plat-



Naše řešení pro testování mobilních sítí Českým telekomunikačním úřadem – tzv. drive-testy sítí mobilních operátorů



**Představujeme vybrané projekty
řešené na Katedře telekomunikační techniky FEL:**

formy pro testování datových sítí a nástrojů k jejich analýze. Na HW a SW „podvozku“ zařízení F-Tester vznikl unikátní systém pro tzv. drive testy (testy za pohybu) mobilních sítí s označením 4drive-box. Zařízení F-Tester umí měřit kvalitativní parametry datové komunikace, speciálně připojení k internetu (parametry sítí NGA – Next Generation Access a VHNCN – Very High Capacity Network – sítě pro tzv. gigabitovou společnost). Po implementaci testů pro mobilní a bezdrátové sítě Wi-Fi jsme překročili k SW integraci multi-testů více operátorů zároveň („orchestrátor“ testů) a sestavení HW robustní platformy pro vestavbu do vozidla pro zajištění dlouhodobých měření pokrytí za jízdy (drive-testy) s označením F-Tester 4drive-box. Zařízení je určeno pro měření parametrů stávajících mobilních sítí s připravenou podporou testů sítí 5G a je využíváno Českým telekomunikačním úřadem (odborem kontroly a ochrany spotřebitele). Zařízení tak přispěje k ověřování konektivity a „hlídání“ operátorů, zda poskytují adekvátní pokrytí území a dostatečnou kvalitu připojení.

F-Tester® a jeho logo je chráněnou známkou ČVUT v Praze (<https://f-tester.fel.cvut.cz>).

autoři: Jiří Vodrážka
a Zdeněk Bečvář

> Více na
<https://comtel.fel.cvut.cz>

**V současnosti je
předmětem našeho
výzkumu už
budoucí generace
mobilních sítí 6G.**

> **Spolupráce s mezinárodním výzkumným centrem v oblasti digitálních komunikačních systémů**

Cílem projektu, řešeného ve spolupráci s EURECOM a s podporou MŠMT v období 2020–2024, je návrh algoritmů pro řízení budoucích mobilních komunikačních systémů, které budou reagovat na okamžité potřeby uživatelů rozmístěných v tří-dimenzionálním prostoru a využívající predikce stavů jednotlivých síťových entit pomocí algoritmů strojového učení a teorie her.

> **Komunikace v samo-optimalizujících se mobilních sítích s drony**

Budoucí generace mobilních sítí by měly poskytnout vysokou flexibilitu a dynamičnost pro služby různým typům zařízení v rozličných scénářích. Požadovanou úroveň flexibility a dynamičnosti je možno zajistit pomocí dronů integrovaných do přístupové části mobilní sítě. Cílem je návrh algoritmů pro optimalizaci přiřazení mobilních terminálů k běžné fixní nebo k létající základnové stanici, pro umístování létající stanice podle polohy a komunikačních požadavků uživatelů a pro alokaci radiových prostředků. Projekt je řešen s podporou GA ČR v období 2018-2020 (GA18-27023S).

> **Kombinace radiofrekvenčního pásma a viditelného spektra pro přímou komunikaci mezi zařízeními**

Tento projekt si kládí za cíl v rámci základního výzkumu spojit principy přímé komunikace mezi mobilními zařízeními s principem komunikace pomocí viditelného spektra. Sloučení těchto dvou přístupů umožní zásadně navýšit přenosovou kapacitu sítí budoucích generací z toho důvodu, že komunikace využívající viditelné spektrum je schopná nabídnout neporovnatelně vyšší přenosové rychlosti než klasická rádiová komunikace. Navrhovaný koncept navíc umožní částečně uvolnit přeplněné a zarušené spektrum radiových kmitočtů. Jedná se o naprosto nový koncept, který nebyl doposud analyzován. Projekt byl řešen s podporou GA ČR (GA17-17538S).

> **Přesné určování polohy pro autonomní provoz vlaku se zabezpečenou komunikací na nových standardech sítí 5G+**

Na projektu pracujeme spolu s hlavním řešitelem, společností IXPERTA. Jeho cílem je vyvinout funkční vzorek zařízení pro přesnou lokalizaci železničních kolejových vozidel v reálném čase, u které bude proces lokalizace maximálně nezávislý na současné železniční infrastruktuře pracující mimo vlak a bude splňovat požadavky na zabezpečení, robustnost a interoperabilitu s českými a evropskými drážními systémy. Budou použity inovativní přístupy v kombinaci moderních lokalizačních systémů, systémů bezpečné komunikace a decentralizace dat s jejich umístěním do cloudového centra. Na konci prvního roku řešení projektu dokončujeme demo systému, které testujeme na lokálních železničních tratích. Využíváme přitom dnes běžně dostupných LTE sítí operátorů. V rámci přípravy na 5G probíhají simulace přímé komunikace mezi zařízeními s cílem ověřit přímou komunikaci mezi vlakem a ostatními objekty (jiná drážní a silniční vozidla, traťová infrastruktura) a konfigurace emulační platformy založené na Open-Air-Interface, kterou budeme využívat pro experimenty do doby, než se plně rozvinou služby 5G sítí u mobilních operátorů. Projekt je s podporou TA ČR řešený v letech 2020 až 2022 (FW01010187).

> **Mobile Edge Computing and Functional Splitting for Scheduling of Radio Resources**

Cílem projektu smluvního výzkumu pro společnost FOXCONN byl návrh konceptu dynamického rozdělení funkcionalit spojených s přidělováním radiových prostředků mezi distribuované vzdálené rádiové hlavice a centralizovanou řídicí jednotku. Cílem bylo umožnit dynamickou alokaci výpočetních prostředků pro jednotlivé funkcionality přidělování radiových prostředků v závislosti na stavu síťových prvků zejména z hlediska jejich výpočetní možnosti.

Automatizované testování vozů

Každá nová generace automobilu poskytuje svým majitelům větší komfort a bezpečí při jízdě. Zejména využití nových technologií umožňuje řadu pokročilých funkcí, jako je v posledních letech připojení automobilu k internetu, které nám pomáhá např. s plánováním trasy. Se vzrůstajícími požadavky na počítačové systémy však také úměrně roste složitost vnitřních elektronických a softwarových systémů automobilu. Ve srovnání s automobily, které si pamatujeme z našeho dětství, mají ty současné mnohonásobně vyšší nároky na ověření spolehlivosti a bezpečnosti vyrobených vozidel. A právě tyto výzvy v oblasti zajištění kvality je možné úspěšně řešit pomocí automatizovaných testů, které navrhuje tým z Laboratoře inteligentního testování systémů (still.felk.cvut.cz) na Katedře počítačů FEL ČVUT.

Vedle automatizace vykonávání konkrétních testů je možné testy také automatizovaně navrhovat. A přesně to je předmětem projektu, který běží v Laboratoři inteligentního testování systémů na Katedře počítačů Fakulty elektrotechnické ČVUT ve spolupráci se společností Škoda Auto.

Automatizované testy kvality jsou schopné v relativně krátké době prověřit velké množství situací a scénářů, které při provozu vozidla mohou nastat. Tento přístup je již řadu let typický pro testování jednotlivých modulů vozu a jejich vzájemného propojení. Trendem poslední doby je pak rozšíření tohoto konceptu i do dalších oblastí testů, které typicky provádějí lidé. Vedle automatizace vykonávání konkrétních testů je totiž možné testy také automatizovaně navrhovat. A přesně to je předmětem projektu, který běží v Laboratoři inteligentního testování systémů na Katedře počítačů Fakulty elektrotechnické ČVUT

ve spolupráci se společností Škoda Auto.

