



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ V NESTROJÍRENSKÝCH APLIKACÍCH

Studijní opora

Ladislav Kárník

Ostrava 2011



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: Využití servisních robotů v nestrojírenských aplikacích

Autor: Ladislav Kárník

Vydání: první, 2010

Počet stran: 90

Náklad:

Studijní materiály pro studijní obor Robotika Fakulty strojní

Jazyková korektura: nebyla provedena.



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.



Název: Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu

Číslo: CZ.1.07/2.3.00/09.0147

Realizace: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Ladislav Kárník

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-2728-5

POKYNY KE STUDIU

Využití servisních robotů v nestrojírenských aplikacích

Pro předmět 6 semestru oboru Robotika jste obdrželi studijní balík obsahující:

Pro studium problematiky využití servisních robotů v nestrojírenských aplikacích jste obdrželi studijní balík obsahující:

- integrované skriptum pro distanční studium obsahující i pokyny ke studiu,
- přístup do e-learningového portálu obsahující doplňkové animace vybraných částí kapitol,
- CD-ROM s doplňkovými animacemi vybraných částí kapitol,
- harmonogram průběhu semestru a rozvrh prezenční části,
- rozdělení studentů do skupin k jednotlivým tutorům a kontakty na tutorů.

Prerekvizity

Pro studium této opory se předpokládá znalost na úrovni absolventa předmětu Základy robototechniky, Průmyslové roboty a manipulátory.

Cílem učební opory

Cílem je seznámení se základními pojmy servisní robotiky a nasazování servisních robotů v nestrojírenských aplikacích. Po prostudování modulu by měl student být schopen zvládnout, problematiku nasazování servisních robotů pro konkrétní aplikace.

Pro koho je předmět určen

Modul je zařazen do bakalářského studia oboru Robotika studijního programu B2341, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoliv jiného oboru, pokud splňuje požadované prerekvizity.

Skriptum se dělí na části, kapitoly, které odpovídají logickému dělení studované látky, ale nejsou stejně obsáhlé. Předpokládaná doba ke studiu kapitoly se může výrazně lišit, proto jsou velké kapitoly děleny dále na číslované podkapitoly a těm odpovídá níže popsaná struktura.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



Čas ke studiu: xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden čas potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Popsat ...
-  Definovat ...
-  Vyřešit ...

Ihned potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



Shrnutí pojmů

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



Otázky

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.



Úlohy k řešení

Protože většina teoretických pojmů tohoto předmětu má bezprostřední význam a využití v praxi, jsou Vám nakonec předkládány i praktické úlohy k řešení. V nich je hlavním významem předmětu schopnost aplikovat čerstvě nabyté znalosti pro řešení reálných situací.



Klíč k řešení

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.

Úspěšné a příjemné studium s tímto učebním textem Vám přeje autor.

Ladislav Kárník

OBSAH

1	ÚVOD KE STUDIU	8
1.1	Klasifikace základních pokynů pro týmovou práci	8
2	ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ	10
2.1	Klasifikace základních pojmů využití servisních robotů	10
2.2	Faktory ovlivňující návrh servisních robotů	17
2.3	Řízení mobilních servisních robotů v nestrojírenských aplikacích	19
2.4	Navigace mobilních servisních robotů v nestrojírenských aplikacích	22
2.5	Charakteristika a znaky servisních robotů v nestrojírenských aplikacích	27
2.6	Charakteristika a znaky provozu robotů v nestrojírenských aplikacích	32
3	VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ VE ZDRAVOTNICTVÍ	38
3.1	Klasifikace prostředí v oblasti zdravotnictví	38
3.2	Požadavky na servisní roboty pro aplikace v oblasti zdravotnictví	39
3.3	Klasifikace servisních úloh v oblasti zdravotnictví	41
3.4	Příklady konkrétních aplikací robotů v oblasti zdravotnictví	44
4	VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ VE STAVEBNICTVÍ	48
4.1	Klasifikace prostředí v oblasti stavebnictví	48
4.2	Požadavky na servisní roboty pro aplikace v oblasti stavebnictví	49
4.3	Klasifikace servisních úloh v oblasti stavebnictví	51
4.4	Příklady konkrétních aplikací robotů v oblasti stavebnictví	53
5	VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ V MĚSTSKÉM PROSTŘEDÍ	56
5.1	Klasifikace městského prostředí	56
5.2	Požadavky na servisní roboty	60
5.2.1	Požadavky na roboty pro dopravní úlohy	62
5.2.2	Požadavky na roboty pro pracovní úlohy	66
5.2.3	Všeobecné požadavky na servisní roboty	67
5.3	Využití robotů v bezpečnostních složkách městského prostředí	70
5.4	Využití robotů ve veřejných službách městského prostředí	71
5.5	Využití navržených servisních robotů v městském prostředí	73
5.5.1	Servisní roboty s kolovým lokomočním ústrojím	73
5.5.2	Servisní roboty s pásovým lokomočním ústrojím	77

6	LITERATURA.....	85
----------	------------------------	-----------

1 ÚVOD KE STUDIU

Kapitola se zabývá všeobecným uvedením do problematiky využití servisních robotů v nestrojírenských aplikacích a charakteristikou základních požadavků na týmovou práci studentů.

Aplikace servisních robotů do nestrojírenských oblastí a trendy současného světového vývoje ukazují na značně široké spektrum možností jejich uplatnění. Na rozdíl od průmyslových robotů nacházejí využití především v nestrojírenských oblastech. Je to zřejmé už definice, že servisní roboty se podílejí na nevýrobních činnostech. To znamená, že jsou nasazovány především do oblasti služeb a uspokojování nejrůznějších potřeb lidí nebo firem.

Různorodost a kvalita prováděných servisních činností se odráží ve velkém rozptýlu požadavků na servisní robotické systémy, které jsou na ně kladeny v souvislosti s prováděním těchto činností. To klade velké nároky na jejich design, vybavenost potřebnými pohony, způsob řízení, senzory, komunikaci s okolním prostředím apod. Kromě toho existuje značné množství ovlivňujících faktorů konkrétního prostředí majících vliv na konstrukci robotu.

Servisní robotické systémy nacházejí uplatnění všude tam kde je prostředí pro člověka nebezpečné, těžko dostupné či dokonce nedostupné. Jako příklad lze uvést monitorování zamořeného prostředí radiací nebo chemickými látkami, monitorování kráterů sopek, průzkum podmořského dna, průzkum povrchu jiných planet apod. Mobilní servisní roboty určené k provádění nejrůznějších servisních úloh jako např. inspekčních činností, provádění monitorování, manipulace s předměty a jejich transport apod. jsou často vybaveny manipulačními nástavbami, zásobníky a dalšími nástavbovými moduly. Mohou tak provádět servisní úlohy transportního charakteru, manipulační činností, technologické operace, bezpečnostní zásahy apod.

1.1 Klasifikace základních pokynů pro týmovou práci



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce si stanovíte



Pracovní týmy, které zachováte po celou dobu studia těchto opor.



Rozvržení časového harmonogramu ke studiu těchto opor.



Výklad

Studijní opory s názvem „Využití servisních robotů v nestrojírenských aplikacích“ představují studijní materiál ke studiu předmětu „Servisní roboty“, ve kterém jsou úlohy zaměřené na týmovou práci studentů.

Na začátku studia předmětu je nutné si sestavit týmy - kde každý tým bude mít tři studenty. V případě, že celkový počet studentů ve skupině nebude dělitelný třemi, bude jeden nebo dva týmy mít čtyři studenty. Takto sestavené týmy budou pracovat na jednotlivých úkolech těchto opor po celou dobu studia předmětu „Servisní roboty“. Jednotlivé zadávané úkoly budou vždy platit pro tým studentů. Proto je potřeba si úkol vždy rozdělit mezi jednotlivé studenty v týmu. Co každý student v týmu vypracoval, bude vždy uvedeno na začátku vypracovaného úkolu.

Doporučujeme, aby v každém týmu byli studenti se strojním zaměřením, zaměřením na řízení, navigaci apod. Takováto různorodost zaměření je v oblasti navrhování a aplikování servisních robotů potřebná s ohledem na široké spektrum požadavků.

Pokyny ke zpracování každé úlohy:

- Každá úloha bude vypracována písemně v textovém editoru WORD.
- Každá úloha bude obsahovat titulní stranu, kde bude uvedený název opor, jména studentů příslušného týmu (včetně jejich podpisů) a číslo úlohy (je uvedeno vždy v modrém poli – úlohy k řešení).
- V úvodu každé úlohy bude jmenovitě uvedeno, kdo zpracoval jakou část daného úkolu.
- V závěru textové části každé úlohy bude uvedena použita literatura.
- Každý úkol bude odevzdán na MOODLE (v předmětu „Servisní roboty“) ve stanoveném termínu.
- Při nedodržení termínu odevzdání úlohy bude provedena srážka bodů (viz pokyny na MOODLE).
- Dotazy k jednotlivým úlohám mohou studenti řešit s tutorem na cvičeních v průběhu semestru.



Shrnutí pojmů 1.1.

Týmová práce, sestavení týmů.

2 ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ

Kapitola se zabývá definováním vybraných základních pojmů z oblasti servisní robotiky, klasifikací požadavků na servisní roboty, faktory ovlivňujícími návrh servisních robotů, charakteristikami provozu servisních robotů pro nestrojírenské aplikace apod.

2.1 Klasifikace základních pojmů využití servisních robotů



Čas ke studiu: 3 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní pojmy v oblasti servisní robotiky.
-  Definovat typy servisních úloh.
-  Definovat rozdělení servisních robotů.



Výklad

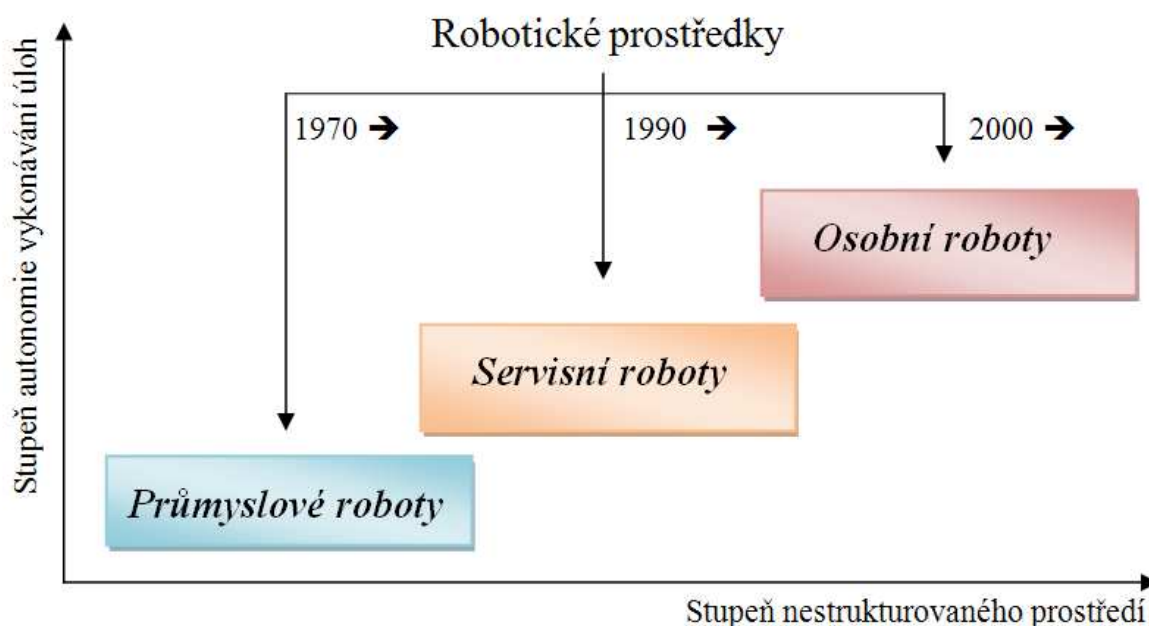
Drtivá většina servisních robotů jsou ve své podstatě unikáty, tj. jediný výrobek svého druhu určený pro vykonávání servisní úlohy. Je to dáno tím, že se doposud servisní roboty aplikované v celé škále nestrojírenských oblastí nevyrábí sériově. I přes vyšší pořizovací náklady nacházejí servisní roboty stále větší uplatnění v celé škále nestrojírenských oblastech. Podílejí se na vykonávání nejrůznějších servisních úloh a nahrazují činnosti, které by musel jinak vykonávat člověk. V řadě aplikací jsou jediným možným technickým prostředkem k tomu, aby se daly realizovat servisní úlohy, pro které by se těžko dal použít jiný mechanismus.

V prostředí pro člověka nebezpečném, nevhodném či nedostupném, je nanejvýš vhodné nasazovat servisní roboty a chránit zdraví člověka. Může se jednat např. o zamořené prostředí chemickými látkami či radiací, kosmický prostor, podmořské hlubiny, jeskyně apod. Servisní roboty již dnes nahrazují mnoho lidských činností, které představují opakující se namáhavé a monotónní práce. To platí pro všechny nestrojírenské i strojírenské oblasti. Ze specifických oblastí lze uvést např. vojenství, kosmický výzkum, podmořský výzkum apod. Nasazování servisních robotů v nestrojírenských oblastech můžeme rozdělovat podle různých hledisek. Z hlediska nasazování servisních robotů lze nestrojírenské oblasti rozdělovat např. podle charakteru oblasti do těchto stěžejních skupin:

- Městské prostředí.
- Oblast zdravotnictví.
- Oblast zemědělství a lesnictví.
- Oblast stavebnictví.
- Ostatní.

Vývoj nových elektronických prvků, pohonů, senzorů, materiálů (biomateriálů) apod. umožňuje, aby vznikaly neustále nové a nové konstrukce servisních robotů. Vznikají tak nové miniaturní konstrukce robotů, zdokonaluje se jejich řízení, což dává předpoklad vzniku nových aplikací. To vše umožňuje do budoucna, aby vznikaly nové aplikace s inteligentními roboty nebo také aplikace využívající jednoúčelové roboty. Již dnes můžeme hovořit o generaci osobních robotů, které pomáhají člověku realizovat každodenní činnosti při uspokojování jeho nejrůznějších potřeb. Vznik nových vědních oborů přináší poznatky v oblasti vývoje biomateriálů a biosenzorů, které výrazně přispívají ke vzniku nových netradičních konstrukcí robotů a rozšiřují možnosti jejich aplikace. Do budoucna to představuje nutnost spojení celé řady vědních disciplín a využití všech získaných poznatků pro vývoj nových servisních a osobních robotů, tak aby se daly využít pro jakoukoliv aplikaci.

Z hlediska celosvětových analýz a přehledů o současných aplikacích servisních robotů lze hovořit o výrazné expanzi do nestrojírenských (nevýrobních) oblastí. Mezi tyto oblasti se řadí také aplikace robotů v kosmickém prostoru a pro práci pod vodou. Stále nové požadavky na konstrukci servisních robotů s ohledem na jejich aplikace ovlivňuje trendy vývoje. Vznikají tak nové kategorie a nové generace robotických (biorobotických) zařízení, jak znázorňuje obr. 2.1 [19].



Obrázek 2.1- Kategorie robotických zařízení



Pojmy k zapamatování

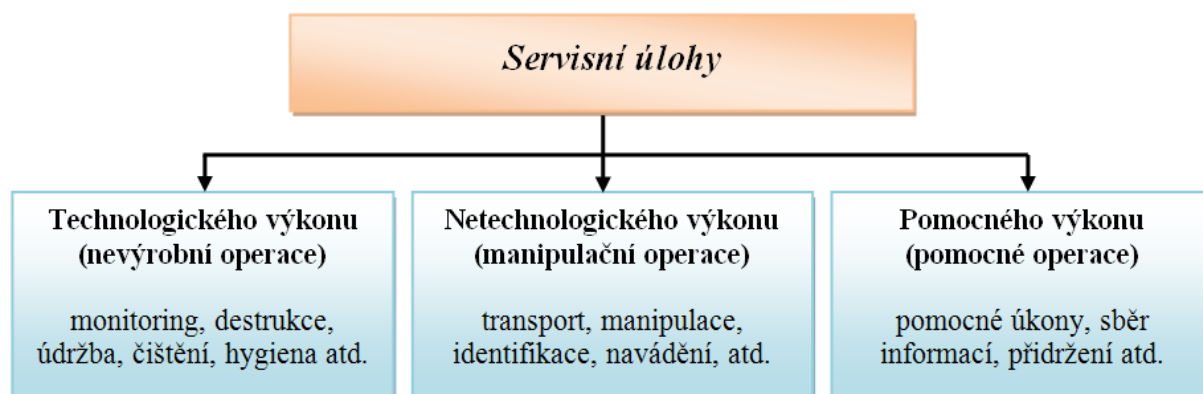
Pro doplnění lze uvést definici servisního robotu, která však není jednoznačně stanovena. Obecně se však přijal tento výklad pro pojem servisní robot, pojem služby a servisní činnost:

Servisní robot - je volně programovatelné kinematické zařízení, které vykonává služby částečně nebo plně automaticky.

Služby - jsou úlohy, které nepřispívají k průmyslové výrobě produktů, ale k vykonávání práce užitečné pro lidi a technická zařízení (systémy).

Rozmanitost požadavků kladených na servisní roboty (extrémní multifunkční požadavky související se širokým rozptylem potřeb formulovaných rozsáhlou oblastí aplikací se složitými podmínkami) vytváří odlišnou základnu systémových znaků oproti klasickým průmyslovým robotům. Základní rozdělení servisních úloh podle jejich charakteru znázorňuje obr. 2.2.

Servisní úlohy - analýza současného výkladu potvrzuje dopad celosvětového posunu inovačních zájmů od výrobních úloh k tzv. servisním úlohám, což znamená vznik nového sektoru lidských a ekonomických aktivit, tzv. sektoru servisního průmyslu.

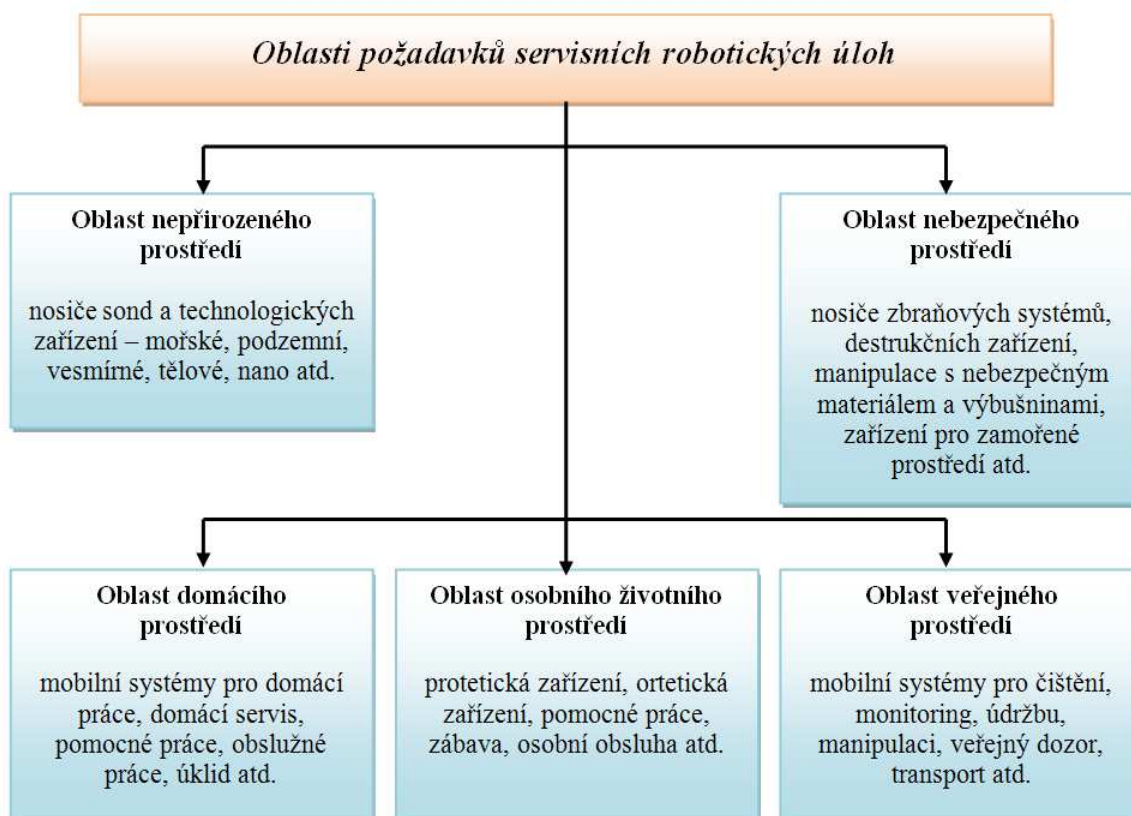


Obrázek 2.2 - Servisní úlohy

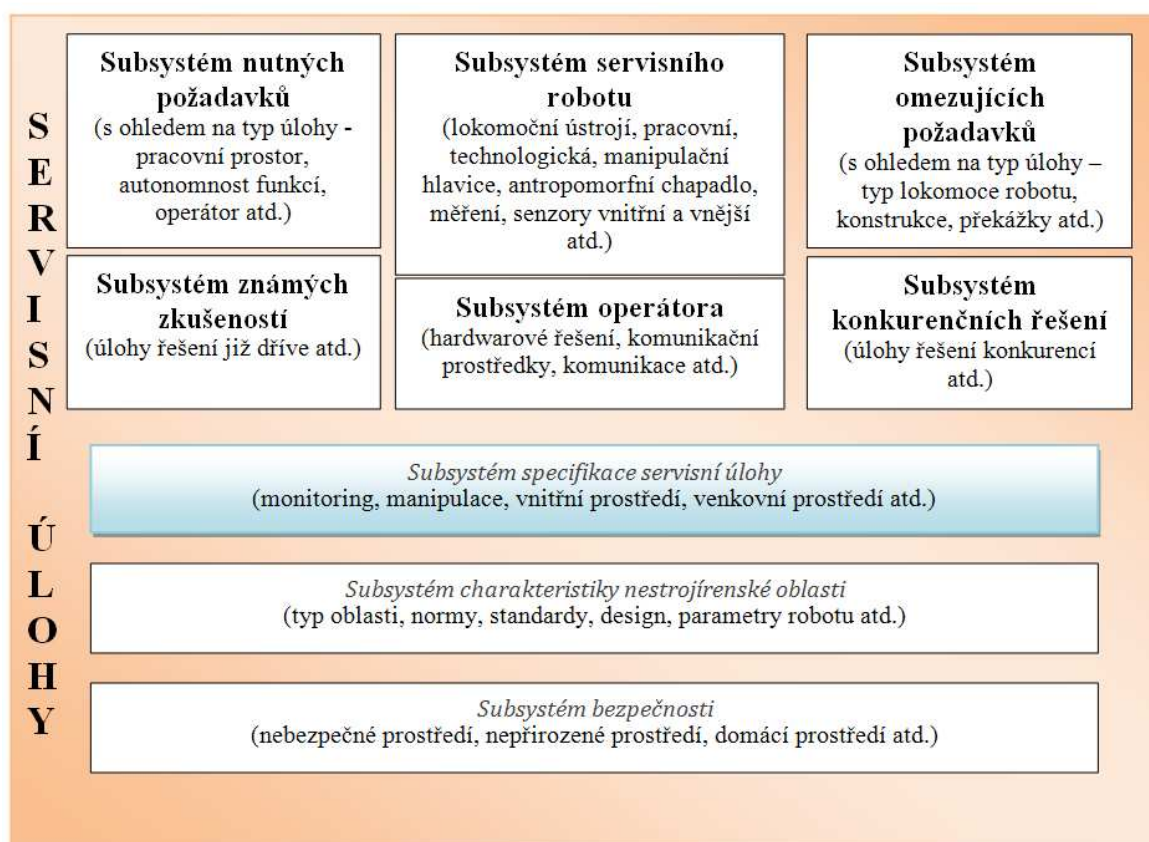
Současné poznatky o požadavcích servisních úloh (činností), jak znázorňuje obr. 2.3, vytvářejí systémový pohled na servisní robot prostřednictvím problematiky:

- Technologického výkonu - charakter výkonu, autonomnost provádění úlohy, interakce operátor – robot – technologie, pohyblivost efektoru apod.
- Řídícího a navigačního výkonu - strukturovanost prostředí, poznání prostředí, adaptivita k technologickému a operačnímu prostředí, pružnost ke změnám úloh, inteligence v chování apod.
- Ekonomicko – provozní faktory - prvotní kapitálová investice, provozní náklady, efektivita provozu, servis atd.

Analýza současných řešení servisních robotických úloh dovoluje zformulovat a uspořádat jejich systémové znaky (jako je oblast aplikace servisních robotů; požadavky na mobilitu servisních robotů; operativnost použití servisních robotů; umělá inteligence – vnímání, učení, rozhodování; adaptabilita – přizpůsobivost na změny operačního prostředí, výkonu, vliv prostředí apod.) do „**SYSTÉMOVÉHO MODELU**“ (viz obr. 2.4) jako sestavu strukturovaných funkčně vázaných subsystémů.



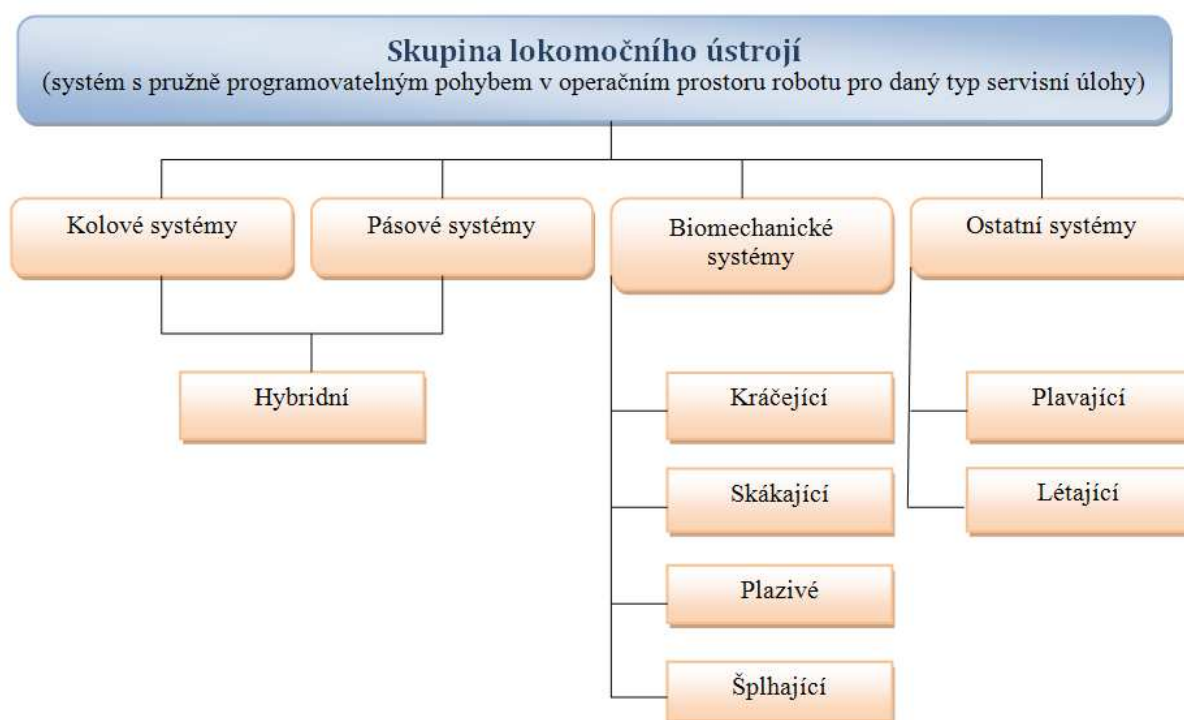
Obrázek 2.3 - Požadavky na servisní úlohy



Obrázek 2.4 – Klasifikace servisní úlohy

Subsystem specifikace servisní úlohy - představuje zadání servisní úlohy, ve kterém se musí stanovit všechny parametry servisního robotu. Parametry servisního robotu zohledňují všechny subsystemy servisní úlohy, jak je znázorněno na obr. 2.4. Za tímto účelem je potřeba stanovit požadavkový list, ve kterém jsou stanoveny zásadní parametry servisního robotu, který bude vykonávat konkrétní servisní úlohu v dané nestrojírenské oblasti. Před stanovením požadavkového listu je nutné důkladně se seznámit s typem servisní úlohy a oblastí ve které se bude realizovat. Z takto provedeného průzkumu vyvstanou nutné a omezující požadavky na konstrukci a řízení servisního robotu. Dále vyvstanou doplňkové požadavky, které se mohou a nemusí realizovat. Nezbytná je řešerše stávajících aplikací servisních robotů pro daný typ servisní úlohy. Dále je nezbytné při stanovení požadavkového listu zohlednit všechny platné normy, nařízení, vyhlášky apod., které spadají do řešeného projektu.

Vzhledem k tomu, že bude servisní úlohu vykonávat robot je potřeby vhodně stanovit variantní řešení. Každé navrhované řešení musí v sobě zohledňovat stanovaný požadavkový list a celou řadu dalších omezujících faktorů pro danou konkrétní úlohu. Variantní řešení musí také vycházet z poznatků zpracované řešerše. K tomu, aby se daly vhodně stanovit variantní řešení je potřeba znát jednotlivé typy lokomocí servisních robotických systémů, jak znázorňuje obr. 2.5.



Obrázek 2.5 - Rozdělení lokomočních ústrojí

Subsystem servisního robotu pro vykonávání servisních úloh můžeme rozdělovat dále podle různých hledisek:

- Rozdělení servisních robotů podle hlediska vzniku
 - a) Biologické soustavy
 - b) Umělé soustavy
- Rozdělení servisních robotů podle pracovního prostředí:
 - a) Civilní
 - b) Vojenské popř. policejní

- Klasifikace lokomočních robotických systémů podle Vukobratoviče:
 - a) Kráčející
 - b) Pohybující se v různých prostředích
 - c) Exoskelety (také exoskeletony)

Subsystém mobility - představuje lokomoční ústrojí, které realizuje volně programovatelný „*pohyb*“ a „*ustavení*“ servisního robotu v jeho operačním prostoru, realizuje „*stabilitu*“ pracovní polohy servisního robotu při jeho technologickém výkonu. Subsystém může mít znaky **plné mobility** (mobilní platforma), nebo znaky **prostorové vazby** (přenositelnost, vazba na energetické zdroje apod.). Základní koncepce subsystému mobility je obecně postavena na:

- **Lokomočním zařízením** (podvozek).
- **Hardware** (jednotky pohonů, elektronika pro řízení pohonů, vnitřní senzorické systémy, vnější senzorické systémy, vlastní řídicí jednotka).
- **Software** (řízení, plánování činnosti, navigace).

Konkrétní uspořádání a konstrukční řešení je ovlivněno koncepcí řešení celého servisního robotu, které by mělo vycházet z funkční a technické transformace požadavků konkrétní servisní úlohy pro kterou je robot řešen. Různorodost možných řešení vzhledem na rozptyl požadavků je značný.

Lokomoční zařízení - (mechanický systém pro realizaci mobility) je rozhodující funkční a konstrukční skupinou subsystému mobility. Představuje řízený mechanický systém umožňující měnit polohu servisního robotu v prostoru jeho operační aktivity. Realizuje volně programovatelné přemísťování, zastavení a orientaci servisního robotu, současně realizuje stabilitu robotu v jeho pracovní poloze při výkonu jeho pracovní funkce.

