

2020

Výroční zpráva Katedry robotiky



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

Výroční zpráva za rok 2020

KATEDRA ROBOTIKY



Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava

Vedoucí katedry: prof. Dr. Ing. Petr Novák
tel.: 59 732 3595
e-mail: petr.novak@vsb.cz

Sekretariát: Ing. Petra Pišťáčková
tel.: 59 732 1280
e-mail: petra.pistackova@vsb.cz

Adresa: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky
ul. 17. listopadu 2172/15
708 00 Ostrava – Poruba

Web katedry: <http://robot.vsb.cz>

Sociální síť: <https://www.facebook.com/robot.vsb.cz>
<https://vk.com/departmentofrobotics>

1. OBSAH

1. OBSAH	3
2. PROFIL PRACOVIŠTĚ	5
3. PERSONÁLNÍ SLOŽENÍ PRACOVIŠTĚ	6
3.1. Odborný profil profesorů, docentů a odborných asistentů	7
3.2. Získání titulů pracovníky katedry v daném roce	7
4. PEDAGOGICKÁ ČINNOST	8
4.1. Pracovištěm garantované studium	8
4.1.1. Bakalářské studium	8
4.1.2. Magisterské studium	9
4.1.3. Doktorské studium	10
4.2. Změny v studiu garantovaných pracovištích	11
4.3. Obhájené závěrečné práce	12
4.3.1. Bakalářské práce	12
4.3.2. Diplomové práce	13
4.4. Seznam doktorandů	14
4.5. Obhájené disertační práce	15
4.6. Studentské projekty	16
4.6.1. SGS 2020	16
4.6.2. European Rover Challenge	19
5. SPOLUPRÁCE V OBLASTI PEDAGOGICKÉ	21
5.1. Významná spolupráce pracoviště se subjekty v ČR	21
5.2. Významná spolupráce pracoviště se zahraničními partnery	21
5.3. Zahraniční pobyty pedagogů i studentů pracoviště	22
5.4. Přijetí zahraničních hostů nebo studentů	22
6. VĚDECKO - VÝZKUMNÁ ČINNOST	24
6.1. Řešené projekty	24
6.2. Hlavní směry výzkumu a vývoje na pracovišti	24
6.2.1. Zvyšování přesnosti manipulátoru	24
6.2.2. Metodika a teorie koncepčního designu robotických manipulátorů s počítačovou podporou 25	
6.2.3. Výzkum a vývoj vícekomorového izolačního skla nového typu a jeho výroby ...	26
6.2.4. Automatizovaná montáž trubkových objímek	27
6.2.5. Elektronický katalog průmyslových a kolaborativních robotů	27

6.2.6.	Systém pro optimalizaci umístění robotu na pracovišti	28
6.2.7.	Systém pro vyhýbání se kolizím robotu ve stísněném prostoru.....	29
6.2.8.	Projekt COBOTY.....	30
6.2.9.	Měření přesnosti LeapMotion sensoru.....	31
6.2.10.	Plánování trajektorie netechnologických přejezdů robotu.....	32
6.2.11.	Zjištění závislosti výsledné pevnosti na žíhací teplotě a době žíhání u PLA vzorků tištěných metodou Fused Filament Fabrication	32
6.2.12.	Optimalizace parametrů pro automatické plánování trajektorie 6-oseho robotu..	34
6.2.13.	Analýza současného stavu problematiky ovládaní protéz horních končetin a zajištění propriocepce	35
6.2.14.	Automatizace návrhu konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů	36
6.2.15.	Syntéza kinematické struktury robotického manipulátoru v obecném tvaru.....	39
6.3.	Nově podané projekty.....	40
6.4.	Zahraniční pobyty pedagogů i studentů	40
6.5.	Nové laboratoře, laboratorní přístroje	41
6.5.1.	Demonstrační pracoviště s kolaborativním robotem I	41
6.5.2.	3D skenovací jednotka	42
6.5.3.	Modulární pracoviště s Coboty II a III.....	42
6.5.4.	Identifikace pracoviště	43
6.5.5.	Konfokální měřicí systém	44
6.6.	Počítačové učebny, výpočetní technika	45
7.	SPOLUPRÁCE VE VĚDĚ A VÝZKUMU	46
7.1.	Spolupráce se subjekty v ČR	46
7.2.	Spolupráce se subjekty v zahraničí.....	46
8.	ODBORNÉ AKCE	47
8.1.	Národní konference a semináře.....	47
8.2.	Mezinárodní konference a semináře.....	47
8.3.	Jiné akce.....	47
8.3.1.	Dny NATO.....	47
8.3.2.	Noc vědců	47
9.	PUBLIKAČNÍ ČINNOST	48
9.1.	Články v zahraničních časopisech	48
9.2.	Články v domácích časopisech.....	48
9.3.	Příspěvky na konferencích.....	49

2. PROFIL PRACOVISŤĚ

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 regionu.

Okruhy katedrou řešených problémů robotiky lze členit na: projekční, provozní, konstrukční, zkoušení a diagnostiku, simulace, měření, řízení a sensoriku, 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 sensorické subsystemy, 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 2020 byla oproti předchozím rokům tato aktivita nepříznivě ovlivněna restrikcemi v souvislosti s covid-19.

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 subsystemech, 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 PRACOVISŤĚ

(stav k 31. 12. 2020)

Vedoucí katedry:	Prof. Dr. Ing. Petr Novák
Zástupce vedoucího katedry:	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
Tajemník katedry:	Ing. Václav Krys, Ph.D.
Sekretářka:	Ing. Petra Pišťačková <i>Ing. Tereza Fittlová (do 30. 4. 2020)</i>
Profesoři:	Vladimír Mostýn, Petr Novák
Docenti:	Zdenko Bobovský, Tomáš Kot, Milan Mihola, Zdeněk Konečný (do 31. 6. 2020)
Odborní asistenti:	Ing. Ladislav Kárník, CSc. Ing. Václav Krys, Ph.D. Ing. Aleš Vysocký, Ph.D. Ing. Stefan Grushko Ing. Robert Pastor Ing. Jiří Suder Ing. Michal Vocetka
Vědecko-výzkumní pracovníci:	Ing. Ján Babjak, Ph.D. Ing. Dominik Heczko Ing. Jakub Mlotek Ing. Petr Oščádal Ing. Zdeněk Zeman Bc. Vyomkesh Jha Kumar (do 31. 8. 2020)
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. Milan Mihola, PhD.** – Aplikace mechatronických postupů při návrhu specializovaných měřících zařízení, 2019, 145 s.
- **doc. Ing. Tomáš Kot, PhD.** – Rychlá podpora integrace kolaborativních a průmyslových robotů v malých a středních podnicích, 2019, 111 s.

4. PEDAGOGICKÁ ČINNOST

4.1. Pracovištěm garantované studium

4.1.1. Bakalářské studium

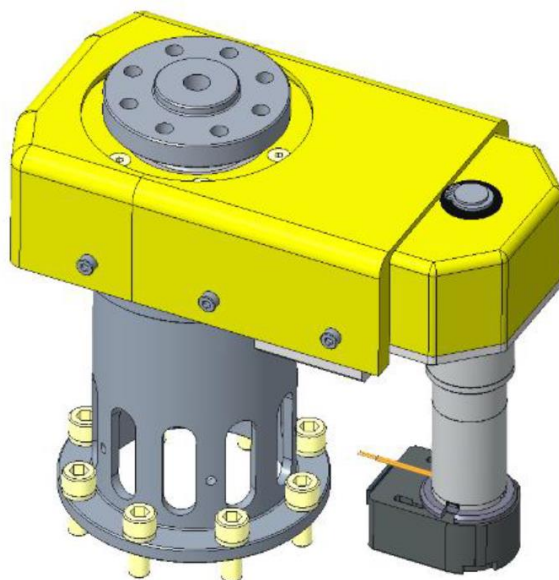
Název specializace:	Robotika
Studijní program:	Strojírenství
Kód programu/spec.:	B0715A270011/S07 (česky), B0715A270012/S04 (anglicky)
Garant specializace:	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D..

Profil absolventa:

Absolventi bakalářského studia v této specializaci 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.) Jan Maslowski, Konstrukční úprava prvního kloubu manipulátoru robotu K3P4, bakalářská práce, vedoucí: Ing. Dominik Heczko

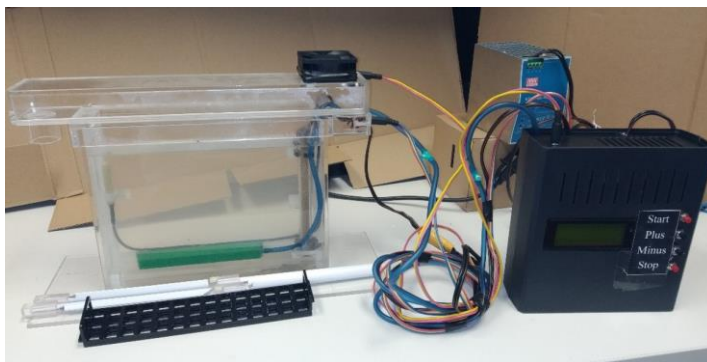
Název: **Mechatronika**

Kód studijního programu: B0714A270002

Garant SP: doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.

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 užitné vlastnosti stroje. Znájí základní metody syntézy mechatronických systémů a ovládají nástroje počítačové podpory jejich návrhu.

Obr. (Bc.) Mateusz Luński Aplikace dvoupolohové regulace s využitím řídicí desky Arduino. Application of Two Position Control with the Arduino Control Board Usage, bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D. – Katedra ATR

4.1.2. Magisterské studium

Název: **Robotika**

Kód oboru: 2301T013-00

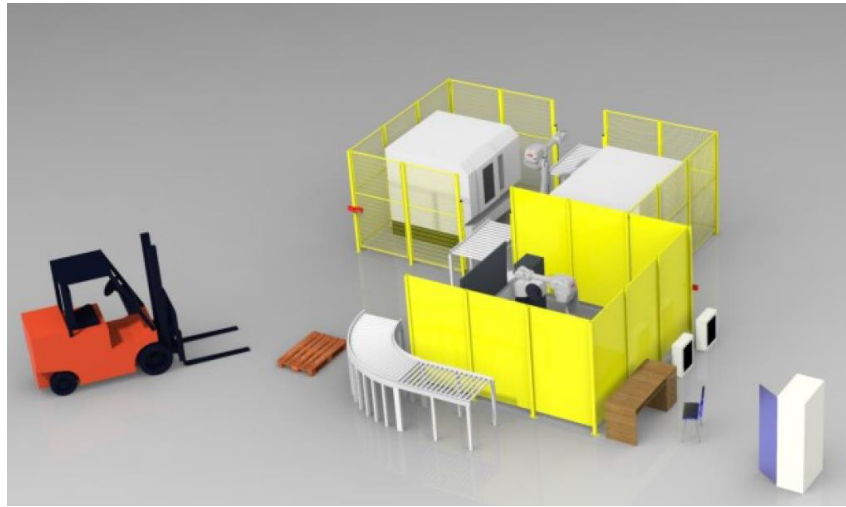
Garant oboru: Prof. Dr. Ing. Petr Novák

Profil absolventa:

Navazující magisterský 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, senzorka, 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 senzorky, softwarového inženýrství, návrhu řídicích systémů jak po stránce softwarové, tak po stránce hardwarové, dále znalostmi z oblasti



Obr. (Ing.) Bc. Jiří Vojtíšek,, Knihovna modelů běžných prvků robotizovaných pracovišť, vedoucí Ing. Daniel Huczala

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.

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 studium

Název: **Robotika**

Kód oboru: 2301V013

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.

4.2. Změny ve studiu garantovaném pracovištěm

Získána akreditace navazujícího magisterského studijního programu Robotika v české a anglické verzi pro prezenční formu studia.

Název: **Robotika**

Kód studijního programu: NFS0008 (česky), NFS0009 (anglicky)

Garant: prof. Dr. Ing. Petr Novák

Charakteristika studijního programu:

Studijní program Robotika obsahuje tři specializace:

Projektování Robotizovaných pracovišť

V rámci specializace Projektování robotizovaných pracovišť má absolvent odborné dovednosti v oblasti projektování robotizovaných pracovišť, včetně příslušných periférií, umí používat špičkové návrhové, simulační softwarové nástroje pro oblast projektování, dovede odborně komunikovat s dalšími odborníky jednotlivých specializací v rámci tvorby celého pracoviště a jeho vazby na okolí. Má základní odborné dovednosti v programování robotů, dovede zvolit vhodnou koncepci robotizace daného pracoviště s ohledem na vstupní požadavky.

Konstrukce robotické techniky

V rámci specializace Konstrukce robotické techniky má absolvent odborné dovednosti potřebné pro navrhování, konstruování robotické techniky, včetně syntézy a analýzy kinematických struktur, zohlednění dynamických parametrů při návrhu a konstrukci. K tomuto dovede používat a rozumět špičkovým výpočtovým, návrhovým, konstrukčním, simulačním a optimalizačním softwarovým nástrojům. Má odborné dovednosti potřebné pro implementaci dalších subsystémů jako je řídicí, sensorický a akční a vazeb mezi nimi.

Servisní robotika

V rámci specializace Servisní robotika absolvent disponuje odbornými znalostmi navrhování a konstruování servisních robotů a jejich subsystémů, včetně jejich mechanické, hardwarové a softwarové části. Má znalosti o moderních materiálech a technologiích, včetně aditivních. Má znalosti o jednotlivých subsystémech, jako je řídicí, sensorický a akční, včetně vazeb mezi nimi. Má znalosti z oblasti lokomočních ústrojí, navigace a orientace. Má znalosti a umí je používat v oblasti moderních 3D návrhových, simulačních a inovačních systémů a výstupy těchto systémů umí aplikovat.

Dále byla také získána akreditace doktorského studijního programu Robotika v české a anglické verzi, pro prezenční i kombinovanou formu studia.

Název: **Robotika**

Číslo studijního programu: P0714D270003 (česky), P0714D270004 (anglicky)

Garant: prof. Dr. Ing. Petr Novák

Odborné znalosti absolventa

Obor je zaměřen na komplexní odborné znalosti absolventů zejména v oblasti konstrukce robotických zařízení, obor je silně interdisciplinární, absolventi získají 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.

Odborné dovednosti absolventa

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.

Obecné způsobilosti absolventa

Absolventi dokáží vyhodnocovat nové poznatky a ideje v oboru s přihlédnutím k dlouhodobým společenským důsledkům jejich využívání, plánovat rozsáhlé činnosti tvůrčí povahy a získávat a plánovat zdroje pro jejich uskutečnění, řešit etické problémy související s tvůrčí činností nebo využívání jejich výsledků. Dokáží srozumitelně a přesvědčivě sdělovat vlastní poznatky v oboru ostatním členům vědecké komunity na mezinárodní úrovni i široké veřejnosti.

