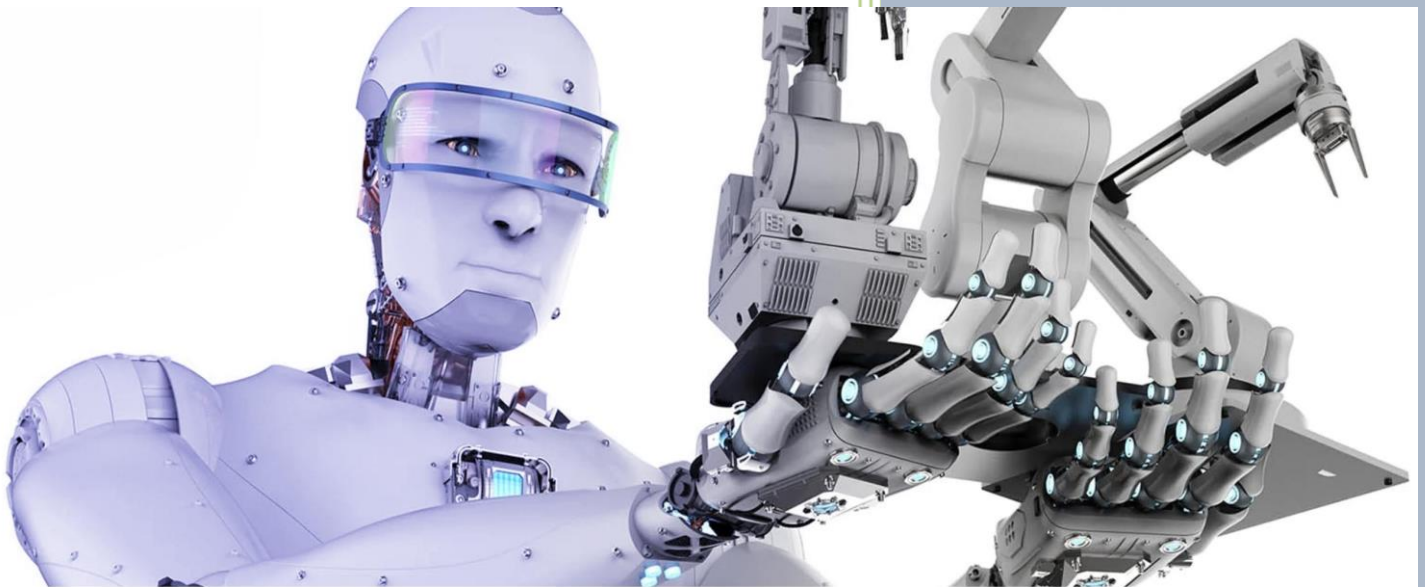


2022

Výroční zpráva Katedry robotiky



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

17. 1. 2023

Výroční zpráva za rok 2022

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 sítě: <https://www.facebook.com/robot.vsb.cz>
https://www.instagram.com/katedra_robotiky/
<https://www.youtube.com/user/robot354>

1. OBSAH

1.	OBSAH	3
2.	PROFIL PRACOVIŠTĚ	5
3.	PERSONÁLNÍ SLOŽENÍ PRACOVIŠTĚ.....	6
3.1.	Seznam pracovníků	6
3.1.1.	Odborný profil profesorů, docentů a odborných asistentů.....	6
4.	PEDAGOGICKÁ ČINNOST	7
4.1.	Pracovištěm garantované studium	7
4.1.1.	Bakalářské studium	7
4.1.2.	Magisterské studium	9
4.1.3.	Doktorské studium	12
4.1.4.	Cena Wernera von Siemens 2021	13
4.2.	Obhájené závěrečné práce.....	15
4.2.1.	Bakalářské práce	15
4.2.2.	Diplomové práce	16
4.3.	Seznam doktorandů.....	17
4.4.	Obhájené disertační práce	18
4.5.	Studentské projekty	20
4.5.1.	SGS 2022	20
4.5.2.	Anatolian Rover Challenge.....	22
4.5.3.	DGS 2022.....	23
5.	SPOLUPRÁCE V OBLASTI PEDAGOGICKÉ.....	24
5.1.	Významná spolupráce pracoviště se subjekty v ČR	24
5.2.	Významná spolupráce pracoviště se zahraničními partnery	26
5.3.	Zahraníční pobyty pedagogů i studentů pracoviště.....	26
5.4.	Přijetí zahraničních hostů nebo studentů	28
6.	VĚDECKO-VÝZKUMNÁ ČINNOST	30
6.1.	Řešené projekty.....	31
6.2.	Hlavní směry výzkumu a vývoje na pracovišti.....	32
6.2.1.	Systém automatizace návrhu průmyslových robotů a manipulátorů	32
6.2.2.	Automatický návrh robotického manipulátoru	35
6.2.3.	Implementace průmyslového robotu do prostředí IoT.....	36
6.2.4.	Zvyšování přesnosti manipulátoru	37
6.2.5.	Tvar měnitelné nosné prvky robotických systémů	38

6.2.6.	Řídicí systém kolaborativního robotu pro práci v dynamickém prostředí.....	39
6.2.7.	Trénování modelu pro barevně nezávislou segmentaci rukou z obrazu RGB-D kamery založeného na neuronových sítích	40
6.2.8.	Nalezení optimální polohy 2D senzorů pro zlepšení odhadu polohy objektu	42
6.2.9.	Detekce dynamických překážek na pracovišti s kolaborativními roboty	43
6.2.10.	Optimalizace počtu kamer na robotizovaném pracovišti.....	44
6.3.	Nově podané projekty	46
6.4.	Nové laboratoře, laboratorní přístroje	46
6.4.1.	Testovací pracoviště experimentálních robotů I	46
6.4.2.	Testovací pracoviště experimentálních robotů II.....	47
6.5.	Počítačové učebny, výpočetní technika	49
7.	SPOLUPRÁCE VE VĚDĚ A VÝZKUMU	50
7.1.	Spolupráce se subjekty v ČR	50
7.2.	Spolupráce se subjekty v zahraničí	51
8.	ODBORNÉ AKCE	52
8.1.	Národní konference a semináře.....	52
8.2.	Mezinárodní konference a semináře	52
8.3.	Jiné akce.....	54
8.3.1.	Kopřivnické dny techniky	54
8.3.2.	Art & Science.....	54
8.3.3.	Talent City.....	55
8.3.4.	Dny NATO.....	55
8.3.5.	Noc Vědců.....	56
8.3.6.	Mezinárodní strojírenský veletrh	56
8.3.7.	Dobré ráno na České televizi	57
9.	PUBLIKAČNÍ ČINNOST.....	58
9.1.	Články v zahraničních časopisech	58
9.2.	Články v domácích časopisech	58
9.3.	Příspěvky na mezinárodních konferencích	58
9.4.	Aplikované výstupy	59
9.4.1.	Prototypy, funkční vzorky.....	59
9.4.2.	Patenty, užitné vzory, průmyslové vzory.....	59
9.4.3.	Autorizovaný software.....	59

2. PROFIL PRACOVÍŠTĚ

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 průmyslové a servisní robotiky i aplikace robotů 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, specializaci v rámci bakalářského studijního programu Strojírenství a následně také v navazujícím magisterském studiu ve studijním programu Strojní inženýrství se třemi specializacemi na Fakultě strojní. Katedra rovněž garantuje stejnojmenný doktorský studijní program 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 nejen 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 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.

Pracovníci katedry i studenti řeší teoretické i aplikační úlohy, odpovídající uvedenému zaměření. Výuka probíhá v prostorách **Centra 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 PRACOVISŤĚ

3.1. Seznam pracovníků

(stav k 31. 12. 2022)

Vedoucí katedry:	prof. Dr. Ing. Petr Novák
Zástupce vedoucího katedry:	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.
Tajemník katedry:	Ing. Václav Krys, Ph.D.
Sekretářka:	Ing. Petra Pišťačková
Profesoři:	Vladimír Mostýn, Petr Novák
Docenti:	Zdenko Bobovský, Tomáš Kot, Milan Mihola
Odborní asistenti:	Ing. Ladislav Kárník, CSc. Ing. Václav Krys, Ph.D. Ing. Aleš Vysocký, Ph.D. Ing. Stefan Grushko, Ph.D. Ing. Robert Pastor Ph.D. Ing. Jiří Suder Ph.D. Ing. Michal Vocetka, Ph.D.
Vědecko-výzkumní pracovníci:	Ing. Ján Babjak, Ph.D. Ing. Daniel Huczala, Ph.D. Ing. Dominik Heczko, Ph.D. Ing. Jakub Mlotek Ing. Petr Oščádal Ing. Zdeněk Zeman Ing. Jan Bém Ing. Adam Boleslavský Ing. Jakub Krejčí Ing. Tomáš Spurný Ing. Rostislav Wierbica

3.1.1. Odborný profil profesorů, docentů a odborných asistentů

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

4. PEDAGOGICKÁ ČINNOST

4.1. Pracovištěm garantované studium

4.1.1. Bakalářské studium

Název specializace: **Robotika**

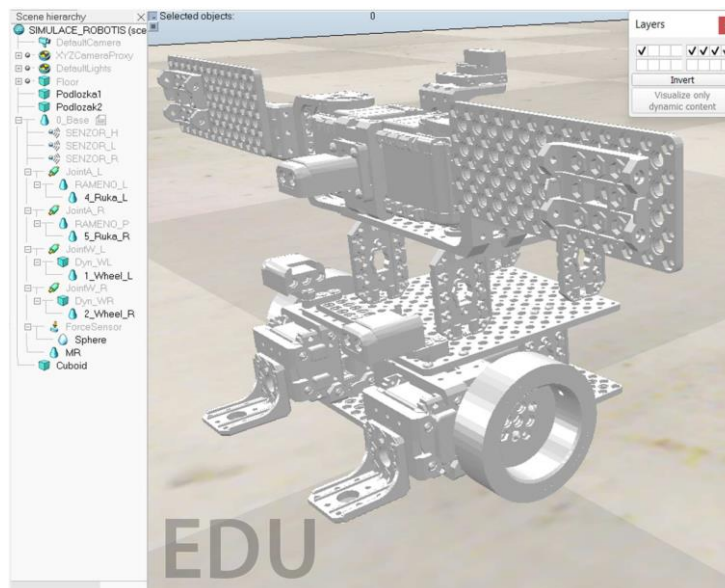
Studijní program: Strojírenství

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.



Obr. 4.1: (Bc.) David Benek, Digitální dvojče kolového servisního robotu, bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.

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.

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.



Obr. 4.2: (Bc.): Jan Szturc, Průzkumný modul mobilního robotu, bakalářská práce, vedoucí: Ing. Tomáš Spurný

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. Znalí základní metody syntézy mechatronických systémů a ovládají nástroje počítačové podpory jejich návrhu.

4.1.2. Magisterské studium

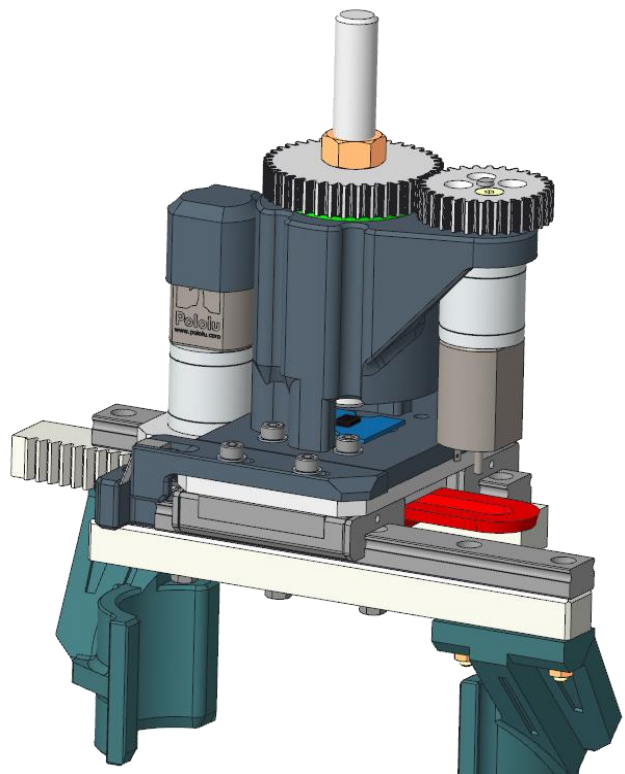
Název: **Robotika** (do š. r. 2021/2022)

Kód oboru: 2301T013-00

Garant oboru: Prof. Dr. Ing. Petr Novák

Profil absolventa:

Navazující magisterský studijní program **Robotika** je zaměřen na navrhování, konstrukci a řízení průmyslových robotů a manipulátorů a jejich subsystémů. Studijní program 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 výpočtových 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.



Obr. 4.3: (Ing.) Bc. Tomáš Poštulka, Manipulační modul pro mobilní robot K3P4, vedoucí DP: Ing. Robert Pastor, Ph.D.

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.

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).

Tento studijní program byl ve školním roce 2022/2023 ukončen a nahrazen nově akreditovaným stejnojmenným studijním programem Robotika děleným do tří specializací.

Název: **Robotika** (od š. r. 2022/2023)

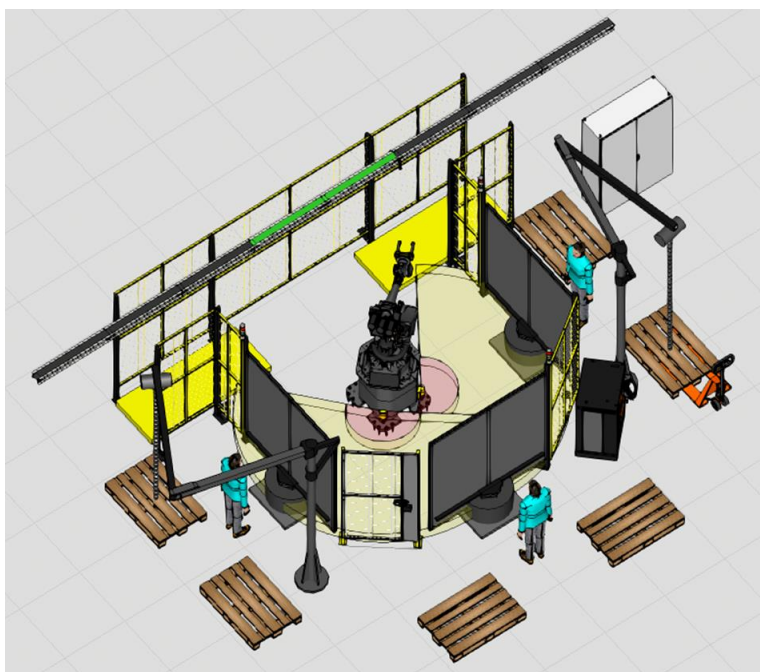
Kód studijního programu: N0719A270009 (česky), N0719A270010 (anglicky)

Garant oboru: Prof. Dr. Ing. Petr Novák

Jedná se o nově akreditovaný magisterský navazující studijní program, nahrazující současný stejnojmenný studijní program Robotika. Motivací bylo především modernizovat a aktualizovat obsahovou náplň výuky a vybavit absolventy kompetencemi a vědomostmi zohledňujícími současný stav tohoto velice dynamicky se rozvíjejícího oboru. Z tohoto důvodu tento studijní program nově nabízí tři specializace:

Projektování Robotizovaných pracovišť

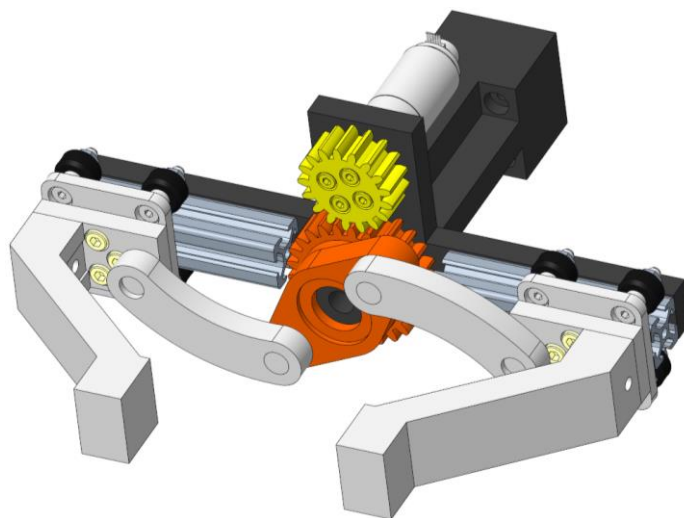
V rámci specializace Projektování robotizovaných pracovišť má absolvent odborné dovednosti v oblasti projektování robotizovaných pracovišť, včetně příslušných periférií, umí používat špičkové návrhové, simulační softwarové nástroje pro oblast projektování, dovede odborně komunikovat s dalšími odborníky 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.



Obr. 4.4: (Ing.) Bc. David Smékal, Návrh RTP - manipulace s díly v lakovně, vedoucí DP: Ing. Michal Vocetka.

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, senzorický a akční a vazeb mezi nimi.



Obr. 4.5: (Ing.) Bc. Aleš Franc, Efektor s posuvnými úchopnými prvky, vedoucí DP: doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D..

Servisní robotika

V rámci specializace Servisní robotika absolvent disponuje odbornými znalostmi navrhování a konstruování servisních robotů a jejich subsystémů, včetně jejich mechanické, hardwarové a softvérové části. Má znalosti o moderních materiálech a technologiích, včetně aditivních. Má znalosti o jednotlivých subsystémech, jako je řídicí, senzorický 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.



Obr. 4.6: (Ing.) Bc. Jakub Mlotek, Úprava a rozšíření mobilního robotu Viper, vedoucí DP: Ing. Václav Krys, Ph.D..

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.

Název: **Robotika** (od š. r. 2022/2023)
Číslo studijního programu: P0714D270003 (česky), P0714D270004 (anglicky)
Garant: prof. Dr. Ing. Petr Novák

Odborné znalosti absolventa

Studijní program je zaměřen na komplexní odborné znalosti absolventů zejména v oblasti konstrukce robotických zařízení, 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 dokážou 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. Dokážou srozumitelně a přesvědčivě sdělovat vlastní poznatky v oboru ostatním členům vědecké komunity na mezinárodní úrovni i široké veřejnosti.

4.1.4. Cena Wernera von Siemens 2021

Cenu Wernera von Siemens pořádá firma Siemens spolu s významnými představiteli vysokých škol a Akademie věd ČR, kteří jsou i garanty jednotlivých kategorií a podílejí se na vyhodnocení nejlepších prací. Ocenění za nejlepší práci na téma Průmysl 4.0 získal Ing. Stefan Grushko, Ph.D. (školitel doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.) a v Praze – Betlémské kapli – převzal 19. 5. 2022. Oceněna byla disertační práce s názvem „Plánování pohybu manipulátoru v dynamickém prostředí při využití informací z RGB-D senzoru“, obhájená v loňském roce 2021.



Obr. 4.7 Předávání Ceny Wernera von Siemens 2021 v sekci Průmysl 4.0



Obr. 4.8 Ceny Wernera von Siemens 2021 v sekci Průmysl 4.0

Abstrakt oceněné disertační práce:

Předložená disertační práce se zabývá tématem plánování trajektorie manipulátoru v dynamickém prostředí s využitím dat z RGB-D senzoru. Příkladem takového dynamického prostředí je sdílený pracovní prostor, kde robot spolupracuje s člověkem. Spolupráce mezi robotem a člověkem je aktuálním tématem v rámci konceptu Průmysl 4.0, otevírající možnost vytváření pracovišť s roboty, které mohou během pracovního cyklu přicházet do přímého kontaktu se zaměstnanci. Taková spolupráce přináší nové příležitosti ke zlepšení ergonomie a možností automatizace výroby. To se sebou však nese také rizika spojená s možností kolize robotu s člověkem. Adaptivní chování robotu – přeplánování trajektorie s ohledem na aktuální polohu operátora – může zvýšit efektivitu a bezpečnost spolupráce, protože robot bude schopen zabránit kolizím a pokračovat v dokončení úkolu. V takové situaci však uživatel nemůže předem vědět, jak bude trajektorie robotu vypadat po přeplánování, což může při interakci s robotem způsobit diskomfort a spolu s tím snížení efektivitu.