Pro automatické navrhování testů využívají výzkumníci našeho týmu modely, které popisují možné chování automobilu, a algoritmy umělé inteligence, které z těchto modelů podle zadaných kritérií vypočítávají optimální testovací scénáře. Testeři společnosti Škoda Auto následně využívají software vytvořený na FEL ČVUT, ve kterém modelují vnitřní procesy vozidla a na jejich základě automatizovaně generují scénáře, kterými se vyrobené automobily zkoušejí. Jaké benefity přináší tento přístup? Oproti manuálnímu vytváření takových testů je vhodně

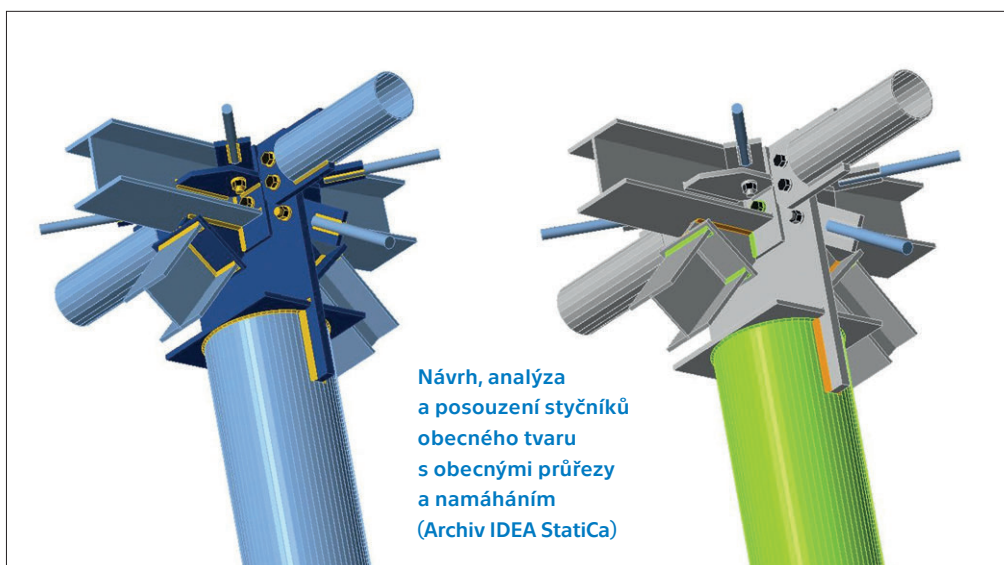
použitý automatizovaný postup rychlejší, vede k omezení možných zbytečných duplicít v testech a garantuje nalezení podstatných chyb ve vnitřních systémech vozidla.

V současné době běží proof-of-concept navržené technologie v oblasti testování vozidel. Pokud se potvrdí efektivita navržené metody, bude systém nasazen ve společnosti Škoda Auto při testování řídicích systémů a elektroniky vozů. Nový systém by tak mohl přispět ke zdokonalení procesu testování, který je stěžejní z hlediska bezpečnosti vozidla i řidičů.

autor: Miroslav Bureš
foto: Jiří Ryszawy



prof. Ing. FRANTIŠEK WALD, CSc.
wald@fsv.cvut.cz



Strojové učení při navrhování styčnicků ocelových konstrukcí

Pracovníci Fakulty stavební ČVUT mají příležitost pracovat na projektu **MERLION III Pokročilý návrh konstrukčních detailů/prvků pomocí strojového učení (FW01010392), který je zaměřen na využití umělé inteligence a strojového učení pro efektivní návrh prvků a styčnicků ocelových stavebních konstrukcí.**

Projekt je připraven pod vedením kolegů z brněnské firmy IDEA StatiCa s. r. o. a je řešen ve spolupráci s VUT Brno. Vychází se z výstupů předchozích prací, které byly zaměřeny na návrh, analýzu a posouzení styčnicků obecného tvaru s obecnými průřezy. Výstupem projektů je metoda CBFEM (Component based Finite Element Method) a softwarový nástroj IDEA Connection. Ten se v komunitě projektantů-ocelářů prosadil celosvětově. Je používán v 70 zemích světa. Inovativní řešení získalo cenu Česká hlava 2018.

Uvedení metody CBFEM do projektování znamenalo kvalitativní krok v posuzování styčnicků ocelových konstrukcí. Nyní se vývojový tým zaměřil na automatizaci návrhu a vyhledávání optimálního řešení. Umělá inteligence a strojové učení

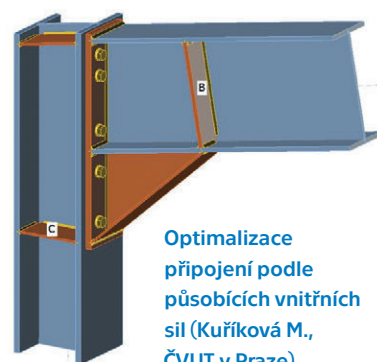
jsou cestou. Návrhy stavebního inženýra závisí na jeho předchozích zkušenostech. Podobně pracuje strojové učení. Algoritmus strojového učení extrahuje znalosti z předchozích projektů a uplatňuje je na budoucí návrhy. Návrh styčnicku sestává z několika kroků, při nichž se používají různé nástroje. Pro klasifikaci topologie styčnicku a pro výběr možného řešení se využije strojové učení, pro aplikaci výrobních operací na danou topologii a pro předběžný návrh konstrukčních prvků se využije nástroj Konstrukční zásady a pro posouzení a optimalizaci styčnicku se využije nástroj CBFEM.

Strojové učení je v navrženém řešení založeno na neuronové síti. Základem je modul pro klasifikaci styčnicků, klasifikátor. Pro trénování klasifikátoru na datové sadě se určí

skupina vlastností připojení do styčnicku podle predikovaného modelu typu spoje. Vlastnosti se vybírají z informací, které využívá při návrhu spojů statik. Jedná se o parametry obou prutů jako průřez a jeho velikost, poloha prutů vůči ose styčnicku, rotace okolo střednice, zrcadlení prutů, vektor směru, hodnoty zatížení prutů, topologie a použité výrobní operace. Vlastnosti se těží z dat v dostupných projektových souborech. Informace se ukládají do databáze pro trénování modelu strojového učení. Základ databáze tvoří čtyři entity: projekt, styčník, připojení a prut. Projekt může obsahovat několik navržených styčnicků. Ty se skládají z několika připojení prutů k jednomu nosnému. Entity obsahují informace získané ze zpracovávaných projektů.

Další částí řešení je modul, který zajišťuje práci s neuronovou sítí. Má na starosti trénování sítě a použití natrénovaného modelu, tedy klasifikaci neznámých vzorků. Jedním vzorkem pro trénování je jedno připojení, tedy napojení jednoho prutu na nosný prut, extrahované z některého projektového souboru. Pro vlastní řešení se využívá klasická dopředná neuronová síť s aktivací funkce ReLU, která je výpočetně jednoduchá. Aplikace měla k dispozici 8 000 připojení z prvních 2 000 projektových souborů. Zatím je schopna správně klasifikovat 81 % vzorků neviděné validační sady. V rámci sady je úspěšnost 92 %. Algoritmus strojového učení s učitelem pro označované sady vzorků optimalizuje sady vzorových připojení. Statisticky optimální řešení se propojuje s cenovou optimalizací, která závisí na uplatněných technologiích.

autor: František Wald



Robotická „stavebnice“

Navíjené kompozitní nosníky

Kompozitní konstrukce využívané ve výrobních strojích mívají formu tenkostěnných nosníků vyztužených převážně podélně orientovanými vlákny. Firma CompoTech PLUS, spol. s r.o., pro výrobu těchto konstrukcí využívá ultra-vysokomodulových uhlíkových vláken, která jsou po vrstvách navíjena na trn a následně prosycená pryskyřicí. Výsledné prvky mají vysokou ohybovou tuhost a frekvenci příčného kmitání při zachování nízké hmotnosti, jsou však ohroženy nestabilitami souvisejícími s borcením stěn. Obvyklé řešení spočívá ve zvýšení tloušťky stěn (což je neekonomické s ohledem na vysokou cenu uhlíkových vláken) či ve využití ve více krocích navíjených vnitřních výtuh (což je výrobně a časově náročné).

