

2019

Výroční zpráva Katedry robotiky



**Fakulta strojní,
Vysoká škola báňská-
Technická univerzita Ostrava**

VÝROČNÍ ZPRÁVA ZA ROK 2019

Katedra robotiky



Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava

- Vedoucí katedry:** prof. Dr. Ing. Petr Novák
tel.: 59 599 3595
e-mail: petr.novak@vsb.cz
- Sekretariát:** Ing. Tereza Fittlová
tel.: 59 599 3152
e-mail: tereza.fittlova@vsb.cz
- Adresa:** Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky
ul. 17. listopadu 2172/15
708 00 Ostrava – Poruba
- Web stránka:** <http://robot.vsb.cz>
- Sociální síť:** <https://www.facebook.com/robot.vsb.cz>
<https://vk.com/departmentofrobotics>

1. OBSAH

1.	OBSAH	3
2.	PROFIL PRACOVÍŠTĚ	4
3.	PERSONÁLNÍ SLOŽENÍ PRACOVÍŠTĚ	5
3.1.	Odborný profil profesorů, docentů a odborných asistentů	5
3.2.	Získání titulů pracovníky katedry v daném roce	5
4.	PEDAGOGICKÁ ČINNOST	6
4.1.	Pracovištěm garantované studijní obory	6
4.1.1.	Bakalářské studijní obory	6
4.1.2.	Magisterské studijní obory	7
4.1.3.	Doktorské studijní obory	8
4.2.	Změny v oborech garantovaných pracovištěm	9
4.3.	Obhájené závěrečné práce	9
4.3.1.	Bakalářské práce	9
4.3.2.	Diplomové práce	10
4.4.	Seznam doktorandů	12
4.5.	Obhájené disertační práce	13
4.6.	Kvalita a kultura akademického života	14
5.	SPOLUPRÁCE V OBLASTI PEDAGOGICKÉ	16
5.1.	Významná spolupráce pracoviště se subjekty v ČR	16
5.2.	Významná spolupráce pracoviště se zahraničními partnery	17
5.3.	Zahraníční pobyty pedagogů i studentů pracoviště	17
5.4.	Přijetí zahraničních hostů nebo studentů	17
6.	VĚDECKO - VÝZKUMNÁ ČINNOST	20
6.1.	Řešené projekty	20
6.2.	Hlavní směry výzkumu a vývoje na pracovišti	20
6.2.1.	Metodika a teorie koncepčního designu robotických manipulátorů s počítačovou podporou	20
6.2.2.	Výzkum a vývoj vícekomorového izolačního skla a jeho výroby	21
6.2.3.	Detekce pozice a orientace kamer v souřadnicovém systému manipulátoru	21
6.2.4.	Zlepšení opakovatelné přesnosti polohování	22
6.2.5.	Projekt COBOTY	22
6.2.6.	Automatizovaná montáž trubkových objímek	24
6.2.7.	System pro rychlý výběr a umístění robotu pro definovanou trajektorii	25
6.2.8.	System pro identifikaci součásti (3D objektu) na základě 3D skenu	27
6.2.9.	Automatické plánování trajektorie robotu v dynamickém prostředí s překážkami	27
6.2.10.	Automatické generování 3D modelů v prostředí software SolidWorks	29
6.2.11.	Tvorba 3D modelů objektů za pomoci technologií fotogrammetrie a 2D laserového skeneru	30
6.2.12.	Generování kinematické struktury pomocí postupného snižování DOF trajektorie	31
6.2.13.	Použití genetických algoritmů v návrhu a optimalizaci kinematické struktury mobilního robotu	31
6.2.14.	Určení polohy a natočení objektu manipulace v chapadle pomocí 2D liniových senzorů	32
6.2.15.	Výzkum technických prostředků pro asistovanou montáž s kolaborativním robotem	33
6.2.16.	Optimalizace spotřeby robotu	35
6.2.17.	System pro real-time měření spotřeby průmyslových robotů	35
6.3.	Nově podané projekty	36
6.4.	Zahraníční pobyty pedagogů i studentů	37
6.5.	Nové laboratoře, laboratorní přístroje	37
6.6.	Počítačové učebny, výpočetní technika	40
7.	SPOLUPRÁCE VE VĚDĚ A VÝZKUMU	40
7.1.	Spolupráce se subjekty v ČR	40
7.2.	Spolupráce se subjekty v zahraničí	40
8.	ODBORNÉ AKCE	41
8.1.	Národní konference a semináře	41
8.2.	Mezinárodní konference a semináře	41
8.3.	Jiné akce	42
9.	SPOLUPRÁCE S PRŮMYSLEM	47
10.	PUBLIKAČNÍ ČINNOST	48

2. PROFIL PRACOVISŤE

Katedra robotiky je již od svého vzniku (1989) zaměřena komplexně na problematiku robotiky, a to jak na všech úrovních výuky, tak i ve vědě a výzkumu a v odborné činnosti pro praxi. V souladu s aktuálními trendy rozvíjí pracovníci katedry témata servisní robotiky a robototechniky a aplikace robotů i mimo strojírenství. To se projevuje ve výzkumu, ve výuce i v publikační činnosti. Ve výzkumu jsou založeny v tomto smyslu granty, smluvní výzkum a témata diplomových i disertačních prací. Ve výuce katedra zajišťuje několik oborů - Robotiku, v rámci bakalářského studijního programu Strojírenství a následně také v navazujícím magisterském studiu ve studijním programu Strojní inženýrství na Fakultě strojní. Katedra rovněž garantuje stejnojmenný doktorský obor Robotika a bakalářský studijní program Mechatronika.

Katedra se také intenzivně věnuje novým tématům ve vztahu ke konceptu Průmysl 4.0, zejména pak oblastem kolaborativní robotiky, internetu věcí – IoT, digitálním dvojčatům atd. V této oblasti úzce spolupracuje s řadou automotive firem v našem regionu.

Okruhy katedrou řešených problémů robotiky lze členit na: projekční, provozní, konstrukční, zkoušení a diagnostiku, simulace, měření, řízení a senzoriku, dynamiku, využití počítačové podpory k řešení problémů a inovací v oboru. Katedra také profiluje zájemce z řad studentů o problematiku návrhu a nasazování řídicích systémů, určených pro procesní a vizualizační úrovně řízení v mechatronických systémech. Důraz je věnován zejména průmyslovým počítačům standardu PC a jejich vlastnostem, včetně metod zajištění požadované spolehlivosti provozu. Zájemcům z řad studentů magisterského a doktorského studia umožňuje katedra, formou individuálního studijního plánu, absolvovat vybrané předměty na Fakultě elektrotechniky a informatiky naší univerzity.

Výuková i výzkumná činnost katedry je dále zaměřena na matematické modelování mechanismů a jejich pohonů z hlediska řízení, na návrh technických i programových prostředků řídicích systémů polohovacích mechanismů a senzorické subsystémy, včetně zpracování obrazu technologické scény pro různé aplikace, nástroje a metody - včetně optimalizačních - pro návrh mechatronických systémů. Vědeckovýzkumná činnost katedry vede k posílení profilace katedry na problematiku servisní a kolaborativní robotiky, metod a nástrojů pro návrh příslušných systémů, jakožto zřejmý trend nejbližších let s širokými aplikačními možnostmi.

Katedra aktivně nabízí studijní stáže zahraničním studentům v rámci programů Erasmus+, IAESTE apod. V roce 2019 na katedře takto pracovalo v oblasti výzkumu 11 studentů, včetně zahraničních studentů v rámci řádného studia (magisterské a doktorské studium).

Pracovníci katedry i studenti řeší teoretické i aplikační úlohy, odpovídající uvedenému zaměření. Výuka probíhá v **Centru robotiky**, na různých typech průmyslových a kolaborativních robotů a jejich subsystémech, v laboratořích servisní robotiky a v **učebnách CAD systémů**. Pro robotiku a mechatroniku je typické široké a komplexní využití počítačové podpory pro všechny oblasti činností. Učebny CAD systémů jsou proto vybaveny odpovídajícími softwarovými nástroji.

3. PERSONÁLNÍ SLOŽENÍ PRACOVIŠTĚ

(stav k 31. 12. 2019)

Vedoucí katedry:	Prof. Dr. Ing. Petr Novák
Zástupce vedoucího katedry:	Ing. Václav Kryš, Ph.D.
Tajemník katedry:	Ing. Petr Široký
Sekretářka:	Ing. Tereza Fittlová
Profesoři:	Vladimír Mostýn, Petr Novák
Docenti:	Zdeněk Konečný, Zdenko Bobovský
Odborní asistenti:	Ing. Ladislav Kárník, CSc. Ing. Václav Kryš, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D. Ing. Jan Lipina, Ph.D. Ing. Petr Široký Ing. Jiří Suder Ing. Aleš Vysocký, Ph.D. Ing. Robert Pastor Ing. Michal Vocetka Ing. Stefan Grushko

Vědecko-výzkumní pracovníci:	Ing. Ján Babjak, Ph.D. Ing. Tomáš Kot, Ph.D. Ing. Dominik Heczko Ing. Jakub Mlotek Ing. Petr Oščádal Mgr. et Mgr. Richard Papřok Ing. Zdeněk Zeman Bc. Vyomkesh Jha Kumar
------------------------------	--

Odborně-techničtí pracovníci:	Karel Ranocha
-------------------------------	---------------

3.1. Odborný profil profesorů, docentů a odborných asistentů

beze změny – viz <https://www.fs.vsb.cz/354/cs/kontakt/>

3.2. Získání titulů pracovníky katedry v daném roce

doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD. – *Softvérové prostriedky pre rýchly vývoj a optimalizáciu robotických systémov, 2019, 138 s.*

Ing. Aleš Vysocký, **Ph.D.** - *Roboty přímo spolupracující s člověkem (Direct cooperation of Robots with Humans), 2019, 98 s.*

4. PEDAGOGICKÁ ČINNOST

4.1. Pracovištěm garantované studijní obory

4.1.1. Bakalářské studijní obory

Název: Robotika

Číslo oboru: 23 01R013-T70

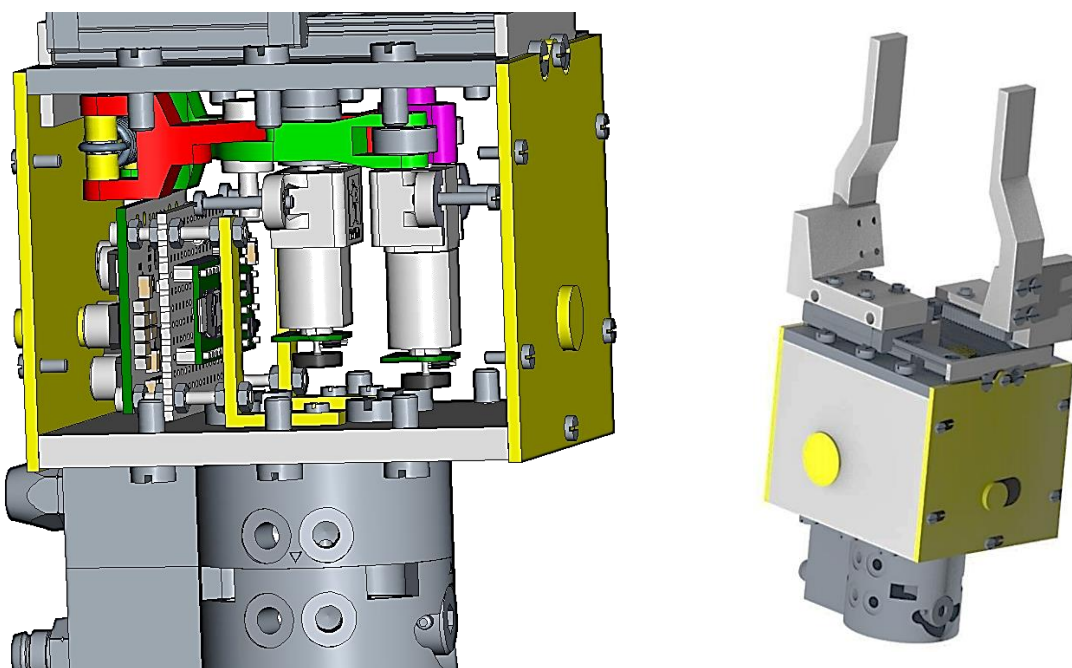
Garant oboru: doc. Ing. Zdeněk Konečný, CSc.

Profil absolventa:

Absolventi bakalářského studia v tomto oboru se uplatní jako konstruktéři prvků robotů, manipulátorů a periferních zařízení robotizovaných pracovišť (dopravníků, zásobníků, hlavic průmyslových robotů aj.), ale také jako projektanti těchto zařízení a zejména provozní technici, zabezpečující provoz, seřízení, programování, diagnostiku, údržbu a opravy.

Možnosti uplatnění nejsou omezeny na strojírenství, protože roboty se rychle uplatňují v řadě dalších odvětví, jako jsou zemědělství, zdravotnictví, sklářský, potravinářský, textilní a obuvnický průmysl, služby apod. Vzhledem k tomuto trendu je možno hovořit o možnosti univerzálního prosazování této techniky.

Absolventi získají kromě nezbytného teoretického základu zejména praktické zkušenosti na robotizovaných pracovištích v nově vybudovaných laboratořích průmyslových robotů. Přímou součástí studia je zvládnutí práce na počítači pro celé spektrum činností, počínaje využitím textových editorů, přes tabulkové procesory a zvládnutí konstruování pomocí CAD systémů, až po využití počítačů v řídicích systémech robotů a automatizovaných zařízeních.



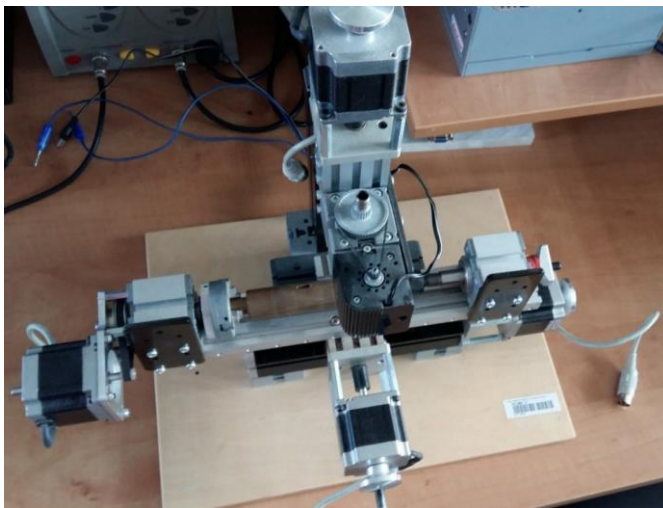
Obr. (Bc.) Adam Boleslavský **Konstrukční návrh efektorů pro laboratorní úlohy na robotech ABB**,
bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Název: **Mechatronika**
Číslo studijního programu: B0714A270002
Garant SP: prof. Dr. Ing. Petr Novák,
doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D. (od října 2019)

Profil absolventa:

Cílem studia v tříletém studijním programu Mechatronika je vychovat absolventy se širokými praktickými dovednostmi a základními teoretickými znalostmi v multidisciplinárním oboru Mechatronika. Potřebné cílené znalosti a dovednosti, získají studenti absolvováním řady předmětů z Fakulty strojní a dále z Fakulty elektrotechniky a informatiky, zejména v oblastech automatizace, elektrotechniky a elektroniky, strojírenství a robotiky. Důraz je kladen na schopnost využívat moderní výpočetní metody a efektivně vyhodnocovat výstupy technických měření.

Absolventi bakalářského studijního programu Mechatronika mají znalosti potřebné pro práci se systémy s komplexní strukturou, které tvoří vzájemně propojené mechanické, elektrické a řídicí subsystémy. Mají znalosti z oblasti měření, ze syntézy řídicích systémů, návrhu regulačních obvodů, dále znalosti o vlastnostech a možnostech použití akčních členů a senzorů. Znalosti z mechaniky, měření a zpracování signálů jim umožňují řešit aplikační úlohy v oblasti řízení systémů s vysokou dynamikou a vysokými nároky na výsledné užité vlastnosti stroje. Znají základní metody syntézy mechatronických systémů a ovládají nástroje počítačové podpory jejich návrhu.