Výzkum v této práci se zaměřuje na téma plánování pohybu robotu a informování člověka o pohybu robotu během spolupráce ve sdíleném pracovním prostoru. Požadavkem je nejen teoretické zkoumání možností, ale také praktická realizace experimentálního pracoviště k ověření navržených principů. Úvodní část práce analyzuje současný stav v oblasti plánování trajektorií, frameworků plánování pohybu robotů, vnímání prostředí, přístupů ke zlepšení vzájemného povědomí během spolupráce člověk-robot a implementace zařízení taktilní zpětné vazby. Hlavním přínosem výzkumu je koncept nového kolaborativního systému, který kombinuje rychlé plánování trajektorie robotu se systémem pro upozornění uživatele na tuto plánovanou trajektorii robotu a jeho současný stav. Principy systému jsou implementovány a testovány na experimentálním kolaborativním pracovišti. Systém plánování trajektorie robotu je založen na frameworku plánování pohybu optimalizovaném pro lepší výkon v sadě úkolů simulovaných ve virtuálním prostředí. Předpokládá se, že použití navrhovaného notifikačního systému během spolupráce člověka s robotem zlepší celkový výkon, povědomí o plánované trajektorii robotu a podpoří pozitivní vnímání úlohy u člověka. Za účelem testování této hypotézy je prováděna uživatelská studie a její data jsou statisticky zpracovaná a analyzovaná. Výsledky ukazují potenciál vyvinutého přístupu pro zlepšování kvality interakce při spolupráci člověk-robot. Téma práce je relevantní pro nasazení spolupracujících robotů v průmyslových úlohách a zaměřuje se na zlepšení efektivitu spolupráce člověka a robotu.

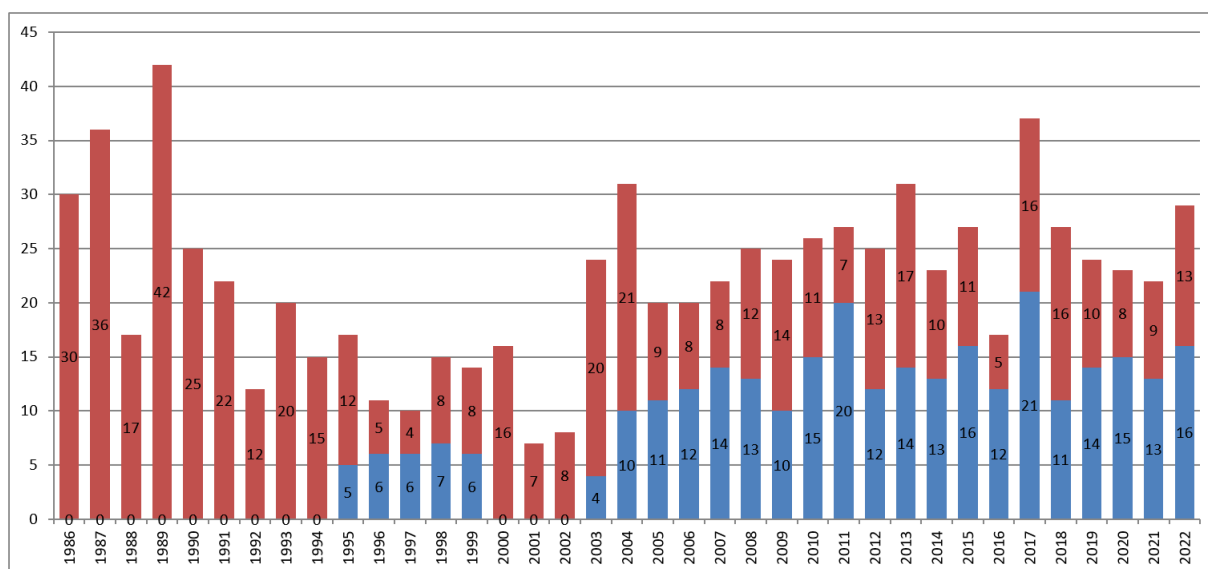
4.2. Obhájené závěrečné práce

4.2.1. Bakalářské práce

	Student	Vedoucí	Téma
1.	David Benek	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Digitální dvojče kolového servisního robotu
2.	Tomáš Drastik	Ing. Petr Oščádal	Automatizované pracoviště pro demonstrační účely
3.	Aleš Franc	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.	Efektor s posuvnými úchopnými prvky
4.	Lenka Hájková	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Digitální dvojče robotického manipulátoru
5.	Daniel Hartmann	Ing. Petr Oščádal	Inovace mobilního servisního robotu BigFoot
6.	Daniel Kostka	Ing. Jakub Mlotek	Návrh přísavkových efektorů s využitím výukové sady Schmalz
7.	Radim Kroček	Ing. Jakub Mlotek	Výměnný systém efektorů pro pracoviště s roboty ABB IRB 1200
8.	David Martynek	Ing. Zdeněk Zeman	Konstrukční návrh efektoru pro manipulaci s KLT boxy
9.	Libor Neuwirth	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Mobilní roboty pro logistiku
10.	Jan Palovský	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Analýza prostředků zamezujících kolizím robotů s člověkem
11.	Martin Petřík	Ing. Ján Babjak, Ph.D.	Rešerše technických prostředků pro zabezpečení RTP
12.	Vojtěch Skalka	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Softwarové aplikace pro řízení a správu mobilních robotů pro logistiku
13.	Lukáš Stypa	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Návrh automatického testovacího systému
14.	Radek Sukeník	Ing. Jan Bém	Lokomoční subsystém soutěžního roveru
15.	Radim Vybíral	Ing. Petr Oščádal	Analýza současného stavu mobilních servisních robotů založených na řídicím systému NVIDIA Jetson
16.	Tomáš Vyroubal	Ing. Daniel Huczala, Ph.D.	Konstrukční návrh spojovacích částí robotů s obecnou kinematickou strukturou

4.2.2. Diplomové práce

	Student	Vedoucí	Téma
1.	Radim Bednárik	Ing. Václav Krys, Ph.D.	Podpora simulací při návrhu robotizovaného pracoviště
2.	Karel Gattnar	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Návrh a realizace kolaborativního robotizovaného pracoviště s robotem YuMi
3.	Vojtěch Hanke	doc. Ing. Tomáš Kot, Ph.D.	Skenování velkých objektů pomocí automatizovaného systému
4.	Jakub Chlebek	Ing. Petr Oščádal	Nestandardní využití kolaborativních robotů
5.	Martin Kantor	Ing. Michal Vocetka, Ph.D.	Realizace demonstračních úloh na pracovišti s delta robotem.
6.	Jan Kelar	Ing. Michal Vocetka, Ph.D.	Automatizace montážního procesu
7.	Jiří Klus	Ing. Michal Vocetka, Ph.D.	Realizace demonstračních úloh na pracovišti s kooperativním robotem YuMi
8.	Jan Maslowski	Ing. Robert Pastor, Ph.D.	Plánování trajektorie ramene na základě vizuální detekce
9.	Ondřej Moša	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.	Aplikace pro řízení modulárního robotu se sériovou kinematickou strukturou
10.	Tomáš Poštulka	Ing. Robert Pastor, Ph.D.	Manipulační modul pro mobilní robot K3P4
11.	David Smékal	Ing. Michal Vocetka, Ph.D.	Automatizace procesu manipulace s díly v lakovně
12.	Michał Staszowski	Ing. Jiří Suder, Ph.D.	Konstrukční návrh zařízení pro automatické odvíjení a rovnání drátu
13.	Michal Zajíc	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.	Návrh robotického ramene pro kamerovou inspekci pracoviště



Obr. 4.6: Celkový přehled počtů absolventů oborů Katedry robotiky (dříve Výrobní systémy s Průmyslovými roboty a manipulátory a nyní Robotika) – Bc. modrá, Ing. červená

4.3. Seznam doktorandů

	Student	Téma práce	Roč.	Forma	Školitel
1.	Ing. Dominik Heczko, Ph.D.	Zvyšování přesnosti pozice a orientace objektů při jejich umístování manipulátorem	4.*	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
2.	Ing. Daniel Huczala, Ph.D.	Syntéza kinematické struktury robotických manipulátorů	4.*	P	Doc. Ing. Tomáš Kot, Ph.D.
3.	Ing. Michal Vocetka, Ph.D.	Zvyšování přesnosti manipulátorů	4.*	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
4.	Ing. Jakub Mlotek	Tvar měnitelné nosné prvky robotických systémů	4.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
5.	Ing. Petr Oščádal	Optimalizace trajektorie ramene robotu v dynamicky se měnícím pracovním prostoru	4.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
6.	Ing. Zdeněk Zeman	Topologický design ramen robotů	4.	P	prof. Dr. Ing. Petr Novák
7.	Ing. Jan Bém	Modularita jako klíčový aspekt robotiky	2.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
8.	Ing. Adam Boleslavský	Automatizace procesu návrhu mechatronických zařízení	2.	P	Doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.
9.	Ing. Jakub Krejčí	Koncepce IoRT (Internet of Robotic Things) a její využití	2.	P	Doc. Ing. Marek Babiuch, Ph.D.
10.	Ing. Tomáš Spurný	Plánování pohybu manipulátoru v dynamicky se měnícím pracovním prostoru	2.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
11.	Ing. Rostislav Wierbica	Nalezení optimální kinematické struktury robotického manipulátoru pro danou úlohu	2.	P	Doc. Ing. Tomáš Kot, Ph.D.
12.	Ing. Tomáš Poštulka	Asistovaná montáž s robotem	1.	P	prof. Dr. Ing. Petr Novák
13.	Ing. Jan Maslowski	Kalibrace multikamerového systému snímající pracovní prostor	1.	P	prof. Dr. Ing. Petr Novák
14.	Ing. Luboš Varecha	Vliv pozice manipulátoru na jeho přesnost	1.	K	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
15.	Ing. Ondřej Moša	Vliv tvaru měnitelných nosných prvků manipulátoru na jeho přesnost	1.	P	doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.
16.	Ing. Jakub Chlebek	Zkracování pracovního cyklu manipulátorů	1.	P	Doc. Ing. Tomáš Kot, Ph.D.

* Úspěšně ukončené doktorské studium v roce 2022

P/K – prezenční/kombinovaná forma studia

4.4. Obhájené disertační práce

Ing. Dominik Heczko, Ph.D.

Název: Zvyšování přesnosti pozice a orientace objektů při jejich umístění manipulátorem

Školitel: doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D.

Anotace:

Disertační práce se zabývá zvyšováním přesnosti polohy objektů při jejich umístění či montáži robotem. Průmyslové roboty se běžně používají v montážních linkách, kde se stále častěji využívá tzv. bin-picking, což je vytahování neuspořádaných předmětů z palety či krabice. Tato pick-and-place aplikace se řeší pomocí vision systému a robotu, který uchopené objekty ukládá na dopravník, který posouvá objekty na technologické lince pro další zpracování. V práci je představená možnost vynechat dopravník a uchopený objekt robotem použít pro danou montáž či manipulaci bezprostředně po uchopení objektu bin-picking systémem. Práce se věnuje zpřesnění odhadu polohy objektu v chapadle robotu (v 3D prostoru) Iterative Closest Point algoritmem. K zpřesnění odhadu polohy jsou klíčová správná vstupní data do ICP algoritmu, čehož se dosáhne skenováním relevantních prvků, geometrických primitiv daného objektu. Úvodní část této disertační práce se věnuje komerčně dostupným bin-picking systémům a přehledu aktuálního stavu řešené problematiky s možnostmi zpřesnění montáže či manipulace s objektem manipulace. Následně jsou stanoveny cíle práce, které vycházejí z průzkumu současného stavu a v souvislosti s projekty realizovanými katedrou robotiky. Vlastní část práce je rozdělena do dílčích kapitol, podle jednotlivých cílů práce. V práci je popsána metodika pro umístění senzorů vůči skenovanému objektu z různých materiálů pro zabezpečení sběru dat. Na základě získaných charakteristik je vytvořen simulační model pro účely virtuálního skenování a simulací. Následně je vytvořena metodika rozmístění senzorů pro zpřesnění odhadu polohy – hledání optimální polohy senzorů vůči skenovanému objektu s ohledem na získaná data pro vstup do ICP algoritmu. Simulační model, virtuální skenování a odhad polohy je ověřen na reálném systému.

Ing. Daniel Huczala, Ph.D.

Název: Syntéza kinematické struktury robotických manipulátorů

Školitel: doc. Ing. Tomáš Kot, Ph.D.

Anotace:

Tato disertační práce se zabývá tématem syntézy kinematických struktur sériových robotických manipulátorů. Kromě řešení tohoto problému prezentuje rešerši a stručné teoretické základy k tématu a analýzu robotických a optimalizačních toolboxů v softwaru MATLABTM, který je později použit pro implementaci. Před vlastním popisem algoritmu syntézy byly řešeny dvě přípravné úlohy. Nejprve byla představena analytická metoda, která určuje kinematickou strukturu robotu pro jednu polohu. Slouží jako počáteční odhad kinematické struktury a zabraňuje náhodnosti v optimalizačním procesu. Díky tomu je možné porovnat výsledky různých kinematických reprezentací robotů a metod návrhu optimalizačních omezení. Druhá přípravná úloha se zabývá automatickou konverzí mezi třemi vybranými kinematickými reprezentacemi: Denavit-Hartenbergova konvence, parametry dány Tait-Bryanovými (roll-pitch-yaw) úhly s translačním posunem os XYZ a reprezentace součinu exponenciál (Product of Exponentials). Samotný algoritmus syntézy používá numerické optimalizační techniky pro hledání lokálního minima funkce. Přináší inovace, jako je implementace více reprezentací, více metod návrhu omezujících podmínek optimalizace, a především možnost vzájemné kombinace výsledků, což výrazně zvyšuje kvalitu výsledků, jak bylo prokázáno. Dále jsou srovnány výsledky z pohledů reprezentací a metod

návrhu omezení. Souhrnně lze říci, že volba reprezentace a metody návrhu omezení má značný vliv na výsledek. Poslední část práce představuje metodu pro automatické umístění kloubů syntetizovaného manipulátoru do míst, ve kterých nedochází ke kolizím v daném prostředí. Experimentální manipulátor následně je navržen, sestaven a ověřen pro plnění dané úlohy.

Ing. Michal Vocetka, Ph.D.

Název: Zvyšování přesnosti manipulátorů

Školitel: doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD.

Anotace:

Disertační práce se zabývá možnostmi zvyšování přesnosti šestiosých angulárních manipulátorů s ohledem na vlastnosti jejich mechanické struktury. Práce popisuje postupy a dosažené výsledky dvou řešených výzkumných oblastí. V úvodu této práce jsou popsány příčiny vzniku nepřesností u průmyslových manipulátorů, norma, která se zabývá měřením klíčových provozních parametrů, inženýrské i vědecké postupy pro detekci nepřesnosti a případnou kompenzaci. Rovněž jsou popsány vhodné systémy pro měření přesnosti robotů. Dále jsou stanoveny cíle práce, tyto vycházejí z tezí disertační práce a konkrétních výzkumných úkolů, které byly a jsou na katedře robotiky řešeny. Vlastní práce je dělena do kapitol dle řešených témat. První výzkumnou oblastí je zkoumání vlivu směru přiblížení na dosažitelnou opakovatelnost. V rámci tohoto výzkumu byl za pomoci víceosých akcelerometrů a vysokorychlostního DIC kamerového systému zkoumán vliv směru přiblížení do měřeného bodu, na dosažitelnou opakovatelnost, byly realizované experimenty, jejichž cílem bylo tento vliv potvrdit a zároveň vyloučit ovlivnění zjištěných výsledků dalšími vlivy jako je kupříkladu drift, konkrétní pozice, hmotnost neseného objektu manipulace, rychlost přiblížení či vliv konkrétního robotu. Experimenty prováděné pro potřeby tohoto výzkumu byly realizovány na dvou robotech ABB IRB1200 5/09. V rámci následného výzkumu v oblasti zvyšování přesnosti manipulátorů byla experimentálně zjišťována míra vlivu změny teploty ramene robotu na dosahovanou opakovatelnost. Pro potřeby tohoto výzkumu byla dvojice robotu ABB IRB1200 5/09 a robot UR10e osazen aparaturou pro snímání aktuální teploty a rovněž bylo připraveno jednoúčelové měřicí hnízdo s konfokálním a liniiovými senzory pro víceosé měření. Cílem je navržení postupu pro kompenzaci driftu, při znalosti aktuální teploty ramene robotu. V závěru práce lze nalézt zhodnocení dosažených výsledků.

4.5. Studentské projekty

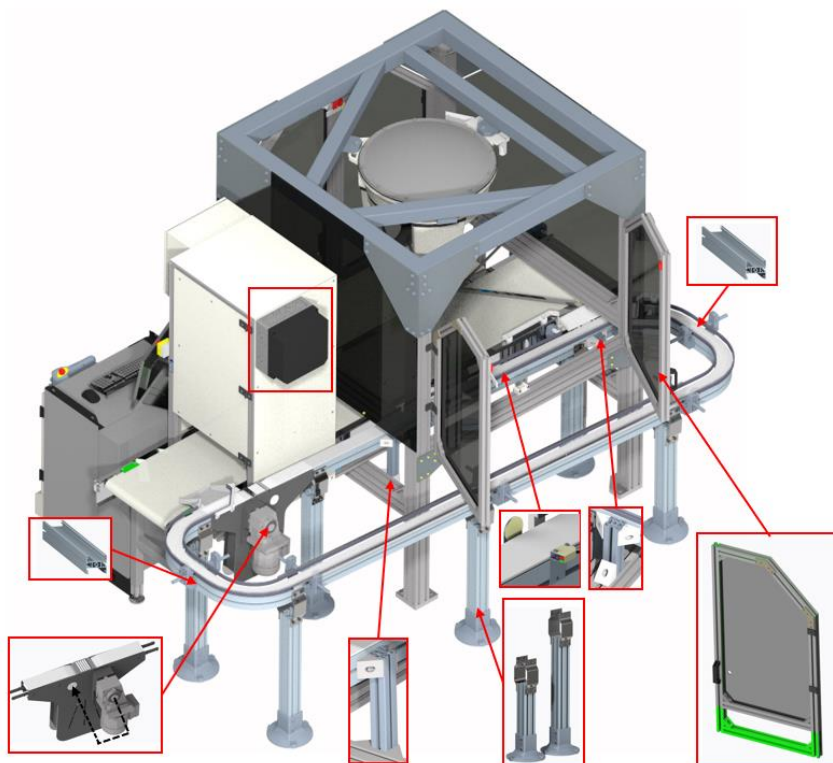
Popis projektů a aktivit realizovaných s významným zapojením studentů navazujícího magisterského studijního programu a doktorského studijního programu Robotika.

4.5.1. SGS 2022

Projekt studentské grantové soutěže (SGS) „Využití digitalizace robotických systémů při jejich návrhu“ byl rozdělen do 3 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 32 studentů doktorského a navazujícího studijního programu. V rámci řešeného projektu byla podpořena příprava 10 článků v domácích i zahraničních žurnálech a na konferencích. Z toho bylo 7 publikováno v žurnálech s impakt faktorem (3x Q1 a 4x Q2).