Při navrhování subsystému mobility servisních robotů pro konkrétní aplikace servisních úloh je nutné řešit složité komplexní technické otázky, jejichž podstatou je optimalizace konkrétních proměnných (*geometrické, kinematické, provozní, ekonomické a jiné parametry související s danou oblastí*) v závislosti na zadaných kritériích řešeného problému. Z předchozích zkušeností a poznatků řešení subsystému mobility lze uvést algoritmus zabývající se jednotlivými technickými otázkami:

Koncepce uspořádání subsystému lokomoce

- *kolové systémy* - počet náprav, počet kol, počet hnacích náprav, počet řízených náprav atd.,
- *pásové systémy* - počet pásů, počet podpěrných kol atd.,
- *kráčející systémy* - počet noh, kinematický model pohybu, návaznost pohybů, biomechanika pohybu atd.,
- *plazivé systémy* - počet článků, počet stupňů volnosti článků, délka článků atd.
- *plavající systémy* - počet pohonných jednotek a jejich uspořádání.

Koncepce technického řešení subsystému lokomoce

- *kolové systémy* - mechanika jízdy, užitečný výkon, ztráty pohonného systému, jízdní odpory, jízdní výkon, jízdní vlastnosti, stabilita jízdy v profilu operačního prostoru atd.,

- *pásové systémy* - mechanika jízdy, užitečný výkon, ztráty pohonného systému, jízdní odpory, jízdní výkon, jízdní vlastnosti, stabilita jízdy v profilu operačního prostoru atd.,
- *kráčející systémy* - mechanika pohybu, poloha při pohybu po podložce, užitečný výkon, ztráty pohonného systému, stabilita pohybu v profilu operačního prostoru atd.,
- *plazivé systémy* - způsob pohybu, ztráty pohonného systému, odpory vznikající při plazení, stabilita při pohybu atd.,
- *plavající systémy* - způsob ponoru a pohybu pod vodou, odpory při pohybu pod vodou, ztráty pohonného systému, stabilita při pohybu atd.

Koncepce konstrukce subsystému pohybového mechanismu

- *kolové systémy* - příčná stabilita, typ nápravy, seřazení a uložení kol atd.,
- *pásové systémy* - příčná stabilita, typ pásu, seřazení a uložení hnacích a podpěrných kol atd.,
- *kráčející systémy* - konstrukce nohy, velikost kroku, pracovní prostor nohy atd.,
- *plazivé systémy* - příčná stabilita, tvar článků, uložení pohonů a zdrojů, typ kloubu spojení článků atd.,
- *plavající systémy* - držení statické polohy pod vodou, uložení pohonů a zdrojů atd.

Prezentace užitečných vlastností subsystému lokomoce

- *kolové systémy* - obrysové rozměry, poloměr zatáčení, nosnost, operační prostor, průjezdnost, stoupavost, rychlost atd.,
- *pásové systémy* - obrysové rozměry, poloměr zatáčení, nosnost, operační prostor, průjezdnost, stoupavost, rychlost atd.,
- *kráčející systémy* - obrysové rozměry, obrysové rozměry pracovního prostoru nohy, poloměr zatáčení, nosnost, operační prostor, průchodnost, stoupavost, rychlost atd.,
- *plazivé systémy* - obrysové rozměry, poloměr zatáčení, operační prostor, průchodnost, stoupavost, rychlost atd.,
- *plavající systémy* - obrysové rozměry, nosnost, operační prostor, průjezdnost, stoupavost, rychlost atd.



Shrnutí pojmů 2.1.

Servisní robot, služby, servisní úloha, subsystém mobility, lokomoční zařízení.



Otázky 2.1.

1. Co je to servisní robot?
2. Jak lze dělit servisní úlohy?
3. Jaké jsou subsystémy servisní úlohy?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na všechny tři otázky, úspěšně jste zvládli tuto podkapitulu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

2.2 Faktory ovlivňující návrh servisních robotů



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat prostředí, ve kterém se robot pohybuje.
- Definovat základní činnosti, které roboty vykonávají.



Výklad

Při návrhu servisních robotických systémů je zapotřebí brát v úvahu celou řadu ovlivňujících faktorů, které můžeme rozdělit na:

- prostředí, ve kterém se robot pohybuje,
- prováděné činnosti robotem,
- řešená servisní úloha v dané oblasti.

V drtivé většině případů jsou servisní robotické systémy obecně řešeny pro činnosti v částečně známých a neznámých prostředích, s měnícími se scénami. Mohou se vyznačovat autonomní činností, což je podmíněno využitím rozvinutých rozhodovacích (Fuzzy, neuronové sítě apod.) procesů a supervizorového nebo adaptivního řízení. Jejich činnost vyžaduje zpracování informací v reálném čase od subsystému vnější a vnitřní senzorů. Lokomoční roboty mohou být dráhového nebo terminálového typu, tedy s lokálním či globálním řízením v reálném čase. Jejich činnost je nutné připravit na základě studia chování dostatečně přesných matematických modelů pro definované prostředí a čas činnosti. Dnes mají tyto roboty schopnosti, jako vyhýbání se náhodným překážkám, kopírování terénu určité třídy, přemístění do uzlového nebo terminálového bodu dráhy s požadovanou přesností, počítačová analýza prostředí v uzlovém nebo terminálovém bodu [1, 2, 6, 7].

Autonomní lokomoční roboty jsou soustavy schopné interpretovat, plánovat a uskutečňovat zadanou úlohu na základě činnosti úplně vlastního, nebo částečně neseného řídicího systému a sdružené senzorky. Jejich podstatnými znaky je autonomnost uskutečňování činnosti:

- předcházení kolizím se stacionárními překážkami a pohybujícími se objekty,
- v neznámém, případně částečně známém prostředí bez zásahu operátora,
- volná manévrovatelnost,
- vybavenost nastavbovými moduly.

Využívají robustní sdruženou senzorkou subsoustavu pro vytvoření modelu prostředí, který může být neúplný, nicméně však musí být dostatečný pro registraci svých pohybů, určení polohy a rozpoznání překážek. Navigace robotu v prostředí se uskutečňuje pomocí zpracování dat vnějších senzorů a odhadu vlastní polohy v závislosti na dráhové rychlosti robotu, neboť zpracování dat a nezbytné výpočty musí být uskutečněny v reálném čase. Základními konstrukčními částmi ALR jsou subsystémy pohonů a zdrojů elektrické

energie, senzorů, řízení, nastavbových modulů apod. Roboty tohoto typu se využívají převážně ve vnitřním prostředí [19].

Pro venkovní prostředí se využívají ve většině případů mobilní servisní roboty řízené operátorem ze vzdáleného stanoviště. Roboty přenášejí obraz z kamerového subsystému bezdrátově nebo po kabelu na stanoviště operátora. Jejich činnost je nutné připravit na základě studia dané oblasti, která je částečně nebo plně známá. Roboty řízené operátorem mají rovněž schopnosti, jako vyhýbání se náhodným překážkám, kopírování terénu určité třídy, přemístění do uzlového nebo terminálového bodu dráhy s požadovanou přesností, počítačová analýza prostředí v uzlovém nebo terminálovém bodu apod.



Pojmy k zapamatování

Vnitřní (indoor) prostředí - jedná se o prostředí, ve kterém se mobilní servisní roboty pohybují pouze v budovách, halách, rozsáhlých nádržích, potrubích apod. V mnoha případech se jedná o prostředí pro člověka nedostupné jako např. polozavřené prostory s malým vstupním otvorem, sutiny apod. Vnitřní prostředí může být také pro člověka nebezpečné jako např. zamoření nebezpečnými látkami, radiace apod.

Venkovní (outdoor) prostředí - jedná se o prostředí, ve kterém se mobilní servisní roboty pohybují mimo budovy po různém terénu. Mohou se tedy pohybovat po rovném zpevněném nebo nezpevněném terénu, ve členitém terénu jako je např. pole, les, skály, krátery apod. Může se jednat dále o prostředí, ve kterých se člověk pohybuje velmi problematicky, jako je např. podmořský výzkum, jeskyně, dálkový průzkum planet apod. V mnoha případech se jedná o prostředí pro člověka nedostupné jako např. úzké štěrby, tunely s malou světlostí apod. Venkovní prostředí může být také pro člověka nebezpečné jako např. zamoření nebezpečnými látkami, radiace apod.

Faktory ovlivňující návrh servisních robotických systémů vyplývají zejména z konkrétní činnosti, kterou vykonávají:

- **manipulace** - užití pro manipulaci s objekty obecného tvaru a jejich transport, skladovém hospodářství apod.,
- **technologické operace** - odebrání vzorků a ukládání do zásobníků, rozbrušování, nanášení značení apod.
- **monitoring** - monitorování v prostředí běžném, nebezpečném, nevhodném apod., monitorování v případě havárie, zásahu různého charakteru apod.
- **servisní činnost** - servisní činnosti prováděné robotem v širokém spektru nestrojírenských oblastí,
- **inspekční činnost** - pouze kontrolní činnosti, inspekce nebezpečných technologických procesů apod. prováděné robotem v širokém spektru nestrojírenských oblastí,
- **ostatní činnosti** - činnosti realizované robotem nespádající do výše uvedených oblastí.



Shrnutí pojmů 2.2.

Vnitřní prostředí, venkovní prostředí, manipulace, technologické operace, servisní činnost, inspekční činnost.



Otázky 2.2.

4. Co je to venkovní prostředí?
5. Jaké jsou faktory ovlivňující návrh servisních robotů?

2.3 Řízení mobilních servisních robotů v nestrojírenských aplikacích



Čas ke studiu: 1 hodina



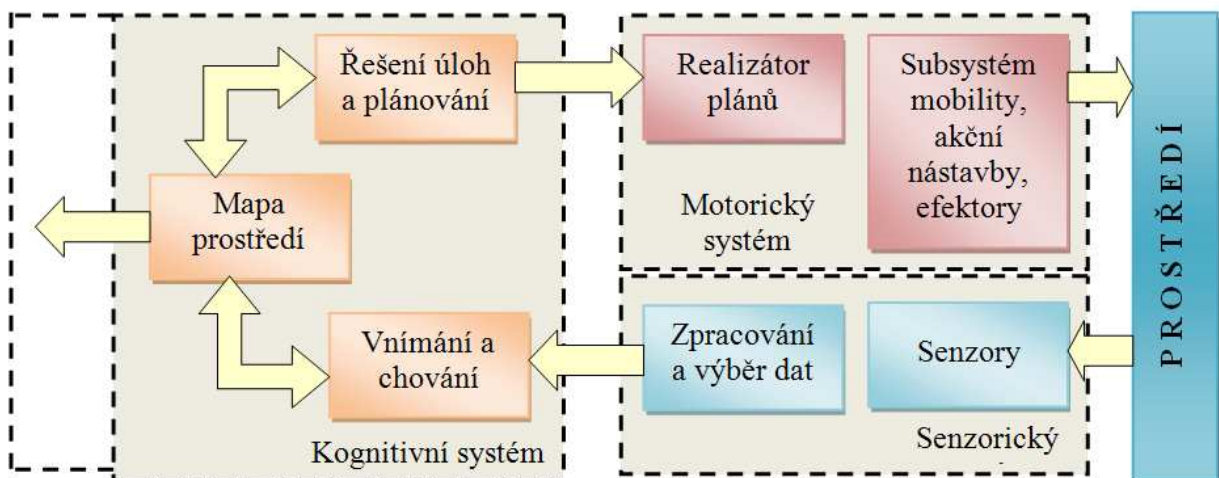
Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- ✚ Definovat základní možnosti řízení mobilních servisních robotů.
- ✚ Definovat základní způsoby řízení mobilních servisních robotů.
- ✚ Stanovit vhodný typ řízení pro vlastní návrh servisního robotu.



Výklad

Z hlediska řízení mobilních servisních robotů je lze všeobecně chápat jako kybernetický systém (prvky, informační závislosti mezi prvky, závislost prvků a prostředí apod.). V konkrétních aplikacích lze servisní robot chápat jako kybernetický systém sestavený z kognitivního subsystému (provádění všech rozhodovacích a řídicích procesů a činností), senzorického subsystému (sběr a předzpracování informací získaných z prostředí) a motorického subsystému (aktivní působení na prostředí), jak je blokově znázorněno na obr. 2.6 [50, 154].



Obrázek 2.6 - Mobilní servisní robot jako kybernetický systém

Lze říci, že kognitivní systém plní funkci řídicího a rozhodovacího systému delegovaného v systémové struktuře servisního robotu jako subsystém řízení. Subsystém řízení v části hardware je realizovaný řídicím systémem různé generace na bázi mikroprocesoru, u servisních robotů je sestavený jako multiprocessorový a multisenzorický. Řízení servisních robotů vyžaduje paralelní zpracování úloh typu:

- sběr a vyhodnocování dat ze senzorických subsystémů,
- transformace dat z vnějšího senzorického subsystému na data pro vytvoření vnitřní reprezentaci prostředí,
- plánování cílové činnosti servisních robotů,
- řízení vykonávání dopravních a pracovních úloh servisními roboty,
- řízení funkční skupiny pohonů jako v subsystému mobility, tak také i v subsystému akční nástavby a koncového efektoru.

Při syntéze řídicích algoritmů je nutné zohlednit neholonomnost vazeb mezi rychlostmi, případně zrychleními zevšeobecněných souřadnic dynamického modelu mobilního servisního robotu (např. u kolového robotu zabránění proklouzávání kol, ramena akční nástavby nebo všechny klouby jsou nezávisle řízeny). Pro neholonomní systémy neexistuje konstantní stabilizující stavová zpětná vazba. Neholonomní systémy nejsou říditelné na bázi lineární teorie. Modely reálných systémů jsou zatíženy inherentními nejistotami a externími poruchami, následně se doporučuje pro tyto systémy robustní řízení. Z pohledu řízení a zejména úrovně pružnosti řízení se servisní roboty klasifikují následovně:

- **s programovým řízením (1. generace)** – v tomto případě jsou servisní roboty vybavené pružným řízením, aplikují se v podmínkách přesně strukturovaného operačního prostředí a speciálního přizpůsobení se technologickému určení servisního robotu. Prvky a řídicí systémy se chápou jako deterministicky uspořádané, nejsou spojené s okolím zpětnou vazbou.
- **s adaptivním řízením (2. generace)** – v tomto případě jde o automatické řízení – servisní roboty jsou vybavené rozsáhlým senzorickým subsystémem dovolujícím přizpůsobovat se neúplnému určení okolí při realizaci úloh servisními roboty. Prvky a řídicí systémy se chápou jako samočinné a regulující se systémy se zpětnou vazbou, jsou to systémy s řízenou (regulovanou) dynamikou systému (model biologických systémů).
- **s umělou inteligencí (3. generace)** – jde o inteligentní řízení – servisní roboty jsou vybavené rozsáhlým senzorickým subsystémem doplněným o schopnost vytvářet znalosti, které dovolují chápat a rozpoznávat prostředí operačního prostoru, vytvářet model prostředí, přijímat rozhodnutí o změně chování při výkonu činnosti servisním robotem. Prvky a řídicí systémy mohou měnit svoje uspořádání ale také svoje principy (model biologické evoluce).

Aplikace servisního robotu si vyžaduje kromě řízení pohybu v prostoru (výkon přímé mobility) schopnost orientace v operačním prostoru a řízení výkonu pracovní úlohy. Tento požadavek je řešen následovně:

- **řízením pomocí operátora (dálkové řízení)** – jde o inteligentní komunikaci operátor / robot na stanovené úrovni rozhraní a formy (joystick, klávesnice, hlas, pohyb očí, pohyb rukou, pohyb hlavy), komunikace na bázi vizuální informace o stavu pracovního a operačního prostředí. Informace od operátora musí být integrovaná do systému řízení servisního robotu, operátor pomocí povelů vytvoří

program pro rozhodnutí se servisním robotem (určitá míra autonomnosti chování), případně pro jeho přímé řízení (teleprezentační řízení na bázi virtuální reality).

- **autonomnost** - v tomto případě jde o schopnost servisního robotu samostatně vykonávat pohyb v prostoru a samostatně vykonávat pracovní úlohu, včetně samostatného rozhodování souvisejícího s výkonem uvedených úloh (sledování navigační čáry, schopnost reagovat na překážku - zastavit se, vyhnout se a pokračovat v pohybu, pohybovat se v neznámém prostředí, dokázat ho zmapovat, orientovat se v prostředí, dosáhnout požadovaný cíl apod.). Realizace může být na úrovni lokální (omezené) autonomnosti (operátor určí cílovou polohu, robot se pomocí vlastního senzorického systému pohybuje samostatně do zadané polohy), případně plné autonomnosti (bez potřeby komunikace s operátorem).
- **multiagentním řízením** - jedná se o distribuované řešení problémů a součinnost agenta v multiagentním systému (model komunikace a kooperace živých organismů v přírodě). Agent se chápe jako hardware, případně software systém, který je
 - autonomní, funkci plní bez zásahu operátora, řídí svou činnost a mění svůj vnitřní stav,
 - sociální, komunikuje s ostatními agenty,
 - reaktivní, má schopnost adekvátních reakcí na změny prostředí,
 - proreaktivní, je řízený ne jenom podněty z prostředí, ale také vlastním cílem,
 - mobilní,
 - korektní,
 - racionální.

Funkce agenta v systému řízení mobilního servisního robotu může být založena na principu klasické umělé inteligence (vnitřní model, provedení operace na modelu řeší úlohu), případně distribuované umělé inteligence (behaviorální metody, inteligentní distribuované autonomní systémy, vykonání úloh vhodným výběrem a vykonání posloupnosti činností ke splnění cílu).

Pro realizaci pohybu řídicí systém servisního robotu musí mít dostatečné údaje o operačním prostředí, údaje se zpracovávají a následně analyzují podle modelů prostředí. Modely jsou následujících typů:

- ikonického typu (mapa, plán), model se využívá pro účely orientace a navigace servisního robotu,
- symbolického typu (logické zápisy, sémantické sítě, scénář apod.), model se využívá pro účely řízení pracovních úloh.

Reprezentace prostředí lze podle výkladu kognitivního systému charakterizovat:

- obsahují informaci o současném stavu prostředí, potřebnou reprezentaci nově získaných senzorických dat,
- tvoří zásobu všech znalostí získaných v minulosti, nebo alespoň jejich zevšeobecněných forem,
- slouží jako materiál v imaginaci, vztah k budoucnosti.

Subsystém řízení a navigace představuje sestavu potřebného hardware (fyzická vybava počítače, elektronika pro řízení pohonných agregátů / jednotek, elektronika pro zpracování multisenzorických dat apod.) a software (programové vybavení, vývojové prostředky apod.)

pro programové ošetření automatického řízení a navigace robotu při plnění jeho pracovní úlohy a realizace jeho pohybu v zadaném operačním prostoru [56].



Shrnutí pojmů 2.3.

Programové řízení, adaptivní řízení, řízení s umělou inteligencí, řízení pomocí operátora, multiagentní řízení.



Otázky 2.3.

6. Co je to adaptivní řízení servisního robotu?
7. Jak funguje řízení servisního robotu pomocí operátora?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 4. až 7., úspěšně jste zvládli tuto podkapitulu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

2.4 Navigace mobilních servisních robotů v nestrojírenských aplikacích



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní metody navigací servisních robotů.
-  Stanovit vhodný typ navigace pro vlastní návrh servisního robotu.



Výklad

Navigace - mobilních servisních robotů se chápe jako řízení pohybu v jejich operačním prostředí, s cílem dosáhnout prostorově vzdálený cíl. K tomu, aby řídicí systém mobilního servisního robotu zabezpečil jeho pohyb v dynamickém prostředí operačního prostoru, musí poznat polohu a orientaci robotu, musí mít možnost mapovat operační prostor, měl by být vybaven algoritmy pro hledání optimální dopravní trasy robotu, měl by mít možnost řídit a navigovat pohyb robotu, měl by mít schopnost rozpoznávat a řešit případně konfliktní situace. Z uvedeného vyplývá, že mobilní servisní robot musí komunikovat se svým okolím, tj. musí získat znalosti při svém pohybu a následně přizpůsobit svoje chování okamžité situaci. Charakteristickým rysem inteligentní navigace je schopnost adaptace a učení se na základě informací přijímaných od vnějšího senzorického subsystému po dobu vykonávání pohybu k zadanému cíli. Navigaci lze definovat jako integraci činností [3, 4, 19,56]:

- plánování dráhy mobilního servisního robotu,
- interpretace a tvorba mapy operačního prostředí,

- lokalizace mobilního servisního robotu v prostoru.

Rozdíl mezi navigací biologických modelů (člověk) a robotických modelů je v rozdílnosti vnímání vnějších okolností a souvislostí. Biologický model je schopný vnímat, zařadit a rozpoznat jedinečnost okolí nezávisle od vzdálenosti a orientace. Robotické modely jsou omezené vněmovou a rozhodovací schopností.

Plánování dráhy mobilního servisního robotu - reprezentuje problém plánování dráhy autonomního robotu z výchozí pozice (poloha, orientace v operačním prostoru) do cílové pozice (poloha, orientace v operačním prostoru) bez kolize s jakoukoli překážkou vyskytující se na dopravní trase robotu. Doplnkovými požadavky na provedení pohybu robotu mohou být např. parametry dráhy (čas, rychlost, nejkratší vzdálenost apod.), bezpečná vzdálenost objíždění překážek, parametry směru pohybu (přímo, objíždění překážek zprava apod.). Plánování dráhy, z pohledu všeobecného pohybu tělesa v obecném prostoru, se provádí na úrovni:

- **globální navigace** - cílem je v tomto případě naplánovat dráhu pohybu mobilního servisního robotu z výchozí pozice do cílové pozice podle zadaných parametrů, pozice mobilního servisního robotu se určuje v globálním souřadném systému pomocí absolutních souřadnic. Využívá se znalost geometrických, topologických vlastností objektů, které jsou dispozičně umístěné v operačním prostředí, jako i znalost pohybu objektů v definovaném prostředí.
- **lokální navigace** - cílem je v tomto případě naplánovat dráhu pohybu mobilního servisního robotu vůči jinému objektu na trase jeho pohybu (stojícímu, pohybujícímu se), tj. určit pozici mobilního servisního robotu vůči druhému objektu a návazně plánovat lokální bezkonfliktní trajektorii pohybu a chování mobilního servisního robotu tak, aby se vyhnul konfliktním situacím. Pro generování lokálních bezkolizních trajektorií se využívají metody jako plánování dráhy založené na prostředí, plánování dráhy založené na modelech.

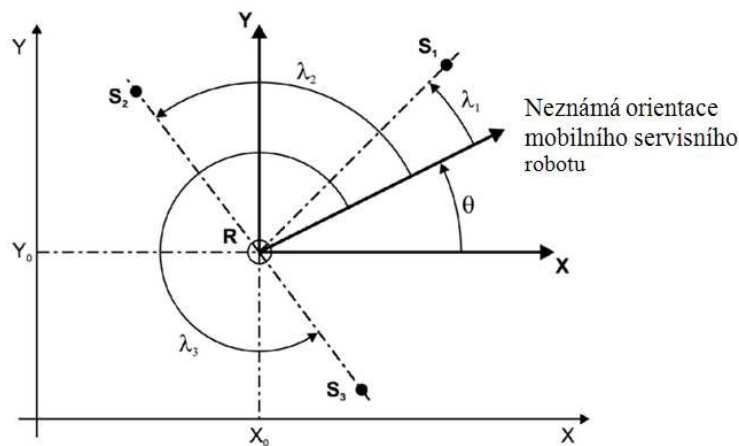
Globální navigace je založena na poznání polohy a orientace mobilního servisního robotu v globálním souřadnicovém systému a určení optimální trajektorie pohybu mobilního servisního robotu do cílové polohy. Pro určení polohy robotu se využívají následující metody:

- **relativní navigace** – zde se využívají parametry měřitelné přímo na mobilním servisním robotu bez jejich přímého vztahu k okolí. Nulový bod globálního souřadnicového systému je obvykle shodný s výchozí pozicí robotu. Nevýhodou této metody je, že průběžně narůstá chyba polohy.
- **absolutní navigace** - zde se k určení polohy mobilního servisního robotu využívají referenční body se známou polohou v globálním souřadnicovém systému, poloha robotu se určuje k těmto bodům.

V oblasti navigace mobilních servisních robotů se používají systémy s volnou trajektorií (určení polohy ve vymezeném prostoru) pracující na principech trilaterace nebo triangulace, případně systémy s pevnou trajektorií (určení polohy jen na předem vytvořené trajektorii) pracující na principech sledování stopy (barevná čára na podlaze). Variantní systémy jsou s referenčními značkami (umělé - značky na stěnách, čárový kód apod.; přirozené - rohy, zárubně apod.). V praxi se nejčastěji používá kombinace několika navigačních systémů vhodně doplňujících svoje vlastností a omezující tímto způsobem chyby určení polohy robotu.

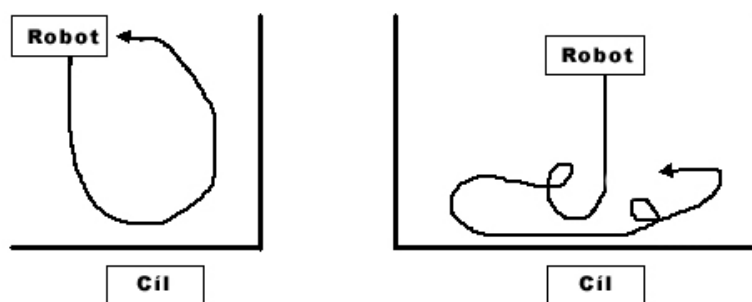
Globální navigace založená na metodě relativní navigace pracuje na principu měření přírůstku změny polohy a orientace mobilního servisního robotu. Přírůstek se vztahuje k výchozímu, případně poslednímu bodu, ve kterém byla určena poloha robotu. Nevýhodou je průběžné sčítání chyb polohy jednotlivých přírůstků (vliv přesnosti měření přírůstku). Tato nevýhoda určuje využití metody jen pro relativní trajektorie pohybu, případně se kombinuje s metodou absolutní navigace. Výhodou takto doplněné metody je relativně velká nezávislost na nevýhodách absolutní metody. Relativní navigace se může realizovat následujícími metodami:

- **trilaterace** - jde o metodu, která je založena na definování polohy mobilního servisního robotu, jeho vzdálenosti od referenčních bodů.
- **triangulace** - jde o metodu, která je založena na určování polohy mobilního servisního robotu pomocí měření třech úhlů $\lambda_{1,2,3}$ mezi referenčními body $S_{1,2,3}$ a robotem, jak je znázorněno na obr. 2.7. Na bázi těchto hodnot řídicí systém robotu vypočítá jeho polohu v globálním souřadnicovém systému. Pro měření se používají senzorické systémy pracující na efektu laseru, elektromagnetického záření nebo akustické vlny. Technická interpretace senzorického systému může být, jeden vysílač na robotu a několik přijímačů v pracovním prostředí robotu, nebo přijímač umístěný na robotu a vysílače jsou instalované jako majáky (vhodné pro skupinové nasazení robotů). Měření změny orientace je možné v kombinaci s relativní metodou, nebo se aplikuje samostatný systém na měření orientace. Uvedené možnosti jsou zatížené nepřesnostmi, případně jsou složité. Proto se do praxe intenzivně prosazují speciální kompas [56].



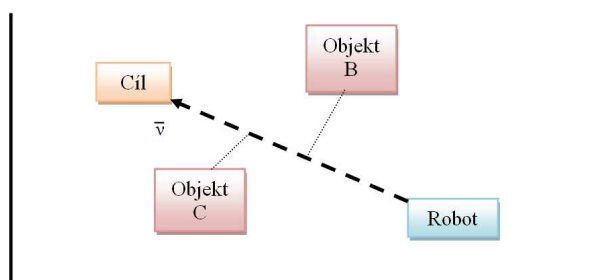
Obrázek 2.7 - Princip triangulace

Lokální navigace založená na metodě plánování dráhy v závislosti na prostředí je reaktivní metoda, transformuje informace senzorického systému přímo na řízení pohybové akce robotu (model reflexivního chování). Využívají se adaptivní systémy založené na fuzzy logice, neuronových sítích nebo jejich kombinacích. Při úplném reaktivním chování využívajícím lokální informace o prostředí bez pamatování si předcházejících situací se může robot dostat do situace tzv. lokálního minima, jak je znázorněno na obr. 2.8, což je chápáno jako „past“ (zastavení robotu na místě, vykonávání pohybu ve tvaru uzavřených smyček). Řešením je přechod robotu na jiný způsob chování (sledování stěny, využití vyšší úrovně řízení).



Obrázek 2.8 - Model reaktivního chování robotu

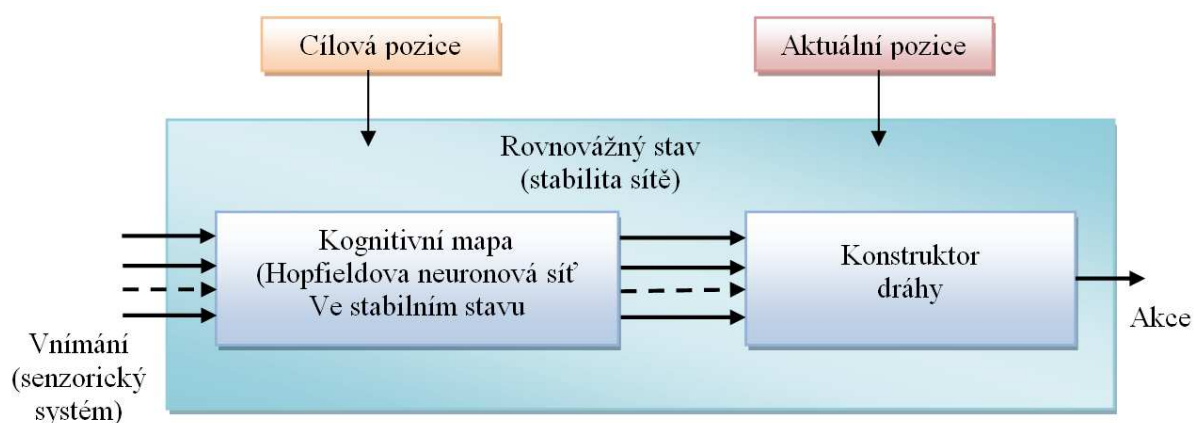
V případě, že je cíl pro servisní robot, jak je znázorněno na obr. 2.9, vytýčený tak, že vnější senzorický subsystém robotu ho zaměřil a robot se pohybuje k němu, je nutné zohlednit také zaměření objektů - překážek na trase pohybu robotu [56]. Vektorovou algebrou je potřeba vyjádřit vztah k jednotlivým překážkám, řeší se pouze objekty, pro které platí, že součet velikosti robotu a objektu překážky je větší než velikost směrového vektoru v k úsečce vedoucí k cíli (směr dopravní trasy). Když vektor v je menší než polovina součtu velikosti servisního robotu a objektu překážky, potom objekt překáží robotu v pohybu k cíli (objekt zasahuje svým rozměrem do dopravní trasy robotu; objekt nezasahuje do dopravní trasy robotu, ale velikost robotu nedovoluje přiblížit se k objektu bez nárazu; střed objektu se nachází přímo na přímce dopravní trasy robotu). Dále je potřeba změnit trasu pohybu robotu.



