



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



PRAKTICKÉ APLIKACE SERVISNÍCH ROBOTŮ

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: Praktické aplikace servisních robotů

Autor: Ladislav Kárník

Vydání: první, 2011

Počet stran: 93

Náklad:

Studijní materiály pro studijní obor Robotika Fakulty strojní

Jazyková korektura: nebyla provedena.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

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 978-80-248-2727-8

POKYNY KE STUDIU

Praktické aplikace servisních robotů

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 s praktickými aplikacemi servisních robotů při jejich nasazování do nestrojírenských oblastí. 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	7
1.1	Klasifikace základních pokynů pro týmovou práci	7
2	ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI APLIKACÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ.....	9
2.1	Analýza současného trendu aplikací mobilních servisních robotů.....	9
2.2	Klasifikace mobilního robotického servisního systému	13
2.3	Klasifikace subsystémů mobilního robotického servisního systému	18
2.3.1	Subsystém akční nastavby	18
2.3.2	Subsystém koncového efektoru	20
2.3.3	Subsystém vnitřních a vnějších senzorů	22
2.3.4	Subsystém mobility.....	24
2.3.5	Subsystém řízení a navigace	27
2.3.6	Subsystém energetického zabezpečení.....	29
2.3.7	Subsystém operátora.....	30
2.4	Metodika navrhování servisních robotů	32
2.4.1	Metodika servisního scénáře.....	34
2.4.2	Metodika postupu navrhování servisních robotů.....	38
2.4.3	Metodika optimalizace struktury mobilních servisních robotů	44
2.4.4	Příklady metodiky řešení mobilních servisních robotů	45
3	APLIKACE KOLOVÝCH SERVISNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ.....	49
3.1	Klasifikace kolových lokomočních ústrojí	49
3.2	Koncepce kolových lokomočních ústrojí.....	52
3.3	Zásady pro navrhování koncepce kolových lokomočních ústrojí.....	58
3.4	Vybrané praktické aplikace kolových servisních robotických systémů.....	63
4	APLIKACE PÁSOVÝCH SERVISNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ.....	71
4.1	Klasifikace pásových lokomočních ústrojí.....	71
4.2	Koncepce pásových lokomočních ústrojí	74
4.3	Vybrané praktické aplikace pásových servisních robotických systémů	82
5	LITERATURA.....	88

1 ÚVOD KE STUDIU

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

Nasazování servisních robotů do nestrojírenských oblastí a trendy současného světového vývoje ukazují na široké spektrum možností jejich uplatnění i tam kde to doposud nebylo možné. Na rozdíl od průmyslových robotů a manipulátorů nacházejí využití především všude tam kde je požadavek na mobilitu robotu a nejedná se o výrobu produktu. Je to zřejmé už z definice, že servisní roboty se podílejí na nevýrobních činnostech. To znamená, že jsou nasazovány především do oblasti realizace zásahů různého charakteru, oblasti služeb a uspokojování nejrozumnějších potřeb lidí nebo firem a všude tam, kde může nastat ohrožení zdraví či života člověka.

Rozmanitost 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 u konkrétních aplikací. 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 tak aby byla zajištěna spolehlivost a funkčnost po dobu realizace celé mise.

Servisní robotické systémy nacházejí uplatnění všude tam kde je prostředí pro člověka nebezpečné, těžko dostupné či dokonce nedostupné. Jako příklad lze uvést všechny nestrojírenské oblasti se značným rozptylem servisních úloh nejrozumnějšího charakteru. Příkladem mohou být i extrémní servisní úlohy jako např. monitorování zamořeného prostředí radiací nebo chemickými látkami, monitorování kráterů sopek, průzkum podmořského dna, průzkum povrchu jiných planet apod. Mobilní servisní roboty určené k provádění nejrozumnějších servisních úloh jako např. inspekčních činností, provádění monitorování, manipulace s předměty a jejich transport, technologické činnosti apod. jsou často vybaveny manipulačními nástavbami, zásobníky a celou škálou dalších nastavbových modulů. Mohou tak provádět servisní úlohy transportního charakteru, manipulační činnosti, technologické operace, bezpečnostní zásahy různého charakteru 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 „Praktické aplikace servisních robotů“ představují studijní materiál ke studiu předmětu „Servisní roboty“, ve kterém jsou úlohy ve cvičení 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 APLIKACÍ SERVISNÍCH ROBOTŮ

Kapitola se zabývá definováním vybraných základních pojmů z oblasti klasifikace mobilního robotického servisního systému, klasifikací subsystémů, metodikou navrhování, metodikou scénáře servisní úlohy, postupem navrhování mobilního robotického servisního systému, tvorbou požadavkového listu, metodikou optimalizace struktury robotu apod.

2.1 Analýza současného trendu aplikací mobilních servisních robotů



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce získáte přehled

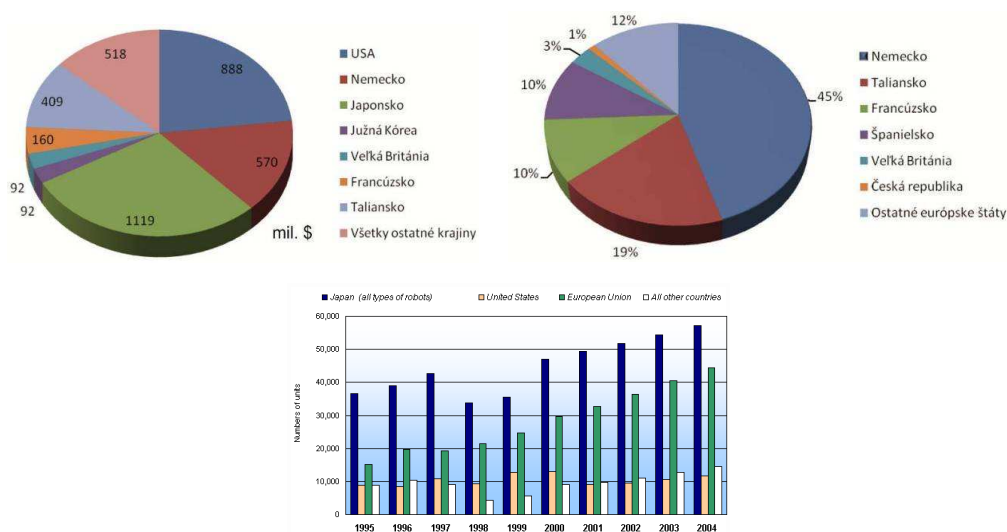


O nasazování mobilních servisních robotů.



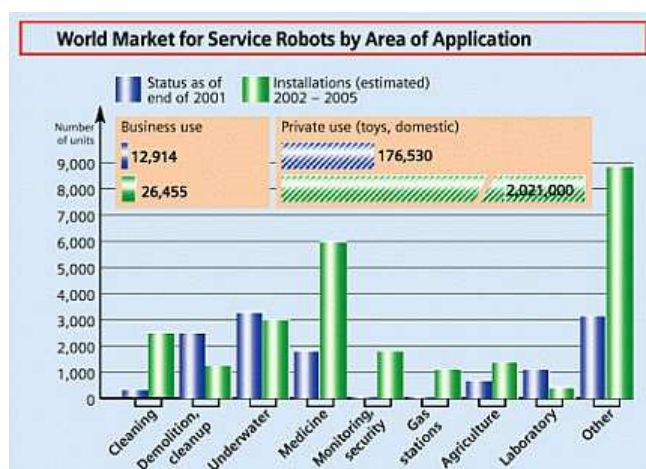
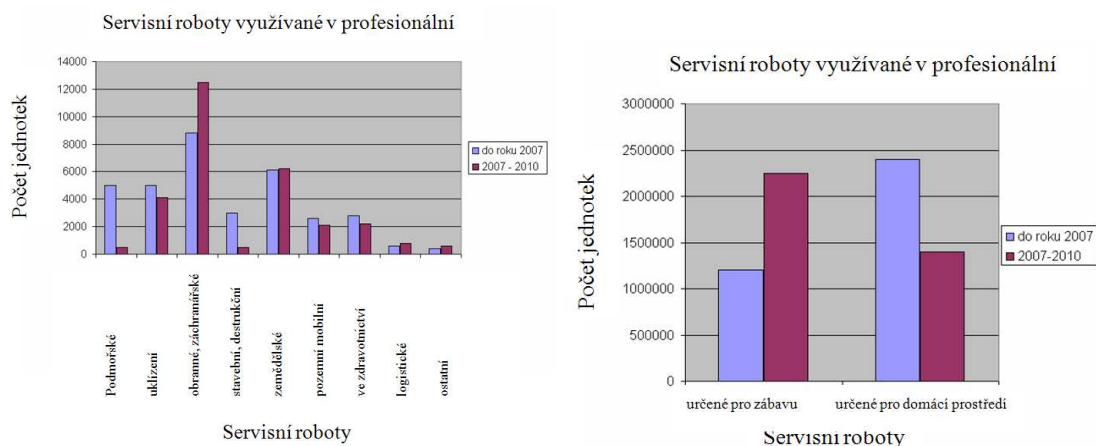
Výklad

Celosvětové přehledy o současných aplikacích robotických zařízení potvrzují, že kromě udržování tempa v „klasických“ aplikacích robotů (průmyslové roboty) pro výrobní průmyslové procesy, zaznamenali výraznou expanzi aplikace robotů do nestrojírenských a nevýrobních oblastí. Statistika Mezinárodní federace robotiky IFR uvádí, že v roce 2007 výrobci robotů na celém světě dosáhli v úhrnu obrát 5,8 miliardy USD. Pokud se k tomu přičtou výrobci robotických prostředků, které jsou určené pro systémovou integraci robotických prostředků dospěje se k obrátu ve výši 17 miliard USD. Nárůst aplikací robotických systémů se přesouvá do ostatních průmyslových odvětví, ale také do neprůmyslových a nevýrobních oblastí. Tato skutečnost významně ovlivňuje globální trendy vývoje robotů, obr. 2.1 (údaje World Robotics 2005) [8, 10, 15, 19, 25, 26, 30, 56].

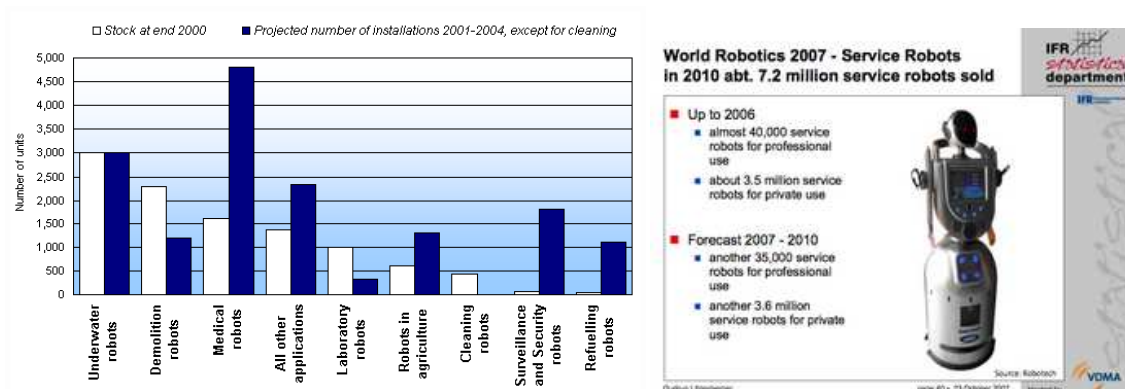


Obrázek 2.1- Trendy vývoje robotů

Vznik nové kategorie servisních robotů vyvolala a určila potřeba nevýrobní neprůmyslové praxe. Tato oblast zformulovala požadavky na jejich funkční znaky a charakteristiky vyplývající z jejich určení pro technologicky a technicky nové úlohy v oblasti servisních činností, jako i požadavky z jejich určení pro aplikační a provozně nové prostředí. Studie Ekonomické komise OSN a IFR dokladuje, že v letech 2003 až 2006 vzrostlo využívání servisních robotů o 2,19 mil. nových aplikací (startovací stav v roce 2003 byl 625 440 kusů). Potenciál potřeb servisních robotů dokladují analýzy současných aplikací robotických prostředků v různých nevýrobních a neprůmyslových oblastech (servisní sektor) jak znázorňuje obr. 2.2 a 2.3 [3, 7, 10, 13, 23, 30, 31, 32, 36, 40, 41, 46, 56].



Obrázek 2.2- Aplikace servisních robotických prostředků



Obrázek 2.3- Aplikace servisních robotických prostředků

Reálný potenciál a dynamický trend rozvoje těchto prostředků potvrzuje dopad současného celosvětového posunu inovačních zájmů z oblasti produkčních úloh do oblasti tzv. servisních úloh, čímž se potvrzuje vznik nového sektoru lidských a ekonomických aktivit, tzv. sektoru servisního průmyslu. Technické zabezpečení takového sektoru dává za vznik nových servisních úloh:

- výzkumu a vývoji sofistikovanějších, efektivnějších a technicky složitějších, případně generačně nových technologií servisních činností řešených na vyšší úrovni automatizace,
- výzkumu a vývoji nových typů a nových generací technických prostředků potřebných pro realizaci zaváděných technologií servisních činností,
- výzkumu a vývoji nových generací a nových typů servisních robotů pro automatizaci jednotlivých oblastí aplikací nových technologií servisních činností,
- specializace odborné výchovy a přípravy odborníků pro navrhování, nasazování a provozu technických systémů pro nové servisní technologie, jakož i pro související servisní robotické systémy, zejména na úrovni středního a vysokoškolského vzdělávání,
- vzniku technického a provozního zázemí pro navrhování, projektování a výrobní produkci technických servisních systémů a servisních robotických systémů a rovněž pro jejich servis.

Informace z technické a provozní praxe potvrzují významný nárůst požadavků na automatizaci servisních činností, ale také nárůst jejich aplikací. Je však nutno poznamenat, že vznik a realizace těchto požadavků je ze systémového pohledu automatizace a robotizace (jako i servisní robotiky) samovolná. Jako příklad realizovaných požadavků lze uvést automatizaci zemních prací při výstavbě tunelů; automatizaci zemních prací při výstavbě dálkových rozvodů; automatizaci identifikace a likvidace nebezpečných materiálů; automatizaci částí zemědělských a lesních prací; automatizaci údržby dálkových rozvodů; automatizaci obsluhy a manipulace s imobilními jedinci; apod.

Rozvoj servisní robotiky z hlediska samostatného koncepčně a finančně cíleného programu v domácích podmínkách, zachytávající trend a tempo jeho rozvoje ve světě, s ohledem na současné hospodářské a ekonomické poměry, není reálný. Požadovaný rozvoj servisní robotiky však lze založit na tematických programech zařazených do různých rozvojových programů aplikačně vhodných sektorů (městske prostředí, zdravotnictví, zemědělství, lesnictví, stavebnictví, vojenství apod.).

V části výzkumu a přípravy odborníků pro servisní robotiku, s ohledem na vytváření společného evropského výzkumného, resp. vzdělávacího prostoru, lze otevřít náměty na společnou aktivitu univerzitních pracovišť ČR s vybranými zahraničními pracovišti (především ze SR a krajín střední Evropy). Takto vzniklé aktivity jsou v této etapě rozvoje servisní robotiky v našich regionech, resp. etapě otvírání se evropskému prostoru průchodnější a reálnější, než aktivity s přímým vstupem do konkurenčního obsazeného a vyspělejšího evropského prostoru.

Světověznámý autor vědeckofantastické literatury Isaac Asimov ve své knize povídek I, Robot (1950, překlad Já robot v češtině, 1981) formou pravidel, které omezovaly a určovaly chování robotů, odhadoval vývoj v oblasti robotiky. Jeho formulace zákonů zní:



Pojmy k zapamatování

1. robot nesmí ublížit člověku, nebo svou nečinností dopustit, aby člověku bylo ublíženo,
2. robot musí poslouchat příkazy člověka kromě případů, když tyto příkazy jsou v rozporu s prvním zákonem,
3. robot musí chránit sám sebe před zničením, kromě případů, když tato ochrana je v rozporu s prvním nebo druhým zákonem.

Tyto zákony se staly jakousi bází nejen v oblasti science fiction, ale také v části vědeckých a vývojových kruhů zabývajících se robotikou (servisní robotikou zvláště). Robotika se stává reálným prostorem dotyku morálky, etiky a řízení vývoje zejména aplikace techniky. Naplňování těchto pravidel je v rukách všech účastníků dalšího vývoje servisní robotiky, jak je znázorněno např. na obr. 2.4 [19, 56].



Obrázek 2.4- Servisní robotika



Shrnutí pojmů 2.1.

Servisní robot, služby, servisní úloha, zákony robotiky.



Otázky 2.1.

1. Které nestrojírenské oblasti zaznamenávají největší nárůst aplikací servisních robotických prostředků?
2. Jaké jsou tři zákony robotiky?



Odměna a odpočinek

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

2.2 Klasifikace mobilního robotického servisního systému



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- ✚ Definovat strukturu servisního robotu.
- ✚ Definovat základní subsystémy servisního robotu.