*Obr. (Bc.) Aaron Robin Sitek **Jednotka pro řízení krokových motorů.** Unit for Controlling Step Motors, bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Jaromír Škuta, Ph.D. – **Katedra ATR***

4.1.2. Magisterské studijní obory

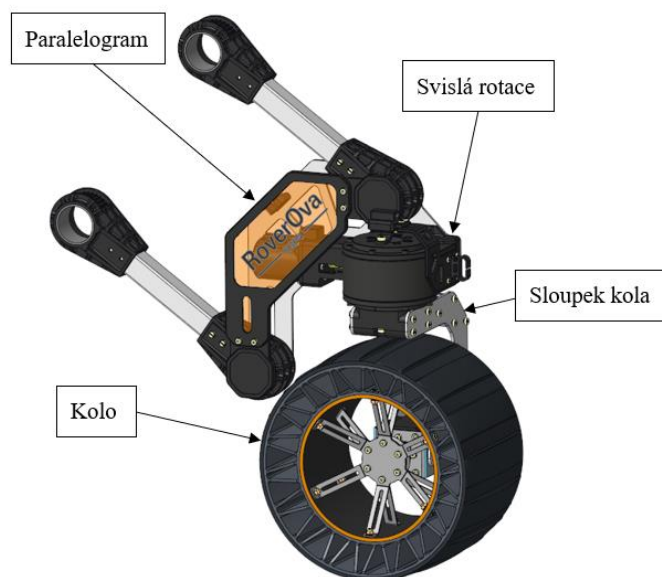
Název: **Robotika**
Číslo oboru: 23 01T013-00
Garant oboru: Prof. Dr. Ing. Petr Novák

Profil absolventa:

Studijní obor „Robotika“ je zaměřen na navrhování, konstrukci a řízení průmyslových robotů a manipulátorů a jejich subsystémů. Obor je dále zaměřen na projektování robotizovaných technologických pracovišť, včetně jejich řízení, a problematiku aktuální legislativy a bezpečnostních předpisů. V souvislosti s aktuálními trendy v robotice, je výuka rovněž orientována na problematiku servisní robotiky a pro zájemce na biorobotiku. Součástí studia oboru je komplexní zvládnutí výkonných systémů počítačové podpory konstruování, jako je Creo Parametric a dalších výpočetových a simulačních systémů, vhodných pro pokročilé modelování a simulace v oblasti průmyslové i servisní robotiky. Značná pozornost je ve výuce věnována metodice tvorby technických systémů a metodice podpory inovačního procesu založené na technologii TRIZ, včetně počítačové podpory těchto činností. Obor Robotika je tedy velmi komplexní, primární strojní zaměření má velký přesah do souvisejících oblastí, jakými jsou řízení, sensorika, pohonné systémy a informatika. V závěrečné fázi studia se posluchači seznamují s nejnovějšími vývojovými trendy konceptu Průmysl 4.0, jako jsou internet věcí (IoT), rozšířená realita a digitální dvojče. Tyto nové dovednosti mohou uplatnit při vypracování diplomových prací.

Absolventi studijního oboru Robotika mají znalosti v oblasti konstruování průmyslových robotů a manipulátorů, projektování robotizovaných technologických pracovišť a vytváření servisních robotických systémů, včetně jejich nasazování. Znalosti z oblasti strojní jsou doplněny potřebnými znalostmi z oblasti řízení a sensoriky, softwarového inženýrství, návrhu řídicích systémů jak po stránce softwarové, tak po stránce hardwarové, dále znalostmi z oblasti elektroniky, strojového vidění a pohonů. Absolventi jsou připraveni k řešení inženýrských úloh v oblasti automatizace a robotizace strojírenské výroby, aplikace servisních robotů ve výrobě, či službách. V oblasti projektování výrobních systémů s průmyslovými roboty mají absolventi potřebné znalosti z oblasti zabezpečení jejich provozu, údržby, spolehlivosti, bezpečnosti, seřízení a programování robotizovaných pracovišť.

Robotika mají znalosti v oblasti konstruování



Obr. (Ing.) Bc. Zdeněk Zeman, Konstrukční návrh kola s aktivním zatáčením, diplomová práce, vedoucí: Ing. Robert Pastor (Realizace na robotu K3P4 a otestování na soutěži ERC 2019 v Kielce, Polsko)

Významné jsou také získané znalosti ve využívání vysoce výkonných systémů počítačové podpory pro konstruování, projektování, modelování, simulaci, programování, řízení aj., které jsou plně využitelné i mimo studovaný obor. Absolventi se uplatní jako konstruktéři, projektanti, provozní technici, specialisté pro různé oblasti aplikací výpočetní techniky – CAD, CAI, pokrývajících kromě konstrukčních činností i projekci a celou oblast technické přípravy výroby a správy životního cyklu výrobku (PLM systémy).

4.1.3. Doktorské studijní obory

Název: **Robotika**
 Číslo oboru: 2301V013
 Fakultní garant oboru: prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn

Charakteristika oboru:

Absolventi si osvojí metodiku vědecké práce v oblasti aplikovaného výzkumu a vývoje průmyslových i servisních robotů a jejich aplikací s výrazným uplatněním mechatronického přístupu k vývoji těchto komplexních technických systémů. V oblasti tvorby a řešení inovačních zadání si absolventi osvojí základní metodické a vědecké postupy, v oblasti konstrukce získají absolventi poměrně rozsáhlé znalosti v oblasti tvorby a optimalizace mechanického subsystému s počítačovou podporou, v oblasti řízení a sensoriky je kladen důraz na nejnovější technické i programové prostředky řízení, vnímání prostředí a komunikace s člověkem a v oblasti pohonných subsystémů jsou to znalosti nových elektrických, hydraulických a pneumatických pohonů a jejich aplikací. Cílem studia je prohloubení teoretických znalostí z magisterského studia, pochopení souvislostí a skloubení těchto znalostí k osvojení si mechatronického komplexního přístupu k vytváření robototechnických systémů jak v oblasti výrobní, tak v oblasti servisních činností.

(Poznámka: použité obrázky jsou z projektů, bakalářských, diplomových a doktorských prací studentů oborů robotika.)

4.2. Změny v oborech garantovaných pracovištěm

Nově akreditovaný bakalářský Studijní program Mechatronika
Podána akreditace doktorského studijního programu Robotika

4.3. Obhájené závěrečné práce

4.3.1. Bakalářské práce

	Student	Vedoucí	Téma
1.	Jan Bém	Ing. Robert Pastor	System pro ukládání vzorků půdy
2.	Bc. Adam Boleslavský	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Konstrukční návrh efektorů pro laboratorní úlohy na robotech ABB
3.	Tereza Kanisová	Ing. Ladislav Kárník, CSc.	Konstrukční návrh ručního teleskopického podavače
4.	Michal Konečný	Ing. Lukáš Podešva	Detailní rozpracování modulu balící linky – Effektor pro sady manipulovaných objektů
5.	Tomasz Kowalczyk	Ing. Michal Vocetka	Návrh efektoru pro paletizaci kartonových krabic
6.	Jakub Krejčí	Ing. Lukáš Podešva	Detailní rozpracování modulu balící linky – Paletizační portálový manipulátor
7.	Marek Mihálik	Ing. Tomáš Kot, Ph.D.	Dokovací stanice pro robot ABB IRB 14000 – YuMi
8.	Libor Pavlík	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Návrh pohonné jednotky ručního transportního vozíku
9.	Marek Ročňák	Ing. Michal Vocetka	Detailní rozpracování modulu balící linky – Akumulační dopravník objektů
10.	David Smékal	Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Rozšíření 3D tiskárny REBEL II o možnost frézování plošných spojů
11.	Tomáš Spurný	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Návrh efektoru robotu s proměnnou šířkou úchopu a velkou silou
12.	Adam Stehlík	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Soft robotika a její aplikace
13.	Luboš Varecha	Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Konstrukční návrh pásového dopravníku pro přepravu olejových pump
14.	Rostislav Wierbica	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Konstrukce efektoru pro manipulaci s křehkými předměty

	Student	Supervisor	Topic
1.	Jan Bém	Ing. Robert Pastor	Soil Sample Storage System
2.	Bc. Adam Boleslavský	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Design of Effectors for Laboratory Tasks on ABB Robots
3.	Tereza Kanisová	Ing. Ladislav Kárník, CSc.	Design of a Manual Telescopic Grabber
4.	Michal Konečný	Ing. Lukáš Podešva	Detailed Development of the Packing Line Module - Effector for Manipulation with Sets of Objects
5.	Tomasz Kowalczyk	Ing. Michal Vocetka	Design of End Effector for Cardboard Box Palletizing
6.	Jakub Krejčí	Ing. Lukáš Podešva	Detailed Development of the Packing Line Module - Palletisation Portal Manipulator
7.	Marek Mihálik	Ing. Tomáš Kot, Ph.D.	Docking Station of the Robot ABB IRB 14000 - YuMi
8.	Libor Pavlík	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Design of the Drive Unit for Hand Trolley
9.	Marek Ročňák	Ing. Michal Vocetka	Detailed Development of the Packing Line Module – Objects Accumulation Conveyor
10.	David Smékal	Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Expansion of the 3D Printer REBEL II on the Possibility of PCB Milling
11.	Tomáš Spurný	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Design of a Robot Effector with Variable Grip Width and Great Force

12.	Adam Stehlik	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Soft Robotics and its Applications
13.	Luboš Varecha	Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Construction Design of Belt Conveyor for the Transport of Oil Pumps
14.	Rostislav Wierbica	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Design of an Effector for Manipulating whit Fragile Objects



Obr. Absolventi bakalářského studia Robotika

4.3.2. Diplomové práce

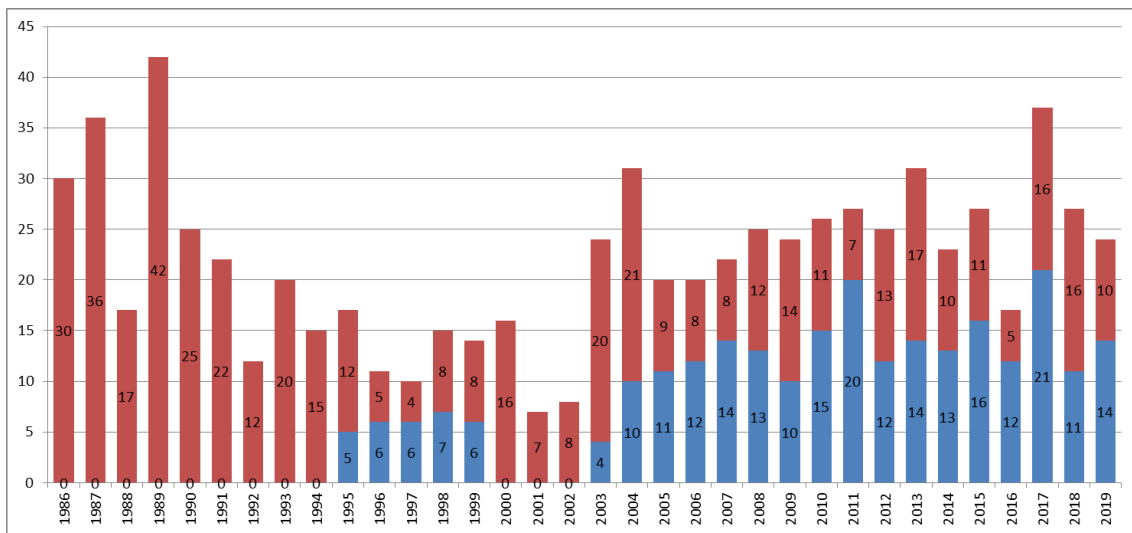
	Student (bc)	Vedoucí	Téma
1.	Martina Dašková	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Tvorba digitálního dvojčete robotické buňky v simulačním prostředí Tecnomatix
2.	Jan Dziak	Ing. Ján Babjak, Ph.D.	Bezpečnost při návrhu automatizovaných systémů
3.	Marek Fuciman	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Konstrukční a cenová optimalizace sklopného mechanismu ručních madel porodní postele AVE2
4.	Lukáš Káňa	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Efektory pro kolaborativní robotizovaná pracoviště
5.	Tomáš Krejčí	Ing. Tomáš Kot, Ph.D.	Vytvoření robotizovaného pracoviště v simulačním prostředí RobotExpert
6.	Jakub Mlotek	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Rozšíření funkcionalit mobilního robotu Viper
7.	Petr Oščádal	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Senzorický a navigační subsystém pro mobilní robot
8.	Jiří Skalický	Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Konstrukční návrh čtyřkolového mobilního robotu určeného pro pohyb ve členitém terénu
9.	Daniel Vrbka	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Pick-and-place aplikace pro neorientované objekty
10.	Zdeněk Zeman	Ing. Robert Pastor	Konstrukční návrh kola s aktivním zatáčením

	Student (bc)	Supervisor	Topic
1.	Martina Dašková	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Creation of a Digital Twin of a Robotic Cell in Simulation Tool Tecnomatix
2.	Jan Dziak	Ing. Ján Babjak, Ph.D.	Safety in the Design of Automated Systems

3.	Marek Fuciman	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Design and Cost Optimization of Hand Holder Reclining Mechanism on Birthing Bed AVE2
4.	Lukáš Káňa	Ing. Václav Krys, Ph.D.	End Effectors for Collaborative Robotic Workplaces
5.	Tomáš Krejčí	Ing. Tomáš Kot, Ph.D.	Design of the Robotized Workcell Using the Simulation Software RobotExpert
6.	Jakub Mlotek	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Functionalities Enhancement of the Mobile Robot Viper
7.	Petr Oščádal	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Sensor and Navigation Subsystem for Mobile Robot
8.	Jiří Skalický	Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Construction Design of The Four-Wheeled Mobile Robot Designed for Moving in Indented Terrain
9.	Daniel Vrbka	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Pick-and-Place Application for Non-oriented Objects
10.	Zdeněk Zeman	Ing. Robert Pastor	Mechanical Design of a Wheel with Active Steering



Obr. Absolventi – magisterské studium Robotika



Obr. Celkový přehled počtů absolventů oborů (dříve Výrobní systémy s Průmyslovými roboty a manipulátory a nyní Robotika) Katedry robotiky – Bc.Modrá, Ing.červená

4.4. Seznam doktorandů

	Doktorand	Název tématu DiP	Školitel	SDZ	Stav konec roku 2019
1.	Ing. Stefan Grushko	Plánování pohybu manipulátoru v dynamickém prostředí při využití informací z RGB-D senzoru	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Studuje v ročníku
2.	Ing. Dominik Heczko	Zvyšování přesnosti pozice a orientace objektů při jejich umístění manipulátorem	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Studuje v ročníku
3.	Ing. Daniel Huczala	Digitalizace procesu výroby	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn		Studuje v ročníku
5.	Ing. Jakub Mlotek	Asistovaná montáž s kolaborativním robotem	prof. Dr. Ing. Petr Novák		Studuje v ročníku
6.	Ing. Petr Oščádal	Optimalizace trajektorie ramene robotu v dynamicky se měnícím pracovním prostoru	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Studuje v ročníku
7.	Ing. Robert Pastor	Aplikování strojového učení při návrhu kinematických struktur robotů	prof. Dr. Ing. Petr Novák	prospěl	Studuje v ročníku
8.	Ing. Lukáš Podešva	Automatická kalibrace TCP konfokálního senzoru na průmyslovém robotu	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn		Studuje v ročníku
9.	Ing. Radek Řehák	Výzkum principů funkční bezpečnosti u automatizovaných systémů vozidel	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn		Studuje v ročníku
10.	Ing. Jiří Suder	Využití 3D tisku v konstrukci robotů	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.	prospěl	Studuje v ročníku
11.	Ing. Petr Široký	Vývoj rekonfigurovatelných rámců podvozků mobilních robotů.	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	prospěl	V přerušení
12.	Ing. Michal Vocetka	Zvyšování přesnosti manipulátoru	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Studuje v ročníku
13.	Ing. Zdeněk Zeman	Topologický design ramen robotů	prof. Dr. Ing. Petr Novák		Studuje v ročníku

	Ph.D. student	Thesis specification	Supervisor	State exam	Status end of 2019
1.	Ing. Stefan Grushko	Motion planning for manipulator in dynamic environment using RGB-D sensor	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Active
2.	Ing. Dominik Heczko	Increasing the accuracy of position and orientation of the objects placed by the manipulator	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Active
3.	Ing. Daniel Huczala	Digitalization of the Manufacturing Process	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn		Active
5.	Ing. Jakub Mlotek	Assisted assembly with Collaborative Robot	prof. Dr. Ing. Petr Novák		Active
6.	Ing. Petr Oščádal	Robot Arm Trajectory Optimization under Dynamically Changing Work Space	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Active
7.	Ing. Robert Pastor	Machine learning applications in robot kinematics design	prof. Dr. Ing. Petr Novák	Passed	Active
8.	Ing. Lukáš Podešva	Automatic Calibration of TCP of Confocal Sensor on an Industrial Robot	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn		Active
9.	Ing. Radek Reháček	Research of functional safety principles for automated vehicle systems	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn		Active
10.	Ing. Jiří Suder	The use of 3D printing in the design of robots	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.	Passed	Active
11.	Ing. Petr Široký	Development of Reconfigurable Chassis Frames of Mobile Robots.	doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.	Passed	Interrupted
12.	Ing. Michal Vocetka	Manipulator accuracy improvement	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.		Active
13.	Ing. Zdeněk Zeman	Topological Design of Robotic's Arms	prof. Dr. Ing. Petr Novák		Active

4.5. Obhájené disertační práce

Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.