Obrázek 2.9 - Model navigace mobilního servisního robotu k cíli

Lokální navigace založená na metodě plánování na bázi modelu je reaktivní metoda, využívající aktuální model prostředí a lokální reprezentaci prostředí (např. metoda potenciálového pole, metoda detekce hran, metoda detekce hranic překážek apod.). Plánování dráhy robotu s použitím Hopfieldové neuronové sítě využívá subsystém agenta (komponenty: neuronová síť, konstruktor). Vstup do subsystému, jak je znázorněno na obr. 2.10, zabezpečuje vnější subsystém robotu z úrovně aktuální pozice robotu a jeho cílové pozice. Hybnost sítě vytváří rovnovážný stav operačního prostoru (vstup aktuální pozice, cílová pozice), funkcí konstruktora je rozhodování jestli pohyb robotu má být směrem dopředu nebo natáčet v určitém směru. Změnou z pozice naslouchající neuronu i agenta do pozice naslouchající sousednímu neuronu tj. směrovému neuronu s nejvyšším gradientem při respektování rovnováhy sítě. Proces se opakuje do té doby, pokud nenastane žádný pohyb, tj. dokud nebude dosažen cílový bod. Gradient směru z i do j , jestliže $p(i,j)$ je Euklidovská vzdálenost mezi neurony v neuronovém prostoru N , je aproximovaný jako

$$\text{gradient}(i, j) = \frac{\text{aktivace}(j) - \text{aktivace}(i)}{p(i, j)} \quad (2.1)$$



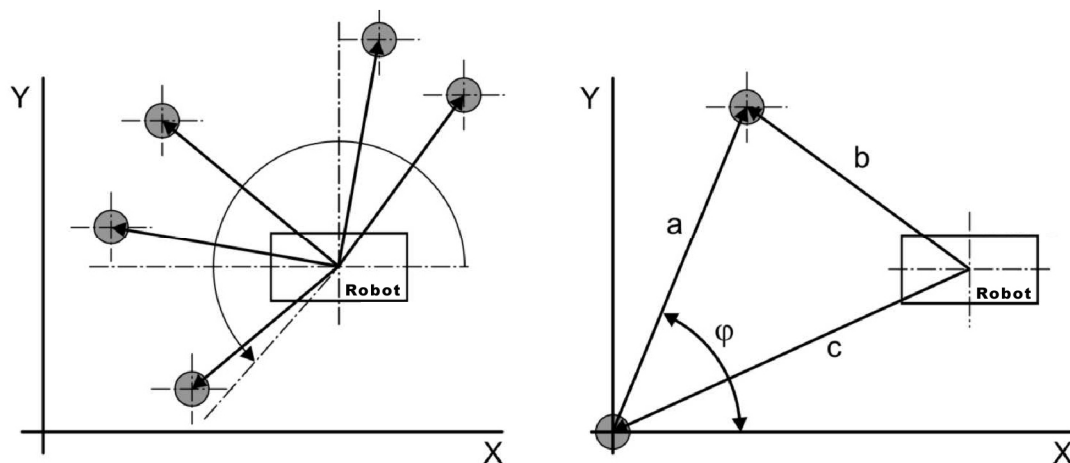
Obrázek 2.10 - Model subsystému plánování dráhy

V případě, že je cíl nedosažitelný, pak hodnota neuronu agenta bude 0, stejně jako hodnoty všech neuronů, které leží uvnitř oblasti obklopené překážkami. Kognitivní mapa je reprezentovaná Hopfieldovou neuronovou sítí s n neurony uspořádanými ve dvoj - dimenzionální mřížce, homogenně rozložené nad prostorem agenta C. Rozložení mřížky slouží jako diskrétní, topologicky uspořádaná reprezentace prostoru. Uspořádání může být v různém tvaru.

Evoluce sítě se využívá při tzv. statickém prostředí, kde nejsou žádné překážky a není přesně specifikovaný cíl pohybu. Externí vstup je nula, za předpokladu, že v síti není předcházející aktivace, stav sítě bude i nadále nula. Jestliže je specifikovaný cíl, cílový neuron bude maximálně aktivovaný. Jestliže některé neurony specifikované jako překážky, které se budou chovat jako hraniční body, aktivace se bude realizovat okolo těchto bodů přes nepřekážkové neurony.

Topologická mapa - reprezentuje prostředí na základě logických vztahů významných vlastností. Graf sestavený z uzlů (významné vlastnosti - místnosti, křižovatky chodeb apod.) a hran (spojení uzlů). Mapy jsou méně citlivé na neurčitosti v poloze robotu, uchovávají méně informací o prostředí než metrické mapy.

Hybridní mapy - jsou sestavené kombinací metrických a topologických map, obsahují informačně podrobnou reprezentaci prostředí.



Obrázek 2.11 - Schéma tvorby mapy prostředí

Tvorba mapy prostředí je charakterizována navigací s cílem vytvořit mapu operačního prostředí a uložit pozice a rozměry překážek do mapy. Robot se pohybuje podle globálních cílů v prostředí s překážkami. Určitý senzor robotu (např. ultrazvukový) vnějšího senzorického systému zaregistruje přítomnost překážky vzhledem na vztažný bod (vzdálenost, úhel), následně dojde k přidání této informace do mapy prostředí, jak je znázorněno na obr. 2.11.

Jestliže je mobilní servisní robot v blízkosti překážky, uchová vzdálenost a úhel překážky vzhledem na vztažený bod. Identifikaci překážky ve vztahu k vytvořené mapě prostředí lze provést ze vztahu

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha \quad \frac{a}{\sin \delta} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad (2.2)$$

a postupu - z kosinové věty se určí vzdálenost a , přičemž b je vzdálenost robotu od překážky, jestliže se vzdálenost a shoduje s nějakým zatříděným bodem, je předpoklad, že překážka je už zaregistrovaná. Návazně pro potvrzení předpokladu se vypočítá úhel φ ze sinusové věty, jestliže se úhel shoduje se zaregistrovanou překážkou, s jistotou se potvrdí, že překážka je zaregistrovaná, jestliže se předpoklad nepotvrdí, překážka se zaregistruje jako nová [56].

Lokalizace při použití metrické mapy je procesem uvedení do souladu lokálního souřadnicového systému robotu s globálním souřadnicovým systémem. Lokalizace se realizuje metodou inerciální navigace, případně metodou odometrie.



Shrnutí pojmů 2.4.

Globální navigace, lokální navigace, relativní navigace, absolutní navigace, trilaterace, triangulace, topologická mapa, hybridní mapa.



Otázky 2.4.

8. Co je to relativní a absolutní navigace servisního robotu?
9. Na jakém principu je založena metoda triangulace u relativní navigace robotu?

2.5 Charakteristika a znaky servisních robotů v nestrojírenských aplikacích



Čas ke studiu: 2 hodiny



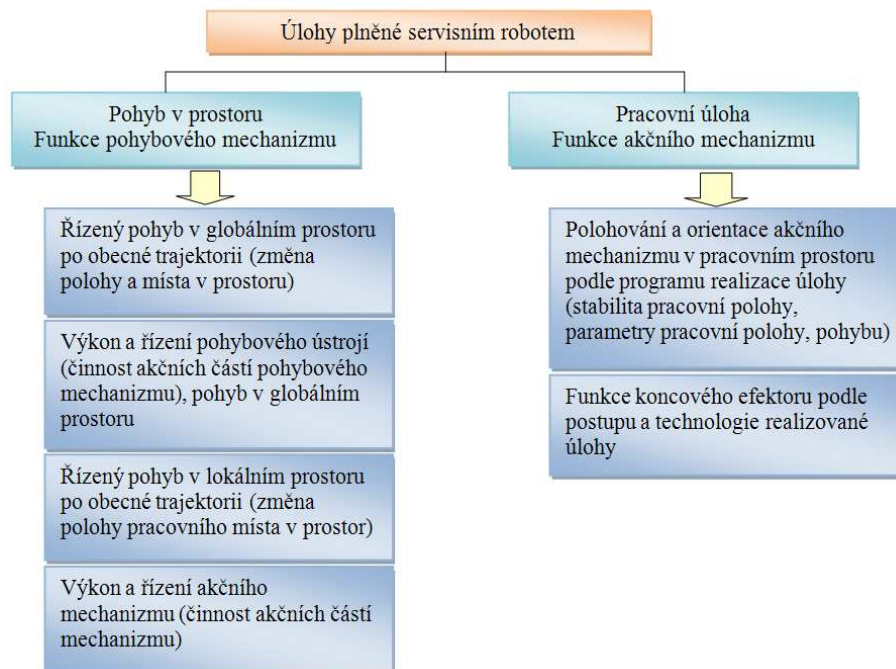
Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Charakterizovat základní znaky servisních úloh.
- Charakterizovat základní znaky servisních robotů.
- Definovat stacionární a mobilní servisní robot.



Výklad

Z hlediska charakteru požadavků kladených na servisní roboty, jako je složitost a náročnost jejich technické transformace do charakteristik a vlastností robotů, vytváří souhrn znaků vázaných na plnění základních funkcí, jak je znázorněno na obr. 2.12 [19, 35,56].



Obrázek 2.12 - Úlohy servisního robotu

Pohyb v prostoru - jde o pohyb robotu v automatickém cyklu, podle předem určeného programu (dopravní úloha), pohyb s možností automatické změny zadaného programu pohybu na základě sběru a vyhodnocení okamžitých informací z operačního / pracovního prostředí (adaptivita), pohyb s možností operativního rozhodování (inteligentní) o změně programu dalšího pohybu na základě sběru a vyhodnocení okamžitých informací z operačního / pracovního prostředí. Různé aplikace robotu kladou odlišné nároky na pohybové vlastnosti (schopnost realizace pohybu robotu s požadovanými parametry v terénu s určitými vlastnostmi) robotu. Pro hodnocení pohybových vlastností robotu (mechatronický systém, mechanická konstrukce vybavená senzorickým systémem a řízená řídicím systémem) se doporučují následující parametry:

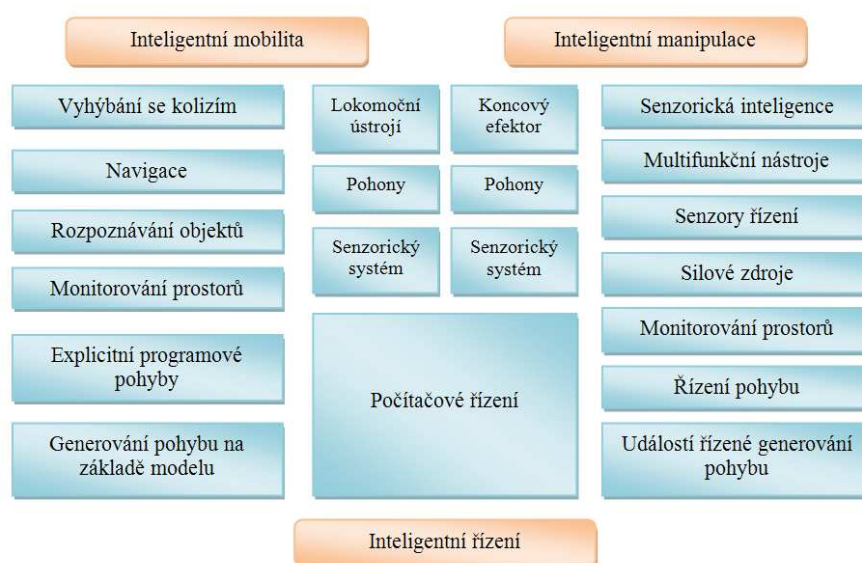
- **parametry dráhy** - minimální šířka, minimální výška, minimální poloměr zatáčení,
- **dojezd** - doba nepřerušného pohybu na jednu energetickou výdrž (jedno nabití akumulátorů),
- **parametry pohybu** - minimální a maximální rychlost, maximální zrychlení,
- **manévrovatelnost** - schopnost otáčení se na malém prostoru (poloměr zatáčení, plocha pro otočení, na místě apod.), možnost pohybu v kolmých směrech na sebe bez pootáčení podvozku, realizace vyhybacího manévru (geometrie, případně plocha trasy obcházení), couvání (zpětný pohyb),
- **přesnost pohybu** - přesnost zastavení, přesnost pohybu po naprogramované trase,

- **průchodnost** - překonávání překážek (maximální stoupání, klesání, pohyb po schodech, maximální výška nerovnosti, pohyb po šikmé ploše apod.), poměrové ukazovatele (výška nerovnosti/světlost robotu, výška nerovnosti/půdorys podvozku apod.).

Realizaci pohybu v prostoru zabezpečuje subsystém mobility, který se klasifikuje podle principu lokomočního ústrojí na:

- **kolový** - kritéria pro rozlišení a zatřídění: počet kol, příčný průřez kola, povrch pláště kola, počet náprav, počet aktivně natáčených kol (náprav), počet hnacích kol, možnost vertikálního zdvihu kol,
- **pásový** - kritéria pro rozlišení a zatřídění: počet pásů, délka pásů, podélný tvar pásů,
- **kráčejší** - kritéria pro rozlišení a zatřídění: počet noh, počet stupňů volnosti nohy, typ mechanismu nohy (rovinný, prostorový), počet spřáhnutých noh, typ chodidla (kontaktní, přísavkový), pohyb v horizontálním / vertikálním směru.

Intelligence chování při pohybu a výkonu servisní úlohy - vlastnost robotu, jak je znázorněno na obr. 2.13, realizovat inteligentní pohyb v určeném operačním prostředí na základě stanovení vlastní polohy v prostoru, vnímání stavu okolního prostředí, navigace a řízení, vlastnost realizovat automatickou změnu směru a rychlosti pohybu na základě identifikace reálné překážky s cílem programově reagovat na překážku (obejít, narazit apod.). Vlastnost realizovat pracovní úlohu na základě vnímání stavu operační scény a stavu pracovních podmínek realizace technologie úlohy.



Obrázek 2.13 - Schéma inteligentního chování mobilního servisního robotu

Realizace zformulovaných požadavků do vlastností, charakteristik, parametrů a následně do koncepce řešení servisního robotu principiálně ohraničuje možné konstrukční řešení na [19, 56, 59]:



Pojmy k zapamatování

Stacionární servisní roboty - robot (robotické rameno) je při své aplikaci je vázané na stabilní pracovní místo, robot nevykonává pohyb v operačním prostoru, robot je určený především na plnění pracovního výkonu ve stabilní pracovní scéně (obvykle strukturované prostředí), tj. koncepce konstrukčního řešení je sestavena z mechanismů zabezpečujících vykonání pracovní funkce (pohyb v lokálním prostoru, pracovní prostor mechanismu) pro splnění pracovní úlohy (technologická, manipulační, pomocná), robot nemá vlastní mechanismus plnění funkce mobility v prostoru (pohyb v operačním prostoru), jak je znázorněno např. na obr. 2.14.

Mobilní servisní roboty - robot při realizaci úlohy pohybuje v operačním prostoru, robot je určený na realizaci pohybu v operačním prostoru a plnění pracovního výkonu v měnícím se operačním prostoru a v měnící se pracovní scéně (obvykle nestrukturované prostředí), tj. koncepce konstrukčního řešení je sestaveno z mechanismů zabezpečujících jeho pohyb v operačním prostoru (pohyb v globálním prostoru) a mechanismů zabezpečujících realizaci pracovní úlohy (pohyb v lokálním prostoru, pracovní prostor mechanismu), jak je znázorněno na obr. 2.15.



Obrázek 2.14 - Statické servisní roboty



Obrázek 2.15 - Servisní robot pro bezpečnostní zásahy

Servisní roboty představují náročný technický systém, v praxi prezentovaný širším záběrem aplikací, velkou různorodostí koncepcí a principů konstrukčního řešení. Technické řešení servisních robotů může vyústit do relativně jednoduchého zařízení, případně do specializovaného integrovaného inteligentního automatizovaného zařízení, kde ostrost hranice kategorie mezi technologickým zařízením a robotem se ztrácí. Značný rozptyl potřeb

vyplývajících z automatizace servisních činností a s tím související rozmanitost požadavků kladených na mobilní servisní roboty, včetně složitosti a náročnosti jejich technické transformace do charakteristik a vlastností robotů, vytváří odlišnou základnu systémových znaků pro servisní roboty, jak je uvedeno v tab. 2.1 [8, 12, 14, 19, 56, 93].

Tab. 2.1 – Charakteristika znaků servisních robotů

Požadavek	Charakteristika požadavku	Znak	Charakteristika znaku	Vlastnosti a parametry
Akční výkon	Výkon a autonomnost vykonávání úlohy	Pracovní úloha	Charakteristika typu a technologie úlohy. Výkonové parametry a funkce pro realizaci definované pracovní úlohy.	Kinematika akčního mechanismu, pracovní prostor, nosnost, pracovní přesnost, jednotkový výkon podle typu úlohy apod.
Mobilita	Výkon, prostor a autonomnost vykonávání pohybu.	Mobilita	Charakteristika typu lokomočního ústrojí. Výkonové parametry pro realizaci definované dopravní úlohy. Parametry operačního a pracovního prostoru.	Manévrovatelnost, průchodnost, brodivost, stabilita, rychlost pohybu apod.
Koncepce	Struktura uspořádání, funkce a vlastností, limit ceny, limit provozních nákladů.	Typová struktura	Struktura uspořádání subsystémů a funkčních celků. Koncepce řešení.	Funkční, orgánová a stavební struktura celku a jeho částí. Obrysové rozměry, hmotnost, rozměry pracovního prostoru akčního a pohybového mechanismu.
Řídicí a navigační výkon	Výkon, inteligence a autonomnost chování, úroveň komunikace s člověkem a prostředím.	Řízení a navigace	Charakteristika vlastností a funkcí řízení, komunikace s člověkem a prostředím, úroveň adaptivity ke změnám. Úroveň inteligence a autonomnosti.	Typ a hierarchie řízení, systémové vybavení, operační vybavení, senzorové vybavení, kontrolně – blokovácí a informační systém, typ rozhraní. Parametry HW a SW.
Provozní efektivnost	Provozní operativní náklady, operační pohotovost a připravenost, využitelnost, spolehlivost a bezpečnost provozu.	Provozní efektivnost	Charakteristika provozních režimů a parametrů provozu, režimů údržby.	Pracovní cyklus, doba jednotkové pracovní operace, provozní limity a omezení, cyklus servisu a údržby.



Shrnutí pojmů 2.5.

Pohyb v prostoru, servisní úlohy, stacionární servisní roboty, mobilní servisní roboty.

**Otázky 2.5.**

10. Co je to stacionární servisní robot?
11. Jaké jsou charakteristické znaky servisních robotů?
12. Jaké jsou základní pohybové vlastnosti servisních robotů?

**Odměna a odpočinek**

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 8. až 12. a je Vám vše jasné, úspěšně jste zvládli tuto podkapitulu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

2.6 Charakteristika a znaky provozu robotů v nestrojírenských aplikacích**Čas ke studiu:** 2 hodiny**Cíl:** Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Charakterizovat základní požadavky na servisní roboty z pohledu charakteristik prostředí aplikací.
-  Sestavit a kvantifikovat pravděpodobnostní model provozních podmínek servisního robotu.

**Výklad**

Provoz servisního robotu lze popsat pomocí operátorů funkčních vztahů, jako provoz složitěho mnoho prvkového strukturovaného technického systému (A_j - agregáty, E_i - elementy, ψ - struktura systému) v definovaných pracovních a provozních podmínkách.

$$M_{SR\psi} \approx \sum_{j=1}^n A_j \approx \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n E_{ij} \quad (2.3)$$

Provozní podmínky servisního robotu (poznání a analýza skutečných režimů práce robotu v provozu, sestavení ekvivalentního modelu provozu) lze popsat souborem n - náhodných veličin tzv. ukazatelem provozu (vlastnosti prostředí, vnější činnost konstrukce robotu, vnitřní činnost konstrukce robotu), které vyjadřují vlastnosti pracovního prostředí (popsané pomocí faktorů prostředí, které ovlivňují provoz robotu), vlastnosti technologie pracovní úlohy (popsané pracovními podmínkami a parametry, které zatěžují robot při jeho provozu) a vlastnosti skutečného technického stavu robotu (popsané parametry technického stavu robotu, které ovlivňují okamžitý výkon a spolehlivost provozu robotu). Pro určení provozních podmínek robotu je potřebné získat informace a podklady o působících faktorech a určit jejich vztahy a souvislosti, protože faktory mají náhodný charakter lze provoz robotu charakterizovat jako složitý náhodný proces. Z uvedeného důvodu je vhodné vypracovat zjednodušené modely tzv. typických provozních podmínek pro charakteristické oblasti

aplikace robotu. Typické provozní podmínky reprezentují souhrn charakteristických parametrů provozu (režim provozu s největší pravděpodobností výskytu, režim provozu, při kterém působí největší zatížení, režim provozu při kterém působí střední zatížení), které mají nejvýznamnější vliv na spolehlivost a bezpečnost provozu robotu [19, 56].

Na základě uvedeného popisu lze sestavit a kvantifikovat pravděpodobnostní model provozních podmínek servisního robotu pro konkrétní aplikaci. Model provozních podmínek slouží pro určení procesu zatížení (deterministické, náhodné) robotu při jeho provozu, které se transformují formou vstupních údajů na dimenzování konstrukce robotu při jeho navrhování a konstrukci, případně mohou údaje využít pro sestavení modelů a programů simulace zatížení v průběhu navrhování a konstrukce robotu, nebo při experimentálních zkouškách funkčních modelů robotů. Provozní spolehlivost robotu lze vyjádřit jako vlastnost popsanou pravděpodobností bezporuchového provozu

$$R_{\bar{r}}(t) \left[\tau_{MK} \middle| \begin{matrix} \{S(t), t \geq 0\} \\ \psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m) \end{matrix} \right]_{Z_K} \geq 1 - \alpha \quad (2.4)$$

kde τ_{MK} - technický život, $\{S(t)\}$ - vnější provozní zatížení, $\psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)$ - struktura robotu pro parametry ξ_i , $\bar{r}$ - matice provozních podmínek, α - konfidenční mez, Z_K - kritické poškození

Z uvedeného popisu lze konstatovat, že mezi faktory vnější činnosti robotu, které výrazně ovlivňují provozní spolehlivost robotu, patří také faktor pracovního prostředí. Šířka aplikačního prostoru robotu tento vliv v uvedených vztazích zvyrazňuje. Každý aplikační prostor je charakteristický svým prostředím, vlastnosti každého prostředí lze popsat určenými znaky. Znaky lze klasifikovat a návazně kvantifikovat pomocí sestavy faktorů prostředí F_i (F_F - fyzikální faktory, F_{CH} - chemické faktory, F_B - biologické faktory, F_T - technologické faktory, F_P - technické a provozní faktory, F_O - faktory pracovního okolí). Každá skupina faktorů F_i je popsatelná sestavou konkrétních parametrů (např. teplota, prašnost, charakter povrchu terénu, stoupání na dopravní trase apod.) definujících odpovídající charakteristiku prostředí (aplikace odpovídajících norem). Z pohledu vlivu prostředí na provozní spolehlivost robotu lze uvedené faktory, v přímé souvislosti na konkrétní aplikaci, rozčlenit na:

- **normální faktory** (NPP – normální pracovní prostředí - faktory nemají nepříznivý vliv na robot),
- **rizikové** (RPP – rizikové pracovní prostředí - faktory mají nepříznivý vliv na robot).

Navazující požadavky na provozní spolehlivost servisního robotu se přenášejí v logickém schématu pravděpodobnosti bezporuchového provozu robotu a duchu systémové struktury robotu na pravděpodobnost bezporuchového provozu agregátů až elementů

$$R_{SR} \rightarrow R_{A_j} \rightarrow R_{E_{ij}} \quad (2.5)$$

přičemž transformace „zatížení“ z provozních podmínek se rozkládá v analogickém schématu ze sestavy robotu na jeho agregáty až elementy

$$S_{SR}(t) \rightarrow S_{A_j} \rightarrow S_{E_{ij}} \rightarrow \sigma_x(t) \quad (2.6)$$

Tento případ se využívá při navrhování a dimenzování jednotlivých funkčních a konstrukčních uzlů subsystému akční nástavby a subsystému mobility MSR a jejich detailů.

Pro charakteristiku provozu robotu je stěžejní nadefinování znaků a charakteristik jeho operačního a pracovního prostředí (plnění požadavků dopravní úlohy), k tomu účelu je vhodné zhodnotit požadavky kritérií určujících charakter aplikačního prostředí, jak je uvedeno v tab. 2.2 [19, 56]. Nakonec parametry charakteristik prostředí vstupují do matice provozních podmínek $\bar{r}$ uvedené v provozním vyjádření závislosti bezporuchového provozu robotu. Z pohledu návrhu robotu uvedené požadavky vstupují do konstrukce robotu jako požadavky „odolnosti“ konstrukce na vlivy prostředí, jako požadavky na „jízdní vlastnosti“ subsystému mobility robotu. Z analýzy dostupných poznatků o interakci charakteristik operačního a pracovního prostředí a požadavků na konstrukci robotu lze uvést kritické stavy představující problematické provozní situace, stavy a pohybové omezení

- **prostředí vnější urbanizované** - požadavkem je překonat, přebrodit, prorazit nebo obejít překážky (manévrovatelnost) v souladu se zavedenými pravidly provozu (pohyb po komunikacích apod.), zabezpečit dostatečnou trakci, minimalizovat poškození ploch terénu a minimalizovat ekologické poškození (emise apod.),
- **prostředí vnější přirozené** - požadavkem je překonat, přebrodit, prorazit nebo obejít překážky (manévrovatelnost), zabezpečit pohyb v prostorově nebo provozně omezených podmínkách (mechanika pohybu, obrysové rozměry, manévrovatelnost), zabezpečit dostatečnou trakci v širším pásmu charakteristik geofyzikálních vlastností povrchu terénu (záběr, prokluzování), minimalizovat poškození povrchu terénu (agrotechnický požadavek deformace půdy apod.) a minimalizovat ekologické poškození (emise apod.),
- **prostředí vnitřní** - požadavek je na manévrovatelnost v prostorově omezeném prostředí, překonávání a obcházení překážek (manévrovatelnost, pohyb po schodech apod.), minimalizovat poškození terénu (povrch terénu) a minimalizovat ekologické poškození (emise apod.).

Tab. 2.2 – Charakteristika požadavků na servisní robot z pohledu charakteristik prostředí aplikací

Kritérium	Charakteristika	Výklad
Typ prostředí	Vnitřní (interiér, indoor)	Pohyb robotu ve vnitřních prostorách objektů, strukturované prostředí (ve většině případů stabilní), stabilně pevný standardní povrch dopravní trasy, malé výškové převýšení, dopravní trasy většinou stabilní a pevně programované, provozní prostředí bez výraznějších rušivých faktorů.
	Vnější (exteriér, outdoor)	Pohyb robotu v terénu mezi objekty rozloženými v obecném prostoru, nestrukturované prostředí (ve většině případů náhodná kombinace horizontální a vertikální členitosti), dopravní trasy s různorodým standardním a nestandardním povrchem (stabilně pevný, nestabilně pevný, poddajný), výrazná prostorová (stabilně urbanizovaná nebo přírodně náhodná horizontální a vertikální) členitost terénu, dopravní trasy nestabilní a nemají pevný program pohybu (směr, trasa), provozní prostředí s výraznými rušivými faktory.

Vlastnosti prostředí	Faktory prostředí	Faktory prostředí určují normy, základní členění na skupiny faktorů: F_F - fyzikální faktory, F_{CH} - chemické faktory, F_B - biologické faktory, F_T - technologické faktory, F_p - technické a provozní faktory, F_O - faktory pracovního okolí. Parametry jednotlivých faktorů definují normy, stupeň rizika jejich vplyvu se vyjadřuje ve vztahu k riziku jejich vplyvu na člověka, případně k rizikům funkčnosti a spolehlivosti provozu robotu.
Charakteristika trakčních vlastností povrchu terénu (geofyzikální vlastnosti povrchu)	Stabilně pevný povrch	Vlastnosti povrchu terénu ve vztahu k trakčním vlastnostem subsystému mobility. Znaky - stabilní „tuhost“ a „pružnost / plasticita“ povrchu terénu, „nezaboření se“ lokomočního ústrojí. Vlastnosti povrchu terénu - např.: beton, asphalt, tuhá / dostatečně zhuštěná podložka apod.
	Nestabilně pevný povrch	Vlastnosti povrchu terénu ve vztahu k trakčním vlastnostem subsystému mobility. Znaky - „nestabilní“ povrch, pod vlivem určitých faktorů prostředí (povětrnostní a klimatické podmínky, náhodný vliv nepříznivě působícího faktoru apod.) změna „stabilního“ na „nestabilní“ povrch terénu, „proklouzávání“ a „zaboření se“ lokomočního ústrojí. Vlastnosti povrchu terénu - např.: kamenitý, polostabilní, zhuštěná málo tuhá podložka apod.
	Poddajný povrch	Vlastnosti povrchu terénu ve vztahu k trakčním vlastnostem subsystému mobility. Znaky - poddajnost „netuhost“ a „kašovitost“ povrchu terénu, „zaboření se“ a „proklouzávání“ lokomočního ústrojí. Vlastnosti povrchu terénu - např.: písek, bahno, močály, sníh, málo zhuštěný a málo tuhý terén apod.
	Kombinovaný povrch	Vlastnosti povrchu terénu ve vztahu k trakčním vlastnostem subsystému mobility. Znaky - „přírodní terén“, kombinace nestabilního a poddajného povrchu.
Charakteristika geometrie profilu terénu	Standardní povrch	Vlastnosti profilu povrchu terénu (výškový a prostorový profil, členitost profilu terénu) ve vztahu k vlastnostem „průchodnosti“ subsystému mobility. Znaky profilu terénu - mikro a makro nerovnosti profilu, vlnitost profilu, maximální výška profilové vlny terénu, minimální amplituda profilové vlny terénu apod.
	Nestandardní povrch	Vlastnosti profilu povrchu terénu (výškový a prostorový profil, extrém limitů zatím nebyl stanovený) ve vztahu k vlastnostem „průchodnosti“ subsystému mobility. Znaky profilu terénu - makro nerovnosti profilu, vlnitost profilu, maximální výška profilové vlny terénu, minimální amplituda profilové vlny terénu apod.

Z uvedeného popisu lze definovat jako kritické události a zejména vlivy:

- **členitost, nerovnosti a geofyzikální vlastnosti terénu** - požadavek na zajištění kontaktu akčních prvků pohybového ústrojí robotu s terénem, zajištění dostatečné trakce, stability, brodivosti a vhodného jmenovitého tlaku na terén,
- **horizontální členitost prostoru** - požadavek na zaručení manévrovacích schopností a průchodnosti v parametricky určeném prostoru.

Pro charakteristiku „chování“ servisního robotu při jeho provozu, je klíčové nadefinování znaků a charakteristik strategie jeho „chování“ vyplývající z jeho aplikačního určení. K tomu účelu je vhodné zhodnotit požadavky kritérií určujících charakter jeho požadovaného „chování“ na dopravní trase, jak je uvedeno v tab. 2.3 [19, 56]. Z pohledu návrhu robotu vstupují uvedené požadavky do konstrukce robotu jako požadavky „intelligence“, jako požadavky na „chování“ subsystému mobility a subsystému akční návstavy. Pro charakteristiku výkonu pracovní úlohy servisního robotu při jeho provozu, je klíčové nadefinovat znaky a charakteristiky technologie výkonu pracovní úlohy. Návazně na uvedené, potřebné znaky a charakteristiky jsou vázané na konkrétnosti dané definovanou technologií výkonu zadané pracovní úlohy.