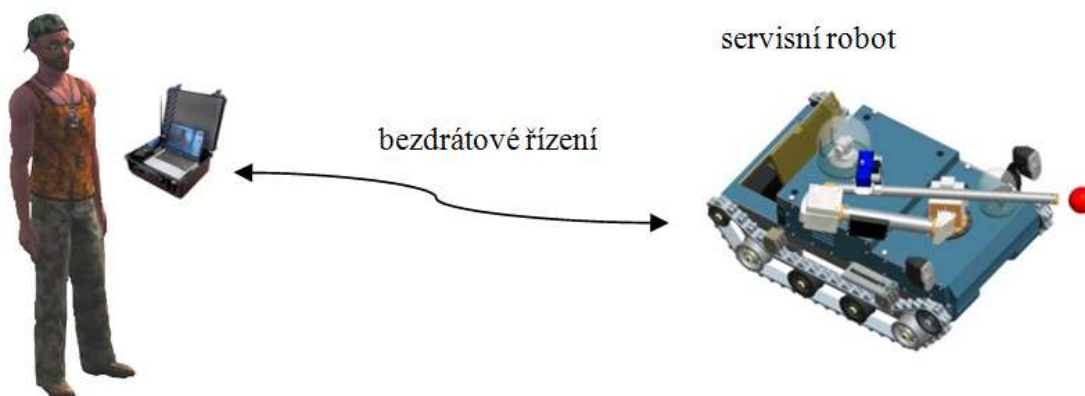


Výklad

Mobilní servisní robot (MSR) lze chápat jako počítačem řízený integrovaný technický (mechanický, mechatronický) systém, schopný samostatného pohybu v prostoru pomocí vlastního lokomočního ústrojí a autonomní, cílově orientované interakce s reálným okolním prostředím pomocí prostředků umělé inteligence v souladu s instrukcemi operátora (člověka), případně podle instrukcí modelu chování, nebo podle instrukcí řízení události, jak je znázorněno na obr. 2.5. Interakce MSR s okolním prostředím spočívá ve vnímání a rozpoznávání prostředí, v cílově programovaném pohybu v tomto prostředí a cílově programované realizaci zadaná pracovní úlohy [2, 3, 5, 11, 12, 14, 16, 19, 20, 22, 23, 29, 56].

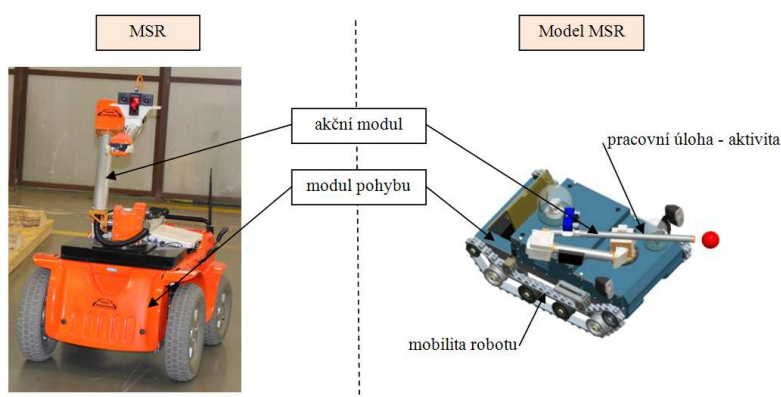
MSR představují kategorii robotů s velkým podílem koncepčně a principiálně nových řešení a konstrukcí. V současnosti každý realizovaný MSR představuje originální řešení. Přehled realizovaných MSR dokumentuje různorodost koncepčních a konstrukčních řešení využívaných pro jejich realizaci.

stanice operátora



Obrázek 2.5- Mobilní servisní robot

Z pohledu zabezpečení realizace hlavních úloh SR lze koncepci stavby MSR (prezentovanou funkční, orgánovou a stavební strukturou technického systému) obecně popsat podle obr. 2.6, funkčními skupinami a mechanismy realizujícími mobilitu (pohyb) MSR v operačním prostoru (modul pohybu - lokomoce), skupinami a mechanismy realizujícími provedení požadované pracovní úlohy (akční modul - aplikace).



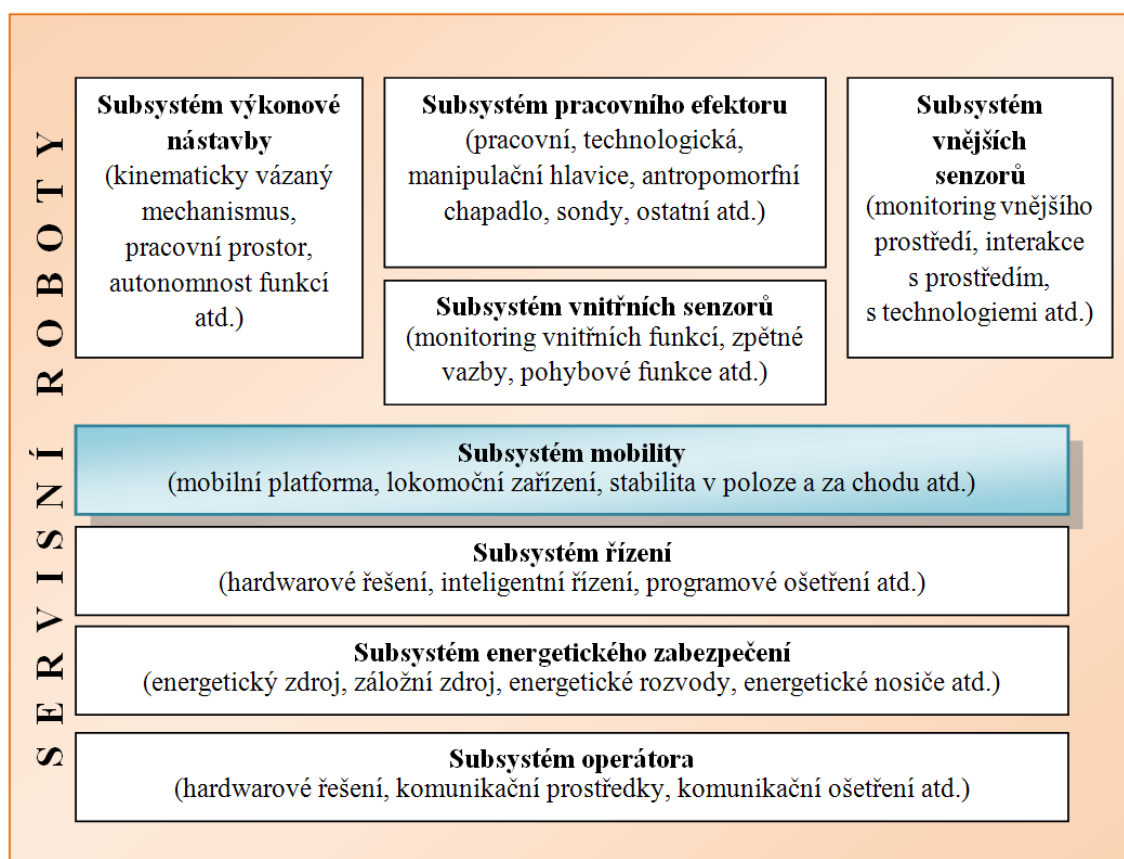
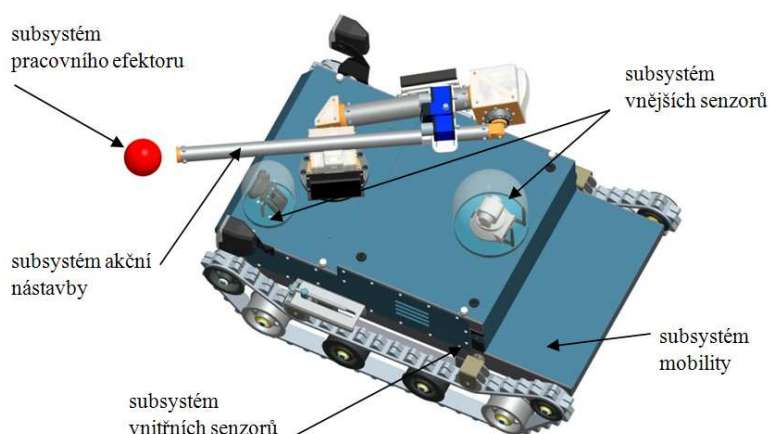
Obrázek 2.6- Model koncepce stavby MSR

Pro návrh, konstrukci, realizaci a aplikaci MSR, v souladu se zásadami všeobecné metodiky navrhování strojních systémů a zásadami všeobecné metodiky projektování aplikací strojních systémů, je nutno především vymezit:

- funkce MSR a vytvořit jeho funkční strukturu jako nejobecnější představu o SR, pro potřeby jeho popisu jakožto technického systému (stavební struktura), který optimálně realizuje požadované výstupní účinky (účelové funkce potřebné pro vykonání zadané servisní úlohy),
- profil požadavků na MSR a to transformací požadavků vyplývajících z aplikace MSR do jeho vlastnosti, charakteristik a parametrů,
- metody a prostředky navrhování a konstruování MSR,
- metody a prostředky projektování a nasazování (aplikace) MSR,
- metody a prostředky provozování MSR.

MSR z pohledu koncepce funkčního uspořádání (modul pohybu, akční modul), vnitřní struktury a konstrukčního přístupu, vykazují určité společné konstrukční znaky a funkční vlastnosti - mobilita v operačním prostoru (modul pohybu), kontakt s objekty dislokovanými v operačním prostoru (modul pohybu, akční modul), inteligentní pohyb a chování v operačním prostoru (modul pohybu, akční modul), adaptibilita vztahu pohyb / aplikovaná servisní technologie / objekt aplikace, spolupráce s operátorem apod. Tato skutečnost potvrzuje, že MSR jsou sestavené z řady funkčně ohraničených konstrukčně příbuzných skupin a uzlů nutných k realizaci funkcí MSR. Správná funkce těchto skupin a uzlů v sestavě MSR je podmíněná jejich vhodnými vlastnostmi / parametry a jejich vzájemnými vazbami. Zásady metodiky konstruování strojních systémů doporučují takto koncipovaný technický systém dekomponovat na jednotlivé subsystémy, které jsou vázané mezi sebou vzájemnými vazbami a spolu naplňují požadovanou funkci celého systému.

Z pohledu systémového přístupu lze MSR definovat a popsat jako strukturovaný inteligentní technický systém sestavený z funkčně a konstrukčně vázaných subsystémů, přičemž každý subsystém lze dále dekomponovat na funkčně a konstrukčně vázané funkční skupiny, podskupiny, agregáty a prvky. Na bázi uvedeného přístupu a při zohlednění současných poznatků o MSR, jako i analýzy jejich současných řešení, možno zformulovat a uspořádat systémové znaky MSR, jakožto strukturovanou sestavu funkčně vázaných subsystémů sestavených do zobecněného systémového modelu MSR, jak je znázorněno na obr. 2.7.



Obrázek 2.7- Systémový model MSR



Pojmy k zapamatování

Subsystém akční nástavby – akční mechanismus (součást aplikačního modulu) pro realizaci pracovní úlohy MSR s využitím funkcí subsystému pracovního efektoru, tj. účelový (univerzální) kinematicky prostorově vázaný mechanismus, definovaný autonomností funkcí a vlastním pracovním prostorem, pro realizaci naprogramovaného prostorového pohybu pracovního efektoru při plnění zadané servisní úlohy (technologické úlohy, manipulační úlohy, pomocné úlohy). Subsystém je funkčně a konstrukčně propojený na subsystém mobility a subsystém pracovního efektoru.

Subsystém pracovního efektoru – pracovní hlavice (součást aplikačního modulu) pro přímý technologický výkon zadané servisní úlohy, tj. účelový (univerzální) mechanismus (technologická hlavice, uchopovací hlavice, speciální hlavice) pro realizaci zadané servisní úlohy. Subsystém je funkčně a konstrukčně propojený na subsystém akční nástavby.

Subsystém mobility – zařízení (modul pohybu) realizuje požadovaný pohyb (lokomoci) MSR v jeho pracovním (operačním) prostoru, tj. zařízení (lokomoční zařízení, platforma mobility) pro realizaci pohybu MSR vybraným principem mechaniky pohybu. Subsystém je mechanickou platformou pro montáž a funkční propojení se subsystémem akční nástavby.

Subsystém vnitřních senzorů – sestava vybraných typů senzorů snímajících a monitorujících okamžitý stav vybraných funkčních skupin a uzlů subsystému akční nástavby, mobility a koncového efektoru, jako i jejich funkční aktivity pro potřeby jejich automatického řízení. Subsystém je součástí uspořádání subsystému mobility, akční nástavby a pracovního efektoru. Subsystém má být kompatibilní na subsystém řízení.

Subsystém vnějších senzorů – sestava vybraných typů senzorů snímajících a monitorujících okamžitou polohu MSR v jeho operačním prostoru, monitorujících stav pracovní scény MSR a monitorujících vnější operační prostor z pohledu dislokace a rozložení souvisejících cizích (spolupracujících) objektů, jako i monitorujících výsledky pracovní úlohy při styku s vnějším prostředím pro potřeby navigace MSR a automatického řízení chování MSR. Subsystém je součástí uspořádání subsystému mobility, akční nástavby a pracovního efektoru. Subsystém má být kompatibilní na subsystém řízení a navigace.

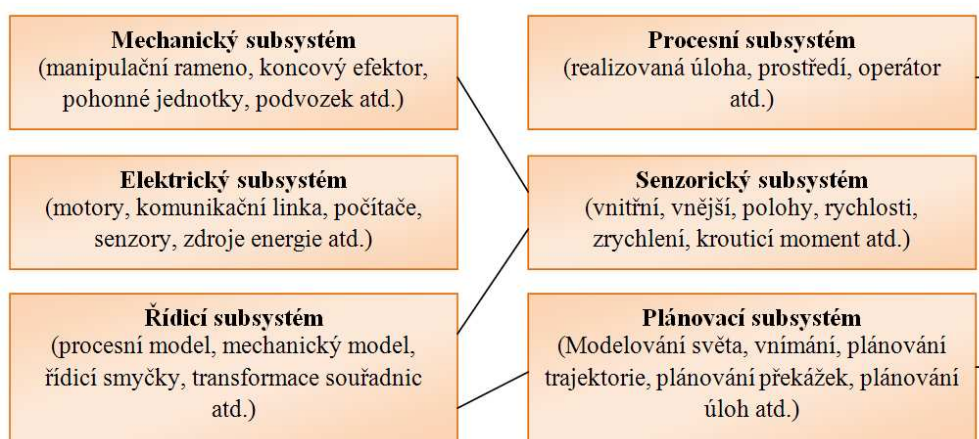
Subsystém řízení a navigace – sestava potřebného HW a SW pro programové ošetření, automatické řízení inteligentního chování a navigace MSR při plnění jeho pracovní úlohy a realizaci jeho inteligentního pohybu v zadaném operačním prostoru. Subsystém má být kompatibilní na subsystém mobility, akční nástavby a pracovního efektoru.

Subsystém energetického zabezpečení – sestava odpovídajících zdrojů, prvků, uzlů a rozvodů energetického zabezpečení provozu MSR, včetně energetické zálohy. Subsystém má být kompatibilní na subsystém mobility, akční nástavby, pracovního efektoru a subsystém řízení a navigace. Energie může být přivedena z venku (externí zdroj), resp. akumulovaná (energie se uchovává a při činnosti MSR se s jistou účinností vydává, energie se nabíjí a vybíjí).

Subsystém operátora – sestava odpovídajícího HW, SW a komunikačních prostředků zabezpečujících komunikační ošetření interakce / spolupráce operátor - MSR, pro potřeby operativního řízení MSR a potřeby řízení realizace pracovní úlohy MSR ve vztahu na operační a pracovní prostředí. Subsystém má být kompatibilní na subsystém řízení a navigace.

Kromě uvedeného pohledu na systémový model MSR současná teorie robotiky orientovaná více na elektronicky přístup k MSR, předkládá systémový model MSR, jak je znázorněno na obr. 2.8, zformulovaný na subsystémech vyhraněně ohraničujících funkce mechanických, elektrických a elektronických soustav konstrukce MSR [19, 24, 27, 28, 34, 35, 37, 50, 51, 52, 53, 56].

Na tento přístup k systémovému pohledu na MSR navazuje „klasický“ pohled rozdělující složitý mechanismus na část mechanickou a elektrickou / řídicí, jak je znázorněno na obr. 2.9. Tento přístup přináší systémové bloky / subsystémy: *machinware* (mechanická část, implicitní část mechanického a elektrického (silnoproudého, slaboproudého) subsystému); *hardware* (fyzická výbava řídicího, počítačového vybavení, implicitní část řídicího subsystému a subsystému senzorů) a *software* (SW vybavení řízení, implicitní část plánovacího a řídicího subsystému); *brainware* (SW vybavení pro plánovací a procesní subsystém na bázi znalostních a expertních systémů, implicitní část procesního a plánovacího subsystému), současně respektuje, že s výjimkou procesního subsystému, který je obvykle vevnitř stavby MSR, jsou všechny ostatní subsystémy fyzickou součástí MSR.