Téma: Roboty přímo spolupracující s člověkem (Direct cooperation of Robots with Humans)

Školitel: prof. Dr. Ing. Petr Novák

Datum obhajoby: 28. 8. 2019

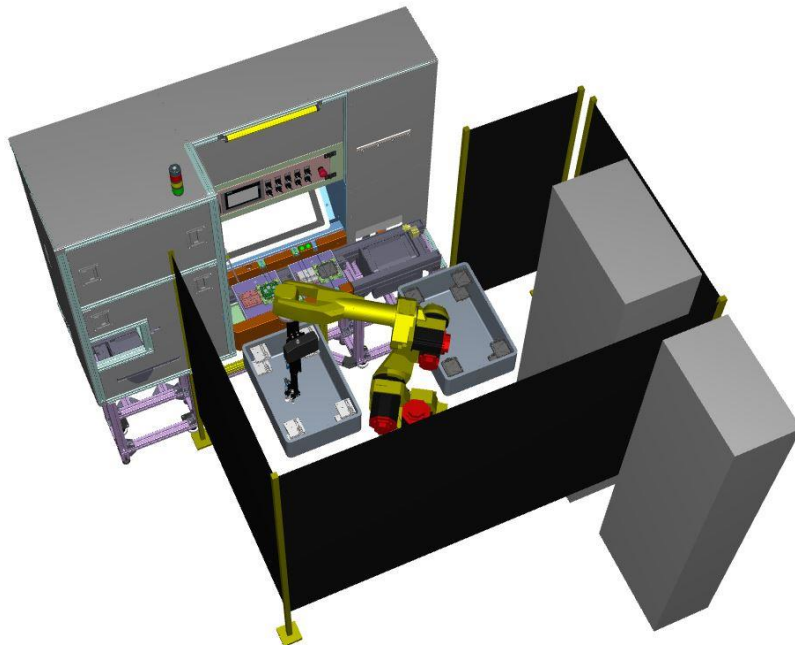


Obr. Aplikace Cobotu pro manipulaci s nestabilním dílem, disertační práce

4.6. Kvalita a kultura akademického života

V roce 2019 byla do řešení projektu studentské grantové soutěže „Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace“ zapojena skupina čítající 23 studentů doktorského i navazujícího magisterského studijního programu. Významných výsledků dosáhli tito:

- Ing. Tomáš Krejčí – výukový materiál k simulačnímu systému

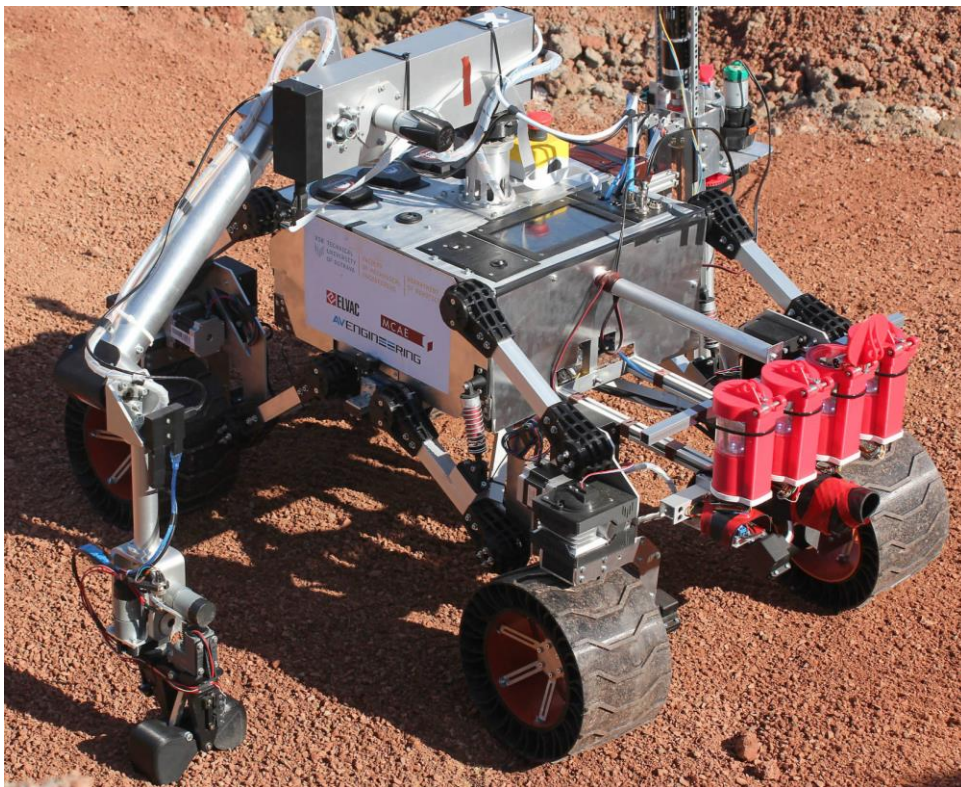


Obr. Náhled simulačního modelu pracoviště v SW systému RobotExpert

- Tým RoverOva, který se umístil na 3. místě v mezinárodní soutěži ERC



Obr. Náš soutěžní tým RoverOva



Obr. Soutěžní robot K3P4 (model 2019) našeho týmu při odběru vzorku

Poznámka: Na základě řešení projektu byly podány 2 funkční vzorky. Byl publikován 1 článek indexovaný v databázi SCOPUS nebo WoS. Dva články byly podány a očekává se jejich publikování v žurnálu Acta Polytechnica.

5. SPOLUPRÁCE V OBLASTI PEDAGOGICKÉ

5.1. Významná spolupráce pracoviště se subjekty v ČR

V rámci řešení projektů DMS - Platforma pro výzkum orientovaný na Průmysl 4.0 a robotiku v ostravské aglomeraci navázána/prohloubena spolupráce s:

- HELLA Autotechnik Nova, s.r.o.,
- Brose CZ a dalšími firmami zejména z oblasti automotive
- VOP s.p.

V rámci řešení projektů COBOTy:

- Moravskoslezský automobilový klastr
- Brano
- Varroc
- Continental
- ABB

Výsledkem naší víceleté užší spolupráci s ABB je, že je studentům 5. ročníku oboru robotika je umožněno získat oficiální certifikát ABB „*Úroveň 3 IRC5 - Specialista*“. Letošní (2019) studenti 5. ročníku v pilotním běhu tohoto testu měli 100% úspěšnost a všichni získali certifikát s platností na 2 roky. Od roku 2021 budou studenti oboru robotika v rámci certifikace získávat i úroveň „*Programátor*“ a „*RobotStudio*“, tedy kompletní sadu základních školení poskytovaných ABB jinak za úplatu. Slavnostní předání pilotního běhu provedl ředitel divize robotiky a celé české pobočky společnosti ABB Vítězslav Lukáš v prostorách našeho modernizovaného Centra robotiky. Při svém proslovu ke studentům pan ředitel mimo jiné zmínil, že dlouhodobé úsilí Katedry robotiky dospělo do stavu, kdy má Ostrava **bezkonkurenčně nejlépe vedenou a vybavenou robotickou laboratoř v ČR**. Závěrem svého proslovu uvedl, že je divize robotiky ABB připravena dále rozvíjet spolupráci nejen s Katedrou robotiky, ale i s dalšími pracovišti VŠB – TU Ostrava, která je jeho Alma Mater.



Obr. Ing. Vítězslav Lukáš, Ph.D. ředitel české pobočky ABB a divize robotiky předává studentům oboru robotika ABB certifikáty

5.2. Významná spolupráce pracoviště se zahraničními partnery

- Navázání spolupráce s Ton Duc Thang University – Vietnam – uzavřena smlouva o výuce Vietnamských studentů – doktorandů, samoplátců, na oboru Robotika (4.3.2019).
- Příprava výuky bakalářského a navazujícího magisterského studia Robotika pro Vietnamské studenty – samoplátce.
- Univerzita Bach Khoa Da Nang - Vietnam

5.3. Zahraniční pobyty pedagogů i studentů pracoviště

- Ing. Aleš Vysocký – Tohoku University, Sendai, Japonsko – pobyt říjen 2018 – únor 2019) – laboratoř Kolaborativní robotiky
- Studenti – 3 x pobyty v rámci Erasmus+
- Technická univerzita v Košiciach

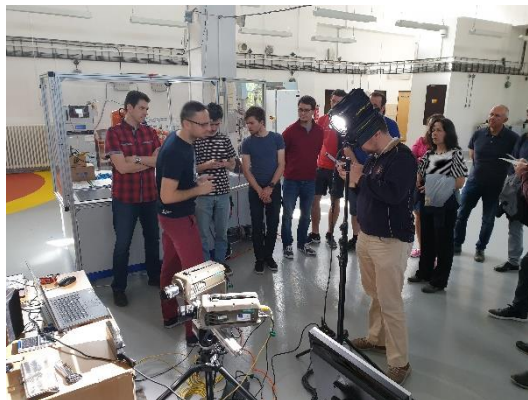
5.4. Přijetí zahraničních hostů nebo studentů

doc. Ing. Huňady, Ph.D., Ing. Hagara, Ph.D,

Slovensko, Technická univerzita v Košiciach, Katedra aplikovanej mechaniky a strojného inžinierstva

Přednáška: Digitálna obrazová korelácia a jej aplikácia v experimentálnej mechanike

Termín: 20.5.2019



doc. Ing. Virgala, Ph.D

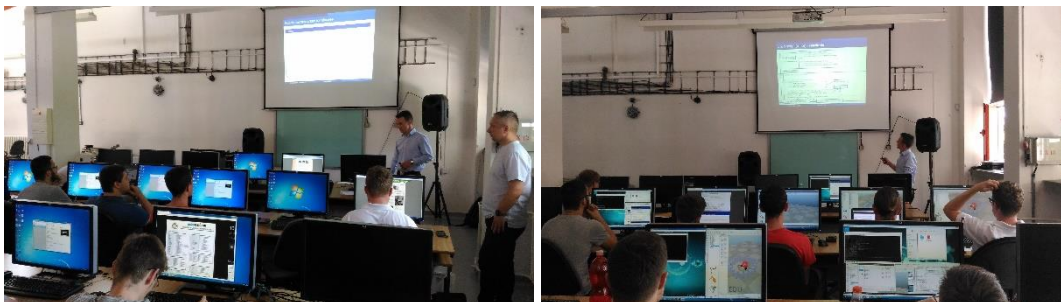
Slovensko, Technická univerzita v Košiciach, Katedra mechatroniky

Přednáška: Využitie metódy potenciálových polí v robotike

Termín: 20.6.2019



Ing. Panfil, PhD., Ing. Piotr Przystalka, Ph.D. D.Sc.
Polsko, Silesian University of Technology Gliwice
Institute of Fundamentals of Machinery Design, Silesian University of Technology
Workshop: High-level Design Methods Used in Robotics
Termín: 25.6.2019



Ing. Andres Faina
Dánsko, IT University of Copenhagen, Robotics, Evolution, and Art Lab
Přednáška: EDHMOR and EMERGE: Designing and building robots automatically
Termín: 25.9.2019



Ing. Martin Pfurner, Ing. Mathias Brandstötter,
Rakousko, Universitat Innsbruck, Joanneum research – Robotics,
Přednášky: Kinematic Analysis and Synthesis of Serial and Parallel Manipulators,



prof. Ing. Juraj Smrček, Ph.D.

Slovensko, Technická univerzita v Košiciach, Katedra robotiky,

Přednáška: Vybrané problémy prevádzkových parametrov priemyselných robotov

Termín: 20.11.2019



IAESTE – 3 Internships:

Vyomkesh Kumar Jha, 14. 1. – 10. 4. 2019 (Student of: Manipal Institute of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, India)

The main objective of the research activity was to develop the software for calibration of group of 3D cameras monitoring work space of collaborative robot.

Matheus Joseli Coutinho de Souza, 12. 08. 2019 – 11. 10. 2019 (Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Juiz de Fora, Brasil)

The main objective of the activity was: Work with simulation software V-REP, Work with ROS software, Cooperation V-REP and ROS software, Sensor data acquisition by Arduino

Jong Mun Jeong 6. 9. – 28. 11. 2019 (Student of: Hanyang University, Faculty of Electrical and biomedical Engineering, South Korea)

The main objective of the research activity was to develop of the hardware unit for measuring of the power consumption of the six subsystems of the mobile robot RoverOva designed for European Rover Challenge competition.

6. VĚDECKO - VÝZKUMNÁ ČINNOST

6.1. Řešené projekty

Název projektu (česky i anglický překlad) (číslo, označení)	Poskytovatel grantu	Rok zahájení řešení	Délka řešení	Odpovědný řešitel/řešitel na pracovišti	Počet prac.	Fin. objem IP (tis. Kč)	Fin. objem NIP (tis. Kč)
<i>Výzkum a vývoj vícekomorového izolačního skla nového typu a jeho výroby.</i> Research and development of a new type of multichambered insulated glazing and its production.	MPO	11/2017	3	Ing. Dobrovolný, Energy In prof. Mostýn VŠB-TUO	3 Kat354 3 Kat361	0	celkem 21 440 VŠB- TUO 2,9M
<i>Centrum výzkumu pokročilých mechatronických systémů.</i> <i>Research Centre of Advanced Mechatronic Systems</i> Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání, Výzva č. 02_16_019 pro Excelentní výzkum v prioritní ose 1 OP	MŠMT	10/2017	5	VP2 prof. Mostýn	8	64M z 240 M	
DMS - Platforma pro výzkum orientovaný na Průmysl 4.0 a robotiku v ostravské aglomeraci (FEI, FS, FMMI)	MŠMT	2018	5	VP2 prof.Petr Novák	11	16M z 80M	
SP2019/69 – Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace	MŠMT	2019	1 rok	Ing. Václav Krys, Ph.D.	4 zam./ 23 stud.	0	0,8M
Národní centrum kompetence - Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství (NCK MESTEC)	TAČR	2019	2	Dílčí cíl 3.7 Prof. Petr Novák	12 (5)	3,7M z 10,7M	

6.2. Hlavní směry výzkumu a vývoje na pracovišti

Následující kapitoly prezentují vybrané témata z oblasti VaV, která byla pracovníky a doktorandy Katedry robotiky řešena zejména v rámci výše uvedených projektů.