Hlavní aktivity projektu:

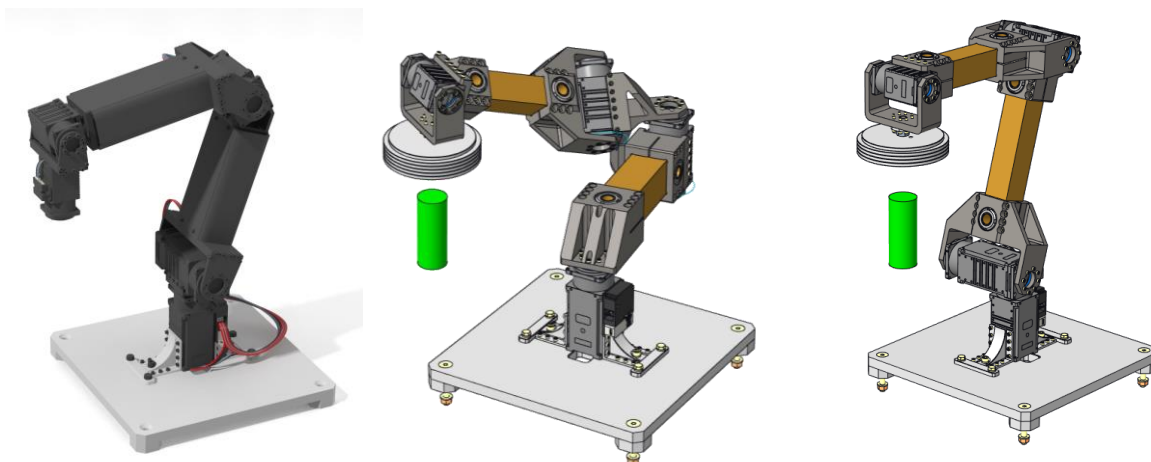
- Tvorba a verifikace metodik pro návrh robotizovaných pracovišť s podporou nástrojů digitalizace.
- Tvorba a verifikace metodik pro návrh mobilních robotů s podporou nástrojů digitalizace.
- Metody a postupy pro sběr dat a provozních parametrů robotických systémů pro jejich využití v digitálních dvojčatech.



Obr. 4.7: Náhled 3D modelu upraveného pracoviště s robotem IRB 360 s integrovaným článkovým dopravníkem a znázorněním upravovaných částí pracoviště

V roce 2022 bylo obhájeno celkem 12 závěrečných prací (3 disertační a 9 diplomových) podpořených nebo souvisejících s SGS projektem:

- Ing. Dominik Heczko, Ph.D. – Zvyšování přesnosti pozice a orientace objektů při jejich umístění manipulátorem
- Ing. Daniel Huczala, Ph.D. – The Synthesis of Kinematic Structure of Robotic Manipulators
- Ing. Michal Vocetka, Ph.D. – Zvyšování přesnosti manipulátorů
- Ing. Radim Bednárik – Podpora simulací při návrhu robotizovaného pracoviště
- Ing. Jakub Chlebek – Nestandardní využití kolaborativních robotů
- Ing. Martin Kantor – Realizace demonstračních úloh na pracovišti s delta robotem
- Ing. Jan Kelar – Automatizace montážního procesu
- Ing. Jiří Klus – Realizace demonstračních úloh na pracovišti s kooperativním robotem YuMi
- Ing. Jan Maslowski – Plánování trajektorie ramene na základě vizuální detekce
- Ing. Ondřej Moša – Aplikace pro řízení modulárního robotu se sériovou kinematickou strukturou
- Ing. Tomáš Poštulka – Manipulační modul pro mobilní robot K3P4
- Ing. David Smékal – Návrh robotického pracoviště pro navěšování plechových dílů v lakovně



Obr. 4.8: Testování generovaných struktur manipulátorů pro zadanou manipulační úlohu

4.5.2. Anatolian Rover Challenge

Soutěžní tým RoverOva, organizovaný studenty naší katedry se v roce 2022 účastnil soutěže Anatolian Rover Challenge v Turecku. Jednalo se o první ročník soutěže a pro všechny zúčastněné týmy tedy o neznámé prostředí. Náš tým vyrazil do Istanbulu v počtu 9 lidí a po čtyřdenním soutěžním nasazení se umístil na čtvrtém místě. Zároveň vedle hlavního soutěžního hodnocení probíhalo několik vedlejších prezentací, ze kterých jsme si odnesli ocenění za nejlepší manipulátor a nejlepší průjezdnost terénem.

V přípravách na soutěž byl soutěžní rover K3P4 na začátku roku 2022 výrazně přestavěn na robustnější kinematiku podvozku s měkčími bezdušovými pneumatikami. Díky těmto změnám dokáže rover přejet překážky vyšší, než je průměr jeho kol. Zároveň jsme rozšířili komunikační výbavu roveru o redundantní komunikační kanály pro případ výpadku signálu. V návaznosti na tento projekt bylo v roce 2022 obhájeny tři bakalářské a dvě diplomové práce.



Obr. 4.9: Soutěžní studentský tým s fanoušky na soutěži ARC 2022 v Istanbulu



Obr. 4.10: Soutěžní mobilní robot K3P4 (vlevo) během jízdy na ARC 2022 v Istanbulu

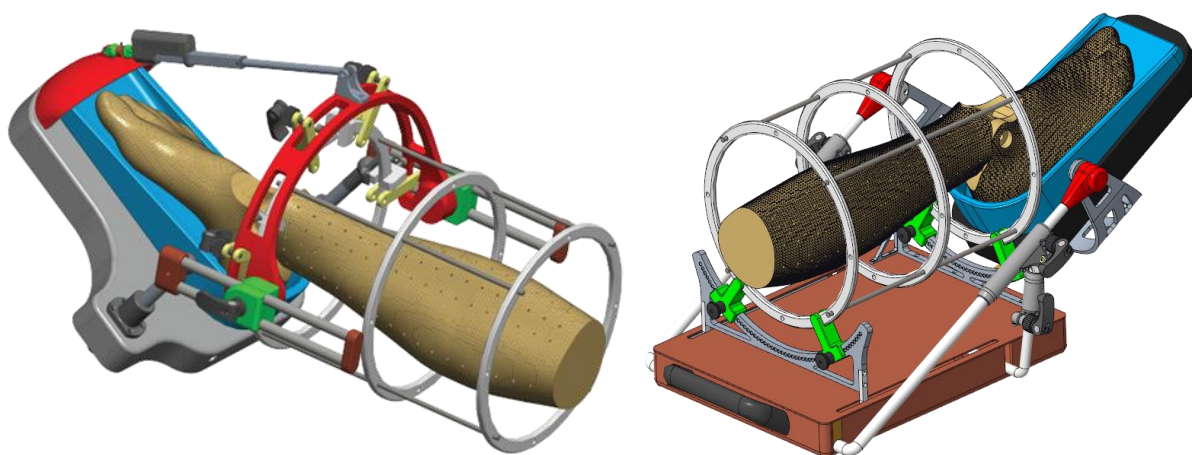
4.5.3. DGS 2022

Projekt doktorandské grantové soutěže (DSG) „*Vývoj a optimalizace rehabilitačního zařízení*“ byl rozdělen do několika hlavních aktivit. Projekt je zaměřen na vývoj a zdokonalení rehabilitačního zařízení pro dolní končetiny. Zařízení může sloužit k rehabilitaci pacientů po polytraumatických poraněních, jejichž rekonvalescence vyžaduje dlouhodobý rehabilitační proces. Těchto pacientů je velké množství a pracovní síla rehabilitačních pracovníků je časově a fyzicky omezená. Z tohoto důvodu je téměř nemožné zajistit lepší péči o pacienty.

Cílem tohoto projektu bylo vyvinout plně automatizované rehabilitační zařízení, které urychlí rekonvalescenci po komplikovaném úrazu a zabrání případnému tělesnému poškození (např. ekvinózní kontraktuře Achillovy šlachy) způsobenému nerehabilitací. Důraz je kladen na automatický a autonomní postup. Tím by mělo být dosaženo snížení zátěže pracovních sil nemocnice a zároveň rehabilitace většího počtu pacientů najednou s individuálním záměrem.

Výběr hlavních aktivit projektu:

- Spolupráce s odborníky z traumatologického a rehabilitačního oddělení Fakultní nemocnice Ostrava.
- Prohloubení znalostí v oblasti rehabilitace a traumatologie.
- Parametry pro správné fungování vybraného mechanismu.
- Návrh zařízení a funkční simulace požadovaného pohybu.
- Výsledky z potřebných testů.
- Návrh softwarové aplikace (přesná a bezpečná strategie řízení).
- Funkční prototyp vyvinutého zařízení.
- Výzkumná zpráva.



Obr. 4.11: Dvě navržené varianty řešení

5. SPOLUPRÁCE V OBLASTI PEDAGOGICKÉ

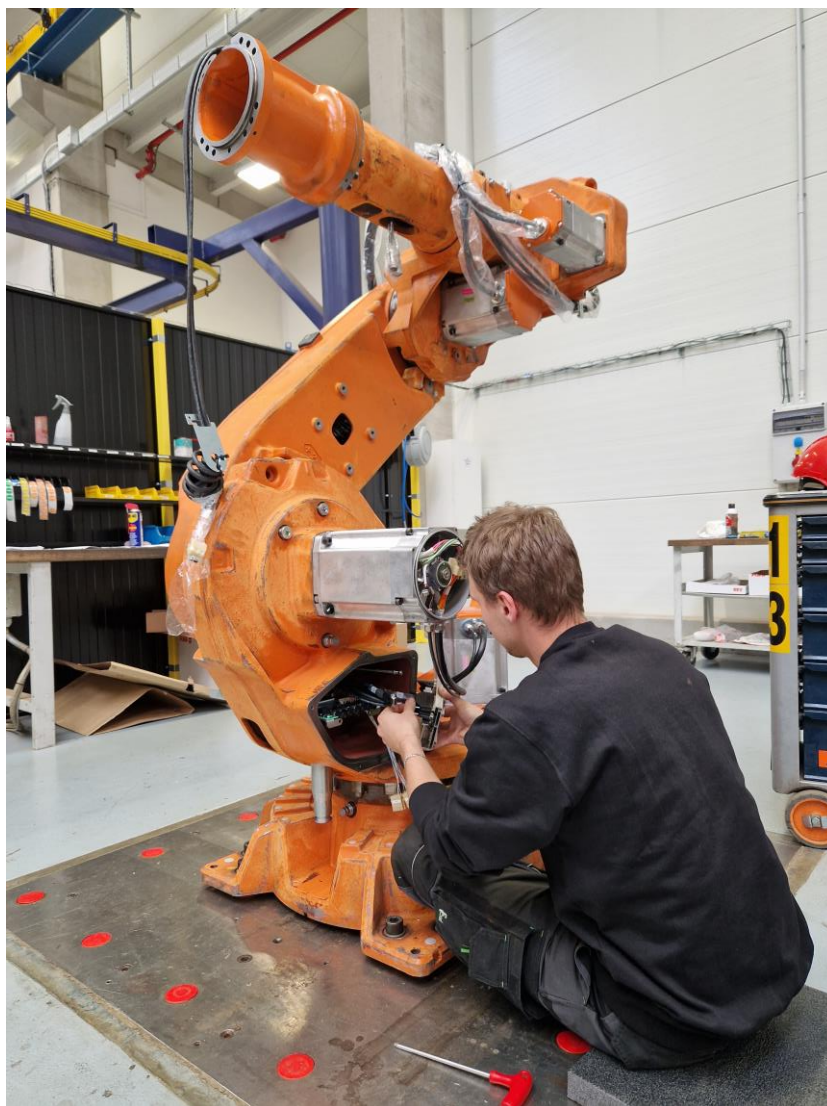
5.1. Významná spolupráce pracoviště se subjekty v ČR

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

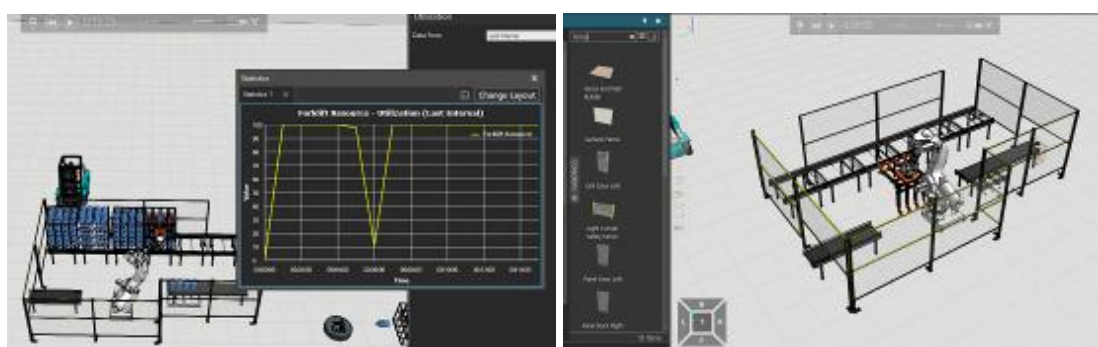
- ABB – již sedmým rokem probíhají v průběhu zimního semestru týdenní odborné stáže studentů (5. ročník) v ABB, letos poprvé v nově otevřeném centru v Mošnově – celosvětové repas centrum průmyslových robotů ABB, kde provádějí kompletní rozebrání a následnou zpětnou montáž průmyslových robotů plus potřebná výstupní měření. Studenti v posledním ročníku studia mohou absolvovat test a získat oficiální ABB certifikát pro úroveň operátor, seřizovač, specialista a programátor.
- SoliCAD s.r.o. – Na základě vyhodnocení výstupů a implementace SW *Visual Components* do výuky bylo společností SoliCAD s.r.o. zajištěno použití tohoto simulačního systému pro výukové účely na další období. SW je využíván ve výuce projektování robotizovaných pracovišť pro koncepční návrhy pracovišť a ověřování sekvencí na nich prováděných operací.
- Siemens, Frenštát pod Radhoštěm – stáže studentů a témata diplomových prací.
- Mebster – odborná přednáška pro studenty.
- AV ENGINEERING a.s. - v rámci dlouhodobé spolupráce katedry s touto společností, která je dodavatelem SW nástrojů od PTC, se podařilo zajistit prodloužit licence nástrojů *ThingWorx* a *Vuforia* pro výukové účely za výrazně sníženou cenu.
- IngeTeam – odborná přednáška pro studenty a témata diplomových prací.
- ELAP výrobní družstvo – odborná přednáška pro studenty a zaměstnance.
- SURFIN Technology s.r.o. – odborná přednáška pro studenty a zaměstnance.



Obr. 5.1: Studenti katedry na odborné stáži v repas centru ABB



Obr. 5.2: Práce na průmyslovém robotu během odborné stáže v repas centru ABB



Obr. 5.3: Simulační modely robotizovaného pracoviště v SW Visual Components

5.2. Významná spolupráce pracoviště se zahraničními partnery

Slovensko

- Technická univerzita v Košiciach – Katedra výrobní techniky a robotiky, Katedra priemyselnej automatizácie a mechatroniky, Katedra aplikovanej mechanik a strojného inžinierstva, Katedra technológií, materiálov a počítačovej podpory výroby, Katedra priemyselného inžinierstva a informatiky,
- Slovenská technická univerzita v Bratislave – Ústav výrobných technológií,

Polsko

- Silesian University of Technology, Gliwice – Institute of Fundamentals of Machinery Design,

Rakousko

- University Innsbruck, Unit Geometry and CAD, Innsbruck

Finsko

- Department of Mechanical Engineering, Lappeenranta University of Technology

5.3. Zahraniční pobyty pedagogů i studentů pracoviště

Pracoviště	Účastníci pobytu	Náplň	Termín
University of Innsbruck, Unit of Geometry and Surveying na University of Innsbruck	Ing. Jiří Suder, Ph.D., Ing. Jakub Mlotek	Okrajové křivky deformační oblasti tvar-měnitelných nosných prvků robotických systémů a metody teorie prutů pro okrajové křivky deformačních oblastí.	10. 3. – 22. 3.
Technická Univerzita v Sofii	Ing. Adam Boleslavský	Offline programování robotů, prohloubení znalostí API v SolidWorks a jeho využití.	24. 5. – 7. 6.
Istanbulská Technická Univerzita	Ing. Adam Boleslavský, Ing. Jan Maslowski, Ing. Jakub Chlebek, Ing. Tomáš Poštulka, Ing. Tomáš Spurný, Ing. Robert Pastor, Ph.D., Ing. Jan Bém	Účast na soutěži Anatolian Rover Challenge (ARC) na Istanbulské Technické Univerzitě.	20. 7. - 27. 7.
Lappeenranta University of Technology (LUT), Department of Mechanical Engineering	Ing. Jiří Suder, Ph.D.	Aplikování algoritmů výpočtů nelineárních analýz kolegů z Lappeenranta University of Technology do katedrou vyvíjeného rekonfigurovatelného článku manipulátoru.	17. 8. – 15. 9.

Lappeenranta University of Technology, Department of Mechanical Engineering	Ing. Jiří Suder, Ph.D.	Výpočty nelineárních analýz deformovatelného článku tvar měnitelného manipulátoru.	17. 8. – 15. 9.
Slovenská technická univerzita v Trnave, Materiálovotechnologická fakulta, Katedra automatizace	Ing. Jan Bém	Práce a zaučení se v softwaru NX a Tecnomatix. Vytvoření základních operací, tvorba kompletního pracoviště a spolupráce s katedrou.	4. 9. – 9. 9.
Materiálovo-technologická fakulta STU, Trnava	Ing. Jakub Mlotek, Ing. Jakub Krejčí, Ing. Jan Bém, Ing. Adam Boleslavský, Ing. Rostislav Wierbica	Prohloubení znalostí v softwaru NX a Tecnomatix. Tvorba kompletního robotizovaného pracoviště.	5. 9. – 9. 9.
Unit of Geometry and Surveying, University of Innsbruck, Austria	Ing. Daniel Huczala, Ph.D.	Vývoj algoritmu pro syntézu kinematických struktur robotických manipulátorů v kolzním prostředí s využitím algebraických metod s cílem zrychlit optimalizaci struktury.	14. 9. – 18. 10.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra aplikovanej mechaniky a strojného inžinierstva	Ing. Jan Bém	Řešení problematiky simulačních modelů pro pevnostní simulace, vibrační charakteristiku a dynamických simulací v programu SolidWorks která úzce souvisí se zaměřením disertační práce.	2. 10. – 7. 10.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra aplikovanej mechaniky a strojného inžinierstva	Ing. Jan Bém, Ing. Adam Boleslavský, Ing. Rostislav Wierbica	Simulační modely pro pevnostní simulace, vibrační charakteristiku a dynamické simulace v CAD programech.	3. 10. – 7. 10.
University of Trento, Department of Information Engineering and Computer Science	Ing. Tomáš Spurný	Rozvoj spolupráce v oblasti kooperace člověk – robot.	3. 10. – 14. 10.
Technická univerzita v Košiciach, Ústav technologického a materiálového inžinierstva, Katedra technológií, materiálův a počítačovej podpory výroby	Ing. Jiří Suder, Ph.D.	Analýza vhodných materiálu pro tvar měnitelné články robotických ramen. Návrh technologického postupu aplikace nevhodnějšího materiálu pro získání požadovaných vlastností měnitelného článku.	23. 10. – 1. 11.
University of Montenegro	Ing. Jakub Krejčí	Rozvoj spolupráce v oblasti IoT zařízení a bezdrátové komunikace pomocí MQTT protokolu.	25. 10. – 7. 11.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra výrobnjej techniky a robotiky	Ing. Jan Bém	Řešení problematiky modelů pro pevnostní simulace v programu SolidWorks a propojení s Microsoft Visual Studiem.	30. 10. – 4. 11.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra výrobnjej techniky a robotiky	Ing. Jan Bém, Ing. Adam Boleslavský	Řešení problematiky modelů pro pevnostní simulace v programu SolidWorks a propojení s Microsoft Visual Studiem.	31. 10. – 4. 11.

Technická univerzita v Košiciach, Katedra aplikovanej mechaniky a strojného inžinierstva	doc. Ing. Zdenko Bobovský, PhD., Ing. Václav Krys, Ph.D.	Analýza a rozbor výsledků z měření parametrů průmyslového robotu pomocí metody digitální obrazové korelace a měření parametrů servisního robotu pomocí systému Pulze.	31. 10. – 1. 11.
Carinthia University of Applied Sciences, ADMiRE, Villach	Ing. Michal Vocetka, Ph.D., Ing. Jakub Mlotek, Ing. Adam Boleslavský, Ing. Rostislav Wierbica	Rozvoj spolupráce v oblasti tvar měnitelných nosních prvků robotických systémů.	21. 11. – 24. 11.
University of Udine Polytechnic Department of Engineering and Architecture	Ing. Aleš Vysocký, Ph.D., Ing. Stefan Grushko, Ph.D., Ing. Robert Pastor, Ph.D.	Prezentace našeho výzkumu. Prezentace z jejich strany na téma adaptabilní řízení stroje se zpětnou vazbou z nástroje a pevnostní analýzy s využitím neurone.	23. 11. – 24. 11.