Obrázek 2.8- Systémový model MSR – elektronický přístup

MOBILNÍ SERVISNÍ ROBOT	Mechanická část (machinware)	Lokomoční mechanismus Akční mechanismus (polohovací, orientační mechanismus) Koncový efektor Systém výměny efektorů	MACHINWARE Lokomoční ústrojí Vlastní pohonné jednotky Elektrická palubní síť Signální palubní síť Účelová nástavba Periferní vybavení účelové nástavby
	Řídicí část (hardware, software, brainware)	Zdroje energií Energetické, řídicí rozvody Řídicí systém Vnitřní systém Panel operátora SW pro řízení činnosti SW pro plánování a procesní řízení	HARDWARE Měníče elektrické energie pohonných jednotek Elektronika pro řízení pohonů Senzorické podsystémy Elektronika pro řízení senzorického podsystému Monitorig stavu zdrojů energie Vlastní řídicí systém SR Jednotka styku s operátorem SOFTWARE, BRAINWARE Řízení lokomoce (pohybu) Plánování činnosti Navigace (lokální, globální) Řízení účelové nástavby

Obrázek 2.9- Systémový model MSR – klasický mechanický přístup

Všeobecně lze robot chápat také jako kybernetický systém (prvky, informační závislosti mezi prvky, závislost prvků a prostředí). V aplikaci lze MSR chápat jako kybernetický systém sestavený z kognitivního subsystému (vykonávání všech rozhodovacích a řídicích procesů a činností), senzorického subsystému (sběr a předzpracování informací o prostředí) a motorického subsystému (aktivní působení na prostředí).



Shrnutí pojmů 2.2.

Servisní robot, subsystém akční nástavby, subsystém pracovního efektoru, subsystém mobility, subsystém vnitřních senzorů, subsystém vnějších senzorů, subsystém řízení a navigace, subsystém energetického zabezpečení, subsystém operátora.



Otázky 2.2.

3. Z jakých subsystémů se skládá servisní robot?
4. Co je to subsystém mobility?

2.3 Klasifikace subsystémů mobilního robotického servisního systému



Čas ke studiu: 4 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Definovat subsystém akční nástavby mobilního servisního robotu.
- Definovat koncového efektoru akční nástavby mobilního servisního robotu.
- Definovat subsystém vnitřních a vnějších senzorů mobilního servisního robotu.
- Definovat subsystém mobility mobilního servisního robotu.
- Definovat subsystém řízení a navigace mobilního servisního robotu.
- Definovat subsystém energetického zabezpečení mobilního servisního robotu.
- Definovat subsystém operátora mobilního servisního robotu.



Výklad

Realizace prostorového pohybu pracovního efektoru při vykonávání zadané pracovní úlohy, vzhledem na různorodost aplikací MSR a požadovaných servisních úloh, může být principiálně a koncepčně řešeno různými přístupy.

2.3.1 Subsystém akční nástavby

Podle charakteru pracovních úloh MSR (technologická, manipulační, pomocná) mechanismus akční nástavby realizující nadefinovanou pracovní úlohu (pracovní výkon subsystému) - akční mechanismus MSR může být řešený jako: [19, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 56, 65, 66, 68, 70]

- kinematicky vázaný prostorový mechanismus (robotické rameno) sestavený z polohovacího a orientačního ústrojí na principu manipulačního ramena (analogie s PR), včetně zápěstí opatřeného mechanickým interfejsem pro montáž koncového efektoru, případně automatickou výměnu koncových efektorů. Takto řešený akční mechanismus může mít 1 až n stupňů volnosti realizovaných pomocí translačních a rotačních kinematických dvojíc. Příklady řešení akční nástavby MSR jsou znázorněny na obr. 2.10. Na obr. 2.10 a) je znázorněné robotické rameno pro manipulaci s nebezpečným materiálem; b) modulární systém robotického ramena; c) robotické rameno pro modely „agent“ SR (např. jemné operace - otvírání dveří, podávání potravy apod.); d) robotické rameno kloubové konstrukce pro širší možnosti využití,



Obrázek 2.10 – Příklady řešení subsystému akční nástavby

- účelový funkční mechanismus sestavený z mechanismů plnících částečné autonomní funkce autonomní aktivity subsystému a MSR. Mechanismus může být postavený na různých fyzikálních a mechanických principech. Mechanismus může mít 0 až n stupňů volnosti realizovaných pomocí translačních, rotačních, případně speciálních kinematických dvojíc. Příklad několika řešení výkonné nástavby MSR je znázorněno na obr. 2.11. Na obr. 2.11 a) je mechanismus vysokozdvížné plošiny na údržbu a servis letecké techniky; b) dopravná plošina pro transport těžkých nákladů; c) dopravní plošina určená na transport jednotlivce; d) dopravní sedačka určená na pohyb imobilního jedince; e) robotické rameno typu „chobot“ pro monitoring v jaderných elektrárnách; f) účelová nástavba pro monitoring prostředí.



Obrázek 2.11 – Příklady subsystému akční nástavby řešených účelovým mechanismem

2.3.2 Subsystém koncového efektoru

Subsystém koncového efektoru je autonomní funkční částí MSR, podle charakteru a požadavků jeho aplikace určuje využití subsystému akční nástavby a tým také MSR. Rozmanitost aplikací MSR vytváří prostor pro škálu využití a různorodost typů a principů koncových efektorů. Koncový efektor je funkčně samostatné zařízení určené pro mechanické připojení na subsystém akční nástavby MSR, které umožňuje MSR vykonávat stanovenou úlohu. Šířka aplikací MSR a různorodost jejich úloh dává možnost převzít klasifikaci koncových efektorů PR, jak je znázorněno na obr. 2.12, podle kategorií charakterizujících jejich určení (hlavní funkci) [1, 4, 5, 15, 17, 18, 19, 21, 26, 45, 46, 49, 54, 56].

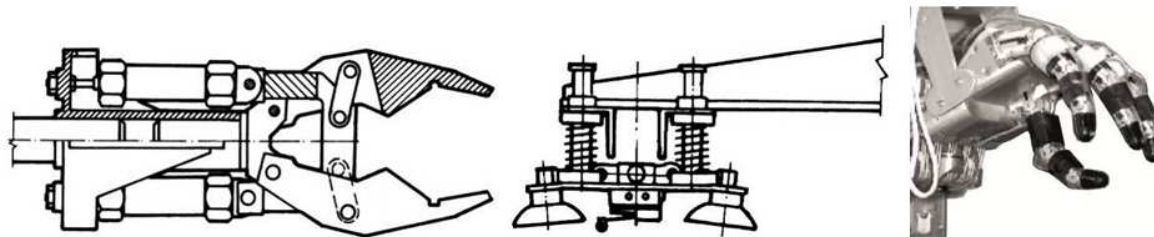


Obrázek 2.12 – Klasifikace koncových efektorů



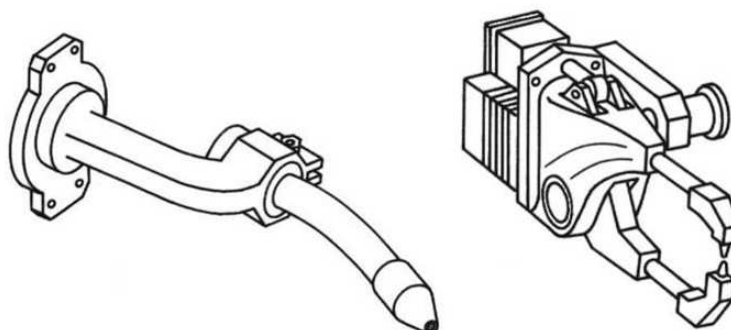
Pojmy k zapamatování

Uchopovací hlavice – koncové efekторы (chabadla), viz příklady na obr. 2.13, jsou určené pro manipulační úlohy, tj. uchopování objektů, sevření a držení předmětu manipulace po dobu jeho přemísťování, případně po dobu aktivní manipulace s ním. Současně se podílejí na realizaci polohování a orientace předmětů manipulace v kontaktních místech plnění servisní úlohy.



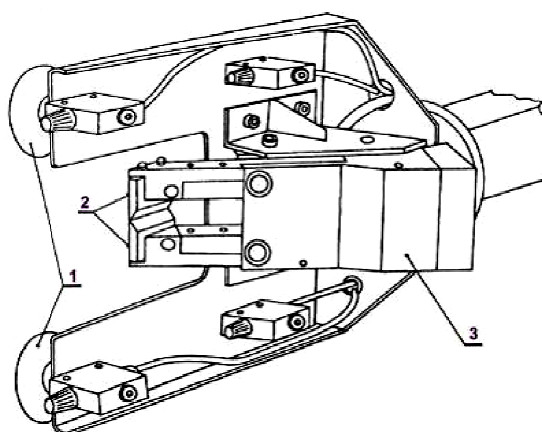
Obrázek 2.13 – Příklady uchopovacích hlavic

Technologické hlavice – koncové efekty (pracovní hlavice), viz příklady na obr. 2.14, jsou určené pro technologickou úlohu, tj. hlavice typu „technologický nástroj“ pro vykonávání požadované technologie. Polohování a orientace hlavice podle potřeb plnění servisní úlohy zabezpečuje subsystém výkonné nástavby, případně také subsystém mobility.



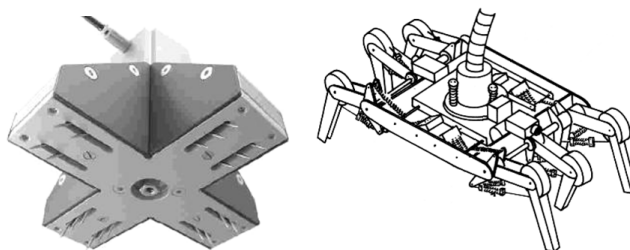
Obrázek 2.14 – Příklady technologických hlavic

Kombinované hlavice – multifunkční koncové efekty, viz příklady na obr. 2.15, jsou určené pro kombinované úlohy (technologické, manipulační, speciální). Polohování a orientace hlavice podle potřeb plnění servisní úlohy zabezpečuje subsystém výkonné nástavby, případně také subsystém mobility.



Obrázek 2.15 – Příklady kombinované hlavic

Speciální hlavice – speciální koncové efekty, viz příklady na obr. 2.16, jsou určené pro úlohy, které z pohledu systémového přístupu se nedají zařadit do předcházejících kategorií. Polohování a orientace hlavice podle potřeb plnění servisní úlohy zabezpečuje subsystém výkonné nástavby, případně také subsystém mobility.



Obrázek 2.16 – Příklady speciálních hlavic

2.3.3 Subsystem vnitřních a vnějších senzorů

Senzorické subsystemy jsou realizované výběrem sestavy vhodných typů senzorů (snímačů) pro snímání a monitorování vnitřních funkcí (okamžitý stav vybraných funkčních skupin a uzlů subsystemu akční nástavby, mobility a koncového efektoru apod.), pro snímání a monitorování vnějších funkcí (okamžitá poloha MSR v operačním prostoru; stav pracovní scény; stav operačního prostoru z pohledu dislokace a rozložení souvisejících cizích objektů apod.), jako rozhraní mezi vnitřním a vnějším prostředím MSR pro potřeby automatického řízení, chování a navigace MSR. Sensory jsou součástí konstrukčního řešení a funkčního uspořádání odpovídajících subsystemů MSR (mobility, akční nástavby, pracovního efektoru) [12, 18, 19, 21, 23, 26, 30, 54, 56, 60].



Pojmy k zapamatování

Senzorický subsystem z pohledu funkcí MSR musí zabezpečit:

- senzorické funkce související s monitoringem a identifikací vnitřního stavu a funkční aktivity (otáčky, směr otáčení, tlak, teplota, poloha, rychlost, stav baterií apod.) vybraných (určených) funkčních částí subsystemu akční nástavby, mobility a koncového efektoru, pro potřeby jeho řízení (vnitřní senzorický subsystem), na základě těchto informací řídicí systém pomocí kinematického modelu určuje jejich vliv na pohyb MSR – subsystem vnitřních (interních) senzorů,
- senzorické funkce související s monitoringem vlastností, jevů a stavů okolního prostředí (poloha, vzdálenost, překážka, teplota, tlak, znečištění apod.) ve kterém je MSR aplikovaný, pro potřeby jeho navigace (lokální, globální), řízení a adaptability v zadaných pracovních podmínkách, na základě informací o poloze a orientaci vůči globálnímu souřadnicovému systému se realizuje globální navigace – subsystem vnějších (externích) senzorů,
- senzorické funkce související s monitoringem a identifikací parametrů technologie realizované pracovní úlohy (přesnost, výkon, poloha nástroje, poloha spolupracujících objektů apod.), jako i výsledků pracovní úlohy pro potřeby řízení a adaptability v zadaných technologických a pracovních podmínkách – subsystem vnějších (externích) senzorů.

Architektura řešení subsystemu od nejjednodušších až po nejsložitější inteligentní senzorické systémy musí především splňovat požadavek jednoznačné identifikace sledovaného parametru, jednoznačné závislosti výstupní veličiny na vstupní veličině, požadované přesnosti a citlivosti, požadované rychlosti snímání dat, požadovaného

předzpracování dat, požadované spolehlivosti přenosu dat pro jejich další hierarchicky vyšší zpracování.

Současný trh nabízí široký sortiment různých typů (dotykových, bezdotykových) senzorů s různými technickými parametry a funkčními vlastnostmi, pracujících na optickém principu (senzory snímající světelné vlny s různými vlnovými délkami), zvukovém (sonary a snímače zvukových vln), elektromagnetickém (různé druhy kompasů a elektrických zařízení), případně jiném. Tato skutečnost umožňuje řešit konkrétní aplikace sensorických systémů na různé technické úrovni (klasické, inteligentní). Řešení musí zaručit zabezpečení a ošetření požadovaných sensorických funkcí v celkovém informačním systému MSR a musí být svým rozhraním kompatibilní na subsystém řízení a navigace MSR.

Senzory pro vnitřní sensorický systém poskytují informace o stavu a funkčnosti subsystémů MSR. Pro diagnostiku funkcí a stavu je to např. stav baterie, kontrola teploty vybraných uzlů apod. Pro potřeby řízení to jsou informace o akčním subsystému, což je většinou poloha a rychlost pohybu jednotlivých pohonů. Pro řízení subsystému mobility to jsou informace o pohonech pohybového ústrojí (poloha, rychlost apod.), jeho kontaktu s podložkou. Pro řízení subsystému pracovního efektoru to jsou obvykle informace o pohonu, upínací síle, kontaktu s objektem manipulace. Jako příklad vnitřních senzorů, jak je znázorněno na obr. 2.17, lze uvést: senzory pro měření pohybových veličin (snímání veličiny – délka, úhel, otáčky, zrychlení, princip analogového snímače – odporový, indukční, kapacitní, případně číslicový snímač – inkrementální přírůstkový, inkrementální absolutní), senzory pro měření silových veličin (snímání veličiny – síla, tlak, chvění, krouticí moment, princip analogového snímače – odporový, indukční, kapacitní), senzory pro měření tepelných veličin a záření (snímání veličiny – teplota, elektrické dotykové teploměry, elektrické detektory záření, pyrometry), senzory pro měření fotometrických veličin (snímání veličiny – fotoefekt, fotoelektrický jev, termoelektrický jev, senzory svítivosti, luxmetry).



Obrázek 2.17 – Příklady sensorického vybavení

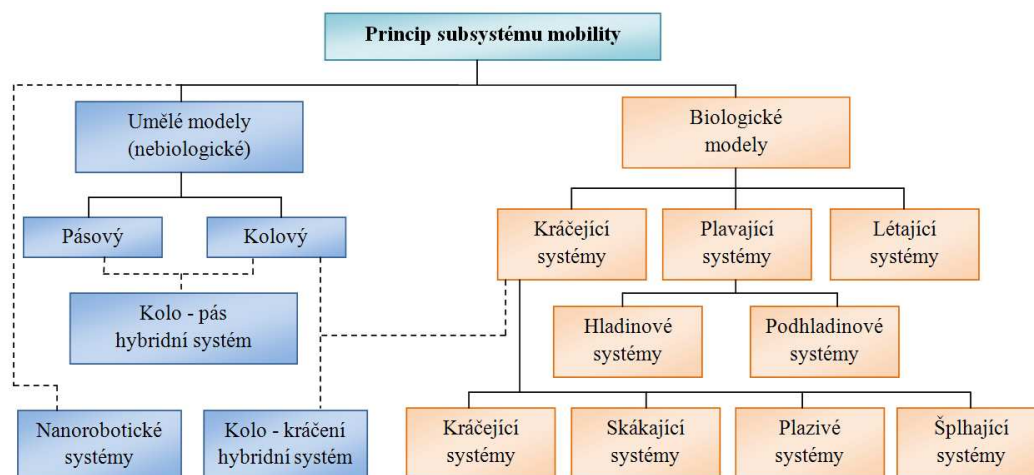
Senzory pro vnější sensorický systém slouží k získávání informací z okolí MSR a jeho operačního prostředí. Z hlediska funkce se nejčastěji využívají k orientaci a navigaci MSR (globální, lokální navigace), informace ze senzorů (výstupy, data, údaje) přes sběrnice jsou exportované do subsystému řízení (řídící systém) na zpracování a vyhodnocení (stanovení úrovně hodnoty, výpočet apod.). Jako příklad vnějšího senzoru lze uvést: senzory pro měření

geometrických veličin prostoru / vzdálenosti / polohy (snímání veličiny – délka, úhel, snímání dotyku / vzdálenosti, kontaktní spínač, optoelektronický snímač, zvukoměr, sonar, elektronický kompas, infračervený senzor apod.), senzory pro měření tepelných veličin (snímání veličiny – teplota, elektrické detektory záření, pyrometry apod.), senzory pro měření fotometrických veličin (snímání veličiny – fotoefekt, fotoelektrický jev, termoelektrický jev, senzory svítivosti, luxmetry, kamery apod.).