6.2.1. Metodika a teorie koncepčního designu robotických manipulátorů s počítačovou podporou

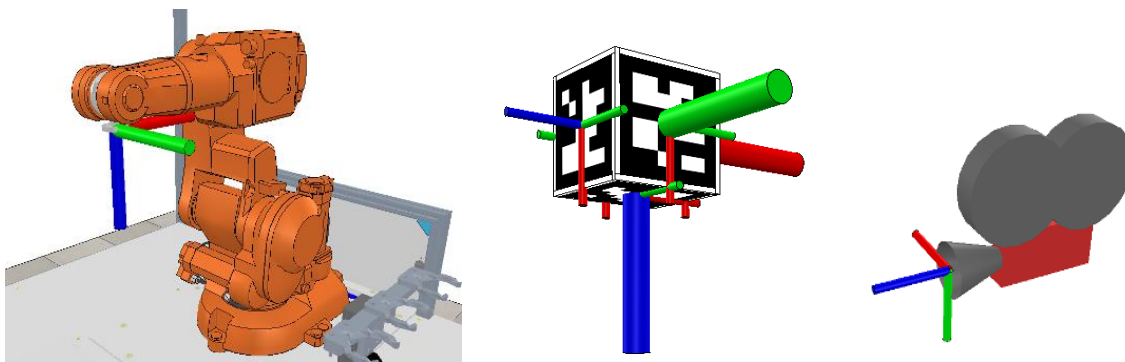
Hlavním výstupem je metodika koncepčního návrhu mechanismu a nástroje počítačové podpory návrhu optimální kinematické struktury manipulátoru/robotu a jeho uchopovacího zařízení s ohledem na jeho velikost, hmotnost, energetickou spotřebu a další preferované parametry pracovního cyklu, jako je přesnost, dexterita, takt pracoviště a další. Výstupy projektu budou aplikovatelné v oblasti automatických výrobních systémů využívajících modulární nízkonákladovou automatizaci manipulačních úloh, dále u všech provozovatelů robotizovaných pracovišť, kteří je budou moci použít pro optimalizaci stávajících programů robotů nebo dispozic robotizovaných pracovišť za účelem optimalizace pracovního cyklu robotů a úspory energií. Nástroje pro automatickou syntézu optimální kinematické struktury robotu, manipulátoru a chapadla pro daný pracovní cyklus budou uplatnitelné zejména pro systémové integrátory navrhující robotizovaná pracoviště. Řešeno ve spolupráci s pracovníky katedry Aplikované mechaniky.

6.2.2. Výzkum a vývoj vícekomorového izolačního skla a jeho výroby

Výzkum a vývoj technický prostředků pro robotizovanou výrobní linku FIS. Problematika manipulace s fólií tloušťky 50 mikrometrů, manipulace s rámečky a integrace rámečků s fólií mezi skla. Řešení mezioperačních zásobníků. Současně, ve spolupráci s pracovníky Katedry energetiky - optimalizace izolačního skla s dělenou komorou a velmi nízkou tepelnou vodivostí pro jednotlivé varianty použití v praxi s ohledem na orientaci a umístění výrobku a syntéza cílového výrobku z hlediska termomechanických jevů a tepelných přenosů pro různé počty komor, a tedy dělicích fólií v izolačním skle. Měření vlastností prototypů a jejich optimalizace. (Zahájeno v roce 2018)

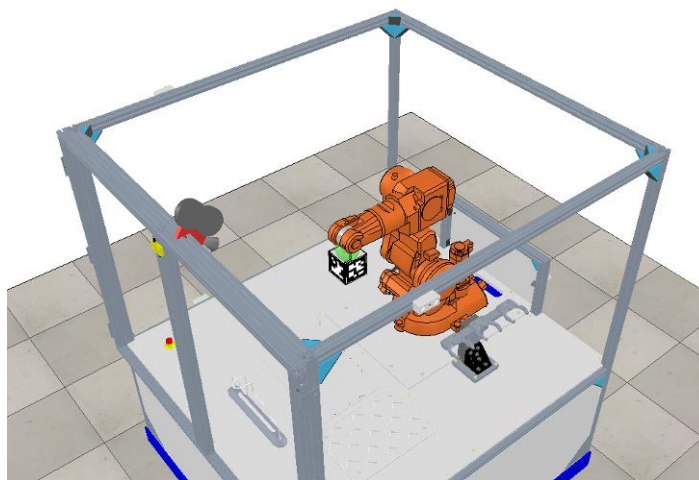
6.2.3. Detekce pozice a orientace kamer v souřadnicovém systému manipulátoru

Základní problém, při snímání pracovního prostředí manipulátoru kamerou, je určení pozice a orientace kamery vůči souřadnému systému manipulátoru. Od této pozice se pak následně odvíjí možnost získávat podrobnější informace o prostředí. Aby se zpřesnil a zrychlil proces určování pozice a orientace kamery, který se doposud dělá pouze manuálně, byl vytvořen proces, který tento problém řeší automaticky.



Obr. Robot IRB140 v prostředí V-Rep, Kalibrační efektor se SS, Simulační kamera se SS

Proces, umožňuje detekci pozice a orientaci kamery v prostoru, ve kterém se nachází manipulátor s kalibračním efektem. Po spuštění kalibračního procesu se robot začne pohybovat do předem definovaných pozic s kalibračním efektem (dále jenom efektor). Po nastavení pozice manipulátoru se pomocí kalibrované kamery vytvoří snímek, který je následně zpracován. Nastavování pozice a snímání snímků se opakuje tak dlouho, až se efektor jednoznačně detekuje ve snímku. Podle detekce efektoru se následně vytvoří základní kalibrační matice, která reprezentuje přibližnou pozici a orientaci kamery v souřadném systému manipulátoru, vůči kterému byla nastavena pozice efektoru. Pozice kamery je následně zpřesňována pomocí více snímků s různými pozicemi a orientacemi efektoru. Proces byl testován v simulačním prostředí V-Rep.



Obr. Testovací kalibrační model v prostředí V-Rep

Systém byl přepracován ze simulace na reálný stend s robotem UR3. Zde bylo následně testováno schopnost určení pozice a orientace kamery vůči souřadnému systému manipulátoru v reálných podmínkách.



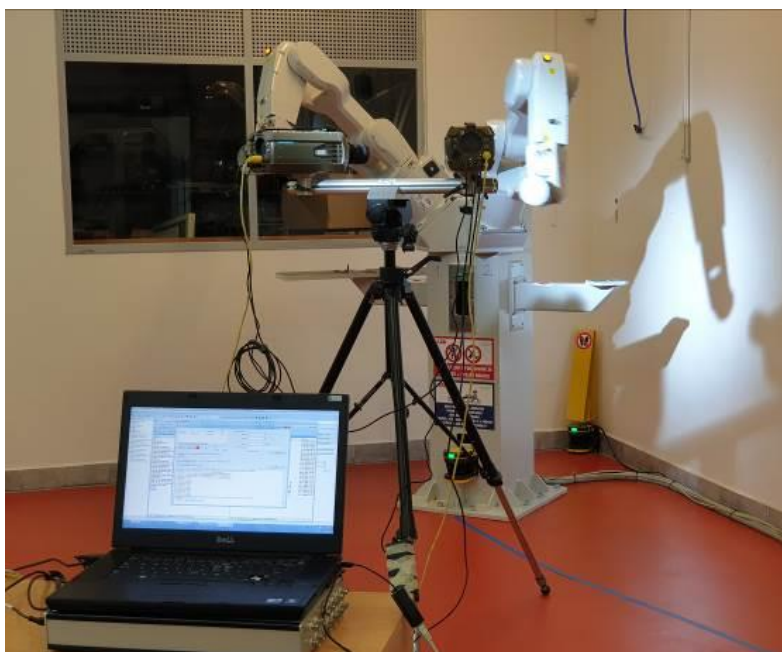
Obr. Testování určení pozice 1



Testování určení pozice 2

6.2.4. Zlepšení opakovatelné přesnosti polohování

Cílem tohoto výzkumu je zlepšení opakovatelné přesnosti v definovaném bodu pracovního prostoru průmyslového robotu (zde testováno na ABB). K zlepšení uvedeného parametru se využívají údaje získané pomocí metody Digitální Obrazové Korelace (DIC) s využitím systému od společnosti Dantec Dynamics. Tento výzkum je realizovaný v úzké spolupráci s doc. Huňadým a Ing. Hagarom, Ph.D. z Technické univerzity v Košicích, Strojníckej fakulty, Katedry aplikovanej mechaniky a strojného inžinerstva.



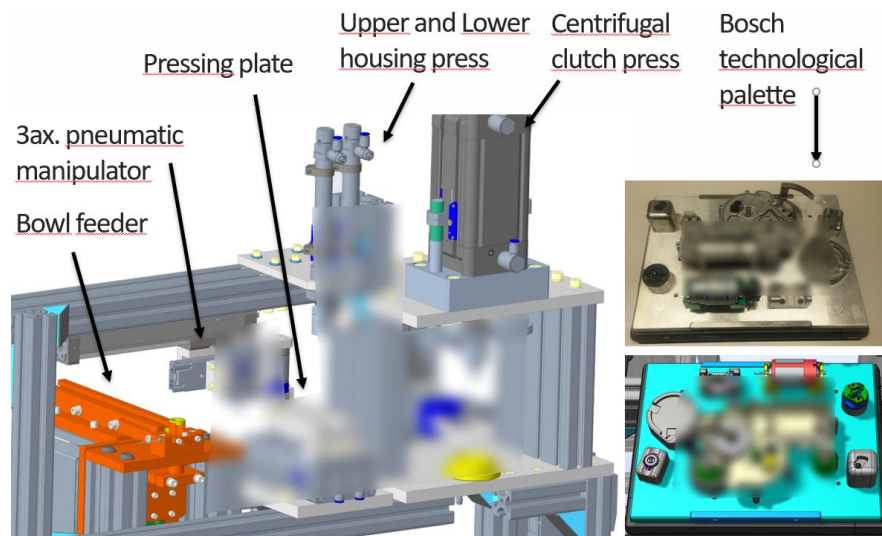
Obr. Měření přesnosti polohování robotu

6.2.5. Projekt COBOTY

V rámci projektu COBOTy jsou řešena 3 pracoviště s kolaborativními roboty pro Moravskoslezský automobilový klastr, jako subdodávka pro firmy Brano Group a.s., pro firmu Vitesco Technologies (dříve divize Continental Powertrain) a pro firmu Brose.

V části projektu, která řeší integraci kolaborativního robotu ABB 14000 YuMi v Brano Group a.s. bylo se zadavatelem specifikováno místo integrace a proces, který bude automatizován. Jedná se o náhradu manuální montážní sekce výrobní linky aktuátoru sedadel pro koncern VW. Díky integraci dvourukého „COBOTu“ podnik ušetří jednoho pracovníka.

V rámci projektu byla provedena řada simulací, které ukázaly možnou cestu k řešení zadané montážní úlohy. Na tomto základě bylo vyprojektováno, vyrobeno a seřizeno celé montážní pracoviště, vč. vibračního dopravníku a B&R PLC. Projekt je řešen ve spolupráci s Moravskoslezským Automobilovým klastrem, z.s

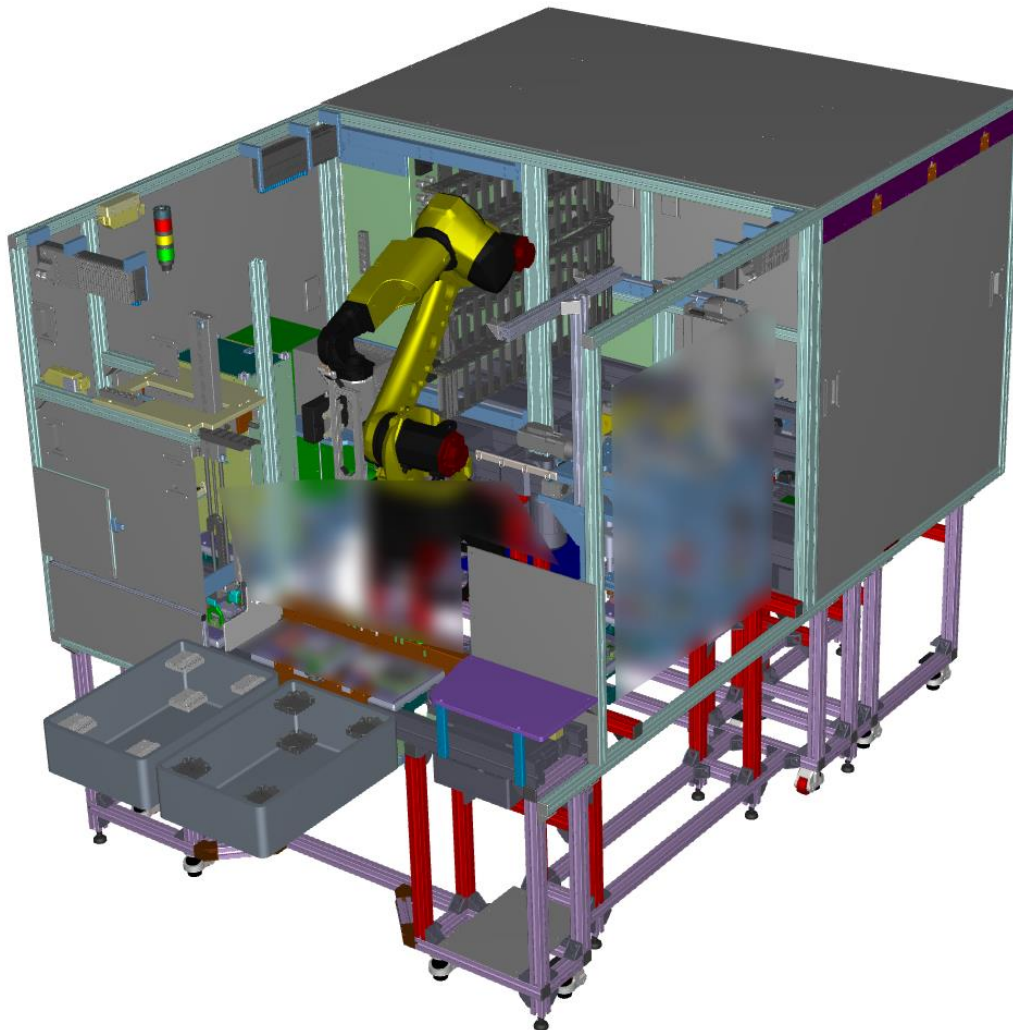


Obr. Simulace montáže motoru, dvojice pouzder a odstředivé spojky COBOTem.



Obr. Foto Montážní stanice motoru aktuátoru

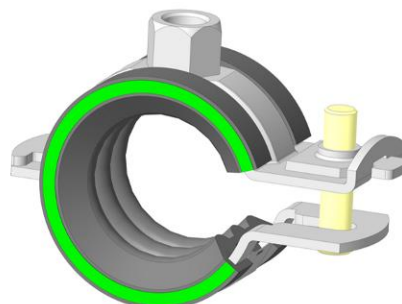
V části projektu pro firmu Vitesco Technologies je řešena problematika Bin Picking, tj výběr neorientovaných objektů ze přepravek. Jedná se o plastové krabičky, kdy je horní a dolní část platové krabičky zakládána do systémové palety na lince EOL.