4.3. Obhájené závěrečné práce

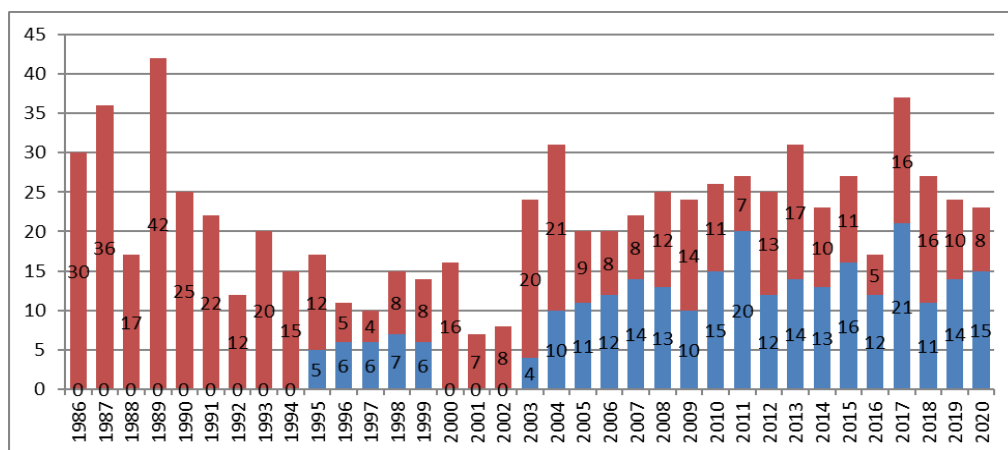
4.3.1. Bakalářské práce

	Student	Vedoucí	Téma
1.	Radim Bednárik	Ing. Václav Kryš, Ph.D.	SW nástroje pro tvorbu komplexních simulačních modelů robotizovaných pracovišť a jejich základní charakteristiky
2.	Jan Filip	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Víceúčelový stůl pro robot UR3
3.	Tereza Hanáková	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Pneumatické pohonné jednotky pro robotiku
4.	Vojtěch Hanke	Ing. Zdeněk Zeman	Tvorba kovových konstrukcí využitím modulu Framework v Creo Parametric
5.	Jakub Chlebek	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Návrh demonstračních úloh s robotem UR3
6.	Michal Jarka	Ing. Ladislav Karník, CSc.	Mobilní robotika v bezpečnostních složkách
7.	Martin Kantor	Ing. Jiří Suder	Návrh otočného stolu pro 3D skenování

8.	Jan Kelar	prof. Dr. Ing. Petr Novák	Zabezpečovací systémy pro robotizovaná pracoviště
9.	Jiří Klus	Ing. Jakub Mlotek	Konstrukční návrh výukového pracoviště s dvojicí robotů Mitsubishi
10.	Václav Kožušník	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Čelistové efektory pro manipulaci s materiálem
11.	Jan Maslowski	Ing. Dominik Heczko	Konstrukční úprava prvního kloubu manipulátoru robotu K3P4
12.	Ondřej Moša	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Knihovna pohonů Dynamixel a jejich příslušenství pro CAD a simulační systémy
13.	Tomáš Poštulka	Ing. Robert Pastor	Zařízení pro uchování vzorků půdy pro robot K3P4
14.	Petr Rais	Ing. Robert Pastor	Elektronika a řídicí program modulu pro odběr vzorků půdy
15.	Michal Zajíc	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Válečkové dopravníky pro robotizovaná pracoviště

4.3.2. Diplomové práce

	Student	Vedoucí	Téma
1.	Bc. Lukáš Hoza	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Zařízení pro ovíjení palet
2.	Bc. Dominik Hrbáč	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Modernizace zvedáku pro manipulaci s pacienty v balneo provozu v lázních Darkov
3.	Bc. Vít Kaštovský	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Konstrukční návrh víceprstého efektoru
4.	Bc. Milan Macek	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Analýza a úprava stanice pro lepení a klipsování dílů
5.	Ing. Michal Mitáček, MBA, Phd.	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Robotizované pracoviště pro umělecké řezbářství
6.	Bc. Radim Stanek	Ing. Ladislav Karník, CSc.	Konstrukční návrh vozíku do vnitřního i venkovního prostředí
7.	Bc. Václav Sýkora	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Využití virtuální reality při návrhu a provozu robotizovaných pracovišť
8.	Bc. Jiří Vojtíšek	Ing. Daniel Huczala	Knihovna modelů běžných prvků robotizovaných pracovišť



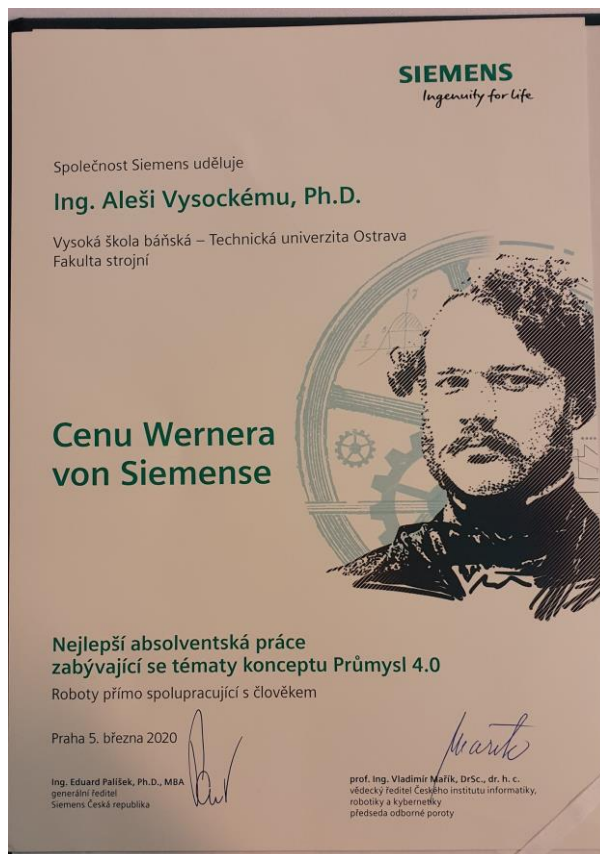
Obr. Celkový přehled počtů absolventů oborů (dříve Výrobní systémy s Průmyslovými roboty a manipulátory a nyní Robotika) Katedry robotiky – Bc. modrá, Ing. červená

4.4. Seznam doktorandů

	Student	Téma práce	Roč.	Forma	Školitel
1.	Ing. Stefan Grushko	Plánování pohybu manipulátoru v dynamickém prostředí při využití informací z RGB-D senzoru	4.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
2.	Ing. Dominik Heczko	Zvyšování přesnosti pozice a orientace objektů při jejich umisťování manipulátorem	3.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
3.	Ing. Daniel Huczala	Syntéza kinematické struktury robotických manipulátorů	3.	P	prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn
4.	Ing. Jakub Mlotek	Tvar měnitelné nosné prvky robotických systémů	2.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
5.	Ing. Petr Oščádal	Optimalizace trajektorie ramene robotu v dynamicky se měnícím pracovním prostoru	2.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
6.	Ing. Robert Pastor	Aplikování strojového učení při návrhu kinematických struktur robotů	4.	P	prof. Dr. Ing. Petr Novák
7.	Ing. Jiří Suder	Využití 3D tisku v konstrukci robotů	4.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
8.	Ing. Michal Vocetka	Zvyšování přesnosti manipulátorů	3.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
9.	Ing. Zdeněk Zeman	Topologický design ramen robotů	2.	P	prof. Dr. Ing. Petr Novák

4.5. Obhájené disertační práce

V roce 2020 nebyla obhájena žádná doktorská práce. Nicméně disertační práce ing. Aleše Vysockého, Ph.D., „**Roboty přímo spolupracující s člověkem**“, obhájená v roce 2019, získala cenu Wernera von Siemense v roce 2020 v kategorii Průmysl 4.0, v níž porazila téměř devadesát absolventských děl zabývajících se tímto tématem. Celkově o prestižní ceny soutěžilo na osm set nominovaných prací. Ceny Wernera von Siemense si už dříve „vysloužily“ dvě doktorské a dvě diplomové práce z naší Katedry robotiky, Fakulty strojní VŠB-TUO.



Obr. Přebírání Ceny Wernera von Siemense v Betlémské kapli

4.6. Studentské projekty

Popis projektů a aktivit realizovaných s významným zapojením studentů navazujícího magisterského studijního programu a doktorského studijního programu Robotika.

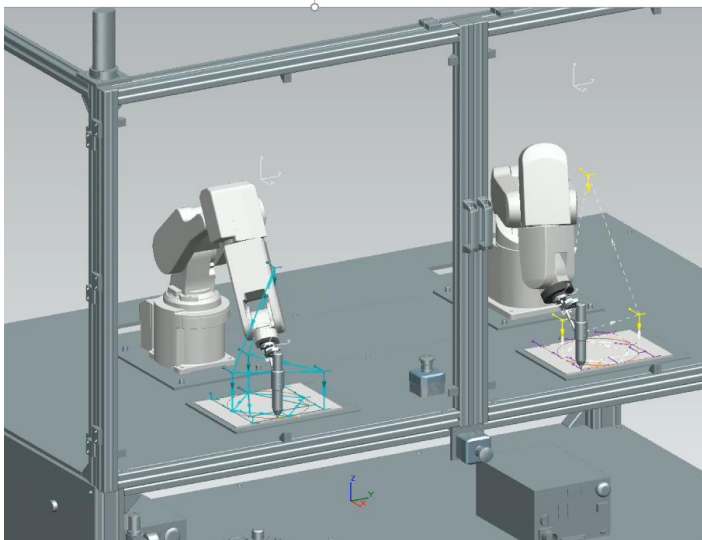
4.6.1. SGS 2020

Projekt studentské grantové soutěže „*Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace II*“ byl rozdělen do pěti hlavních aktivit tak, aby bylo možné zapojit do jejich řešení co největší počet studentů doktorského a navazujícího magisterského denního studia. Na řešení projektu se podílelo 22 studentů doktorského a navazujícího studijního programu. V rámci řešeného projektu byla podpořena příprava 7 článků v domácích i zahraničních žurnálech. Z toho byly 4 publikovány v žurnálech s impakt faktorem (2x Q1 a 2x Q2).

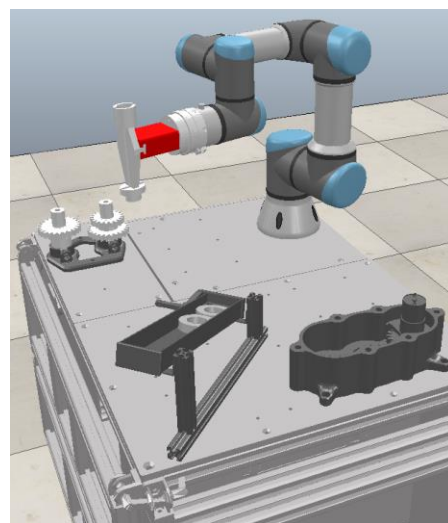
Hlavní aktivity projektu:

- Simulační modely robotizovaných pracovišť
- Simulační modely mobilních robotů a jejich subsystémů
- Aplikace VR a AR v robotice
- Aplikace internetu věcí u robotických systémů
- Simulační modely pružných materiálů a jejich aplikace v robotice

Byly ověřovány možnosti na katedře dostupných simulačních nástrojů pro pracoviště s průmyslovými a kolaborativními roboty v návrhové a provozní fázi životního cyklu těchto pracovišť. Těmito simulačními nástroji jsou ABB RobotStudio, Robot Expert a Process Simulate od Siemensu a CoppeliaSim (dříve V-Rep). Tyto systémy byly použity pro podporu rozhodovacích procesů při návrzích robotizovaných pracovišť. Dále pak pro získání stavových parametrů robotů a ověřování dopadů na automatizovaný proces při optimalizacích pracoviště. Na základě získaných poznatků byly formulovány doporučení pro tvorbu simulačních modelů a přípravu podkladů pro ně.

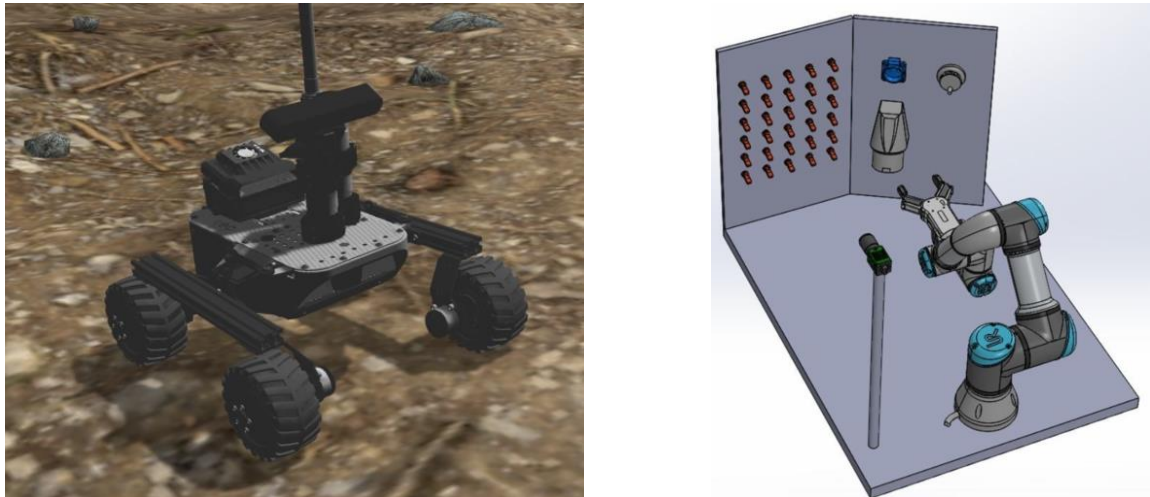


Obr. Náhled simulačního modelu pracoviště v SW systému Process Simulate



Obr. Náhled simulačního modelu pracoviště s kolaborativním robotem v SW systému CoppeliaSim

Zkušenosti s tvorbou a prací se simulačními modely a digitálními dvojčaty mobilních robotických systémů a jejich dílčích subsystémů se ukázaly jako velmi dobrý výchozí bod pro soutěž European Rover Challenge (ERC) 2020, která se konala virtuálně (viz podrobněji níže v textu). Týmům byl poskytnut simulační model robotu v simulačním systému Gazebo, pro který bylo potřeba připravit a odladit algoritmy řízení s využitím ROS. Tyto pak byly použity pro vzdálené řízení reálného robotu a bylo hodnoceno splnění zadaných úkolů. Náš tým RoverOva se v této mezinárodní soutěži umístil na 2. místě, což dokládá velmi dobré zvládnutí problematiky off-line přípravy řídicích algoritmů robotu s využitím jeho digitálního dvojčete.



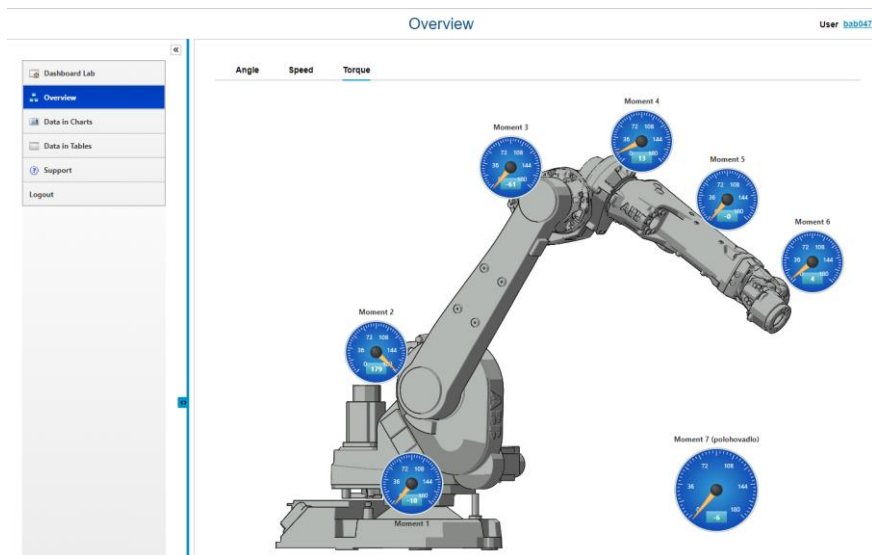
Obr. Náhled simulačních modelů pro přípravu řídicích algoritmů pro ERC 2020

Při aktivitách řešeného projektu byly ověřeny možnosti využití virtuální reality ve spojení se simulačním systémem ABB Robotstudio pro náhledy navržených pracovišť a dále pro urychlení tvorby základních průjezdních bodů programu robotu jako další způsob programování robotů.