Tab. 2.3 – Charakteristika požadavků na servisní robot z pohledu charakteristik chování na dopravní trase

Kritérium	Charakteristika	Výklad
Úroveň „realizace“ dopravní trasy	Programování dopravní trasy	Pohyb po předem naprogramované dopravní trase, aplikace rozsahu znaků a také znaků prostorového umístění dopravní trasy.
	Chování na dopravní trase	Strategie „chování“ při pohybu na dopravní trase, aplikace znaků.



Shrnutí pojmů 2.6.

Prostředí vnější urbanizované, prostředí vnější přirozené, prostředí vnitřní.



Otázky 2.6.

13. Co je to prostředí vnější urbanizované?
14. Jaké jsou požadavky na servisní robot z pohledu charakteristik prostředí aplikací?
15. Co je to prostředí vnitřní?



Úlohy k řešení 2.1.

Každý tým si zvolí libovolnou servisní úlohu ve vnitřním nebo venkovním prostředí (viz obr. 2.3), která se dá řešit s využitím robotu. Navrženou servisní úlohu popište podle jednotlivých subsystémů uvedených na obr. 2.4. Popište prostředí, ve kterém se bude robot pohybovat a omezující faktory.

Navrhněte typ servisního robotu (viz obr. 2.5), který by byl vhodný k řešení vámi navržené servisní úlohy. Z internetu nejděte obrázek takového robotu jako příklad a doložte ho do textu zpracované úlohy. Použitou www stránku nezapomeňte uvést v citované literatuře.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky tohoto odstavce a je Vám vše jasné z kapitoly 2, úspěšně jste zvládli tuto kapitolu. Dejte si nyní den volna před vypracováním úlohy k řešení 2.1. a dalším pokračováním ve studiu.

3 VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ VE ZDRAVOTNICTVÍ

Kapitola se zabývá klasifikací prostředí ve zdravotnictví, požadavky na servisní roboty pro konkrétní praktické aplikace a klasifikací servisních úloh v oblasti zdravotnictví apod.

Oblast zdravotnictví je z hlediska nasazování servisních robotů velmi zajímavá a potřebná v řadě konkrétních aplikací. Servisní úlohy realizované v oblasti zdravotnictví představují široké spektrum činností vykonávaných roboty. Aplikace servisních robotů pro široké spektrum úloh v sobě zahrnují různé typy vnitřních i venkovních prostředí, operační zákroky na pacientech, rehabilitační cvičení apod., což klade značný rozptyl požadavků na konstrukce robotů.

3.1 Klasifikace prostředí v oblasti zdravotnictví



Čas ke studiu: 1 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat prostředí základních servisních úloh v oblasti zdravotnictví.



Výklad

Aplikace servisních robotů v oblasti zdravotnictví jsou charakteristické především vysokými nároky na subsystém mobility, vyplývajícími z náročnosti nosnosti a přesnosti, ve kterém se pohybují, vysokými nároky na odolnost vůči vlivu pracovního prostředí (desinfekční prostředky, prach, teplota apod.). Dále to jsou nároky vyplývající z technologie pracovní úlohy (manipulace, čištění, operační činnosti, rehabilitační činnosti apod.). Z těchto důvodů prioritou konstrukčního řešení a provozu servisních robotů je především robustnost, tichost a spolehlivost konstrukce, ale také bezpečnost a spolehlivost vztahu „člověk - robot“, případně „robot - prostředí“, „robot - technologie úlohy“, „robot - objekt spolupráce“.

Využívání servisních robotů v oblasti zdravotnictví lze zdůvodnit zejména efektem jejich realizace a riziky spojenými s jejich realizací. Jako příklad lze uvést několik charakteristických servisních úloh s použitím jednoho či více servisních robotů:

- **manipulační činnosti** - realizace fyzicky namáhavých / únavných, monotónních a zejména náporových činností (mnohdy sezónní charakter činností, opakující se činnosti apod.), realizace souvisejících aktivit je spojena s poznáním terénu a prostoru úlohy, se znalostí odpovídající technologie, s poznáním spolupracujících a souvisejících objektů (vnitřní prostory apod.) při realizaci úlohy, s poznáním rizik a nebezpečí prostředí činnosti, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu aktivity,
- **transportní činnosti** - realizace fyzicky namáhavých / únavných, monotónních prací spojených s transportem osob a předmětů, realizace fyzicky namáhavých a nebezpečných prací při přepravě, realizace aktivit je spojená s poznáním terénu

a prostoru (místo nasazení) úlohy, se znalostí odpovídající technologie, s poznáním rizik a nebezpečí prostředí činnosti, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu aktivity.

- **operační činnosti** - realizace fyzicky namáhavých / únavných prací spojených s operačními zákroky různého charakteru, realizace fyzicky namáhavých a rizikových prací při operování, realizace aktivit je spojená s poznáním zdravotního stavu pacienta (místo operace, místo nasazení), se znalostí odpovídajícího postupu, s poznáním rizik a nebezpečí prostředí činnosti, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu aktivity.
- **rehabilitační činnosti** - realizace fyzicky namáhavých / únavných, monotónních prací spojených s rehabilitací poúrazových stavů, realizace fyzicky namáhavých prací při rehabilitaci, realizace aktivit je spojená s poznáním rehabilitovaného místa a zdravotního stavu pacienta (místo rehabilitace, místo nasazení), se znalostí odpovídajícího postupu, s poznáním rizik, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu aktivity.

Aplikace servisních robotů ve stavebnictví v uvedených oblastech přináší i nevýhody a rizika možných nepříjemných důsledků, které lze charakterizovat z pohledu:

- **chyby při realizaci** - riziko negativního selhání realizace požadované servisní úlohy z důvodu chyby v komunikaci s člověkem a prostředím (bezpečnost a preciznost provedení úlohy, přiměřenost provedení úlohy, správnost provedení úlohy apod.) musí být nulové, případně minimalizované, selhání technologie realizace úlohy (technologické chyby, manipulační chyby, ekologické chyby apod.) musí být nulové, možné je pouze selhání techniky nezaviněné člověkem,
- **morálnosti výkonu** - riziko výkonu činnosti bez posouzení a zohlednění „vyššího“ principu důsledku a souvislostí (člověk je partnerem robotu), riziko „nadstandardní“ autonomnosti servisního robotu v procesu realizace konkrétní servisní úlohy.



Shrnutí pojmů 3.1.

Manipulační činnosti, transportní činnosti, operační činnosti, rehabilitační činnosti, chyby při realizaci, morálnost výkonu.



Otázky 3.1.

16. Jak lze definovat manipulační činnosti v oblasti zdravotnictví?
17. Co jsou to chyby při výkonu?

3.2 Požadavky na servisní roboty pro aplikace v oblasti zdravotnictví



Čas ke studiu: 1 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat požadavky na subsystémy servisních robotů pro konkrétní úlohy v oblasti zdravotnictví.



Výklad

Analýza současných aplikací servisních robotů v této oblasti umožňuje zformulovat rámcové požadavky na roboty následovně [56]:

- **subsystém mobility** - jde o lokomoční ústrojí (typ lokomoce, mechanika pohybu, parametry pohybu, průchodnost, překonávání překážek, překážky vně a uvnitř budov, vyvolání maximální hnací – kontaktní síly, minimální valivý odpor apod.) určené podle dopravních úloh a charakteristik terénu operačního prostředí (povrch terénu, atypické překážky apod.); technické parametry (obrysové rozměry, rozchod, rozvor, hmotnost, poloměr zatačení, rozsah rychlosti pohybu, plynulost pohybu, světlost apod.) podle požadavků dopravní úlohy; provozní parametry (manévrovatelnost, průchodnost, statická a dynamická stabilita při pohybu a při realizaci dané úlohy apod.) podle požadavků výkonu dopravní a pracovní úlohy;
- **akční nastavba** - kinematika a parametry akčního mechanismu (stupně volnosti, pracovní prostor, poloha pracovního prostoru vůči ose servisního robotu, pohyblivost, nosnost, rychlost a plynulost pohybu, přesnost pohybu a pracovních poloh, stabilita servisního robotu při maximálním vyložení ramena apod.) mají odpovídat potřebě technologií, operačnímu a rehabilitačnímu pracovnímu prostoru pracovní úlohy; pohybové a silové parametry akčního mechanismu musí být „měkké“ a „bezpečné“ (manipulace s objekty, kontakt s člověkem), případně „akční - bezpečné - silové“ (operační zákrok, příprava a transport pacienta apod.); koncový efektor musí odpovídat potřebám technologie realizace servisní úlohy (možnost přímé spolupráce s člověkem, obsluha apod.); automatický systém výměny koncového efektoru, případně jeho nástrojů; energetická samostatnost podle stanoveného limitu (kapacita zdroje, životnost zdroje, vyměnitelnost zdroje apod.);
- **subsystém senzorů** - jde o sestavu vnějších senzorů podle technologie úlohy a sledovaných faktorů prostředí, případně parametrů výkonu servisní úlohy (citlivost, princip snímání určených veličin, funkce monitoringu, funkce výstrahy, noční vidění apod.); subsystém vnitřních senzorů podle aplikace na sledované parametry a funkce mechanismu (přesnost, rozsah měřené veličiny, princip snímání určených veličin, funkce měření, funkce monitoringu apod.); kompatibilita na kontrolně - řídicí systém podle určených rozhraní (mechanická, elektrická, programová, přenosová); předzpracování výstupů pro potřeby řízení; kompatibilita rozhraní sběrníkových systémů; komunikace s operátorem a prostředím;
- **subsystém řízení a navigace** - jde o autonomní inteligentní pohyb v prostoru, případně kombinace řízení pohybu operátorem; komunikace s operátorem a prostředím (určená úroveň, rozhraní apod.); jednoduchost a spolehlivost řízení (programování, změna programu, uživatelská úroveň apod.); bezpečnost řízení (normy, předpisy apod.); komunikace technologii výkonu (daná úroveň, rozhraní pod.) ;
- **provozní vlastnosti** - jde o operační dosah (pozice operátora a maximálního dosahu servisního robotu); doba trvání mise (úplný pracovní výkon, technologicky nutná doba úplného výkonu jednotkové operace, dostatečná rezerva nad rámec nutné doby apod.); efektivní výkon údržby (doba výkonu údržby na měsíc provozu, periodičita výkonu, náklady na výkon údržby); provozní pohotovost

a bezpečnost (normy, předpisy apod.); náročnost obsluhy (nižší, jednoduchost, jednoznačnost apod.); transportovatelnost (přesun pomocí vlastní mobility, přesun na jiném prostředku, stabilita při transportu apod.);

- **ekonomická efektivnost** - limit nabývajících hodnoty (cena); náklady na provoz (stanovený limit) ; procesy spojené s provozem zdravotnických zařízení.



Shrnutí pojmů 3.2.

Subsystem mobility, akční nastavba, subsystem senzorů, subsystem řízení a navigace, provozní vlastnosti, ekonomická efektivnost.



Otázky 3.2.

18. Jak lze definovat pojem akční nastavba u servisních robotů v oblasti zdravotnictví?
19. Co jsou to provozní vlastnosti?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 16. Až 19. a je Vám tato problematika jasná, dejte si oddech před dalším pokračováním ve studiu.

3.3 Klasifikace servisních úloh v oblasti zdravotnictví



Čas ke studiu: 1 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

 Definovat základní oblasti aplikací servisních robotů v oblasti zdravotnictví.

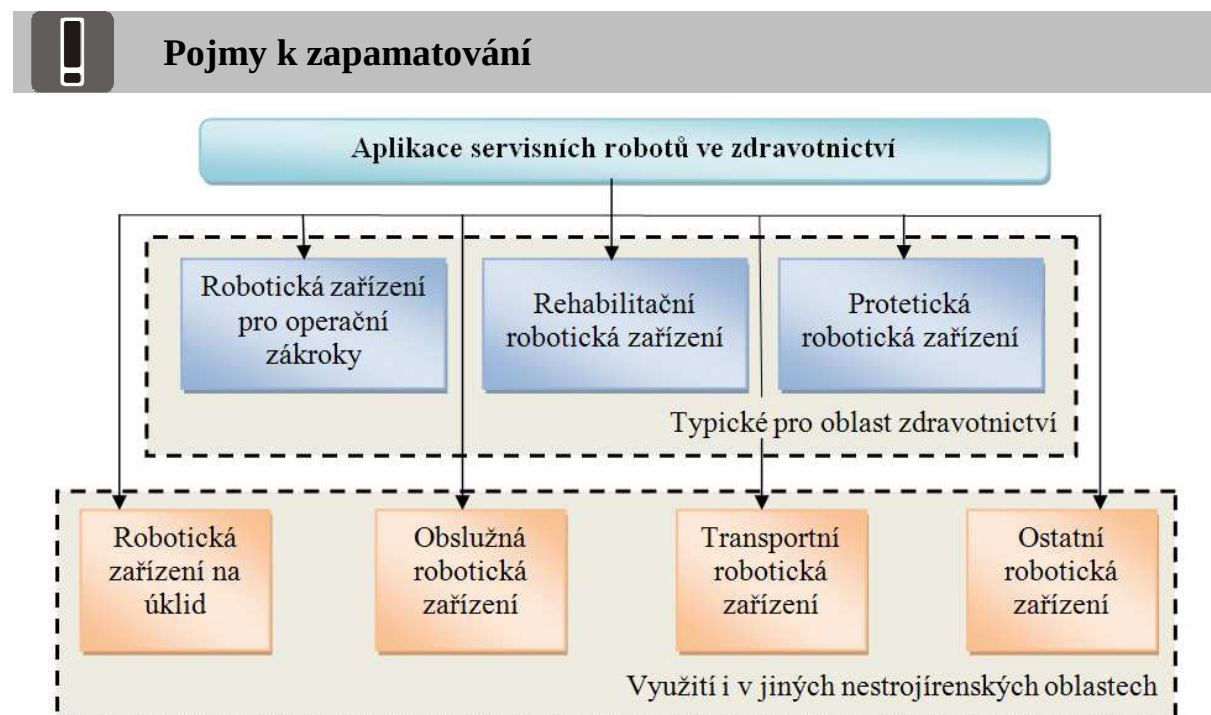


Výklad

Využití servisních robotů ve zdravotnictví je v současnosti dosti rozšířené. Již dnes je možno hovořit o řadě konkrétních aplikací u nás a zejména v zahraničí. Jednou z možností jak uplatnit robotizaci ve zdravotnictví je automatizovat některá stávající zařízení tak, aby se mohla pohybovat bez obsluhy. Dále pak vyvíjet nové konstrukce servisních robotů, které by obstály v náročných podmínkách zdravotnictví pro široké spektrum zaměření, včetně zaměření na operační zákroky, rehabilitační činnosti a aplikace protetických náhrad.

Stavebnictví je obor, který zahrnuje mnoho různých skupinových oblastí se členěním na další pod oblasti. V souvislosti s poptávkou po zvyšování produktivity, kvality a bezpečnosti práce je vhodné pro některé technologie (činnosti), v daných odvětvích, použít servisní roboty. V mnoha případech jsou však činnosti prováděné na jednotlivých úsecích využitelné i pro jiné nestrojírenské oblasti. Na druhé straně se z jiných nestrojírenských oblastí dají využít již existující servisní roboty pro aplikace ve zdravotnictví (transportní úlohy, úklidové apod.).

V mnoha případech je řada činností, které jsou charakteristické pouze pro aplikace ve zdravotnictví. Odlišný je může být i materiál, se kterým se bude např. manipulovat a který bude pro okolí do jisté míry nebezpečný. Vývoj nových technologií a nových materiálů umožňuje zlepšit odolnost robotických komponentů a celků vůči agresivním látkám používaných při desinfekci prostředí apod. Všechny tyto vlivy a mnoho dalších působí příznivě i nepříznivě při nasazování servisních robotů ve zdravotnictví. Z hlediska možností nasazování mobilních robotických systémů lze zdravotnictví rozdělit do následujících základních oblastí, ve kterých lze realizovat servisní úlohy, jak je znázorněno na obr. 3.1.



Obrázek 3.1 - Oblasti aplikací servisních robotů ve zdravotnictví

Každou ze specifických skupin uvedených na obr. 5.1 lze dále členit na konkrétní skupiny servisních úloh. Z hlediska obecného členění servisních úloh, které mohou najít využití ve všech oblastech lze pro vnitřní prostředí uvést např.:

- uchopování předmětů obecných tvarů, velikostí a hmotností,
- provádění manipulace s předměty obecných tvarů, velikostí a hmotností,
- transport (přemísťování) předmětů,
- transport pacientů a handicapovaných osob,
- identifikace různých předmětů spojená s manipulací, transportem apod.,
- podání, přidržení předmětů různých tvarů, velikostí a hmotností,
- podávání informací,
- čištění a běžná údržba vnitřních prostředí,
- hygiena a uspokojování osobních potřeb,
- monitorování prostředí,
- ostraha prostředí,
- zábavná činnost,
- ostatní úlohy.

V oblasti venkovního prostředí se může jednat např. o provádění těchto úloh:

- doprovod v částečně známém nebo neznámém prostředí,
- transport pacientů a handicapovaných osob,
- manipulační činnost spojená s podáváním, přidržením a nesením předmětů různých tvarů, velikostí a hmotností,
- pomoc při nakupování v supermarketech nebo menších obchodech,
- podávání informací,
- ostatní úlohy.

Každá z oblastí jak vnitřního tak také venkovního prostředí má své specifické požadavky které je nutno zohlednit při návrhu konstrukce servisního robotu. Kromě toho je zapotřebí mnohdy přizpůsobit také prostředí, ve kterém se bude robot pohybovat. Standardizace prostředí pro aplikace servisních robotů do jmenovaných oblastí umožní jejich částečně univerzální využití pro různé aplikace a mnohdy i sníží nároky na vybavení senzory.

Standardizace vnitřních prostředí spadajících do oblasti zdravotnictví (nemocniční prostory, domácí prostředí apod.) může představovat použití stejných typizovaných dílů, se kterými bude servisní robot přicházet do fyzického kontaktu nebo s nimi manipulovat či je ovládat (obsluhovat). To představuje vybavení vnitřních prostředí stejným či tvarově a rozměrově podobným typem klik, madel, ovládacích tlačítek a dalších prvků. Také vhodné rozmístění a ustavení celkového vybavení vnitřních prostředí usnadní robotu jeho orientaci při pohybu v rámci provádění zadané úlohy. Robot tak může mít již předem nadefinované prostředí, ve kterém se bude pohybovat. Prostor se tak stává částečně známým [90].

Servisní robot pro oblast vnitřních prostředí by měl být schopen zabezpečit provádění většiny z výše uvedených úloh. Podle množství různých typů úloh, které má vykonávat budou kladeny také nároky na jeho konstrukci a vybavenost doplňkovým zařízením. Z hlediska jeho řízení se může chovat jako autonomní servisní robot nebo je ovládám člověkem. Způsob ovládání člověkem může být různý a to v závislosti na pohybových a komunikačních schopnostech toho kdo robot ovládá. Pro provádění každodenně se opakujících rutinních úloh může být robot také naprogramován dopředu. Zde se může jednat např. o monitoring, podávání informací, čištění či běžná údržba apod. Tyto činnosti může robot vykonávat bez zásahu dotyčné osoby, pro kterou jsou zabezpečovány.



Shrnutí pojmů 3.3.

Operační zákroky, rehabilitační robotická zařízení, protetická robotická zařízení, úklidové činnosti, obslužné činnosti, transportní činnosti.



Otázky 3.3.

20. Jaké jsou základní oblasti aplikací servisních robotů ve zdravotnictví?
21. Jak lze členit servisní úlohy v základních oblastech aplikací?

3.4 Příklady konkrétních aplikací robotů v oblasti zdravotnictví



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat konkrétní aplikace servisních robotů v oblasti zdravotnictví.



Výklad

Vybrané příklady konkrétních aplikací servisních robotů ve zdravotnictví reprezentují jen nepatrnou část toho, co je v současnosti realizováno. Jde o využití servisních robotů převážně s kolovým nebo pásovým lokomočním ústrojím. Jako další typ lokomoce zde bude převažovat kráčení. Proto půjde o aplikace pozemního charakter. Těchto aplikací bude neustále přibývat a k tomu bude zapotřebí vyvíjet nové konstrukce servisních robotických prostředků. To sebou nese zohledňování nových poznatků z již realizovaných servisních činností i stejného charakteru apod.

Využívání robotických zařízení při provádění operačních zákroků je v současnosti rozšířené jak v zahraničí tak také v České republice. Jde o operační robot da Vinci, který je složený ze tří hlavních částí. Operační konzola může mít např. čtyři ramena, na nichž se podle typu operace obměňují nástroje. Druhou částí je přístrojová věž a třetí částí je tzv. ovládací konzola, odkud operátor řídí ramena s nástroji. Operátor má díky 3D obrazu dokonalý přehled o operované oblasti. Na dvou obrazovkách přímo na sále mohou výkon sledovat spolupracovníci. Robot lze využívat pro širší spektrum různých operací. (při minimálně-invazivních laparoskopických operacích, při nichž se nástroje zavádějí do těla pouze třemi nebo čtyřmi několikamilimetrovými vstupy, v urologii, ve všeobecné i hrudní chirurgii, v gynekologii, při léčbě vybraných onkologických onemocnění apod.). Oproti klasické laparoskopii má robot výhodu v tom, že jsou jeho operační nástroje mnohem pohyblivější. S nástroji se dá manipulovat i v oblastech jinak nepřístupných [90, 91]. Operační robot da Vinci samostatně a na operačním sále je znázorněn na obr. 3.2. Jiné typy operačních robotů mohou provádět např. operace výměny kyčelního kloubu apod.

Rehabilitační robotická zařízení ve zdravotnictví umožňují zcela nebo částečně nahradit obslužný personál. Jejich úkolem je pomáhat pacientům nebo handicapovaným osobám při cvičení. Tato zařízení lze rozdělit na:

- mobilní,
- stacionární.

Oba typy mohou být aktivní (s pohonem) nebo pasivní (bez pohonu). Ve většině případů si může pacient sám ovládat chod zařízení, provádět nastavování do požadovaných poloh, nastavovat rozsahy pohybů apod. Rehabilitační robotická zařízení se mohou používat jako dočasná, která pomáhají pacientovi při rozcvičování např. v poúrazových stavech, nebo trvalá, které pacient používá v každodenním životě.



Obrázek 3.2 - Operační robot da Vinci

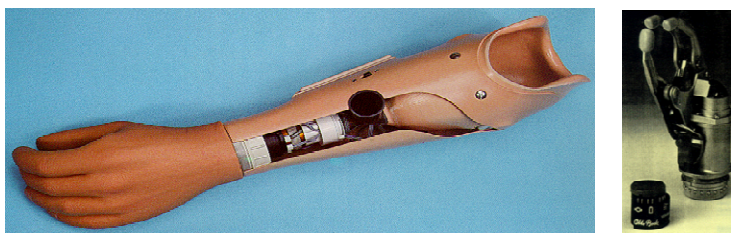
Mezi dočasná zařízení lze zařadit různé typy mobilních vozíků a podpěr, které pacienta vedou při chůzi. V tomto případě se pacient zdravými horními končetinami opírá o mobilní zařízení a rozcvičuje tak dolní končetiny. Zde existuje celá řada různých konstrukcí od zařízení, která mají pohon a jsou vybavena mnoha funkcemi až po velmi jednoduchá zařízení bez pohonu. Téměř všechna tato zařízení jsou upevněna na kolovém podvozku [10, 11].

Pro rozcvičování horních končetin jsou určena většinou stacionární rehabilitační zařízení. Ta mohou mít také pohon a po nastavení rozsahů pohybů cvičí s horní končetinou. Pacient má horní končetinu v rehabilitačním zařízení upevněnou a sám řídí cvičení. Jako příklad lze uvést zařízení znázorněné na obr. 3.3 [94]. Pro rozcvičování dolních končetin se používají tzv. motodlahy v různých provedeních. Rehabilitační robotická zařízení, která se upevňují na rozcvičovanou končetinu, patří do skupiny ortéz.



Obrázek 3.3 – Rehabilitační zařízení

Protetická robotická zařízení představují náhrady horních nebo dolních končetin. Jedná se v podstatě o robotická zařízení mající jeden nebo více pohonů (kloubů) a aplikují se vždy jako originál pro každého pacienta. Řada komponentů uvnitř protézy jsou však standardizovány. Tyto komponenty se sestavují pro každého pacienta individuálně. Protézy dolních i horních končetin realizují náhradu amputované končetiny v různém stupni. Tato problematika je velmi složitá a nelze ji zde z důvodu rozsahu skript detailně rozebrat. Na obrázku 3.4 je znázorněna jedna z verzí bioprotézy Otto Bock System, včetně detailu pohonu, která je v současnosti u nás nejvíce aplikovaná pacientům. Ne každý pacient však může tuto bioprotézu používat, protože možnost jejího použití je závislá na velikosti myopotenciálu snímaného z pahýlu amputované horní končetiny. Vhodným tréninkem pacienta lze dosáhnout dobré říditelnosti uchopovací síly tak, aby se daly uchopovat touto bioprotézou i křehké předměty aniž by došlo k jejich poškození [21, 30].



Obrázek 3.4 – Bioprotéza Otto Bock System

Nasazování transportních zařízení do oblasti zdravotnictví přináší nové možnosti jak pomáhat pacientům či handicapovaným osobám. Roboty tak budou provádět manipulační činnosti spojené s transportem pacientů. Jejich činnost bude ve většině případů řízená obslužným personálem nebo mohou být autonomní. V mnoha případech se bude jednat o mobilní robotická zařízení. Transportní robotická zařízení ve zdravotnictví lze zařadit do skupiny servisních robotů, které mohou najít uplatnění pro různé druhy činností. Může jít např. o autonomní lokomoční roboty, které jsou vybavovány prvky umělé inteligence, schopné interpretovat, plánovat a uskutečnit cílovou úlohu ve vymezených pracovních prostředích se stacionárními a dynamickými překážkami. Jejich činnost je řízena palubním řídicím systémem bez zásahu člověka. Mohou být dráhového nebo terminálového typu, tedy s lokálním či globálním řízením v reálném čase. Jejich činnost je nutné připravit na základě studia chování dostatečně přesných matematických modelů pro definované prostředí a čas činnosti. Z hlediska jejich hlavního rozdělení se bude v tomto případě jednat o skupinu indoor – roboty pohybující se v budovách. Z hlediska základních možných aplikací je lze rozdělit na:

- roboty pro transport jídla a léků,
- roboty pro transport dokumentů,
- roboty pro transport odebraných vzorků do laboratoře,
- roboty pro transport ostatních předmětů,
- roboty pro transport zásob do skladů,
- roboty pro transport zásob ze skladů,
- roboty pro transport pacientů a handicapovaných osob apod.

Transportní úlohy mohou být spojeny s manipulační činností v místě nakládání a vykládání transportovaného objektu. Jako příklad autonomního mobilního transportního zařízení na kolovém podvozku pro handicapované osoby lze uvést vozík znázorněný na obr. 3.5. Jedná se o autonomní inteligentní vozík „Rolland“ [19].



Obrázek 3.5 – Autonomní invalidní vozík



Shrnutí pojmů 3.4.

Mobilní robot, stacionární robot, manipulační robot, obslužný robot.



Otázky 3.4.

22. Co jsou to rehabilitační roboty?
23. Jak rozdělovat transportní roboty?
24. Jak lze definovat obslužný robot?



Úlohy k řešení 3.1.

Každý tým si zvolí libovolnou oblast ve zdravotnictví podle obr. 3.1 (každý tým musí mít jinou oblast) a vypracuje na toto téma rešerši. Rešerše bude řešena formou tabulky ve WORDU a bude obsahovat údaje uvedené v tab. 3.1. Tabulka 3.1 je uvedena jako příklad jak má být vypracována rešerše.

Vyberte si tři roboty z vypracované rešerše a popište pro daný případ servisní úlohu včetně omezujících vlivů na robot.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.

Tab. 3.1 – Příklad tabulky pro vypracování rešerše

Obrázek robotu	www adresa	Popis robotu
	http://www.mineralfit.cz/zdravi-clanek/roboticka-chirurgie-revoluce-ve-zdravotnictvi-131/	Robot da Vinci je určen k chirurgickým operacím. Je pojmenován da Vinci a byl sestaven firmou Intuitive Surgical. Jde o víceramenný systém, který simuluje pohyb lidských rukou v těle pacient.



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky tohoto odstavce a je Vám vše jasné z kapitoly 3, úspěšně jste zvládli tuto kapitolu. Dejte si nyní den volna před vypracováním úlohy k řešení 3.1 a dalším pokračováním ve studiu. Gratulujeme Vám, zvládli jste polovinu studijních opor.

4 VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ VE STAVEBNICTVÍ

Kapitola se zabývá klasifikací prostředí ve stavebnictví, požadavky na servisní roboty pro konkrétní praktické aplikace a klasifikací servisních úloh v oblasti stavebnictví apod.

Oblast stavebnictví je z hlediska nasazování servisních robotů velmi zajímavá v řadě konkrétních aplikací. Servisní úlohy realizované v oblasti stavebnictví představují široké spektrum činností vykonávaných roboty. Aplikace servisních robotů pro široké spektrum úloh v sobě zahrnují různé typy vnitřních i venkovních prostředí a kladou značný rozptýl požadavků na konstrukce robotů.

4.1 Klasifikace prostředí v oblasti stavebnictví



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat prostředí základních servisních úloh v oblasti stavebnictví.



Výklad

Aplikace servisních robotů v oblasti stavebnictví jsou charakteristické především vysokými nároky na subsystém mobility, vyplývajících z náročnosti nosnosti a terénu, ve kterém se pohybují, vysokými nároky na odolnost vůči vlivu pracovního prostředí (déšť, sníh, prach, teplota apod.). Dále to jsou nároky vyplývající z technologie pracovní úlohy (hrubá stavba, inženýrské sítě apod.). Z těchto důvodů prioritou konstrukčního řešení a provozu servisních robotů je především robustnost a spolehlivost konstrukce, ale také bezpečnost a spolehlivost vztahu „člověk - robot“, případně „robot - prostředí“, „robot - technologie úlohy“, „robot - objekt spolupráce“.

Využívání servisních robotů v této oblasti lze zdůvodnit zejména efektem jejich realizace a riziky spojenými s jejich realizací. Jako příklad lze uvést několik charakteristických servisních úloh s použitím jednoho či více servisních robotů:

- **stavitelské činnosti** - realizace fyzicky namáhavých / únavných, monotónních a zejména náporových činností (mnohdy sezónní charakter činností, neopakující se činnosti apod.), realizace souvisejících aktivit je spojena s poznáním terénu a prostoru úlohy, se znalostí odpovídající technologie, s poznáním spolupracujících a souvisejících objektů (stavby, prostory apod.) při realizaci úlohy, s poznáním rizik a nebezpečí prostředí činnosti, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu aktivity,
- **destrukční činnosti** - realizace fyzicky namáhavých / únavných, monotónních prací spojených s destrukcí staveb, realizace fyzicky namáhavých a nebezpečných prací při odklizení, realizace aktivit je spojena s poznáním terénu a prostoru (místo stavby, místo nasazení) úlohy, se znalostí odpovídající technologie, s poznáním

rizik a nebezpečí prostředí činnosti, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu aktivity.

Aplikace servisních robotů ve stavebnictví v uvedených oblastech přináší i nevýhody a rizika možných nepříjemných důsledků, které lze charakterizovat z pohledu:

- **chyby při realizaci** - riziko negativního selhání realizace požadované servisní úlohy z důvodu chyby v komunikaci s člověkem a prostředím (bezpečnost provedení úlohy, přiměřenost provedení úlohy, správnost provedení úlohy apod.), selhání technologie realizace úlohy (technologické chyby, manipulační chyby, ekologické chyby apod.),
- **morálnosti výkonu** - riziko výkonu činnosti bez posouzení a zohlednění „vyššího“ principu důsledku a souvislostí (člověk je partnerem robotu), riziko „nadstandardní“ autonomnosti servisního robotu v procesu realizace konkrétní servisní úlohy.