V souladu s národní strategií Průmysl 4.0 bylo cílem spolupráce firmy CompoTech a Fakulty stavební ČVUT tuto úlohu vyřešit automatickým návrhem, aditivní výrobou a robotickou montáží modulární funkčně orientované výplně nosníků, čímž došlo k optimalizaci hmotnosti, ceny, automatizaci výroby a kontroly kvality.

Pro návrh struktury výplně byl vnitřní prostor digitálního modelu nosníku diskretizován jako příhradová konstrukce a optimální rozložení materiálu bylo získáno metodou topologické optimalizace. Vnitřní struktura byla tedy automaticky navržena tak, aby výsledná konstrukce vykazovala minimální hmotnost a splňovala omezující podmínky pro průhyb při výrobním i provozním zatížení a pro první vlastní frekvenci. Optimalizační úloha byla zapsána pomocí tzv. lineární maticové nerovnosti a následně efektivně řešena metodami konvexní optimalizace. Moduly optimalizovaného návrhu byly poté vyrobeny na 3D tiskárně Prusa i3 MK3 z ABS plastu a složeny na ocelový trn za pomoci robotického manipulátoru. Tím byl vytvořen ztracený trn pro následné ovinutí. Zbytek výrobního procesu, jako jsou ovíjení a lisování, využíval stávající technologie firmy CompoTech.

První vlastní tvar kmitání výpočtený programem ANSYS a určený experimentální modální analýzou se liší ve vlastní frekvenci o méně než devět procent. Tyto výsledky prokazují, že navržená vyztužená struktura umožní zvýšit první vlastní frekvenci o 92 procent, a to i přesto, že moduly pružnosti ABS plastu jsou o dva řády nižší než u uhlíkových vláken.

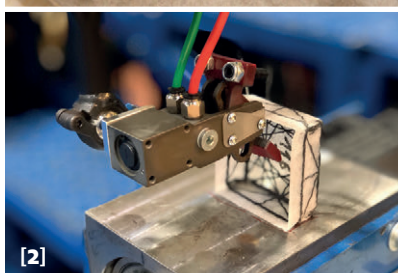
Popsaný koncept modularizace výroby funkčních materiálů je od roku 2019 rozvíjen v rámci projektu GAČR-EXPRO, který se zaměřuje na tzv. mechanické metamateriály, tedy materiály vykazující exotické, řízeně nestabilní, chování v důsledku cíleně navržené struktury. Záměrem projektu je, na základě nově vyvinutých simulačních modelů a optimalizačních algoritmů, navrhnout prvky „stavebnice“ (množinu poddajných modulů), ze kterých by bylo možné roboticky sestavit elastický úchopový mechanismus bez použití kovových součástí, s potenciálními aplikacemi v tzv. měkké robotice.

Tyto výsledky byly podpořeny projektem TA ČR TH02020420 a GA ČR 19-26143X, výpočty byly realizovány v rámci virtuální organizace Meta-Centrum.

autor: Marek Tyburec, team OpenMechanics

foto: archiv pracoviště a firmy CompoTech PLUS spol. s r.o.

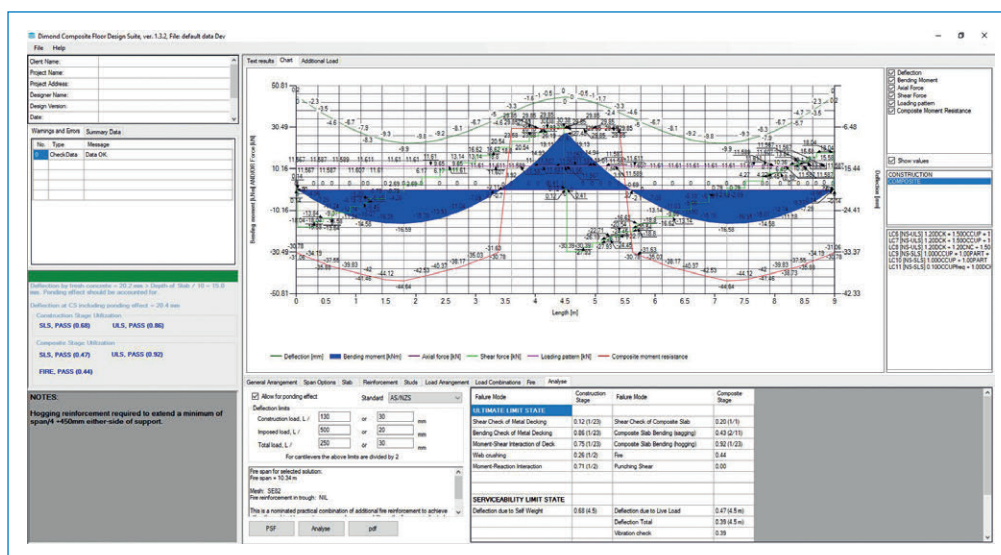
- [1] Modul uchopený robotickým manipulátorem
- [2] Robotická agregace vyztužných modulů
- [3] Ovíjení ztraceného trnu z vyztužných modulů



Ing. JIŘÍ MAREŠ, Ph.D.
jiri.mares@fsv.cvut.cz

Software na míru

Návrh moderních ocelových nebo ocelobetonových konstrukcí podle současných standardů je výpočetně náročný a bez specializovaného softwaru ani není možný. Vývoj je časově a finančně náročný a vyplatí se pouze v určitých případech. Při rozhodování se je třeba uplatnit řadu hledisek a zvážit efekt, který investice do softwaru přinese.



Běžnou praxí je využívání spreadsheetových aplikací. Jejich výhodou může být poměrně rychlý vývoj a okamžitá nasazení. Přináší však i řadu nevýhod, jako je složitost ověření správnosti, nemožnost použití sofistikovanějších regresních nástrojů, nemožnost návrhu založeného na instancích tříd nebo těžkopádné spojení aplikační logiky s daty. Tyto a další nevýhody odsouvají tento typ aplikací stále více do pozadí a firmy jsou nuceny hledat nástroje s vyšší efektivitou.

Velké softwarové firmy poskytují specializované softwarové aplikace běžně v řádu desítek tisíc korun i více. Tyto aplikace vyžadují speciální dovednosti a umožňují analýzu konstrukcí inženýrům a specialistům. Investice nespočívá pouze v ceně softwarového balíku a popřípadě jeho podpory, ale i v čase, který uživatel musí vynaložit pro jeho studium. Tyto náklady rozhodně nejsou zanedbatelné.

V oboru ocelových konstrukcí, kde se stále více uplatňují materiály vyšších pevností, tenkostěnné prvky, prvky spřažené s betonem, složité spoje, nelineární materiály jako např. austenitická nerezová ocel a celá řada dalších, se zvyšuje výpočetní úsilí a vyžaduje nasazení specializovaného softwaru. Jeho

vývoj je obvykle podmíněn předchozím experimentálním výzkumem, nezbytným pro získání skutečných mechanických charakteristik použitých materiálů nebo prvků. Běžné jsou případy, kdy implementované výpočetní postupy nejsou dostupné v současných normách nebo v ověřených postupech.