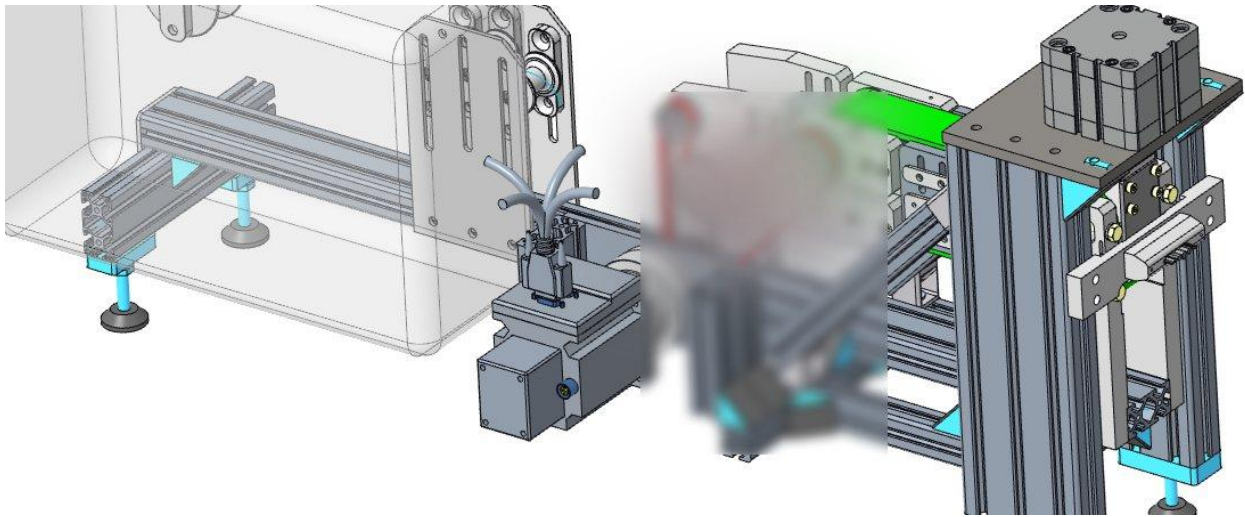
Obr. Linka EOL s integrovaným robotem Fanuc, chapadlem a 3D vizuálním systémem. (Je realizováno)

6.2.6. Automatizovaná montáž trubkových objímek

Ve spolupráci s FEI (příjemce) probíhá v rámci projektu „Výzkum možností robotizace technologie kompletace kovových výrobků s pryží“ - TAČR EPSILON TH04010428 aplikovaný výzkum systému, kterým by bylo možné plně automatizovat montáž trubkových objímek. Zadavatelem projektu je společnost Optimont 2000 s.r.o. Výzvou je především nanášení gumového DGL profilu na tělo objímky, jedná se o proces, jehož automatizace je velmi komplikovaná. Práce na projektu byly započaty v lednu 2019. Nyní je tedy ve fázi projektování zařízení pro nanášení profilu na objímku.



Obr. Trubková objímka.



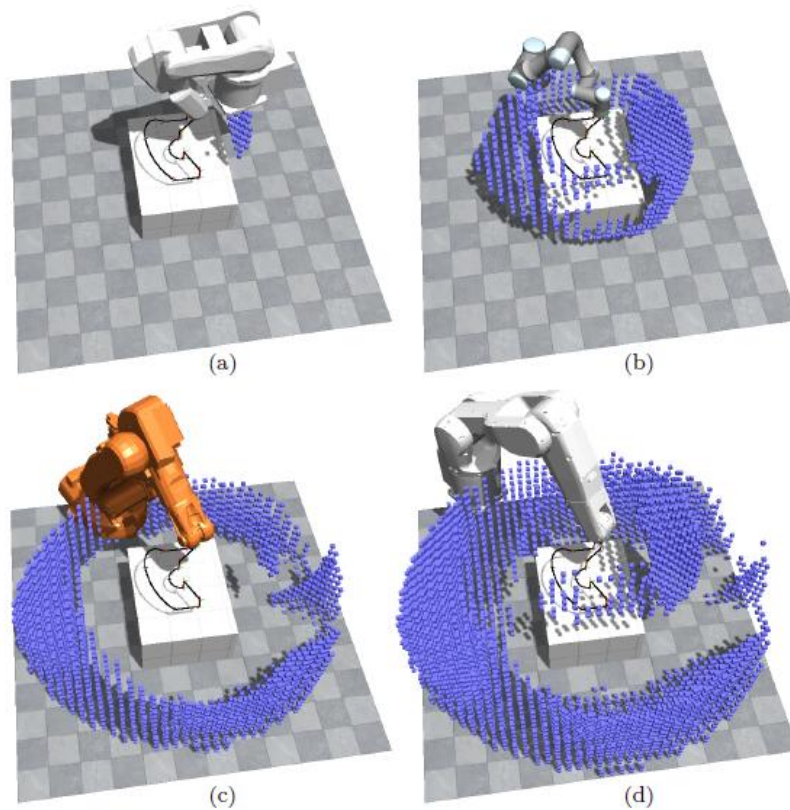
Obr. Systém pro automatické podávání a dělení pryžového profilu (bude realizováno v průběhu 2020)

6.2.7. Systém pro rychlý výběr a umístění robotu pro definovanou trajektorii

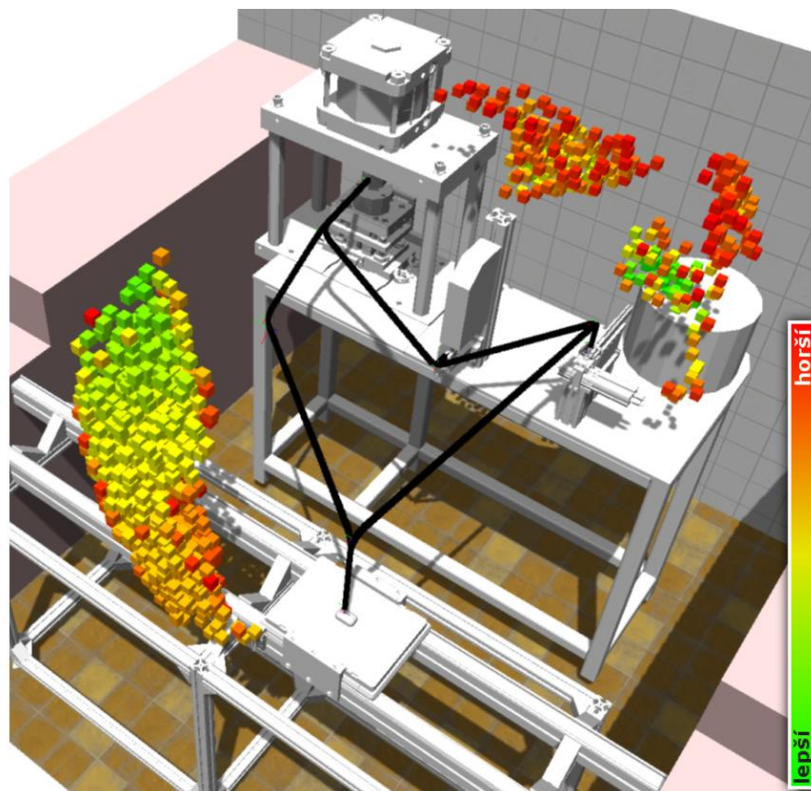
Nasazování průmyslových a kolaborativních robotů, zejména u malých firem, bývá často z důvodů snížení celkových finančních nákladů realizováno vlastními silami. Vzhledem k existenci velkého množství možných robotů je prováděn výběr většinou za použití odhadu či zkušeností a navržené řešení nebývá optimální jak z hlediska velikosti (ceny) robotu, tak jeho umístění na pracovišti (větší zastavěná plocha, horší provozní vlastnosti). Cílem výzkumu je vývoj cenově dostupného systému (softwarového nástroje) pro doporučení vhodných typů robotů s ohledem na požadovanou trajektorii, jeho optimální umístění vůči trajektorii a také překážkám.

Při požadavku na doporučení vhodného robotu jsou procházeny všechny roboty v databázi aplikace (databázi lze snadno rozšiřovat) a při respektování daných okrajových podmínek (výrobce robotu, typ robotu, nosnost atd.) je pro každý robot automaticky ověřeno, zda dokáže splnit zadanou úlohu – tedy projet definovanou trajektorii při respektování maximálních možných rychlostí kloubů a rovněž kolizí robotu s překážkami v pracovišti. Výstupem tohoto algoritmu je nejen seznam vhodných robotů, ale u každého z nich i mapa všech možných umístění jeho základny v rámci pracoviště.

Možných umístění robotu může být obecně velké množství, proto nabízí systém i pomoc s výběrem optimální varianty pomocí hodnocení poloh dle několika různých kritérií. První skupina kritérií se snaží pomocí kinematických veličin odhadnout výsledné zatížení kloubů robotu, což může přispět ke snížení spotřeby elektrické energie i k vyšší životnosti robotu. Další kritérium pak zohledňuje výskyt singulárních konfigurací robotu a poslední kritérium umožní výběr polohy robotu s ohledem na možné urychlení výrobního taktu linky pomocí zrychlení pohybu po trajektorii.



Obr. Příklad nalezených platných poloh různých robotů pro jednoduché testovací pracoviště a trajektorii, robot: (a) ABB IRB120, (b) UR3, (c) ABB IRB140, (d) ABB IRB1200



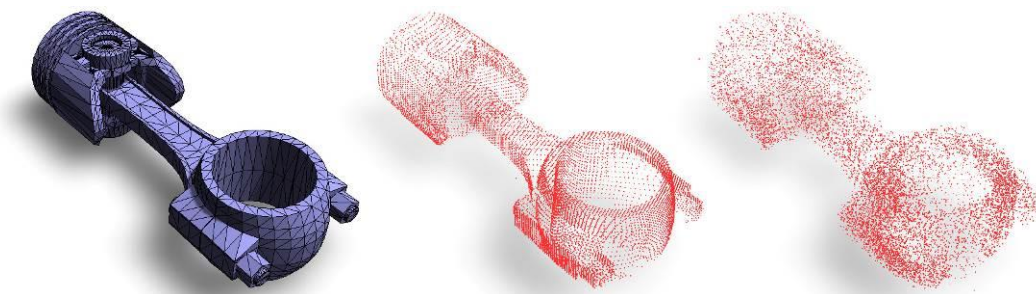
Obr. Příklad hodnocení možných umístění robotu UR10 na pracovišti na základě kritéria možného zrychlení pohybu koncového bodu robotu po trajektorii (v nejhorší pozici je robot již na svých limitech, v nejlepší pozici lze zrychlit trajektorii cca 1,6krát)

6.2.8. Systém pro identifikaci součásti (3D objektu) na základě 3D skenu

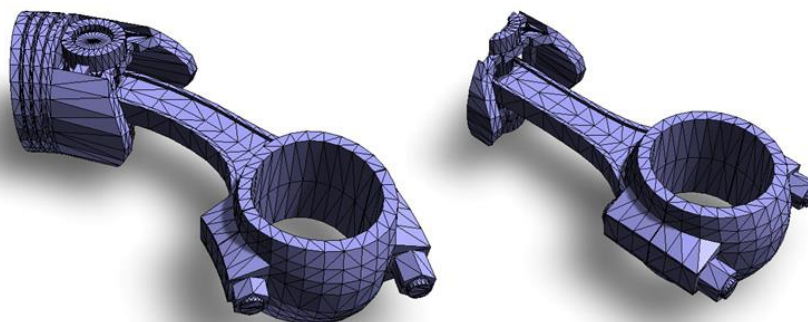
Cílem VaV je navrhnout systém, který dokáže vytvořit 3D sken (mračno bodů) určité fyzické součástky a následně hledáním nejlepší shody v databázi 3D modelů identifikovat, o kterou součástku se jedná. Pro umožnění snadnějšího návrhu a testování algoritmů pro hledání shody mezi mračnem bodů a 3D modelem ve formátu STL ve chvíli, kdy ještě není zakoupen nebo vyroben fyzický skener, byl v prvním kroku navržen systém pro tvorbu simulovaných (virtuálních) skenů z existujícího 3D modelu namísto fyzické součástky.

Systém virtuálního skenování podporuje dva základní typy snímání. První metodou je použití pevně umístěných skenerů kolem snímání součástky, přičemž počet, umístění a parametry skenerů lze v aplikaci libovolně měnit. Druhá metoda simuluje otočný skenovací stůl, na kterém se součástka otáčí v zadaných úhlových krocích a výsledné mračno bodů se postupně vytváří spojováním dílčích mračen získaných pomocí jednoho nebo více skenerů umístěných kolem stolu.

Samozřejmostí je podpora pro simulaci nepřesnosti skeneru (šum) a rovněž několik možností simulace poškozené součástky (deformace, ulomení části), což je nezbytné pro ověření robustnosti následného algoritmu hledajícího shodu s databází modelů.



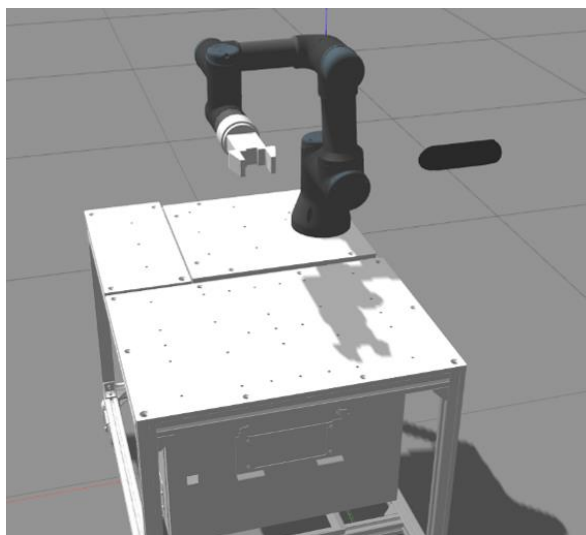
Obr. 3D model mechanické součástky (píst) a jeho virtuální sken s různou mírou simulace nepřesností měření (uprostřed 0 % šum, vpravo 5 % šum)



Obr. Demonstrace schopnosti simulovat poškozené součástky (ohnutá součástka, chybějící část)

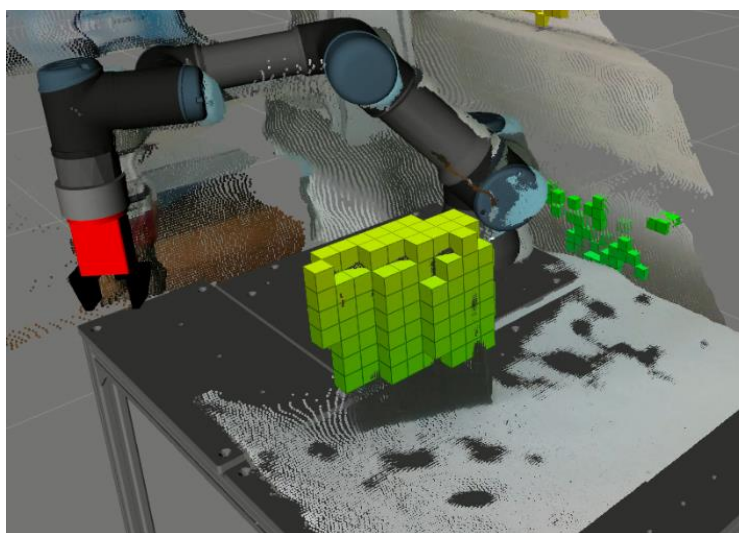
6.2.9. Automatické plánování trajektorie robotu v dynamickém prostředí s překážkami

Pro řešení problematiky automatické úpravy předem definované trajektorie robota v přítomnosti překážek byl použit ROS framework pro plánování trajektorie – MoveIt. Jako testovací prostředí bylo připraveno pracoviště s robotem UR3, monitorované jednou hloubkovou kamerou RealSense D435. Dodatečně pro off-line simulaci byl vytvořen simulační model pracoviště pro simulátor Gazebo.