5.4. Přijetí zahraničních hostů nebo studentů

Pracoviště	Jméno hosta	Náplň	Termín
Technická univerzita v Košiciach,	Ing. Varga	Návrh redundantního článku pro tvar měnitelné robotické rameno	1. 6. – 30. 6.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Virgala, PhD.,	Systému řízení pneumatického modulu kaskádového redundantního robotu	2. 6. – 3. 6.
Slovenská technická univerzita v Bratislave	doc. Ing. Ružarovský, PhD., doc. Ing. Sobrino, PhD., Ing. Bočák, Ing. Skýpala,	Digitalizace projektování robotizovaných pracovišť	23. 6. – 24. 6.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Huňady, PhD., doc. Ing. Hagara, PhD.	Měření parametrů průmyslového robotu pomocí metody digitální obrazové korelace a měření parametrů servisního robotu pomocí systému Pulze	27. 6. – 1. 7.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Gajdoš, PhD.	Využití průmyslových robotů pro 3D tisk	27. 6. – 28. 6.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra výrobní techniky a robotiky	Ing. Ondočko	Analýza pracovního prostoru nestandardního modulárního robotického ramena sestávajícího z jedinečných rotačních modulů	4. 7. – 22. 7.
Technická univerzita v Košiciach,	Ing. Varga	Redundantní manipulátory a jejich konstrukční řešení	11. 7.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Huňady, PhD., doc. Ing. Hagara, PhD.	Měření parametrů průmyslového robotu pomocí metody digitální obrazové korelace a měření parametrů servisního robotu pomocí systému Pulze	19. 9. – 23. 9.

Carinthia University of Applied Sciences	Dr. Brandstätter	Navázání výzkumné spolupráce mezi VŠB-TUO a Carinthia University of Applied Sciences v oblasti využití 3D tisku pro návrh mechatronických systémů	3. 11. – 4. 11.
Technická univerzita v Košiciach,	Ing. Jadlovská, PhD.	Přístupy k modelování a řízení podaktuovaných mechanických systémů	7. 11. – 8. 11.
Polytechnic Department of Engineering and Architecture	Prof. Gasparetto, Dr. Scalera	Navázání výzkumné spolupráce mezi VŠB-TUO a Polytechnic Department of Engineering and Architecture v oblasti kooperace mezi člověkem a robotem	15. 11. – 16. 11.
Silesian University of Technology, Gliwice - Institute of Fundamentals of Machinery Design	Prof. Przystałka, Dr. Panfil	Advanced robots in automotive production applications	21. 11. – 22. 11.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Jánoš, PhD., doc. Ing. Semjon, PhD.,	Využití průmyslových robotických systémů na univerzitách	23. 11. – 24. 11.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Huňady, PhD., doc. Ing. Hagara, PhD.	Měření parametrů průmyslových a servisního robotů pomocí systému Pulze	23. 11 – 25. 11.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Ing. Miková, PhD.	Nekonvenční metody modelování mechatronických systémů	23. 11. – 25. 11.
Technická univerzita v Košiciach,	doc. Gajdoš, PhD., Ing. Štefčák,	Preprocessing 3D tisku pro průmyslové roboty – případové studie.	28. 11. – 29. 11
University of Innsbruck, Unit of Geometry and Surveying	Assoc.-Prof. Dr. Pfurner, Dr. Siegele, Dipl.-Ing. Mag. Frischauf, MSc. Spartalis.	Algebraická geometrie a její aplikace v robotice. Prohloubení výzkumné spolupráce.	28. 11. – 29. 11.

6. VĚDECKO-VÝZKUMNÁ ČINNOST

Aktuální vědecko-výzkumný profil a zkušenosti Katedry robotiky lze heslovitě popsat:

- Metodika a teorie koncepčního designu robotických manipulátorů s počítačovou podporou včetně topologické optimalizace.
- Návrh a optimalizací kinematických struktur robotů (průmyslových, servisních, mobilních) a jejich částí s ohledem na okolní překážky a požadovanou trajektorii.
- Systém pro rychlý výběr a optimální umístění robotu pro definovanou trajektorii, optimalizací spotřeby robotu, momentových zátěží pohonů, minimalizace doby pracovního cyklu.
- Návrh a vývoj řídicích systémů.
- Identifikace/přiřazení 3D skenu „neznámé“ součásti (i částečně poškozené) k jejímu 3D modelu v existující databázi (získání dokumentace, její výroba např. 3D tiskem).
- Eliminace vlivu teploty na drift absolutní přesnosti polohy robotu.
- Optimalizovaný návrh distribuovaného kamerového systému pro 3D snímání, předzpracování 3D dat.
- 3D on-line monitorování pracovního prostoru a jeho analýza (využití např. pro systém automatického přepřeplování trajektorie robotu v dynamickém prostředí s překážkami, bez nutnosti přerušování chodu).
- Adaptivní robotizovaná měření 3D objektů.
- Optimalizace počtu a umístění senzorů s ohledem na objekt zájmu – Možné následné porovnání s existujícím 3D modelem.
- Soft a bio-robotika.
- Kinematické a dynamické analýzy mechanických soustav.
- Syntéza kinematické struktury robotu, automatické navrhování 3D modelů robotických ramen podle zadaných parametrů s využitím databáze prvků.
- Výzkum bezkolizních mechanismů s uzavřeným kinematickým řetězcem.
- Asistovaná montáž s kolaborativním robotem, využití hlubokých neuronových sítí.
- Rozhraní člověk – robot (HRI) pro efektivnější spolupráci.
- Vývoj mechatronických systémů do výbušného prostředí (jiskrová bezpečnost).
- Používáme: ROS, ROS 2, C++, C#, Python, CopeliaSim, Creo, SolidWorks, ...

6.1. Řešené projekty

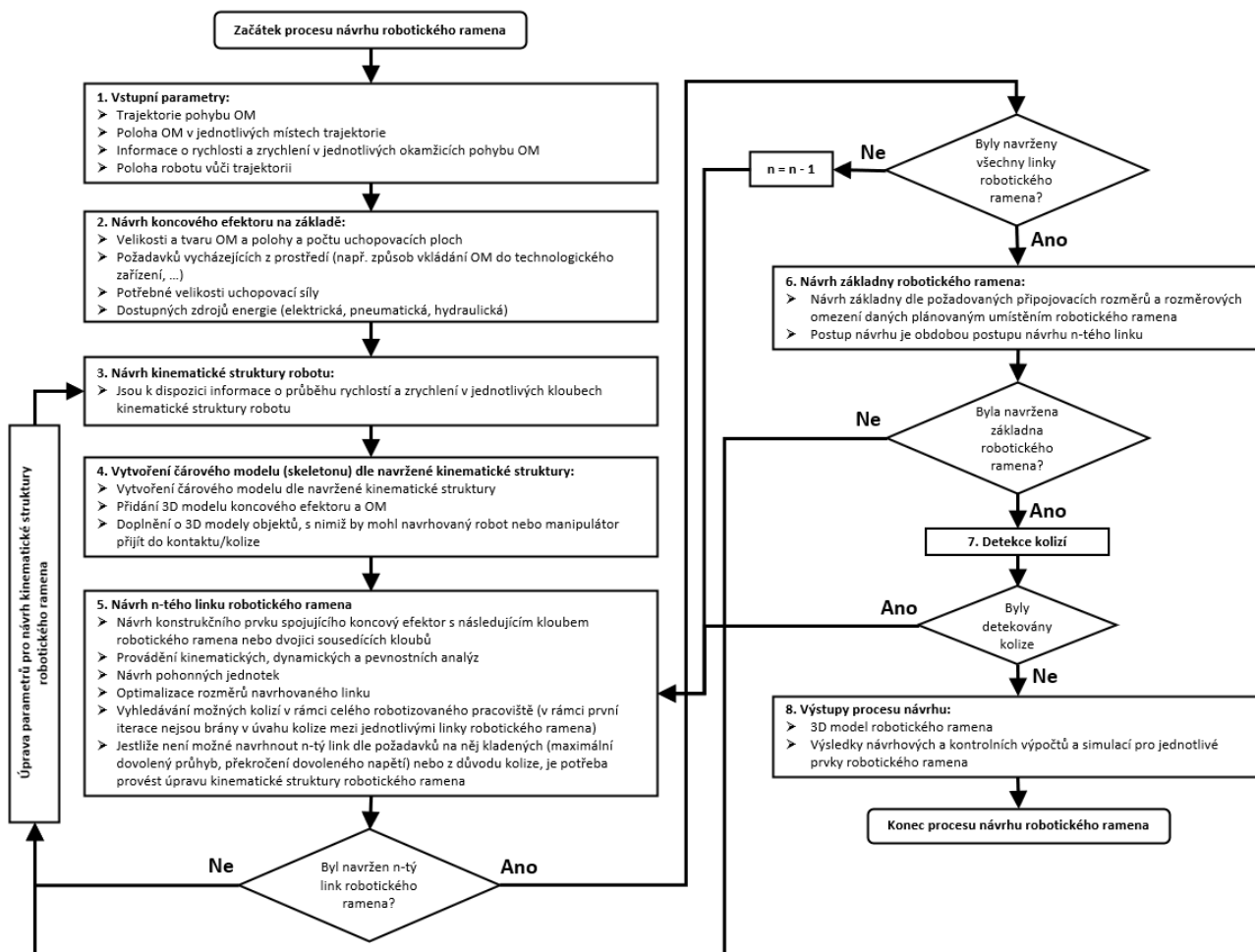
Název projektu (číslo, označení)	Poskytovatel grantu	Rok zahájení řešení	Délka řešení (roky)	Odpovědný řešitel/řešitel na pracovišti	Počet pracovníků	Finanční objem (Kč)
Centrum výzkumu pokročilých mechatronických systémů. <i>Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání, Výzva č. 02_16_019 pro Excelentní výzkum v prioritní ose 1 OP</i>	MŠMT	10/2017	5	VP2 prof. Dr. Ing. Vladimír 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. Dr. Ing. Petr Novák	11	16 M z 80 M
SP2022/67 – Využití digitalizace robotických systémů při jejich návrhu	MŠMT	2022	1	Ing. Václav Krys, Ph.D.	6 zam., 32 stud.	0,99 M
Národní centrum kompetence - Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství (NCK MESTEC)	TAČR	2021	1,3	Dílčí cíl 3.7 prof. Dr. Ing. Petr Novák	12 (5)	3,7 M z 10,7 M
Nízkonákladová automatizace	MŠMT	2021	2	Prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn	4	2,5 M

6.2. Hlavní směry výzkumu a vývoje na pracovišti

Následující kapitoly prezentují část vědecko-výzkumných témat, která byla pracovníky a doktorandy Katedry robotiky řešena zejména v rámci výše uvedených projektů a byla již v daném roce publikována.

6.2.1. Systém automatizace návrhu průmyslových robotů a manipulátorů

V rámci výzkumu pokročilých mechatronických systémů byl dále rozvíjen systém pro automatizaci návrhu robotických ramen a manipulátorů. Blokové schéma, popisující základní kroky procesu návrhu, je na Obr. 6.1.



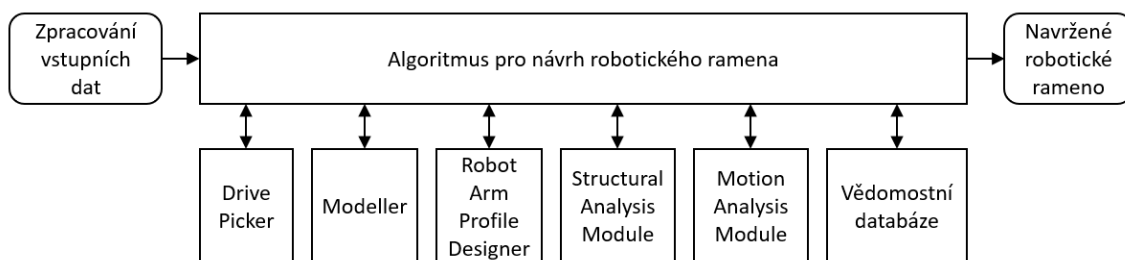
Obr. 6.1: Blokové schéma popisující proces automatického návrhu robotických ramen a manipulátorů

Na základě navržených kinematických struktur jsou postupně navrhovány a optimalizovány jednotlivé prvky robotických ramen a manipulátorů. Postupně byly vylepšovány dříve vytvořené softwarové nástroje pro návrhy pohonných jednotek a linků navrhovaných zařízení. Nově byly vyvíjeny softwarové nástroje, s jejichž pomocí je možné např. automatizovat proces tvorby simulačních modelů v prostředí softwaru CoppeliaSim, provádět pevnostní analýzy a rozměrové optimalizace jednotlivých konstrukčních prvků v prostředí CAD systému SolidWorks, nebo provádět analýzy z pohledu možných kolizí v tomtéž CAD systému. Tyto softwarové nástroje byly následně převedeny do podoby následujících šesti základních modulů, k nimž je možné přistupovat přes webové rozhraní:

- Drive Picker (návrh pohonných jednotek),

- Modeller (tvorba a úprava 3D modelů),
- Robot Arm Profile Designer (návrh nosných průřezů linků robotických ramen),
- Structural Analysis Module (pevnostní kontrola dílů a optimalizace rozměrů),
- Motion Analysis Module (pohybové analýzy robotických ramen),
- Vědomostní databáze (databáze 3D modelů, pohonných jednotek, ...).

Jejich vzájemné propojení a celkovou správu dat má na starosti softwarový nástroj Robot Arm Designer, s jehož pomocí je možné plně automatizovat proces návrhu robotických ramen a manipulátorů. Blokové schéma tohoto nástroje je na Obr. 6.2.

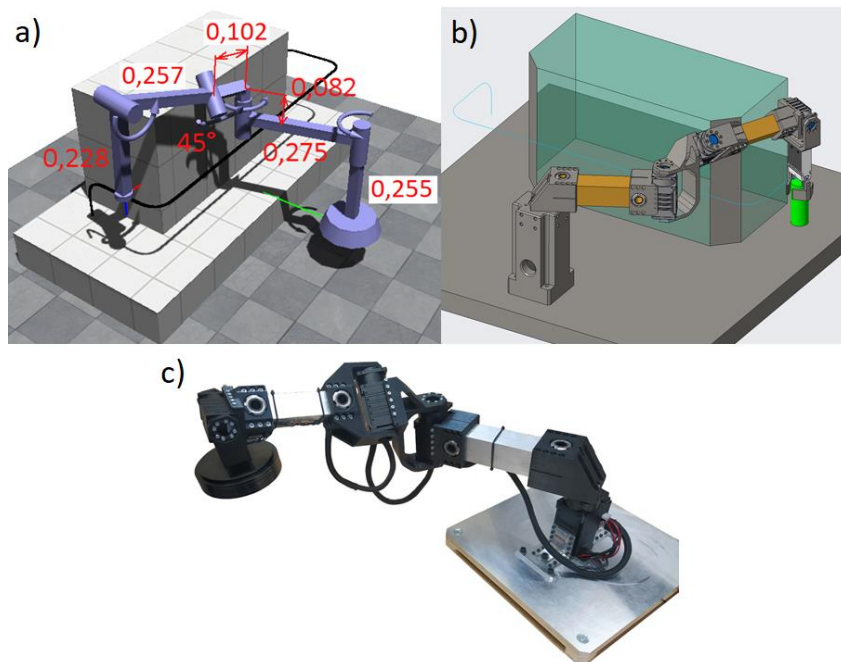


Obr. 6.2: Blokové schéma softwarového nástroje Robot Arm Designer

V souvislosti s řešením této problematiky byly publikovány následující články:

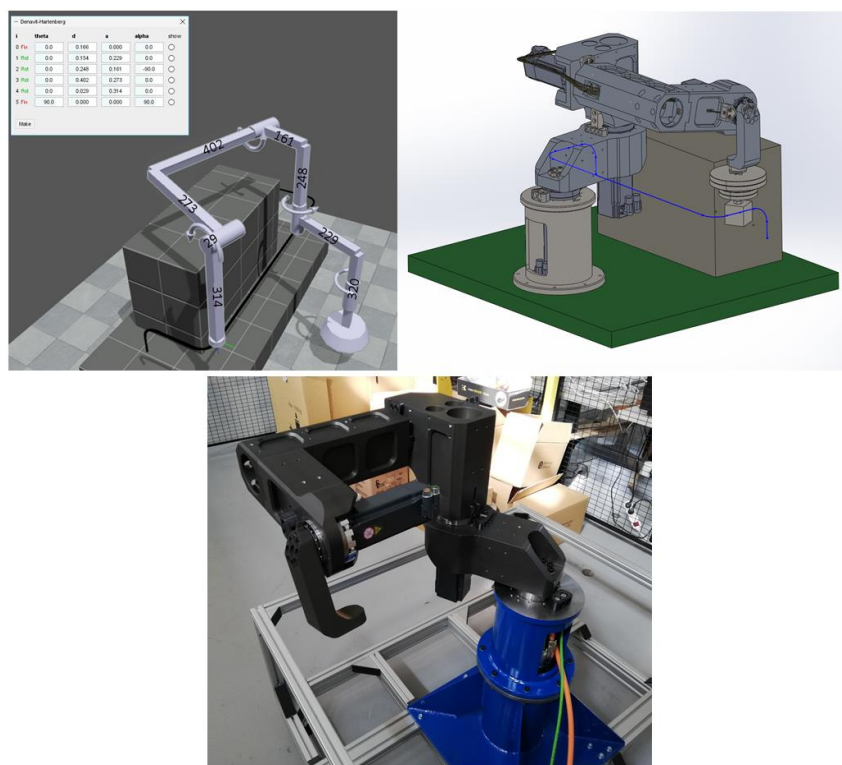
- PASTOR, Robert, MIHOLA, Milan, ZEMAN, Zdeněk a BOLESLAVSKÝ, Adam. Knowledge-Based Automated Mechanical Design of a Robot Manipulator. *Applied Sciences*. 2022, 12(12), 5897.
- ZEMAN, Zdeněk, MIHOLA, Milan, SUDER, Jiří a BOLESLAVSKÝ, Adam. Automation of Partial Tasks in the Design of Robotic Arms. *MM Science Journal*. 2022, issue March, pp. 5513-5521. ISSN 1803-3126.
- BOLESLAVSKÝ, Adam, MIHOLA, Milan, WIERBICA, Rostislav, BÉM, Jan a SPURNÝ, Tomáš. Research and Development of a Software Tool for Parametric Modeling of Robotized Workplaces. *MM Science Journal*. 2022, issue June, pp. 5675-5683. ISSN 1803-3126.
- MIHOLA, Milan, ZEMAN, Zdeněk, BOLESLAVSKÝ, Adam, BÉM, Jan, PASTOR, Robert a FOJTÍK, David. Automation of Design of Robotic Arm. *MM Science Journal*. 2022, issue October, pp. 5876-5882. ISSN 1803-3126.

V rámci testování byly jednotlivé moduly tohoto softwarového nástroje použity při návrhu čtyř robotických ramen. Dvě ramena byla založena na pohonných jednotkách Dynamixel řady P a v rámci jeho konstrukce byly v podstatné míře využity plasty a technologie 3D tisku. Na Obr. 6.3a je kinematické schéma jednoho z těchto robotických ramen, na jehož základě byl vytvořen kompletní konstrukční návrh (Obr. 6.3b). Poté bylo takto navržené rameno vyrobeno, sestaveno, oživeno a následně testováno (Obr. 6.3c).



Obr. 6.3: Postup návrhu robotického ramena V2M2_RD, od kinematické struktury, přes konstrukční návrh v podobě 3D modelu, k reálnému zařízení

Obdobným způsobem bylo postupováno u dalších dvou robotických ramen. V těchto případech byla ramena postavena na základě pohonných jednotek Harmonic Drive řady BDA. Konstrukční prvky byly vyrobeny převážně ze slitiny hliníku. Na Obr. 6.4 je opět zobrazeny výchozí kinematická struktura ramena, jeho konstrukční návrh ve formě 3D modelu a vlastní vyrobené a sestavené robotické rameno.