Otevírá se nová disciplína, kterou je nejen samotné psaní kódu, ale především technických a funkčních specifikací a návrhu testovacích metod. To vyžaduje specialisty se znalostí nejen v oboru ocelových konstrukcí, ale i procedur týkajících se vývoje software a jeho testování. Schopnost definovat architekturu softwaru s využitím abstrakce a objektového modelu se znalostí moderních knihoven a možností využití již existujícího kódu, např. open source licencí nebo třetích stran, spolu se znalostmi oboru ocelových konstrukcí a statiky je klíčová. Pro zkrácení doby implementace je nezbytný vývoj vlastního frameworku.

Typický objednatel software, tedy výrobce, nemá předchozí zkušenosti s vývojem. Do vývoje a do testování software investuje nemalé částky. Testování probíhá v mnoha úrovních, nezávisle na sobě.

Role vysokých škol a výzkumných center je jasná. Připravit odborníky schopné orientace v tomto rychle se vyvíjejícím oboru. Studium statiky a znalost moderních standardů a norem nestačí. Schopnost abstrahovat objektový model a jeho návrh a implementace je dovednost, na které bude záviset komerční úspěch výrobce v budoucnosti. Trendem v oboru je propojení software napříč obory s využitím IFC standardu, který vychází z původního ocelářského CIMSteelu nebo přímo .NET rozhraní, které je běžně sdíleno velkými poskytovateli software. To umožňuje malým softwarovým firmám poskytovat servis přímo výrobcům ocelových konstrukcí a díky využití existujících knihoven dobu vývoje udržet v akceptovatelných mezích.

Katedra ocelových konstrukcí Fakulty stavební ČVUT spolupracuje s výrobcí jednopodlažních halových budov. Trendem jsou svařované konstrukce s proměnlivým průřezem. Nejde pouze o optimalizaci konstrukce, ale i o optimalizaci samotného návrhového procesu. Katedra disponuje týmem specialistů, jejichž cílem je převádět znalosti z experimentálního výzkumu přímo do softwarových technologií.

autor: Jiří Mareš
Ilustrace: autor

Od hlavolamů ke skladové logistice

Pokaždé, když se blížím po dálnici k Praze z libovolného směru, jsem překvapený, jak mnoho obřích skladů vidím, ale jak málo se toho dočítám o použití moderních technik umělé inteligence a robotiky pro tzv. skladovou logistiku v kontextu ČR. Ponechme stranou otázku, jestli málo čtu, ale domnívám se, že skladové logistice, tedy zásobování zbožím a jeho přesouvání v rámci skladu, může umělá inteligence – a to i ta vznikající na Fakultě informačních technologií ČVUT – mnoho nabídnout.

Přesouvání zboží ve skladu pomocí autonomních robotů zažívá zejména v USA a Číně bouřlivý rozvoj. Stovky robotů nakládají a převážejí výrobky z místa uskladnění na místa určení, kde je pracovníci převezmou. Není třeba dodávat, kolik nachozených kilometrů tak lidem ušetří roboty.

Intenzita a hustota robotické dopravy ve skladu může směle konkurovat automobilové dopravě v přeplněném velkoměstě, vlastně ji může i překonat. Kolize mezi roboty nebo dopravní zácpy přesto nevznikají. Stojí za tím umělá inteligence, přesněji dokonalé plánování tras, známé spíše jako hledání cest (z angl. pathfinding).

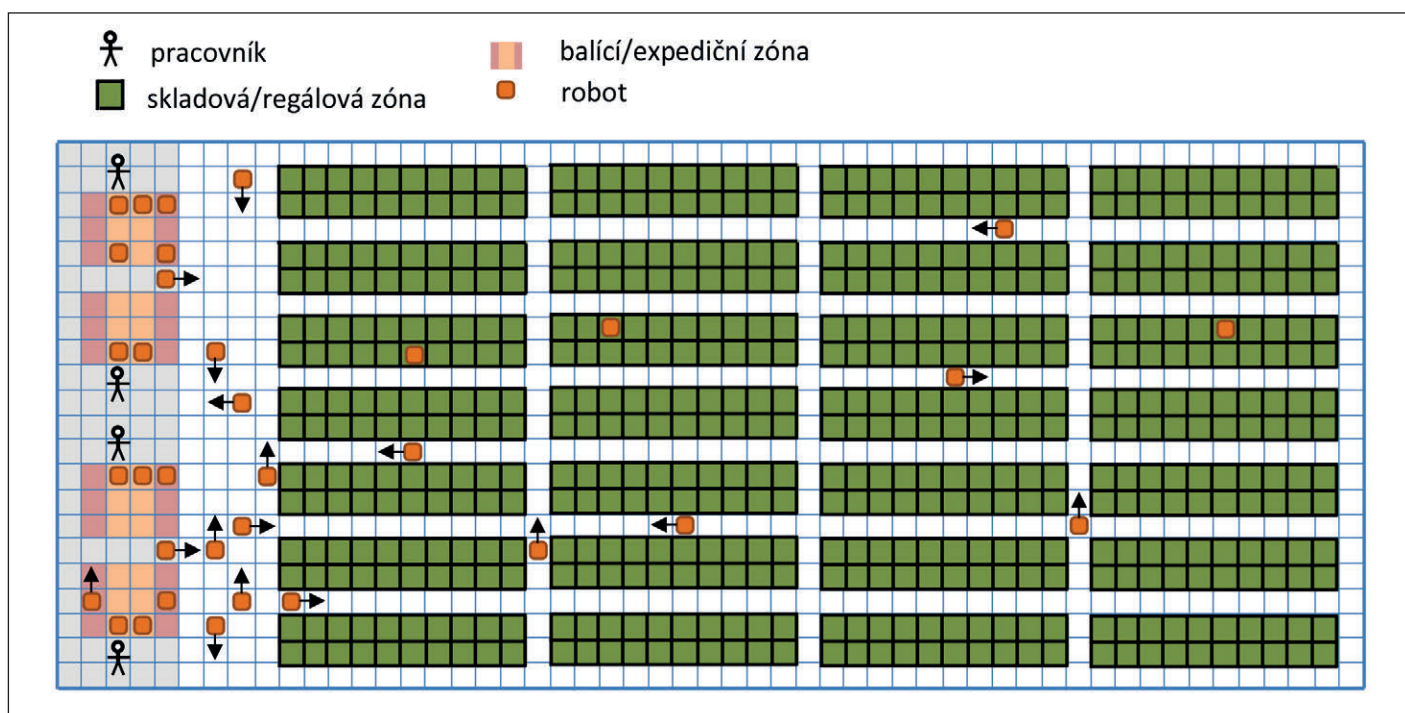
Máme-li jednoho robota a chceme pro něj naplánovat cestu z místa na místo, je úloha docela jednoduchá, informatici by řekli, že má polynomiální složitost. Problémy nastávají, máme-li robotů víc a chceme pro každého naplánovat cestu tak, aby se nakonec mezi sebou nesrazili. Pak už nelze na plán pro jednoho robota pohlížet jako na individuální hledání cesty, z úlohy se stává tzv. multi-robotické hledání cest.

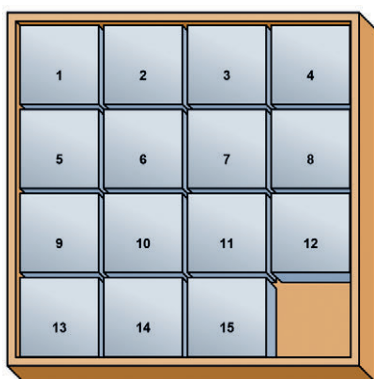
Podobnost nalezneme ve zdánlivě úplně jiné oblasti, která nabízí mnoho pro roboty užitečných postupů, a sice v řešení hlavolamů. Hádanka známá jako Lloydova patnáctka je speciálním případem

úlohy hledání cest pro roboty. Úkolem je přemístit 15 očíslovaných kamenů na čtvercové hrací ploše o rozměrech 4 x 4 políček tak, aby byly seřazeny od 1 do 15. Každý kámen je umístěn na svém políčku, přičemž jedno vždy zůstává volné, aby bylo možné kameny přesouvat směrem do sousedního volného políčka. Řešením tohoto hlavolamu se matematikové zabývali již od 19. století a přišli s nápady, které se uplatňují dodnes při programování umělé inteligence pro řízení robotů. Stačí si představit, že podlaha ve skladu je rozdělena na políčka přibližně odpovídající velikosti robota. Pak řešíme hledání cest pro roboty jako hlavolam pouze s tím rozdílem, že hrací plocha je mnohem větší a volných políček je zpravidla více. Postupy na poskládání Patnáctky fungují i ve světě robotů. Z informatického hlediska poskládání není těžké, je polynomiální, pokud se spokojíme s libovolným, třebaže velmi dlouhým řešením.