Shrnutí pojmů 4.1.

Stavitelské činnosti, destrukční činnosti, chyby při realizaci, morálnost výkonu.



Otázky 4.1.

25. Jak lze definovat destrukční činnosti v oblasti stavebnictví?

26. Co je to morálnost výkonu?

4.2 Požadavky na servisní roboty pro aplikace v oblasti stavebnictví



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat požadavky na subsystémy servisních robotů pro konkrétní úlohy v oblasti stavebnictví.



Výklad

Analýza současných aplikací servisních robotů v této oblasti umožňuje zformulovat rámcové požadavky na roboty následovně [56]:

- **subsystém mobility** - jde o lokomoční ústrojí (typ lokomoce, mechanika pohybu, parametry pohybu, průchodnost, překonávání překážek, překážky vně a uvnitř staveb, vyvolání maximální hnací – kontaktní síly, minimální valivý odpor apod.) určené podle dopravních úloh a charakteristik terénu operačního prostředí (povrch terénu, atypické překážky apod.); technické parametry (obrysové rozměry, rozchod, rozvor, hmotnost, poloměr zatáčení, rozsah rychlosti pohybu, plynulost pohybu, světlost apod.) podle požadavků dopravní úlohy; provozní parametry (manévrovatelnost, průchodnost, statická a dynamická stabilita při pohybu a při realizaci dané úlohy apod.) podle požadavků výkonu dopravní a pracovní úlohy;

- **akční nastavba** - kinematika a parametry akčního mechanismu (stupně volnosti, pracovní prostor, poloha pracovního prostoru vůči ose servisního robotu, pohyblivost, nosnost, rychlost a plynulost pohybu, přesnost pohybu a pracovních poloh, stabilita servisního robotu při maximálním vyložení ramena apod.) mají odpovídat potřebě technologií a pracovnímu prostoru pracovní úlohy; pohybové a silové parametry akčního mechanismu musí být „měkké“ a „bezpečné“ (vsazování prvků, montování), případně „akční - bezpečné - silové“ (destrukce, příprava terénu apod.); koncový efektor musí odpovídat potřebám technologie realizace servisní úlohy (možnost přímé spolupráce s člověkem); automatický systém výměny koncového efektoru, případně jeho nástrojů; energetická samostatnost podle stanoveného limitu (kapacita zdroje, životnost zdroje, vyměnitelnost zdroje apod.);
- **subsystém senzorů** - jde o sestavu vnějších senzorů podle technologie úlohy a sledovaných faktorů prostředí, případně parametrů výkonu servisní úlohy (citlivost, princip snímání určených veličin, funkce monitoringu, funkce výstrahy, noční vidění apod.); subsystém vnitřních senzorů podle aplikace na sledované parametry a funkce mechanismu (přesnost, rozsah měřené veličiny, princip snímání určených veličin, funkce měření, funkce monitoringu apod.); kompatibilita na kontrolně - řídicí systém podle určených rozhraní (mechanická, elektrická, programová, přenosová); předzpracování výstupů pro potřeby řízení; kompatibilita rozhraní sběrnicových systémů; komunikace s operátorem a prostředím;
- **subsystém řízení a navigace** - jde o autonomní inteligentní pohyb v prostoru, případně kombinace řízení pohybu operátorem; komunikace s operátorem a prostředím (určená úroveň, rozhraní apod.); jednoduchost a spolehlivost řízení (programování, změna programu, uživatelská úroveň apod.); bezpečnost řízení (normy, předpisy apod.); komunikace technologii výkonu (daná úroveň, rozhraní pod.) ;
- **provozní vlastnosti** - jde o operační dosah (pozice operátora a maximálního dosahu servisního robotu); doba trvání mise (úplný pracovní výkon, technologicky nutná doba úplného výkonu jednotkové operace); efektivní výkon údržby (doba výkonu údržby na měsíc provozu, periodičita výkonu, náklady na výkon údržby); provozní pohotovost a bezpečnost (normy, předpisy apod.); náročnost obsluhy (nižší, jednoduchost, jednoznačnost apod.); transportovatelnost (přesun pomocí vlastní mobility, přesun na jiném prostředku, stabilita při transportu apod.);
- **ekonomická efektivnost** - limit nabývací hodnoty (cena); náklady na provoz (stanovený limit).



Shrnutí pojmů 4.2.

Subsystém mobility, akční nastavba, subsystém senzorů, subsystém řízení a navigace, provozní vlastnosti, ekonomická efektivnost.



Otázky 4.2.

27. Jak lze definovat pojem subsystém senzorů u servisních robotů v oblasti zdravotnictví?
28. Co jsou to provozní vlastnosti?

4.3 Klasifikace servisních úloh v oblasti stavebnictví



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat základní oblasti aplikací servisních robotů v oblasti stavebnictví.



Výklad

Využití servisních robotů ve stavebnictví není zatím tak rozšířené jako v jiných nestrojírenských oblastech. Již dnes je možno hovořit o řadě konkrétních aplikací u nás a zejména v zahraničí. Jednou z možností jak uplatnit robotizaci ve stavebnictví je automatizovat některá stávající zařízení tak, aby se mohla pohybovat bez obsluhy. Dále pak vyvíjet nové konstrukce servisních robotů, které by obstály v náročných podmínkách stavebnictví.

Stavebnictví je obor, který zahrnuje mnoho různých odvětví. V souvislosti s poptávkou po zvyšování produktivity, kvality a bezpečnosti práce je vhodné pro některé technologie, v daných odvětvích, použít servisní roboty. V mnoha případech jsou však činnosti prováděné na jednotlivých stavbách odlišné a charakteristické pouze pro danou stavbu. To je dáno atypickým tvarem a provedením každé stavby.

V mnoha případech jsou také technologie pro realizace podobných staveb odlišné. Odlišný je také materiál, který je na stavbách použitý a je nutné s tímto manipulovat. To je dáno vývojem nových technologií a nových materiálů. Geografické podmínky pro stavby podobného charakteru mohou být také odlišné. Všechny tyto vlivy a mnoho dalších působí nepříznivě při nasazování servisních robotů ve stavebnictví. Z hlediska možnosti nasazování mobilních robotických systémů lze stavebnictví rozdělit do následujících oblastí a podoblastí ve kterých lze realizovat servisní úlohy [32]:

- **Pozemní stavitelství**
 - o Hrubá stavba
 - provádění systémového bednění,
 - zvedání stropů,
 - stavba chladících věží,
 - stavba opěrných stěn,
 - vyhlazování betonových směsí,
 - nátěry střeš,
 - provádění venkovní obkladů na opláštění budov,
 - svařování ocelových sloupů a konstrukcí.
 - o Sanace a diagnostika staveb
 - vyhledávání starých vedení (kabelů) ve stěnách,
 - měření tepelných ztrát na stěnách,

- zjišťování fyzikálního stavu konstrukcí (měření teploty, vlhkosti a akustiky),
- zateplování budov,
- údržba a diagnostika opláštění budov,
- diagnostika statických, dynamických a mechanických vlastností stavebních konstrukcí,
- tvorba modelu a modelového prostředí.
- o Technologické vybavení objektu
 - nastavení akustického prostředí,
 - nastavení světelné a ostatní techniky.
- **Dopravní stavitelství**
 - o posuvné a výsuvné bednění při stavbě mostů,
 - o nátěry mostních konstrukcí,
 - o frézování povrchu silnic,
 - o frézování a dobývání hornin při stavbě tunelů,
 - o provádění obkladů v tunelech,
 - o diagnostika kabelů v tunelech.
- **Vodní stavitelství**
 - o úprava břehů vodních toků a nádrží,
 - o opravy hrází vodních nádrží,
 - o diagnostika betonových hrází vodních nádrží,
 - o čištění stěn nádrží v čističkách odpadních vod.
- **Inženýrské sítě**
 - o cementace vnitřních stěn potrubí,
 - o nanášení pryskyřice a laminování vnitřních stran nádrží, věží apod.
- **Demoliční a destrukční práce**
 - o vyřezávání betonových kvádrů, otvorů aj. vodním paprskem,
 - o zarovnávání nebo snižování úrovně podkladních betonů frézováním,
 - o frézování drážek pro ukládání kabelů,
 - o broušení stěn do roviny,
 - o úpravy povrchů.
- **Speciální stavitelství**
 - o údržba a diagnostika vodních plošin,
 - o stavba, údržba a diagnostika naftařských plošin,
 - o údržba a diagnostika podmořských kabelů,
 - o stavba vrtných zařízení,
 - o stavba mrakodrapů apod.



Shrnutí pojmů 4.3.

Pozemní stavitelství, dopravní stavitelství, Vodní stavitelství, Inženýrské sítě, Demoliční a destrukční práce, Speciální stavitelství.



Otázky 4.3.

29. Jaké jsou základní oblasti aplikací servisních robotů ve stavebnictví?

30. Jak lze členit servisní úlohy v dopravním stavitelství?

4.4 Příklady konkrétních aplikací robotů v oblasti stavebnictví



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat konkrétní aplikace servisních robotů v oblasti stavebnictví.



Výklad

Vybrané příklady konkrétních aplikací servisních robotů ve stavebnictví reprezentují jen nepatrnou část toho, co je v současnosti realizováno. Jde o využití servisních robotů se všemi dostupnými typy lokomoce. Proto půjde o aplikace pozemního charakteru, ve vzduchu i pod vodou. Těchto aplikací bude neustále přibývat a k tomu bude zapotřebí vyvíjet nové konstrukce servisních robotických prostředků. To sebou nese zohledňování nových poznatků z již realizovaných servisních činností i stejného charakteru apod.

Jako příklady několika málo aplikací servisních robotů ve stavebnictví lze uvést čtyřkolový robot vybavený manipulačním ramenem pro větší nosností. Robot je určený pro manipulaci se skleněnými tabulemi, případně předměty podobného charakteru. Pomocí robotu se tak dají usazovat objekty tohoto typu do definovaných pozic při vybavování objektů staveb. Robot je znázorněn na obr. 4.1 a). Dalším příkladem pro podobný typ servisní úlohy může být manipulátor, který usnadňuje montáž dveří, příček apod. Manipulátor je ovládán člověkem pomocí joysticku a má tři stupně volnosti [87]. Manipulátor je znázorněn na obr. 4.1 b).



a)

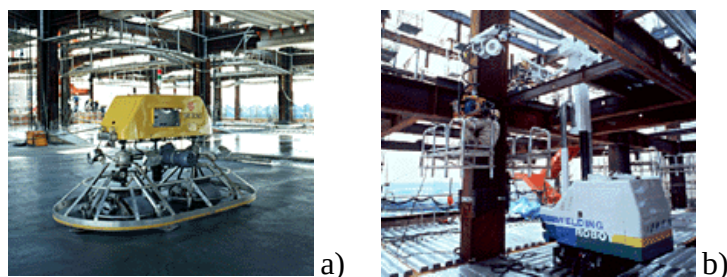


b)

Obrázek 4.1 – Robot pro manipulaci s tabulemi skla a) a manipulátor pro osazování dveří b)

Dalším příkladem může být robot pro finální úpravu betonových podlah (vyhlazování betonových ploch). Je osazen dvěma sadami rotačních plováků a může se aplikovat na menší i větší plochy [86]. Robot je znázorněn na obr. 4.2 a). Na obr. 4.2 b) je znázorněn robot pro svařování ocelových konstrukcí při realizaci hrubé stavby [88].

Jiným příkladem do oblasti stavebnictví pro demoliční činnosti může být robot, který je určen pro aplikace i uvnitř objektů, znázorněn na obr. 4.3. Robot se může pohybovat ve stísněných prostorech, má rozměry - šířka 1200 mm, výška 1530 mm, hmotnost 3050 kg, doporučenou maximální hmotnost nářadí 395 kg (např. bourací kladivo, demoliční nůžky apod.). Hydraulika robotu má elektrický pohon. Jeho využití je zejména pro rekonstrukce, demolice, obnovu vyzdívek, vrtání málo profilových tunelů apod. [89].



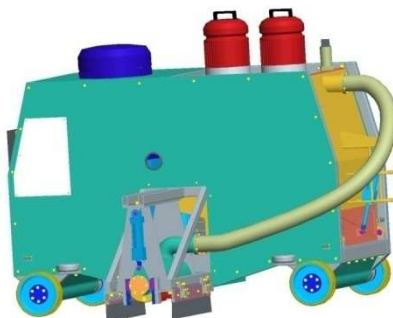
Obrázek 4.2 – Robot pro vyhlazování betonových ploch a) a robot pro svařování b)



Obrázek 4.3 – Servisní robot pro bourací činnosti

Na katedře robototechniky je problematika návrhu mobilních servisních robotů se zaměřením na oblast stavebnictví také aktuální a to v rámci řešení grantových projektů, diplomových prací apod. Jako příklad lze uvést konstrukční návrh servisního robotu pro frézování podlahových ploch ve vnitřním prostředí. Navržená konstrukce vychází z analýzy požadavků na frézování podlahových ploch. Robot umožňuje frézovat beton až od vzdálenosti 95 mm od zdi. Velikost ofrézované plochy za kterou dojde k naplnění zásobníku na odpad je $22,5 \text{ m}^2$. Tato konstrukce servisního robotu rovněž nahradí obtížnou a namáhavou práci dělníků. Schéma modelu servisního robotu bez krytu frézovacího ústrojí je znázorněno na obr. 4.5 [32]. Servisní robot má následujícími parametry:

- délka robotu 1397 mm
- šířka robotu 1076 mm
- výška robotu 1052 mm
- hmotnost robotu (včetně odpadu) 545 kg
- šířka frézované plochy 250 mm
- maximální hloubka frézování 6 mm



Obrázek 4.5 – Model servisního robotu pro frézování podlahových ploch



Shrnutí pojmů 4.4.

Mobilní robot, robot pro manipulaci, robot pro frézování, bourací robot.



Otázky 4.4.

31. Co jsou to frézovací roboty?
32. Jak se využívají roboty pro manipulaci v oblasti stavebnictví?



Úlohy k řešení 4.1.

Každý tým si zvolí libovolnou oblast ve stavebnictví podle rozdělení na straně 54 (každý tým musí mít jinou oblast) a vypracuje na toto téma rešerši. Rešerše bude řešena formou tabulky ve WORDU a bude obsahovat údaje uvedené v tab. 4.1. Tabulka 4.1 je uvedena jako příklad jak má být vypracována rešerše.

Vyberte si tři roboty z vypracované rešerše a popište pro daný případ servisní úlohu včetně omezujících vlivů na robot.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.

Tab. 4.1 – Příklad tabulky pro vypracování rešerše

Obrázek robotu	www adresa	Popis robotu
	http://nabidky.abc.cz/na-bidka/352831-cz-demolicni-roboty-brokk-260-demolice/	Robot je určen k demoličním pracím vně i uvnitř objektů, také ve stísněných prostorech. Šířka 1200 mm, výška 1530 mm, hmotnost 3050 kg, doporuč./max. hmotnost nářadí 395 kg (např. bourací kladivo, demoliční nůžky).



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky tohoto odstavce a je Vám vše jasné z kapitoly 4, úspěšně jste zvládli tuto kapitolu. Dejte si nyní den volna před vypracováním úlohy k řešení 4.1 a dalším pokračováním ve studiu.

5 VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ V MĚSTSKÉM PROSTŘEDÍ

Kapitola se zabývá klasifikací městského prostředí, požadavky na servisní roboty pro konkrétní praktické aplikace a klasifikací servisních úloh v oblasti městského prostředí apod. Je zde uvedena celá řada praktických aplikací se zaměřením na různá prostředí s vytypovanými příklady konkrétních servisních úloh.

V současnosti nachází uplatnění značné množství servisních robotů v městském prostředí. Servisní úlohy realizované v městském prostředí představují široké spektrum činností vykonávaných roboty. Aplikace servisních robotů pro takto široké spektrum úloh v sobě zahrnují různé typy prostředí a kladou značný rozptýl požadavků na konstrukce robotů.

5.1 Klasifikace městského prostředí



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat základní servisní úlohy v oblasti městského prostředí.
- Definovat vlivy městského prostředí na aplikace servisních robotů.



Výklad

Městské prostředí je charakteristické z hlediska aplikace mobilních robotů tím, že zde najdou uplatnění servisní roboty se všemi možnými typy lokomočních ústrojí. Z hlediska počtu aplikací jsou v současnosti nejpočetnější mobilní roboty s kolovým nebo pásovým lokomočním ústrojím. V řadě případů se dobře uplatňují hybridní lokomoční ústrojí (kolo – pás, noha – kolo apod.). Mobilní roboty na kolovém nebo pásovém lokomočním ústrojí jsou vhodné pro širokou škálu servisních úloh realizovaných právě v městském prostředí. Při realizaci těchto úloh se roboty musí umět pohybovat jak ve vnitřním tak také ve venkovním prostředí. Servisní úlohy realizované v městském prostředí lze rozdělovat podle různých hledisek. Podle charakteru prováděného výkonu je lze rozdělit na servisní úlohy typu:

- Technologického výkonu (diagnostika, monitoring, destrukce, údržba, čištění, hygiena atd.)
- Netechnologického výkonu (transport, manipulace, identifikace, vyhledávání, navádění, uchopení objektů obecného tvaru atd.)
- Charakteru pomocného výkonu (sběr informací, přidržení, pomocné úkony, atd.)

Charakter technologického i netechnologického výkonu u servisních úloh prováděných mobilními roboty je v městském prostředí převažující. Zde tvoří poměrně velkou skupinu mobilní roboty se zaměřením na monitoring a identifikaci. Nejedná se přitom pouze o monitorování vnitřního nebo venkovního prostředí pomocí jedné nebo více kamerami. Řada servisních úloh je zaměřena také na monitorování přítomnosti různých látek

v ovzduší, odběr a vyhodnocování kapalných či pevných vzorků apod. V takovém případě se může jednat např. o aplikace zásahových robotů v městském prostředí při haváriích, živelných pohromách apod.

Další velkou skupinu představují mobilní roboty určené pro údržbu, čištění a hygienu. V této oblasti je široké spektrum servisních úloh. Uplatňují se zde mobilní roboty od malých velikostí až po robustní a to jak pro vnitřní tak také pro venkovní prostředí. Kromě běžných úklidových činností se realizují také úlohy typu čištění a údržba kanalizační sítě, údržba venkovní zeleně apod. Mnoho robotických prostředků s tímto zaměřením se využívá zejména v oblasti zdravotnictví a stavebnictví.

Mobilní roboty zaměřené na aplikace pro transport a manipulaci představují třetí velkou skupinu. Roboty určené pro vykonávání servisních úloh tohoto typu mají jednu nebo více manipulačních nástaveb, případně jsou přizpůsobeny pro transport menších či větších předmětů. Rovněž i zde je značná různorodost servisních úloh. V této oblasti se může jednat také o aplikace mobilních robotů do oblasti nebezpečného či nepřírodního prostředí. Do této oblasti jsou zařazeny i zásahové roboty, které provádí manipulace s nebezpečnými látkami, výbušninami, jejich likvidaci apod.

Mobilní roboty zaměřené na aplikace pro vyhledávání, navádění, sběr informací, přídržení apod. představují skupinu, která není tak početná v porovnání s výše uvedenými skupinami. Nicméně např. v oblasti zdravotnictví jsou to servisní úlohy, které je potřeba realizovat. Jako příklad lze uvést využití mobilních robotů pro pomoc handicapovaným lidem, operační roboty apod. Pro širokou škálu vytypovaných servisních úloh realizovaných v oblasti městského prostředí se převážně uplatňují mobilní roboty s pásovým nebo lokomočním ústrojím. Kromě toho je celá řada dalších specifických požadavků na konstrukci robotů. Všechny požadavky závisí na konkrétním typu servisní úlohy a ovlivňujících faktorech daného prostředí.

Specifickou skupinu servisních robotů určených pro aplikace v městském prostředí představují roboty s plazivým pohybem (robot had). Tato skupina robotů je určena téměř výhradně pro monitoring. Roboty se mohou dostat do prostorů, kde jiný typ lokomoce by byl nevhodný nebo zcela nemožný. Jako příklad lze uvést aplikace těchto robotů např. do úzkých štěrbin vyskytujících se v budovách či jiných venkovních prostorech, v sutinách budov, pohyb po ocelových konstrukcích apod.

Početně menší skupinu tvoří servisní roboty pro práci pod vodou a létající. Roboty určené pro práci pod vodou mají v drtivé většině aplikace zaměřené na monitoring potrubí naplněného kapalinou. Dále to mohou být aplikace pro monitorování vodních nádrží, bazénů, čističek odpadních vod apod. Létající servisní roboty mají v současnosti největší uplatnění pro aplikace při realizaci zásahu. V této souvislosti se jedná o využití létajících servisních robotů bezpečnostními složkami, armádou apod.

Z uvedeného výčtu je zřejmé, že využití servisních robotů pro aplikace v městském prostředí značné. Jde o vybrání vhodných servisních úloh pro nasazení, již známých a fungujících robotů a servisních úloh, pro které je zapotřebí navrhnout nové konstrukce robotů. V řadě případů je vhodné využít různých požadavků firem pro realizaci konkrétních

servisních úloh využívajících jednoho nebo více robotů. V této kapitole jsou uvedeny dále konkrétní příklady aplikací servisních robotů [5, 9, 13, 15, 19, 20, 24].

Městské prostředí lze klasifikovat jako prostředí, ve kterém se nacházíme v každodenním životě. Lze ho rozdělovat podle různých hledisek se zaměřením na realizaci konkrétních servisních úloh. Úplně nejzákladnější rozdělení městského prostředí podle typu je na venkovní a vnitřní. Toto rozdělení bude platit v převážné většině nestrojírenských oblastí. Dalším základním rozdělením městského prostředí může být podle charakteru oblasti na:



Pojmy k zapamatování

oblast přirozeného veřejného prostředí,
oblast nepřirozeného prostředí,
oblast domácího prostředí,
oblast osobního životního prostředí,
oblast nebezpečného prostředí,
oblast nedostupného prostředí,
oblast ostatního specifického prostředí.

Pro jednotlivé výše uvedené oblasti městského prostředí můžeme dále definovat konkrétní skupiny servisních úloh, ve kterých najdou uplatnění téměř všechny skupiny lokomocí servisních robotů. Podle charakteru prováděné servisní činnosti lze rozdělit, pro takto definované oblasti, městské prostředí na:

oblast servisních úloh s technologickým výkonem,
oblast servisních úloh s netechnologickým výkonem,
oblast servisních úloh s pomocným výkonem,

Do městského prostředí spadá celá řada specificky zaměřených nestrojírenských oblastí. Na řadu těchto oblastí budou dále zaměřeny jednotlivé kapitoly, ve kterých bude provedena jejich bližší specifikace a prezentovány vybrané konkrétní aplikace servisních robotů. S ohledem na toto zaměření lze městské prostředí rozdělovat podle aplikací servisních robotů do specifických oblastí na:

aplikace servisních robotů v bezpečnostních složkách,
aplikace servisních robotů ve službách pro domácnost,
aplikace servisních robotů v oblasti sociální péče,
aplikace servisních robotů v energetice,
aplikace servisních robotů ve veřejných službách,
aplikace servisních robotů v dopravě,
aplikace servisních robotů v údržbě veřejného prostředí,
aplikace servisních robotů pod vodou,
aplikace servisních robotů v ostraze objektů,
aplikace servisních robotů ve stavebnictví,
aplikace servisních robotů ve zdravotnictví,
ostatní aplikace servisních robotů.

Dále se můžeme zaměřit na klasifikaci městského prostředí z hlediska terénu, po kterém se bude potencionální robot pohybovat při výkonu servisní činnosti různého charakteru. Pak lze městské prostředí rozdělovat podle typu terénu na:

indoor environmentální,
indoor urbanistické,
outdoor environmentální,
outdoor urbanistické.

Vliv klimatických podmínek a přírodních vlivů na činnost servisních robotů v prostředí indoor (vnitřní) lze vesměs zanedbat. Patří zde následky působení přírodních živlů, se kterými se musí servisní robot vyrovnat. Jsou to například oheň, voda (tekoucí, stojatá apod.), prach, dým zemětřesení a další. S ohněm a jeho účinky se musí vypořádat především hasící roboty, které jsou z důvodu vnikání do uzavřených hořících budov vybaveny obvykle některou z mechanických technologií destrukce. Pro destrukci u živelných pohrom si mohou roboty například razit cestu rozstředem dveří apod.

Překonávání překážek urbanistického charakteru v prostředí indoor (vnitřní) se realizuje u servisních úloh v interiérech a nejsou z drtivé většiny stavěny pro aplikace servisních robotů. Do této oblasti lze zahrnout vnitřní vybavení budov a místností, hal průmyslových objektů apod. Jeden např. o překážky typu:

- nábytek, interiéry a vybavení budov,
- uzamčené dveře, vchody, vjezdy,
- schody, podesty, předsíně, zádveří, prahy, zárubně,
- šíře a světlost průjezdu okna, výlohy, mříže,
- ostatní.

Velmi často zdolávanou překážkou jsou uzavřené dveře. Robot překonává tuto překážku různým způsobem, který se liší tím, zda jsou či nejsou dveře uzamčené a zda je možné je bezpečně otevřít, nebo je nutná jejich destrukce. V případě destrukce následuje některá ze známých metod. Může se jednat o mechanické destrukční techniky (odvrtání vložky zámku, rozstřel výplně dveřního křídla, destrukce závěsu dveří, nebo dekompozice výbuchem apod.). Obecné překážky se většinou nezdolávají destrukcí. Destrukce se užívá jen v případě, že se nelze manévrem, nebo mobilitou robotu překážce vyhnout.

Překonávání překážek environmentálního charakteru v prostředí outdoor (venkovní) souvisí s mobilitou robotu a typu podvozku. Jedná se zejména o překážky typu terénních nerovností (skokové změny výšky, díry, prohlubně apod.), typ kontaktního povrchu kontaktního povrchu (bláto, spadané listí, sníh, náledí apod.) [19, 56]. Přírodní překážky v prostředí outdoor lze překonávat také destrukcí. Jeden např. o překážky typu:

- hustý porost, vysoká tráva, křoviny,
- drobné dřeviny apod.

Ve většině se překážky tohoto typu nezdolávají destrukcí, jen v případě, že je to nezbytně nutné pro udržení směru, nebo kurzu pohybu servisního robotu. Překonávání překážek urbanistického charakteru v prostředí outdoor (venkovní) souvisí s mobilitou robotu a typu lokomoce. Jedná se zejména o překážky vyskytující se v celé oblasti městského

prostředí nebo v průmyslových objektech a jsou uměle vytvořené člověkem. Překážky tohoto typu jsou např.:

schody, obrubníky, vyšší schody, zítky, ploty,
retardéry, koleje, vjezdy do budov,
uzavřené vchody, uzamčené automobily, prostředky osobní dopravy,
ostatní.

Pro překonání překážek tohoto typu destrukcí platí totéž, jako u urbanistických překážek v indoor prostředí. Uvedené klasifikace městského prostředí lze považovat za jakési základní dělení podle různého charakteru a požadavků. Další rozdělování můžeme považovat za další podrobnější specifikaci výše uvedeného rozdělení. V dalších podkapitolách jsou podrobněji charakterizovány vybrané aplikace servisních robotů ve specifických oblastech.



Shrnutí pojmů 5.1.

Městské prostředí, servisní úlohy v městském prostředí, indoor prostředí, outdoor prostředí, překážky.



Otázky 5.1.

33. Jak lze definovat městské prostředí podle charakteru oblastí?
34. Jak lze definovat městské prostředí podle aplikací servisních robotů?
35. Co je to indoor urbanistické městské prostředí?

5.2 Požadavky na servisní roboty



Čas ke studiu: 4 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

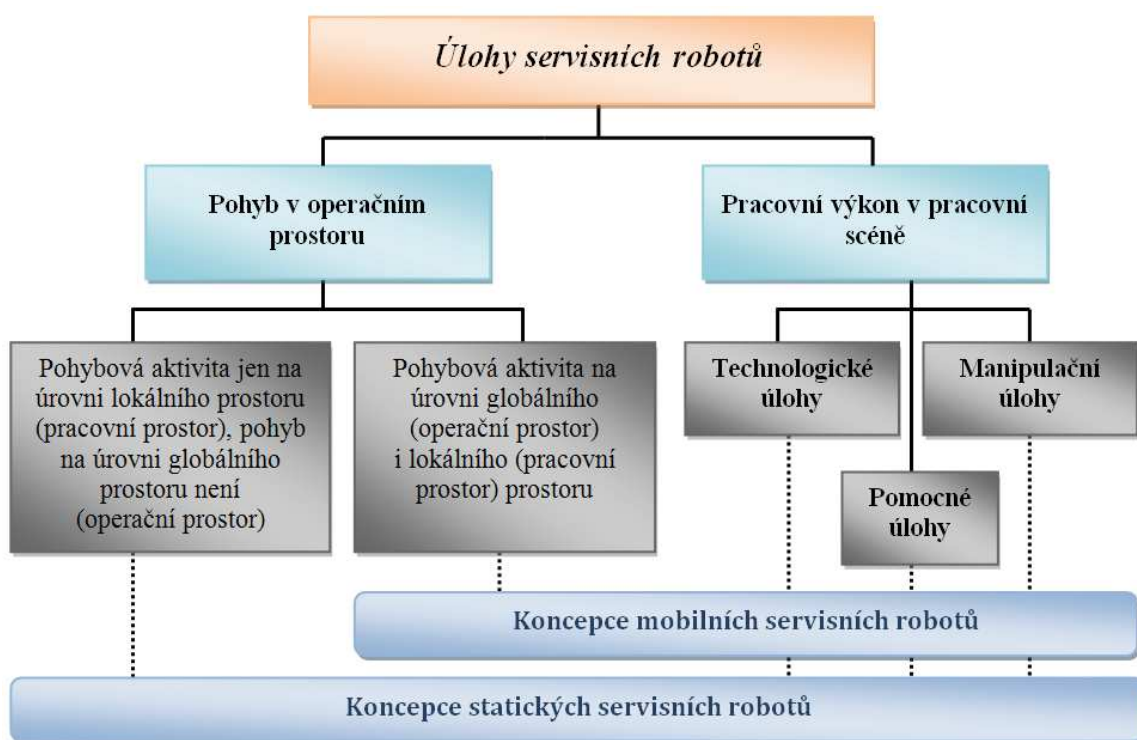
-  Definovat požadavky na servisní roboty s ohledem na typ úlohy a prostředí.
-  Definovat požadavky dopravní úlohy.
-  Definovat požadavky pracovní úlohy



Výklad

Značný rozptyl požadavků vyplývajících z automatizace servisních činností a s tím související různorodost požadavků kladených na servisní roboty (zejména extrémní multifunkční požadavky), vytvářejí odlišnou základnu pro systémové znaky servisních robotů oproti už zavedeným znakům průmyslových robotů. Servisní robotický systém jako technický prostředek určený k aktivnímu působení na předmětnou oblast v okolí pracovní a technologické scény, je určený k plnění dvou kategorií základních úloh, jak je znázorněno na obr. 5.1, které souvisí s jeho určením [19, 56]. Jedná se o

- **pohyb v operačním prostoru (dopravní úloha)** - jedná se o aktivní samostatné přemísťování v prostoru nasazení. Z toho vyplývají dvě základní aktivity. Pohybová aktivita na úrovni globálního prostoru (operační prostor mezi výchozím a cílovým místem operačního nasazení. Z hlediska aktivity jde o dosažení určeného místa, vyhýbání se překážkám, vyhledávání cíle apod.). Pohybová aktivita na úrovni lokálního prostoru (prostor kontaktu s jiným objektem na trase pohybu, případně pracovní prostor, prostor plnění pracovní úlohy apod.). Z hlediska aktivity jde o operativní změny směru trasy pohybu, změnu polohy a orientace funkčních částí robotu, naprogramovaný a operativní pohyb v pracovní scéně podle potřeb trasy pro dosažení cílového místa, podle potřeb technologie pracovní úlohy apod.,
- **pracovní výkon v pracovní scéně (pracovní úloha)** - jedná se o samostatné vykonávání stanovené pracovní úlohy na pracovní scéně operačního prostoru, aktivitu akční nástavby (lokální prostor) podle technologie výkonu úlohy v případné spolupráci s aktivitou subsystému mobility (aktivita v lokálním prostoru).