2.3.4 Subsyntém mobility

Specifickým znakem MSR je jeho schopnost autonomního inteligentního automatického pohybu v operačním prostoru - **mobilita**. Mobilita MSR se chápá jako jeho schopnost volného a rychlého pohybu zvoleným terénem za účelem splnění zadaných cílů a úloh. Mobilitu lze prezentovat jako **akční mobilitu** (zrychlení, maximální rychlost, překonávání překážek apod.), **taktická mobilita** (pohyblivost a přepravitelnost MSR v rámci operačního prostředí nasazení) a **strategická mobilita** (přepravitelnost, případně. Pohyblivost MSR mezi různými místy nasazení).

Tento znak MSR funkčně realizuje subsystém mobility, jeho úlohou je realizace naprogramovaného a operativně měněného pohybu v operačním prostoru, zastavení a orientace MSR v operačním prostoru, jako i stabilita MSR v průběhu jeho pohybu a jeho stabilita v určené pracovní poloze a také při výkonu jeho pracovní úlohy. Všeobecné požadavky na subsystém mobility jsou zejména: pohyb v určených (všech) směrech, zatáčení nebo rotace na určeném (malém) operačním prostoru, okamžitá (časová, geometrická) změna směru pohybu, vysoká manévrovací schopnost na vymezené ploše, vysoká dynamika pohybu, průchodnost, nosnost, minimální obrysové rozměry, stoupavost, stabilita (statická, dynamická) apod.

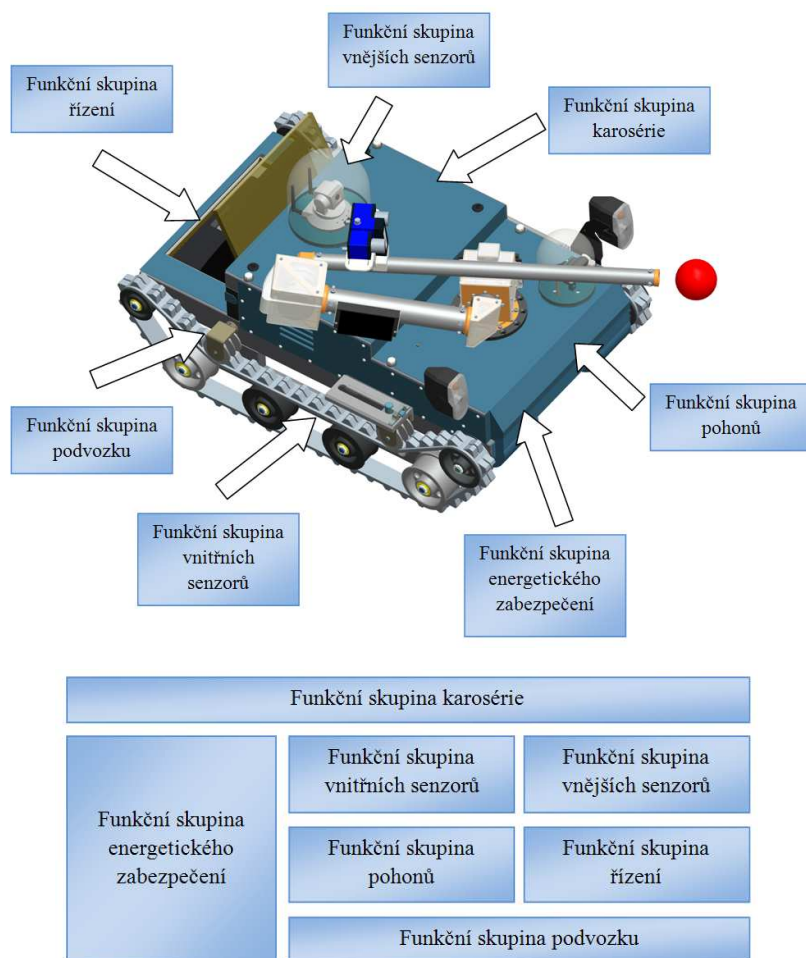


Obrázek 2.18 – Princip lokomoce subsystému mobility

Mobilitu MSR realizuje lokomoční ústrojí / pohybový mechanismus sestavený na různém principu lokomoce vycházející z biologických vzorů (inspirace z pohybu živočichů, z pohybového ústrojí živočichů), případně umělých modelů (inspirace z historického vývoje techniky, z technických prvků umožňujících realizaci pohybu), jak je znázorněno na obr. 2.18. Technika a technologie realizace pohybu a přemísťování je přímo vázaná na charakter a vlastnosti pracovního prostoru MSR, na koncepci jeho řešení a návazně na koncepci řešení

samotného subsystému mobility MSR. Řešení mechanismu lokomoce v rámci subsystému mobility výrazně ovlivňuje konstrukci a dizajn celého MSR, z uvedeného důvodu je vhodné věnovat mu větší pozornost [5, 6, 8, 10,12,13, 16, 19, 20, 28, 30, 32, 33, 36, 38, 47, 48, 56].

Při zohlednění současných všeobecných poznatků o MSR, jako i analýzy současných řešení MSR, lze rozvinout systémový model subsystému mobility MSR a zformulovat uspořádání jeho systémových znaků a jeho struktury. Subsystém mobility lze definovat jako strukturovanou sestavu vázaných funkčních skupin funkčně sestavených do systémového modelu, jak je znázorněno na obr. 2.19.



Obrázek 2.19 – systémový model subsystému mobility



Pojmy k zapamatování

Funkční skupina karosérie – funkční samostatná a konstrukčně vázaná skupina zabezpečující krytování všech funkčních skupin subsystému mobility a jejich ochranu před vlivy pracovního prostředí, jako i jejich ochranu před zásahem nepovolaných osob. Tato skupina současně tvoří také dizajn vlastního MSR.

Funkční skupina vnějších senzorů – funkčně samostatná a konstrukčně vázaná skupina senzorů zabezpečující interakci subsystému mobility s okolím prostředím, případně ve vybraných případech také s technologií servisní úlohy. Tato skupina je součástí koncepce řešení subsystému vnějších senzorů MSR.

Funkční skupina vnitřních senzorů – funkčně samostatná a konstrukčně vázaná skupina senzorů zabezpečující monitoring vybraných vnitřních funkcí a parametrů subsystému mobility. Tato skupina je součástí koncepce řešení subsystému vnitřních senzorů MSR.

Funkční skupina řízení – funkčně samostatná a konstrukčně vázaná skupina sestavená z potřebného HW a SW určeného pro programové ošetření, automatické řízení a navigaci MSR. Tato skupina bývá identická se subsystémem řízení a navigace MSR.

Funkční skupina energetického zabezpečení – funkčně samostatná a konstrukčně vázaná skupina sestavená z odpovídajících zdrojů, prvků, uzlů a rozvodů pro potřeby energetického zabezpečení spolehlivého provozu celého MSR. Skupina bývá identická se subsystémem energetického zabezpečení MSR.

Funkční skupina pohonů – funkčně a konstrukčně vázaná skupina sestavená z pohonných agregátů / jednotek (hnací ústrojí) určených pro pohon lokomočního ústrojí subsystému mobility MSR. Z energetického hlediska je to systém zabezpečující dodávku energie MSR pro jeho pohyb, tj. k překonávání jízdních odporů. Zpravidla je to mechanická energie rotačního pohybu, která se přivádí jako konečná forma k lokomočnímu ústrojí MSR. Výchozí forma energie může být různá, např. chemická (tepelné motory s vnitřním spalováním, chemická energie paliva), elektrická (elektromotor, energie přiváděná z venku, případně akumulovaná), hydraulická (hydromotor).

Funkční skupina podvozku – funkčně a konstrukčně vázaná skupina sestavená z funkčně rozhodujících podskupin reprezentujících rám (frame) a vlastní mechanismus lokomočního ústrojí subsystému mobility MSR. Použitý princip lokomoce výrazně ovlivňuje konstrukci skupiny podvozku, ale i celého MSR, jak je znázorněno na příkladech uvedených v Tab. 2.1.

Tab. 2.1 – Příklady lokomoce a jejich aplikace v subsystému mobility

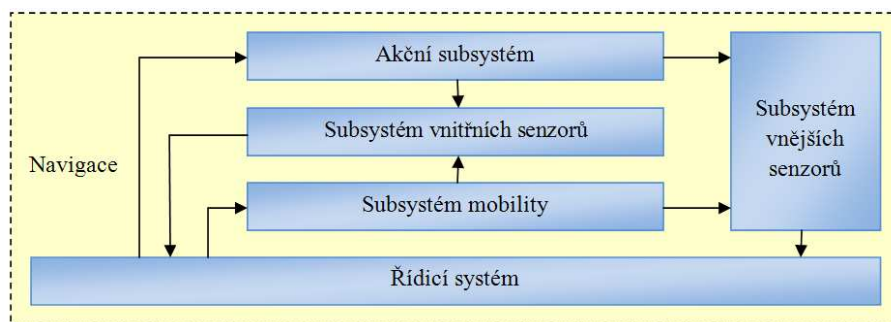
Příklad	Princip lokomoce
	Pásový systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z aplikace technického modelu pásu (obecně technického modelu kola) a řízeného pásového podvozku pro realizaci pohybových funkcí v prostoru, systém umožňuje pohyb po vodorovné a šikmé ploše ve směru pohybu podle geometrie podvozku.
	Kolový systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z aplikace technického modelu kola a řízeného kolového podvozku pro realizaci požadovaných pohybových funkcí v prostoru, systém umožňuje obecný pohyb po vodorovné a šikmé ploše ve směru pohybu podle geometrie podvozku.
	Kráčející systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z biokinetického modelu dolní končetiny biologického tvoru (noha člověka, noha živočicha) a využívá všechny techniky a kinematiky „chůze“ vybraného modelu, systém umožňuje pohyb po vodorovné a šikmé ploše ve směru pohybu podle geometrie podvozku.

	Šplhající systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z kombinace biokinetických modelů horní a dolní končetiny biologických tvorů (rameno / noha), systém umožňuje pohyb po svislé ploše ve směru pohybu podle geometrie podvozku. Systém představuje modifikaci kráčejícího systému.
	Lezoucí (plazivý) systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z biologického modelu pohybového ústrojí plazů, systém umožňuje pohyb po vodorovné, šikmé a svislé ploše ve směru pohybu podle geometrie podvozku. Systém představuje modifikaci kráčejícího systému.
	Plávající systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z biologického modelu pohybového ústrojí vodních, případně obojživelníků, resp. technických modelů umělých plávajících těles. Systém umožňuje pohyb ve vodním prostředí (plání, kráčení na mořském dně) ve směru pohybu podle geometrie podvozku.
	Létající systém – princip a konstrukce lokomočního ústrojí vychází z biologického modelu pohybového ústrojí ptáků nebo hmyzu, případně technických modelů umělých létajících těles (těžší, lehčí než vzduch). Systém umožňuje pohyb ve vzdušném prostoru v směru pohybu podle jeho geometrie.

2.3.5 Subsystem řízení a navigace

MSR z pohledu řízení a navigace lze charakterizovat jako robotické zařízení - autonomní (schopnost samostatně vykonávat zadané úlohy, např. sledovat navigační čáru, 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.), dálkově řízené (řízení realizuje operátor, na bázi vizuální informace o stavu pracovního a operačního prostředí, určitá míra autonomnosti chování, teleprezenční řízení na bázi virtuální reality) [16, 19, 20, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 47, 48, 56, 57, 58].

Subsystem řízení a navigace představuje sestavu potřebného HW (fyzická výbava PC, elektronika pro řízení pohonných agregátů / jednotek, elektronika pro zpracování multisenzorických dat apod.) a SW (programové vybavení, vývojové prostředky apod.) pro programové ošetření, automatické řízení a navigace MSR při plnění jeho pracovní úlohy a realizace jeho pohybu v zadaném operačním prostoru. Koncepce řešení může být postavená na principu jednoprocessorového řídicího systému, jak je znázorněno na obr. 2.20, tj. výkonnostně všechny požadavky pokrývá jeden počítač, mikropočítač, případně mikrokontroler.

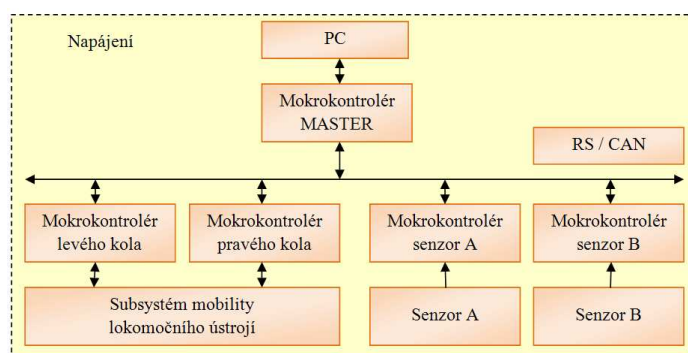


Obrázek 2.20 – Model řídicího jednoprocessorového systému



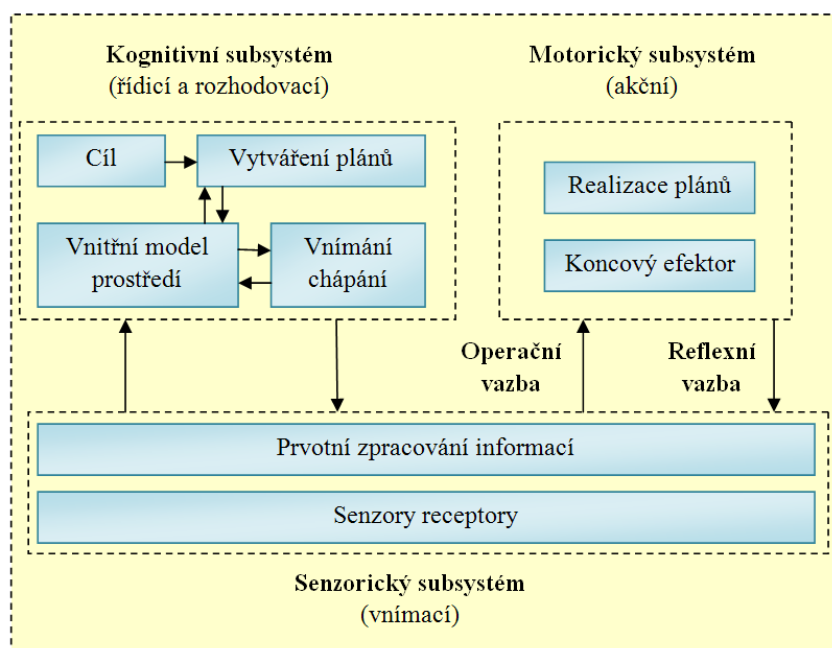
Pojmy k zapamatování

Koncepce distribuovaného řízení, jak je znázorněno na obr. 2.21, je založená na rozdělení řízení MSR na řízení specializovaných úloh (závislé řízení pohonů akční nástavby, závislé řízení pohonů subsystému mobility, ovládání senzorů včetně předzpracování dat, zpracování a analýza obrazu apod.). Tento přístup vyúsťuje do víceúrovňových (zpravidla dvojúrovňových) řídicích systémů založených na mikropočítačích, případně mikrokontrolerech. Spodní úroveň, tzv. technologická přímo ovládá HW a je rozdělená do více jednotek (polohové a rychlostní servosmyčky, výpočet orometrie apod.). Horní úroveň je postavená na mikropočítači výkonnostně schopném analyzovat informace ze sensorických subsystémů a plnit zadané dopravní a pracovní úlohy.



Obrázek 2.21 – Model distribuovaného řídicího systému

HW musí být schopný kvalitativně a kvantitativně načítat informace ze subsystému senzorů. SW musí načítané data zpracovovat, analyzovat a návazně zabezpečit příslušné reakce akčních členů. Kromě uvedeného subsystému řízení musí zaručit komplexní řízení pohonů akčního subsystému a subsystému mobility.