Jenže dlouhá řešení nejsou pro skladovou logistiku příliš vhodná, neboť robotům by vše trvalo příliš dlouho a spotřeba energie či opotřebení robotů by rovněž bylo nezanedbatelné. Proto se zajímáme o řešení krátká. Takový požadavek nalezení cest úlohu dále kompli-

Mapa skladu rozdělená na políčka odpovídající velikosti robota





Lloydova patnáctka,
inspirace pro roboty hledající cestu

kuje. Stává se obtížnou, tzv. NP-těžkou. Pro řešení tohoto typu úloh zatím nejsou známé polynomiální algoritmy, s obtížným případem úlohy si tedy současné poznání a výpočetní technika neporadí. Pro představu: naplánování optimálních cest pro tisíc robotů s malým prostorem pro manévrování je nad současnou výpočetní možností. V roce 1996 se podařilo pro tehdejší počítače napsat program nalézající nejkratší řešení čtyřadvacítky (tedy pro velikost hrací plochy 5×5). S optimálním řešením pro rozměry hrací plochy 6×6 , tedy vlastně s Pětadvacítkou, informatici stále bojují. To vypadá pro skladovou

logistiku jako nepříznivé zjištění. Naštěstí situace není tak špatná, neboť v praxi se vyskytující případ úlohy sice obsahuje mnoho robotů, ale zpravidla také velký manévrovací prostor. Tomu, že bychom měli volný prostor odpovídající jednomu políčku, jsme zpravidla dost daleko.

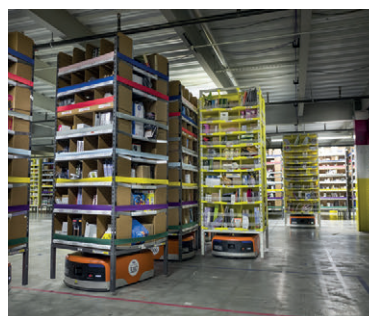
Dostatečně velký volný prostor úlohu zjednodušuje, aspoň z praktického hlediska. Navíc pokrok v řešících systémech pro různé formalismy popisující NP-těžké úlohy jako výroková splnitelnost – SAT (z angl. satisfiability) zaznamenaly v posledních desetiletích významný pokrok.

Část našeho výzkumu na Fakultě informačních technologií se zabývá právě převodem multirobotického hledání cest na problém splnitelnosti. Ukazuje se, že pohlížet na hledání cest skrz logiku umožňuje pro úlohu nalézt důležitá zjednodušení. Například automaticky odvodit, že příliš vzdálení roboti se nikdy nemohou setkat, a tak oříznout kandidáty na řešení, kde by k setkání došlo. Navíc naše modulární systémy postavené na řešících pro splnitelnost umožňují jakýkoli pokrok v řešení SATu okamžitě zužitkovat pouhým nahrazením tohoto modulu v rámci našeho systému.

Náš výzkum se neomezuje pouze na teoretické bádání. Použitelnost teoretických modelů pro praxi se snažíme ověřovat na skutečných robotech, kteří se pohybují ve spojitém prostoru a čase. Ukazuje se například, že často je lepší vzhledem k možnosti škálovatelnosti pro větší počty robotů uvažovat na úrovni řešiče jednodušší diskretní model a se spojitostí reálného světa se vypořádat distribuovaně až na úrovni vykonávání plánů na jednotlivých robotech.

Alternativou je používat spojitý model na úrovni řešiče a mít jednodušší vykonávání vypočtených spojitých plánů, i takovými metodami pro multirobotické hledání cest ve spojitém případě se zabýváme. Náš výzkum ale ukazuje, že vytvářet spojitě plány je mnohem obtížnější než diskretní případ.

autor: **Pavel Surynek**



Roboti převážející zboží v logistickém středisku společnosti Amazon
(foto: Jan Sedlák)



Testování vykonávání diskretních plánů se skutečnými roboty OzobotEVO
(foto: Pavel Surynek)

Multisenzorický biotelemetrický systém

Monitoring fyzického a psychického stavu při směnném provozu

Pro potřeby sledování fyziologických parametrů tým biomechaniky a asistivních technologií Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT vyvíjí nejen vlastní elektronické systémy měření pohybových a biomedicínských dat, ale také aplikuje jím vyvinuté metody a software do již zavedených komerčních monitorovacích systémů využívajících více senzorových jednotek pro monitorování jednotlivců či celého pracovního týmu v reálném čase.



Navržené metody a postupy umožňují optimalizovat pracovní činnost, snižovat finanční náklady spojené s výcvikem, minimalizovat chybovost a v krajním důsledku možnost zranění, resp. pracovní neschopnosti. Samotné hodnocení zatížení a návrh bezpečné struktury týmu včetně např. optimalizace směnného provozu pak může nalézt využití v dalších oblastech lidské činnosti. Zejména se jedná o řízení v krizových situacích, které zvyšují fyzické a mentální požadavky na personál. Nárůst poptávky po uvedeném nástroji v poslední době zaznamenalo zejména zdravotnictví a další složky podílející se na řešení situací ve spojitosti s onemocněním covid-19.

V rámci dlouhodobého výzkumu a vývoje bylo týmem biomechaniky a asistivních technologií vyvinuto zařízení a metody záznamu a zpracování fyzikálních a biomedicínských dat pro hodnocení dlouhodobé zátěže jednotlivých pracovníků a týmu. Systém a metody jsou navrženy po tréninku, preselekcii

a screening osob během náročného či směnného provozu a umožňují určit nejen fyzický a psychický stav pracovníků, a tímto předejít nebezpečným situacím během výkonu povolání, ale také určit volbu vhodné délky směn, například v systému člověk-stroj či sledovat komplexní stav týmu pracovníků.

Ve spolupráci s partnery z klinické praxe a Univerzitou obrany v Brně proběhl návrh požadavků na software a hardware diagnostického monitorovacího nástroje. Pro využití v praxi byl následně navržen a implementován multisenzorický biotelemetrický systém pro sběr biomedicínských dat a software pro zpracování a interpretaci dat. Zařízení umožňuje monitorovat pohybovou, srdeční a dechovou aktivitu a poskytuje informaci o stavu v závislosti na čase, dle potřeby je možné je rozšiřovat o další elektronické snímače biologických, fyzikálních nebo chemických veličin.

Zpracování a agregace dat z více snímačů probíhá během měření kontinuálně a on-line. Je vytvořen software využívající metod hodnocení pohybových a fyziologických dat v časové a frekvenční oblasti a dále metod nelineární analýzy. Mezi metody hodnocení dat v časové oblasti patří určování minimálních, průměrných a maximálních hodnot, směrodatné odchylky a jiných statistických parametrů.