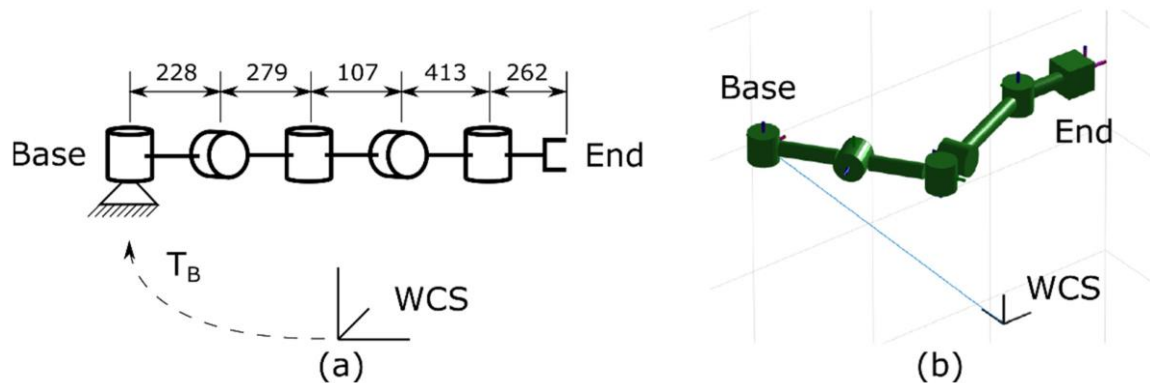


Obr. 6.4: Postup návrhu robotického ramena V2M3_HD, od kinematické struktury, přes konstrukční návrh v podobě 3D modelu, k reálnému zařízení

6.2.2. Automatický návrh robotického manipulátoru

Automatický systém byl sestaven pro návrh manipulátoru v souladu s metodologií *Knowledge-based systémů* dle aktuální literatury. Nicméně, namísto pouhého návrhu kinematiky nebo optimalizace rozměrů, kterých se zabývá většina literatury na toto téma, je náš systém schopný automaticky vytvořit celé rameno včetně CAD modelů, sestavy a výkresové dokumentace.

Návrh začne definováním trajektorie jako soubor bodů v prostoru s přiřazeným časovým krokem. Dále se z kolizních objemů sestaví pracovní prostředí a určí se parametry pro genetický algoritmus. Tento algoritmus poté sestavuje manipulátory a testuje jejich kinematiku v daném prostředí. Optimalizovaný manipulátor je lokální optimum v dostupném hledacím prostoru.

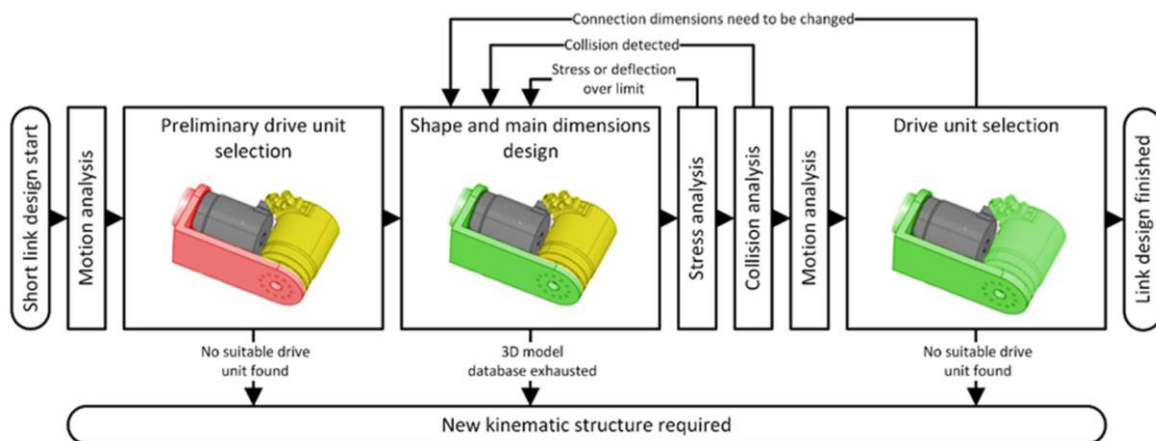


6.5: Příklad optimalizované kinematiky manipulátoru

Dále je takto optimalizovaná kinematická struktura zpracována systémem, který na ní nasazuje strojní díly. Pohony a konzoly jsou předem připravené v databázi a systém vybírá nejmenší a nejlehčí díly tak, aby manipulátor stále splňoval výkonové a pevnostní požadavky. Toto je iterační proces, kdy na začátku systém automaticky přiřadí nejlehčí díly a poté je zvětšuje, pokud nevyhoví v analýzách. Iterační proces se opakuje, dokud díly nevyhoví, nebo dokud nedojdou díly v databázi. Během těchto iterací se díly testují pevnostní, kolizní a dynamickou analýzou.

Tento výzkum byl publikován v odborném článku:

PASTOR, Robert, MIHOLA, Milan, ZEMAN, Zdeněk a BOLESLAVSKÝ, Adam. Knowledge-Based Automated Mechanical Design of a Robot Manipulator. *Applied Sciences*. 2022, 12(12), 5897.

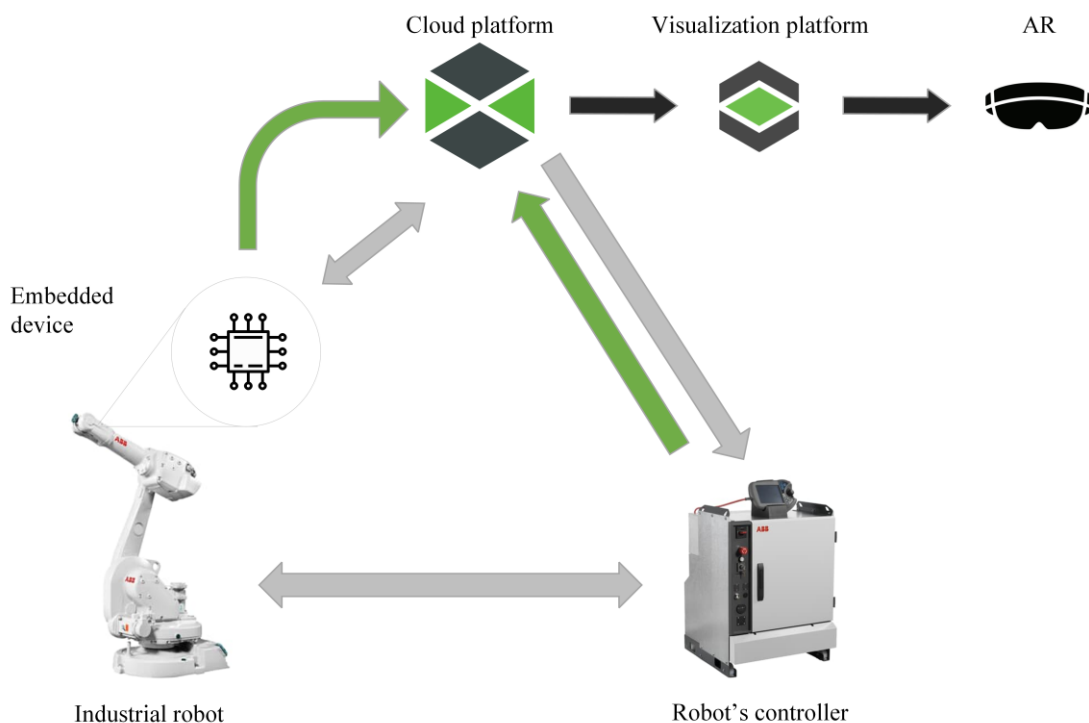


6.6: Postup automatického návrhu dílů manipulátoru

6.2.3. Implementace průmyslového robotu do prostředí IoT

Navrhovaný loop systém je využit pro sběr dat na průmyslovém robotu ABB IRB1600 a zpětné distribuci informací do periférií. Systém se skládá ze dvou cest, interní a externí. Navržené cesty jsou využity pro vedení sbíraných dat do cloudového systému ThingWorx. ThingWorx je pro tuto aplikaci využíván jako úložiště dat a nástroj pro data processing. Data jsou ukládána z důvodu dlouhodobého pozorování a zkoumání závislostí. Dlouhodobým sledováním těchto dat je možné predikovat například blížící se poruchu průmyslového robotu a předejít jí. Na výrobní lince by se tak dali efektivně plánovat odstávky. Dlouhodobé sledování může dále poukazovat na některé trendy – například ve spotřebě energií. Na rozdíl od dlouhodobého sledování, při post processing dochází k okamžitému vyhodnocování dat, díky čemuž je systém schopen reagovat na určité situace okamžitě. Při sledování kmitání posledního kloubu robotu může systém snižovat rychlost a částečně tak kompenzovat celkový dokmit. V zásadě je idea celého systému dynamicky řídit chování robotu na základě jednak dlouhodobě sledovaných dat a také na základě dat sbíraných v reálném čase. Data je také možné vizualizovat. Realizováno je to pomocí prostředí vytvořeného v ThingWorx anebo pak v rozšířené realitě. Pro vizualizaci v rozšířené realitě je využit softwarový nástroj Vuforia.

Řídicí jednotka průmyslového robotu umožňuje sběr dat z kloubů průmyslového robotu. Jde o parametry rychlosti kloubu, kroutícího momentu v kloubu a polohu kloubu. Tyto data jsou v řídicí jednotce ve smyčce čtena a zapisována. Za využití OPC serveru jsou pak data dále publikována na síť. OPC server je napojen na middleware Kepware a ten pak dále data posílá na ThingWorx. Middleware zajišťuje „čitelnost“ dat pro ThingWorx. Tato cesta je využita i pro zpětné posílání dat z cloudu do řídicí jednotky robotu. Je tak možné přepisovat parametry, které řídí chování robotu.



Obr. 6.7: Schéma na obrázku popisuje princip toku dat v navrhovaném loop systému

Za účelem rozšíření množství sledovaných parametrů byl navržen embedded systém, který sbírá data přímo na robotu. Je tak zajištěn přísun dalších informací nejen o robotu, ale i o prostředí robotu, ve kterém pracuje. Podrobně je tento systém popsán v článku: KREJČÍ, Jakub, BABIUCH, Marek, BABJAK, Ján, SUDER, Jiří a WIERBICA, Rostislav. Implementation of an Embedded System into the Internet of Robotic Things. *Micromachines*. 2023. 14(1), 113.

6.2.4. Zvyšování přesnosti manipulátoru

V návaznosti na předchozí výzkum, který byl shrnut v článku *Influence of Drift on Robot Repeatability and Its Compensation* (DOI: 10.3390/app112210813) byl nadále zkoumán a ověřován vliv teploty na dosažitelnou opakovatelnost manipulátoru, a především na možnosti kompenzace driftu robotu na dalších systémech. Metodika pro kompenzaci driftu byla aplikována i na robot UR10e, jehož činností je měření přesnosti úchopu objektu manipulace (automobilového světlometu) v chapadle. Tento robot byl vybaven aparaturou pro on-line snímání teploty a osazen měřicím nástrojem pro 5D měření.



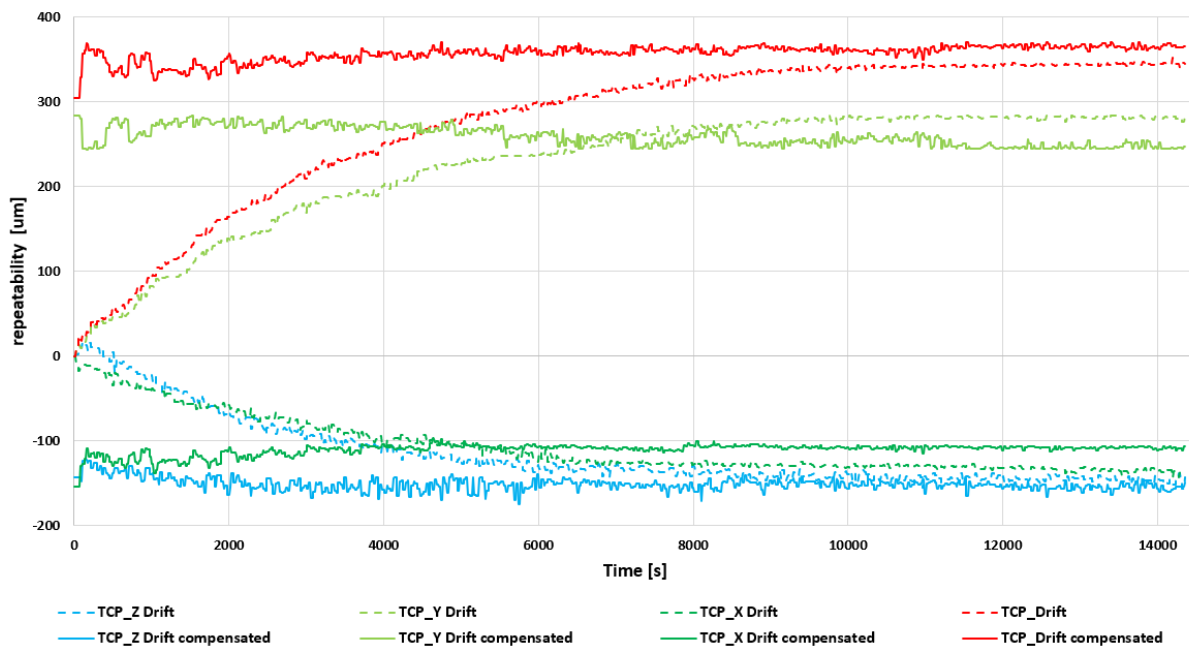
(a)



(b)

Obr. 6.8: (a) Čidla pro snímání teploty, instalovaná na první a druhé ose UR10e; (b) Měřicí hnízdo s konfokálním senzorem a dvojicí liniových skenerů, ve kterém je robotem pozicována měřicí krychle.

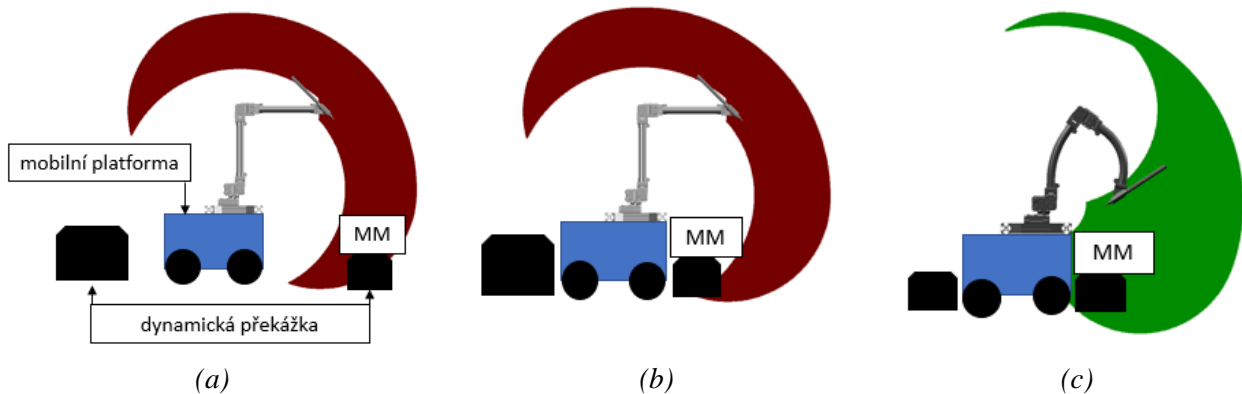
Z diagnostiky a provedených měření je zřejmé že i kolaborativní robot UR10e je citlivý na změnu teploty a kompenzace driftu má smysl. Aplikací navržené kompenzační aparatury a metodiky je možné drift UR10e snížit v průměru o 80 %.



Obr. 6.9: Výsledky měření bez a s kompenzací driftu. Bez kompenzace je rozdíl v opakovatelnosti (způsobený driftem pozice) zhruba 0,35 mm, přičemž výrobcem je garantovaná opakovatelnost $\pm 0,05$. S aplikovaným kompenzačním systémem robot dosahuje hodnoty 0,048 mm.

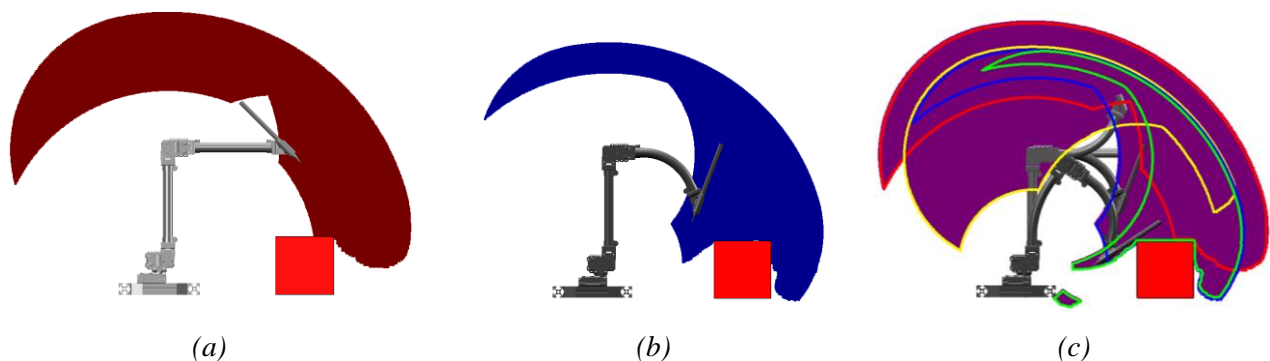
6.2.5. Tvar měnitelné nosné prvky robotických systémů

Manipulátory s tuhou kinematickou strukturou nejsou flexibilní, nepřizpůsobí se specifickým úkolům, kdy se změní požadavky na tvar pracovního prostoru. Toto může velmi často nastat u manipulátorů na mobilní platformě viz. Obr. 6.10a, kdy místo manipulace (MM) většinou není jasně definované. Může nastat situace, kdy mobilní platforma a kinematická struktura manipulátoru není schopna dosáhnout místa manipulace kvůli překážkám v okolí Obr. 6.10b. Pak změna tvaru nosných prvků může změnit tvar pracovní obálky tak, aby manipulátor znovu dosáhl místa manipulace Obr. 6.10c.



Obr. 6.10: (a) manipulátor s rovnými nosnými prvky na mobilní platformě s MM v pracovní obálce; (b) manipulátor s rovnými nosnými prvky na mobilní platformě v zastavěné oblasti s MM mimo pracovní obálku (c) manipulátor s tvarovými nosnými prvky na mobilní platformě v zastavěné oblasti s MM v pracovní obálce

Výzkum tvar měnitelných nosných prvků robotických systémů se v této fázi zabývá vlivem tvaru nosných prvků na pracovní obálku manipulátoru. Na její velikost a tvar. Jak tvar nosných prvků ve struktuře ovlivňuje dosah kolem vložené překážky do pracovní obálky Obr. 6.11. Dále zkoumá vliv tvaru manipulátoru při provádění zadané dráhy.