Obr. Simulace testovacího pracoviště (Gazebo)

Pracovní prostředí robotu je reprezentované 3D mračnem bodů získaným z jedné hloubkové kamery. MoveIt zajišťuje kontinuální zpracování 3D mračna: dle tvaru definujících kolizní objem robotu se z mračna se odstraňují body, které přísluší tělesu robotu a jeho statické periférii; následně se z filtrovaného mračna sestavuje octomapa (voxelizovaná reprezentace prostoru a překážek v něm). Plánování trajektorie se provádí ve voxelizované reprezentaci prostředí.



Obr. Reprezentace pracovního prostředí a překážek (RViz)

V případě, že 3D data o přítomných překážkách byla získána z jedné hloubkové kamery může být informace pro mapování jejich tvaru neúplná (viz obr. – v octomapě je zmapovaná pouze jedna strana překážky v pracovním prostoru robotu), což může mít za důsledek kolizi robotu s nezmapovanou částí překážky, nebo v její těsné blízkosti.



Obr. Kolize robotu s překážkou

Vzhledem k tomu, že použitý plánovač (RRTConnect) je ze své podstaty náhodný, navržené trajektorie nejsou vždy optimální. Samotné plánování neprobíhá v reálném čase a doba mezi plánováním trajektorie a její realizací je přibližně 1 s. V případě změny prostředí (změna poloh překážek v pracovním prostoru) kontrolér robotu zastavuje pohyb a začíná plánování trajektorie znovu.

Plánování bylo testováno na jednoduché trajektorii ze dvou bodů – robot opakovaně přejížděl z prvního bodu do druhého a zpět. Trajektorie je plánována před každým pohybem.



Obr. Dva body trajektorie robotu

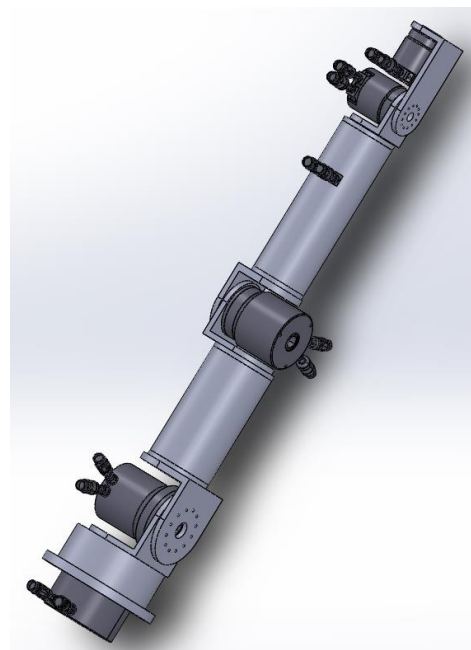
6.2.10. Automatické generování 3D modelů v prostředí software SolidWorks

Hlavními výstupy jsou algoritmy pro automatický výběr pohonných jednotek průmyslových robotů, manipulátorů a servisních robotů, na základě průběhu jejich zátěže. Tyto algoritmy byly využity při tvorbě aplikace, jejímž výstupem má být nejen výběr vhodných pohonných jednotek, ale také automatické generování 3D modelů, sloužících k tvorbě vlastních manipulačních nástaveb a průmyslových robotů. Za tímto účelem bylo vytvořeno propojení mezi nově vytvořenou aplikací a softwarem Solidworks, za pomoci příslušného API.

Aplikace pro výběr vhodných prvků průmyslových robotů a manipulátorů (obrázek vlevo) a automaticky generovaný 3D model robotického ramene (obrázek vpravo)



Obr. Aplikace pro výběr vhodných prvků průmyslových robotů a manipulátorů

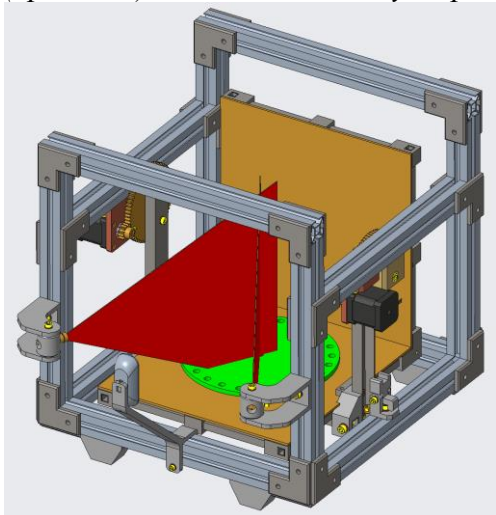


Automaticky generovaný 3D model robotického ramene se šesti stupni volnosti

6.2.11. Tvorba 3D modelů objektů za pomoci technologií fotogrammetrie a 2D laserového skeneru

V rámci projektu DMS bylo navrženo, vyrobeno a oživeno skenovací zařízení, umožňující vytváření 3D modelů již existujících objektů. Toto zařízení umožňuje využití technologií fotogrammetrie a 3D laserového skeneru. Pro zpracování bodů mračen, získaných při skenování daných objektů, jsou využívány dostupné Open Source softwarové nástroje.

3D model skenovacího zařízení (vlevo), 3D model získaný za pomoci laserového skeneru (uprostřed) a 3D model získaný za pomoci technologie fotogrammetrie (vpravo)



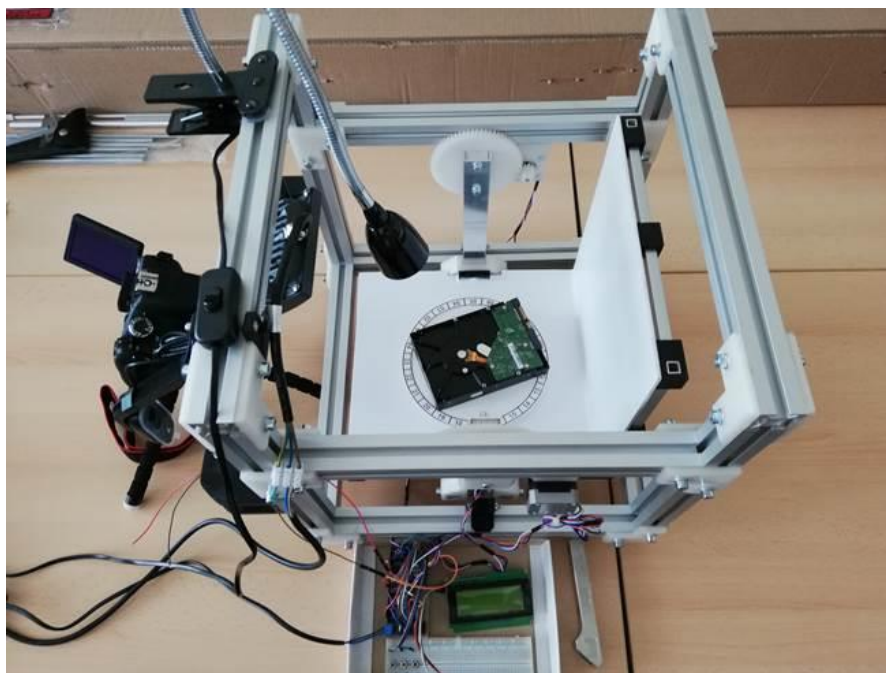
Obr. 3D model skenovacího zařízení



3D model získaný za pomoci 3D laserového skeneru



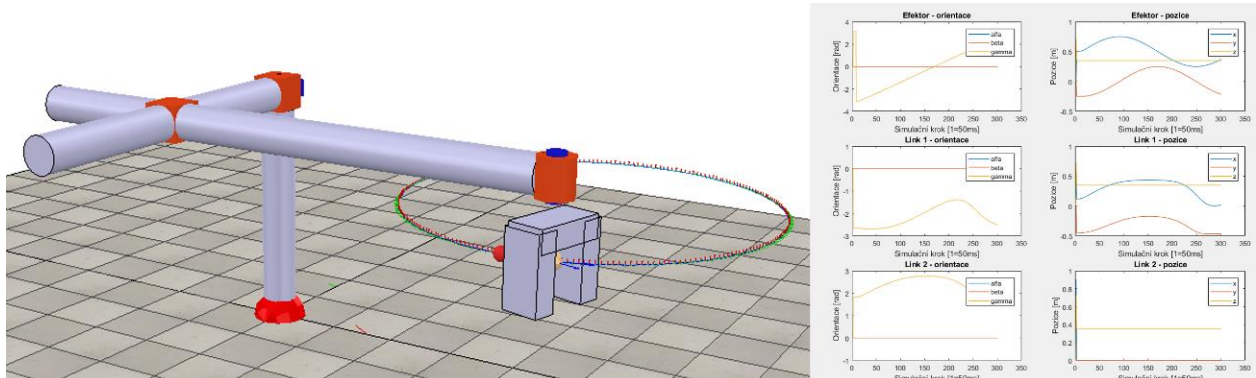
3D model získaný za pomoci technologie fotogrammetrie



Obr. Realizované 3D skenovací zařízení

6.2.12. Generování kinematické struktury pomocí postupného snižování DOF trajektorie

V rámci vývoje metod generování kinematické struktury robotických manipulátorů podle zadané pracovní úlohy byly vyvíjen algoritmus, který využívá výpočtů z analytické geometrie ke stavbě kinematiky. Výpočet postupně zařazuje pohonné jednotky na koncový bod robotu, který se pohybuje na zadané trajektorii, s tím, že každé přidání modulu vytváří vlastní trajektorii souřadnicového systému modulu, která by měla podle výpočtu minimalizovat alespoň jeden stupeň volnosti (DOF). Postupným přidáváním modulů tedy vznikají nové trajektorie, každá s nižším počtem stupňů volnosti až do chvíle, kdy nezbydou žádné stupně volnosti. Poslední modul se v tu chvíli stává základnou robotu, která je pevně připojena na okolní prostředí, například přišroubovaná k zemi.



Obr. Robotický manipulátor s třemi stupni volnosti, a jeho trajektorie (vlevo), Postupné snižování stupně volnosti (vpravo)

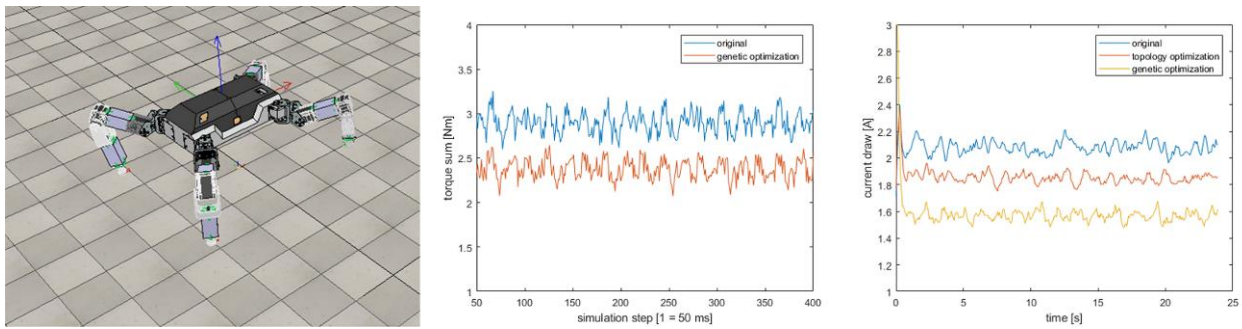
Tato metoda fungovala pro geometricky jednoduché trajektorie. Rozšíření metody pro složitější trajektorie nebylo prozkoumáno.

6.2.13. Použití genetických algoritmů v návrhu a optimalizaci kinematické struktury mobilního robotu

V rámci vývoje a studie technik strojového učení z oblasti evoluční robotiky, byly provedeny simulace a úpravy stávajícího mobilního robotického systému na katedře. Jedná se o čtyřnohý robot vybavený dvanácti servomotory zabudovanými v plastových dílech z 3D tiskárny. Pro tento mechanismus byl vytvořený simulační model v programu V-rep, který je možno vzdáleně řídit a nastavovat mu rozměrové parametry. Parametry tohoto modelu, zejména délky jednotlivých článků noh, byly optimalizovány pomocí genetického algoritmu v programu MatLab. Optimalizace měla za úkol minimalizovat celkové zatížení motorů mechanismu při chůzi a zároveň maximalizovat rychlost pohybu robotu. Výsledná kinematika simulovaného mechanismu při stejné rychlosti pohybu snižuje zátěž na motory o 17%. Podle optimalizace v simulaci se poté upravila i samotná konstrukce reálného robotu. Při testech s původní konfigurací robotu a s novou kinematickou konfigurací robotu se ukázalo, že optimalizovaná konstrukce má při chůzi ve stejných podmínkách o 24% nižší spotřebu proudu.



Obr. Reálný testovací model kráčejiho robotu

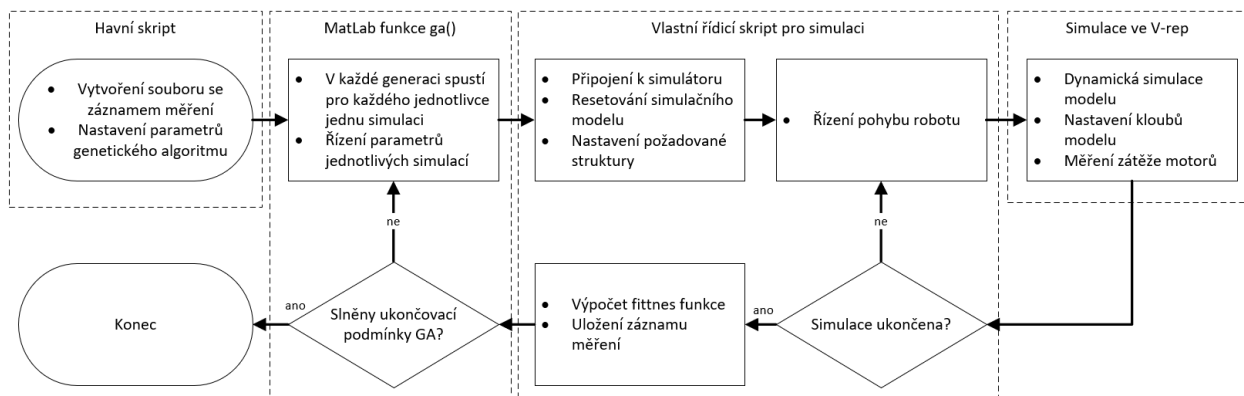


Obr. Simulační model robotu v optimalizované konfiguraci (vlevo), výsledky optimalizace v simulaci (uprostřed), výsledky z měření na reálném robotu (vpravo)

Parametry optimalizace byly definované jako délky druhého a třetího článku nohy a rychlost pohybu robotu v ose X. Obě přední a obě zadní nohy měly stejné délky, takže je výsledná kinematická struktura symetrická podle podélné roviny. Pro spouštění genetického algoritmu nebylo použito grafického rozhraní Optimalizačního toolboxu, ale v hlavním skriptu se spouštěla přímo funkce `ga()`, která potom ovládala vlastní funkci, řídicí simulace.

Typ parametru	Název	Meze	Jednotka
Vstupní	Délka 2. článku přední nohy	<0, 0.5>	m
	Délka 3. článku přední nohy	<0, 0.5>	m
	Délka 2. článku zadní nohy	<0, 0.5>	m
	Délka 3. článku zadní nohy	<0, 0.5>	m
	Rychlost pohybu	<0, 1>	m/s
Výstupní	Průměrná zátěž motorů	-	Nm
	Dosažená vzdálenost	-	m

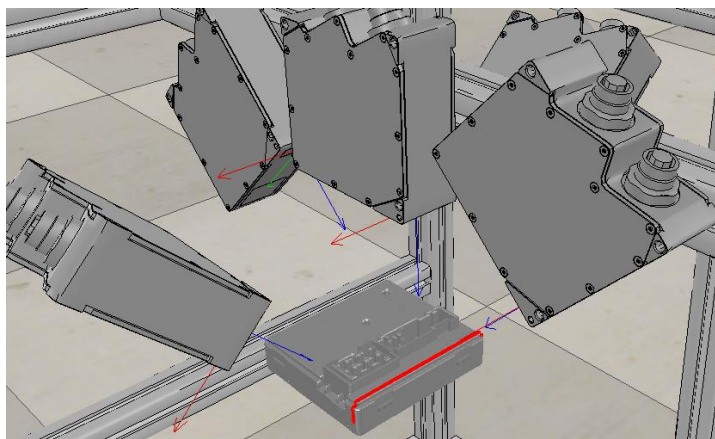
Tab. Parametry optimalizace.