Zařízení bylo využito pro hodnocení fyzického a psychického zatížení pilotů, řídicích letového provozu a personálu technického zabezpečení. Zejména byly sledo-

vány kvantitativní ukazatele charakterizující psychický stres a mentální únavu ve vztahu k chybovosti během výkonu tréninkové mise. Nad rámec standardních metod hodnocení stavu osob a týmu jsou testovány v rámci výzkumu také metody umělé inteligence, mezi které patří například neuronové sítě a fuzzy systémy pro perspektivní expertní systémy. Navržená architektura expertního systému je tvořena dvěma úrovněmi. První je tvořena bází znalostí, nad kterou pracuje inferenční mechanismus provádějící efektivní interpretaci dat s cílem určit, která z hypotéz o stavu subjektu nejvíce koresponduje s reálnými daty konkrétního subjektu. Druhá úroveň využívá rozšířenou bází tvořenou znalostmi o jednotlivých subjektech k hodnocení stavu celé skupiny subjektů, tedy např. týmu, posádky, pracovní skupiny nebo jednotky. Benefitem navrženého multisenzorického systému je možnost využití různých senzorových jednotek jednotlivými členy týmu. Multisenzorickým systémem získaná pohybová a fyziologická data jsou porovnávána s konkrétními aktivitami a údaly, například u pilotů se jedná o vzlet, přistání, simulované krizové situace apod. V případě monitorování fyzického a psychického stavu řídicích letového provozu se hodnotí závislost biomedicínských ukazatelů na změně hustoty provozu či chybovost záznamu sledovaných vzdušných situací.

**autoři: Patrik Kutílek, Jan Hejda
a Ján Hýbl
foto: Jiří Ryszawy**

Inteligentní bílá hůl

Příkladem Produktu 4.0 na pomezí zvláštní zdravotnické pomůcky a sociální služby je systém pracovně nazvaný „Inteligentní bílá hůl“, jehož vývoj odstartoval na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT ve spolupráci s Fakultou elektrotechnickou ČVUT a firmou Svárovský, s.r.o. (největší výrobce slepeckých holí v Evropě). Systém je vyvíjen multidisciplinárním týmem zahrnujícím jak samotné koncové uživatele, tak i subjekt, který bude uvádět výrobek na trh.

Systém/služba je plně modulární a skládá se z pěti hlavních částí. První je vlastní hůl, tj. klasická slepecká hůl rozšířená o elektroniku umožňující zjistit, kde se daná osoba nachází. Je zkonstruována tak, aby mohla být osobě se ztrátou zraku účinným pomocníkem i ve stavu, kdy nebude žádná elektronika fungovat. Tlačítkem si bude moci uživatel zavolat prostřednictvím dohledového pultu 24/7 asistenta, který mu poradí nebo přivolá účinnou pomoc. Konektivita bude připravena i pro připojení specializovaných dobrovolnických služeb pro nevidomé, např. BeMyEyes, rodinných příslušníků, přátel, sousedů apod. Další součástí hole je systém na odhalování překážek pra-

cujících na principu sonaru a lidarů (podobný jako v nových iPhone 12 Pro). Ty mohou být pak oznamovány buď hlasovým výstupem, nebo – zejména pro hluchoslepe osoby – i řízenými vibracemi hole. Pomocí hlasového výstupu lze osobu provést s využitím mapových podkladů i neznámým terénem. Hůl může obsahovat i čtečku RFID a NFC, které již nacházejí využití v pilotních projektech inteligentních městských čtvrtí v několika českých městech pro vyznačení koridorů pro orientaci osob se ztrátou zraku, odečítání semaforů, zastávek městské hromadné dopravy atd.

Další částí systému jsou „inteligentní slepecké brýle“ s druhým systémem na odhalování překážek. Brýle mohou být využívány i bez hole. Navíc je na nich umístěna běžná obrazová kamera, která snímá prostředí z pohledu nevidomého, aby mu mohla např. blízká osoba či asistent z dohledového centra poradit na základě reality, ve které se nevidomý nachází. Brýle zahrnují i hlasový vstup a výstup (mikrofon, sluchátko) a generátor vibrací. Všechny tyto vstupy/výstupy mohou komunikovat jak s holí, tak přímo s mobilním telefonem.

Třetí součástí je klasický chytrý mobilní telefon s operačním systémem Android nebo iOS, který díky svým běžně dostupným aplikacím může zprostředkovávat nevidomému funkcionalitu a služby, na které je zvyklý. Může využít např. existující hlasové asistenty, konektivitu do sociálních sítí využívaných

osobami se ztrátou zraku atd. Moderní koprocesory v mobilních telefonech nativně podporují i algoritmy umělé inteligence, které mají právě v oblasti vyhodnocování obrazu obrovské uplatnění. Přícho- dem sítí 5G bude možné daleko lépe využít všech on-line služeb a část náročnějších výpočtů přesunout na vzdálený server.

Čidla pro snímání dalších signálů, které vypovídají o dané osobě a parametrech okolního prostředí, jsou čtvrtou součástí systému. Jsou umístěna jak na holi, v brýlích, mobilním telefonu (vnitřní akcelerometr, gyroskop, GPS atd.), tak mohou být jako zcela autonomní, propojitelné s jednotlivými součástmi (chytré hodinky snímající EKG signál propojitelné s mobilním telefonem, nejrůznější náramky třetích stran atd.).

Poslední součástí systému je pak navazující síťová infrastruktura, umožňující příjem dat z hole a mobilního telefonu, jejich zpracování a vhodné předání výstupů osobě se ztrátou zraku, rodině, ošetřujícímu lékaři či operátorovi dohledového pultu 24/7. Každý uvidí jen na data podle oprávnění, které dostane od osoby se ztrátou zraku. Serverové aplikace budou průběžně dlouhodobě vyhodnocovat chování osoby, přizpůsobovat se její individualitě a automaticky upozorňovat na změny, které by mohly vést ke zhoršování zdravotního stavu (osoba je např. čím dál tím méně pohybově aktivní, zvyšuje se jí dlouhodobě průměrná tepová frekvence – nemoc nebo stres apod.).

Čtvrtá průmyslová revoluce, Průmysl 4.0, nastartuje i revoluce v dalších tradičně více konzervativních oblastech, ať už je to Zdravotnictví 4.0, Společnost 4.0 atd. Přejme si, aby nám, lidským bytostem, tyto technologie přinesly zvýšenou kvalitu života, více volného času, návrat k přírodě i možnost realizovat více vlastních snů.

autoři: Ján Lešták, Jiří Chod
a Jozef Rosina
foto: Karel Hána

Inteligentní bílá hůl je zkonstruována tak, aby mohla být osobě se ztrátou zraku účinným pomocníkem i ve stavu, kdy nebude žádná elektronika fungovat. Tlačítkem si bude moci uživatel zavolat prostřednictvím dohledového pultu 24/7 asistenta...



CraftEdu

Inovativní vzdělávání pro úspornější budovy

Aktuální vývoj ve stavebnictví souvisí společně s inovacemi, automatizací a IoT v budovách také s tématem pasivních a nZEB budov (budov s téměř nulovou spotřebou energie). Moderní výstavba přináší nové požadavky a standardy, které jsou kladeny nejen na nové materiály a technologie, ale také na pracovníky ve stavebním oboru. Rostoucí nároky na energetickou efektivnost budov zvyšují požadavky na kvalitní provedení stavebních prací a dodržení technologických postupů během výstavby.

Moderní konstrukce jsou citlivější na dodržení stavební kázně během výstavby. Chyby v konstrukcích nebo narušení jednotlivých vrstev konstrukcí mohou mít fatální dopady na jejich funkčnost.

V České republice se postupně rozšiřuje povinnost stavět nové budovy ve standardu nZEB. Od roku 2016 to platí pro velké veřejné budovy (s energeticky vztažnou plochou více než 1 500 m²). Od začátku roku 2020 již musí všechny nové budovy naplňovat standard budov s téměř nulovou spotřebou energie.