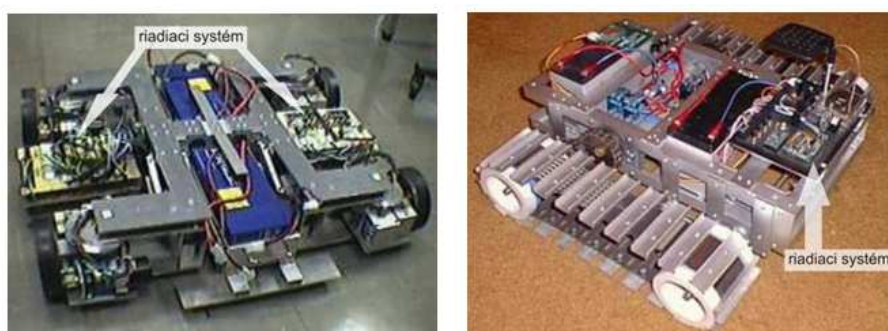


Obrázek 2.22 – Schéma struktury řízení SR

Na schematickém znázornění struktury řízení MSR, jak je vidět na obr. 2.22, subsystém zabezpečuje úlohy realizace pohybu (směr a smysl pohybu, dosažení zadaného místa v prostoru, orientace ve 2D nebo 3D prostoru, navigace, plánování trajektorie pohybu apod.), úlohy realizace lokomoce modulu pohybu (pohyb pohyblivých částí lokomočního ústrojí), úlohy realizace činností aplikačního modulu a koncového efektoru (polohování a orientace, činnost a pohyb funkčních částí akčního mechanismu). Subsystém má být na určených místech rozhraní kompatibilní se subsystémy senzorů, subsystémem operátora a subsystémem energetického zabezpečení.

Rozhraní mezi subsystémem řízení a subsystémem operátora může být řešené drátovým, případně bezdrátovým propojením. Současně řešení (prakticky důvod, neomezování operačního rádiusu, bezpečnost operátora apod.) upřednostňují bezdrátové propojení založené na rádiovém přenosu ve vyčleněném frekvenčním pásmu (433 MHz a 2,4 GHz). Na kratší vzdálenosti se využívá také IR přenos. Technicky je přenos realizovaný rádiovým komunikačním modulem (vysílač, přijímač, transceiver), případně modulem s vlastním zabezpečovacím protokolem vybaveným mikroprocesorem.

Mezi parametry ovlivňující výběr subsystému řízení navíc vůči uvedenému patří: obrysové rozměry, hmotnost, spotřeba, velikost napájecího napětí, možnost aplikace pohyblivé části, poměr cen HW a SW, modulárnost, spolehlivost a bezpečnost provozu a další parametry vztahované na požadavky konkrétní aplikace. Jako příklad lze uvést: uspořádání řídicího systému u pásového a kolového podvozku, jak je znázorněno na obr. 2.23.



Obrázek 2.23 – Příklady uspořádání subsystému řízení v subsystému mobility

2.3.6 Subsystém energetického zabezpečení

Subsystém energetického zabezpečení, (případně napájecí zdroj), je elektronický obvod, který zabezpečuje ve většině řešení elektrickou energii požadovaných parametrů (obvykle s konstantním napětím) pro napájení ostatních elektronických obvodů v různých subsystémech MSR. V MSR se jako elektrický napájecí zdroj používají zejména akumulátory různých typů. Nejběžnější je olovený akumulátor, alkalický akumulátor, nikl-kadmiový akumulátor, metalhydridní akumulátor, litiový akumulátor, litium polymerický akumulátor, apod. [26, 30, 31, 32, 33, 36, 38, 47, 48, 56, 61, 62, 64, 71, 76]

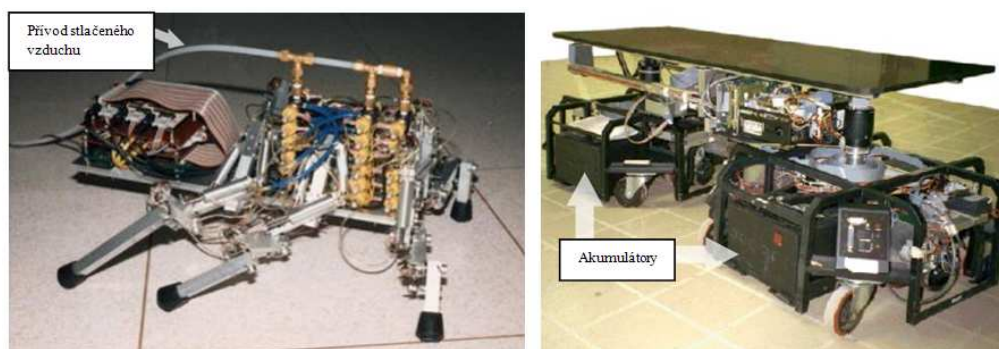
Subsystém energetického zabezpečení je sestavený z odpovídajících zdrojů (včetně zálohy), uzlů, prvků, nosičů, rozvodů, kabelů, vodičů, trubek a hadic pro potřeby energetického zabezpečení spolehlivého provozu MSR. Řešení subsystému závisí na koncepci řešení funkční skupiny pohonů subsystému mobility a jeho vstupní energie (chemická,

tepelná, elektrická, hydraulická). Řešení subsystému může být sestavené na stabilních, případně pohyblivých rozvodech, přičemž jednotlivé větve rozvodů mohou být řešené jako samostatné, případně integrované celky. Současný trh nabízí široký sortiment různých typů odpovídajících prvků (široká škála potřeb) s různými technickými parametry a funkčními vlastnostmi. Tato skutečnost umožňuje řešit konkrétní aplikace energetických rozvodů na různé technické úrovni (klasické, integrované, modulární). Řešení však musí zaručit zabezpečení požadovaných funkcí rozvodů v celé šířce potřeb koncepce a konstrukce konkrétního MSR a musí být svým rozhraním kompatibilní na navazující funkční skupiny zejména subsystému akční nástavby, pracovního efektoru, mobility a řízení MSR.



Pojmy k zapamatování

Z pohledu koncepce řešení MSR je rozhodující volba typu energetického zabezpečení tj. externím „závislým“ zdrojem (energie se přivádí z venku) a potřebou spojit MSR se zdrojem napájecího vodiče, případně interním „nezávislým“ vlastním zdrojem (energie je akumulovaná), který si „vozí“ MSR sebou. Nejrozšířenějším nezávislým zdrojem elektrické energie jsou primární články (baterie), případně sekundární články (akumulátory). Mezi rozhodující parametry zdrojů energie patří: maximální proudová zatížitelnost, velikost vnitřního odporu, rychlost samovybíjení, životnost, teplotní podmínky okolí, kapacita, počet nabíjecích cyklů, paměťový efekt, obrysové rozměry, hmotnost. Jako příklad možno uvést uspořádání „nezávislého“ zdroje na kolovém podvozku, „závislého“ zdroje na krácejícím podvozku, „nezávislého“ zdroje létajícího SR, jak je znázorněno na obr. 2.24.



Obrázek 2.24 – Příklady řešení subsystému energetického zabezpečení

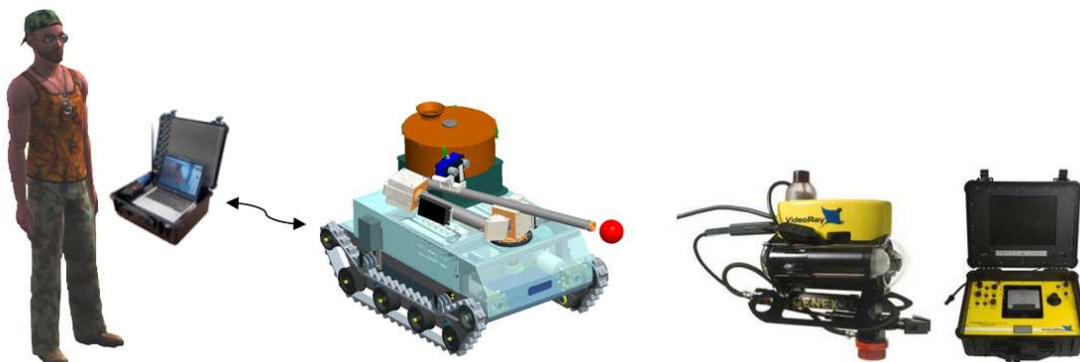
2.3.7 Subsystém operátora

Subsystém představuje samostatnou konstrukční ucelenou jednotku sestavenou z odpovídajícího HW, SW a komunikačních prostředků zabezpečujících komunikační ošetření interakce / spolupráce operátor - MSR, pro potřeby operativního řízení pohybu MSR a řízení realizace jeho pracovní úlohy. Rozhraní operátor / MSR je rozhodující pro provoz MSR (komfort, jednoduchost, jednoznačnost, spolehlivost apod.). Komunikace tohoto subsystému se subsystémem řízení MSR může být řešená na principu drátového, případně bezdrátového přenosu [8, 19, 32, 33, 34, 36, 36, 38, 39, 47, 48, 56, 59, 63, 67, 81].

Architektura řešení subsystému od nejjednodušších až po nejsložitější inteligentní systémy musí především splňovat požadavek jednoznačného komunikačního ošetření interakce, jednoznačné závislosti výstupní veličiny na vstupní veličině, požadované přesnosti

a citlivosti, požadované rychlosti snímání dat, požadovaného předzpracování dat, požadované spolehlivosti přenosu dat pro jejich další hierarchicky vyšší zpracování.

Současný trh nabízí široký sortiment různých typů odpovídajících prvků s různými technickými parametry a funkčními vlastnostmi. Tato skutečnost umožňuje řešit konkrétní komunikační systémy na různé technické úrovni. Řešení však musí zaručit zabezpečení požadovaných funkcí v celkovém informačním a řídicím systému MSR a musí být svým rozhraním kompatibilní na subsystém řízení a navigace MSR. Jako příklad lze uvést sestavu MSR pro pohyb pod vodní hladinou nebo sestavu MSR na pásovém podvozku, jak je znázorněno na obr. 2.25.



Obrázek 2.25 – MSR s pásovým podvozkem řízený operátorem z kufru operátora a MSR pro pohyb pod vodou s řídicím kufrém operátora



Pojmy k zapamatování

Úlohou subsystému operátora při bezdrátovém řízení jsou komunikační bezdrátové standardy, pomocí kterých je možné bezdrátově komunikovat mezi MSR a řídicím subsystémem (PC) nebo mezi více MSR navzájem. Ze širokého sortimentu různých bezdrátových standardů se pro komunikaci mezi MSR a PC doporučují bezdrátové technologie jako například:

- IrDa technologie - je standard (IrDA konsorcium) definující bezdrátový přenos dat infračerveným zářením. IrDA ve své specifikaci definuje standardy fyzických koncových zařízení a komunikační protokoly,
- VF technologie - je běžně využívaná v rozhlasovém vysílání s AM nebo FM modulací. Systém s AM modulací dosahuje nižších přenosových rychlostí typicky do 2400 bit/s. Výhodou je nízká cena modulů. Data lze přenášet kódem, který obsahuje DC složku. U modulů pracujících s AM modulací se nejčastěji používá pro přenos číslicových dat On/Off, klíčování vysílače (u vysílače se zapíná a vypíná nosná vlna logickým signálem, u přijímače se kontroluje přítomnost nebo nepřítomnost nosné frekvence a podle toho se nastavuje výstupní logická úroveň),
- Bluetooth technologie - využívá komunikační frekvenční pásmo ISM (volně k použití za předpokladu dodržení závazných podmínek pro vyzařovaný výkon a technické řešení vysílače a přijímače). Komunikace využívá techniku přeskakující rádiové frekvence (frequency hopping). Standard je navržený tak, aby podporoval typy přenosů point-to-point i point-to-multipoint. Dosah standardního komunikačního uzlu je od 10 do 100 m, podle typové řady modulů,

- ZigBee technologie - je generačně nový standard, zaměřený především na oblasti automatizace a řídicí techniky. Jde o bezdrátovou komunikační technologii schválenou jako mezinárodní standard. Tato perspektivní technologie nachází uplatnění zejména v těchto funkcích, jako je dálkové ovládání, monitorování, diagnostika apod.,
- WiFi technologie - je určena jako náhrada kabelového ethernetu v bezlicenčním pásmu, které je dostupné prakticky v celém světě. Jde o bezdrátovou technologii v bezlicenčním nekoordinovaném pásmu 2,4 GHz (ISM), které je založené na protokolu 802.11a,b,g nebo n. Na použitém typu protokolu závisí přenosová rychlost od 11 Mbit/s při 802.11a až do 144 Mbit/s při 802.11n,
- Komunikace s RS232 - protokol popisuje asynchronní sériový datový přenos. Informace se přenáší bit za bitem. Komunikace neprobíhá na předem daných časových úsecích, ale může začít kdekoli a je na přijímací straně, aby detekovala, kdy správa začíná a kdy končí. Informace se rozdělí do slov, jehož délka mívá na PC standardně 5 až 8 bitů. Tato délka je skutečně užitečná informace, která je kvůli přenosu doplněná o další bity, které slouží pro synchronizaci, případně kontrolu pomocí parity. Je důležité, aby obě strany byly nastavené na stejný počet bitů, jinak by došlo ke špatné interpretaci informace přijímací stranou.



Shrnutí pojmů 2.3.

Servisní robot, subsystém akční nástavby, subsystém pracovního efektoru, subsystém mobility, subsystém vnitřních senzorů, subsystém vnějších senzorů, subsystém řízení a navigace, subsystém energetického zabezpečení, subsystém operátora.



Otázky 2.3.

5. Co představuje subsystém mobility a jaký má význam?
6. Jak byste popsali subsystém operátora?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 5. a 6., úspěšně jste zvládli tuto podkapitolu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu.

2.4 Metodika navrhování servisních robotů



Čas ke studiu: 4 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- ✚ Definovat požadavky pro návrh servisního robotu.
- ✚ Definovat algoritmus základních kroků metodiky konstruování mobilního servisního robotu.



Výklad

Zadáním pro návrh a konstrukci MSR je studie / projekt aplikace MSR pro požadovanou servisní úlohu. Studie svým obsahem a věcnou náplní má zaručit [19, 56]:

- technické upřesnění zadání (hlavní oblast uplatnění, hlavní funkce, kritické funkce, základní údaje o výkonech, specifikace prostředí aplikace, technický scénář apod.),
- analýzu současného stavu vykonávání řešené servisní úlohy (podmínky vykonávání, výhody a nevýhody, problémy apod.),
- analytické porovnání s příbuznými servisními technologiemi a podobně aplikovanými MSR prostřednictvím vytvořených účelových databází (kriteriální hodnocení apod.),
- vyhledání a navržení technologicky a ekonomicky efektivní a realizovatelné automatizace řešené servisní úlohy,
- návrh na využití a případně inovaci vybraného příbuzného řešení, popis aspektů ovlivňujících uvedení na trh,
- návrh řešení nové technologie pro realizaci zadané servisní činnosti (úlohy) a řešení nové koncepce a konstrukce MSR, popis servisního scénáře realizovaného navrhovaným MSR,
- technicko – ekonomické hodnocení návrhu řešení, četnost potenciálních servisních úloh v teritoriu trhu a určení potenciálu trhu, identifikace užité hodnoty, odhad nákladů na vývoj a realizaci,
- ověření technické a ekonomické realizovatelnosti navrhovaného řešení na modelech servisního robotického systému,
- zařazení navrhovaného řešení, na základě jeho experimentálního ověření, do databáze vyřešených systémů (po ukončení řešení).

Metodiku navrhování a konstrukce MSR lze založit na aplikaci obecného modelu postupu tvorby technického systému, který je rozpracovaný jak v části teoretického základu, tak i v části metodického přístupu a prostředků potřebných pro jeho navrhování (vstup CA technologií), tj. na aplikaci zavedeného modelu metodiky konstruování technického systému.



Pojmy k zapamatování

Specifičnost MSR vnáší do algoritmu základních kroků metodiky konstruování, jak je znázorněno na obr. 2.26, několik charakteristických kroků, které návazně modifikují aplikaci obecného modelu metodiky konstruování technických systémů, viz Tab. 2.2. Ovlivnění přichází zejména v etapě tzv. stanovení zadání / úlohy, kde se vychází z metodiky tzv. servisního scénáře, jako i v etapě tvorby koncepce, kde se vychází ze základu systémového modelu MSR a specifických principů možného řešení jeho jednotlivých subsystémů.



Obrázek 2.26 – Algoritmus základních kroků metodiky konstruování

Tab. 2.2 – Model etap konstrukčního procesu

Etapa	Základní kroky
Stanovení zadání / úlohy	upřesnění typu úlohy určení cílů stanovení požadavků
Tvorba koncepce	upřesnění principů stanovení funkční struktury stanovení orgánové struktury
Navrhování	vypracování hrubé stavební struktury
Konstruování	vypracování úplné stavební struktury

2.4.1 Metodika servisního scénáře

Současná praxe přijala pro etapu přípravy, upřesnění zadání a technického řešení aplikace MSR jako systémový a metodický nástroj metodiku servisního scénáře. Metodika servisního scénáře se obecně zařazuje k tzv. prognostickým metodám, jak je uvedeno v Tab. 2.3, metodika chronologicky radí předvídané události nebo průběhy vývoje, které souvisí s prognózovaným objektem (činností, provozem) spolu s kauzálními vazbami do přímých souvislostí, jak je znázorněno na obr. 2.27 [18, 19, 30, 32, 38, 42, 48, 56].