Obrázek 5.1 – Základní úlohy servisních robotů

Vykonávání těchto úloh je spojeno s požadavky na jejich provedení formulovanými do znaků a charakteristik vlastností servisních robotů.



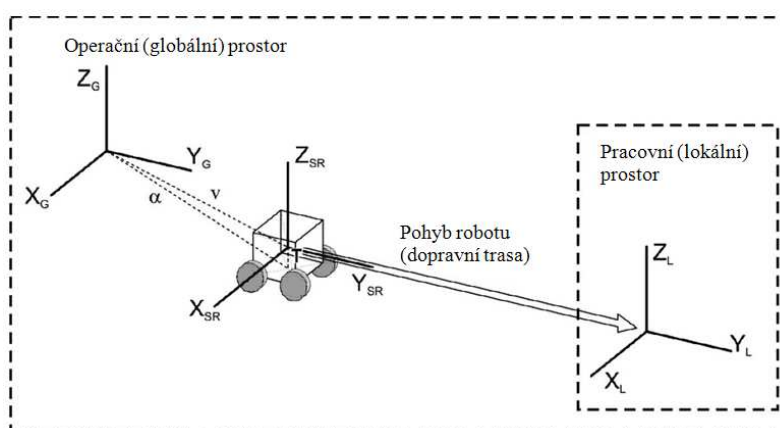
Pojmy k zapamatování

Pohybová aktivita v prostoru - jde o plnění dopravní úlohy servisními roboty, řízení a navigace servisních robotů při jejich pohybu v operačním a pracovním prostoru po stanovených, případně vyvolaných dopravních trasách, pohyb servisních robotů v prostoru po stanovených dopravních trasách v určeném prostoru a terénu, nebo na principu inteligentního chování servisního robotu v prostoru podle okamžité situace,

Pracovní aktivita - jde o plnění pracovní úlohy servisními roboty, řízení výkonu pracovní činnosti a chování servisního robotu při plnění úlohy z pohledu potřeb požadovaného pracovního výkonu a plnění zadané pracovní úlohy, plnění úlohy může být ve výchozím a koncovém bodě stanovené dopravní trasy, případně po celou dobu pohybu servisního robotu mezi výchozím a koncovým bodem dopravní trasy.

5.2.1 Požadavky na roboty pro dopravní úlohy

Všechny požadavky na dopravní úlohy se odvíjejí od potřeb souvisejících s realizací obecného pohybu. Pohyb představuje spojitou časovou změnu polohy hmotného tělesa (prostřednictvím bodu, těžiště pohybujícího se tělesa apod.) v určeném prostoru vztažená k vytýčenému souřadnicovému systému daného prostoru. Interpretace obecných zákonitostí pohybu na plnění dopravní úlohy servisního robotu, jak je znázorněno na obr. 5.2, vychází z podstaty, že pohyb je prostorový jev (v prostoru probíhající změny polohy servisního robotu) a časový jev (každý pohyb trvá určitý čas), tj. pohyb je prostorově – časovým jevem.



Obrázek 5.2 – Dopravní úloha servisního robotu

Prostorový pohyb lze popsat jako jev mající prostorové charakteristiky - poloha (vyjádření souřadnicemi), dráha pohybu (délka, tvar, spojnice všech okamžitých poloh), směr pohybu (úhel, azimut). Časový jev pohybu lze popsat časovými charakteristikami - moment času (časová míra polohy), trvání pohybu (čas od počátku do ukončení pohybu), tempo (časová míra po sobě opakujících se pohybů), rytmus (vzájemný poměr úseku pohybu). Prostorově – časový jev pohybu lze popsat prostorově – časovými charakteristikami - rychlost pohybu, zrychlení pohybu. Uvedené charakteristiky konkretizují strukturu a vlastnosti pohybu servisního robotu v prostoru a čase. Stávají se důležitými ukazateli pro definování (zadání, řízení, posouzení, hodnocení apod.) pohybu servisního robotu, tj. uvedené charakteristiky lze klasifikovat jako kinematické charakteristiky servisního robotu [19, 56].

U navrhování konkrétní praktické aplikace servisního robotu se kinematické charakteristiky využívají při formulování zadání pro konstrukci, při dimenzování konstrukce, při navrhování pohonných jednotek, při tvorbě kinematického modelu, při řízení a navigaci servisního robotu apod. Kinematické charakteristiky souvisí s principem a technikou vykonání pohybu, jejich parametrická prezentace závisí na technické realizaci lokomočního ústrojí servisního robotu (kolo, pás, kráčení, létání, plavání). Dopravní trasy servisního robotu lze definovat podle různých hledisek posuzování, případně z různých pohledů požadavků,

kteří jsou kladeny na chování servisního robotu na těchto trasách. Jako příklad lze uvést následující definování:



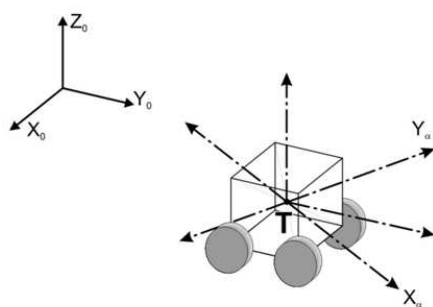
Pojmy k zapamatování

podle charakteru realizace směru pohybu servisního robotu na dopravní trase, jak je uvedeno v tab. 5.1

Tab. 5.1 – Charakteristika dopravní trasy servisního robotu

Typ dopravní trasy	Charakteristika dopravní trasy		
	Varianta	Varianta	Varianta
Přímočará	 Jednosměrná	 Jednosměrná reverzní	 Paralelní
	 Reverzní paralelní	 Členitá	 Členitá reverzní
Uzavřená	 Prstencová	 Složitá	 Rozvětvená
	 Rozvětvená	 Rozvětvená reverzní	 Rozvětvená reverzní
Obecná (volá, nedefinovaná)	 Jednosměrná	 Reverzní	 Rozvětvení

podle lokalizace pohybu (situování dopravní trasy v globálním prostoru) servisního robotu v jeho operačním prostoru (X_0 , Y_0 , Z_0), jak je znázorněno na obr. 5.3 [19, 56]

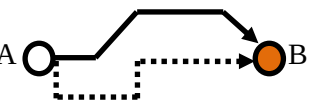


- trasa ve vodorovné rovině (X_0 , Y_0)
- trasa ve svislé rovině (X_0 , Z_0 případně Y_0 , Z_0)
- trasa ve šikmé rovině (X_a , Y_0 případně X_0 , Y_a)
- kombinovaná trasa po vodorovné a svislé rovině (X_0 , Y_0 / X_0 , Z_0 případně Y_0 , Z_0)
- kombinovaná trasa po šikmé a svislé rovině (X_a , Y_0 případně X_0 , Y_a / X_0 , Z_0 případně Y_0 , Z_0)
- kombinovaná trasa po vodorovné a šikmé rovině (X_0 , Y_0 / X_a , Y_0 případně X_0 , Y_a)
- obecná trasa v prostoru

Obrázek 5.3 – Lokalizace pohybu servisního robotu

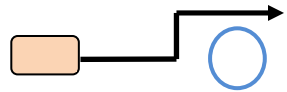
podle strategie realizace navigace a řízení programovaného pohybu servisního robotu, jak je uvedeno v tab. 5.2

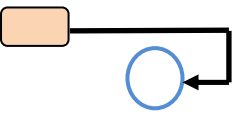
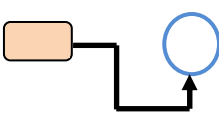
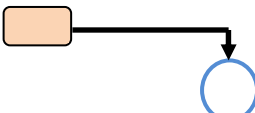
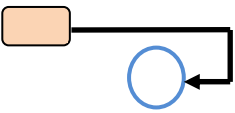
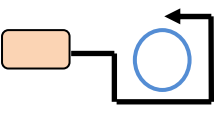
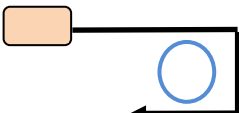
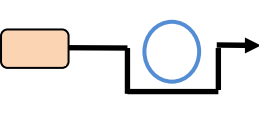
Tab. 5.2 – Charakteristika programu pohybu servisního robotu

Typ dopravní trasy	Charakteristika dopravní trasy	Program pohybu
Přímá		Pohyb z A do B přímo
		Pohyb z A do B po vyznačené trase
		Pohyb z A do B po optimální trase (vyhýbání se překážkám)
Reverzní		Pohyb z A do B a zpět přímo
		Pohyb z A do B a zpět po vyznačené trase
		Pohyb z A do B a zpět po optimální trase (vyhýbání se překážkám)
Vyhledávací		Pohyb z A a vyhledání B

podle strategie programově určeného chování servisního robotu na dopravní trase, jak je uvedeno v tab. 5.3

Tab. 5.3 – Charakteristika chování servisního robotu na dopravní trase

Typ chová na dopravní trase	Charakteristika pohybu na trase		
	Varianta	Varianta	Varianta
Zbabělost (vyhýbání se překážkám)			

Agresivita (naražení na překážku, kontakt s překážkou)			
Láska (postupné přibližování a navazování kontaktu s překážkou)			
Průzkum (postupné přibližování a obcházení překážky)			

podle určení charakteru prostoru a prostředí aplikace pohybu servisního robotu na dopravní trase, jak je uvedeno v tab. 5.4. Z poznání pracovního prostředí současných aplikací servisních robotů lze jako charakteristiku uvést [19, 56]

- **členění terénu pracovního prostředí** - horizontálně (schody, mikro a makronerovnosti povrchu terénu, terénní nerovnosti, vlnitost terénu apod.), vertikálně (domy, stromy, objekty dispozice prostoru, lidé apod.),
- **charakteristika povrchu terénu pracovního prostředí** - urbanizovaný (stabilně pevný povrch = chodníky, cesty, schody, tvrdý tuhý povrch apod.), standardní přírodní (nestabilně pevný povrch = plastické zeminy, ztuhnuté dostatečně tuhé zeminy, travnatý povrch, podklad s proměnlivou adhezi apod.), náročný přírodní (nestabilně pevný povrch = sníh, kamenitý povrch apod., poddajný = kašovitý povrch, sníh, apod.).

Tab. 5.4 – Charakteristika prostoru aplikace pohybu servisního robotu

Typ prostoru	Charakteristika
Vnitřní prostor (interiér, indoor, strukturovaný urbanizovaný prostor)	pohyb robotu ve vnitřních prostorách (uvnitř objektů), stabilně pevný povrch dopřední trasy, horizontálně členěný (schody, mikro a makronerovnosti, malé výškové převýšení), vertikální členění (objekty v prostoru), dopravní trasy většinou stabilní s pevným programem, provozní prostředí se standardními, případně nestandardními (atomové elektrárny, chemické provozy apod.) faktory prostředí
Vnější prostor (exteriér, outdoor, nestrukturované přirozené, urbanizované)	pohyb v urbanizovaném, případně přirozeném terénu, dopravní trasy s různorodým povrchem (stabilně pevný, nestabilně pevný, poddajný), výrazná prostorová (horizontální, vertikální) a výšková členitost terénu, dopravní trasy nestabilní a nemají pevný program, provozní prostředí s výraznými rušivými faktory prostředí

Na zemském povrchu (terrestrial)	pohyb na souši, chápaný jako pohyb ve vnějším přirozeném prostředí (terénu)
Ve vodním prostoru (aquatic)	chápaný jako pohyb ve vnějším nepřirozeném prostředí, pohyb na hladině (plavání), pod hladinou (potápění, vymořování, plavání), na dně vodního prostředí (analogie pohybu v terénu, stabilně pevný, případně nestabilně pevný povrch), výrazná prostorová a výšková členitost dopravní trasy, specifické provozní prostředí s výraznými rušivými vlivy
Ve vzdušném prostoru (airborne)	chápaný jako pohyb ve vnějším nepřirozeném prostředí, pohyb ve vzduchu (létání, klouzání, vznášení), výrazná prostorová a výšková členitost dopravní trasy, specifické provozní prostředí s výraznými rušivými vlivy
Ve vesmírném prostoru (space)	chápané jako pohyb ve vnějším nepřirozeném prostředí, pohyb v otevřeném kosmickém prostoru (létání), pohyb po vesmírných tělesech (pohyb v terénu, stabilně pevný povrch), výrazná prostorová a výšková členitost dopravní trasy, specifické provozní prostředí s neznámými rušivými vlivy

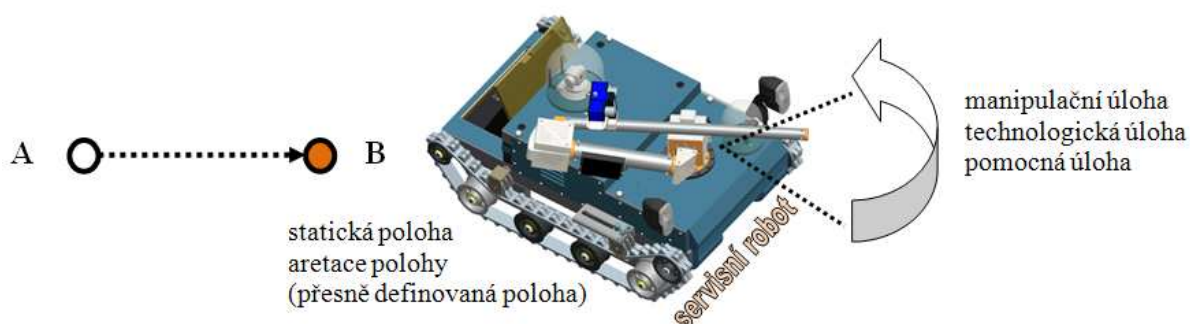
5.2.2 Požadavky na roboty pro pracovní úlohy

Požadavky pracovní úlohy servisních robotů lze charakterizovat z různých pohledů realizace jejich výkonu, případně z pohledu požadavků na jejich realizaci servisními roboty. Jako příklad lze uvést následující definování [19, 42, 43, 56]:



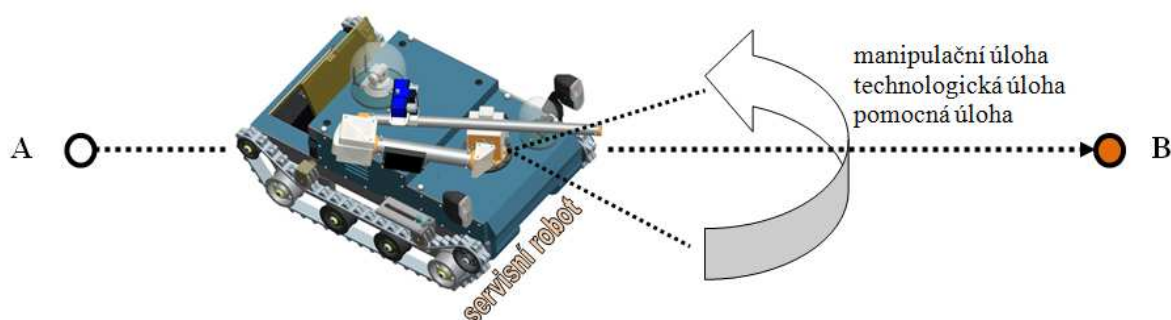
Pojmy k zapamatování

pracovní úloha ve statické poloze servisního robotu - po zahájení pohybu servisního robotu z výchozího bodu (pozice A) a jeho příjezdu na místo určení (pozice B) kde se realizuje výkon pracovní úlohy, úloha je realizovaná při prostorově statické poloze servisního robotu, jak je znázorněno na obr. 5.4



Obrázek 5.4 – Pracovní úloha v prostorově statické poloze servisního robotu

pracovní úloha v dynamické poloze servisního robotu - výkon pracovní úlohy servisního robotu je realizovaný po celou dobu pohybu robotu z výchozí polohy (pozice A) až do konečné polohy (pozice B), jak je znázorněno na obr. 5.5



Obrázek 5.5 – Pracovní úloha v dynamické poloze servisního robot

technologie výkonu pracovní úlohy -v tomto případě se výkon pracovní úlohy řídí stanovenou technologií a souvisejícími technologickými podmínkami. S ohledem na rozptyl pracovních úloh servisních robotů je potřeba zohlednit technologické podmínky stanovené aplikovanou technologií výkonu pracovní úlohy. Kromě splnění požadavků vyplývajících z technologických podmínek výkonu pracovní úlohy je potřeba zohlednit při návrhu servisních robotů také „odolnost“ servisních robotů na účinky výkonu pracovní úlohy (dodatečné silové zatížení, vliv technologického odpadu apod.).

5.2.3 Všeobecné požadavky na servisní roboty

Z průzkumu současného stavu v oblasti aplikací servisních robotů a analýz vytvořených databází včetně jejich technických a provozních parametrů lze sestavit souhrn základních všeobecných požadavků na servisní robotické systémy. Z dopravní úlohy lze zformulovat souhrn základních všeobecných požadavků zejména na subsystém mobility servisního robotu, jak je uvedeno v tab. 5.5 [19, 56].

Z pracovní úlohy můžeme zformulovat všeobecné požadavky jak na subsystém akčního mechanismu aplikované nástavby (omezením formulace požadavků je rozsah aplikací servisních robotů a z toho vyplývající rozsah požadavků na výkon určených servisních úloh), tak také v souvislostech na subsystém mobility servisních robotů, jak je uvedeno v tab. 5.6. V dalších podkapitolách jsou uvedeny vytypované oblasti městského prostředí pro aplikace servisních robotů. Jedná se pouze o stručný výčet těchto oblastí. Ve skutečnosti je využití servisních robotů v městském prostředí daleko širší.

Tab. 5.5 – Rámcové požadavky na servisní roboty (subsystém mobility)

Poř. č.	Požadavek	Popis
1	Nízká hmotnost robotu, malý specifický tlak na terén	Hmotnost - součet hmotnosti subsystému mobility a subsystému akční nástavby, celková plocha kontaktu subsystému mobility s terénem. Srovnání s parametry splňujícími požadavek č. 2. Zaručení trakčních vlastností na daném povrchu terénu pracovního prostředí.

2	Relativně vysoká nosnost	Nosnost subsystému mobility odpovídá hmotnosti subsystému akční nástavby (zahrnutí případných momentových účinků) a hmotnosti pracovního efektoru (zahrnutí hmotnosti manipulovaného objektu). Konfrontace s parametry splňujícími požadavek č. 1.
3	Malé, poměrově uspořádané obrysové rozměry (poměr šířky, délky a výšky)	Minimální rozměry by měli odpovídat „nejuššímu“ průjezdnému profilu na dopravní trase. Poměrové uspořádání má být v poměru s vlastnostmi statické a dynamické stability.
4	Dobrá manévrovatelnou (rozchod, rozvor, poloměr zatáčení)	Porovnání s parametry splňujícími požadavek č. 3, se zahrnutím vlastnosti statické a dynamické stability. Manévrovací schopnosti v podmínkách horizontální a vertikální členitosti prostředí.
5	Průchodnost (světlost), překonávání překážek (podle požadavku)	Průchodnost představuje světlost subsystému mobility (kolové, pásové, hybridní podvozky), případně jeho schopnost operativně měnit (zvětšovat, zmenšovat) světlost (krácející, speciální podvozky). Průchodnost v podmínkách horizontální členitosti prostředí.
6	Energetická nezávislost (po dobu operačního nasazení)	Koncepce energeticky závislého servisního robotu (energetický zdroj je mimo robot), případně nezávislého servisního robot (energetický zdroj je na robotu).
7	Odolnost vůči vlivům prostředí	Konstrukční analýza servisních robotů, odolnost na faktory prostředí (chemické, radiační, klimatotechnologické apod.) kriticky ovlivňující provozní spolehlivost, bezpečnost a komfort provozu servisních robotů.
8	Inteligentní chování (pohyb, realizace pracovní úlohy) v operačním a pracovním prostoru	Řešení subsystému řízení (HW, SW) a subsystémů vnějších senzorů podle požadavků na úroveň chování servisních robotů.
9	Operačně jednoduché a spolehlivé řízení	Řešení subsystému řízení (HW, SW), subsystému operátora a jejich rozhraní (HW, SW). Porovnat s požadavky odpovídajícími normám, předpisům a jiným specifickým požadavkům.
10	Provozní jednoduchost, komfort provozu a provozní obsluhy	Porovnat s požadavky odpovídajícími normám, předpisům a jiným specifickým požadavkům zejména na - obsluhu, přípravu na provoz, údržbu, hygienu a environmentální bezpečnost provozu (hluknost, zplodiny apod.).

Tab. 5.6 – Rámcové požadavky na servisní roboty (subsystém akční nástavby)

Poř. č.	Požadavek	Popis
1	Nízká vlastní hmotnost	Hmotnost - součet hmotnosti subsystému nástavby a pracovního efektoru. Porovnání parametrů naplňujícími požadavek č. 2.

2	Relativně vysoká nosnost	Nosnost subsystému nástavby odpovídá hmotnosti subsystému pracovního efektoru a hmotnosti objektu manipulace se zahrnutím přídatných momentových účinků této zátěže. Konfrontace s parametry splňujícími požadavek č. 1.
3	Malé, poměrově uspořádané obrysové rozměry (poměr šířky, délky a výšky)	Aktuálně pro tzv. „transportní“ polohu, tj. ve složeném stavu při pohybu servisního robotu, bez požadavku na výkon pracovní úlohy. Pracovní prostor (obrysové rozměry, tvar a poloha) má odpovídat požadavku výkonu úlohy, případně také u spolupráce s pohybem servisního robotu v lokálním prostoru.
4	Odolnost vůči vlivům prostředí a vlivům vznikajících při realizaci pracovní úlohy	Konstrukční analýza servisních robotů, odolnost na faktory prostředí (chemické, radiační, klimatotechnologické apod.), ale také vliv faktorů vznikajících při realizaci pracovní úlohy (odpady, zplodiny apod.) kriticky ovlivňující provozní spolehlivost, bezpečnost a komfort provozu akční nástavby servisních robotů.
5	Energetická nezávislost (po dobu operačního nasazení)	Energetické zabezpečení může být řešeno s energetickými zdroji pro pohyb subsystému mobility, případně řešené samostatně vlastním zdrojem (zvyšuje požadavek na nosnost subsystému mobility).
6	Inteligentní chování (realizace pracovní úlohy) v operačním a pracovním prostoru	Řešení subsystému řízení (HW, SW) a subsystémů vnějších senzorů podle požadavků na úroveň chování akční nástavby a subsystému mobility servisních robotů v případě nutné přímé spolupráce.
7	Operačně jednoduché a spolehlivé řízení	Řešení subsystému řízení (HW, SW), subsystému operátora a jeho rozhraní (HW, SW). Porovnat s požadavky odpovídajícími normám, předpisům a jiným specifickým požadavkům.
8	Provozní jednoduchost, komfort provozu a provozní obsluhy	Porovnat s požadavky odpovídajícími normám, předpisům a jiným specifickým požadavkům zejména na - obsluhu, přípravu na provoz, údržbu, hygienu a environmentální bezpečnost provozu (hlučnost, zplodiny apod.).



Shrnutí pojmů 5.2.

Dopravní úloha, pracovní úloha, pohybová aktivita v prostoru, pracovní aktivita.



Otázky 5.2.

36. Jak lze definovat pracovní aktivita servisních robotů?
37. Co je to pracovní úloha ve statické poloze servisního robotu?

5.3 Využití robotů v bezpečnostních složkách městského prostředí



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

-  Definovat základní směry využití robotů v bezpečnostních složkách.
-  Definovat základní typy servisních úloh.



Výklad

Aplikace servisních robotů v bezpečnostních složkách pro oblast městského prostředí je zaměřeno především na vojenství, policejní akce a záchranné služby, hasičské zbory apod. V nedávné minulosti bylo použití servisních robotů pro bezpečnostní služby bráno jako nákladově náročný experiment. Současná globální bezpečnostní situace ve světě, stejně jako realita geografických a dalších katastrof (živelné pohromy, přírodní katastrofy, teroristické útoky, obchod s nebezpečným materiálem, neštěstí v hromadných dopravních prostředcích apod.) a zejména jejich nepříznivý vývoj, zcela změnili názor a aktivity na aplikace servisních robotů při realizaci bezpečnostních a záchranářských akcí. Podobně tomu je také při realizaci odpovídajících preventivních a monitorovacích aktivit [19, 36, 37, 56].

Rizika s ohrožením zdraví člověka, případně ztráty na životech jsou hlavním důvodem pro nasazování servisních robotů do oblasti bezpečnostních složek. Dalším podstatným důvodem je, že servisní roboty mají možnost dostat se do oblasti a prostorů, které by byly jinak pro člověka nedostupné (extrémní) a nebezpečné (zdraví škodlivé), případně do prostorů které by člověk svými schopnostmi nedokázal kontrolovat (vplyv faktorů prostředí). Použití servisních robotů v oblasti bezpečnostních služeb můžeme odůvodnit zejména charakterem rizik vztažených na člověka a výkon související činnosti. Jako příklad lze uvést několik charakteristických servisních úloh s použitím jednoho či více servisních robotů:

- **vojenství** - riziko spojení s faktory ovlivňující výkon (efektivnost, demografie, kvalita, kvantita, nebezpečí apod.), aplikacemi postupů vojenských činností (útočné a obranné vojenské operace, manipulace s nebezpečným materiálem, monitoring terénu a objektů, vyhledávání a likvidace nebezpečného materiálu apod.). Využití servisních robotů je vázáno na aplikace nových technologií určených pro výkon vojenských postupů vázaných na udržení, případně zvýšení současné kvality postupů, na zvyšování kvality vojenských postupů na úkor kvantity jejich výkonu, na efektivnější vojenské technologie z pohledu jejich účinnosti a realizace, na faktory prostředí (pozemní, pod vodou, vzdušné) aplikace, na nebezpečnost a psychologii podmínek jejich realizace, na technické a výkonové parametry cíle aplikace, na bezpečnost realizace operace a jej důsledky.
- **policejní výkony** - riziko spojené s postupy výkonu rutinní kontroly stanovených objektů (dopravní prostředky, cestující, materiálové objekty apod.), z postupů vyhledávání a zneškodňování stanovených objektů a materiálů (nástražné systémy, výbušniny, omamné látky apod.), z postupů zachraňování osob (rukojmí apod.),

- z postupů zásahu proti stanoveným objektům (terorista, jiný objekt apod.), z postupů spojených s monitorováním stanovených prostorů a objektů,
- **záchranná práce** - riziko spojené s nedostatečnou znalostí terénu a prostoru zásahu, z nedostatečné znalosti objektu záchrany, z neznalosti stavu nebezpečnosti prostředí zásahu, z neznalosti reálné záchranné situace a podmínek výkonu zásahu apod.,
 - **hasičské výkony** - riziko spojené s aplikací technologie hašení zejména nebezpečných materiálů, s hašením v nebezpečných a nepřístupných prostotách, s identifikací příčin vzniku požárů, se zachraňováním objektů (osoby v ohroženém prostoru, další objekty apod.), s inspekci neznámých nebo jen částečně známých stavebních a nestavebních objektů a prostorů,

Aplikace servisních robotů v bezpečnostních složkách v uvedených oblastech přináší i nevýhody a rizika možných nepříjemných důsledků, které lze charakterizovat z pohledu:

- **chyby při realizaci** - riziko negativního selhání realizace konkrétní servisní úlohy z důvodu vyloučení člověka z procesu rozhodování (posouzení, rozhodnutí, rychlost apod.),
- **morálnosti výkonu** - riziko výkonu činnosti bez posouzení a zohlednění „vyššího“ principu důsledku a souvislosti, riziko „nadstandardní“ autonomnosti servisního robotu v procesu realizace konkrétní servisní úlohy.



Shrnutí pojmů 5.3.

Vojenství, policejní výkony, záchranná práce, hasičské výkony, chyby při realizaci.



Otázky 5.3.

38. Jak lze definovat pracovní aktivity servisních robotů spojené s policejními výkony v městském prostředí?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 33. Až 38. a je Vám vše doposud jasné z této kapitoly, dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

5.4 Využití robotů ve veřejných službách městského prostředí



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat základní směry využití robotů ve veřejných službách.
- Definovat základní typy servisních úloh.



Výklad

Aplikace servisních robotů ve veřejných službách jsou charakteristické vysokými nároky na subsystém mobility (provoz a údržba veřejných prostranství, provoz a údržba veřejných objektů apod.), vyplývajícími z náročnosti realizace dopravních úloh. To souvisí s vysokými nároky na realizaci pohybu ve ztížených prostorech a provozních podmínkách (pohyb ve vnitřní a venkovním prostředí, pohyb v prostorově složitém prostředí, pohyb v budovách nepřizpůsobených pro aplikace robotů, dobré manévrovací schopnosti na malých plochách apod.). Z těchto důvodů prioritou pro konstrukční řešení a provoz servisních robotů je především robustnost a vysoká spolehlivost konstrukce, ale také vysoká bezpečnost a spolehlivost vazby „robot – prostředí“, případně „robot – technologie“ [19, 38, 56].

Hlavním důvodem aplikace servisních robotů ve veřejných službách je především v zefektivňování výkonu vybraných odborných činností (údržba, provoz, obsluha, diagnostika apod.), odstraňování fyzicky namáhavých a monotónních obslužných činností a jejich efektivnost, zejména v provozně složitém prostředí (manipulace a přeprava materiálů v budovách, činnosti spojené s provozem zařízení apod.), zefektivňování obslužných činností (kontrola, obsluha, inspekce apod.). Dalším důvodem je schopnost a technická vybavenost servisních robotů vykonávat funkce bez časového (sezónního) omezení, případně vykonávat činnosti, které by svými schopnostmi člověk nedokázal (fyzicky, zdravotně, mentálně, psychicky apod.) kontrolovaně a bez omezení vykonávat, nahrazování nedostatku pracovních sil v těchto oblastech (pomocný personál). Jako příklad lze uvést několik charakteristických servisních úloh s použitím jednoho či více servisních robotů:

- **odborné technologické činnosti** - jedná se o realizaci fyzicky náročných a psychicky namáhavých, únavných, monotónních a zejména časově nárazových činností (provozní a údržbářské úlohy, odstraňování poruch, kalamit apod.), realizace úloh je spojená s poznáním terénu a prostoru činností, se znalostí odpovídajících technologií, se znalostí spolupracovníků a souvisejících objektů (technologická vybavenost, provozní soubory apod.) při realizaci úlohy, s poznáním rizik a nebezpečí prostředí činnosti, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu činnosti apod.,
- **pomocné a obslužné činnosti** - jedná se o realizaci fyzicky namáhavých, únavných, monotónních činností (manipulace s materiálem, čištění a pomocné údržbářské práce apod.), realizace fyzicky namáhavých a nebezpečných úloh při obslužných činnostech, realizace aktivit je spojena s poznáním terénu a prostoru (místo nasazení apod.) úlohy, se znalostí odpovídajících technologií, s poznáním rizik a nebezpečí prostředí úlohy, se znalostí reálné situace a podmínek výkonu činnosti.