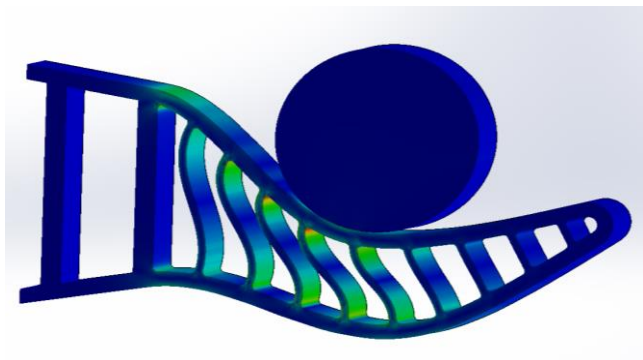
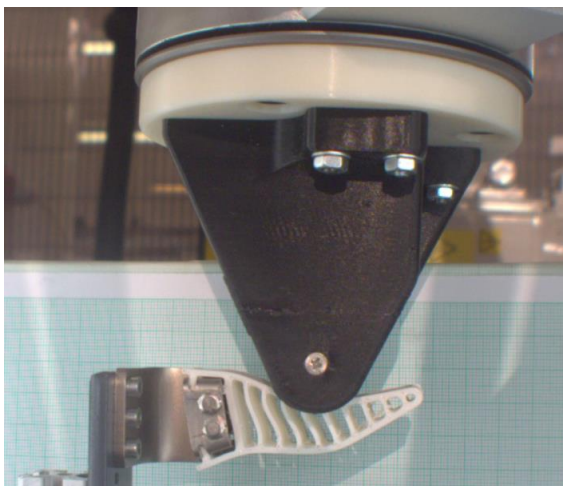
Obr. Ukázka použití ovladače systému VR pro programování pohybu robotu

Byly realizovány dvě případové studie využití IoT u robotizovaných pracovišť v laboratoři, u kterých bylo realizováno vyčítání dat do SW nástroje ThingWorx, kde se dále zpracovávají, archivují a monitorují. Postupným propojováním SW nástrojů od PTC jsou připravována data pro využití AR a VR pro sledování stavových parametrů reálných pracovišť. Byla specifikovány zadání pro další aktivity v této oblasti, a to jak v oblasti vizualizace aktuálního stavu pracoviště a jeho systémů v SW Vuforia, tak statistického vyhodnocování dlouhodobě sbíraných dat pro jejich využití k prediktivní údržbě v SW ThingWorx. Dalšími aplikačními možnostmi SW Vuforia a AR je podpora obsluhy a údržby pracovišť, kterými se budeme dále rovněž zabývat.



Obr. Náhled vizualizace aktuálních stavových parametrů robotu IRB 1660 v SW ThingWorx

Projektem byly rovněž podpořeny aktivity v oblasti tvorby a ověřování simulačních modelů pružných materiálů pro využití v robotice. Byly realizovány analýzy materiálových vlastností vzorků vyrobených aditivní technologií FDM z dostupných pružných materiálů. Byly provedeny cyklické zátěžové testy navržených experimentálních čelistí koncového efektoru z pružného materiálu s využitím robotu se silo-momentovým senzorem.



Obr. Realizovaný experiment a simulační model pružného dílu

V roce 2020 byla obhájena 1 diplomová a 5 bakalářských prací podpořených, nebo souvisejících s SGS projektem:

- Bc. Sýkora V. – Využití virtuální reality při návrhu a provozu robotizovaných pracovišť
- Bednárik R. – SW nástroje pro tvorbu komplexních simulačních modelů robotizovaných pracovišť a jejich základní charakteristiky
- Chlebek J. – Návrh demonstračních úloh s robotem UR3
- Maslowski J. – Konstrukční úprava prvního kloubu manipulátoru robotu K3P4
- Moša O. – Knihovna pohonů Dynamixel a jejich příslušenství pro CAD a simulační systémy
- Poštulka T. – Zařízení pro uchování vzorků půdy pro robot K3P4

4.6.2. European Rover Challenge

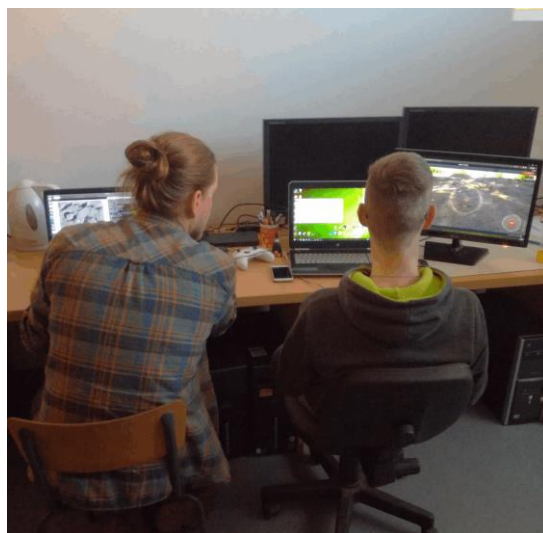
Účast na soutěži **European Rover Challenge (ERC) 2020** – dvanáctičlenný tým **RoverOva** studentů doktorského, magisterského i bakalářského studia se již potřetí zúčastnil mezinárodní robotické soutěže. Předchozí bronzové umístění letos vylepšili a získali **stříbro**. Tým rovněž získal dvě speciální ceny: za nejlepší analýzu a nejlepší autonomní navigaci. Soutěže se účastnilo celkem 46 týmů z celého světa.

Letošní ročník soutěže se kvůli epidemii Covid-19 odehrával v jiné podobě než v minulých letech, soutěž se nyní konala na dálku a všichni účastníci soutěžili se stejným roverem. Úkolem tedy nebylo navrhnout co nejlepší konstrukční řešení robotu, členové týmů se více zaměřili na soutěžní disciplíny simulující geologický průzkum Marsu a tvorbu software pro platformu, kterou poskytli organizátoři.

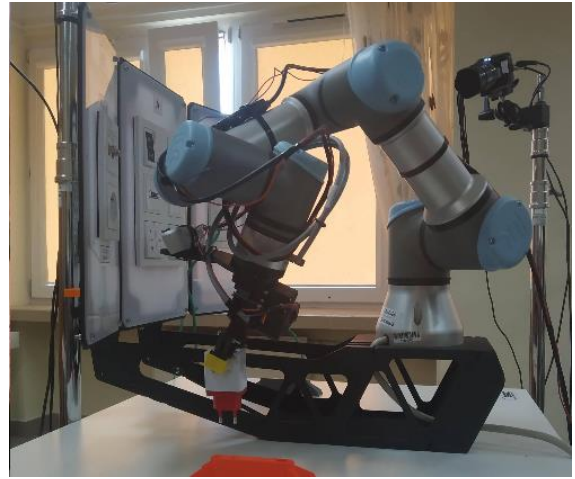
Klasicky se soutěží ve čtyřech praktických úlohách, prezentačních dovednostech, a také ve zpracování dokumentace k robotu. Kvůli úpravám pravidel zůstalo z původních pěti soutěžních úkolů (prezentace, navigace, manipulace, sběr, věda) nezměněná pouze prezentace, která akorát probíhala přes videohovor. Sběr (collection task) byl ze soutěže vypuštěn úplně. Úloha manipulace byla řešena ovládním robotu UR3 na dálku pomocí několika kamer a tým musel použít přesného polohování pomocí joysticku tak, aby splnil zadané úkoly na ovládacím panelu před robotem. Navigační a vědecká úloha byla v tomto ročníku spojena do jedné, kde měl robot nejprve projet zadané body a poté prozkoumat povrch a nalézt artefaktu v terénu.

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. Stránky soutěže: <http://roverchallenge.eu/>

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



Obr. Fotografie ze soutěže ERC 2020 – Ovládání robotu umístěného v Polsku z laboratoře Katedry robotiky



Obr. Fotografie ze soutěže ERC 2020 – Pohled, který měly k dispozici soutěžní týmy: vlevo z kamery Leo roveru při úloze Science, vpravo z kamery sledující pracoviště robotu u úlohy Maintenance



Obr. Tým RoverOva během příprav na soutěž ERC2020

Projekt je finančně podpořen projekty SGS, IRP, dále pak Fakultou strojní a domovskou Katedrou robotiky.

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

Byla podepsána smlouva o spolupráci se společností SoliCAD s.r.o. v rámci které je katedře pro výukové účely poskytnut simulační systém **Visual Components**. SW bude využíván ve výuce projektování robotizovaných pracovišť pro koncepční návrhy pracovišť a ověřování sekvencí na nich prováděných operací.

V rámci dlouhodobé spolupráce katedry se společností AV ENGINEERING a.s., která je dodavatelem SW nástrojů od PTC, se podařilo zajistit prodloužit licence nástrojů **ThingWorx** a **Vuforia** pro výukové účely za výrazně sníženou cenu po dobu 3 let. Toto nám umožní dále získávat zkušenosti a vytvářet případové studie využití IoT, rozšířené a virtuální reality v oblastech průmyslové a servisní robotiky.

5.2. Významná spolupráce pracoviště se zahraničními partnery

- Prohloubená spolupráce mezi TU Košice – Katedrou mechatroniky, Katedrou výrobní techniky a robotiky, Katedrou aplikované mechaniky a strojního inženýrství.
- Prohloubená spolupráce s SUT Gliwice Department of Fundamentals of Machinery Design.
- Prohloubená spolupráce s STU MFT Trnava.
- Navázána spolupráce s University of Innsbruck.

5.3. Zahraniční pobyty pedagogů i studentů pracoviště

Počátkem roku se podařilo realizovat řadu pobytů. Z důvodu restrikcí covid-19 se musela řada naplánovaných akcí zrušit, případně odložit.

- doc. Bobovský, Ing. Krys – TU Košice, leden
- Ing. Vocetka, Ing. Oščádal – TU Košice, leden–únor
- doc. Bobovský, Ing. Krys, Ing. Huczala, Ing. Mlotek – Joanneum research - Robotics, Klagenfurt, únor
- doc. Bobovský, Ing. Krys – SUT Gliwice – únor
- Ing. Pastor, IT University, Kodaň, Dánsko
- Ing. Heczko, Tampere, Finsko, březen,
- Ing. Huczala – University of Innsbruck, červenec-srpen

5.4. Přijetí zahraničních hostů nebo studentů

Justinas Miseikis, Nelija Borisenko



Obr. Přednáška: Robot perception and social robotics

F&P Robotics

Přednáška: Robot perception and social robotics

Termín: 7. 1. 2020

Eugeniusz Piechoczek, Wawrzyniec Panfil, Piotr Przystalka



SUT Gliwice

Setkání za účelem navázání hlubší spolupráce v oblasti využití robotické techniky pro údržbu energetických vedení

Termín: 10. 1. 2020

Prof. Ing. Jozef Svetlík, PhD.



Obr. Přednáška Prof. Ing. Jozefa Svetlíka, PhD

TU Košice, Katedra výrobní techniky a robotiky

Přednáška: Výrobné systémy s požiadavkou flexibility

Termín: 25. 2. 2020

Internships:

Mateusz Kosior, leden 2020, Collaboration on ERC - Design of simulation system for K3P4 simulation in unknown environment.

6. VĚDECKO - VÝZKUMNÁ ČINNOST

6.1. Řešené projekty

Název projektu (číslo, označení)	Poskytovatel grantu	Rok zahájení řešení	Délka řešení (roky)	Odpovědný řešitel/řešitel na pracovišti	Počet pracovníků	Finanční objem (Kč)
Výzkum a vývoj vícekomorového izolačního skla nového typu a jeho výroby. 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	2,9 M z 21M
Centrum výzkumu pokročilých mechatronických systémů. 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</i>	MŠMT	10/2017	5	VP2 prof. Mostýn	8	64 M 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	16 M z 80 M
SP2020/141 – Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace II	MŠMT	2020	1	Ing. Václav Krys, Ph.D.	5 zam./ 22 stud.	0,72 M
Národní centrum kompetence - Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství (NCK MESTEC)	TAČR	2019	2	Dílčí cíl 3.7 Prof. Petr Novák	12 (5)	3,7 M z 10,7 M
Robot pro účast na soutěžích	MŠMT	2019	2	Ing. Robert Pastor	4 zam. / 8 stud.	90 k

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. Zvyšování přesnosti manipulátoru

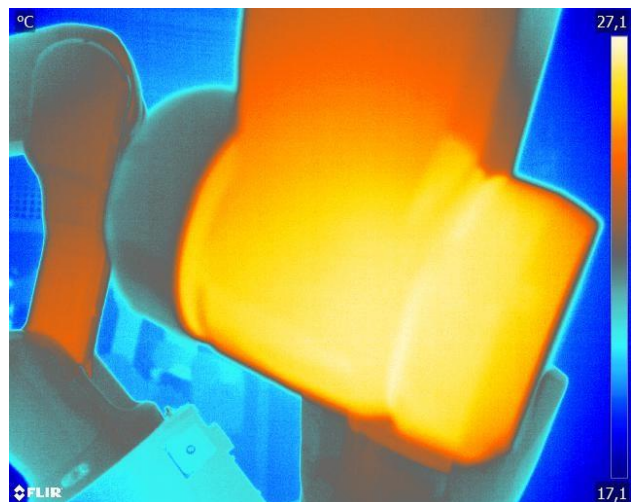
Tento výzkum si v první fázi klade za cíl zaměřit aktuální stav manipulátoru a závislost jeho opakovatelnosti na směru příjezdu na měřený cílový bod. V rámci tohoto výzkumu proběhlo množství měření za různých podmínek (při různé nesené hmotnosti, vzdálenosti, množství výchozích bodů apod.). Analyzovaná data byla měřena DIC kamerami, sbírány vlastní aplikací

psanou v C# a vyhodnoceny softwarem Istra 4D a MatLab. Podrobně je výzkum popsán v článku *Influence of the Approach Direction on the 2 Repeatability of an Industrial Robot* (<https://doi.org/10.3390/app10238714>) Tento výzkum byl realizovaný v úzké spolupráci s doc. Huňadym a Ing. Hagarom, Ph.D. z Technické univerzity v Košicích, Strojníckej fakulty, Katedry aplikovanej mechaniky a strojného inžinierstva.



Obr. Použití DIC kamer DANTEC při měření opakovatelnosti manipulátoru

Dále proběhlo proměření struktur dvou stejných robotů (ABB IRB1200) termokamerou FLIR Ax5 a sadou teploměřů (52ks). Výsledkem těchto dlouhodobých měření (za různých podmínek, celkem 64x 8h) je podrobný popis závislosti ohřevu jednotlivých os robotu, za daných podmínek, na čase. V budoucnu tato informace poslouží při zvyšování přesnosti manipulátoru, jelikož právě změny teploty mají na tuto zásadní vliv.

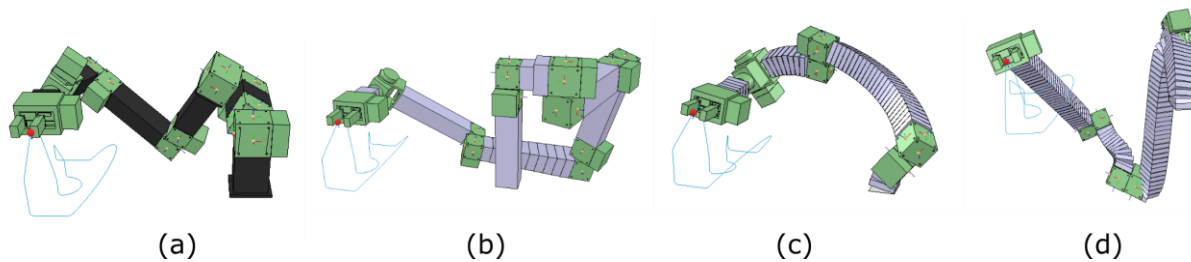


Obr. Osa robotu IRB1200, v pozadí vlevo robot stejného typu se zahřívající se II. osou

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

Počítačem generované designy koncepcí robotických manipulátorů čerpají z výzkumu v oblasti evoluční robotiky. Tato oblast se často zaměřuje na simulaci přirozeného vývoje pro návrh kontrolérů robotů (pohybové smyčky), morfologie neboli kinematiky robotu, nebo obou těchto vlastností současně. Často jsou předmětem tohoto výzkumu mobilní kráčející roboty, avšak zaměření na manipulátory není výjimkou. Evoluční robotika se většinou zaměřuje na stavbu robotů z předem definovaných stavebních prvků neboli modulů. Na naší katedře jsme zjišťovali, jaké koncepce spojovacích modulů v optimalizovaných manipulátorech mají smysl používat. Připravili jsme čtyři typy spojovacích modulů, ze kterých genetický algoritmus skládá manipulátory, vždy v kombinaci s pohonným kloubovým modulem. Testované moduly byly

těchto typů: základní (předdefinované moduly s danou délkou), lineární (moduly s proměnnou délkou v jednom směru), zaoblené (moduly s proměnnou délkou, poloměrem zakřivení a úhlem zkroucení) a zakřivené pomocí Hermitovy křivky. Z výsledků našich simulací jsme zjistili, že výhody zakřivených modulů nejsou dostatečně vysoké, aby opodstatnily jejich použití. Manipulátory s jednoduššími (rovnými, s méně parametry) moduly nejenom konvergovaly rychleji, ale dosahovaly celkově lepších výsledků i při delším průběhu optimalizací.