Obr. 6.11: (a) pracovní obálka manipulátoru s rovnými nosnými prvky kolem překážky; (b) pracovní obálka manipulátoru s tvarovým nosným prvkem kolem překážky (c) kombinovaná pracovní obálka manipulátoru s tvar měnitelnými nosnými prvky manipulátoru

Výzkum je popsán v článku:

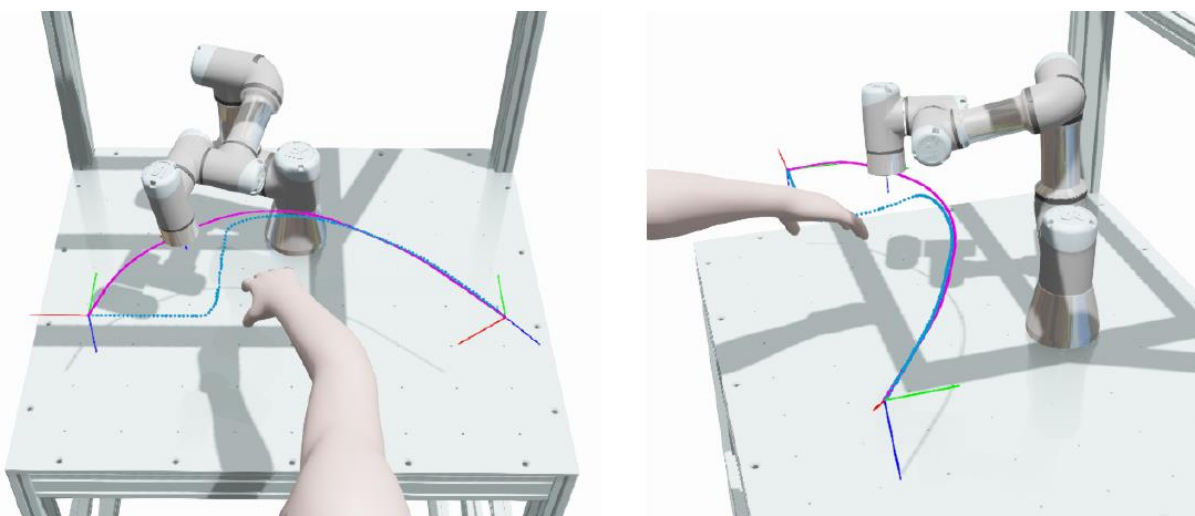
MLOTEK, Jakub, BOBOVSKÝ, Zdenko, SUDER, Jiří, OŠČÁDAL, Petr, VOCETKA, Michal a KRYS, Václav. Shape-Changing Manipulator Possibilities and the Effect of the Deformable Segment on the Size of the Working Area. In *Mechanisms and Machine Science*. 2022. pp. 272-280. ISBN 9783031048692. ISSN 2211-1098. e-ISSN 2211-1099.

6.2.6. Řídicí systém kolaborativního robotu pro práci v dynamickém prostředí

Ačkoliv případná kolize kolaborativního robotu s lidskou obsluhou ve sdíleném pracovním prostředí nepředstavuje zdravotní riziko, stále se jedná o nežádoucí zdržení výrobního cyklu, protože robot se dostává do stavu nouzového vypnutí. Probíhá proto výzkum různých metod pro umožnění plnohodnotného sdílení pracovního prostoru, kdy se robot a lidská obsluha vzájemně nejen neohrožují, ale ani neomezují. Jednou z typických úloh je automatická úprava trajektorie robotu v reakci na výskyt dynamických překážek (typicky např. ruce operátora, či předměty v ruce nesené).

Jedna z metod navržených na Katedře robotiky využívá modifikovaný algoritmus plánování trajektorie nazývaný *elastic band*, neboli pružná guma, který je typicky využíván pro plánování trajektorie mobilního robotu nebo autonomního vozidla. Naše modifikace umožňuje jeho využití pro online řízení ramene manipulátoru, přičemž rameno dynamicky reaguje na pohybující se překážky. Princip *elastic band* spočívá v tom, že trajektorie je představovaná pomyslnou gumou nataženou mezi výchozím a cílovým bodem (využití je pro běžné manipulační úlohy typu pick & place, přičemž záleží pouze na pozici odběrného a úložného místa, nikoliv na tvaru trajektorie mezi nimi), kdy vnitřní kompresní síly udržují trajektorii přirozeně v nejkratším možném tvaru, tedy přímce. Překážky detekované pomocí kamerového systému a reprezentované jako množina voxelů gumu odpuzují, čímž se vytváří nejkratší možná hladká křivka obcházející tyto překážky.

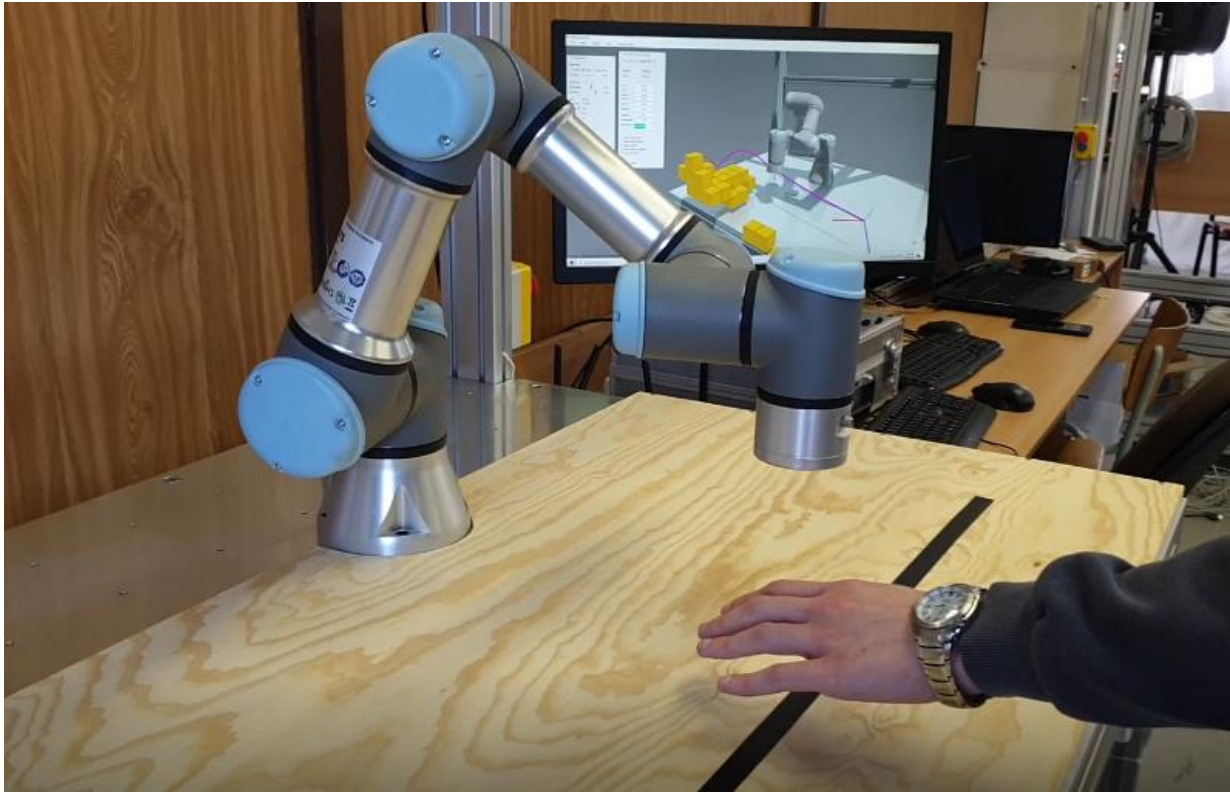
Následující obrázek ukazuje simulovaný zjednodušený příklad, kdy se robot pohybuje mezi dvěma body po přímce (zleva doprava) a během tohoto pohybu se do prostoru trajektorie zepředu přesune lidská ruka. Modrá křivka vyjadřuje okamžitou skutečnou dráhu (zachycuje dynamickou reakci na pohyb ruky), fialová křivka vyjadřuje ustálenou podobu trajektorie (po dokončení pohybu ruky a jejím ponechání na místě).



Obr. 6.12: Simulovaná ukázka principu metody *elastic band* pro vyhýbání se dynamickým překážkám

Tento výzkum probíhal v rámci projektu Platforma pro výzkum orientovaný na Průmysl 4.0 a robotiku v ostravské aglomeraci (CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008425), výsledky byly publikovány v impaktovaném časopise:

KOT, Tomáš, WIERBICA, Rostislav, OŠČÁDAL, Petr, SPURNÝ, Tomáš a BOBOVSKÝ, Zdenko. Using Elastic Bands for Collision Avoidance in Collaborative Robotics. *IEEE Access*. 2022. vol 10, pp. 106972-106987. ISSN 2169-3536.



Obr. 6.13: Ukázka funkce řídicího systému pro vyhýbání se dynamickým překážkám na reálném robotu UR3

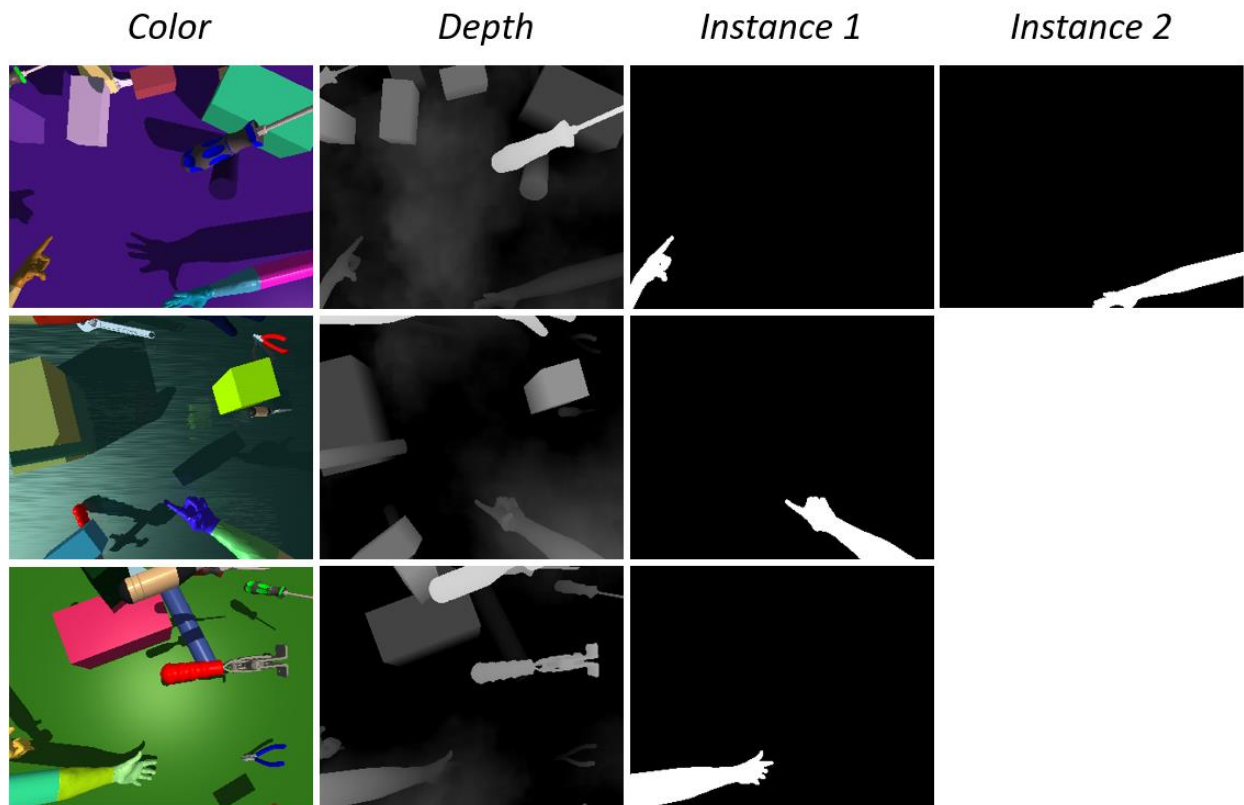
6.2.7. Trénování modelu pro barevně nezávislou segmentaci rukou z obrazu RGB-D kamery založeného na neuronových sítích

V průmyslovém prostředí je běžné, že uživatelé nosí ochranné rukavice. Pro takové podmínky jsme se rozhodli implementovat „barevně nezávislý“ model pro segmentaci založený na barevných a hloubkových snímcích získaných ze skutečné kamery. Tento cíl byl stanoven v důsledku skutečnosti, že běžně dostupná moderní řešení, jako jsou *MediaPipe* a *OpenPose*, mají potíže s rozpoznáváním rukou v pracovních rukavicích, zejména když je zbývající část lidského těla mimo záběr kamery. Abychom tento problém vyřešili, rozhodli jsme se implementovat vlastní model segmentace jednotlivých instancí, který by stabilně pracoval s rukavicemi jakékoli barvy.

Segmentace instancí je vztažena k úloze segregace objektů v obraze pomocí vymezení jejich hranic a pixelů, které se k nim vztahují (v případě 2D obrazů). Nachází široké uplatnění v reálných aplikacích, jako jsou samořídící automobily, lékařské snímkování, letecké monitorování plodin a další.

Nejdůležitějším krokem při trénování modelu strojového učení je získání značně rozsáhlého souboru dat, který by reprezentoval skutečné situace s dostatečnou přesností v širokém rozsahu okolností a kontextů. Typickým přístupem k získání takového souboru dat je ruční označení hledané oblasti u několika desítek nebo stovek tisíc obrázků nebo použít soubor dat označených třetí stranou, které jsou k dispozici na různých platformách. Vyznačená oblast hledání spolu s původními obrázky lze pak použít pro trénování vlastní přizpůsobené neuronové sítě.

Naše řešení využívá přístup, při kterém se v simulaci syntetizují jak snímky z kamery, tak jejich označení.



Obr. 6.14: Ukázkové snímky z vygenerované sady dat. Každý řádek představuje složky vzorku datové sady

Generování obrázků v simulaci přináší kromě vyhnutí se zdoluhavému ručnímu označování další výhodu, protože umožňuje využít techniku Domain Randomization, která může významně ovlivnit schopnost natrénovaného modelu zobecnit se na důležité vlastnosti domény. V naší simulaci náhodně nastavujeme následující parametry: polohu ruky a překážek; jejich velikost; barvu rukavice a pozadí; světelné podmínky; gesto ruky.

Simulační scéna vytvořená v CoppeliaSim vychází z předchozího výzkumu, kdy jsme platformu využili pro generování hloubkových obrazů pro trénování modelů segmentace obrazu. Generátor datové sady byl podstatně rozšířen a v současné době pokrývá následující případy:

- v pohledu kamery je přítomna jedna ruka,
- dvě ruce v záběru,
- ruka ležící na krabici,
- žádné ruce v záběru, s náhodně umístěnou a členěnou figurínou.

Testované architektury zahrnovaly dva nejmodernější modely segmentace instancí, každý se dvěma variantami velikosti výchozí struktury:

- Mask R-CNN (backbones: Resnet50, ResNet101),
- SOLOv2 (backbones: Resnet50, ResNet101).

Výsledky modelů natrénovaných čistě na syntetickém datasetu vyrovnaly a předčily výsledky SOTA řešení. Například v porovnání se systémem Mediapipe v našich podmínkách má náš výsledek v parametru $AP_{0.5:0.95}$ hodnotu až 52 % oproti 17 % v případě systému Mediapipe.



Obr. 6.15: Typické výsledky získané z nepřehledné průmyslové scény se vstupem RGB-D (RealSense D435i) a SOLOv2 ResNet50

Dále jsme provedli měření doby inference a s ní související frekvence výsledků zpracování obrazu pro modely RGB-D.

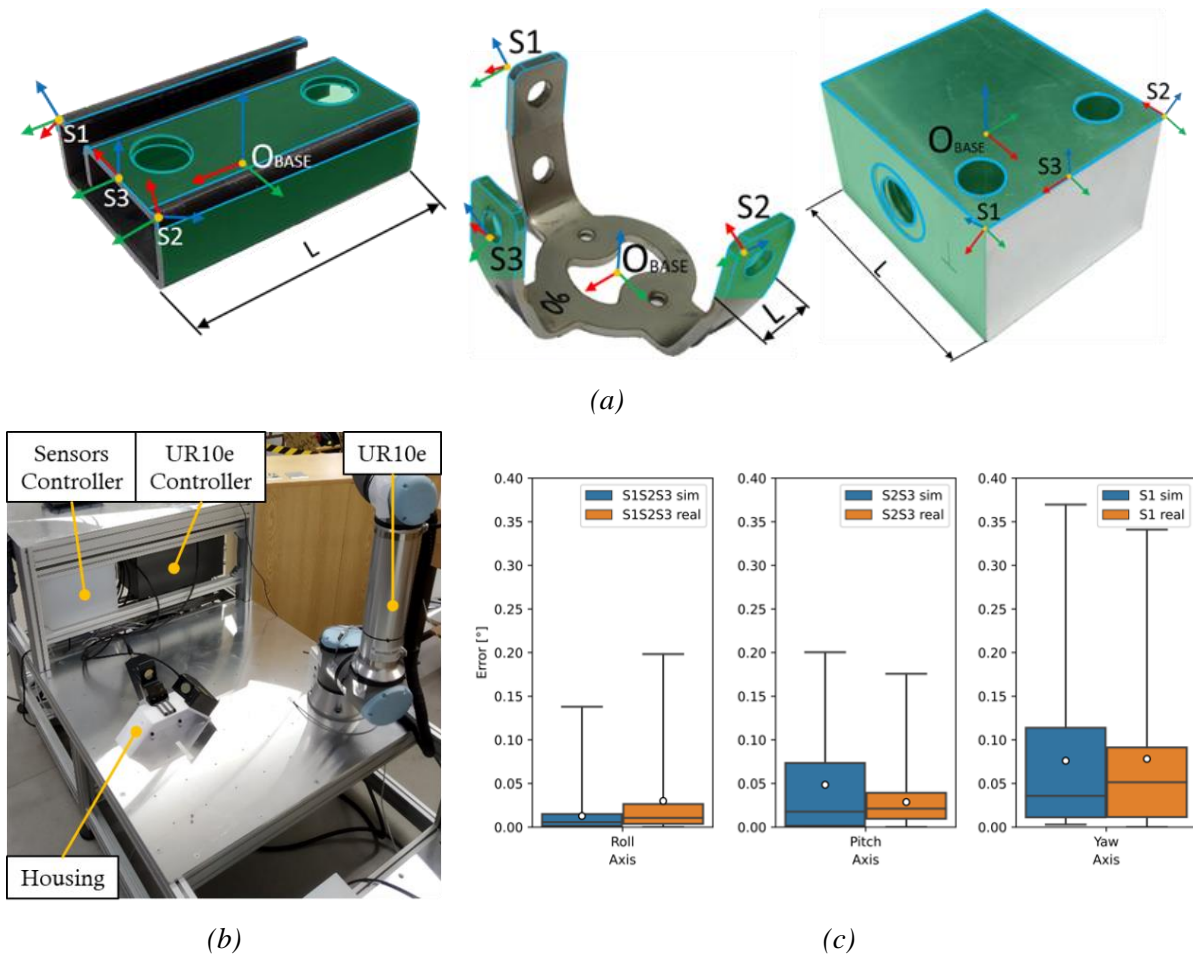
Tabulka 6.1: Hodnoty doby inference pro RGB-D modely

Model (RGB-D vstup)	Frekvence zpracování obrazu
SOLOv2 ResNet50	14 FPS
SOLOv2 ResNet101	11 FPS
Mask R-CNN ResNet50	9 FPS
Mask R-CNN ResNet101	8 FPS

6.2.8. Nalezení optimální polohy 2D senzorů pro zlepšení odhadu polohy objektu

V průmyslu stále stoupají nároky na přesnost a preciznost montáže a polohování s objektem manipulace (OM). Přesná robotická montáž a manipulace s objektem je problematická hlavně u aplikací, kde OM není správně orientovaný, ale pouze vhozený v krabici nebo na paletě. K výběru takto uložených objektů se používá tzv. bin-picking, což je systém, který odhadne polohu objektu v 3D prostoru a poskytne tuto informaci průmyslovému robotu pro odběr objektu. Tyto řešení se používají na pick-and-place aplikace, jako je vykládání dílů z krabice nebo zásobníku na dopravník či jiné zařízení, kde se objekty zarovnají pomocí různých přípravků do přesných odběrných pozic. Tento časově náročný mezikrok lze eliminovat odhadem polohy objektu v chapadle robotu, a požadovaný úkon se může vykonat bezprostředně po uchopení OM. Pro přesný odhad polohy objektu pomocí ICP algoritmu jsou důležitá relevantní data jako správné plochy, hrany, zaoblení a ostatní geometrické primitivy, viz Obr. 6.16a. Hledání optimální polohy LLT senzorů pro snímání těchto prvků by bylo v reálném prostředí časově velmi náročné, proto bylo vytvořeno simulační prostředí, které tento proces urychluje. Metodika rozmístění senzorů vůči snímanému objektu může vést k minimalizaci počtu použitých senzorů při zachování nebo zvýšení přesnosti odhadu polohy objektu. Výsledky simulačního prostředí byly ověřeny na pracovišti robotem UR10e, které je zobrazeno na Obr. 6.16b. Odhad polohy na reálném systému byl velice podobný jako ze simulačního prostředí, viz Obr. 6.16c. Podrobně je výzkum popsán v článku:

HECZKO, Dominik, Petr OŠČÁDAL, Tomáš KOT, Adam BOLESLAVSKÝ, Václav KRYS, Jan BÉM, Ivan VIRGALA a Zdenko BOBOVSKÝ. Finding the Optimal Pose of 2D LLT Sensors to Improve Object Pose Estimation. *Sensors*. 2022, 22(4). ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s22041536.