Aplikace servisních robotů ve veřejných službách v uvedených oblastech přináší i nevýhody a rizika možných nepříjemných důsledků, které lze charakterizovat z pohledu:

- **chyby při realizaci** - riziko negativního selhání realizace požadované servisní úlohy z důvodu chyby v komunikaci s člověkem a prostředím (správnost provedení úlohy, bezpečnost provedení úlohy apod.), selhání technologie realizace úlohy (technologické chyby, náhodné chyby a komplikace, ekologické chyby apod.),

- **morálnosti výkonu** - riziko výkonu činnosti bez posouzení a zohlednění „vyššího“ principu důsledku a souvislostí (příroda je partnerem robotu, technologie, rizikové faktory technologie a provozu apod.), riziko „nadstandardní“ autonomnosti servisního robotu v procesu realizace konkrétní servisní úlohy.



Shrnutí pojmů 5.4.

Odborné technologické činnosti, pomocné a obslužné činnosti, chyby při realizaci, morálnosti výkonu.



Otázky 5.4.

39. Jak lze definovat pracovní aktivity servisních robotů spojené s obslužnými činnostmi v městském prostředí?

5.5 Využití navržených servisních robotů v městském prostředí



Čas ke studiu: 3 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat servisní úlohy pro konkrétní navržené servisní roboty s různým typem lokomoce.
- Definovat vlastní typy robotů pro vybrané servisní úlohy.



Výklad

V tomto odstavci jsou prezentovány vybrané konstrukce servisních robotů navržené na Katedře robototechniky v rámci realizace různých řešených grantových projektů, bakalářských a diplomových prací apod. Odstavec je strukturovaný do jednotlivých podkapitol podle typu lokomoce servisních robotů. Navržené roboty mohou být inspirací pro řešení vašeho projektu v rámci výuky. S ohledem na rozsah celé opory je uvedený pouze stručný výčet navržených servisních robotů a jejich popis. Navržené konstrukce prototypů servisních robotů jsou doplněné video ukázkami na CD-ROM, které jsou součástí těchto opor.

5.5.1 Servisní roboty s kolovým lokomočním ústrojím

Mobilní roboty s kolovým lokomočním ústrojím jsou vhodné pro širokou škálu servisních úloh realizovaných v nestrojírenských oblastech a zejména pak v městském prostředí. To platí pro mobilní roboty jak s klasickým typem kola tak také se speciálními koly (všesměrová kola, Weinsteinova kola, kola typu MaxWheel apod.). Při realizaci servisních úloh ve venkovním prostředí budou roboty často zdolávat členitý terén a různě velké překážky. Ve vnitřním prostředí se bude naopak jednat o malé překážky s výškou cca do 30 mm, rovné a hladké povrchy apod. Jako hlavní překážkou pro kolové roboty budou ve vnitřním prostředí schody. Servisní úlohy realizované v městském prostředí lze rozdělit do

řady skupin (jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách), pro které jsou charakteristické určité požadavky na konstrukci robotů. Mobilní roboty s klasickým typem kol i ostatními koly mohou vykonávat servisní úlohy:

- Technologického výkonu.
- Netecnologického výkonu.
- Charakteru pomocného výkonu.

Podle toho o jakou činnost při realizaci servisní úlohy se bude jednat, tomu bude odpovídat velikost a konstrukce mobilního servisního robotu. Zejména půjde o správné stanovení velikosti průměrů kol apod. Ten bude souviset s požadavkem pohybu robotu po schodech. Například při použití Weinsteinových kol bude nutné optimálně stanovit vzdálenosti os všech tří kol v rovnostranném trojúhelníku. V současnosti existuje řada mobilních robotů využívajících podvozků s Weinsteinovými koly. Jedná se o roboty představující jak robustní vojenskou techniku, tak také o malá provedení vhodná do vnitřních prostředí. V neposlední řadě využívají Weinsteinova kola také invalidní vozíky a prostředky pro transport objektů vysokozdvížné vozíky apod. Ve všech případech konkrétních aplikací jde o dosažení dobrých manévrovacích schopností robotů se zajištěním stability a schopností překonávat schody včetně vyšších překážek než je poloměr či průměr kol. Kromě toho je celá řada dalších specifických požadavků na konstrukci robotů s kolovým lokomočním ústrojím. Všechny požadavky závisí na konkrétních servisních úlohách a ovlivňujících faktorech daného prostředí [16, 19, 29, 31, 33, 34, 56].

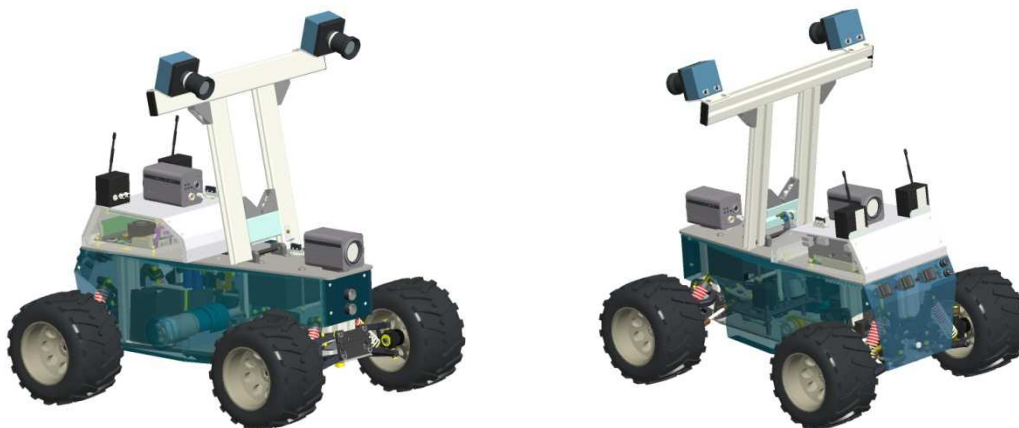
Mobilní servisní roboty na kolovém podvozku jsou v současnosti značně rozšířené v mnoha nestrojírenských oblastech. Ze široké škály praktických aplikací lze vybrat skupinu servisních robotů, které jsou určené především pro servisní úlohy zaměřené na monitorování a pořizování metrických dat. Mobilní roboty určené pro vykonávání servisních úloh tohoto typu jsou vybaveny kamerovým systémem s potřebným počtem kamer určených pro navádění pohybu robotu a dále dvojicí kamer určených k získávání metrických dat. Kromě kamerových systémů jsou roboty vybaveny osvětlovací technikou, senzory pro rozpoznávání vnějšího okolí, případně termokamerou apod. Řízení mobilních servisních robotů pro monitorování a získávání metrických dat je různé, v závislosti na prováděné servisní úloze. Ve většině případů jsou roboty naváděné operátorem. Podvozky těchto robotů kromě kolových mohou být také hybridní pro usnadnění pohybu po členitém terénu. V řadě případů nesou roboty na platformě podvozku nastavbové moduly (např. pro vykonávání doplňkových činností jako může být manipulace s objekty apod.) včetně dalšího vybavení. Při pohybu robotu po terénu, kdy není zrovna prováděno měření metrických dat (např. pořizování 3D metrických dat vytypovaných objektů), může být nastavbový modul s kamerami, určenými pro měření, uložen v prostoru rámu podvozku. Jedná se o přepravní polohu, která chrání kamery před poškozením v případě ztráty stability robotu nebo při kolizních stavech. Dále je zde výhoda snížení celkové výšky mobilního robotu s ohledem na průjezdnost např. v tunelech s malou výškou apod. Při pořizování 3D metrických dat dojde většinou k zastavení pohybu robotu a rozbalení nastavby s kamerami do polohy při které je prováděno měření. V případě, že měření objektu provádí jeden robot, musí být osy objektivů obou kamer rovnoběžné a ve vodorovné poloze. Nastavení do vodorovné polohy je realizováno automaticky. Proto musí mít nastavbový modul, který nese dvojici kamer pro měření 3D metrických dat dostatečný počet

stupňů volnosti k dosažení požadované polohy (minimálně 2 stupně volnosti). Pro aplikace ve vnitřním prostředí se používají převážně menší konstrukce robotů. Pro aplikace ve venkovním prostředí je potřeba zvolit podvozek, který je schopen přejíždět překážku s výškou minimálně 100 mm [19, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 39, 40, 41].

V současné době existují různá jednoúčelová dálkově ovládaná průzkumná zařízení vybavená kamerou, ale tato jsou schopna přenášet jen vizuální data bez prostorové reprezentace rozměrů, nebo dynamických změn. Detailní zkoumání objektů s využitím simultánního snímání metrických dat, nebo dynamické sledování objektů v nebezpečných prostředích je často velmi obtížné. Existují i prototypy dálkově řízených zařízení nesoucích fotogrammetrickou základnu, která jsou více či méně využitelná pro provádění prostorových měření v téměř reálném čase. Konstrukční parametry takových zařízení jsou však velmi omezeny potřebami fotogrammetrie - např. dlouhá základna se neslučuje se stísněnými prostory, nebo s nutností prostupu kolem překážek. Závažným problémem je také omezená možnost určování absolutní polohy snímaných objektů v místech s nedosažitelným, nebo nedostatečným příjmem signálů z navigačních družic, popřípadě schopnost zařízení pro automatizovaný návrat na základě rozpoznávání předem snímaného obrazu a v neposlední řadě nedokážou řešit automatickou rekalicaci fotogrammetrické základny při jejím narušení, např. vlivem nárazu do překážky apod.

Prototyp čtyřkolového robotu byl navržený a vyrobený na katedře robototechniky. Podnětem k realizaci návrhu čtyřkolového robotu pro získávání 3D metrických dat byl požadavek na menší mobilní robot vhodný pro městské prostředí, který by byl schopen 3D metrická data pořizovat. Vyrobený prototyp čtyřkolového robotu byl rovněž namodelovaný v systému Pro/ENGINEER a základ šasi lokomočního ústrojí vychází ze stavebnice RC modelu. Robot je určený pro získávání 3D metrických dat ve vnitřním i venkovním prostředí a je řízený operátorem pomocí RC soupravy. Řízení robotu a přenos videosignálu probíhá bezdrátově a do budoucna bude dále inovováno. 3D model robotu ve dvou pohledech je znázorněn na obr. 5.6. Celkový pohled na vyrobený prototyp robotu znázorňuje obr. 5.7. Robot byl také úspěšně prezentován na veletrhu FOR INDUSTRY 2008 v Praze.

Lokomoční ústrojí představuje čtyřkolovou variantu s Ackermanovým způsobem řízení. Odpružení předních a zadních kol s tlumením je připraveno na celkové zatížení do 15kg. Kola mají průměr 200 mm a lokomoční ústrojí může přejíždět překážky do výšky 70 mm, aniž by hrozilo, že zůstane vyset na rámu. Půdorysná délka robotu je 570 mm a šířka 400 mm. Zatížení představuje kompletní nastavbový modul. Zadní náprava je vybavena planetovým diferenciálem. Natáčení předních kol je realizováno pomocí servomotoru. Pro pohon zadní nápravy byl vybrán stejnosměrný motor s převodovkou. Výstupní hřídel převodovky lze krátkodobě zatížit 85 Nm. Tento krouticí moment umožňuje, aby robot bez problémů zdolal členitý venkovní terén. Převod krouticího momentu na zadní nápravu je pomocí ozubeného řemene. Napájení motoru pro pohon zadní nápravy včetně pohonu pro zvedání ramena nastavbového modulu je pomocí 12 V baterie. Další baterie je určena pro napájení řídicího PC umístěného na horní plošině nastavbového modulu a dalších komponentů.



Obrázek 5.6 – 3D model čtyřkolového robotu pro monitorování a získávání 3D metrických dat



Obrázek 5.7 – Prototyp čtyřkolového robotu

Nástavbový modul představuje nosnou plošinu, která je pomocí sloupků upevněna k nosnému rámu lokomočního ústrojí. Plošina je vybavena jednoduchým ramenem sestaveným z hliníkových profilů. Rameno je vybaveno dvěma kamerami určenými pro pořizování 3D metrických dat. V případě požadavku lze mezi kamery jednoduše upevnit reflektory. Naklápění ramena je realizováno pomocí stejnosměrného motoru s pohybovým šroubem. Úhel naklápění ramena vychází z možné polohy robotu při pohybu po terénu.

Systém získávání 3D metrických dat byl převzatý a dále upravený z předchozího grantového projektu České republiky. Při pořizování 3D metrických dat se spouštění závěrky kamer pro pořízení dvojice snímků měřeného objektu realizuje ze stanoviště operátora použitím dotykové obrazovky tabletu PC. Snímky jsou přenášeny bezdrátově na monitor k operátorovi. Zpracování pořízených snímků je prováděno přímo v počítači umístěném na robotu. Na počítači s potřebným výkonem probíhá zpracování obou obrazů a je nutno pro pořízení obou obrazů najednou (dva oddělené Firewire kontrolory řídí toky dat). Přesnost získaných 3D metrických dat závisí na velikosti a vzdálenosti měřeného objektu od robotu. S rostoucí vzdáleností klesá přesnost zjištěných rozměrů. S fotogrammetrickou základnou byly dosaženy nejlepší výsledky při vzdálenosti cca do 10 m. V tomto případě se dá očekávat odchylka řádu do 15 mm. Přesnost získaných 3D metrických dat závisí rovněž na typu použitých kamer a jejich objektivů.

Praktické aplikace navrženého prototypu servisního robotu - zde je vhodné se zaměřit mimo jiné také na oblast geologického průzkumu a činnosti s tímto související. Dokumentace geologických struktur, nebo horninového masivu důlního díla, tunelu, lomu nebo obecně jakéhokoliv přírodního či antropogenního útvaru se děje zpravidla konvenčními postupy, s využitím ruční dokumentace doplněné o fotografickou, či ručně prováděnou fotogrammetrickou dokumentaci. Prostředí, ve kterých se tato práce vykonává, jsou však mnohdy pro člověka nepříznivá, nebezpečná či zcela vyloučená, což navíc přispívá k vyššímu objemu chyb zanášených do dokumentace v okamžiku jejího vzniku, popřípadě pak při jejím pozdějším zpracování.

V řadě případů by se dokumentace mohla provádět mnohem lépe, efektivněji a zejména s mnohem nižším ohrožením zdraví člověka. K tomu lze využít speciální technologie schopné snímat, zpracovávat a vysílat potřebná data ze zájmové oblasti, bez nutnosti přímé přítomnosti člověka. V současnosti existují různé prototypy dálkově řízených průzkumných zařízení vybavených kamerou, které jsou schopny provádět vizuální inspekce, ale nejsou již schopny získávat data o rozměrech pozorovaných objektů, nebo dokonce o jejich dynamických změnách.

V oblasti civilního využití může tento robot pro získávání 3D metrických dat nahradit náročné a komplikované měření rozměrů velkých a tvarově složitých objektů. Robot bude mít využití při měření rozměrů objektů v prostředí pro člověka nedostupném nebo těžko dostupném, nebezpečném apod. Pro různé aplikace s ohledem na prostředí se bude robot do budoucna dále modifikovat. Nástavbový kamerový modul lze aplikovat i na jiný typ lokomočního ústrojí. V neposlední řadě mohou tyto roboty najít uplatnění při záchranných akcích. V takovém případě může být požadavkem podmínka využití robotu ve výbušném prostředí.

5.5.2 Servisní roboty s pásovým lokomočním ústrojím

Roboty s pásovým lokomočním ústrojím mají široké spektrum uplatnění pro konkrétní aplikace. Dají se využít ve všech oblastech, které jsou uvedeny v předcházejících podkapitolách a spadají do oblasti městského prostředí. Podle konkrétní aplikace v dané oblasti se budou odvíjet určité specifické požadavky na konstrukci a specifické požadavky na nástavbové moduly a jejich upevnění. Například v jaderné energetice a energetice vůbec budou nacházet mobilní roboty s pásovým lokomočním ústrojím pro větší zatížení uplatnění pro nesení technologie řezání vodním paprskem nebo roboty vybavené radlicí apod., využitelné při bouracích činnostech a při likvidacích jaderných elektráren apod. V oblasti výstavby budov nachází uplatnění zejména v dopravním stavitelství, v oblasti vytváření hrubých staveb, při stavbě tunelů apod. Roboty jsou převážně velmi robustní a nesou různé technologie pro broušení a frézování vodorovných i svislých povrchů, technologie řezání, vrtání apod. Využití nacházejí také v oblasti úpravy terénů venkovního prostředí apod. Oblast využití u bezpečnostních složek je specifická z hlediska širokého spektra konkrétních aplikací. Mobilní roboty s pásovým lokomočním ústrojím se využívají pro nesení zbraňových systémů, nástavbových modulů určených pro detekci chemických a bojových látek, nástavbových modulů určených pro odběr a transport kontaminovaných vzorků apod. V neposlední řadě se mohou roboty s pásovým lokomočním ústrojím využívat k vyprošťování

zraněných vojáků s následným transportem k místu první pomoci a celá řada dalších aplikací. Využití v ostatních oblastech se odvíjí od konkrétních požadavků při realizaci servisních úloh. Může jít např. o oblast zdravotnictví, kde budou požadavky na využití ve vnitřním prostředí, využití v oblasti skladů apod.

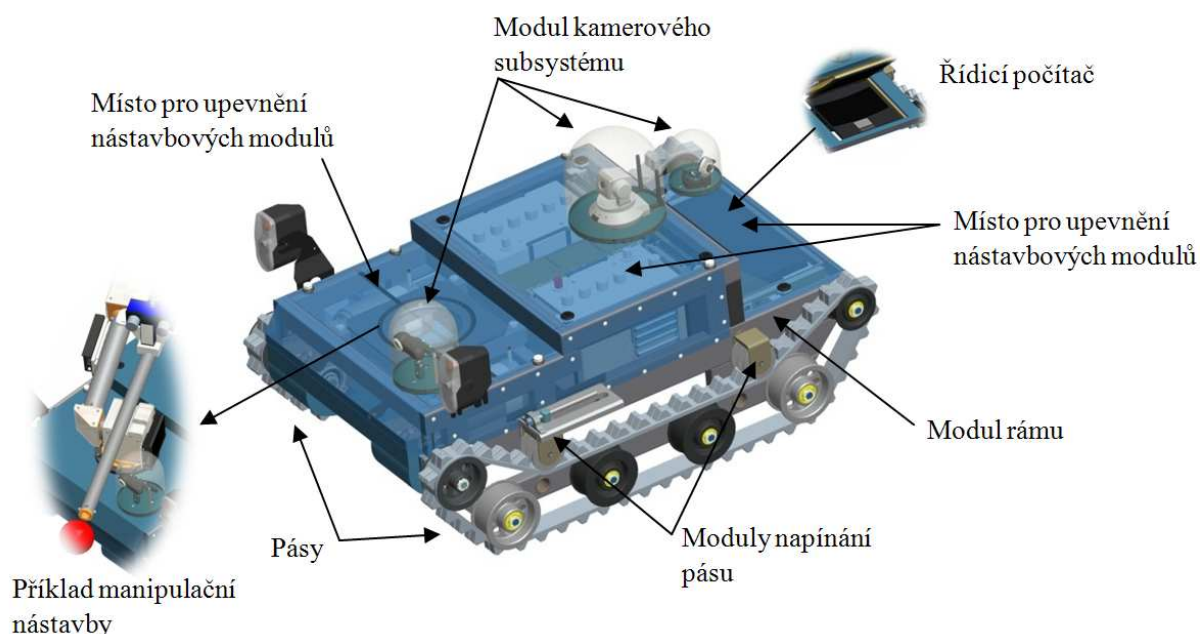
Při konstrukci pásových lokomočních ústrojí pro větší zatížení je nutné zohlednit některé specifické požadavky. Ty jsou odlišné od požadavků na lokomoční ústrojí pro malá zatížení a menší rozměry. Jedním z těchto požadavků je správná volba pohonů obou hlavních pásů, případně doplňkových pásů. Souvisí to s celkovou hmotností robotu a tedy i s nutností požadavku na potřebný krouticí moment pro pohon hnacího kola. U robotu s menšími rozměry a tedy i menší hmotností se běžně využívají stejnosměrné motory. Požadované hodnoty na krouticí moment hnacího kola jednoho hlavního pásu se pohybují řádově do 150 Nm. Naproti tomu u robustních robotů s hmotnostmi řádově stovky kilogramů či několika tun jsou požadovány krouticí momenty na hnacím kole ve stovkách Nm. Podle požadavku na danou servisní úlohu je nutné volit vhodný typ motoru a celou pohonnou jednotku hlavního pásu. Mnohdy je to nelehký úkol s ohledem na plynulé řízení rychlosti při rozjezdu a požadavky na bezdrátové řízení celého robotu. Pro podvozky servisních robotů tohoto typu se využívají hydraulické motory, které vyvozují dostatečný krouticí moment. V tomto případě je nutné začlenit do pohonné jednotky hydrogenerátor a spalovací motor. S tím souvisí i použité zdroje energie pro pohonné jednotky. Do vnitřního prostoru lokomočního ústrojí je nutné vhodně umístit nádrž na pohonné hmoty. Vzhledem k tomu, že se jedná převážně o mobilní roboty do venkovního prostředí, je nutné volit i vhodný typ pásu a uspořádání podpěrných a vodících kol. Pásky se v tomto případě volí článkové a podpěrná kola mohou být zároveň i jako vodící. Podpěrná kola bývají odpružená, případně pogumována z důvodu snížení rázu při pohybu robotu po členitém terénu a přejezdu překážek. Roboty tohoto typu mají většinou pouze dva hlavní pásy. Rám lokomočních ústrojí pro větší zatížení představuje většinou svařovanou ocelovou konstrukci, která nese zatížení nastavbových modulů. Celkové uspořádání lokomočního ústrojí je potřeba volit tak, aby byla zajištěna dobrá průjezdnost členitým terénem a nezůstal robot viset na překážce. Důležitým parametrem těchto lokomočních ústrojí je správný poměr mezi šířkou pásu a jeho kontaktní délkou s terénem.

V rámci řešení projektu na vědu a výzkum byl vytvořený mobilní robot s pásovým lokomočním ústrojím pro větší zatížení, který vzniknul v rámci projektu na vědu a výzkum na Katedře robototechniky, je znázorněn na obr. 5.8. Jedná se o pásový robot určený mimo jiné pro oblast městského prostředí se širokým spektrem uplatnění. Robot může nést větší zatížení a na horní platformu lokomočního ústrojí lze upevnit řadu různých nastavbových modulů.

Vzhledem ke koncepci pásového robotu a účelu jeho využití byly stanoveny požadavky na jeho půdorysné rozměry a další parametry. Všechny parametry vyrobeného prototypu pásového robotu jsou uvedeny ve článku popisujícím jeho konstrukci. Byl dán požadavek schopnosti projet dveřmi o šířce 800 mm a jízdy po schodech. Na lokomočním ústrojí jsou použité pryžové pásy, které jsou vhodné pro pohyb ve vnitřním i venkovním prostředí. Konstrukce rámu lokomočního ústrojí robotu umožňuje na horní nosnou plochu upevnit nastavbové moduly s celkovou hmotností do 80 kg. Robot může bezpečně zdolat překážku vysokou 220 mm. Na obr. 5.9 je zachycena jedna fáze jízdy robotu v konfiguraci

s manipulační nástavbou při přejezdu na interiérovém schodišti o normalizovaných rozměrech 170 x 290 mm. Základní technické parametry robotu jsou následující:

- hmotnost podvozku 128 kg
- nosnost 150 kg
- celková šířka robotu 731 mm
- celková délka robotu 1253 mm
- celková výška robotu 810 mm
- výkon motoru 600 W
- výška překonatelné překážky 220 mm
- maximální rychlost 8 km/h
- max. doporučený sklon terénu 25%
- napájení 24 V DC
- řízení smykem
- ovládání bezdrátové z PC

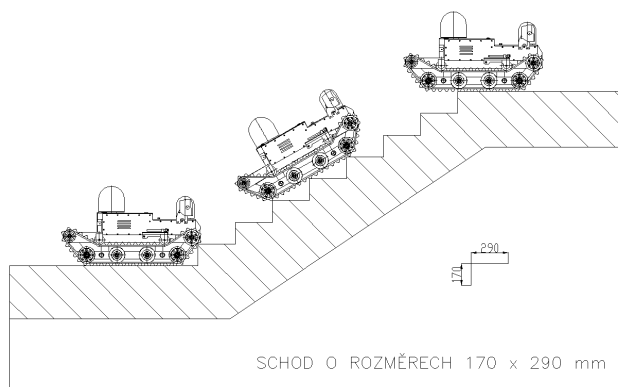


Obrázek 5.8 – 3D model robotu s pásovým lokomočním ústrojím

Pásový robot je řešený jako modulární konstrukce. Řadu modulů lze obměňovat (modul zdrojů energie, řídicí modul, modul napínání pásu apod.). Ve spojení s nástavbovými moduly lze využít mobilní robot pro širokou škálu servisních úloh v městském prostředí. V tomto případě se může jednat o manipulační nástavby, zásobníky na odebrané vzorky, efekторы pro odběr vzorků různého skupenství, kamerové subsystémy pro monitorování a kamerový subsystém pro pořizování 3D metrických dat, rozstřelovače pro likvidaci náloží apod. Dále lze vybavit robot detekčními přístroji pro kvalitativní stanovení nebezpečných látek a přístroji pro rekognoskaci zasaženého prostoru s dálkovým přenosem dat k operátorovi.

Velmi zajímavá aplikace je využití prototypu pásového robotu pro pořizování 3D metrických dat. V tomto případě využijeme kamerový subsystém určený pro tyto účely. Systém pro pořizování 3D metrických dat byl řešený předchozími grantovými projekty z fondu grantové agentury České Republiky. Spouštění závěrky kamer při pořizování dvojice

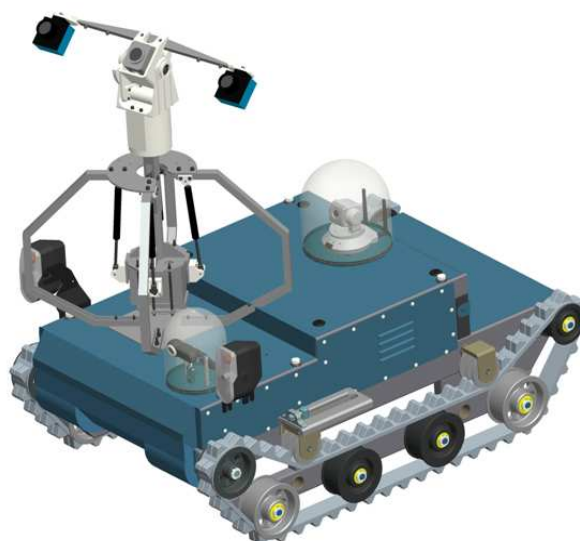
snímků měřeného objektu je realizováno ze stanoviště operátora. Snímky jsou přenášeny bezdrátově na monitor k operátorovi. Zpracování snímků je prováděno přímo v počítači umístěném na robotu. Přesnost získaných 3D metrických dat závisí na velikosti a vzdálenosti měřeného objektu od mobilního robotu. Při vzdálenosti do cca 10m se dá očekávat odchylka řádu několika málo cm. Přesnost získaných 3D metrických dat závisí rovněž na typu použitých kamer a jejich objektivů. Spojení pásového robotu s kamerovým subsystémem pro pořizování 3D metrických dat je znázorněno na obr. 5.10.



Obrázek 5.9 – Fáze jízdy robotu po schodech

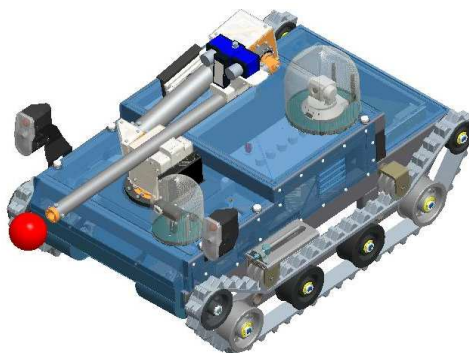
Z hlediska konkrétního uplatnění lze vyrobený mobilní robot s nástavbou pro získávání 3D metrických dat využít pro následující servisní úlohy v městském prostředí:

- získávání 3D metrických dat objektů při průzkumu neznámého terénu,
- získávání 3D metrických dat objektů při průzkumu nedostupného prostředí pro člověka,
- vhodným doplněním krytů lze robot využívat pro aplikace v chemicky či jinak zamořeném prostředí,
- bezpečnostní zásahy různého charakteru,
- měření rozměrů rozměrných objektů ve venkovním prostředí,
- v oblasti civilního využití může robot nahradit náročné a komplikované měření rozměrů velkých objektů při průzkumu terénu,
- specifické typy úloh pro pořizování 3D metrických dat.



Obrázek 5.10 – Pásový robot v konfiguraci pro pořizování 3D metrických dat

Jako další konkrétní příklad konfigurace lze uvést umístění manipulační nástavby na horní plošinu lokomočního ústrojí. V tomto případě se jedná o servisní robot např. pro odběr vzorků v místě mimořádné události a jejich následné přenesení do pojízdné laboratoře. Upevnění jednoho z možných typů manipulační nástavby na pásové lokomoční ústrojí je znázorněno na obr. 5.11.

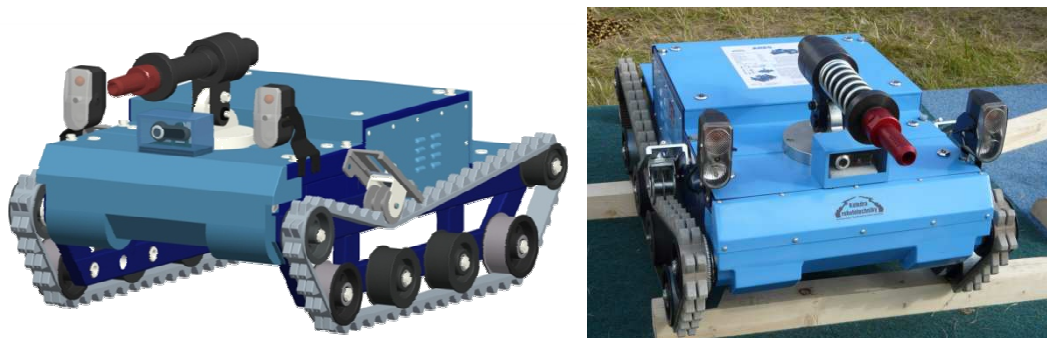


Obrázek 5.11 – Pásový robot v konfiguraci s manipulační nástavbou

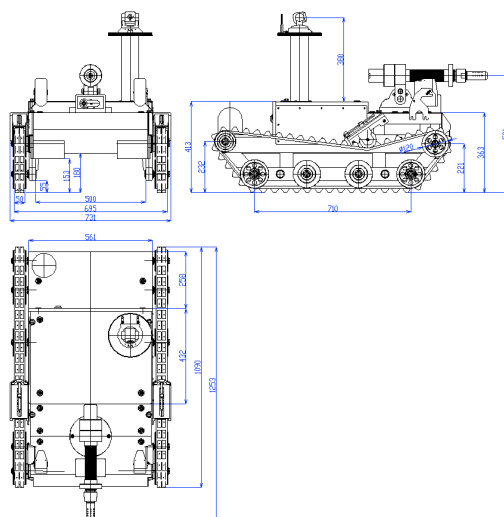
Navržený robot ve spojení s manipulační nástavbou lze využít pro zásahy v prostředí, kde došlo k výskytu nebezpečných látek. Kromě toho lze provádět řadu dalších servisních úloh. Může se jednat o následující situace:

- havárie v chemickém průmyslu nebo v energetice,
- havárie po živelných pohromách,
- havárie na produktovodech,
- havárie při přepravě nebezpečných látek po silnici, železnici apod.,
- bezpečnostní zásahy (terorismus apod.),
- údržba zeleně v městských parcích,
- vytváření barevného značení na venkovních objektech apod.