Obr. Manipulátory po optimalizaci složené z modulů: a) základních, b) lineárních, c) zaoblených, d) Hermitovy křivky

6.2.3. Výzkum a vývoj vícekomorového izolačního skla nového typu a jeho výroby

Projekt v rámci OP PIK byl řešen ve spolupráci s firmou Energy In. s.r.o. Prováděn byl výzkum a vývoj technických prostředků pro robotizovanou výrobní linku sestavy izolačního skla sestávající z fólie napnuté v ocelovém rámečku (FIS) a dvou skel. Řešena byla koncepce výrobní linky, její layout a proveden návrh manipulačních prostředků, řešení mezioperačních zásobníků a prostředků řízení pracoviště. Současně byla ve spolupráci s pracovníky Katedry energetiky řešena optimalizace výrobku – izolačního skla s dělenou komorou a velmi nízkou tepelnou vodivostí pro jednotlivé varianty řešení fixace fólie a provedena řada experimentálních měření termomechanických a zvukových vlastností funkčních vzorků izolačních skel. Navržen byl výpočetní algoritmus pro výpočet tepelných přenosů pro různé počty komor, a tedy dělicích fólií v izolačním skle. Realizováno bylo testovací robotické pracoviště s širokorozsahovým chapadlem pro manipulaci s rámečky s fólií.



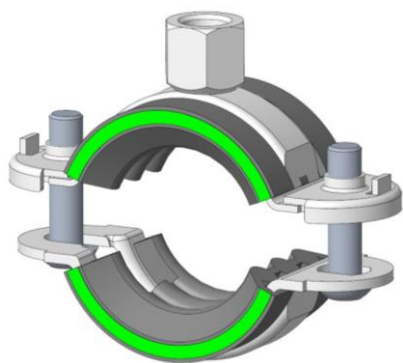
Obr. Testovací robotické pracoviště



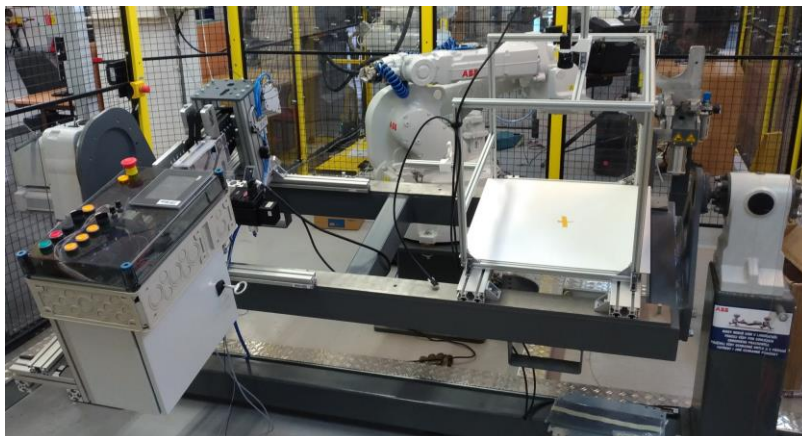
Obr. Testovací robotické pracoviště s magnetickým držákem rámečků

6.2.4. 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 těleso objímky, jedná se o proces, jehož automatizace je velmi komplikovaná. Práce na projektu byly zahájeny v lednu 2019. Byl navržen a realizován prototyp podavače pro dělení profilu a jeho nanášení na objímku. Projekt bude ukončen na konci roku 2021.



Obr. Trubková objímka.



Obr. Připravované testovací robotizované pracoviště montáže pryžového profilu na výlisek objímky pro ověření funkčnosti prototypu podavače

6.2.5. Elektronický katalog průmyslových a kolaborativních robotů

V rámci projektu Technologie a materiály pro Průmysl 4.0 a jeho dílčího podprojektu s názvem Nízkonákladové technologie je na katedře vytvářen elektronický katalog podmínek a principů efektivního nasazení průmyslových a kolaborativních robotů. Na jeho základě je možno určit/doporučit vhodný typ robotu/cobotu, přičemž parametry pro výběr robotu jsou například nosnost, pracovní prostor, přesnost polohování, bezpečnostní podmínky atp.

Specifikace objektu manipulace

Hmotnost objektu manipulace * kg

Zadejte hmotnost objektu manipulace. Pokud přesné číslo neznáte, napište alespoň odhad.

Základní tvar objektu manipulace *

Zvolte charakteristický tvar z nabízených možností

Preferovaný způsob uchopení *

- Mechanicky - třením**
- Mechanicky - tvarově
- Magneticky
- Podtlakové (přísavka)
- V přípravku
- Jiným způsobem

Vyberte preferovaný způsob uchopení objektu. Tučně jsou zvýrazněny doporučené možnosti pro vybraný základní tvar objektu.

Maximální uchopovací rozměr * mm

Zadejte potřebnou velikost uchopovacího rozměru.

Hmotnost efektoru * kg

Zadejte hmotnost efektoru, nebo alespoň přibližný odhad. Pro vámi zadané parametry objektu manipulace odhadujeme hmotnost efektoru **1 kg**.

Skrýt pokročilé položky

Omezení přípustné úchopné síly N

Vypíšte, pokud je OM např. z křehkého nebo poddajného materiálu a je tudíž omezena maximální možná uchopovací síla.


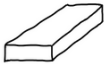
Velikost objektu manipulace mm


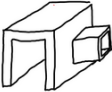
Zadejte přibližné rozměry OM například ve formátu DxHxV, nebo jen největší rozměr.


Tvar objektu manipulace

Tvar OM je důležitý pro stanovení způsobu uchopu. Při hledání vhodných úchopných ploch hledáme jednoduché základní tvary, kde můžou kontaktní plochy uchopovače vytvořit dostatečný kontakt s OM. Pozornost je potřeba věnovat i dílčím tvarům (otvorům, dutinám, výstupkům, osazením), které mohou omezovat uchopování, nebo naopak sloužit pro centrování, navádění, polohové jištění, uchopení zavěšením a jiné funkce efektorů.

- **Plošný tvar** – tloušťka objektu je výrazně nižší než jeho ostatní rozměry. Minimální plocha je 1 cm x 1 cm.



- **Válcový nebo prizmatický tvar** – uchopovaná část OM je základního tvaru s válcovými nebo rovinnými plochami.



- **Členitý tvar** – uchopovaný tvar je složitý, nepravidelný nebo obsahuje díry či výstupky.

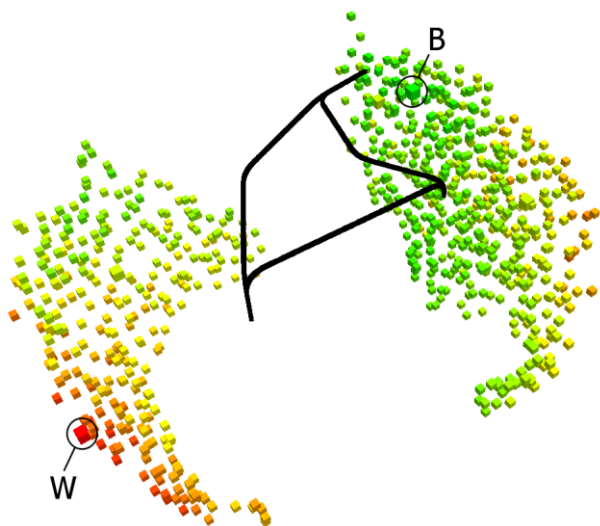


Obr. Ukázka části jedné stránky vstupního formuláře elektronického katalogu

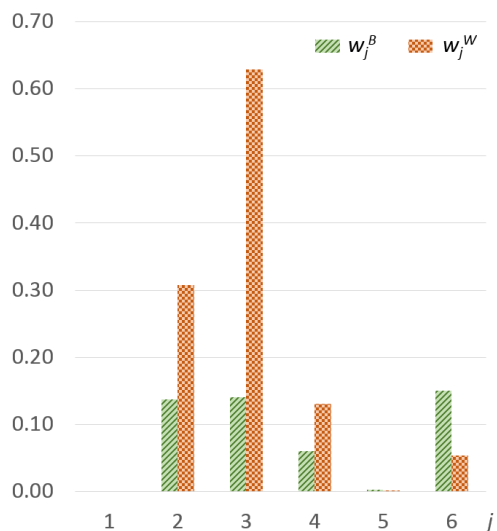
6.2.6. Systém pro optimalizaci umístění robotu na pracovišti

Na katedře robotiky je dále rozvíjen komplexní softwarový simulační systém poskytující podporu při návrhu robotizovaných pracovišť – zejména výběr vhodných robotů a nalezení jejich vhodných umístění vůči trajektorii pohybu koncového bodu. Nově navržená metoda umožňuje při výběru umístění robotu zohlednit opotřebení robotu a optimální poloha je hledaná s cílem snížit celkové opotřebení jednotlivých kloubů a zároveň zabránit neúměrnému opotřebení jednoho kloubu (či několika) vzhledem k ostatním. Měla by se tak prodloužit životnost robotu a zabránit v praxi poměrně častým situacím, kdy u průmyslového či kolaborativního robotu dochází již po krátké době k poruše nejvíce namáhaného kloubu.

Kritérium pro vyhodnocování opotřebení kloubu je založeno na výpočtu integrálu mechanické práce vykonané každým kloubem v průběhu celého manipulačního cyklu a zahrnuje tudíž jak rychlost pohybu, tak krouticí moment. Hledáno je nejen minimum těchto dílčích hodnot opotřebení kloubů (snížení celkového opotřebení), ale i minimum jejich směrodatné odchylky (zajištění vyváženého opotřebení kloubů).



Obr. Hodnocení možných poloh robotu UR3 vůči dané trajektorii dle kritéria opotřebení kloubů (W = nejhorší poloha, B = nejlepší poloha)

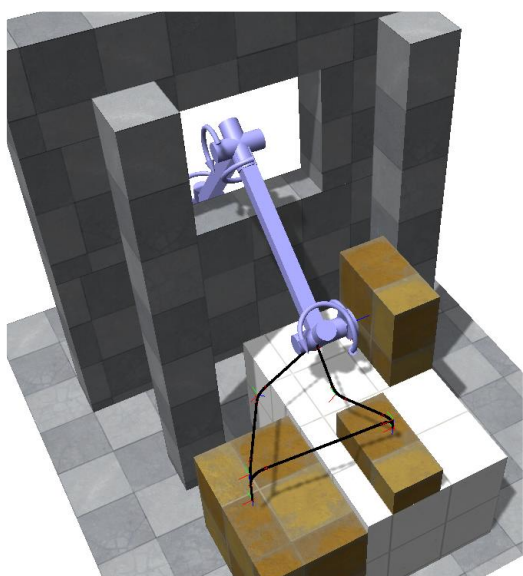


Obr. Hodnoty zvoleného faktoru opotřebení jednotlivých kloubů (1, 2, ... 6) robotu UR3 pro nejlepší (B) a nejhorší (W) polohu

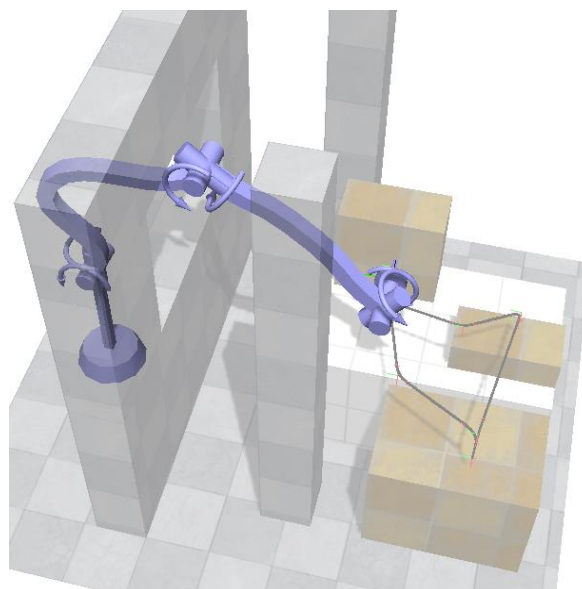
6.2.7. Systém pro vyhýbání se kolizím robotu ve stísněném prostoru

V některých případech je na pracovišti velmi stísněný prostor s množstvím překážek a trajektorie pohybu koncového průmyslového nebo kolaborativního robotu je neměnitelná – potom může být velmi obtížné či zcela nemožné navrhnout pro robotizaci pracoviště vhodný komerčně dostupný robot a jeho umístění. Jedinou možností je návrh manipulátoru na míru s využitím neobvyklých tvarů jednotlivých článků.

Výzkum prováděný na katedře se zabývá možností využití článků robotu s obecným tvarem (například Bézierova křivka), přičemž cílem je najít co nejmenší možný robot (nejkratší délky článků a nejmenší míra zakřivení), který dokáže danou úlohu splnit bez kolizí.



Obr. Příklad pracoviště s omezeným prostorem, robot s rovnými články je v kolizi



Obr. Navržené řešení – robot se zahnutými články dokáže úlohu splnit bez kolizí

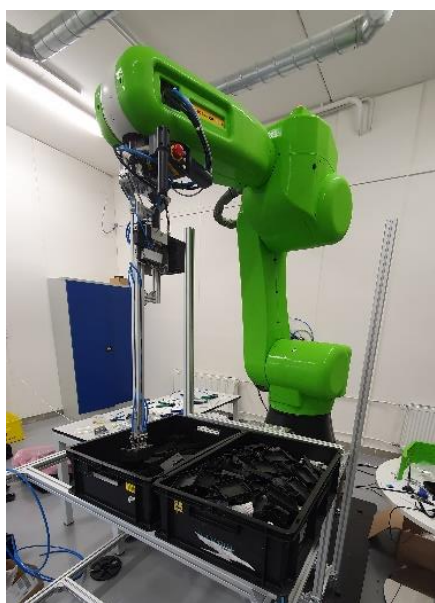
6.2.8. Projekt COBOTY

V rámci projektu byla řešena 3 pracoviště s kolaborativními roboty pro členské firmy Moravskoslezského automobilového klastru. Jednalo se o integraci dvourukého kolaborativního robotu ABB 14000 YuMi v montážní výrobní lince, jako náhradu manuální montážní operace, díky které došlo k úspoře jednoho pracovníka. V rámci projektu byla nejprve provedena řada simulací, které ukázaly možnou cestu k řešení zadané montážní úlohy. Na tomto základě bylo vyprojektováno, vyrobeno a seřizeno celé montážní pracoviště, včetně vibračního dopravníku a řídicího PLC (B&R).