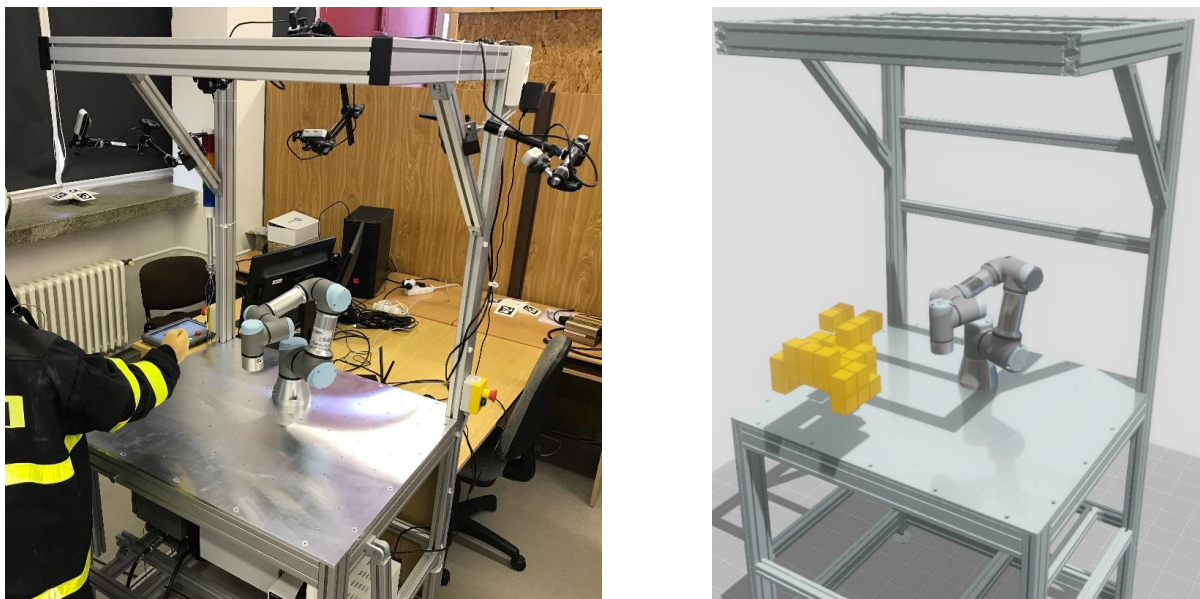
Obr. 6.16: (a) objekty pro experiment; (b) experimentální pracoviště; (c) porovnání výsledků simulace a reálného měření.

6.2.9. Detekce dynamických překážek na pracovišti s kolaborativními roboty

Monitorování pracovního prostoru je jedním ze základních prvků pracoviště, kde se uvažuje o interakci člověka s robotem. Rekonstrukce dynamických objektů na pracovišti může zajistit bezpečnost obsluhy a plynulý provoz pracoviště, protože robot může reagovat na změny volného prostoru pro pohyb. Proces rekonstrukce pracoviště je standardní prostřednictvím balíčků v robotickém operačním systému (ROS). Tyto balíčky jsou určeny pro univerzální použití. To má však za následek centralizaci výpočetního výkonu do jediného zařízení. Takové řešení je méně vhodné pro zpracování velkých objemů dat z více senzorů, protože uživatel nemá úplnou kontrolu nad výpočetními procesy. Čas nezbytný pro detekci překážek na pracovišti při využití 3 a více senzorů je delší než 250 ms.

Proto byl navržen nový princip, který rozděluje výpočetní výkon mezi jednotlivá zařízení. Každé zpracovávající zařízení umožňuje filtrování lokálně snímaných dat. Filtrování je založeno na 3D popisu pracoviště a vytvoření hloubkové mapy pro každou kameru zvlášť z jejich úhlu pohledu. Při filtrování se porovnává skutečná hloubková mapa z 3D kamery a vypočtená hloubková mapa. Výsledná data jsou informace o nedefinovaných překážkách (operátor, krabice atd.). Tyto informace jsou následně zpracovány filtrováním šumu (odstranění informací způsobené světelnými podmínkami, nepřesností kamer apod.). Filtrovaná data z jednotlivých distribuovaných zařízení jsou

kombinována v hlavním řídicím systému, který produkuje celkový popis celého snímaného pracovního prostoru viz. Obr. 6.17.



Obr. 6.17: Detekce překážek na pracovišti s robotem UR3; (a) reálné pracoviště s překážkami; (b) vizualizace překážek – žluté boxy

Pomocí distribuovaného systému lze dosáhnout času výpočtu dynamických překážek pod 30 ms. Lze tedy online zpracovávat všechna data z kamer při 30 FPS. Popis překážek na pracovišti může být dále zpracován pro přeplánování trajektorie robotu, popřípadě k úplnému zastavení, aby nedošlo k ohrožení obsluhy nebo k poškození systému.

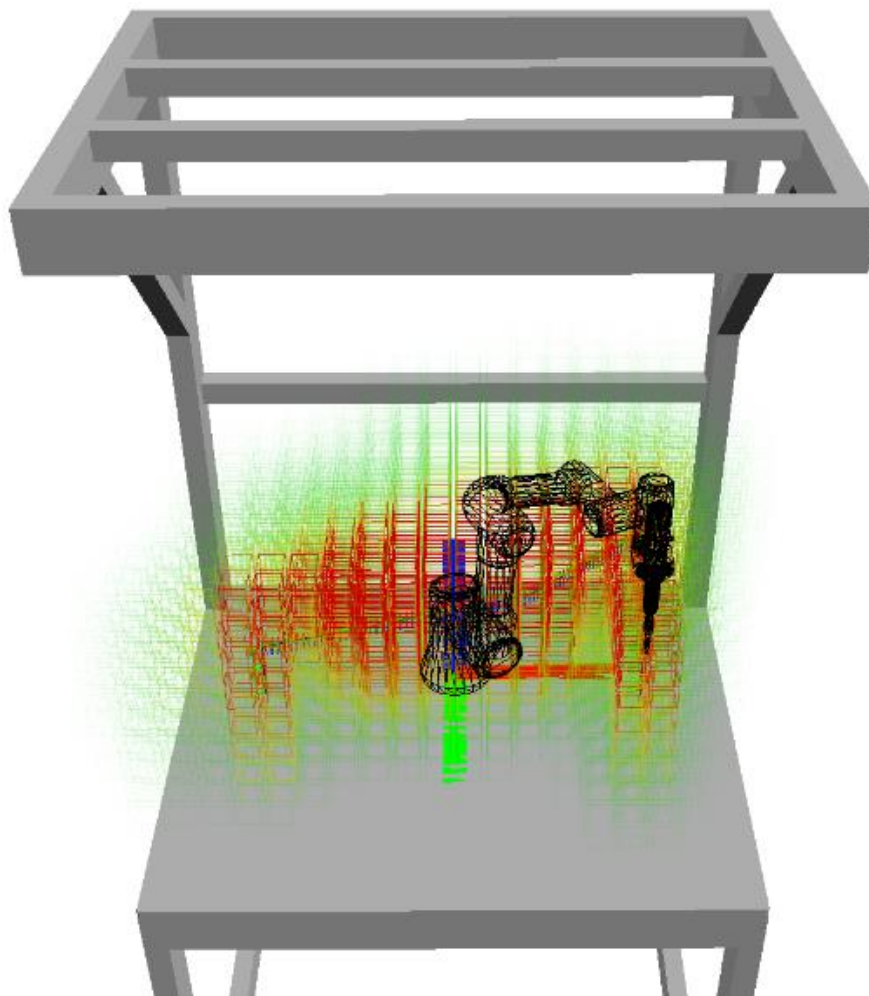
Tato problematika byla řešena v rámci projektu Platforma pro výzkum orientovaný na Průmysl 4.0 a robotiku v ostravské aglomeraci, výsledky byly publikovány v článku:

OŠČÁDAL, Petr, SPURNÝ, Tomáš, KOT, Tomáš, GRUSHKO, Stefan, SUDER, Jiří, HECZKO, Dominik, NOVÁK, Petr a BOBOVSKÝ, Zdenko. Distributed Camera Subsystem for Obstacle Detection. *Sensors*. 2022, 22(12), 4588.

6.2.10. Optimalizace počtu kamer na robotizovaném pracovišti

Optimalizace počtu kamer na robotizovaném pracovišti se zabývá nalezením optimálního počtu kamer pro co nejlepší monitorování daného prostoru. Tento proces může být řešen různými způsoby v závislosti na konkrétních potřebách a požadavcích. Jednou z možností je využití simulace nebo matematického modelování k vytvoření virtuálního modelu pracoviště a zkoumání, jaký počet kamer je nezbytný pro zajištění co nejlepšího záběru. To může pomoci určit, jaké jsou nejvhodnější místa pro umístění kamer a zajistit, aby byly co nejefektivnější. Je důležité zvážit různé faktory, jako je velikost pracoviště, požadavky na záběr a rozlišení obrazu, dostupné technologie a nebezpečí úrazu.

V rámci našeho výzkumu jsme vytvořili metodiku optimalizace počtu kamer pro robotizované pracoviště. Tato metodika vychází z klasifikace prostoru na různé druhy aktivit, které se v pracovišti odehrávají. Vyhodnocením těchto aktivit jsme byli schopni identifikovat kritické oblasti, pro které je nutné zajišťovat zvýšený dohled pomocí kamer. Na základě těchto informací jsme navrhli optimalizační postup, definující konfiguraci kamer pro zajištění požadované úrovně pokrytí pracovního prostoru.



Obr. 6.18: Klasifikace prostoru (červené boxy reprezentují kritický prostor)

Reálný experiment ukázal, že matematický model může navrhnout umístění kamer na našem testovacím pracovišti tak, aby snímaly průměrně o 37 % větší plochu při použití jedné kamery, o 27 % více při použití dvou kamer a o 13 % více při použití tří kamer, ve srovnání s rozmístěním kamer navrženým odborníkem při využití lidské intuice.

Tato problematika byla řešena v rámci projektu Platforma pro výzkum orientovaný na Průmysl 4.0 a robotiku v ostravské aglomeraci, výsledky byly publikovány v článku:

OŠČÁDAL, Petr, KOT, Tomáš, SPURNÝ, Tomáš, SUDER, Jiří, VOCETKA, Michal, DOBEŠ, Libor a BOBOVSKÝ, Zdenko. Camera Arrangement Optimization for Workspace Monitoring in Human–Robot Collaboration. *Sensors*. 2023. 23(1), 295.

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)
SP2023/060 - Výzkum a vývoj prostředků mobilní manipulace s využitím nástrojů digitalizace	MŠMT	2023	1	Ing. Václav Krys, Ph.D.	probíhá řízení	990 k
NCK MESTEC2 TN02000010/09 : Vývoj technologií a zařízení pro aditivní výrobu DVC2: Adaptivní 3D tisk soustav robotizovaným systémem	TAČR	2023	3	Prof. Petr Novák	přijat	6M

V přípravě jsou další čtyři projektové přihlášky.

6.4. Nové laboratoře, laboratorní přístroje

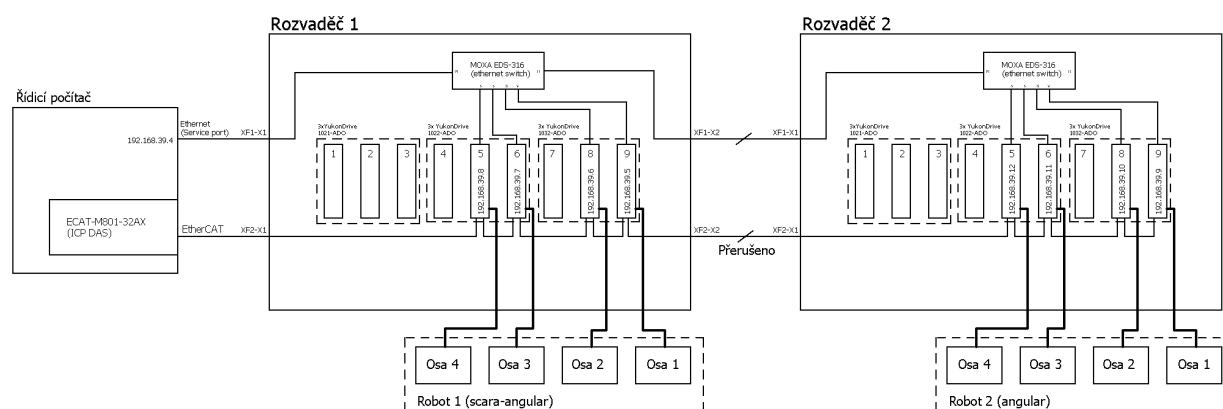
Na webových stránkách Fakulty strojní jsou k dispozici panoramatické fotografie vybraných laboratoří a pracovišť. Je zde k nahlédnutí i naše Centrum robotiky, viz:

<https://www.fs.vsb.cz/cs/katedry-a-pracoviste/laboratore/>

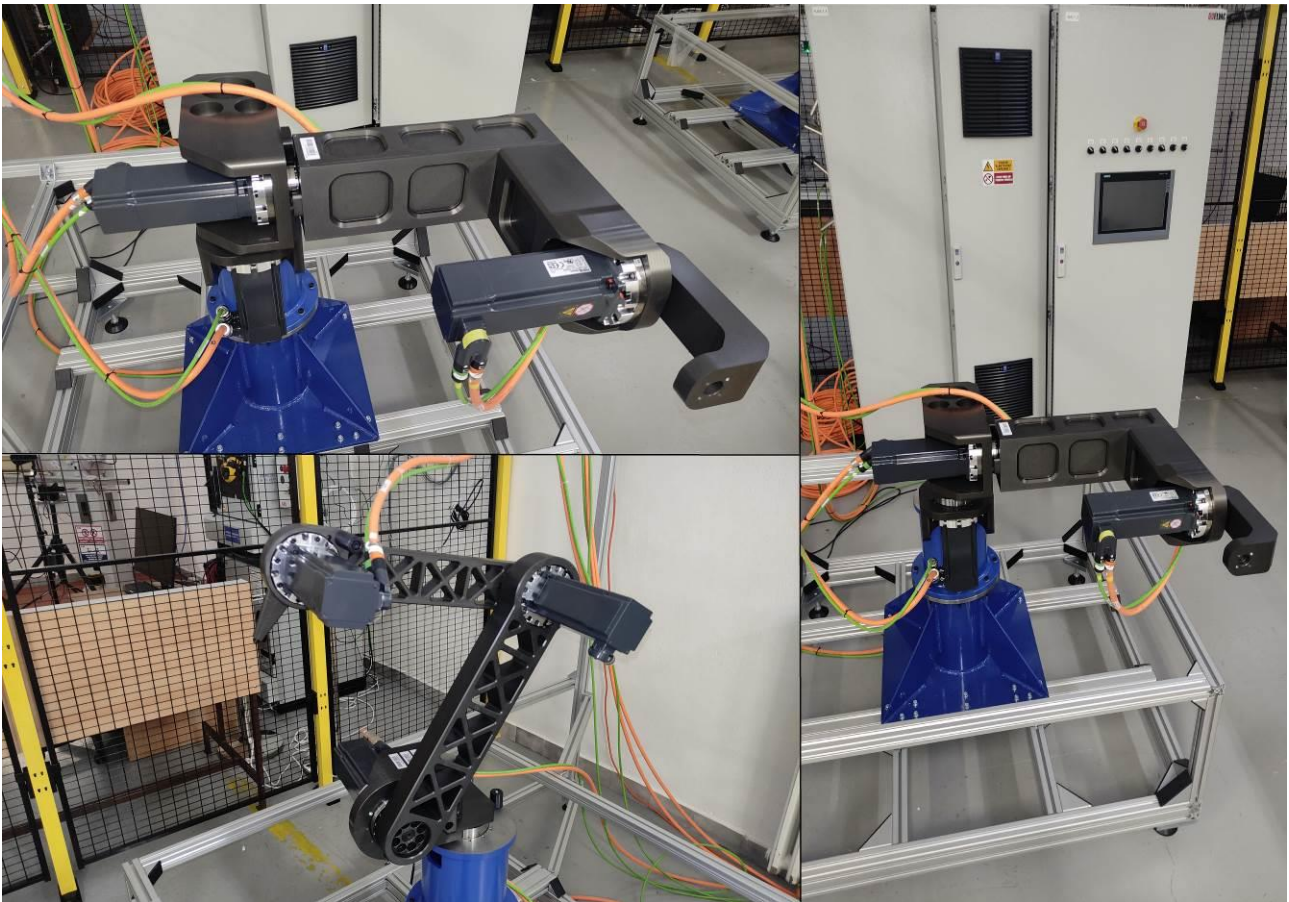
6.4.1. Testovací pracoviště experimentálních robotů I

Pracoviště bylo pořízeno pro potřeby řešení výzkumného projektu Centrum výzkumu pokročilých mechatrických systémů (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000867). Využívá se pro funkční testování prototypů manipulátorů robotů navržených vytvořenými algoritmy pro syntézu kinematické struktury robotu. Hlavními komponentami pracoviště jsou 2 rozvodné skříně pro měniče pohonných jednotek navrhovaných experimentálních robotů a dva modulární roboty se čtyřmi stupni volnosti. Veřejnou zakázkou vybraným dodavatelem pracoviště byla firma ELVAC, a.s.

Pracoviště umožňuje synchronní ovládání pohonů dvou manipulátorů v reálném čase a je možné na něm testovat pokročilé algoritmy řízení robotických ramen včetně momentového řízení. Je tvořeno výkonným počítačem s příslušným komunikačním rozhraním (EtherCAT) a motordrivery firmy Harmonic Drive (tří výkonových úrovní) pro řízení pohybových jednotek od stejné firmy. Dále je pracoviště vybaveno dvěma systémy PLC s množstvím výstupů připravených pro připojení a testování různých periférií robotů.



Obr. 6.19: Blokové schéma aktuální konfigurace testovacího pracoviště



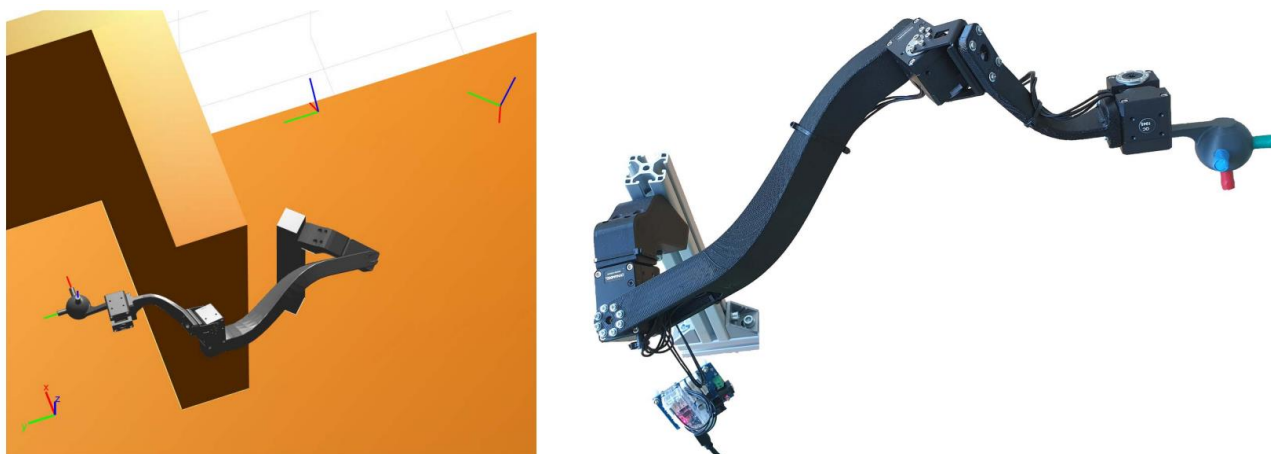
Obr. 6.20: Testovací pracoviště experimentálních robotů

6.4.2. Testovací pracoviště experimentálních robotů II

Vlastní manipulátory s libovolnou kinematickou strukturou lze nasadit na pracovištích, kde je typický šestisý robot energeticky nákladný nebo kde jej kvůli kolizím se sebou samým či okolím nelze nasadit vůbec. Naše katedra vyvinula algoritmus, který dokáže syntetizovat kinematickou strukturu (poskytnout optimální kinematické parametry), provést analýzu kolizí a navrhnout rozmístění motorů a tvar článků pro sestavení vlastního robotu, který dokáže splnit zadaný úkol.