Tab. 2.3 – Schéma obecných metod

Hledisko způsobu formulace vývoje	Exploativní metody	Normativní metody
I. Formalizované metody systémové metody – budoucnost modelovaná jako systém, ve kterém jsou všechny prvky v určitých souvislostech a interakcích	Metody morfologické Metody scénářů Metody křížových interakcí Metody modelování Metody strukturální analýzy	Metody křížových interakcí Metody stromu významnosti Metody synektické Metody mapování souvislostí
Subjektivní metody – zadané mezní podmínky vývoje, nesporné konkrétní definovatelné cíle	Metody analogie Metody delfské Metody extrapolace Metody analýzy principů	Metody síťových grafů Metody her
II. Neformalizované metody subjektivní metody – zadaný problém, jeho analýza, omezující podmínky	Metody delfské Metody brainstormingu Metody her	Metody delfské Metody stromu významnosti


```

graph LR
    A[Čas / postupnost] --> B[Scénář]
    B --> C[Příčina]
    C --> D[Následky]
    C --> B
    E[Popis události a procesů, jejichž uskutečnění se dá předvídat v daném toku děje]
  
```

Obrázek 2.27 – Schéma přímých souvislostí

Cílem je určit kritické události, ve kterých je potřebné přijmout zásadní rozhodnutí. Jestliže se vývoj v kritických bodech větví, pak se scénář sestavuje v alternativách. Scénář pro dopředu určený cíl by měl být zpracovaný v alternativách, na sestavení je vhodné využít všechny dostupné a účelově vybrané informace. Scénář umožňuje zabývat se vývojem jevů

současně z různých hledisek a ve velkém rozptýlu souvislostí bez toho, aby byl pouze subjektivní podstatou.



Pojmy k zapamatování

Při tvorbě scénářů je možné využít více metodologických postupů nebo modelů z oblasti prognostických metod. Dostupné modely se odlišují v počtu kroků a jejich interpretaci při tvorbě scénářů, podstata však zůstává zachovaná – všeobecný přístup k popisu scénářů a charakteristice jejich očekávaného (prognóza) vývoje. Proces tvorby scénářů je všeobecně sestavený z následujících kroků:

- definování oblasti aplikace (sféra působnosti SR),
- sestavení pomocných a účelových databází (databáze s podpůrnými souvisejícími informacemi a technickými údaji),
- vlastní sestavení scénáře,
- rozhodnutí o strategii scénáře a výběr scénáře pro dané podmínky aplikace.

Současné poznatky a odborné podklady doporučují jako výkonný postup tvorby scénářů postupnost v osmi krocích, jak je znázorněno na obr. 2.28, kde jsou výsledkem dva scénáře (optimální, kritický režim).

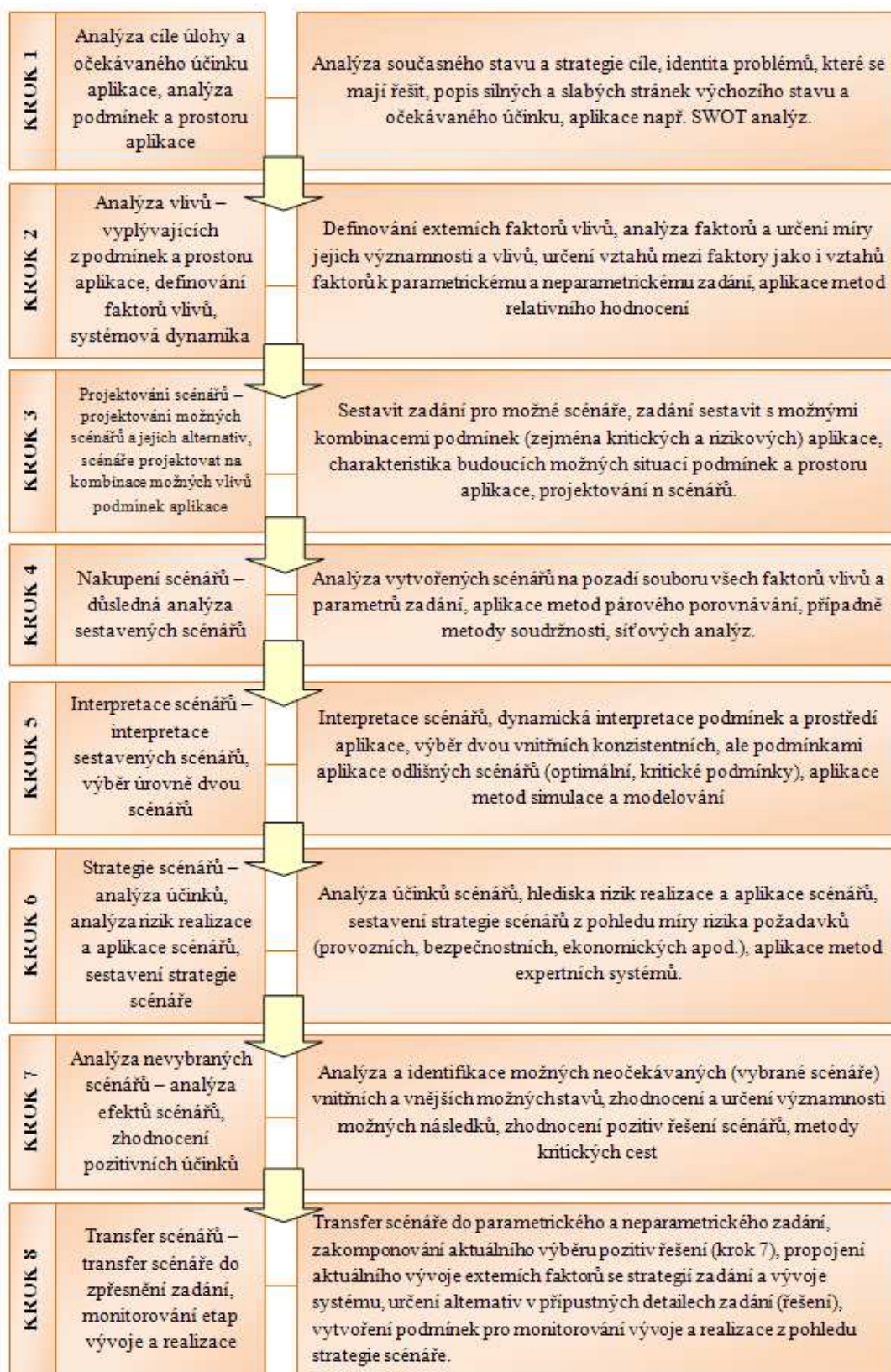
Delfské metody patří v současnosti k nejrozšířenějším expertním prognostickým metodám, jsou vhodné pro předpovídání možných stavů procesů a systémů, kde se nedisponuje jednoznačně nadefinovaným zadáním, případně zákonitostí, která by charakterizovala proces vývoje provozu (chování) systému v očekávaném aplikačním prostředí. Průběh aplikace delfské metody lze obecně členit:

- **První etapu** – příprava aplikace: výběr objektů pro realizaci servisního scénáře, výběr týmu pro sestavení scénáře, formulace otázek a problémů souvisejících s cílem řešení a prvotního zadání.
- **Druhá etapa** – průběh aplikace metodiky: postupné řešení (podle kroků, jak je znázorněno na obr. 2.28) a vyhodnocování, opakování kroků podle rozsahu nedořešených problémů (v opakovaném řešení vybrané otázky / problémy z předcházejícího řešení, určení pravděpodobnosti realizace jevu; v dalším následném řešení se vyjadřuje k dosaženým výsledkům a hledání shody názorů),
- **Třetí etapa** – vyhodnocení výsledků: sjednocování výstupů do forem parametrického a neparimetrického zadání (grafy „sbíhavosti“ odhadů pro každý sledovaný parametr, položku), formulace výstupů do zpřesnění zadání.

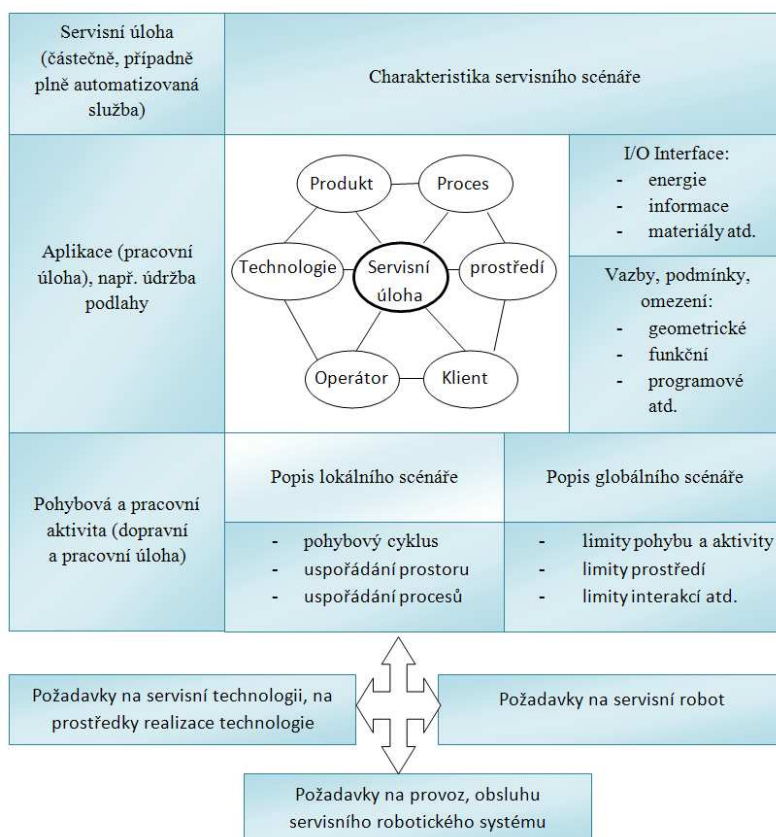
Pro aplikaci a přímý výkon naznačené metodiky při tvorbě servisního scénáře je možné využít dostupné softwarové podpory zejména z kategorie otevřených expertních systémů, kategorie tvorby a řízení databází, kategorie simulace a modelování systémů apod. Jako doporučení lze uvést, že aplikace a realizace metodiky by měla být podpořená a zabezpečena kompatibilitou na metodiku navrhování a konstruování SR (včetně softwarové podpory), tj. realizace ve formě úplné projekční linky.

Metodika servisního scénář v přímé aplikaci pro uvedené potřeby navrhování a řešení SR se dá vyjádřit systémovým schématem, jak je znázorněno na obr. 2.29, které vyjadřuje všechny potřebné vztahy a souvislosti. Metodika servisního scénáře představuje metodiku

a praktický postup realizace řešení servisní úlohy, dává postup popisu aplikačního problému úlohy v komplexu jejich vstupů a výstupů, jako i popis jednotlivých kroků a operací, včetně jejich časové návaznosti v zadaném prostředí a zadaných podmínkách realizace.



Obrázek 2.28 – Posloupnost kroků aplikace prognostických metod



Obrázek 2.29 – Metodika servisního scénáře

Metodika servisního scénáře chronologicky seřazuje události a procesy, které souvisí s činností a provozem servisního robotického systému při realizaci požadované servisní úlohy, včetně jejich vazeb. Výsledkem je komplexní formulace technických požadavků na servisní technologii a prostředky její realizace, na samotný MSR, jako i na provoz a obsluhu celého servisního robotického systému u uživatele. Praktický přístup k realizaci metodiky servisního scénáře, vzhledem na široký prostor aplikací MSR, lze prezentovat výkladem těchto zásad:

- produkt (výstup servisní úlohy): klíčové údaje o aplikaci servisní úlohy; popis a technická specifikace výkonu a kvality požadovaného výstupu (např. čištění – hodinový výkon m^2/h , kvalita vyčištění); popis a technická specifikace souvisejících předpisů a norem apod.,
- proces (organizační a pracovní cyklus): popis a technická specifikace pracovního cyklu realizace úlohy; popis postupu realizace technologie; popis souvisejícího organizačního a provozního zabezpečení realizace úlohy; popis a technická specifikace požadované bezpečnosti, jako i rizik možných kolizí a kritických souvislostí; popis a technická specifikace požadovaného chování MSR při plnění úlohy; popis a technická specifikace nutných omezení apod.,
- technologie: popis a technická specifikace požadované technologie pro realizaci úlohy; popis a technická specifikace odpovídajícího technologického vybavení; popis postupu a technologických podmínek realizace technologie; parametrický popis odpovídajícího technologického vybavení z pohledu aplikace a instalace; popis a technická specifikace nutných omezení apod.,
- prostředí: popis a technická specifikace mnohofaktorových závislostí operačního, pracovního prostředí s využitím standardizovaných faktorů pracovního prostředí;

popis a technická specifikace terénu operačního prostředí; popis a technická specifikace prostorového a dispozičního uspořádání operačního prostředí, jako i jeho strukturovanosti; popis a technická specifikace nutných omezení apod.,

- klient: popis uživatele z pohledu možnosti provozování a využívání MSR; technická specifikace provozních (obsluha, servis, údržba) možnosti; popis frekvence a programu využívání MSR apod.,
- operátor: popis a technická specifikace rozhraní interakce operátor / MSR a operátor / prostředí aplikace MSR; popis možnosti (odborná úroveň) očekávaného operátora apod.

Popis a technické specifikace realizované v uvedených skupinách vlivů je potřebné vždy věcně a obsahově vztahovat na základě zadání, tj. na zadanou servisní úlohu. Praktickým výstupem je požadavkový list pro výběr, případně vývoj servisní technologie a MSR pro zadanou servisní úlohu.

2.4.2 Metodika postupu navrhování servisních robotů

Metodika postupu navrhování MSR má vycházet z racionálního přístupu k zabezpečení a realizaci přechodu od zadání (vysoká informační neurčitost, nejistota dosažení cíle) k navržení popisu nového technického systému MSR (stavební struktura), který má optimálně realizovat požadované výstupní účinky (účelové funkce).

Přímé řešení konstrukční úlohy ve smyslu prvotního zadání není možné, v prvním kroku je potřebné stanovit podstatu úlohy, účinky nebo účelové funkce MSR. Pro zahájení řešení MSR je potřebné vymezit požadované funkce a požadavky na MSR a vytvořit jeho prvotní funkční strukturu jako nejobecnější představu o řešeném MSR (možná aplikace metody morfologické matice). Následujícím krokem je hledání vhodných orgánů (mechanizmů) ke stanoveným funkcím (možnost tvorby variant), které by realizovali požadované funkční principy fyzicky na základě vyhovujících fyzikálních efektů. Výstupem je orgánová struktura řešeného MSR, kterou je vhodné na základě zvolených kritérií optimalizovat. Konečný technický popis řešeného MSR se realizuje rozpracováním navržené orgánové struktury do detailní stavební struktury. Naznačený postup navrhování MSR lze blíže popsat jednotlivými kroky, metodami a prostředky vázanými na jednotlivé etapy procesu konstruování, viz Tab. 2.4 [19, 30, 40, 41, 50, 52, 56].

Tab. 2.4 – Metodika navrhování servisního robotu

Etapa	Základní prvky	Metody a prostředky
Stanovení úlohy	Upřesnění typu úlohy (požadované účinky)	• expertní rozhovory • vypracování předběžných návrhů (studií) • hrubý model • expertní rozhovory ke studiu • termínové, kapacitní, nákladové plánování
	Určení cílů	• Quality Function Deployment (QFD) plánování kvality na principu maticového diagramu
	Určení požadavků	• požadavkový list pro vývoj

Tvorba koncepce	Návrh technického procesu, analýza a optimalizace	• funkčně nákladová analýza a syntéza • tvorba a řešení inovačních zadání (TRIZ, ARIZ), získání relevantních doporučení a informací • založení potřebného počtu projektů, analýza procesů (aplikace požadavkového listu)
	Stanovení funkční struktury	• výstup analýzy procesů (ICAD)
	Stanovení orgánové struktury	• aplikace morfologické matice • hodnocení variant • úprava a doplnění hrubých modelů (ICAD) • přechod k analýze konkrétních variant modelu, vyhodnocení, zlepšení funkčnosti • zlepšení struktury • ověření právní čistoty řešení
Navrhování	Vypracování hrubé stavební struktury	• upřesnění parametrizace • rozpracování 3D modelů na základě orgánové struktury (ICAD) • předběžné výpočty a ověření základních parametrů • varianty a optimalizace • analýza klíčových problémů, syntéza a řešení
Konstruování	Vypracování úplné stavební struktury	• vypracování detailně úplné konstrukční a průvodní dokumentace (ICAD) • upřesnění technických vlastností a parametrů pomocí simulace (ICAD) • kontrolní výpočty

Základní schéma algoritmu řešení úloh souvisejících s postupem procesu konstruování MSR lze definovat pracovním postupem, jak je vidět na obr. 2.30, charakterizující kostru rámcové metodiky navrhování a konstruování MSR.

Vyjasnění úlohy a navazující návrh MSR se odvíjí od nadefinované potřeby řešení vybrané servisní úlohy, postup vypracování návrhu může být realizovaný různými způsoby. Současně zkušenosti však potvrzují, že každý realizovaný postup zachovává určité charakteristické kroky, které mají obecný obsah, jak je uvedeno v Tab. 2.5.

Metodika navrhování MSR vychází z obecného modelu konstrukčního procesu složitých technických systémů. Vlastní navrhování lze charakterizovat jako hledání vhodné stavební struktury MSR, popsané pomocí elementárních konstrukčních vlastností.