Současná konfigurace mobilního pásového robotu s pásovým lokomočním ústrojím je ve spojení s vodním rozstřelovačem NVS, jak je znázorněno na obr. 5.12. Tento obrázek znázorňuje také vyrobený robot prezentovaný na akci Dny NATO v září 2010. Robot v této konfiguraci je určený pro aplikace likvidace nebezpečných objektů jako např. výbušniny, stará munice apod. Jde o aplikace v rámci bezpečnostních zásahů, které provádí skupina pyrotechniků. Rozstřel se provádí na vzdálenost 6 až 12 m od cíle (likvidovaného objektu). Robot navádí operátor. K nastavení směru střelby se používá laserového zaměřovače. Rozměrové schéma robotu v této konfiguraci je znázorněno na obr. 5.13.



Obrázek 5.12 – Robot v konfiguraci s vodním rozstřelovačem NVS



Obrázek 5.13 – Rozměrové schéma robotu v aplikaci s vodním rozstřelovačem NVS

V rámci řešení grantových projektů FRVŠ byl vytvořený mobilní robot s pásovým lokomočním ústrojím pro menší zatížení. Jde se o robot, který se dá využít v celé řadě aplikací a zejména pak v městském prostředí. Robot může překonávat venkovní terénní nerovnosti vyskytující se v městském prostředí a pohybovat se i ve vnitřním prostředí. První verze robotu byla vyvinuta v roce 2003. Konstrukce robotu byla vytvořena v Pro/Engineer. Tento robot obdržel první místo v soutěži Aveng AWARDS pořádané firmou AV ENGINEERING. Robot byl vybaven dvojicí pomocných pásů pro lepší zdolávání překážek. Kvůli problémům, jako byl např. nedostatek financí, musela být konstrukce později upravena a pomocné pásy byly odstraněny. Následně byl robot vybaven silnějšími DC motory pro pojezd. Řízení pohybu robotu probíhá pomocí RC soupravy s bezdrátovým ovladačem ze stanoviště operátora.

Kamerový subsystém tvoří jednu z hlavních skupin navrženého robotu vzhledem k tomu, že se jedná o robot určený pro monitoring. Byla navržena barevná ¼CCD digitální kamera, 430 TV řádků, která má zabezpečeno krytování proti vnikání vlhkosti a umožňuje přiblížení detailu snímané scény s možností zaostření na tento detail. Lze využívat ZOOM 220X (22x - optický, 10x - digitální). Kamera má v přední části 45 IR LED diod umožňující snímání ve tmě nebo špatných světelných podmínkách. Osvětlení LED diodami se aktivuje automaticky. Napájení kamery je 12 V z baterie umístěné v rámu podvozku. Přenos videosignálu (snímané scény) je bezdrátový pomocí soupravy tvořené vysílačem a přijímačem do vzdálenosti 3 km při přímé viditelnosti. V případě přenosu videosignálu uvnitř budovy s umístěním vysílače (na krytu robotu) a přijímače odděleně v jiných místnostech se tato vzdálenost zkracuje. Souprava bezdrátového přenosu videosignálu pracuje na frekvenci 2,4 GHz a je homologovaná pro běžné užívání ve venkovním a vnitřním prostředí. Vysílač propojený kabelem s CCD kamerou je umístěn na horním krytu podvozku a přijímač je umístěn na stanovišti operátora a je propojený rovněž kabelem s osobním počítačem. Pro napájení všech pohonů a prvků byla použita 12 V baterie AKUMA. Mezi hlavní parametry robotu lze uvést:

- podvozek: 2 hlavní pásy (6 neodpružených vodících kol)
- řízení: diferenční (smykem)

• pohon:	každý pás má jedno hnací kolo
• motory:	2 DC motory z akumulátorové vrtačky pro pojezd
• senzory:	ručně stavitelná kamera
• řídicí systém:	RC souprava s bezdrátovým ovladačem
• přenos signálů:	rádiový přenos pro řídicí povely 2,4 GHz
• nosnost robotu:	15 kg
• hmotnost robotu:	35 kg
• doba provozu:	1 hodina
• výška přejížděné překážky	45 mm
• rozměry:	580 x 430 x 160 mm

V rámci řešení grantového projektu GAČR byl tento robot přestavěn na aplikaci pro pořizování 3D metrických dat. Na takto vytvořeném prototypu servisního robotu byla ověřena funkčnost nastavbového modulu využívaného nejen pro monitoring, ale zejména pro měření 3D rozměrů ve vnitřním i venkovním prostředí. Nastavba s kamerami měla polohování ve dvou osách s ustavením horní plošiny do vodorovné polohy z důvodů správného změření 3D dat. Měření probíhalo vždy v klidové poloze robotu. Robot byl ovládán bezdrátově operátorem ze vzdáleného stanoviště. Robot s nastavbovým modulem pro pořizování 3D metrických dat je znázorněn na obr. 5.14.

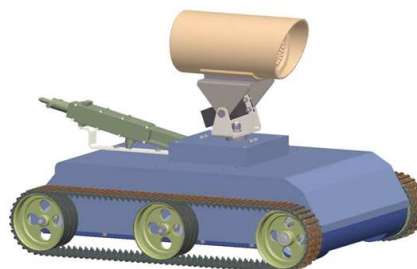


Obrázek 5.14 – Prototyp pásového robotu pro pořizování 3D metrických dat

V současnosti se jedná o upravenou konstrukci servisního robotu s pásovým lokomočním ústrojím mající pouze dva hlavní pásy. Parametry robotu odpovídají výše uvedeným. Celkový pohled na vyrobený prototyp robotu a jeho 3D model znázorňuje obr. 5.15. Robot byl prezentován na veletrhu FOR INDUSTRY 2008 v Praze. Robot je vhodný pro aplikace do různých oblastí a může vykonávat řadu servisních úloh spojených s monitorováním prostředí. Může se jednat o následující úlohy:

- monitorování vnitřního prostředí v komplexech budov,
- monitorování venkovního prostředí v okolí budov za účelem ostrahy objektu,
- monitorování kanálů nebo stok za účelem pravidelných prohlídek,
- monitorování v zamořeném venkovním prostředí za účelem vyhledávání osob případně zdroje zamoření,
- monitorování venkovního prostředí při různých ekologických haváriích,

- monitorování kamiónů na celnicích ze spodu za účelem prohlídky,
- monitorování břehů vodních nádrží,
- monitorování neznámého terénu,
- ostatní úlohy.



Obrázek 5.15 – Prototyp pásového robotu a 3D model v současném provedení



Shrnutí pojmů 5.5.

Kolový robot, pásový robot, monitoring, měření 3D dat, servisní úlohy.



Otázky 5.5.

40. Jak lze využít navržený prototyp pásového robotu pro aplikace v městském prostředí?



Úlohy k řešení 5.1.

Každý tým si zvolí libovolnou nestrojírenskou oblast podle obr. 2.3 (každý tým musí mít jinou oblast – jinou servisní úlohu), která se dá řešit s využitím robotu, znázorněném na obr. 5.8. Pro vámi navrženou servisní úlohu si vyberte libovolnou konfiguraci tohoto robotu (viz obr. 5.10, 5.11, 4.12 nebo 5.14) nebo navrhnete vlastní konfiguraci (vlastní návrh nastavbového mosulu). Navrženou servisní úlohu popište podle jednotlivých subsystémů uvedených na obr. 2.4. Popište prostředí, ve kterém se bude robot pohybovat a omezující faktory.

K řešení této úlohy použijte jako studijní materiál tyto opory, použitou literaturu uvedenou v oporách, elektronické učební texty uvedené na - <http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/>, internet a další zdroje.



Odměna a odpočinek

Gratulujeme, úspěšně jste zvládli celé studium.

6 LITERATURA



Použité zdroje

- [1] DRAHOŠ, P. Vlastnosti a použití materiálů s tvarovou pamětí. AT&P journal, No. 2, 1995, s. 12 – 15.
- [2] FILIP, P. Progresivní typy biomateriálů, Ostrava. VŠB-TU Ostrava, 1995, 121 s. ISBN 80-7078-273-0.
- [3] GASALINO, G. - CHIARELLI, P. - De ROSSI, D. - GENUINI, G. - MORASSO, P. - SOLARI, M. Progress in the Design and Control of Pseudomuscular Linear Actuators. In Robots and Biological Systems: Towards a New Bionic, Springer-Verlag, Berlin, 1993, pp. 495-505.
- [4] GASALINO, G. - De ROSSI, D. - MORASSO, P. - SOLARI, M. Neural Computing for the Coordination of Pseudo-Muscular Actuators. In Proceedings '91 ICAR - 5th International Conference on Advanced Robotics, Pisa, 1991, pp. 1205-1210.
- [5] HAVEL I. M. Robotika. Úvod do teorie kognitivních robotů, SNTL, Praha, 1980, 279 s.
- [6] KÁRNÍK, L. Možnosti využití biorobotických mechanismů ve zdravotnictví. In Sborník vědeckých prací na strojní fakultě VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 1997, s. 1- 16. ISBN 1210-0471.
- [7] KÁRNÍK, L. Lokomoční ústrojí mobilních robotů pro nestrojírenské aplikace. AUTOMA, roč. 8, č. 7, Praha, 2002, s. 10 - 11. ISSN 1210-9592.
- [8] KÁRNÍK, L. Servisní roboty pro prostředí indoor. TECHNIK, roč. X, č. 8, Praha, 2002, s. 14 - 16. ISSN 1210-616X.
- [9] KÁRNÍK, L. Mobilní roboty slouží k monitorování. TECHNIK, roč. X, č. 11, Praha, 2002, s. 16-18. ISSN 1210-616X.
- [10] KÁRNÍK, L. Aplikace servisních robotů ve zdravotnictví. Jemná mechanika a optika, roč. 47, č. 10, Přerov, 2002, s. 318-320. ISSN 0447-6441.
- [11] KÁRNÍK, L. Monitoring s využitím servisních robotů ve zdravotnictví. Jemná mechanika a optika, roč. 47, č. 10, Přerov, 2002, s. 316-318. ISSN 0447-6441.
- [12] KÁRNÍK, L. Mobilní subsystemy s pásovým podvozkem. ACTA MECHANICA SLOVACA, roč. 6, č. 4, Košice, 2002, p. 79-84. ISSN 1335-2393.
- [13] KÁRNÍK, L. Aplikace servisních robotů na pásovém podvozku. STROJÁRSTVO, roč. VII, č. 1, Žilina, 2003, s. 34 - 35. ISSN 1335-2938 .
- [14] KÁRNÍK, L. Manipulační nástavby u servisních robotů. STROJÁRSTVO, roč. VII, č. 3, Žilina, 2003, s. 29 - 29. ISSN 1335-2938 .
- [15] KÁRNÍK, L. Antropomorfní chapadla 2.část. STROJÁRSTVO, roč. VII, č. 7-8, Žilina, 2003, s. 40 - 41. ISSN 1335-2938 .
- [16] KÁRNÍK, L. Monitorování servisními roboty. AUTOMA, roč. 10, č. 5, Praha, 2004, s. 18 - 20. ISSN 1210-9592.
- [17] KÁRNÍK, L. Konstrukce manipulačních nástaveb servisních robotů pro obsluhu pacientů. Jemná mechanika a optika, roč. 49, č. 2, Přerov, 2004, s. 59-62. ISSN 0447-6441.
- [18] KÁRNÍK, L. Usage possibilities of mobile robots with manipulation body in course of production processes automatization. THE INTERNATIONAL MITING OF THE CARPATHIAN REGION SPECIALISTS IN THE FIELD OF GEARS, 5th EDITION, BAIA MARE, MAY 2004, pp. 149-154. ISSN 1224-3264.
- [19] KÁRNÍK, L. Servisní roboty. VŠB-TUO, Ostrava: 2004, 144 s. ISBN 80-248-0626-6.

- [20] KÁRNÍK, L. Létající roboty. STROJÁRSTVO, roč. VIII, č. 4, Žilina, 2004, s. 47 - 47. ISSN 1335-2938.
- [21] KÁRNÍK, L. Servisní roboty určené pro transport a manipulaci s předměty. STROJÁRSTVO, roč. VIII, č. 10, Žilina, 2004, s. 49 - 49. ISSN 1335-2938.
- [22] KÁRNÍK, L. The model of extension of service robot for monitoring and obtained metrical 3D information. In: Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, vol. XLIX, Mechanical Series, No.LI, Ostrava: VŠB - TUO, 2005, pp. 123-126; ISBN 80-248-0881-1, ISSN 1210-0471.
- [23] KÁRNÍK, L. Monitorování a získávání 3D metrických dat mobilními roboty. TECHNIK, roč. XIII, č. 7, Praha, 2005, s. 7. ISSN 1210-616X.
- [24] KÁRNÍK, L. Selection of wheel chassis for mobile robots in course of production processes automation. THE INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONFERENCE, 6th EDITION, BAIA MARE, MAY, Romania, 2005, pp. 329-334. ISSN 1224-3264. ISBN 973-87237-1-X.
- [25] KÁRNÍK, L. Servisní robot pro získávání 3D metrických dat. STROJÁRSTVO, roč. IX, č. 6, Žilina, 2005, s. 84 - 84. ISSN 1335-2938.
- [26] KÁRNÍK, L. Analýza 3D modelů kolových podvozků mobilních robotů ve fázi navrhování. STROJÁRSTVO, roč. IX, č. 11, Žilina, 2005, s. 62 - 63. ISSN 1335-2938.
- [27] KÁRNÍK, L. Obtaining the 3D metrical information with the mobile robot. In PROCEEDINGS of the 4th DAAAM International Conference Advanced Technologies for Developing Countries, Slavonski Brod, Mechanical Engineering Fakulty in Slavonski Brod, 2005, s. 537-542. ISBN 953-6048-29-9, ISBN 3-901509-49-6 (DAAAM International).
- [28] KÁRNÍK, L. Analysis of body model for detection 3D metric data in MSC/ADAMS system. In International scientific conference: 55th anniversary of foundation of the Faculty of Mechanical Engineering, ROBOTIC Section 5, Ostrava 2005, pp. 35-38. ISBN 80-248-0905-2.
- [29] KÁRNÍK, L. Využití všesměrových kol v servisní robotice. STROJÁRSTVO, roč. X, č. 1, Žilina, 2006, s. 34 - 35. ISSN 1335-2938.
- [30] KÁRNÍK, L. Biorobotika. VŠB-TU, Ostrava: 2007, 160 s. ISBN 978-80-248-1646-3.
- [31] KÁRNÍK, L. Využití mobilních robotů se šesti a vícekolovým lokomočním ústrojím. STROJÁRSTVO, roč. XI, č. 1, Žilina, 2007, s. 50 - 51. ISSN 1335-2938.
- [32] KÁRNÍK, L. Servisní robotika v oblasti stavebnictví. STROJÁRSTVO, roč. XI, č. 6, Žilina, 2007, s. 76 - 77. ISSN 1335-2938.
- [33] KÁRNÍK, L. Čtyřkolový servisní robot pro získávání 3D metrických dat. STROJÁRSTVO, roč. XI, č. 7-8, Žilina, 2007, s. 66 - 67. ISSN 1335-2938.
- [34] KÁRNÍK, L. Mobilní roboty s pásovým lokomočním ústrojím. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 1, Žilina, 2008, s. 46 - 47. ISSN 1335-2938.
- [35] KÁRNÍK, L. Jízdní vlastnosti mobilních robotů v závislosti na způsobu zavěšení kol. AUTOMOTIVE REVUE trendy v automobilovom priemysle, roč. I, č. 1, Žilina, 2008, s. 119 - 121. SNK, ISBN 978-80-969789-4-6.
- [36] KÁRNÍK, L. Mobilní roboty pro odběr vzorků. STROJÁRSTVO, roč. XIII, č. 2, Žilina, 2009, s. 70 - 71. ISSN 1335-2938.
- [37] KÁRNÍK, L. Zásobníky na odebrané vzorky. STROJÁRSTVO, roč. XIII, č. 5, Žilina, 2009, s. 94 - 95. ISSN 1335-2938.
- [38] KÁRNÍK, L. - STANKOVIČ, J. Zkoumání objektů pomocí servisních robotů. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 9, Žilina, 2008, s. 158 - 159. ISSN 1335-2938.
- [39] KÁRNÍK, L. - STANKOVIČ, J. - VALA, D. Metody pořizování 3d dat na mobilních robotech. In: Journal Acta Mechanica Slovaca, published by Faculty of Mechanical

- Engineering, the TU in Košice, 2008, Slovak Republic, roč. 12, č. 3-B, pp.381-390, ISSN 1335-2393.
- [40] KÁRNÍK, L. - STANKOVIČ, J. - VALA, D. – BABJAK, J. Monitoring and 3D metric data capturing robot prototypes. In: Journal Acta Mechanica Slovaca, published by Faculty of Mechanical Engineering, the TU in Košice, 2008, Slovak Republic, roč. 12, č. 2-A, pp.321-328, ISSN 1335-2393.
- [41] KÁRNÍK, L. - STANKOVIČ, J. - VALA, D. – BABJAK, J. 3D data capturing service robot prototype. In: Transactions of the VŠB-TU of Ostrava 2008, Vol. LIV, Mechanical series, No.1/2008, Ostrava, 2008, pp.119-127, ISSN 1210 – 0471.
- [42] KÁRNÍK, L. - STUDÉNKA, M. PRACTICAL USAGE OF PROTOTYPE OF MODULAR BELT LOCOMOTIVE MECHANISM. In: Journal Acta Mechanica Slovaca, published by Faculty of Mechanical Engineering, the TU in Košice, 2009, Slovak Republic, roč. 13, č. 2-A, pp.83-86, ISSN 1335-2393.
- [43] KÁRNÍK, L. - STUDÉNKA, M. THE PROTOTYPE OF MODULAR BELT LOCOMOTIVE MECHANISM. In: Journal Acta Mechanica Slovaca, published by Faculty of Mechanical Engineering, the TU in Košice, 2009, Slovak Republic, roč. 13, č. 2-A, pp.87-92, ISSN 1335-2393.
- [44] KOVÁČ, M. Robotizácia, automatizácia a pružné výrobné systémy. Pyramída, č. 1-6, 1988.
- [45] MARCINČIN, J. N. Driven of Robotics Devices by UPAM (Under Pressure Artificial Muscle). In Proceedings 2nd International Workshop on Robotics in Alpe-Adria Region RAA'93, Krems, 1993, pp. TU1.3-1 - TU1.3-8.
- [46] MARCINČIN, J. N. - KÁRNÍK, L. Biorobotika - nový vývojový směr v robotice. In MATAR'96, Praha, FS ČVUT Praha, 1996, s. 161-167.
- [47] MATIČKA, R. - TALÁCKO, J. Konstrukce manipulátorů a průmyslových robotů. ES ČVUT, Praha, 1981.
- [48] MATIČKA, R. - TALÁCKO, J. Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů. SNTL, Praha, 1991, 296 s. ISBN 80-03-00567-1.
- [49] MENZEL, P. - D'ALUISIO, F. Robo sapiens: evolution of a new species: USA, New York, 2000. 239 p. ISBN 0-262-13382-2.
- [50] MORECKI, A. - EKIEL, J. - FIDELUS, K. Bionika ruchu. Panstwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, 1971, p. 466.
- [51] MORECKI, A. - KNAPCZYK, J. Basic of robotice. Tudory and components of manipulators and robots, CISM Udine, Springer – Verlag Sien New York. 1971, p. 580. ISBN 3-211-83150-9.
- [52] MOSTÝN, V. - KONEČNÝ, Z. - KÁRNÍK, L. Modeling of the dynamics of industrial robots with flexible links. In: Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, vol. XLIX, Mechanical Series, No.1, Ostrava: VŠB - TUO, 2003, pp. 97-100; ISBN 80-248-0239-2, ISSN 1210-0471.
- [53] MOSTÝN, V. - SKAŘUPA, J. - KÁRNÍK, L. Modelování interakce mezi řídícím, pohonným a mechanickým subsystémem ramene průmyslového robotu. ACTA MECHANICA SLOVACA, roč. 7, č. 3, Košice, 2003, p. 85-90. ISSN 1335-2393.
- [54] SCHRAFT, R. D. - SCHMIERER, G. Serviceroboter: Produkte, Szenarien, Visionen. Springer Verlag, Berlin, New York, etc., 1998.
- [55] SKAŘUPA, J. - MOSTÝN, V. Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů. 1. vydání, Košice: Viena - Edícia vedeckej a odbornej literatúry – Strojnícka fakulta TU v Košiciach, 2002, 190 str. ISBN 80-88922-55-0.
- [56] SMRČEK, J. - KÁRNÍK, L. Robotika, Servisné roboty, Navrhovanie, konštrukcia, riešenia. Košice:, 2008. 534 s. ISBN 80-7165-713-2.

- [57] ŠIMEČEK, K. Lokální dráhové řízení autonomního lokomočního robotu. Disertační práce. Brno: VUT v Brně Fakulta strojní, 1999, 135 s.
- [58] ŠÍVROVÁ, E. Robotizace v zemědělství. ÚVTEI, Praha, 1986, 51 s.
- [59] TOMKO, Š. Štúdia kinematických a dynamických vlastností viacklbového biomechanického ramena.
- [60] VERTUT, J. - COIFFET, P. Teleoperation and robotics evolution and development. 1. ed. Anchor Press Ltd, Great Britain, 1985, p. 325 ISBN 0-85038-588-1.
- [61] VLK, F. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. 434 s. ISBN 80-238-5273-6.
- [62] WINTERS, J. M. Braided artificial muscles: mechanical properties and future uses in prosthetics and orthotics. In RENSA 13th Ann. Conf., Washington, 1990, pp. 173-174.
- [63] http://mail.fibo.kmutt.ac.th/pdf/ICIT_D1_4.pdf
- [64] <http://www-2.cs.cmu.edu/afs/cs/project/space/www/gyrover/gyrover.html>
- [65] <http://www.membrana.ru/articles/technic/2003/10/01/201100.html>
- [66] http://www-2.cs.cmu.edu/~paredis/pubs/IROS99_gyrover.pdf
- [67] <http://www.maxlift.co.uk/principle/>
- [68] <http://www.wheelift.com/index.html>
- [69] <http://www.lowpoly.com/lego/index-vacbot1.htm>
- [70] <http://www.geocities.com/autotdiv2/tdiv2.html>
- [71] <http://asl.epfl.ch/research/systems/Octopus/octopus.php>
- [72] <http://prt.fernuni-hagen.de/virtlab/cdc99/html/node3.html>
- [73] <http://www.seas.ucla.edu/coopcontrol/papers/02cn01.pdf>
- [74] <http://www.airtrax.com/default1.htm>
- [75] <http://www.seas.ucla.edu/coopcontrol/papers/02cn05.pdf>
- [76] <http://prt.fernuni-hagen.de/rsvl/cdc99/cdc99.pdf>
- [77] http://www.ri.cmu.edu/labs/lab_12.html
- [78] http://www.massey.ac.nz/~wlxu/reports_pdf/mecanum2.pdf
- [79] <http://www.visi.com/~dc/tristar/bkground.htm>
- [80] <http://www.remotec-andros.com/>
- [81] <http://www.robotshop.us/solar-breeze-pool-skimming-robot-1.html>
- [82] http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni_roboty/interest111.htm
- [83] <http://islab.hh.se/islab/islab/projects/mechweed.html>
- [84] <http://www2.hh.se/staff/bjorn/mech-weed/part2/>
- [85] http://www.wired.com/science/discoveries/news/2007/06/robo_picker?currentPage=1
- [86] <http://www.pathnet.org/sp.asp?id=7542>
- [87] <http://www.iai.csic.es/users/gds/default.htm>
- [88] <http://www.pathnet.org/sp.asp?id=7542>
- [89] <http://nabidky.abc.cz/nabidka/352831-cz-demolicni-roboty-brokk-260-demolice/>
- [90] <http://computerworld.cz/aktuality/Roboticka-chirurgie-prinesla-revoluci-i-do-ceskeho-zdravotnictvi-4036>
- [91] <http://www.mineralfit.cz/zdravi-clanek/roboticka-chirurgie-revoluce-ve-zdravotnictvi-131/>
- [92] <http://robot.vsb.cz/>
- [93] http://www.eca.fr/en/liste-rubrique.htm?_rub=2&_srub=2&_ssrub=3&_fam=8
- [94] <http://www.dnformed.cz/katalog.php?kat=308>



Další zdroje

Seznam další literatury pro zájemce o dobrovolné rozšíření znalostí popisované problematiky.

KÁRNÍK, L. SERVISNÍ ROBOTY NA KOLOVÉM PODVOZKU. STROJÁRSTVO, roč. VI, č. 7-8, ŽILINA, 2002, s. 42 - 43. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. SERVISNÍ ROBOTY NA ŠESTIKOLOVÉM A SPECIÁLNÍM PODVOZKU. STROJÁRSTVO, roč. VI, č. 7-8, ŽILINA, 2002, s. 44 - 45. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. THE MOBILE ROBOTS ON BELT CHASSIS FOR MONITORING ACTIVITIES. IN ROBTEP'2002, PREŠOV, SF TU KOŠICE, 2002, s. 175-178. ISBN 80-7099-826-1.

KÁRNÍK, L. USE OF MOBILE ROBOTS AT AUTOMATIZATION INDUSTRIAL PROCESS. IN VI. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA: NOVÉ SMERY VO VÝROBNÝCH TECHNOLOGIÁCH 2002, PREŠOV, FAKULTA VÝROBNÝCH TECHNOLOGIÍ TU KOŠICE, 2002, s. 317-321. ISBN 80-70099-828-8.

KÁRNÍK, L. MOBILNÍ ROBOTY S MANIPULAČNÍ NÁSTAVBOU. TECHNIK, roč. X, č. 5, PRAHA, 2003, s. 9 - 12. ISSN 1210-616X.

KÁRNÍK, L. NÁVRH PÁSOVÉHO ROBOTU. IT CAD, roč. 13, č. 4, BRNO, 2003, s. 39 - 43. ISSN 0862-996X.

KÁRNÍK, L. THE MODEL OF BELT CHASSIS FOR PRACTICAL INSTRUCTION IN LABORATORY. IN: TRANSACTIONS OF THE VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA, VOL. XLIX, MECHANICAL SERIES, No.1, OSTRAVA: VŠB - TUO, 2003, pp. 79-84; ISBN 80-248-0239-2, ISSN 1210-0471.

KÁRNÍK, L. SERVISNÍ ROBOTY URČENÉ PRO PRÁCI POD VODOU. STROJÁRSTVO, roč. IX, č. 10, ŽILINA, 2005, s. 57 - 57. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. MOBILNÍ ROBOTY PRO MANIPULAČNÍ ÚLOHY VE ZDRAVOTNICTVÍ. JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA, roč. 50, č. 6, PŘEROV, 2005, s. 192-194. ISSN 0447-6441.

KÁRNÍK, L. SERVISNÍ ROBOTIKA V OBLASTI ZDRAVOTNICTVÍ. STROJÁRSTVO, roč. XI, č. 4, ŽILINA, 2007, s. 66 - 67. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. VYUŽITÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ PRO ÚKLIDOVÉ ČINNOSTI. STROJÁRSTVO, roč. XI, č. 11, ŽILINA, 2007, s. 98 - 99. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. PROTOTYPY MOBILNÍCH ROBOTŮ. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 2, ŽILINA, 2008, s. 62 - 63. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. SERVISNÍ ROBOTIKA V ZEMĚDĚLSTVÍ. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 3, ŽILINA, 2008, s. 65. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. MONITOROVÁNÍ POD VODOU SERVISNÍMI ROBOTY. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 6, ŽILINA, 2008, s. 82 - 83. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. SERVISNÍ ROBOTY PRO OZNAČOVÁNÍ OBJEKTŮ. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 7-8, ŽILINA, 2008, s. 54 - 55. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. LÉTAJÍCÍ SERVISNÍ ROBOTY. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 10, ŽILINA, 2008, s. 130 - 131. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. MOBILNÍ ROBOTY SE SPECIÁLNÍMI KOLY. STROJÁRSTVO, roč. XII, č. 12, ŽILINA, 2008, s. 50 - 51. ISSN 1335-2938.

KÁRNÍK, L. POŘIZOVÁNÍ 3D METRICKÝCH DAT KOLOVÝMI SERVISNÍMI ROBOTY. AUTOMATIZACE, roč. 52, č. 6, PRAHA, 2009, s. 371 - 373. ISSN 0005-125X.

KÁRNÍK, L. THE PROTOTYPE OF MODULAR ROBOTS FOR MANIPULATION TASK, MONITORING AND 3D METRICAL DATA CAPTURING. IN: JOURNAL METALUJGIA, PUBLISHED BY HRVATSKO METALURŠKO DRUŠTVO (HMD) ZAGREB, 2010, HRVATSKA / CROATIA, roč. 49, č. 2, pp. 315-319, ISSN 0543-5846.

KÁRNÍK, L. - BUZEK, V. LOKOMOČNÍ ÚSTROJÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ PRO INDOOR APLIKACE. IN SETKÁNÍ ÚSTAVŮ A KATEDER OBORU VÝROBNÍ STROJE A ROBOTIKA, PRAHA, FS ČVUT V PRAZE, 2003, STR. II/34 – II/36, ISBN 80-01-02815-1.

KÁRNÍK, L. - BUZEK, V. POŽADAVKY NA KONSTRUKCI LOKOMOČNÍHO ÚSTROJÍ KOLOVÝCH SERVISNÍCH ROBOTŮ. IN SETKÁNÍ ÚSTAVŮ A KATEDER OBORU VÝROBNÍ STROJE A ROBOTIKA, OSTRAVA, KATEDRA ROBOTOTECHNIKY FS VŠB-TU OSTRAVA, 2004, SBORNÍK ANOTACÍ S. 22/7. ISBN 80-248-0645-2.

KÁRNÍK, L. - MARCINČIN, J. N. BIOROBOTICKÁ ZAŘÍZENÍ. OPAVA: MÁRFY SLEZSKO, 1999. 184 s. ISBN 80-902746-0-9.

KÁRNÍK, L. - SKAŘUPA, J. SERVISNÍ ROBOTY VYUŽÍVANÉ PRO APLIKACE ČIŠTĚNÍ A ÚDRŽBY V OBLASTI ZDRAVOTNICTVÍ. JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA, roč. 47, č. 10, PŘEROV, 2002, s. 309-312. ISSN 0447-6441.

KÁRNÍK, L. - SKAŘUPA, J. - MOSTÝN, V. SERVICE ROBOTS FOR MANIPULATION TASK IN URBAN ENVIRONMENT. IN ROBTEP'2004, PREŠOV, SF TU KOŠICE, 2004, pp. 264-269. ISBN 80-8073-134-9.



CD-ROM

Video ukázky prototypů robotů uvedených v kapitole 5, které si můžete vyvolat z CD-ROMu.