

**Vedoucí týmu:** Ing. Libor Přeučil, CSc., Research ID: G-9530-2014

**Označení týmu:** Inteligentní a mobilní robotika (IMR)

## Obsah výzkumu – state-of-the art

Obecně: Výzkum a vývoj obecných postupů a řídicích algoritmů inteligentních a autonomních systémů/robotů v doménách UGV, UAV a jejich kombinací, včetně koexistence, kooperace a interakce s lidskou entitou, výzkum technologií pro autonomní vozidla. Autonomní robotika pro logistiku a servisní robotika

Výzkum a vývoj v oblasti autonomních robotických a bezosádkových systémů pro každodenní, nekontrolovaná, komplexní a lidsky-orientovaná/proměnlivá prostředí (indoor, outdoor, přírodní prostředí, atp.) k dosažení vysoké robustnosti a autonomie těchto systémů, stejně jako schopnosti bezpečné spolupráce s člověkem po velmi dlouhou dobu. Detekce a opravy provozních chybových stavů v autonomních systémech a dlouhodobá autonomie.

- Navigace robotů a vozidel s využitím vtělených vlastností prostředí, lokalizace a mapování prostředí bez infrastruktury (nedostupná GNSS navigace, bez dodatečných instalací podpůrných systémů), řešení na základě extrakce robustních příznaků a vizuálního hodnocení tvaru a struktury scény (zpracování RGB-D obrazů a LIDARu), aplikace postupů strojového/hlubokého učení.
- Reprezentace znalosti pro mapování a údržbu řídkých modelů prostředí rozlehlých a neúplně známých prostředí v robotice.
- Práce s nejistotou v robotice, zahrnuje situace s neúplně určeným pracovním prostředím autonomního robotu a situace s časově proměnlivou scénou. Fúze informace k rekonstrukci a správě modelu pracovního prostředí a navigaci autonomního robotu za podmínek neurčitosti.
- Plánování a rozvrhování pro robotiku. Optimální aproximace řešení NP-úplných plánovacích problémů v čase blízkém reálnému, plánovací postupy typu “any time”, optimalizace a řízení trajektorií mobilních robotů.
- Koordinace a kolaborace v multi-robotických systémech hybridního typu, sdružování zdrojů v multi-robotických systémech, skupinová robotika a robotická hejna. Zahrnuje problematiku optimální spolupráce více UGV a UAV systémů, včetně interakce člověk-robot.

## **Klíčoví výzkumníci**

Ing. Libor Přeučil, CSc.

Vedoucí týmu, výzkumný pracovník – senior/excelentní výzkumník, základní a aplikovaný výzkum oblasti navigace autonomních robotů v prostředí bez infrastruktury, dlouhodobá autonomie, zpracování senzorické informace a plánování pro mobilní robotiku.

RNDr. Miroslav Kulich, Ph.D.

Výzkumný pracovník – senior/ excelentní výzkumník, základní a aplikovaný výzkum v oblasti plánovacích a rozvrhovacích algoritmů, pravděpodobnostní robotika a technologie aproximovaných řešení NP-úplných úloh pro inteligentní robotiku.

Ing. Karel Košnar, Ph.D.

Výzkumný pracovník - senior, základní aplikovaný výzkum v oblasti zpracování senzorické informace v inteligentní robotice, navigace mobilních robotů, strojového vidění

Dr. Gael Ecorchard

Výzkum a vývoj v oblasti mobilní/kračející a manipulační robotiky a mechatroniky, H-R interakce, strojové učení

Dr. Luis Gomez Camara

Výzkum a vývoj v oblasti inteligentního zpracování signálů (obrazu), strojového učení a jejich aplikace v úlohách inteligentního řízení robotů.

Ing. Jan Chudoba

Výzkumný a vývojový pracovník, specializace v oblasti multirobotických systémů a navigace mobilních robotů, experimentální podpora výzkumu a vývoje

Ing. Martin Jílek

Výzkumný a vývojový pracovník – junior, specializace v oblasti multirobotických systémů a navigace mobilních robotů v prostředí bez infrastruktury

### **Doktorandi/adresovaná témata prací**

Ing. Jakub Hvězda/multirobotické plánování a rozvrhování, plánování za podmínek nejistoty

Ing. Tomáš Pivoňka/metody pro vizuální navigaci mobilních robotů založené na vtělených vizuálních vlastnostech prostředí, dlouhodobá autonomie

Ing. Viktor Kozák/postupy pro kolaborativní řešení úloh v autonomní mobilní robotice/kolaborativní mapování a navigace

Mgr. Martin Doerfler/modely prostředí a navigační postupy pro inteligentní robotiku založené na vizuálních charakteristikách scény

## Klíčové metody a technologie

Obecným dlouhodobým cílem výzkumu a vývoje je převážně „praktická autonomie“ pro mobilní robotiku, tedy: Výzkum a vývoj metod a postupů navigace robotů v částečně neurčitých, rozlehlých (popř. informačně řídkých) prostředích typu indoor, outdoor, přírodního, městského typu a/nebo lidsky orientovaná prostředí. Navigační metody by měly vykazovat schopnost pracovat v neupravených a nekontrolovaných prostředích vyjmenovaného typu, bez podpůrných infrastruktur (nedostupnost GNSS/GPS systémů a jiných navigačních prostředků) a se schopností autodiagnostiky a obnovení z funkčního výpadku:

- Metody a postupy práce s neurčitostí pro realizaci datové fúze v robotice. Založeno na pravděpodobnostních metodách zpracování dat (Markovovy modely) a postupech strojového (ML) a hlubokého (DL) učení. Interpretace neúplných a nejistých dat-senzorických měření a ošetření situací s neúplně známou nebo proměnlivou scénou (reálné situace). Zohlednění neurčitosti v úloze způsobené lidskou entitou.
- Reprezentace modelu pracovního prostředí autonomního robotu/vozidla s užitím přirozených vtělených vlastností scény (bez nutnosti existence podpůrné navigační infrastruktury) na základě vizuálního pozorování obrazu (tvar a struktura). Výzkum a aplikace v oblasti robustních obrazových příznaků ve scéně a jejich využití k reprezentaci modelů prostředí.
- Modely reprezentace prostředí v robotice. Výzkum v oblasti reprezentace neúplné znalosti o prostředí, modely inkrementálního typu, modely pro rozlehlá prostředí a udržitelné modely (průběžné obnovování a doplňování) informace. Vlastní vývoj technologie LargeMaps (LaMa) pro navigaci robotů v rozlehlých prostředích, modely třídy „Bag of Visual Words“ a modely prostředí pro navigaci prosté procesu rozpoznávání objektů scény a lokalizace robotu/vozidla v nich. Dlouhodobá autonomie mobilních robotů a vozidel.
- Plánování a rozvrhování pro robotiku. Metody a postupy plánování trajektorií a řízení robotů, metody pro řešení směrovací úlohy a metody založené na heuristice (koordinace mobilních robotů a vozidel). Aproximovaná a „Any Time“ řešení NP-úplných úloh spojených s plánováním v robotice, inspekční úloha, koordinace činnosti autonomních (multi)robotů. Robotická hejna.
- Strojové učení a hluboké učení v úloze lokalizace mobilního robotu a/nebo objektu. Rozpoznání místa ve scéně (Place Recognition) a příznakové modely prostředí. Rozpoznání objektu ve scéně a úloha uchopení objektu (manipulátor).

### Top 3 výsledky

- Iniciace a založení *Centra pro pokročilou outdoorovou robotiku (CAFR)*, <http://cafr.cz>) platforma integrující významné akademické, výzkumné a průmyslové partnery v rámci ČR, specializace na oblast inteligentní a mobilní outdoorové robotiky.
- Technologie vizuální navigace bez rozpoznávání. Založeno na vtělených vizuálních vlastnostech scény. Využití pro vizuální navigaci autonomních mobilních robotů/vozidel ve složitých prostředích a scénách bez podpůrné infrastruktury.
- Optimalizace v NP-úplných směrovacích úlohách. Rozvrhování pro robotické/logistické a dopravní systémy, efektivní algoritmy pro “any time” postupy řešení NP-úplných rozvrhovacích úloh s nejistotou.

### Top 3 publikace

- Simple Yet Stable Bearing-Only Navigation, Krajník T., Faigl J., Vonasek V., Kosnar K., Kulich M., Preucil L., JOURNAL OF FIELD ROBOTICS, Volume: 27, Issue: 5, Pages: 511-533, Special Issue: SI, Published: SEP-OCT 2010,
- Context-Aware Route Planning for Automated Warehouses. Hvězda J., Kulich M., Přeučil L., et-al., In: Proceedings of 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). 2018 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Maui, 2018-11-04/2018-11-07. IEEE Intelligent Transportation Systems Society, 2018, p. 2955-2960. ISSN 2153-0017. DOI
- Improved Discrete RRT for Coordinated Multi-robot Planning. Hvězda, J., Kulich M., and Přeučil L. In: Proceedings of the 15th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics - (Volume 2). International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Porto, 2018-07-29/2018-07-31. Madeira: SciTePress, 2018. p. 171-179. ISBN 978-989-758-321-6. DOI

## Top 5 projektů

Název projektu	Role v projektu	Zdroj financování	Trvání projektu	Typ projektu
Centrum aplikované kybernetiky 3 (CAK3/WP17)	Spoluřešitel	MŠMT ČR	2016-2019	Aplikovaný výzkum
Bezpečná interakce člověka a robotu v logistických aplikacích pro vysoce flexibilní skladové systémy (SafeLog)	Spoluřešitel, zodp. řešitel ČVUT	HORIZON 2020 (výzkumná a inovační akce)	2016-2020	Aplikovaný výzkum a vývoj
Autonomní multifunkční modulární robot pro transport a manipulaci ve výrobě (CreoBot)	Spoluřešitel, zodp. řešitel ČVUT	TACR	2018-2020	Aplikovaný výzkum a vývoj
Mnohokamerový bezpečnostní skener podvozků vozidel (Kassandra)	Spoluřešitel, zodp. řešitel ČVUT	MV ČR	2017-2020	Aplikovaný výzkum a vývoj
Robotika pro průmysl 4.0 (R4I/WP1)	Spoluřešitel	OPVVV	2017-2022	Aplikovaný výzkum
Neperiodické materiály vykazující strukturované deformace: Modulární návrh a výroba	Spoluřešitel	CAČR-EXPRO	2019-2023	Základní výzkum

### Významný aplikační výstup či výsledek spolupráce s praxí nebo v praxi nasazen

Dlouhodobá spolupráce s průmyslem:

VOP CZ s.p. (2012-dosud):

- SW pro systémy vizuální bezpečnostní inspekci podvozků vozidel, rekonstrukce 2D obrazu a 3D profilu podvozku, klasifikace odlišností (mnohočetný produkt)
- Řídicí SW (autonomní navigace) pro bezosádkové vozidlo TAROS 6x6 (experimentální prototyp)

Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav (2016-dosud):

- Chytrý systém robotického vybírání dílů (Smart Bin-Picking) s užitím strojového vidění a hlubokého učení (ověřený prototyp)

LEGO, Kladno (2018-dosud):

- Strojové vidění pro systém rychlé adaptivní robotické manipulace s obaly meziproduktů (vytváření produktových sestav)