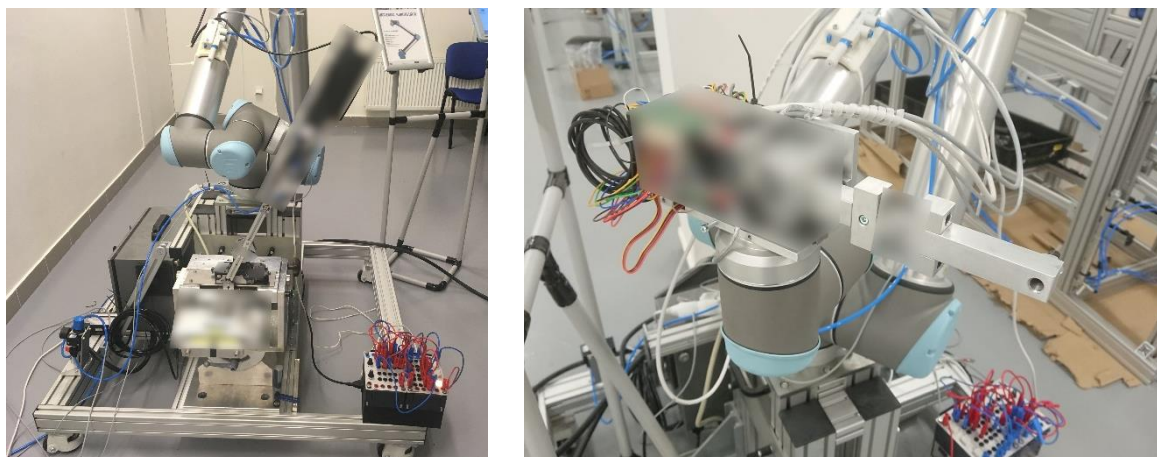
Obr. Montážní stanice s kolaborativním robotem YuMi

Pro další pracoviště byla řešena problematika Bin Picking, tj. výběr neorientovaných objektů ze přepravek. Jedná se o plastové krabičky, kdy je horní a dolní část plastové krabičky zakládána do systémové palety na výrobní lince a tato operace byla dříve prováděna manuálně. Řešení bylo provedeno s využitím vizuálního 3D systému firmy Fanuc.



Obr. – Testovací pracoviště pro bin-picking

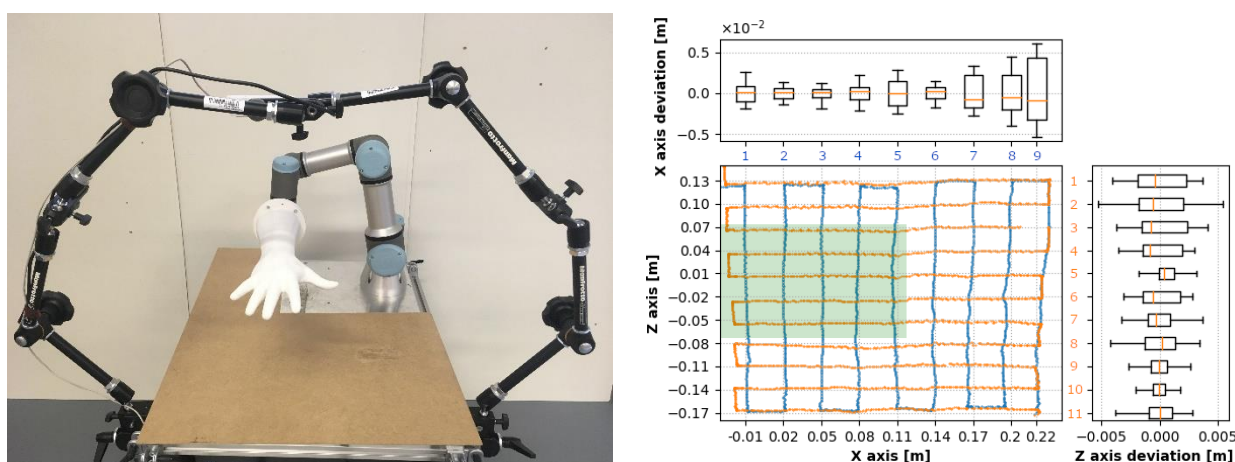
V další části projektu bylo řešeno automatické testovací zařízení komponent dveří automobilů, kdy robot manipuluje s vnitřními mechanismy dveří pomocí speciálně vyvinuté měřicí hlavy se siloměrem a při pohybu je měřena vybavovací síla. V rámci řešení bylo konstrukčně řešeno zařízení měřicí hlavy, opěrné body pro stabilizaci polohy měřicí hlavy a programové vybavení pro měření a vizualizaci naměřených hodnot.



Obr. Funkční vzorek měřicího efektoru na robotu UR10

6.2.9. Měření přesnosti LeapMotion sensoru

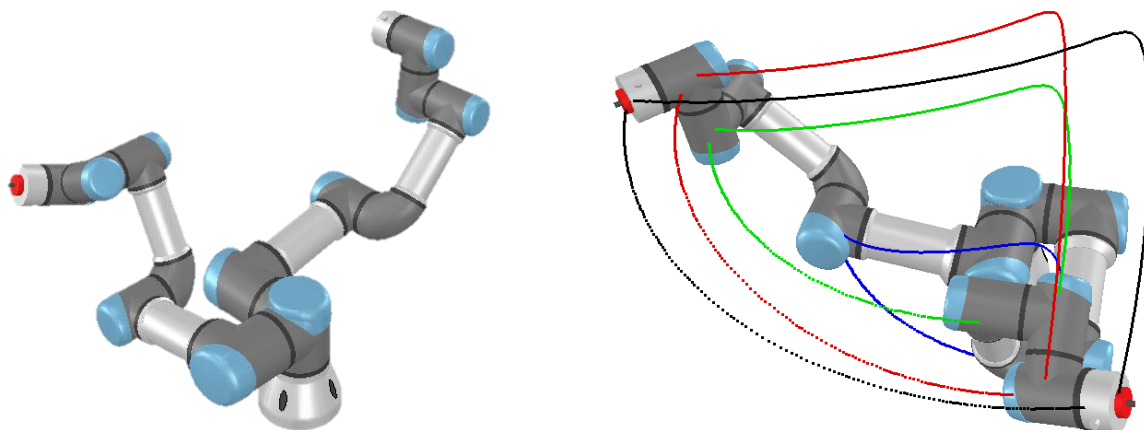
Pro účely návrhu vhodných prostředků pro snímání polohy ruky pro další vývoj rozhraní ovládání robotu pomocí gest operátora bylo navrženo a provedeno měření sensoru LeapMotion, který je schopný detekovat ruku a její jednotlivé části. Měření proběhlo porovnáním polohy konečku prstu, který byl polohován průmyslovým robotem a polohy detekované senzorem, který byl umístěn nad pracovní plochu. Výsledkem je mapa přesnosti senzoru v jeho funkčním prostoru i za jeho hranicemi použitelná pro případné korekce nebo omezení pracovního prostoru.



Obr. Měření přesnosti sensoru pomocí robotu

6.2.10. Plánování trajektorie netechnologických přejezdů robotu

Předmětem výzkumu bylo nalezení energeticky výhodnějšího pohybu, než poskytují standardní plánovače pohybu od výrobců robotů. Pomocí optimalizačních algoritmů (PSO) byly nalezeny energeticky výhodnější trajektorie pro měřené pohyby a experimentálně ověřeny na robotu UR3. Výstupy mohou být využity pro energetickou optimalizaci přejezdů průmyslových robotů mezi jednotlivými technologickými pozicemi.

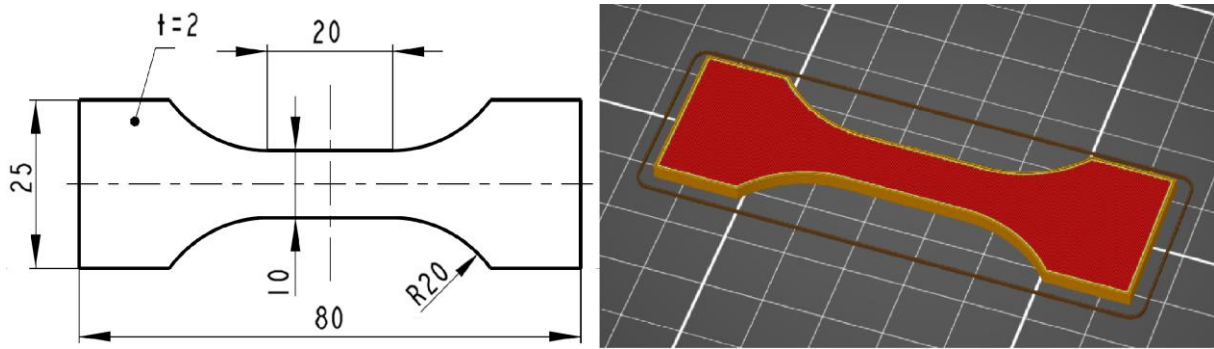


Obr. Změna trajektorie netechnologického přejezdu

6.2.11. Zjištění závislosti výsledné pevnosti na žíhací teplotě a době žíhání u PLA vzorků tištěných metodou Fused Filament Fabrication

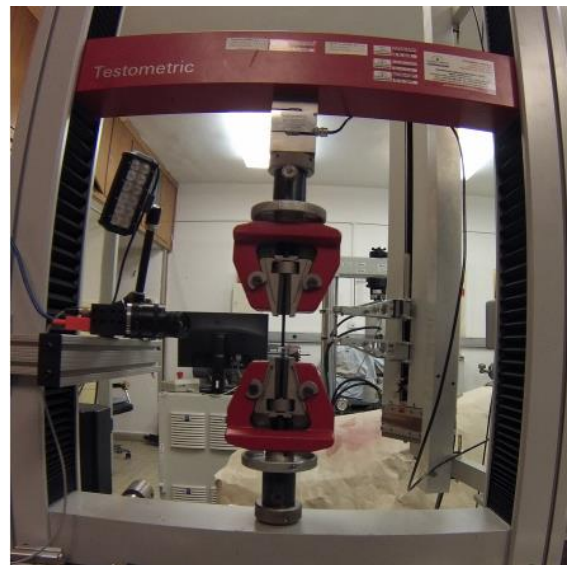
Pro zhotovování prototypů nejrůznějších zařízení, především robotů, je na naší katedře hojně využíván 3D tisk. Při navrhování takovýchto zařízení je důležité znát mechanické vlastnosti používaných materiálů. Vzhledem k tomu, že 3D tisk je poměrně novou metodou, některé důležité vlastnosti nejsou od výrobců tiskových strun k dispozici, především jedná-li se o novější materiály, případně pokud jsou vlastnosti závislé na nastavení tisku. Proto se na katedře ve spolupráci s Katedrou aplikované mechaniky věnujeme také zkoušením mechanických vlastností tištěných dílů.

Jedním z těchto testů bylo zjištění vlivu žíhání na pevnost v tahu u tištěných plastových vzorků. Žíhání má za cíl snížit vnitřní pnutí v materiálu, které vzniklo samotným tiskem dílu. Při tomto testování jsme se věnovali vlivu velikosti žíhané teploty a celkové doby žíhání. Všechny vzorky byly tištěny metodou Fused Filament Fabrication na tiskárně PRUSA I3 MK3S ze tří různých materiálů PLA (klasické PLA, PLA PLUS a PLA-HD). Pro testování se vycházelo z fyzikálních vlastností materiálů, a proto byly vybrány teploty od 60 (při této teplotě dochází k měknutí materiálu) do 160 °C (okolo této teploty dochází k tečení materiálu). Doba žíhání, která byla testována, (od 15 do 240 minut) vychází z velikosti vzorků. Pro naše účely byl vybrán vzorek, jehož rozměry jsou uvedeny na následujícím obrázku. Pozice vzorků na tiskové ploše je taktéž znázorněno na následujícím obrázku.



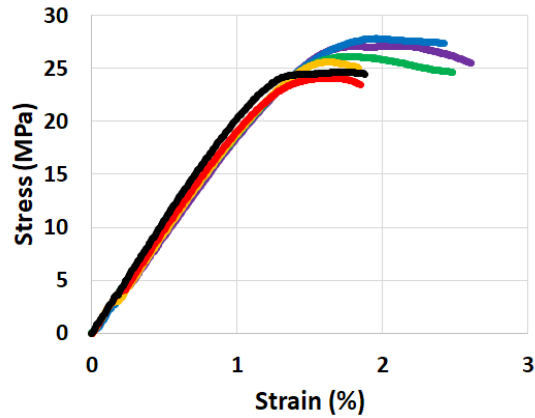
Obr. Rozměry vzorku (nalevo), poloha vzorku na tiskové ploše (napravo)

Z důvodu, že se vzorky deformovaly vlivem relaxace materiálu při žíhání, byla tato deformace u všech vzorků vyhodnocována. Vzorky měnily nejen své rozměry, ale také tvar, nicméně změna tvaru nebyla při tomto testu měřena. Žíhání bylo provedeno v průmyslové sušičce Memmert Universal Oven UN30. Vzorky byly testovány na trhacím stroji Testometric M500 / 50 CT pro zjištění výsledné pevnosti v tahu. Společně s žíhanými vzorky byly testovány i vzorky nežíhané, aby byl patrný nárůst pevnosti vlivem žíhání.



Obr. Průmyslová sušička (nalevo), trhací zařízení s přetrženým vzorkem (napravo)

U všech žíhaných vzorků došlo ke změně jejich rozměrů. Tato změna byla závislá na orientaci tištěného dílu vzhledem k podložce. Všechny rozměry kolmo k podložce (výška výtisku) se po žíhání navýšily, rozměry rovnoběžné s podložkou se zkrátily. Několik vzorků se vlivem vysoké teploty rozteklo, zatímco jiné projevily pouze menší tvarovou a rozměrovou odchylku. U všech žíhaných vzorků došlo k nárůstu pevnosti v tahu, přičemž velikost pevnosti byla závislá na teplotě žíhání. Při měření doby žíhání nebyl zjištěn rozdíl mezi dobou žíhání 15 minut a 240 minut. Jakmile se materiál v celém svém objemu ohřál na požadovanou teplotu a vlivem relaxace se deformoval, neměla už další doba žíhání na výslednou pevnost měřitelný vliv.

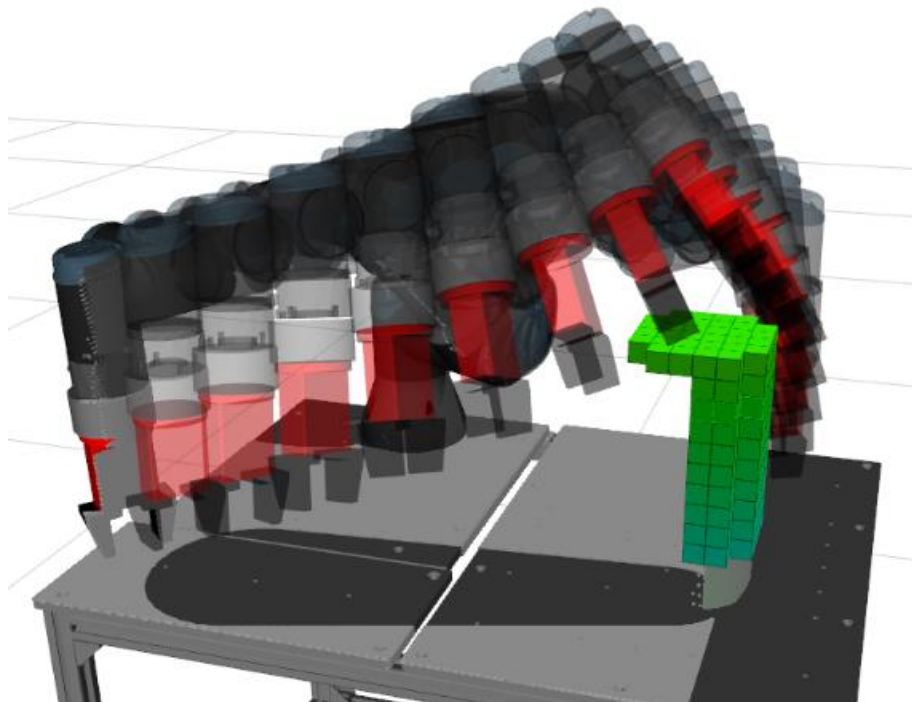


Obr. Roztečené vzorky po žihání (nalevo), tahový diagram pro různé teploty žihání (napravo)

6.2.12. Optimalizace parametrů pro automatické plánování trajektorie 6-osého robotu

Za účelem testování frameworku MoveIt!, reprezentujícího aktuální stav techniky v oblasti plánování trajektorie v dynamickém prostředí, bylo připraveno pracoviště s kolaborativním robotem UR3. Následně byly provedeny benchmarky pro tento framework a algoritmy plánování pohybu dostupné v jeho rámci, které umožnily efektivnější nastavení systému. Jako testovací prostředí bylo připraveno pracoviště s robotem UR3, monitorované jednou hloubkovou kamerou RealSense D435 (viz obrázek níže). Pro off-line simulaci byl vytvořen simulační model pracoviště pro simulační prostředí Gazebo.