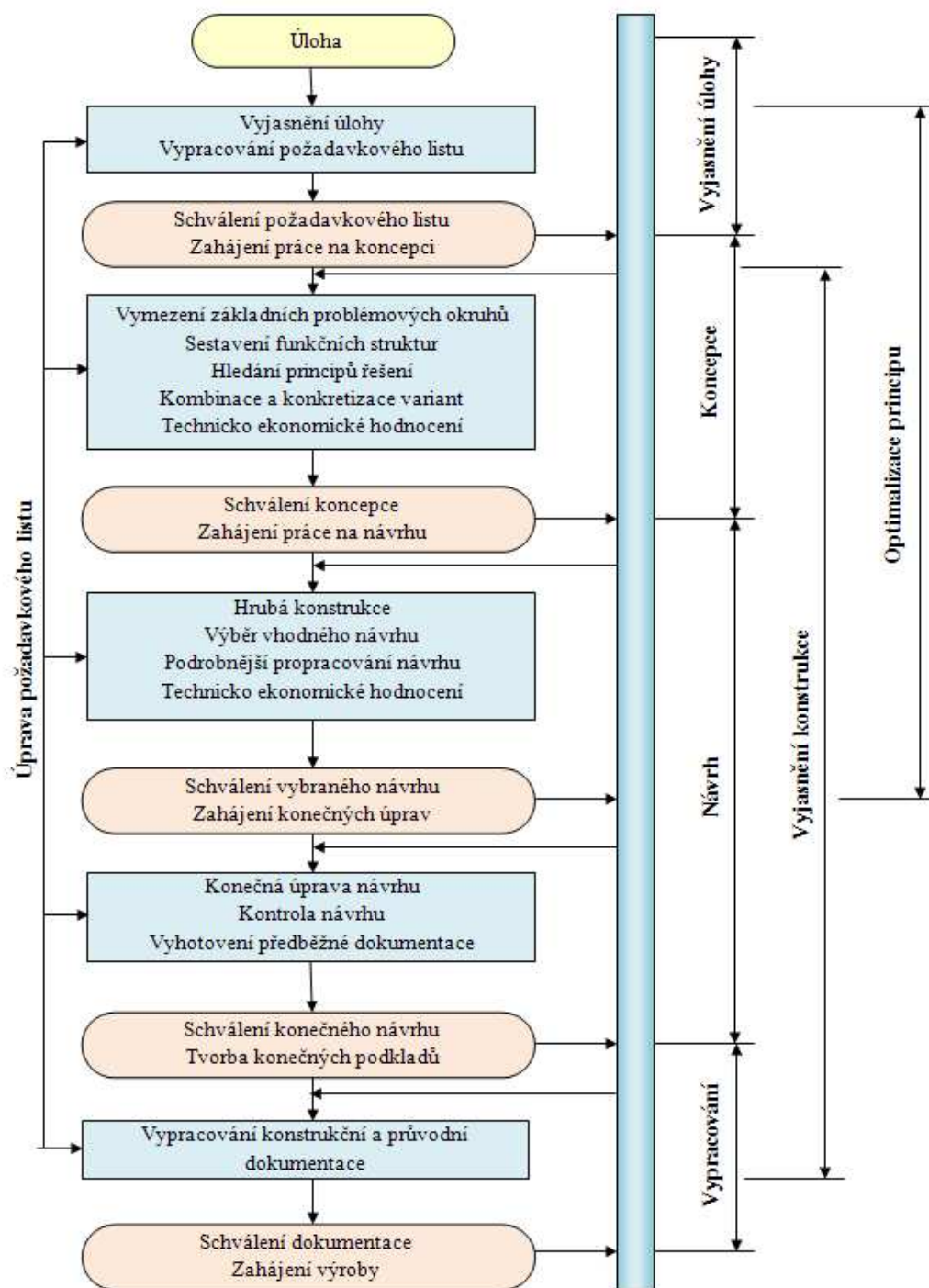
Navrhování, jako souhrn pracovních způsobů a vypracovaných speciálních metod optimálního postupu navrhování a konstrukce technického objektu, představuje tvořivý proces transformace požadavků do funkcí a vlastností technického objektu.



Pojmy k zapamatování

Pro potřeby navrhování MSR lze postup navrhování a samotný konstrukční proces řešení MSR řídit obecným modelem, viz Tab. 2.6, který zaručuje systematický postup (koncipování, navrhování, konstrukční řešení) sestavení optimálního návrhu řešeného MSR

pro zadané podmínky. Metodika navrhování je sestavená z postupných kroků seřazených do jednotlivých etap konstrukčního procesu.



Současný stav vykonávání servisní činnosti	Jak a za jakých podmínek se servisní činnost vykonává, popis výhod a nevýhod.
Hlavní funkce, základní údaje o výkonech	Definování (odhad) hlavních funkcí (dopravní, pracovní) a údajů o výkonech požadovaných na řešeném MSR.
Prostředí aplikace	Specifikace okolí a prostředí aplikace řešeného MSR, definování faktorů operačního a pracovního prostředí.
Servisní scénář, vývojový popis	Popis scénáře popisujícího očekávanou realizaci servisní úlohy řešeným MSR.
Princip a funkční struktura SR	Vstupní představa o řešeném MSR, představa na úrovni skladby subsystémů MSR a jejich funkcích, formální zpracování ve 2D.
Prvotní model MSR	Hrubý návrh orgánové struktury řešeného MSR, formální zpracování ve 3D.
Kritické funkce (klíčové komponenty)	Charakteristika funkcí, popis rizik a klíčových problémů řešení, definování klíčových komponentů.
Užitná hodnota, tržní potenciál	Identifikace užitné hodnoty, vyjádření četnosti aplikací a frekvenci využívání řešeného MSR.
Inovační momenty, aspekty uvedení na trh	Popis inovačních momentů řešení MSR, popis aspektů, které ovlivňují trh.
Vynaložené vývojové náklady	Odhad nákladů na vývoj řešeného MSR, na vývoj jeho rozhodujících funkčních skupin.

Tab. 2.6 – Obecný model procesu konstruování servisního robotu

Etapa	Postupné kroky	Metody a prostředky
Formulace a zpřesnění zadání	Formulace zadání (požadavkový list) a jeho zpřesnění	- Doplňující údaje a zpřesnění zadání – forma - expertní konzultace (zadavatel, uživatel, specialisti), - Vypracování úvodní studie řešení – forma - předběžné návrhy řešení na úrovni koncepce a principu a jejich technicko / ekonomického popisu, - Zpřesnění úvodní studie – forma - expertní konzultace ke studii, - Plánování, řídicí a správná dokumentace – forma - dokumentace a správné doklady pro přípravu, organizování a řízení řešení a realizaci zadání.
	Určení uzlových bodů a cílů řešení	Plánování kvality řešení – forma - aplikace některé metody plánování kvality konstrukčního řešení MSR na bázi určených potřeb a požadavků zadavatele.
	Definitivní zpřesnění zadání a vypracování požadavkového listu	Požadavkový list – forma – vydání a oficiální potvrzení závazného dokumentu mezi zadavatelem a řešitelem.

Tvorba koncepce a principů řešení	• Návrh variant řešení, analýza variant a kriteriální hodnocení, výběr optimální varianty řešení	• Sestava variant řešení – forma - řešení různých variant koncepcí a principů, varianty aplikací prvkové základny v řešeních, • Kriteriální hodnocení variant – forma – aplikací některé kriteriální metody technicko / ekonomického hodnocení, výběr optimální varianty řešení,
	• Určení funkční struktury MSR a její složení	• Analýza vybrané varianty řešení – forma – definování funkční struktury a její optimalizace, definování prvků a interakcí mezi prvky, systematizace prvků a vztahů.
	• Určení orgánové struktury MSR a její složení	• Aplikace metody morfologické matice – forma – hledání komplexního optimálního řešení, • Analýza struktury – forma – vylepšení a zefektivnění struktury, odstranění kritických (problematických) míst a uzlů.
Návrh řešení a konstrukčního vyhotovení	• Návrh, sestavení a zpracování hrubé stavební struktury MSR	• Upřesnění parametrů MSR a jejich transformace do parametrů a funkcí podsestav stavební struktury MSR, • Rozpracování 3D modelů – forma – zadáním modelu je orgánová struktura, optimalizace parametrů a uspořádání struktury MSR, • Výpočtové postupy – forma – výpočty související s dimenzováním a navrhováním jednotlivých uzlů, prvků a konstrukčních částí MSR, • Aktivní navrhování – forma – varianty konstrukčního řešení detailů, analýza možných řešení ve vztahu na vyšší funkci a zadání.
	• Úplný návrh MSR, zpracování úplné stavební struktury	• Aplikace metod simulace – forma – sestavení modelů a postupů pro simulaci funkcí a parametrů řešené varianty, • Zpřesnění konstrukčních detailů, kontrolní výpočty – forma – zpracování výkresové a technické dokumentace MSR.
Úplná stavební struktura	• Kompletní výkresová a technická dokumentace MSR	• Kompletní výkresová a technická dokumentace – forma – úplná dokumentace řešeného MSR, včetně průvodní technické dokumentace a ostatní dokumentace podle požadavků zadavatele, • Výrobní technická dokumentace – forma – úplná dokumentace MSR podle požadavků výrobce MSR.

Představený obecný model metodiky navrhování MSR při řešení konkrétního zadání může být v realizaci jednotlivých kroků, případně aplikaci jednotlivých metod a prostředků zpřesňovaný, zejména aplikací dostupných počítačových podpor.

Pro sestavení požadavkového listu jako základního dokumentu tvořícího součást zadání řešení, definujícího a specifikujícího požadavky na řešený MSR se doporučuje sestava údajů, viz Tab. 2.7, forma a technické zpracování listu je věcí zvyklosti řešitele, případně zadavatele.

Tab. 2.7 – Schéma požadavkového listu

Požadavkový list řešení	
Zadavatel	Název, adresa.
Řešitel	Název, adresa.
Uživatel	Název, adresa.
Servisní robot – aplikace pro servisní činnost	
Servisní činnost	Popis servisní činnosti.
Servisní úlohy, určení	Popis technologického / manipulačního určení.
Operační a pracovní prostředí	Popis faktorů prostředí.
Technický scénář	Popis realizace servisní úlohy.
Hlavní funkce	Popis hlavních funkcí (pohybové, pracovní, operační, provozní).
Technické parametry	Popis výběru rozhodujících parametrů (nosnost, max. rychlost, max. zrychlení, max. zatížení, pracovní prostor, max. pracovní dráhy / pohyby apod.).
Požadavky na technologii servisní činnosti	
Identifikační údaje	Popis technologie, technologických podmínek.
Náčrt	Výkres, skica s rozhodujícími identifikačními a popisnými znaky.
Technické parametry	Popis výběru rozhodujících parametrů.
Materiálová charakteristika	Popis technologicky nutného pomocného a přídavného materiálu.
Technologická charakteristika	Popis rozhodujících znaků.
Provozní charakteristika	Popis rozhodujících znaků, včetně bezpečnosti.
Manipulační charakteristika	Popis rozhodujících znaků nutně souvisejících manipulací a pohybové aktivity.
Náčrt manipulačních požadavků	Výkres, skica s rozhodujícími identifikačními a popisovými znaky.
Požadavky na aplikační modul	
Charakteristika koncepce modulu	Popis rozhodujících znaků, popis technického určení
Hlavní funkce	Popis hlavních funkcí (pohybové, pracovní, řídicí).
Technické parametry	Popis výběru rozhodujících parametrů.
Náčrt	Výkres, skica s rozhodujícími identifikačními a popisovými znaky.
Charakteristika koncepce pracovního efektoru	Popis rozhodujících znaků, popis technického určení
Jiné požadavky	Specifické znaky a popis, podle určení.
Požadavky na modul pohybu	
Charakteristika koncepce modulu	Popis rozhodujících znaků, popis technického určení
Hlavní funkce	Popis hlavních funkcí (pohybové, navigační, řídicí).
Technické parametry	Popis výběru rozhodujících parametrů.
Náčrt	Výkres, skica s rozhodujícími identifikačními a popisovými znaky.
Jiné požadavky	Specifické znaky a popis, podle určení.

2.4.3 Metodika optimalizace struktury mobilních servisních robotů

Splnění požadavků na MSR je podmíněné správným výběrem struktury technického systému reprezentujícího MSR.



Pojmy k zapamatování

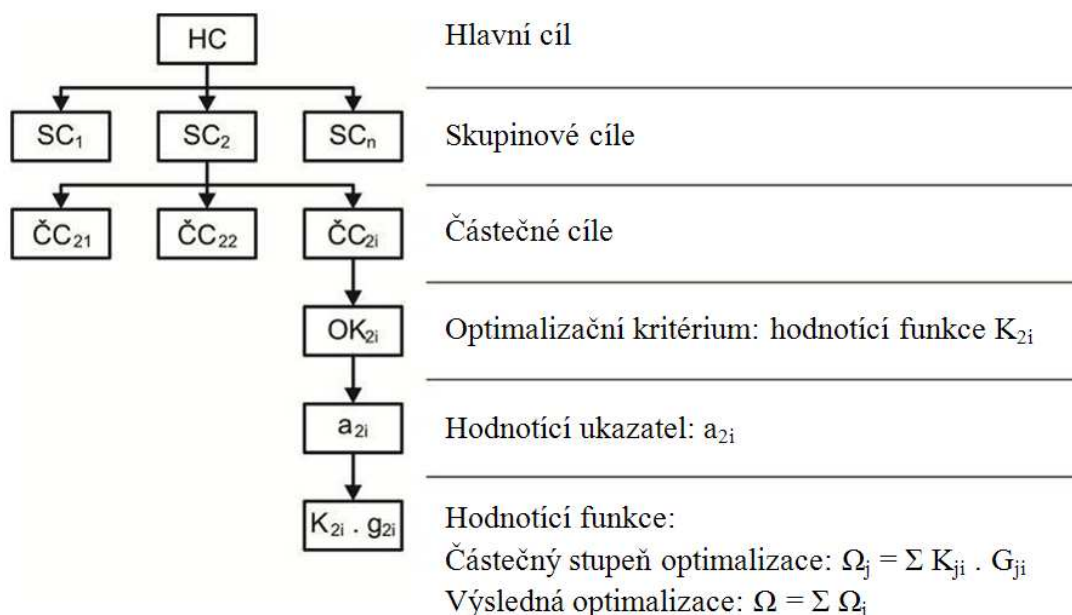
Optimalizace technického systému ve všeobecnosti spočívá v:

- určení všech vplyvů působících na celou strukturu technického systému a prvky systému,
- optimalizaci struktury technického systému,
- vyhodnocení výsledků optimalizace.

V technických soustavách lze optimalizaci realizovat z pohledu:

- technického – technicky nejvýhodnější varianta,
- ekonomického – provozně, případně výrobně nejvýhodnější varianta,
- technicko – ekonomického – ucelený pohled.

Schéma postupu optimalizace, jak je znázorněno na obr. 2.31, naznačuje souvislosti a vazby mezi hlavním cílem (HC), skupinovými cíly (SC) a částečnými cíly (ČC). Cíle jsou vzájemně diferencované váhovými faktory (váha G , relativní váha g). Optimalizační kritéria (OK) jsou formulované slovně, hodnotící funkcí (K) a hodnotícím ukazovatelem (a). Pro provedení optimalizace se stanovuje skladba cílů (m), výsledkem je stanovení stupně optimalizace (Ω) [19, 56].

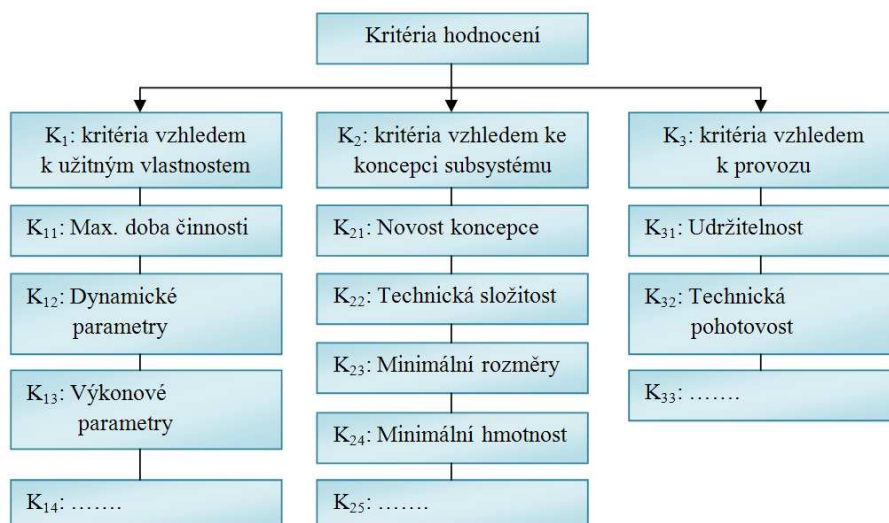


Obrázek 2.31 – Schéma postupu optimalizace struktury technického systému

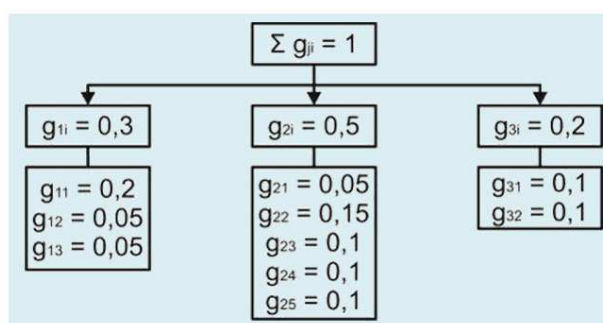
K rozhodujícím krokům postupu optimalizace patří stanovení optimalizačních kritérií (požadovaného maxima / minima hodnot parametrů, vlastností) vyplývajících z požadavků na funkci a stavbu struktury systému, případně jeho částí.