Požadavky na nZEB standard se zavádějí v celé Evropské unii, jednotlivé členské státy mají možnost stanovit si jeho vlastní definici. V české legislativě je definice zakotvena v zákoně 406/2000 Sb. o hospodaření energií, který budovu ve standardu nZEB definuje jako: „budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.“

Používání moderních technologií a materiálů klade nové nároky na kvalitu provádění a dodržování technologické kázně. Společně s užíváním nových postupů roste i potřeba nových znalostí a dovedností stavebních dělníků a řemeslníků.

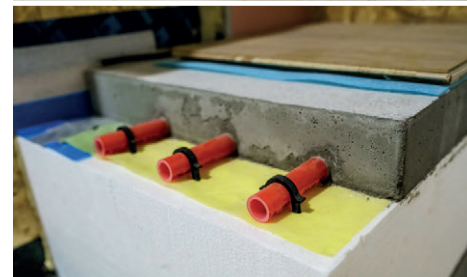
Za účelem zvyšování kvalifikace a zlepšování koordinace pracovníků na stavbě vznikl mezinárodní projekt Horizon 2020 CraftEdu. Úkolem tohoto projektu je systémově pomáhat vybraným řemeslným profesím tak, aby si lépe osvojily nové postupy výstavby a požadavky na ně kladené. V rámci projektu je vytvářeno a poskytováno osm školicích programů, které komplexně a inovativně zvyšují dovednosti řemeslných profesí. V rámci projektu byly vybrány především

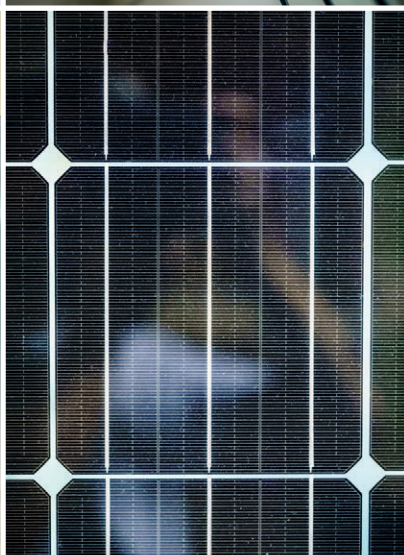
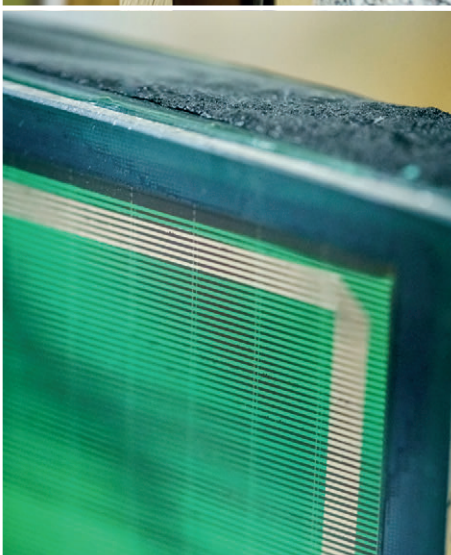
profese, které mají významný vliv na energetickou efektivnost budov, mohou ji ovlivnit během provádění řemeslných prací nebo v průběhu koordinace profesí na staveništi, a to:

- tesař,
- hydroizolatér,
- elektrikář,
- kominík,
- montér výplní otvorů,
- montér otopných, větracích a klimatizačních systémů.

Studijní materiály a podklady jsou určeny nejen profesionálům, ale také studentům středních odborných škol a učilišť. Inovace při výuce řemeslných profesí musí jít cestou stále většího nasazení interaktivních forem výuky. Důležitou roli hrají především výukové 3D modely novostaveb i renovací, ale také zapojení různé měřicí techniky, například k odhalování tepelných mostů, špatné kvality vnitřního prostředí nebo netěsností konstrukcí. Zkušenosti z uplynulých měsíců ještě zdůraznily význam tvorby e-learningových materiálů. Vzdělávání stavebních profesí přesouváme ze školních lavic na konkrétní stavby nebo na výstavy 3D modelů, využívána jsou rovněž videa. Cílem je zásadně zvýšit atraktivitu vzdělávání pro řemeslné profese.

Prohlubováním znalostí a dovedností řemeslníků v oblasti budov s téměř nulovou spotřebou energie se nejen zvýší produktivita práce, ale zamezí se technologickým chybám, které by mohly vzniknout neznalostí vlastností moderních materiálů nebo fyzikálních procesů v konstrukcích a budovách.





Prohlubováním znalostí a dovedností řemeslníků v oblasti budov s téměř nulovou spotřebou energie se nejen zvýší produktivita práce, ale zamezí se technologickým chybám, které by mohly vzniknout neznalostí vlastností moderních materiálů nebo fyzikálních procesů v konstrukcích a budovách.

Moderní konstrukce jsou citlivější na dodržení stavební kázně během výstavby. Chyby v konstrukcích nebo narušení jednotlivých vrstev konstrukcí mohou mít fatální dopady na jejich funkčnost.

Jedním z příkladů může být řešení řízení vodní páry v objektu. Pokud je navržena konstrukce tak, aby se zamezilo vnikání vodní páry z interiéru do konstrukce, je nutné dbát na dokonalé provedení stavebních prací. Narušení parotěsných vrstev, ať již z důvodu neznalosti nebo nedbalosti, může mít za následek vnikání vodní páry do konstrukce, její kondenzaci a postupnou degradaci konstrukce.

Na projektu CraftEdu spolupracující partneři z České republiky, Slovenské republiky, Bulharska a Rakouska. Koordinátorem je společnost SEVEN, jedním z českých partnerů je Fakulta stavební ČVUT v Praze. Na projektu spolupracuje tým z Katedry ekonomiky a řízení ve stavebnictví, který řeší zejména organizaci školení školitelů a vývoj elearningových platform. Podílí se i na tvorbě studijních materiálů, které jsou stěžejní součástí projektu.

**autoři: Jan Pojar
a Renáta Schneiderová Heralová
foto: Jiří Ryszawy**

> Více na <https://www.craftedu.eu>

Informační bezpečnost. Nuda nebo dream job?

Na téma informační bezpečnosti jsme požádali o krátký rozhovor Jiřího Vaňka ze společnosti Unicorn, která je dlouhodobým partnerem ČVUT.

Jiří Vaněk, manažer týmu informační bezpečnosti, konzultant a etický hacker. V IT pracuje více jak dvacet let. Posledních pět let pomáhá zvyšovat úroveň bezpečnosti ve významných českých i zahraničních organizacích, zejména v bankovníctví, energetice a obchodu. V Unicornu vybudoval a dále řídí expertní tým bezpečnostních odborníků, kteří se specializují na penetrační testování, Red teamingové operace a různé konzultace v oblasti informační bezpečnosti.



Čemu se Unicorn věnuje v oblasti Security?

Náš tým je vlastně super parta bezpečnostních nadšenců a etických hackerů, které baví hledat slabá místa jakéhokoliv systému – ať už je tím systémem myšlena celá firma, IT informační systém nebo nějaká infrastruktura. A když ta slabá místa najdeme a pochopíme, jaké dopady může zneužití tohoto slabého místa mít pro organizaci, navrhneme vhodná opatření. Pokud bych to celé měl říci konkrétněji, děláme penetrační testy, Red teamingové operace, což jsou simulace cíleného kybernetického útoku na organizaci, revidujeme a navrhujeme bezpečnou architekturu informačních systémů či cloudových prostředí, zavádíme metodiku bezpečného vývoje, řešíme bezpečnostní incidenty a v neposlední řadě navrhujeme bezpečnostní strategii pro firmy a pomáháme jim zavádět bezpečné procesy.

Proč ses rozhodl právě pro obor Security? Jak ses k němu vlastně dostal?