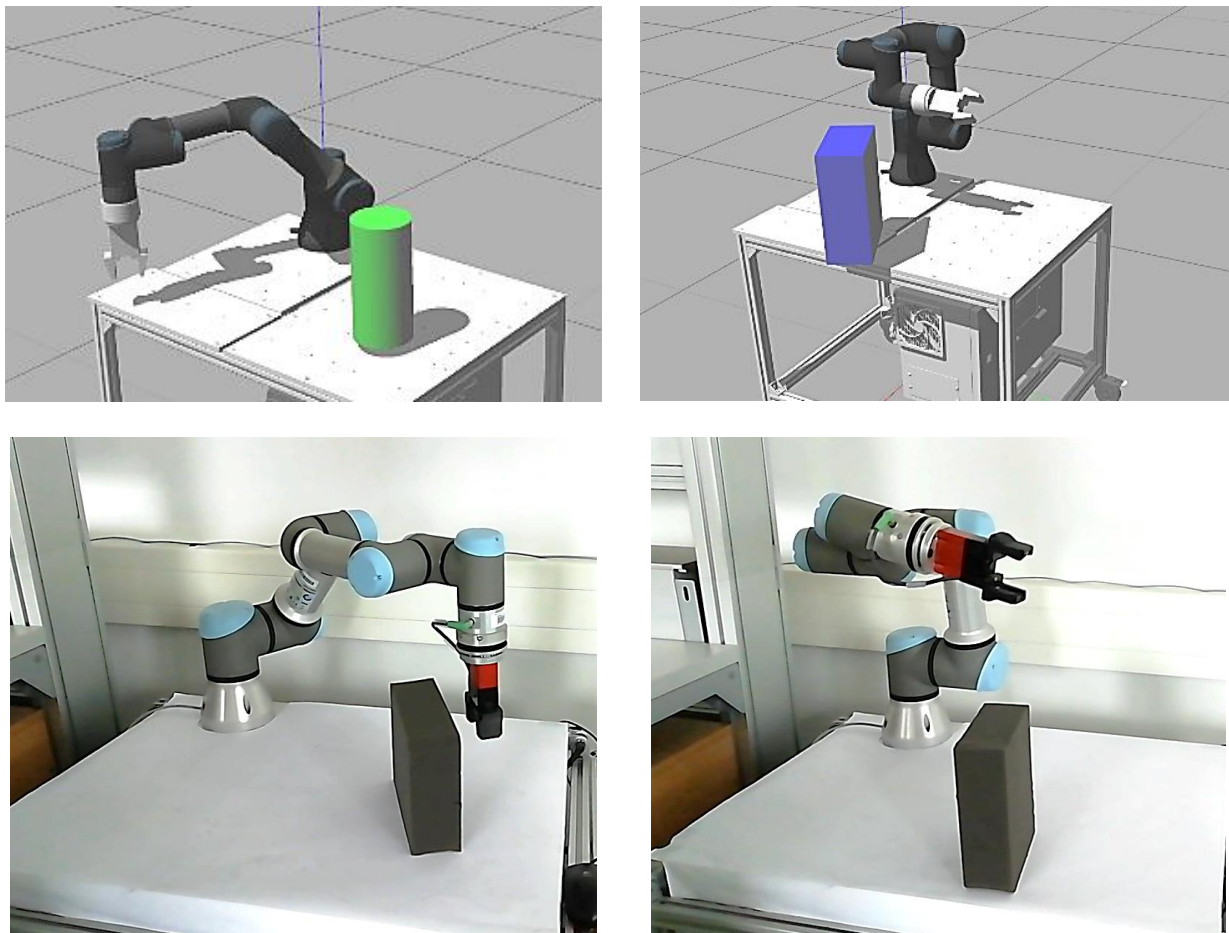
Cílem ladění parametrů percepce a plánování je nalezení takové kombinace hodnot parametrů, při které čas plánování a vykonávání všech pohybů bude minimalizován současně s dosažením maximálního poměru úspěšně vykonaných pokusů vzhledem k celkovému počtu pokusů. Pro posouzení vlivů jednotlivých nastavení na rychlost plánování a délku trajektorie byl proveden následující virtuální benchmark, kdy v simulačním modelu v pracovním prostoru robotu byla



Obr. Vizualizace trajektorie robotu plánované kolem překážky. Trajektorie generovaná plánovačem RRTConnect

umístěna překážka. Celkem bylo změřeno 31 variant nastavení systému včetně výchozího. Pro každé nastavení bylo provedeno 30 simulačních cyklů (tedy celkem 930 cyklů).

Následně na základě zjištěných hodnot vlivů jednotlivých parametrů na celkovou výkonnost systému byly zvoleny 3 parametry pro provedení optimalizací jejich nastavení za pomoci optimalizace hejnem částic (Particle Swarm Optimization). Optimalizační proces byl proveden 2krát, každý se skládal z 625 cyklů měření. Pro ověření výsledků optimalizace byly provedené benchmarky v simulovaném a reálném prostředí – viz obrázek níže.



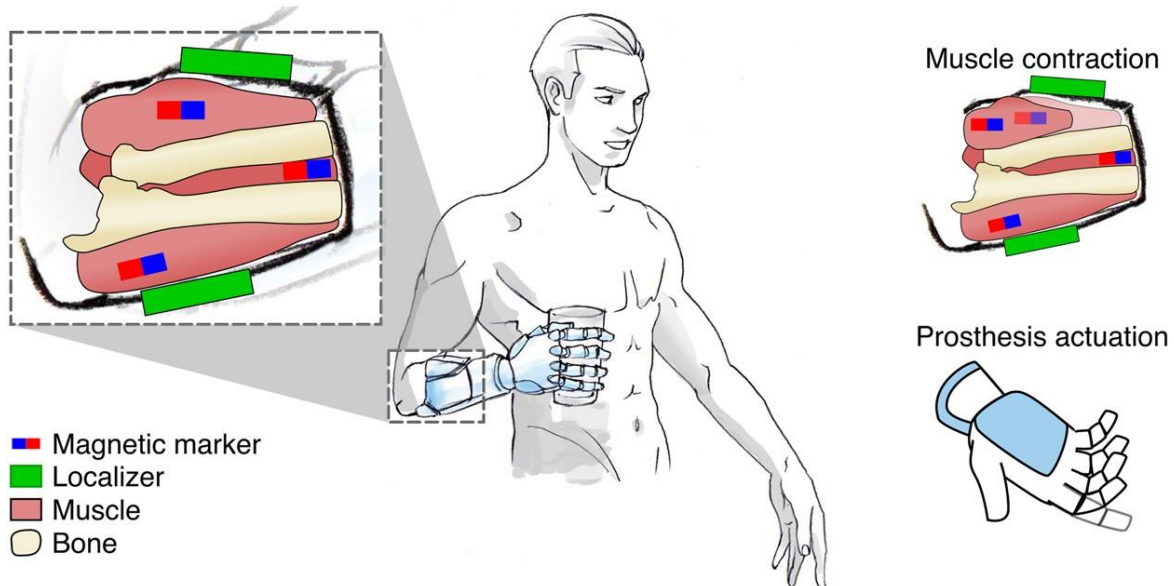
Obr. Provedené benchmarky

Během každého benchmarku byly porovnány výkonnosti systémů při optimalizovaném a výchozím nastavení. Pro měření a porovnání výkonnosti těchto variant každá z nich byla měřena 30krát. Oba benchmarky provedené v simulaci s použitím optimalizovaného nastavení ukazují zlepšení měřených parametru cyklu (doby plánování a vykonání pohybu). Výsledky benchmarků provedených s reálným pracovištěm jsou podobné výsledkům benchmarků se simulovaným modelem.

6.2.13. Analýza současného stavu problematiky ovládní protéz horních končetin a zajištění propriocepce

Ztráta ruky významně ovlivní pracovní a společenský život člověka. U mnoha pacientů může umělá končetina zlepšit jejich mobilitu a schopnost zvládat každodenní činnosti a poskytnout prostředky k samostatnosti. Přestože protetika jako oblast medicíny vznikla před mnoha staletími, stále se jedná o oblast, která se vyvíjí a do značné míry závisí na výzkumu nových

technologií. Ani nejmodernější inovace a objevy v této oblasti nemohou poskytnout ideální náhradu za ztracené funkce končetin. Za posledních sedmdesát let bylo vyvinuto několik přístupů k realizaci řízení protéz, přičemž dnes je nejčastěji používanou technologií elektromyografie (EMG). Existují však i jiné méně známé a teoretické techniky, které mohou potenciálně představovat řadu výhod, jako je současná proporcionální kontrola nad více stupni volnosti (DOF) a možnost intuitivní proprioceptivní zpětné vazby. Byla provedena rozsáhlá analýza dostupných metod realizace kontrolního systému pro protézy rukou. Analyzované techniky zahrnují elektromyografii, magnetomyografii, elektrickou impedanční tomografii, kapacitní snímání, infračervenou spektroskopii, sonomyografii, optickou myografii, silovou myografii, fonomyografii, myokinetické ovládaní a moderní přístupy ke kineplastice.

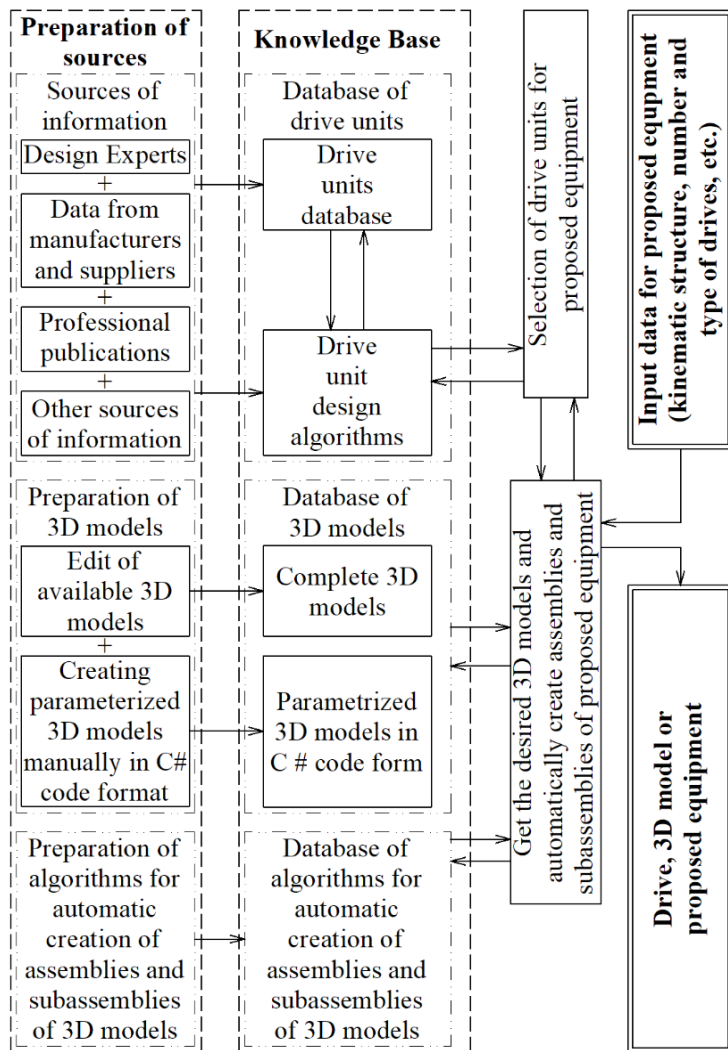


Obr. Příklad perspektivního přístupu k problematice ovládaní protézy - projekt MYKI

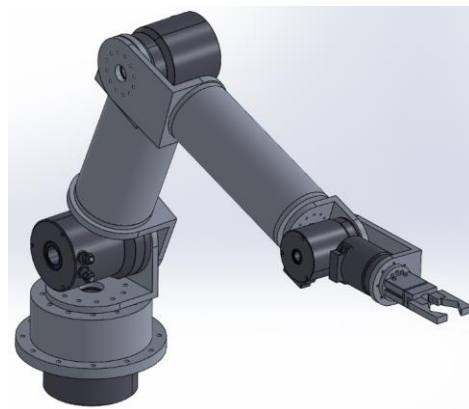
Analýza také zahrnuje kombinace těchto přístupů, které v mnoha případech dosahují lepší přesnosti při zmírnění slabostí jednotlivých metod. Analýza je zaměřena na praktickou použitelnost přístupů a analyzuje současné výzvy spojené s každou technikou spolu s jejich vztahem k proprioceptivní zpětné vazbě, což je důležitý faktor pro intuitivní ovládaní protetického zařízení, zejména u protetických rukou s velkým počtem stupňů volnosti.

6.2.14. Automatizace návrhu konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů

Návrh konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů, resp. jejich jednotlivých konstrukčních uzlů, je proces náročný jak z pohledu potřebných odborných znalostí, tak z pohledu potřebného času. Z tohoto důvodu je na pracovišti katedry robotiky vyvíjena původní znalostní databáze a softwarové nástroje, které by tyto procesy výrazně usnadnily a urychlily. Na obrázku níže je naznačeno schéma znalostní databáze.



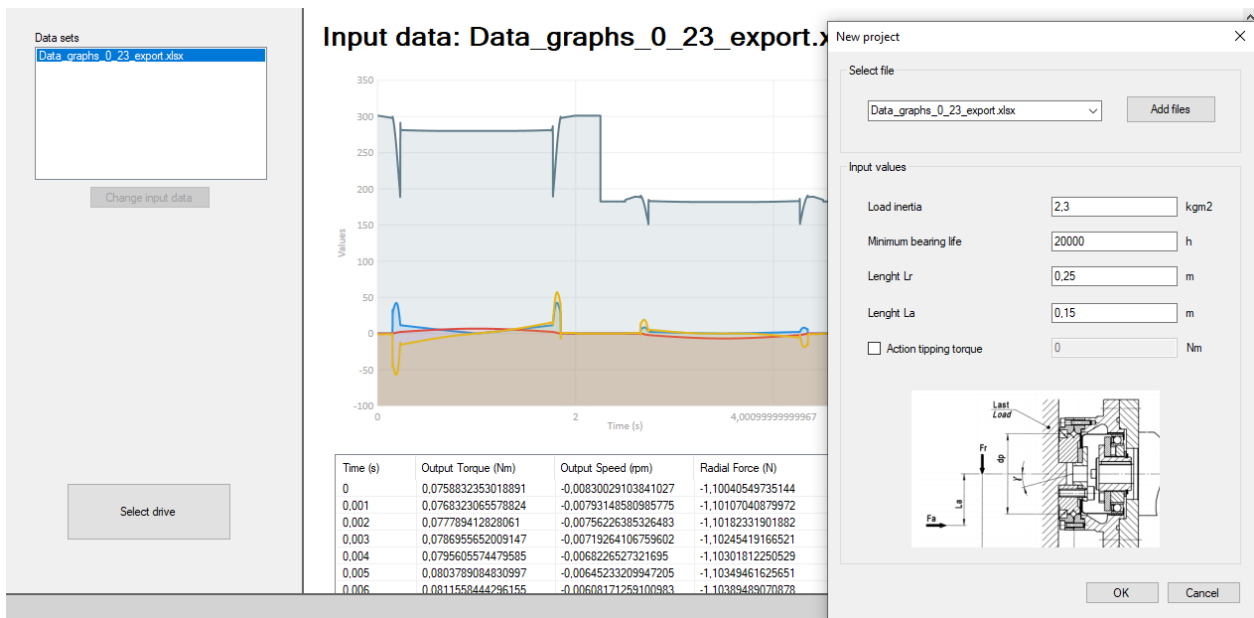
Obr. Schéma znalostní databáze



Obr. Automaticky (na základě požadovaných parametrů) vygenerovaný 3D model robotického ramena