Algoritmus používá rychlou matematickou optimalizační metodu pro hledání lokálního minima a zároveň umožňuje překonat výsledné minimum opětovnou optimalizací se změnou kinematickou reprezentací robota (Denavit-Hartenbergův konvence, reprezentace Product of Exponentials, nebo Tait-Bryanovy úhly s translačními parametry) nebo změnou formulace omezujících podmínek. Kromě tohoto bylo dále prokázáno, že matematická specifikace omezujících podmínek, tedy požadované polohy robota, má významný vliv na konvergenci syntézy. V rámci práce na projektu vznikl pomocí vyvinutých algoritmů také demonstrační manipulátor s třemi rotačními klouby, který je schopen dosáhnout tří poloh v kolizním prostředí. Jeho simulace a reálná sestava je vidět na obrázku níže. Výsledky byly publikovány v časopise (na webových stránkách vydavatele je k dispozici i videozáznamem ze simulace):

HUCZALA, Daniel, KOT, Tomáš, PFURNER, Martin, KRYS, Václav a BOBOVSKÝ, Zdenko. Multirepresentations and Multiconstraints Approach to the Numerical Synthesis of Serial Kinematic Structures of Manipulators. *IEEE Access*. 2022, vol. 10, pp. 68937-68951.



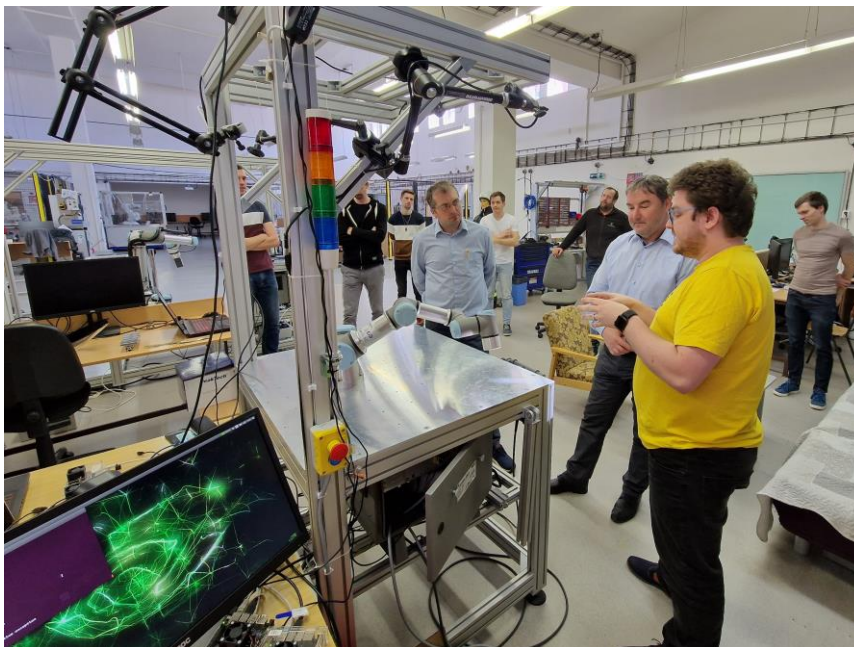
Obr. 6.21: Simulace vlastního 3R robotu (vlevo), zadaná úloha (polohy v prostoru) je vizualizována pomocí RGB souřadných systémů; laboratorní sestava 3R robotu (vpravo).

Spolu se souvisejícím algoritmem pro syntézu byl vyvinut analytický nástroj pro automatický převod mezi třemi zmíněnými kinematickými reprezentacemi robotů. Ten analyzuje vstupní reprezentaci robota, globálně vyjádří klouby v maticovém tvaru a namapuje danou reprezentaci na ostatní reprezentace s možností vygenerovat z kterékoli z nich soubor URDF (Unified Robot Description Format), takže jej lze snadno vložit do simulačního softwaru, který jej podporuje. Funguje pro rotační i prizmatické klouby a dokáže interpretovat také libovolné kinematické struktury, které nemají ortogonálně či paralelně umístěné osy kloubů. Algoritmy s příklady jsou volně k dispozici na katedrálním Github repozitáři pomocí odkazu: <https://github.com/robot-vsbcz/robkin-interpreter>.

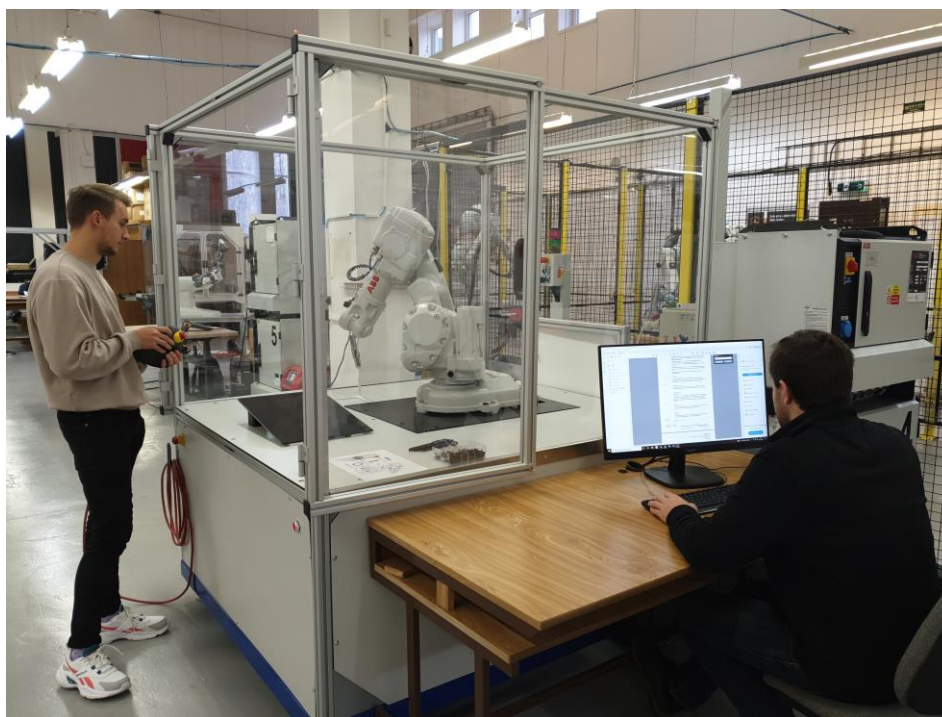
6.5. Počítačové učebny, výpočetní technika

V Centru robotiky – 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 jsou na učebnách D122 a D123.



Obr. 6.22: Kontrolní den k projektu DMS – představení průmyslovým partnerům projektu



Obr. 6.23: Studenti při výuce programování kolaborativních a průmyslových robotů

7. SPOLUPRÁCE VE VĚDĚ A VÝZKUMU

7.1. Spolupráce se subjekty v ČR

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

- ČVUT, CIIRC – Český ústav informatiky robotiky a kybernetiky, Ing. Libor
- 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,
- IFTSolutions,
- dále katedra spolupracuje s řadou výrobních podniků, které mají v náplni také výzkum.

7.2. Spolupráce se subjekty v zahraničí

Slovensko

- Technická univerzita v Košiciach – Katedra výrobnéj techniky a robotiky, Katedra priemyselnej automatizácie a mechatroniky, Katedra aplikovanej mechanik a strojného inžinierstva, Katedra technológií, materiálov a počítačovej podpory výroby, Katedra priemyselného inžinierstva a informatiky.
- Slovenská technická univerzita v Bratislave – Ústav výrobných technológií,

Polsko

- Silesian University of Technology, Gliwice – Institute of Fundamentals of Machinery Design.

Rakousko

- Joanneum research – Institute for Robotics and Mechatronics, Klagenfurt am Wörthersee.
- University Innsbruck, Unit Geometry and CAD, Innsbruck.
- Carinthia University of Applied Sciences, ADMiRE Centre, Villach.

Dánsko

- IT University of Copenhagen, Robotics, Evolution, and Art Lab.

Finsko

- Department of Mechanical Engineering na Lappeenranta University of Technology.

8. ODBORNÉ AKCE

8.1. Národní konference a semináře

- Roboty 2022 (online).
- Setkání kateder výrobních strojů a robotiky.
- Seminář SICK – Zabezpečení strojů, spolupráce člověka s robotem, komplexní řešení pro robotické aplikace.

Viz také kapitola 5.4

8.2. Mezinárodní konference a semináře

RAAD 2022 – Klagenfurt

- *termín:* 7. 6. – 11. 6.,
- *účastníci:* Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Michal Vocetka., Ph.D., Ing. Jiří Suder, Ph.D., Ing. Jakub Mlotek.

European Robotics Forum 2022 – Rotterdam

- *termín:* 28. 6. – 30. 6.,
- *účastníci:* Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Robert Pastor, Ph.D., Ing. Daniel Huczala, Ph.D.

Principia cybernetica 2022 – Trenčín

- *termín:* 7. 9. – 9. 9.,
- *účastníci:* prof. Dr. Ing. Petr Novák, doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D., Ing. Aleš Vysocký, Ph.D.

Setkání kateder a ústavů výrobní techniky a robotiky 2022 – Praha

- *termín:* 12. 9. – 14. 9.,
- *účastníci:* doc. Ing. Zdenko Bobovský, Ph.D., Ing. Václav Krys., Ph.D.

ICCMA 2022 – Luxembourg

- *termín:* 08. 11 – 13. 11.,
- *účastníci:* Ing. Daniel Huczala, Ph.D., Ing. Jiří Suder, Ph.D, Ing. Jakub Mlotek.



Obr. 8.1: Společná fotografie účastníků konference RAAD 2022 (Foto: Joanneum Research)



Obr. 8.2: Fotografie z konference ERF 2022 (AHOY centrum, Rotterdam)

8.3. Jiné akce

8.3.1. Kopřivnické dny techniky

Ve dnech 4. 6. a 5. 6. proběhla na Polygonu TATRA v Kopřivnici akce pro veřejnost, kde se mimo jiné prezentovala i naše univerzita. Na několika stáncích byly zastoupeny téměř všechny fakulty. Naše katedra zde prezentovala obory na fakultě strojní.



Obr. 8.3: Prezentace na Kopřivnických dnech techniky

8.3.2. Art & Science

Během tohoto festivalu 8.9.2022 byly v areálu univerzity prezentovány jednotlivé obory na VŠB-TUO. U našeho stánku se mohli návštěvníci festivalu seznámit s mobilními roboty.



Obr. 8.4: Stánek oboru robotika na festivalu Art & Science 2022

8.3.3. Talent City

Studenti doktorského studia na naší katedře prezentovali techniku v rámci doprovodného programu pro konferenci Talent City dne 15. 9. 2022.



Obr. 8.5: Prezentace robotiky na Masarykově náměstí v rámci doprovodného programu pro Talent City

8.3.4. Dny NATO

Náš soutěžní mobilní robot K3P4 byl k vidění na Dnech NATO 17. 9. – 18. 9. na Mošnovském letišti jako součást expozice Fakulty strojní.



Obr. 8.6: Stánek Fakulty strojní na Dnech NATO 2022

8.3.5. Noc Vědců

VŠB – TUO organizuje celostátní akci Noc Vědců. Tento rok se zapojila i naše katedra a lidé tak měli možnost navštívit naši laboratoř a poslechnout si přednášku o našich pracovištích a robotech.



Obr. 8.7: Prezentace na Centru robotiky během Noci vědců

8.3.6. Mezinárodní strojírenský veletrh

MSV proběhl na Brněnském výstavišti ve dnech 4. 10. až 7. 10. Naše katedra zde v rámci expozice Fakulty strojní VŠB-TUO prezentovala soutěžní mobilní robot K3P4 a čtyřnohý robot Go1.



Obr. 8.8: Prezentace Fakulty strojní včetně robotů Katedry robotiky na MSV Brno 2022

8.3.7. Dobré ráno na České televizi

Dne 19. 10. jsme prezentovali soutěžní robot K3P4 na České televizi v rámci programu Dobré ráno. V rozhovoru jsme popisovali zmíněný mobilní robot, soutěže, kterých se účastnil v minulosti a čerstvé vzpomínky z letošní turecké soutěže. Dále jsme popisovali, jak to u nás na katedře chodí a jaké možnosti pro studenty nabízíme, například v projektu SGS.



Obr. 8.9: Prezentace robotu K3P4 a Katedry robotiky v programu Dobré ráno

9. PUBLIKAČNÍ ČINNOST

9.1. Články v zahraničních časopisech

MIKOVÁ, Ľubica, PRADA, Erik, KELEMEN, Michal, KRYS, Václav, MYKHAILYSHYN, Roman, SINČÁK, Peter Ján, MERVA, Tomáš a LEŠTACH, Lukáš. [Upgrade of Biaxial Mechatronic Testing Machine for Cruciform Specimens and Verification by FEM Analysis. Machines](#). 2022. 10(10), 916. [Scopus](#), [WoS](#), [Q2](#)

KOT, Tomáš, WIERBICA, Rostislav, OŠČÁDAL, Petr, SPURNÝ, Tomáš a BOBOVSKÝ, Zdenko. [Using Elastic Bands for Collision Avoidance in Collaborative Robotics](#). *IEEE Access*. 2022. vol 10, pp. 106972-106987. ISSN 2169-3536. [Scopus](#), [WoS](#), [Q2](#)

VYSOCKÝ, Aleš, GRUSHKO, Stefan, SPURNÝ, Tomáš, PASTOR, Robert a KOT, Tomáš. [Generating Synthetic Depth Image Dataset for Industrial Applications of Hand Localisation](#). *IEEE Access*. 2022, vol. 10, pp. 99734-99744. ISSN 2169-3536. [Scopus](#), [WoS](#), [Q2](#)

HUCZALA, Daniel, KOT, Tomáš, PFURNER, Martin, KRYS, Václav a BOBOVSKÝ, Zdenko. [Multirepresentations and Multiconstraints Approach to the Numerical Synthesis of Serial Kinematic Structures of Manipulators](#). *IEEE Access*. 2022, vol. 10, pp. 68937-68951. [Scopus](#), [WoS](#), [Q2](#)

OŠČÁDAL, Petr, SPURNÝ, Tomáš, KOT, Tomáš, GRUSHKO, Stefan, SUDER, Jiří, HECZKO, Dominik, NOVÁK, Petr a BOBOVSKÝ, Zdenko. [Distributed Camera Subsystem for Obstacle Detection](#). *Sensors*. 2022, 22(12), 4588. [Scopus](#), [WoS](#), [Q2](#)

PASTOR, Robert, MIHOLA, Milan, ZEMAN, Zdeněk a BOLESLAVSKÝ, Adam. [Knowledge-Based Automated Mechanical Design of a Robot Manipulator](#). *Applied Sciences*. 2022, 12(12), 5897. [Scopus](#), [WoS](#), [Q3](#)

HECZKO, Dominik, OŠČÁDAL, Petr, KOT, Tomáš, BOLESLAVSKÝ, Adam, KRYS, Václav, BÉM, Jan, VIRGALA, Ivan a BOBOVSKÝ, Zdenko. [Finding the Optimal Pose of 2D LLT Sensors to Improve Object Pose Estimation](#). *Sensors*. 2022, 22(4), 1536. ISSN 1424-8220. [Scopus](#), [WoS](#), [Q2](#)

9.2. Články v domácích časopisech

MIHOLA, Milan, ZEMAN, Zdeněk, BOLESLAVSKÝ, Adam, BÉM, Jan, PASTOR, Robert a FOJTÍK, David. [Automation of Design of Robotic Arm](#). *MM Science Journal*. 2022, issue October, pp. 5876-5882. ISSN 1803-3126. [Scopus](#), [WoS](#)

BOLESLAVSKÝ, Adam, MIHOLA, Milan, WIERBICA, Rostislav, BÉM, Jan a SPURNÝ, Tomáš. [Research and Development of a Software Tool for Parametric Modeling of Robotized Workplaces](#). *MM Science Journal*. 2022, issue June, pp. 5675-5683. ISSN 1803-3126. [Scopus](#), [WoS](#)

ZEMAN, Zdeněk, MIHOLA, Milan, SUDER, Jiří a BOLESLAVSKÝ, Adam. [Automation of Partial Tasks in the Design of Robotic Arms](#). *MM Science Journal*. 2022, issue March, pp. 5513-5521. ISSN 1803-3126. [Scopus](#), [WoS](#)

9.3. Příspěvky na mezinárodních konferencích

MLOTEK, Jakub, BOBOVSKÝ, Zdenko, SUDER, Jiří, OŠČÁDAL, Petr, VOCETKA, Michal a KRYS, Václav. [Shape-Changing Manipulator Possibilities and the Effect of the Deformable](#)

[Segment on the Size of the Working Area](#). In *Mechanisms and Machine Science*. 2022. pp. 272-280. ISBN 9783031048692. ISSN 2211-1098. e-ISSN 2211-1099. [Scopus](#)

VYSOCKÝ, Aleš, GRUSHKO, Stefan, PASTOR, Robert a NOVÁK, Petr. [Simulation Environment for Neural Network Dataset Generation](#). In *International Conference on Modelling and Simulation for Autonomous Systems (MESAS)*. 2022. ISBN 978-3-030-98260-7. [Scopus](#), [WoS](#)

HUCZALA, Daniel, KOT, Tomáš, MLOTEK, Jakub, SUDER, Jiří a PFURNER, Martin. [An Automated Conversion Between Selected Robot Kinematic Representations](#). In *10th International Conference on Control, Mechatronics and Automation (ICCMA, Luxembourg)*. 2022.

9.4. Aplikované výstupy

9.4.1. Prototypy, funkční vzorky

HECZKO, Dominik, BOBOVSKÝ, Zdenko a OŠČÁDAL, Petr. Robotizovaná kontrola přesnosti předmětů vyrobených 3D tiskem a navařováním. 2022.

HECZKO, Dominik, OŠČÁDAL, Petr a BOBOVSKÝ, Zdenko. Systém kontroly 3D tvaru součástí. 2022.

HECZKO, Dominik, OŠČÁDAL, Petr a BOBOVSKÝ, Zdenko. Systém pro stanovení polohy objektu v chapadle. 2022.

OŠČÁDAL, Petr, KOT, Tomáš a HECZKO, Dominik. Senzor pro vyhodnocení přiblížení objektu. 2022.

KOT, Tomáš a OŠČÁDAL, Petr. Systém automatické korekce trajektorie implementovaný v řídicím systému robotu. 2022.

GRUSHKO, Stefan a VYSOCKÝ, Aleš. Programový systém kontroly kolizí v pracovním prostoru. 2022.

OŠČÁDAL, Petr, HECZKO, Dominik a KOT, Tomáš. Kalibrační gridboard pro určení pozice a orientace kamer v prostoru. 2022.

GRUSHKO, Stefan a VYSOCKÝ, Aleš. Human-machine interface (HMI) pro vylepšení spolupráce robotu a člověku za podmínek sdíleného pracovního prostoru. 2022.

9.4.2. Patenty, užité vzory, průmyslové vzory

GRUSHKO, Stefan a STREJČEK, Radim. Kloub se dvěma stupni volnosti pro použití v exoskeletech a rehabilitačních zařízeních. 2022.

9.4.3. Autorizovaný software

KOT, Tomáš a BOBOVSKÝ, Zdenko. Software pro optimalizaci polohy robotu vůči trajektorii. 2022.

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

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