Obr. Vývojový diagram metody optimalizace simulačního modelu.

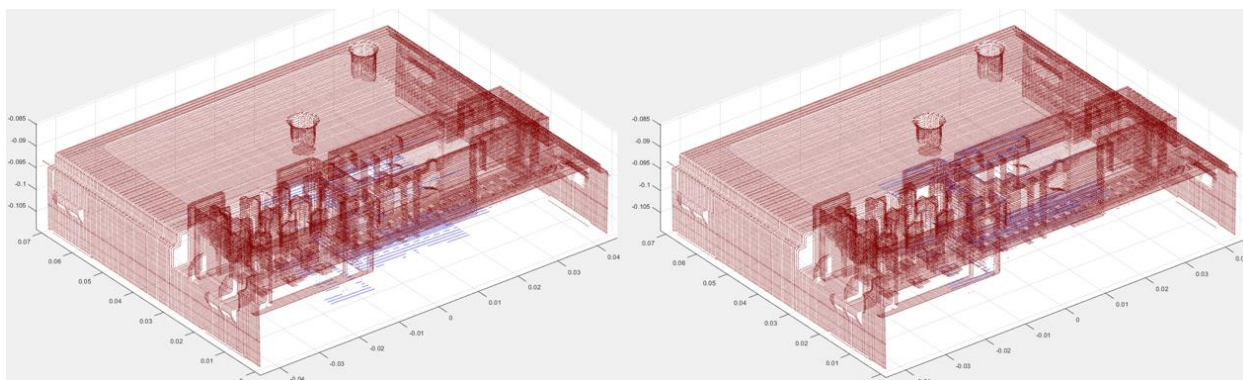
6.2.14. Určení polohy a natočení objektu manipulace v chapadle pomocí 2D liniových senzorů

Výstupem je nalezení natočení objektu manipulace (OM) v efektoru. U aplikací, kde OM při uchopování není orientovaný, je nutné zjistit přesnou polohu a natočení OM v chapadle pro vkládání OM do další technologie. Robot s OM zajede do skenovací buňky osazené 2D liniovými senzory, kde se vytvoří mračno bodů.



Obr. Buňka osazená senzory

Pomocí ICP algoritmu se porovná pracovní sken s kalibračním skenem a vypočítá se natočení OM v chapadle. Korekční data se pošlou robotu pro správné založení OM do další technologie.



Obr. Naskenovaná mračka (vlevo), mračka po transformaci ICP algoritmem (vpravo)

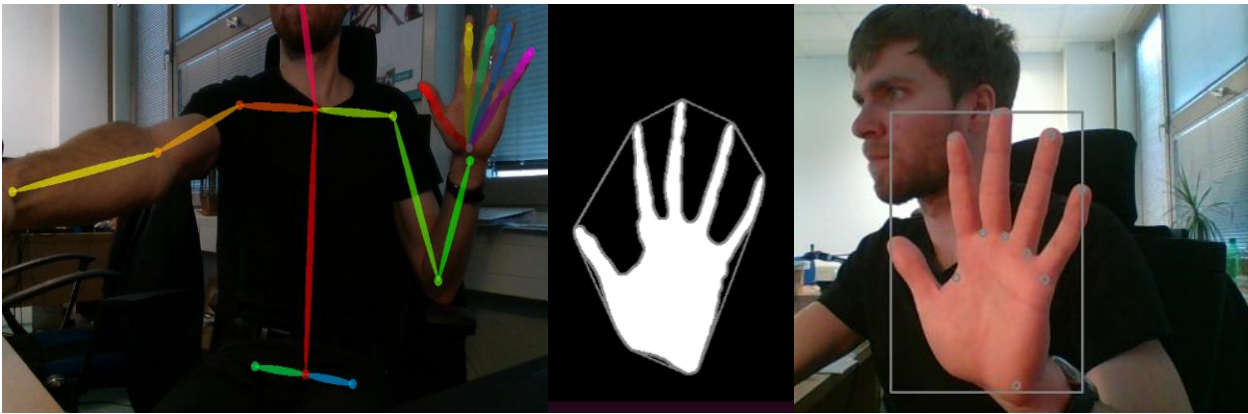
6.2.15. Výzkum technických prostředků pro asistovanou montáž s kolaborativním robotem

Pro intuitivní komunikaci mezi robotem (kolaborativním) a obsluhou zařízení je vyvíjen systém pro rozeznání objektů zájmu v rámci pracovního prostředí robotu a systém detekce gest prováděných obsluhou pro interakci s robotem. Identifikace a lokalizace bodů zájmu je prováděna neuronovou sítí.



Obr. Lokalizace a popis vybraných bodů zájmu (šrouby)

Pro detekci a lokalizaci ruky v 3D prostoru bylo ověřeno několik systémů na principu analytického zpracování obrazu, neuronových sítí nebo patentovaných řešení specializovaných řešení. Každý přístup má své výhody a nevýhody, takže je pro detekci použita fúze více principů. Důležitá je kalibrace mezi jednotlivými systémy a rychlost celého systému.

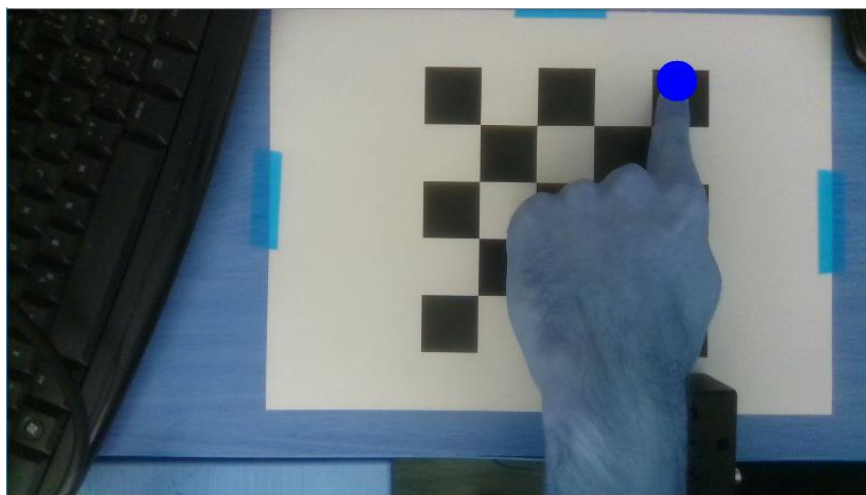


Obr. Testování lokalizace pomocí knihovny OpenPose (vlevo) a návrh vlastního lokalizátoru ruky

Lokalizace ruky byla testována za pomoci algoritmů na bázi neuronových sítí za pomoci knihovny OpenPose, dále vývojem vlastní aplikace na základě funkcí knihovny OpenCV a detekce rukou knihovnou pro zpracování dat senzoru LeapMotion.

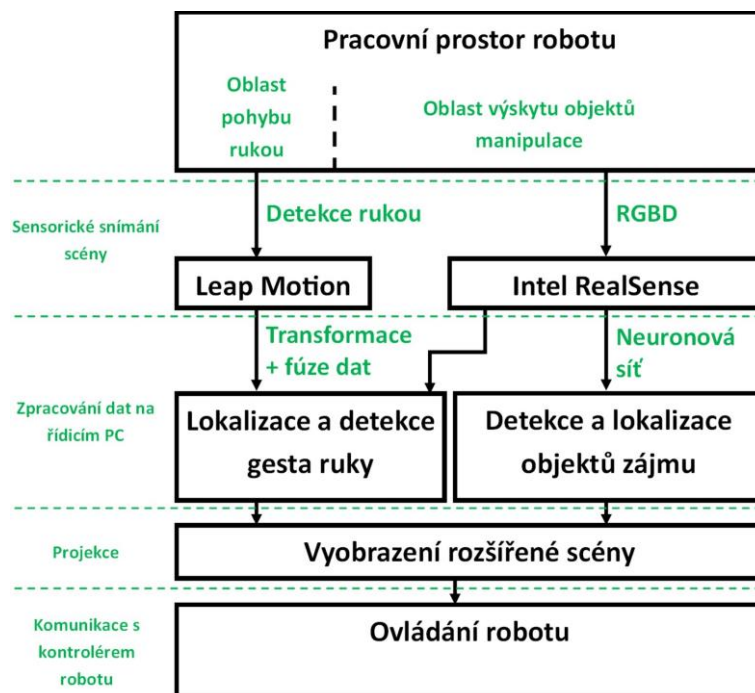


Obr. Detekce rukou senzorem LeapMotion



Obr. Kalibrace 3D senzoru s 2D kamerou (rozšířená realita)

Výsledný systém umožní interaktivní spolupráci robotu a obsluhy, která jednoduchými gesty navede robot na pozici odebíraného dílu/technologické operace.



Obr. Schéma aplikace

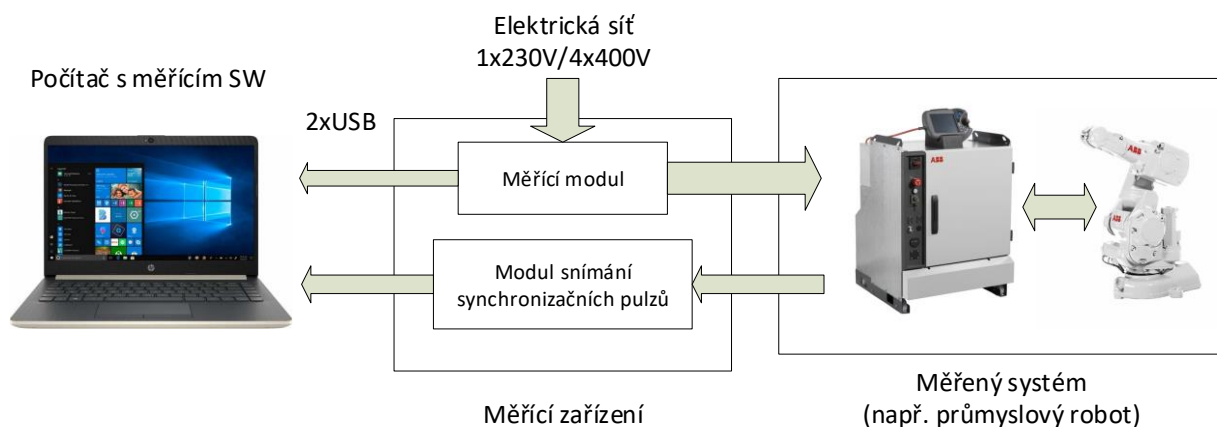
Výsledkem výzkumu bude návrh vhodného rozmístění senzorů pro detekci scény a rukou, dále robustní lokalizační systém na bázi fúze dat z několika senzorů a následná projekce získaných dat a vytvoření ovládacích příkazů pro robot.

6.2.16. Optimalizace spotřeby robotu

Ve spolupráci s FEI je prováděn společný výzkum (zahájený v roce 2018) v oblasti optimalizace spotřeby robotu pomocí úpravy jeho trajektorie (s ohledem na požadavky technologie). V průběhu roku 2019 bylo testováno několik optimalizačních algoritmů pro danou úlohu. Testování probíhalo na reálném robotu UR3 a i na jeho simulačním modelu. Výsledkem je optimalizační algoritmus využívající hejno částic (PSO). Řešitelé: doc. Bobovský, Ph.D., Ing. Tomáš Kot, Ph.D., Ing. Šafařík, Ph.D., Mgr. et Mgr. Papřok, Ing. Vysocký, prof. RNDr. Snášel, CSc., prof. Dr. Ing. Novák,

6.2.17. Systém pro real-time měření spotřeby průmyslových robotů

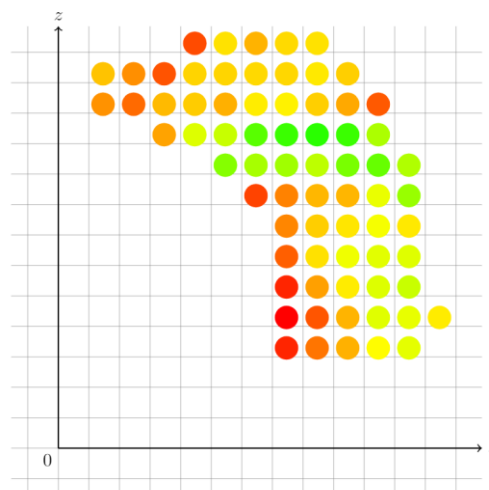
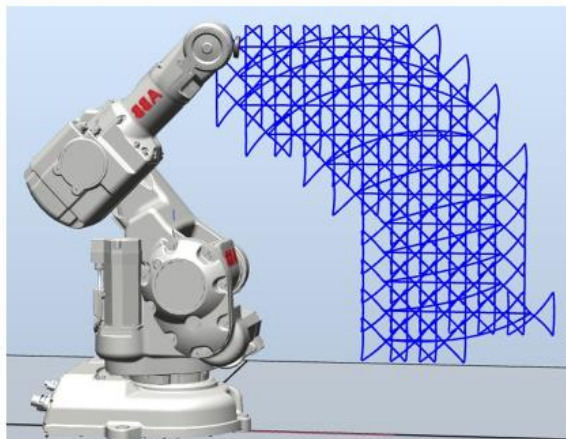
V rámci projektu Mechatronika byl vytvořen systém umožňující měření průběhu spotřeby elektronických zařízení (např. průmyslových robotů či strojů) v průběhu jeho pracovního cyklu. Získaná data je možno použít např. pro ověření simulací souvisejících s optimalizací spotřeby průmyslového robotu.



Obr. Schéma měřícího zařízení (konkrétně s robotem ABB IRB140)

System je vybaven měřením spotřeby, které je možno provozovat jak v jednofázovém, tak i v třífázovém režimu. Zároveň systém obsahuje modul pro snímání synchronizačních pulzů, generovaných měřeným zařízením (např. DIO z řídicí jednotky robotu), prostřednictvím kterých je možno synchronizovat měřené hodnoty s konkrétními úseky vykonávané trajektorie.

V případě vhodně zvolené trajektorie je možno za použití tohoto měřicího systému vytvořit tzv. Energetickou mapu konkrétního robotu, která může posloužit jako podklad pro umístění robotu v pracovním prostoru s ohledem na výhodnější energetickou spotřebu (a s tím související nižší namáhání v kloubech robotu)



Obr. Ukázka energetické mapy pro robot ABB IRB140

Na předchozím obrázku je zobrazena trajektorie (vlevo) použitá pro tvorbu energetické mapy (vpravo) robotu ABB IRB140. Červeně označené oblasti představují vyšší energetickou zátěž pro vykonání dané trajektorie. V zelených oblastech je totožná trajektorie vykonána z nižší spotřebou.

6.3. Nově podané projekty

Název projektu (česky i anglický překlad) (číslo, označení)	Poskytovatel grantu	Rok zahájení řešení	Délka řešení roky	Odpovědný řešitel	Stav návrhu (přijetí)	Fin. objem IP (tis. Kč)	Fin. objem NIP (tis. Kč)
SP2020/141 - Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace II	MŠMT	2020	1	Ing. Václav Krys, Ph.D.	probíhá řízení		1M
Bezpečnost kolaborativních robotů	TACR	2020	3	FBI	probíhá řízení		7 300
Nízkonákladové technologie	MŠMT	2020	2	Prof. Mostýn	Příprava přihlášky		2,5M

6.4. Zahraniční pobyty pedagogů i studentů

- Slovensko – TU v Košiciach, pracoviště, katedry:

Robotika

Mechatronika

Výrobní stroje

Aplikovaná mechanika

Počítačová podpora výroby

Byla zahájena spolupráce a dohodnut postup na přípravě společných publikací, výzkumných stáží doktorandů a výzkumných pracovníků a oblastech další možné výzkumné spolupráce. Domluvena a zahájena příprava společného projektu v rámci Víšeegrádských fondů a Erasmus+ (ve spolupráci s partnery z Polska a Ukrajiny).