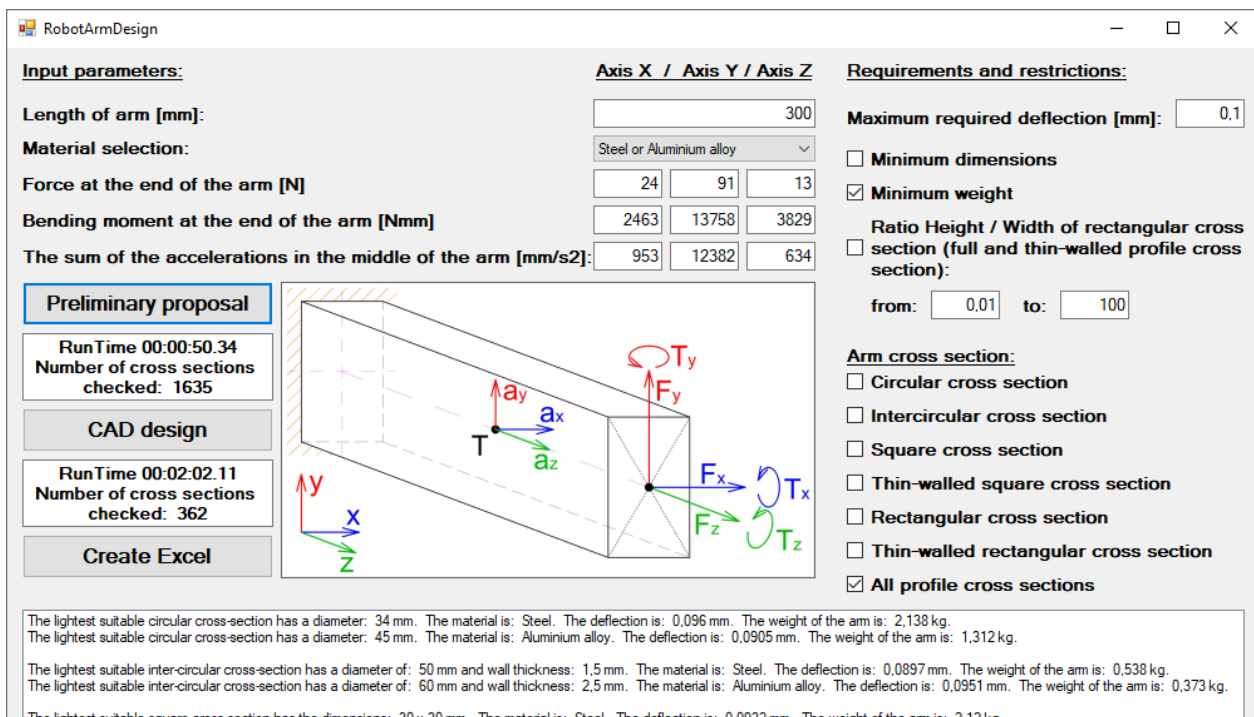
Znalostní databáze obsahuje jak předpřipravené 3D modely prvků, používaných v konstrukci průmyslových robotů a manipulátorů, tak parametrizované 3D modely v podobě kódů v jazyku C#, na jejichž základě je možné za pomoci API softwaru SolidWorks vytvářet 3D modely nové. Databáze také obsahuje sekvence kódů, s jejichž pomocí je možné vytvářet také požadované sestavné modely.

Za účelem zjednodušení a zkrácení doby vývoje jsou také postupně specializované vyvíjeny softwarové nástroje. Pro návrh pohonných kompaktních pohonných jednotek byl vyvinut software **Drive Picker**. Tento nástroj disponuje jak grafickým rozhraním, s jehož pomocí je možné zadávat hodnoty potřebné pro návrh pohonných jednotek, tak rozhraním, které umožňuje jeho propojení s dalšími simulačními softwarovými prostředky.



Obr. Softwarový nástroj Drive Picker

Pro návrh ramen průmyslových robotů a manipulátorů byl vyvinut softwarový nástroj **RobotArmDesign**. Tento nástroj disponuje databází dostupných plných a tenkostěnných průřezů. Na základě vstupních parametrů a vztahů vycházejících z Castigliánovy věty jsou vybrány rozměry profilů, které tyto parametry splňují. Výběr je také možné omezit z pohledu minimálních rozměrů, hmotnosti nebo poměrů stran u vybraných druhů průřezů. Při návrhu je také možné využít propojení s CAD systémem SolidWorks a jeho modulem pro pevnostní analýzy.

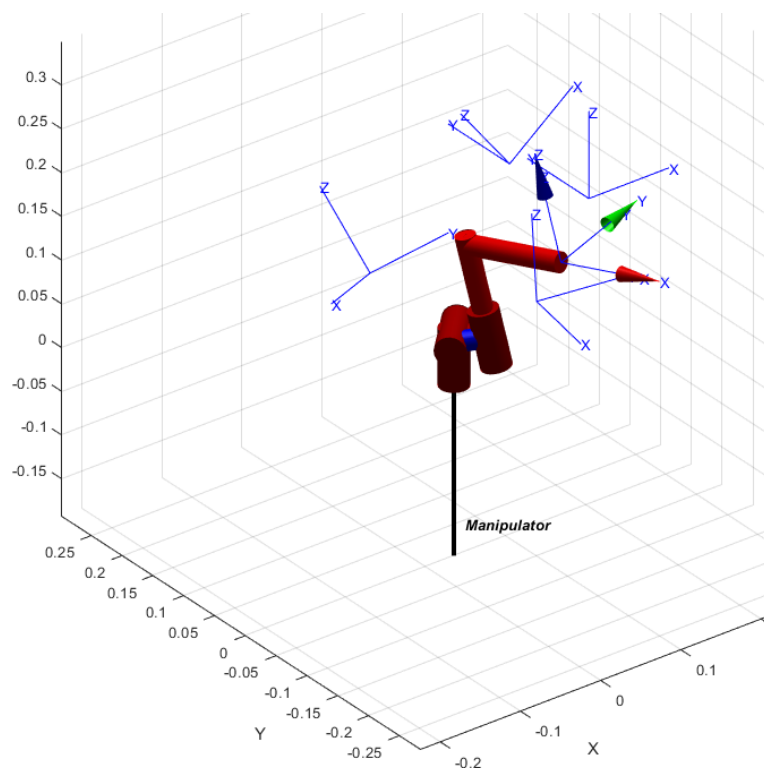


Obr. Softwarový nástroj RobotArmDesign

6.2.15. Syntéza kinematické struktury robotického manipulátoru v obecném tvaru

Syntézou kinematické struktury manipulátoru je rozuměno hledání takové struktury, která je schopna vykonat požadovanou úlohu. Výhody manipulátoru vytvořeného „na míru“ zadání jsou snížení energetické náročnosti, minimalizace počtu os a tedy ceny, případně vyhnutí se kolizím v hustě zastavěném prostoru, kde by dnes běžné univerzální manipulátory ani nemohly být nasazeny.

Pro dosažení cíle jsou využívány numerické metody, jelikož analytický přístup je velmi složitým, dosud nevyřešeným problémem. Jednou z metod, kterou ke stanovení kinematické struktury využíváme, je nelineární programování, které spadá pod velmi širokou skupinu optimalizačních algoritmu. Snahou je najít lokální minimum cílové funkce, přičemž vstupem jsou koordinační souřadnice polohy a natočení jednotlivých poloh, které musí manipulátor splnit. Výsledkem je tabulka Denavit-Hartenbergových parametrů, což je jedna z nejrozšířenějších notací pro popis kinematické struktury manipulátoru.



Obr. Příklad výsledku syntézy kinematické struktury manipulátoru

Na obrázku výše je graficky vyobrazen jeden z možných výsledků syntézy kinematické struktury manipulátoru. Pět koordinačních systémů (modře) sloužily algoritmu jako vstupní hodnoty. Metoda našla možné řešení pro 3 stupně volnosti (3 osy – motory robotu), které jsou znázorněny tmavě červeným tlustým válcem. Tenký váleček znázorňuje odsazení koncového efektoru robotu, jeho souřadný systém se nachází ve stejné poloze jako jeden vstupní koordinační systém.

6.3. Nově podané projekty

Název projektu (číslo, označení)	Poskytovatel grantu	Rok zahájení řešení	Délka řešení (roky)	Odpovědný řešitel	Stav návrhu (přijetí)	Fin. objem (Kč)
SP2021/47 - Digitální dvojčata robotických systémů a procesů	MŠMT	2021	1	Ing. Václav Krys, Ph.D.	probíhá řízení	720 k
Nízkonákladové technologie	MŠMT	2020	2	Prof. Mostýn	Přijat	2,5 M
NCK MESTEC	MŠMT	2021	1,3	Prof. Novák	přijat	2,5 M
Studentský mobilní robot pro mezinárodní soutěže		2021	1	Ing. Robert Pastor	Přijat	124 k

Ve spolupráci s SUT Gliwice a TU Košice byl připraven a podán návrh projektu Erasmus+ za účelem prohloubení systematické spolupráce při výuce mechatroniky. Projekt však nebyl přijat.

6.4. Zahraniční pobyty pedagogů i studentů

Slovensko:

- doc. Bobovský, Ing. Krys – TU Košice, leden
- Ing. Vocetka, Ing. Oščádal – TU Košice, leden–únor

Rakousko:

- doc. Bobovský, Ing. Krys, Ing. Huczala, Ing. Mlotek – Joanneum research - Robotics, Klagenfurt, únor
- Ing. Huczala – University of Innsbruck, červenec-srpen

Polsko:

- doc. Bobovský, Ing. Krys – SUT Gliwice, únor

Dánsko:

- Ing. Pastor, IT University, Kodaň,

Finsko:

- Ing. Heczko, březen, pobyt z důvodu COVID-19 přerušen

6.5. Nové laboratoře, laboratorní přístroje

Na webových stránkách Fakulty strojní jsou k dispozici panoramatické fotografie vybraných laboratoří a pracovišť. Je zde k nahlédnutí i naše Centrum robotiky –

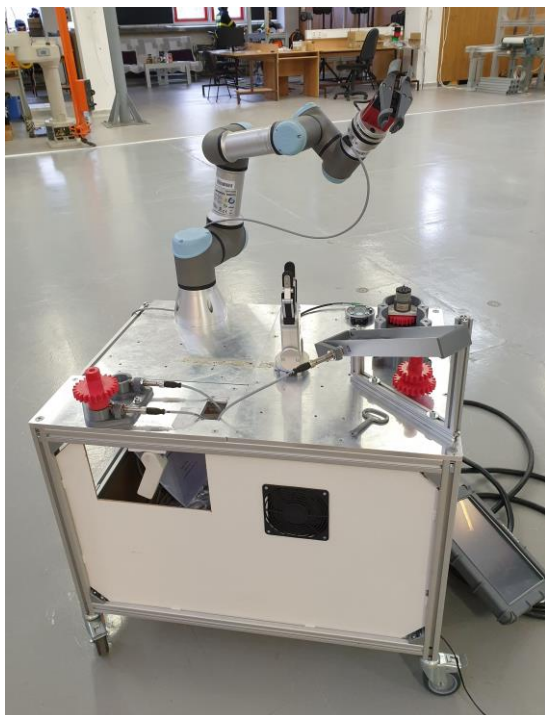


Obr. <https://tourmkr.com/F1HkXNQESO/16644803p&190.36h&89.84t>

6.5.1. Demonstrační pracoviště s kolaborativním robotem I

V rámci řešené BP a jeho dalšího rozšíření realizovaného v rámci SGS projektu bylo navrženo a realizováno demonstrační a výukové pracoviště s robotem UR3., uzpůsobené snadnému transportu.

Dále bylo provedeno nové elektro zapojení pracoviště s robotem IRB 360 a jeho periferií v souladu s platnou legislativou. Modifikován byl systém strojového vidění a vnější dopravníkový pás. Je určeno pro zpracování nových demonstračních a výukových úloh.



Obr. Mobilní demonstrační pracoviště s robotem UR3



Obr. Robotizované pracoviště s robotem ABB IRB360, dopravníky a systémem strojového vidění

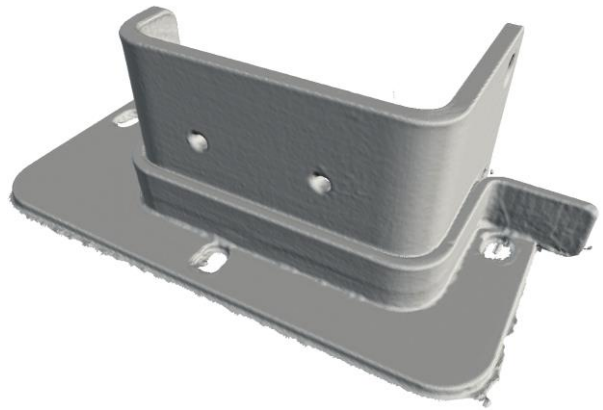
6.5.2. 3D skenovací jednotka

V souvislosti s řešením projektu *Platforma pro výzkum orientovaný na Průmysl 4.0 a robotiku v ostravské aglomeraci* byl pořízen systém na vytváření 3D skenů fyzických objektů za účelem automatizované identifikace neznámé mechanické součástky – pomocí 3D skeneru se vytvoří mračno bodů a to je poté srovnáváno s modely v databázi na základě speciálně navrženého algoritmu.

Systém byl dodán firmou Photoneo a sestává z dvojice skenerů *PhoXi 3D Scanner M*, které je pomocí polohovatelných stativů možno umístit do požadovaných pozic nad motorizovaný rotační stůl. Funkčnost celku zajišťuje software *PhoXi 3D Meshing*, který řídí scannery i rotační stůl a rovněž provádí spojení a filtrování jednotlivých mračen do výsledného 3D modelu. Počet kroků rotačního stolu je možno volně nastavit, přesné polohy a natočení skenerů vůči stolu jsou detekovány pomocí kalibračního procesu. Skenerů je možno použít libovolný počet – dvojice byla zvolena jako kompromis umožňující dostatečné pokrytí povrchu skenovaného objektu (každý scanner je umístěn v jiné výšce) při zachování přijatelné pořizovací ceny a délky skenování.