První moje „setkání“ s bezpečností bylo někdy v roce 1999, když jsem ve velikém časovém presu, asi dva dny po termínu ve dvě ráno, urputně programoval nějaký web s jednoduchou správou. Psal jsem to tak strašně, že jsem si říkal, že když to najde nějaký hacker, během pár minut to celé rozbije. Od té doby jsem hledal způsoby, jak webové aplikace kompromitovat. Později jsem začal weby i sám provozovat na linuxových serverech, ruku v ruce s tím muselo jít opět zabezpečení – nechtěl jsem, aby mi moje servery sloužily jako úložiště pro warez nebo byly součástí botnetu.

Jaká byla tvoje nejzajímavější pracovní zkušenost nebo projekt týkající se bezpečnosti?

Rozhodně první Red teamingová operace. Je to dva roky zpátky, cílem simulovaného útoku byla významná zahraniční banka. Jediná omezení, která jsme měli, bylo neútočit na členy představenstva. Skvělé na tom všem bylo to, že tuto službu jsme sami navrhli, určili si její parametry a přesvědčili klienta, že je to přesně to, co potřebuje. Pak jsme tři měsíce intenzivně makali a poslední týden akce nás tak bavil, že jsme ani neměli potřebu spát. Pro klienta byla celá aktivita velmi přínosná a dal nám velmi pozitivní zpětnou vazbu.

Které zjištění bylo pro tebe při práci v bezpečnosti nejvíce překvapivé či šokující?

V okamžiku, kdy jsem začal pracovat pro korporátní klienty, překvapil mě poměrně laxní přístup k informační bezpečnosti obecně. Prostě platí otřepané pravidlo, že střední Evropa je od západu o zhruba pět let pozadu. Teprve v posledních zhruba dvou letech se situace zásadně mění, koronavirová krize je také jistým driverem, ale stále má naše republika co dohánět.

Jak reagují klienti na vaše poznatky a informace o stavu úrovně jejich zabezpečení?

No, zažil jsem situace, kdy při prezentaci výsledků z penetračních testů klient doslova lapał po dechu a byl opravdu nemile překvapen. Na druhou stranu, zažil jsem i prezentace výsledků, kde jsme vlastně neměli co prezentovat, protože všechno měli naprosto perfektní. Obvyklá situace je, že najdeme několik zásadních oblastí, které je potřeba rychle zlepšit, pak je sada standardních problémů, které nejsou tak palčivé, a majorita náleží není příliš závažná.

Prozradíš některé konkrétní metody, které při práci používáte?

Najděte si „redteam unicorn“. Na Lupě a Živě máme hezké články, které popisují, jak taková akce probíhá a co k tomu používáme. To, že tomu lidé nevěří, nás na tom také hodně baví.

Jací klienti se na vás nejčastěji obrací?

Nejvíce děláme pro banky, energetiku a retail.

Sára Wohlmuthová,
Career and Talent Manager at Unicorn



Unicorn je renomovaná evropská společnost poskytující ty největší informační systémy a řešení z oblasti informačních technologií. Dlouhodobě se soustředíme na vysokou přidanou hodnotu a konkurenční výhodu přinášenou našim zákazníkům. Působíme na trhu již od roku 1990 a za tu dobu jsme vytvořili řadu špičkových a rozsáhlých řešení, která jsou rozšířena a užívána mezi těmi nejvýznamnějšími podniky z různých odvětví. Máme ty nejlepší reference z oblasti bankovníctví, pojišťovnictví, energetiky a utilit, komunikace a médií, výroby, obchodu i veřejné správy. Našimi zákazníky jsou přední a největší firmy. Jsme však zároveň provozovateli internetové služby Plus4U, ve které nabízíme široké portfolio služeb založených na robustních softwarových řešeních pro malé a střední podniky, a hlavně pro lidi. V internetové službě Plus4U si každý z nás vytvoří svůj digitální prostor a propojí se s digitálními prostory těch ostatních – jednotlivců i podniků a organizací. Disponujeme detailními znalostmi z celého spektra podnikatelských odvětví. Rozumíme principům jejich fungování, ale i specifickým potřebám svých zákazníků.

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**.

**Zahájení sbírky:
1. října 2014**

Sbírka bude ukončena
v prosinci 2021.

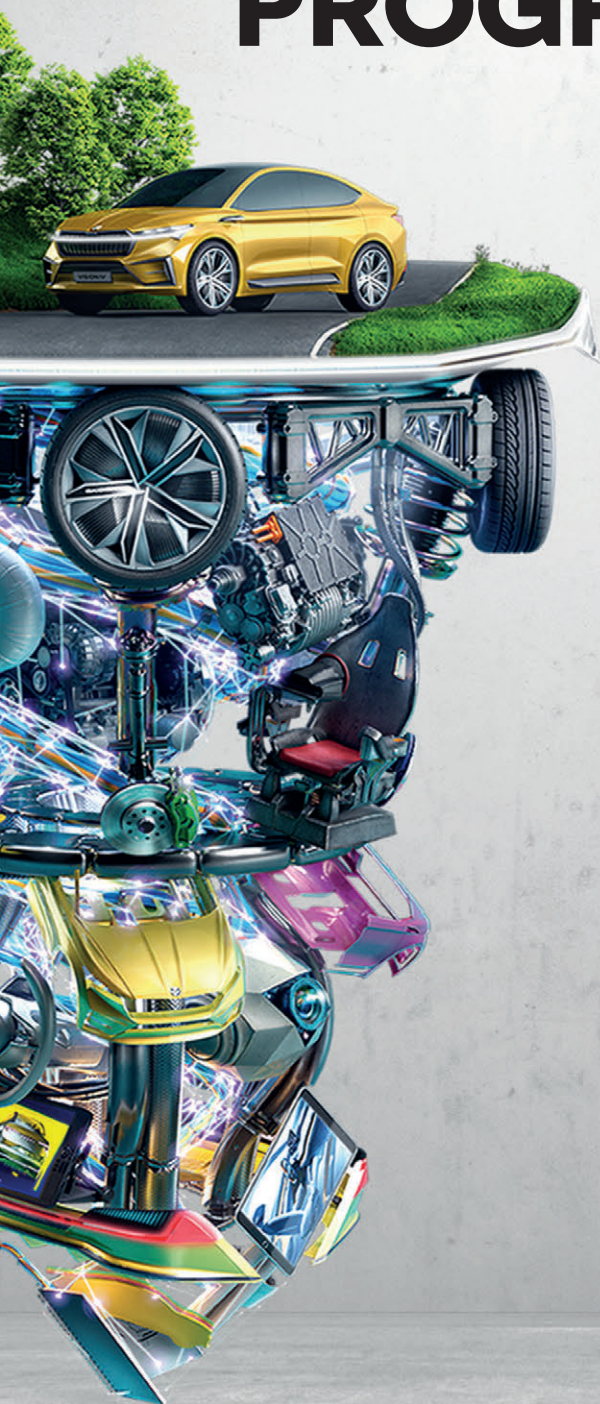
www.absolventicvut.cz
www.varhany.cvut.cz

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

NASTUP DO TECH TRAINEE PROGRAMU



ŠKODA
SIMPLY CLEVER



- ✓ Provedeme tě stavbou auta od jeho vývoje přes výrobu až ke kontrole kvality
- ✓ Svěříme ti vývojový projekt, na kterém budeš celý rok pracovat
- ✓ Poznáš technologie budoucnosti, na které si jinde nesáhneš
- ✓ Tvůj mentor ti bude po ruce a pomůže ti růst
- ✓ Získáš jedinečné zkušenosti do dalšího kariérního života



[SKODA-KARIERA.CZ/M/TECHTRAINEE](https://skoda-kariera.cz/m/techtrainee)