- Polsko – SUT Gliwice

6.5. Nové laboratoře, laboratorní přístroje

Laboratoře prošly v roce 2019 podstatnou modernizací. Celá pracovní plocha byla vyklizena, opravena podlaha a byla nainstalována nová robotizovaná pracoviště.

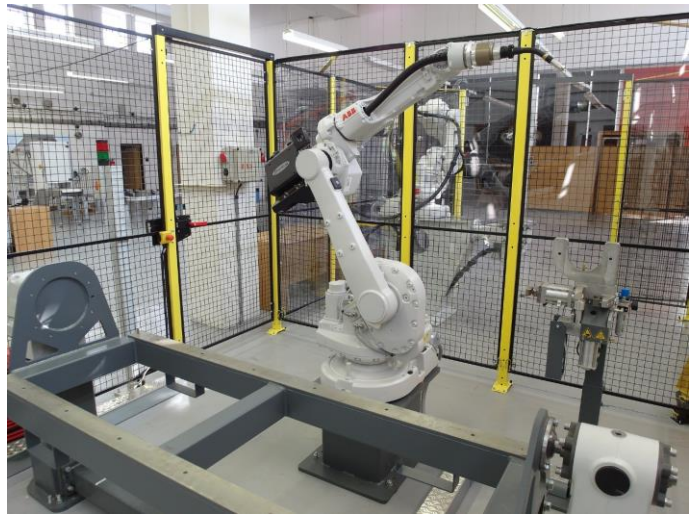


Obr. Pohled do laboratoře Centra robotiky

Pracoviště s robotem ABB IRB1600 je vybaveno silově momentovým senzorem na přírubě robotu a dále otočným polohovadlem s rotací kolem svislé osy. Pracoviště je koncipováno pro lehčí obráběcí operace robotem jako odjehlování, broušení, leštění, nebo frézování do měkkých materiálů.

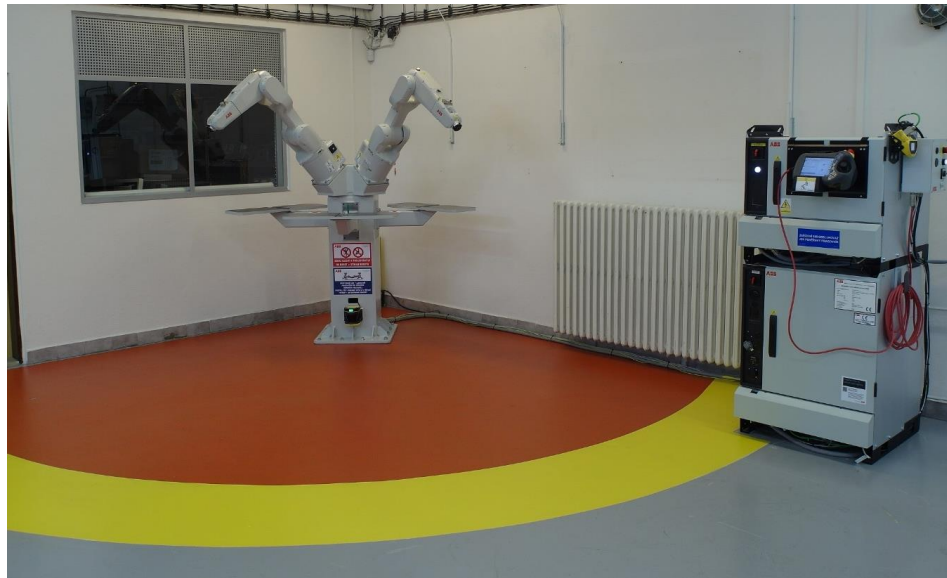


Obr. Obráběcí robotizované pracoviště s robotem IRB 1600



Obr. „Svařovací“ robotizované pracoviště s robotem IRB 1660ID a polohovadlem

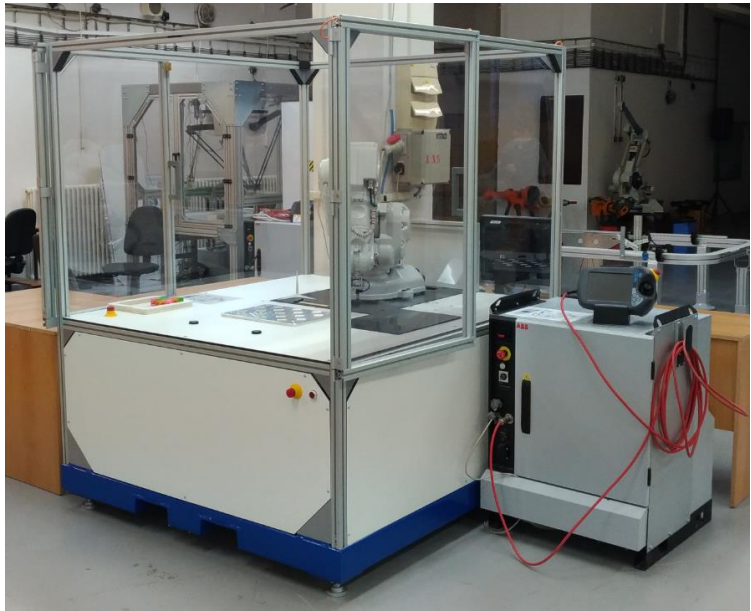
Pracoviště s robotem ABB IRB1660ID (viz Obr.) je simulací pracoviště obloukového svařování. Je vybaveno otočným polohovadlem pro upnutí svařence. Vzhledem k tomu, že nesmíme na centru robotiky svařovat, je pracoviště doplněno pouze atrapou svářečky a vlastní svařovací proces se bude pouze simulovat na úrovni signálů na kontroléru robotu. Důležité je, že máme k dispozici robot s doplňkem pro svařování, který umožňuje plynulejší pohyb koncového bodu manipulátoru po definované trajektorii, což je důležité pro technologie jako obloukové svařování, lakování, nanášení lepidel, aktivace povrchů apod.



Obr. Robotizované pracoviště s dvojicí robotů IRB 1200 bez oplocení

Pracoviště s dvojicí robotů ABB IRB1200 - viz obrázek výše - je ukázkou možného použití průmyslových robotů v kolaborativním režimu, tedy bez oplocení při garanci oddělení pracovního prostoru robotu a operátora. V případě přiblížení člověka k robotům, dojde k jejich zpomalení a pokud se dále přibližuje, tak se roboty bezpečně zastaví. Kolaborace je zde chápána i jako spolupráce mezi roboty, proto jsou vybaveny doplňkem *multi move* a je tak možné jejich pohyby vzájemně zcela koordinovat. Na tomto pracovišti budou realizovány ostatní manipulační úlohy, jako na standardních robotech. Modulární řešení upínacích desek podstavce umožní ověřování jejich optimálního umístění vůči robotu s ohledem na vykonávanou úlohu.

Na základě velmi dobré zkušenosti z výuky na realizované výukové buňce byly realizovány s drobnými modifikacemi další dvě. Tyto buňky umožní v rámci laboratoří učit početnější skupiny studentů mnohem efektivněji. Naše starší roboty IRB 140 byly v letošním roce servisovány v ABB repass centru (Ostrava – Hrabová) a dostaly nástřik do aktuální korporátní barvy.



Výuková buňka s robotem IRB 140 2. generace

Dále byla pořízena nová 3D tiskárna **Stratasys Fortus 450mc**. Jedná se o výrobní systém využívající aditivní technologie FDM. Tiskárna byla dodána včetně systému pro odstraňování vyplavitelných podpurných materiálů a v konfiguraci, kdy umožňuje vyrábět prototypové díly ze všech aktuálně dostupných stavebních materiálů pro FDM 3D tiskárny:

- ASA deseti barev s velkou mechanickou pevností, UV stabilitou a vysokou estetikou,
- ABS – M30 v šesti barvách, vyznačující se vysokou pevností v tahu, v ohybu a v rázu,
- ABS – M30i pro biokompatibilní díly,
- ABS – ESD7 s elektrostatickou odolností,
- PC – ABS
- PC pro vynikající mechanické vlastnosti a teplotní odolnost,
- PC – ISO pro biokompatibilní díly, které musejí být zároveň pevné a tepelně odolné,
- ULTEM 1010 s největší teplotní odolností,
- ULTEM 9085,
- Nylon 12 pro maximální pevnost,
- Nylon 12CF s nejvyšším poměrem tuhost/hmotnost,
- ANTERO – 800NA je aktuálně nejpevnější materiál,
- ST130.



3D tiskárna Fortus 450mc

6.6. Počítačové učebny, výpočetní technika

V Centru robotiky – „Stará menza“ počítačová učebna s 20 PC pro výuku CAD systémů. Kapacita 20-40 studentů.
Další dvě počítačové učebny s cca 10 + 9 PC na učebnách D122 a D123.

7. SPOLUPRÁCE VE VĚDĚ A VÝZKUMU

7.1. Spolupráce se subjekty v ČR

V rámci výzkumu a vývoje v oblasti servisní robotiky Katedra robotiky spolupracuje s předními pracovišti robotického výzkumu v ČR:

- ČVUT, CIIRC – Český ústav informatiky robotiky a kybernetiky,
- VUT v Brně, Středoevropský technologický institut – CEITEC,
- Technická univerzita v Košiciach
- Univerzita obrany Brno, Katedra taktiky,
- Vojenský opravárenský podnik Nový Jičín,
- Energy In, s.r.o.
- První Signální, a.s.
- C-modul, s.r.o.
- Vitesco Technologies (Continental),
- Brose,
- Hella
- Škoda Auto,
- Brano,
- Varroc,
- Moravský výzkum,
- a další...

Dále katedra spolupracuje s řadou výrobních podniků, které mají v náplni také výzkum.

7.2. Spolupráce se subjekty v zahraničí

- UC3M, (Madrid, Univerzita), Španělsko – Robotika
- SkyTech Research, Polsko - Robotika
- Shenyang Aerospace University, Čína – robotika, společná laboratoř
- Silesian University of Technology Gliwice, Institute of Fundamentals of Machinery Design – Robotika, Mechatronika, stáže
- IT University of Copenhagen, Robotics, Evolution, and Art Lab, Dánsko – robotika, stáže
- Universitat Innsbruck, Joanneum research – Robotics – stáže,
- TU v Košiciach – Robotika, Mechatronika, optimalizační metody. Stáže, projekty, publikace

8. ODBORNÉ AKCE

8.1. Národní konference a semináře

- Brno
 - Konference: Trendy v robotizaci a automatizaci – Roboty 2019
 - 30. 1. – 1. 2. 2019

8.2. Mezinárodní konference a semináře

- Německo, Stuttgart
 - ROS Industrial Conference 2019
 - 10. – 13. 12. 2019 Témata: nové moduly pro ROS/ROS2; pokroky v grantově financovaných ROS projektech; příklady z praxe – použití ROS pro průmyslových aplikacích; simulační SW pro ROS.
- Konference Robotics Summit & Expo 2019, Boston, USA



Obr. Snímky z prezentací na konferenci Robotics Expo 2019, Boston

- Konference MESAS 2019, (Modelling & Simulation for Autonomous Systems Conference) Palermo, Itálie - NATO Modelling & Simulation Centre of Excellence Robert Pastor, Daniel Huczala, Aleš Vysocký, Petr Oščádal, Jakub Mlotek, „Modular rover design for exploration and analytical tasks“.
- Lucemburk, Lucembursko
 - A Czech-Luxembourgish Robotics Day
 - Prezentace: *Robotics and Mechatronics. Research Cooperation in between research groups and industry: Key Infrastructure and Equipment needed*
 - 13. – 15. 5. 2019



Obr. Společná fotka účastníků robotického dne v atriu české ambasády v Lucemburku

8.3. Jiné akce



Obr. NATOdays 2019 – katedra prezentovala mobilní roboty ve stánku Fakulty strojní, VŠB-TU - Ostrava



Obr. Dny otevřených dveří FS VŠB-TU Ostrava - stánek Katedry robotiky, Nová Aula



Obr. Mezinárodní strojírenský veletrh Brno – stánek VŠB-TU Ostrava (zajišťovala Fakulta strojní)

Účast na soutěži **European Rover Challenge (ERC) 2019** – čtrnáctičlenný tým **RoverOva** studentů doktorského, magisterského i bakalářského studia se již podruhé zúčastnil mezinárodní robotické soutěže v Polsku. Svě loňské páté místo (z celkem 65 týmů) se jim letos povedlo pozvednout na stupně vítězů a ze soutěže si odvezli bronzové medaile. Studenty vyvíjené vozítko nese název **K3P4**, což mnohým musí připomenout nejen droida ze známé filmové série, ale také i číselné označení naší katedry.

Soutěží se ve čtyřech praktických úlohách, prezentačních dovednostech, a také ve zpracování dokumentace k robotu. ERC se koná od roku 2014 v Polsku a je podporováno Evropskou vesmírnou agenturou (ESA). Praktické demonstrační úlohy se odehrávají v prostředí, které připomíná podmínky na povrchu Měsíce nebo Marsu. Operátoři vozítek nemohou mít vizuální kontakt s roverem a veškerou komunikaci musí zajišťovat řídicí systém. K3P4 je tak řízen teleoperátorsky na základě informací vizuálního subsystému a senzorů, přičemž vykonává úlohy jako jízda ve členitém terénu, odběr vzorků půdy či manipulace s objekty a zařízeními. Mimo teleoperátorského řízení musí být robot také schopen autonomního řízení. Stránky soutěže:

<http://roverchallenge.eu/>

Stránky projektu: <http://rover.vsb.cz>



Obr. Fotografie ze soutěže ERC 2019 – robot K3P4



Obr. Robot K3P4 (model 2019) a soutěžní tým Katedry robotiky na soutěži ERC 2019



Obr. Školení ovládání Defibrilátoru (pro studenty a zaměstnance katedry) – roce 2018 pořizeny 2 ks



Obr. Den oboru – určeno pro prezentaci oboru pro nové studenty 3. r. Bc. a seznámení studentů navzájem mezi ročníky



Obr. Zástupci naší katedry se s robotem K3P4 zúčastnili Kosmického průmyslového dne.

Na katedře robotiky proběhlo několik exkurzí pro žáky základních škol z Ostravy, průmyslových škol z Přerova a Hradce Králové...



Obr. Exkurze žáků z různých základních škol

9. SPOLUPRÁCE S PRŮMYSEM

Druh spolupráce	Název firmy	Oblast spolupráce	Počet zúčast. studentů/prac.
exkurze středoškoláků na katedře	Gymnázia, střední školy.	Prezentace FS, katedry	80/6
Odborná praxe jeden týden	ABB	Odborné týdenní stáže v Repair & Reconditioning Center	4
odborné přednášky z praxe	ZZS Ostrava Mgr. Ivana Veselá	Školení první pomoci	40/6
	WHS Handlig Ing. Vehovská	Odborná přednáška	19/1
	ABB Ing. Grečner	Odborná přednáška	17/2
	Valk Welding Ing. Mareš	Odborná přednáška	16/2
	SCHUNK Ing. Kabourek	Odborná přednáška	6/2
příprava témat pro diplomové popř. seminární práce, ročníkové projekty	Adler Czech a,s.	Zadání DP	
	Lázně Darkov	Zadání DP	1
spolupráce při tvorbě osnov předmětů (definice požadavků k přípravě na nové profese)	SPŠ strojnická Olomouc	Zřízení oboru Mechatronika	
Exkurze studentů			

10. PUBLIKAČNÍ ČINNOST

Aktuální přehled publikační činnosti je uveden na:

<http://robot2.vsb.cz/publikace/>

<http://robot2.vsb.cz/publications/>