Obr. Skenovací systém při vytváření 3D skenu

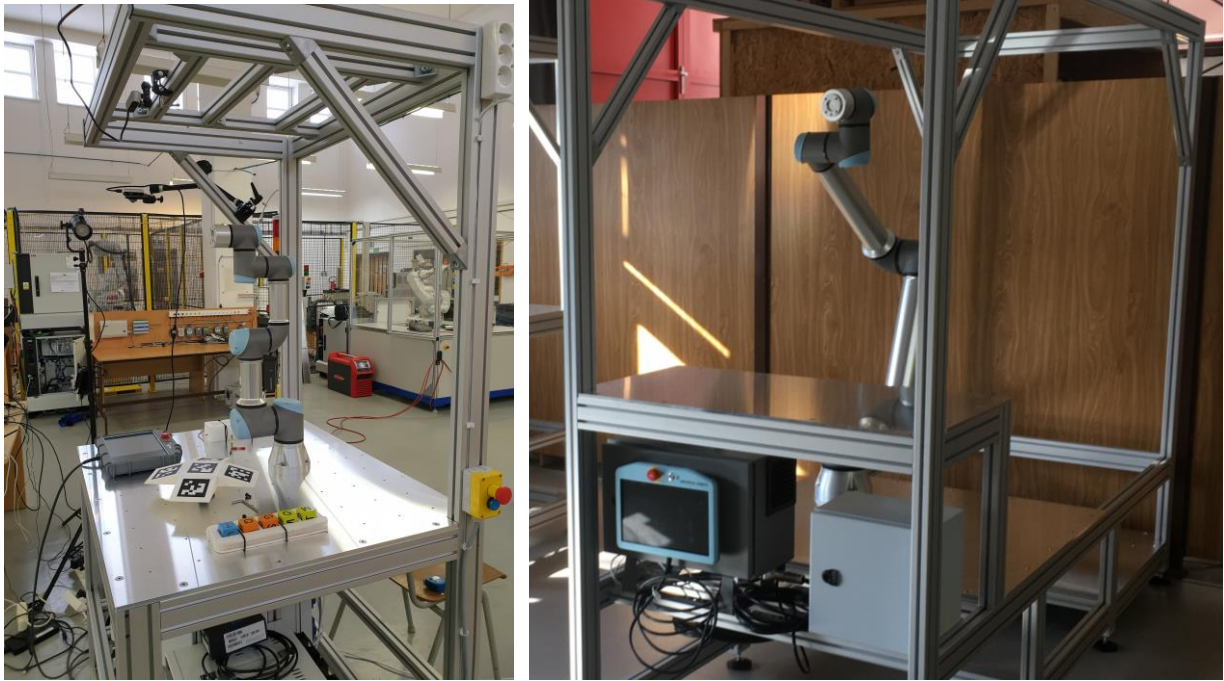


Obr. Příklad výsledného 3D modelu součástky

6.5.3. Modulární pracoviště s Coboty II a III

Modulární pracoviště se dvěma roboty od firmy Universal Robots je určeno pro vědu a výzkum, a zároveň pro výuku se spolupracujícími roboty. Propojením obou pracovišť vzniká systém, kde větší z robotů UR10 může zasahovat do pracovního prostředí menšího robotu UR3 a simulovat tak překážku. Robustní hliníkový rám může být osazen profily pro kotvení příslušenství, jako jsou kamery a jiná měřicí zařízení. Roboty jsou upevněny k hliníkovým deskám, které slouží jako pracovní plochy, obě pracoviště disponují pracovní plochou ve výšce, která je určena pro spolupráci s obsluhou. Na deskách je soustava závitových děr pro připevnění periferních zařízení.

Dle prováděné úlohy je koncová příruba robotu osazena elektrickým efektozem RG2/RG6 od firmy OnRobot nebo jiným měřicím/uchopovacím/pasivním prvkem. Kabeláž na koncový efektor může být vedena flexibilním kabelovým kanálem.

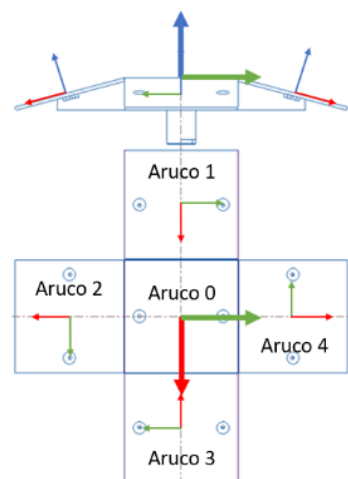


Obr. Modulární pracoviště s kolaborativními roboty UR3 a UR10

Pracoviště jsou dále rozšiřována o bezpečnostní prvky, které dovolí provozování pracovišť i mimo limity požadavků pro přímou spolupráci s robotem. Další infrastruktura pracovišť zvyšující možnosti a komfort práce jsou postupně doplňovány. V případě testů s lidskou obsluhou může být nejprve využita figurína.

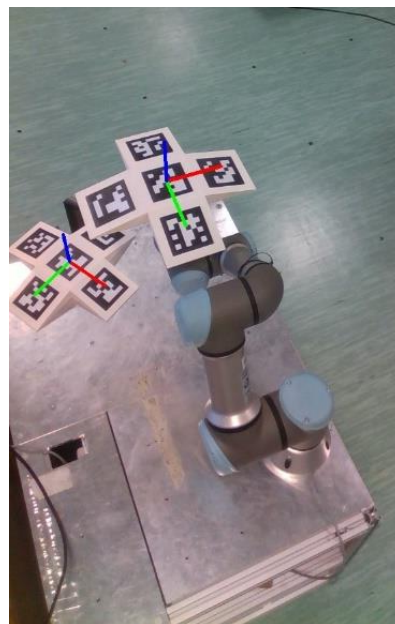
6.5.4. Identifikace pracoviště

Pro přesnější pozicování kamer a objektů v pracovním prostoru jsme vytvořili novou knihovnu pro detekci 3D gridboardu, s Aruco tagy – viz obrázek. Tato knihovna kombinuje jednoduchou detekci 2D Aruco tagů, s nově vytvořeným 3D rozmístěnými tagy. Jelikož je známá pozice jednotlivých tagů, je tedy každý tag transformován do souřadného systému 3D gridboardu a tyto transformované systémy se následně filtrují. To umožňuje robustnější filtraci, která vede k řádově přesnějším výsledkům.



Obr. 3D Gridboard

S touto technologií byla možnost určovat rozmístění pracoviště a měřit přesnost systému viz obrázek. Zde se určovala pozice manipulátoru, rozměry koncového efektoru, a pozice kamer vůči základnímu souřadnému systému.

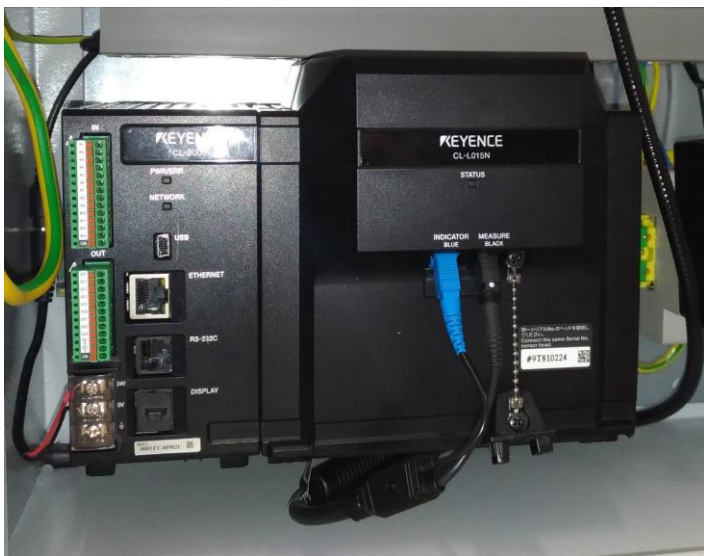


Obr. Měření rozmístění pracoviště

Tato metoda představuje rychlé a levné řešení pro určování layoutu pracoviště a pro kontrolu, zda se na pracovišti nachází veškeré periferie, které jsou zapotřebí pro danou část procesu, který se má vykonávat na pracovišti. Přesnost systému se odvíjí od velikosti použitých značek a přesnosti kalibrace kamery. Obecně tato metoda umožňuje identifikaci na přesnosti s chybou do 2 mm.

6.5.5. Konfokální měřicí systém

Pro potřeby velmi přesného snímání polohování koncového bodu průmyslového robotu byl pořízen bezkontaktní měřicí systém CL-3000 od firmy Keyence. Konfokální princip optického měření vzdáleností umožňuje provádět velmi přesná bezkontaktní měření malých vzdáleností, hloubek a nerovností v rozsahu do několika desítek mm s absolutní přesností v řádu jednotek mikrometrů a s rozlišením již od desítek nanometrů.



Obr. Konfokální měřicí systém – vyhodnocovací jednotka a senzor v montážním držáku

Technické parametry měřicího systému:

- Referenční vzdálenost: 15 mm
- Referenční měřicí rozsah: $\pm 1,3$ mm (Linearita $\pm 0,49$ μm)
- Měřicí rozsah v režimu vysoké přesnosti: $\pm 0,5$ mm (Linearita $\pm 0,41$ μm)
- Rozlišení: 0,25 μm
- Průměr měřicího bodu: $\varnothing 25$ μm

Měřicí systém je instalován na Centru Robotiky a slouží pro precizní měření přesnosti polohování průmyslového robotu ABB IRB1200. V rámci měření se vyhodnocuje změna přesnosti polohování v závislosti na měnící se teplotě konstrukce ramene robotu. Měřicí systém nabízí široké možnosti komunikace – USB, Ethernet či RS232. Pro potřeby měření s měřicí jednotkou komunikuje specializovaný software, který zajišťuje i sběr dat z teploměrů rozmístěných na rameni robotu.

6.6. Počítačové učebny, výpočetní technika

V Centru robotiky – „Stará menza“ byla počítačová učebna s 20 PC pro výuku CAD systémů přesunuta do bývalé přednáškové místnosti. Přednášky probíhají v nově získané místnosti v prostorách Staré menzy KaMT27 (bývalá sborovna KTVS). Došlo tak k uvolnění plochy laboratoře, kde mohou probíhat výzkumné aktivity bez vyrušování probíhající výuky.

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,
- Univerzita obrany Brno, Katedra vojenské robotiky,
- Moravskoslezský automobilový klastr,
- Vojenský opravárenský podnik Nový Jičín,
- C-modul, s.r.o.
- Vitesco Technologies (Continental),
- Brose,
- Hella
- Brano,
- Varroc,
- Moravský výzkum,
- Elvac,
- ABB,
- a další...

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

7.2. Spolupráce se subjekty v zahraničí

- 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
- Joanneum research – robotics, Klagenfurt, Rakousko – nestandardní manipulátory
- 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

Z důvodu omezení v souvislosti s covid-19 nerealizováno.

8.2. Mezinárodní konference a semináře

Z důvodu omezení v souvislosti s covid-19 nerealizováno.

8.3. Jiné akce

8.3.1. Dny NATO

Z důvodu omezení v souvislosti s covid-19 nerealizováno.

8.3.2. Noc vědců

Příprava podkladů, scénáře a textu komentáře videa „Příběh robotů“ (Pastor, Vocetka, Krys). Video je dostupné na odkazu: https://www.youtube.com/watch?v=5GBI3yOR_k4. V anglické verzi pak na odkazu: <https://www.youtube.com/watch?v=-Sffw7dUHRg>.



Obr. Noc vědců – natáčení v Centru robotiky

9. PUBLIKAČNÍ ČINNOST

9.1. Články v zahraničních časopisech

Vysocký, A., Grushko, S., Oščádal, P., Kot, T., Babjak, J., Jánoš, R., Sukop, M., Bobovský, Z. [Analysis of Precision and Stability of Hand Tracking with Leap Motion Sensor](#). *Sensors* 2020. 2020, 20, 4088. [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 3.275, pořadí 15/64 (Q1)

Grushko, S., Spurný, T., Černý, M. [Control Methods for Transradial Prostheses Based on Remnant Muscle Activity and Its Relationship with Proprioceptive Feedback](#). *Sensors*. 2020, vol. 20, issue 17. e-ISSN 1424-4822. [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 3.275, pořadí 15/64 (Q1)

Oščádal, P., Heczko, D., Vysocký, A., Mlotek, J., Novák, P., Virgala, I., Sukop, M., Bobovský, Z. [Improved Pose Estimation of Aruco Tags Using a Novel 3D Placement Strategy](#). *Sensors* 2020. 2020. 20(17). [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 3.275, pořadí 15/64 (Q1)

Virgala, I., Kelemen, M., Božek, P., Bobovský, Z., Hagara, M., Prada, E., Oščádal, P., Varga, M. [Investigation of Snake Robot Locomotion Possibilities in a Pipe](#). *Symmetry*. 2020, vol. 12, issue 6. e-ISSN 2073-3899. [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 2.645, pořadí 29/71 (Q2)

Kelemenová, T., Dovica, M., Božek, P., Koláriková, I., Benedik, O., Virgala, I., Prada, E., Miková, L., Kot, T., Kelemen, M. [Specific Problems in Measurement of Coefficient of Friction Using Variable Incidence Tribometer](#). *Symmetry*. 2020, 12(8). [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 2.645, pořadí 30/69 (Q2)

Huczala, D., Oščádal, P., Spurný, T., Vysocký, A., Vocetka, M., Bobovský, Z. [Camera-Based Method for Identification of the Layout of a Robotic Workcell](#). *Applied sciences*. 2020, 10(21). [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 2.474, pořadí 32/91 (Q2)

Vocetka, M., Huňady, R., Hagara, M., Bobovský, Z., Kot, T., Krys, V. [Influence of the Approach Direction on the Repeatability of an Industrial Robot](#). *Applied sciences*. 2020. 10(23), 8714. [Scopus](#), Impact factor 2.474, pořadí 32/91 (Q2)

Vysocký, A., Papřok, R., Šafařík, J., Kot, T., Bobovský, Z., Novák, P., Snášel, V. [Reduction in Robotic Arm Energy Consumption by Particle Swarm Optimization](#). *Applied sciences*. 2020, 10(22), 8241. [Scopus](#), [WoS](#), Impact factor 2.474, pořadí 32/91 (Q2)

Oščádal, P., Huczala, D., Bém, J., Krys, V., Bobovský, Z. [Smart Building Surveillance System as Shared Sensory System for Localization of AGVs](#). *Applied sciences*. 2020. 10(23). [Scopus](#), Impact factor 2.474, pořadí 32/91 (Q2)

9.2. Články v domácích časopisech

Jha, V., Grushko, S., Mlotek, J., Kot, T., Krys, V., Oščádal, P., Bobovský, Z. [A Depth Image Quality Benchmark of Three Popular Low-Cost Depth Cameras](#). *MM Science Journal*. 2020, issue December, pp. 4194-4200.

Mostýn, V., Huczala, D., Moczulski, W., Timofiejczuk, A. [Dimensional optimization of the robotic arm to reduce energy consumption](#). *MM Science Journal*. 2020, issue March, pp. 3745-3753. ISSN 1803-3126. e-ISSN 1805-5047. [Scopus](#), [WoS](#)

Paška, Z., Rojíček, J., Ferfecki, P., Fusek, M., Heczko, D., Krys, V. [Methodology of Arm Design for Mobile Robot Manipulator Using Topological Optimization](#). *MM Science Journal*. 2020, vol. 2020, issue June, pp. 3918-3925. ISSN 1803-3126. [Scopus](#), [WoS](#)

Suder, J., Bobovský, Z., Zeman, Z., Mlotek, J., Vocetka, M. [The Influence of Annealing Temperature on Tensile Strength of Polylactic Acid](#). *MM Science Journal*. 2020, issue November, pp. 4132-4137. [Scopus](#), [WoS](#)

Vocetka, M., Suder, J., Huczala, D. [The Use of the Two-Handed Collaborative Robot in Non-Collaborative Application](#). *Acta Polytechnica*. 2020, vol. 60, issue 2, pp. 151-157. ISSN 1210-2709. [Scopus](#), [WoS](#)

Grushko, S., Vysocký, A., Jha, V., Pastor, R., Bobovský, Z., Prada, E., Miková, L. [Tuning Perception and Motion Planning Parameters for Moveit! Framework](#). *MM Science Journal*. 2020, issue November, pp. 4154-4163. [Scopus](#), [WoS](#)

9.3. Příspěvky na konferencích

Suder, J., Machalla, V., Safář, M., Heczko, D., Zeman, Z. [Influence of Annealing Time on Tensile Strength and Change of Dimensions of PLA Samples Produced by Fused Filament Fabrication](#). In *EAN 2020 58th conference on experimental stress analysis*. Ostrava : VSB-TU Ostrava, 2020. pp. 476-482. ISBN 978-80-248-4451-0.

Machalla, V., Suder, J., Fojtík, F., Zeman, Z. [Testing of Glued Joints on 3D Printed Flexible Materials Made by FFF Technology](#). In *EAN 2020 58th conference on experimental stress analysis*. Ostrava : VSB-TU Ostrava, 2020. pp. 302-307. ISBN 978-80-248-4451-0.

Pastor, R., Huczala, D., Vysocký, A., Oščádal, P., Mlotek, J., Heczko, D., Zeman, Z., Široký, P. [Modular Rover Design for Exploration and Analytical Tasks](#). In *Lecture Notes in Computer Science*. 2020. pp. 203-215. ISBN 9783030438890. ISSN 0302-2974. [Scopus](#)

Aktuální přehled publikační činnosti a dalších výstupů Katedry robotiky je uveden na:

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

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