Jako příklad lze uvést optimalizační kritéria na pohonný agregát subsystému mobility MSR, jak je znázorněno na obr. 2.32.

Číselné hodnoty váhy, případně relativní váhy kritérií se přiřazují podle schématu, jak je znázorněno na obr. 2.33, zohledňující význam hodnotící funkce [19, 56].



Obrázek 2.32 – Schéma určení kritérií hodnocení



Obrázek 2.33 – Schéma stanovení váhy číselné hodnoty

2.4.4 Příklady metodiky řešení mobilních servisních robotů

Specifičnost MSR vnáší do algoritmu základních kroků metodiky jejich konstruování, obr. 2.26, případně Tab. 2.5, několik charakteristických kroků, které návazně modifikují aplikaci obecného modelu metodiky konstruování technických systémů, Tab. 2.2. Přímá aplikace představeného modelu zásad navrhování a řešení MSR si vyžaduje citlivý přístup (zkušenost) k volbě a následné interpretaci metod a prostředků pro realizaci algoritmu základních kroků tohoto modelu [19, 30, 32, 33, 36, 38, 56].



Pojmy k zapamatování

Klíčovou etapou je „**stanovení zadání / úlohy**“, kde rozhodujícími kroky jsou upřesnění typu úlohy, určení cílů (studia) a stanovení požadavků (zadání, hrubý model řešení, požadavkový list) na MSR. Jako příklad lze uvést „specifikaci požadavků na MSR který je určený pro výkon bezpečnostních operací“. Tyto požadavky vycházejí ze servisní úlohy MSR

(hledání a zneškodňování výbušnin, případně výbušných zařízení), kterou realizují zvláštní zásahové jednotky:

- prioritní požadavky na konstrukci MSR – nosnost (akční nástavba / manipulátor má unést břemeno o hmotnosti 25 kg, manipulační pohyb je zdvih a libovolné přemístění do vzdálenosti 1 m od přední části MSR), operační dosah (minimální dosah samostatné činnosti MSR od pozice operátora je 400 m, případně i více, pokud to neomezuje další požadavky / překážky), délka mise (minimální doba autonomní činnosti MSR je 4,5 hodiny, činnost s využitím interního zdroje energie umístěného na MSR, činnost MSR: pohyb z výchozí pozice do operačního prostoru, průzkum operačního prostoru, vyhledání nebezpečného objektu, manipulace s nebezpečným objektem, vykonání stanovené operace s nebezpečným objektem, návrat k operátorovi), rychlost pohybu MSR na stabilním pevném povrchu je maximálně 5 km/hod, vlastní hmotnost MSR (hmotnost maximálně 85 kg, limit pro ruční manipulaci dvou členů obsluhy s MSR, snížení vlastní hmotnosti nemůže být na úkor parametrů a ceny MSR), interval a doba údržby (maximálně 2 hod. měsíčně, činnost údržby: mazání, běžné opravy, čištění, dobíjení zdrojů / ne samotné dobíjení), roční náklad na údržbu (maximální náklady 500 EUR, náklady obsahují náhradní díly a výkon údržby), průměrná doba provozu (minimálně 10 hod. měsíčně, bez překročení požadavků na údržbu), cena MSR (cílová hodnota 89 000 EUR, v ceně je zahrnutý: MSR, řídicí systém operátora, baterie, dobíječ baterie, základní sada náhradních dílů, snížení ceny nesmí být na úkor úrovně parametrů MSR), umístění zdrojů energie (dostupnost, rychlá výměna), obrysové rozměry (šířka x délka x výška, maximální dopravní výška se složeným manipulátorem 1 m), pohotovost (30 min. na zprovoznění po transportu na místo zásahu),
- hlavní parametry operačního prostředí – teplota operačního prostředí (- 40 až + 500 °C), faktory pracovního prostředí (déšť, sníh, vlhko, prach, definovat a parametrizovat odpovídající parametry), terén prostředí (kombinovaný, definovat a parametrizovat odpovídající parametry),
- požadavky na odolnost MSR – hrubé zacházení, balistické poškození (aktivace nebezpečného objektu), vibrace a rázy (pohyb v členitém terénu, zpětný ráz při aktivaci nebezpečného objektu), transport (přeprava MSR do operačního prostoru), vliv faktorů operačního prostředí (viz předcházející),
- hlavní požadavky na podvozek MSR – pohyblivost (spolehlivý pohyb v určeném prostředí a na určeném povrchu, překonávání překážek určených rozměrů a tvarů, pohyb maximální rychlostí s maximálním zatížením, plynulý pohyb při minimální rychlosti a maximálním zatížení), manévrovatelnost (vyhýbání se překážkám, volný obecný pohyb v prostoru, minimální poloměr zatáčení), odolnost (viz předcházející),
- hlavní požadavky na akční nástavbu / manipulátor – stabilita (statická a dynamická, maximální zatížení při maximálním vyložení nesmí vyvolat nestabilitu MSR, případně neplynulost pohybu), manipulační schopnost (kinematická struktura, rozsahy pohybů, vazba na pohyb podvozku), odolnost (shodné s požadavky na podvozek),
- hlavní požadavky na pracovní efektor – nosnost (uchopovací síla, citlivost uchopení, stabilita / přesnost uchopení), odolnost (shodné s požadavky na podvozek), přizpůsobivost objektu manipulace (tvar a rozměr uchopovacích prvků, výměna uchopovacích prvků, rekonfigurovatelnost), balistické poškození (aktivace nebezpečného objektu),

- hlavní požadavky na vnější senzorický systém – senzory pro monitoring operačního prostředí (věrný optický obraz o pracovním okolí a situaci v operačním prostoru pro operátora, 3D informace, odměřování, noční vidění, kamery, distanční senzory, laser apod.), senzory pro detekci nebezpečného objektu (detektor nebezpečných látek apod.), senzory pro identifikaci polohy MSR v operačním prostoru (odměřování, laser apod.), odolnost (analogie s požadavky na podvozek, rušení apod.),
- hlavní požadavky na řízení – komunikace mezi MSR a operátorem (obousměrná, přímá, spolehlivý přenos dat v operačním rozsahu, rádiová komunikace, přenos optickými vlákny apod.), kontrolně – blokovací systém (blokování vazeb a nesprávné posloupnosti řízení, záznam průběhu mise pro potřeby analýzy apod.), řídicí SW (integrace, spolehlivost apod.), uživatelský komfort (jednoduchost, jednoznačnost, přehlednost apod.), odolnost (analogie s požadavky na podvozek, rušení, robustnost apod.).

Uvedené požadavky je potřeba technicky definovat a analyzovat ve vztahu k servisní úloze a podmínkám operačního prostředí, následně jich technicky vyjádřit a parametrizovat. Výstupem této etapy konstrukčního procesu je formulace zpřesněného zadání, deklarovaná zpracováním požadavkového listu, viz Tab. 2.7.

Následující etapou je „tvorba koncepce“, kde rozhodujícími kroky jsou návrh koncepce řešení, varianty řešení a jejich analýza (úprava a doplnění hrubých modelů, funkční a nákladová analýza a syntéza modelů, vyhodnocení), případně optimalizace (výběr varianty, aplikace morfologické matice, zlepšení struktury), stanovení funkční struktury vybrané varianty a následné stanovení orgánové struktury MSR (3D model, doplnění parametrů, předběžné výpočty, optimalizace na základě analýzy problémů). Východiskem řešení je zpřesněný požadavkový list, ze kterého rozhodujícími údaji jsou zejména:

- MSR je určený hlavně ke hledání a zneškodňování výbušnin, případně výbušných zařazení, koncepce jeho řešení má však zaručit jeho širší využití (koncepce univerzálního podvozku – platformy pro širší spektrum nasazení, modulární systém akční nástavby pro více aplikačních využití),
- MSR je určený pro prostředí vnější, řešení podvozku by mělo zaručit jeho pohyblivost a využitelnost jako v přírodním prostředí, tak i v urbanizovaném prostředí (městská zástavba), řešení lokomočního ústrojí a jeho trakčních vlastností by mělo zaručit pohyb na stabilně pevném, nestabilně pevném a poddajném povrchu,
- konstrukce podvozku MSR ve vztahu k akční nástavbě má být řešeno univerzálním mechanickým interfejsem umožňujícím montáž a připojení více mechanismů a účelových zařízení,
- rozhodující technické parametry: hmotnost MSR 200 kg; nosnost podvozku minimálně 70 kg; maximální rychlost 20 km/hod; schopnost překonat překážku s výškou 500 mm (hloubka 300 mm); obrysové rozměry délka 1 600 mm, šířka 1 200 mm a výška 500 mm; doba provozu na jedno dobíjení baterií minimálně 4 hod.; odolnost na vibrace a rázy (určit stupeň); odolnost na faktory pracovního prostředí (určit stupeň pro aktuální faktory).



Shrnutí pojmů 2.4.

Etapu konstrukčního procesu, metodika servisního scénáře, metodika navrhování servisního robotu, algoritmus konstruování servisního robotu, požadavkový list, optimalizace struktury mobilních servisních robotů.



Otázky 2.4.

7. Jak lze definovat etapu konstrukčního procesu při navrhování servisního robotu?
8. Jak byste popsali metodiku navrhování servisního robotu?
9. Co musí obsahovat požadavkový list?
10. Jak byste popsali algoritmus konstruování servisního robotu?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 7. až 10., úspěšně jste zvládli tuto podkapitolu. Dejte si nyní oddech před dalším pokračováním ve studiu a řešením úlohy 2.1.



Úlohy k řešení 2.1.

Každý tým si zvolí libovolnou servisní úlohu ve vnitřním nebo venkovním prostředí (úlohu můžete navrhnout vlastní nebo se inspirovat servisní úlohou prezentovanou na internetových stránkách), která se dá řešit s využitím mobilního servisního robotu.

Pro zvolenou servisní úlohu popište prostředí, ve kterém se bude robot pohybovat a omezující faktory. Navrhněte typ servisního robotu s potřebnými subsystemy (viz kapitola 2.2 a 2.3), který by byl vhodný k řešení vámi navržené servisní úlohy. Popište metodiku řešení zvoleného mobilního servisního robotu podle kapitoly 2.4. Na internetu najděte obrázek takového robotu, případně použijte vlastní 3D model 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 pokračováním ve studiu.

3 APLIKACE KOLOVÝCH SERVISNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ

Kapitola se zabývá klasifikací mobilních servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím z pohledu jejich základní klasifikace, různých koncepcí kolových lokomočních ústrojí, zásadami pro jejich navrhování, vybranými ukázkami praktických aplikací apod.

Z hlediska nasazování servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím se dá zaměřit na všechny nestrojírenské oblasti. Realizované servisní úlohy představují široké spektrum činností vykonávaných roboty. Aplikace servisních robotů pro široké spektrum úloh v sobě zahrnují různé typy vnitřních i venkovních prostředí, vykonávání různých technologií apod., což klade značný rozptyl požadavků na konstrukce robotů a jejich vybavenost nástavbovými moduly.

3.1 Klasifikace kolových lokomočních ústrojí



Čas ke studiu: 1 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat požadavky na servisní roboty s kolovým lokomočním ústrojím.



Výklad

Do této skupiny SR patří všechny MSR, jejichž subsystém mobility je řešený na principu kolového podvozku. Současné statistiky potvrzují, že MSR na kolovém podvozku (kolové MSR) jsou nejpočetnější skupinou všech realizovaných MSR. Různorodost požadavků na kolové MSR, které vyplývají z potřeb jejich aplikací, technické praxe apod. naplnila různorodostí jejich konstrukční řešení. Rozdílnost kolových MSR je zejména v konstrukci kolového podvozku (subsystému mobility), řešení se odvíjí od jednokolových až po více kolové koncepce, od jednoduchých variant uspořádání podvozku až po speciální, případně kombinované systémy. Různorodost konstrukcí kolových MSR si lze představit na výběru z realizovaných řešení, např. kolový MSR pro jadernou energetiku (údržba, provoz, jaderné elektrárny), jak je znázorněno na obr. 3.1a. Kolový MSR pro oblast zemědělství (ošetřování a sběr rajčat) je znázorněný na obr. 3.1b. Na obr. 3.1c je znázorněný kolový MSR pro vojenské činnosti (vyhledávání a odstraňování min) [16, 18, 19, 21, 24, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 47, 48, 56, 69, 72, 83, 85].

Analýza aplikací kolových MSR dokladuje, že tato skupina SR má široké využití v celém spektru servisních činností. Univerzálnost kolových MSR otvírá prostor jejich aplikačního využití od jednoduchých servisních úloh ve standardním operačním prostředí až po speciální servisní úlohy v náročném (nestandardním) operačním prostředí, např. vojenství,

bezpečnostní a zásahové složky (zbraňové systémy, monitorovací systémy, manipulační systémy pro nebezpečný materiál, protiteroristické systémy, záchranářské systémy apod.), jaderný průmysl (destrukční systémy, speciální údržba, manipulace s nebezpečným a škodlivým materiálem apod.), stavebnictví (destrukční systémy, monitorovací systémy, speciální stavební technologie apod.), zemědělství a lesnictví (těžba dřeva, úprava terénu, polní práce, setí a sběr plodin apod.), zdravotnictví (transportní systémy, obsluha pacientů apod.), speciální výzkum (vesmírný výzkum, podmořský výzkum apod.).



Obrázek 3.1 – Příklady nasazení kolových MSR

Na bázi analýzy požadavků aplikací MSR a zohledněním všeobecných požadavků na MSR, lze sestavit rámcové požadavky na kolový MSR:

- relativně nízká vlastní hmotnost MSR (proporcionální rozložení hmotnosti zejména mezi subsystém akční nástavby a subsystém mobility), malý specifický tlak podvozku na podložku (charakter povrchu terénu, počet kol, typ kol, rozměry kol apod.),
- relativně vysoká užitečná nosnost MSR (poměr k vlastní hmotnosti MSR, nosnost akčního mechanismu v pracovní poloze, případně nosnost podvozku, statická a dynamická stabilita MSR při plnění pracovní úlohy, případně při pohybu a plnění pracovní úlohy apod.),
- malé, poměrové uspořádané obrysové rozměry MSR (poměr délka / šířka / výška, přepravní poloha akčního mechanismu, pracovní poloha akčního mechanismu), zejména poměrové uspořádané obrysové rozměry subsystému mobility / kolového podvozku (délka, šířka, výška, rozchod, rozvor),
- dobrá manévrovatelnost MSR v operačním a pracovním prostoru (rozvor, rozchod, poloměr zatačení, typ řízení, uspořádání podvozku, uspořádání kol, uspořádání rámu podvozku apod.),
- dobrá průchodnost a brodivost MSR (světlost podvozku, výška a poloha těžiště MSR), bezpečné překonávání překážek v operačním prostoru (typ rámu podvozku, přidaný stupeň volnosti závěsu kola, typ kol, typ dezénu běhounové části kola), zejména ve vztahu na členitost terénu (výškovou, prostorovou), kvalitu povrchu terénu (stabilně pevný, nestabilně pevný, poddajný) a profil překážek (geometrie profilu),
- soulad mezi jízdními vlastnostmi podvozku, výkonem pohonného agregátu podvozku a provozními požadavky aplikace MSR, přímá jízda při dynamicky se měnících jízdních odporech (změna vlastností 10 – 15 krát, výkon pohonného agregátu), pružnost jízdy a stabilita chodu pohonného agregátu při nízkých otáčkách (pracovní rozsah pohonného agregátu), potřebná stoupavost a dostatečné zrychlení (průběh a hodnota krouticího momentu pohonného agregátu), hospodárnost a bezpečnost provozu (spotřeba energie),
- odolnost MSR na nepříznivé vlivy faktorů operačního a pracovního prostředí vnitřního nebo vnějšího (fyzikální, chemické, radiační, klimatotechnologické,

faktory prostředí apod.), vyhotovení konstrukce (odolnost na vlivy, stupeň krytí, čištění, dekontaminace apod.),

- úroveň inteligence chování MSR (pohyb v prostoru, pohyb mezi překážkami, výkon pracovní úlohy) v operačním prostoru, realizace podle požadavků aplikace, komunikace s prostředím, operátorem a objektem aplikace pracovní úlohy,
- operačně jednoduché a spolehlivé řízení a navigace MSR, realizace podle požadavků aplikace, zohlednění souvisejících norem bezpečnosti a provozu,
- energetická nezávislost MSR (alespoň po dobu jednotkového operačního nasazení), realizace podle požadavků aplikace, upřednostnění nezávislého energetického zabezpečení,
- provozní jednoduchost MSR (údržba, obsluha, příprava na provoz, technická pohotovost), realizace podle požadavků aplikace, zohlednění souvisejících norem bezpečnosti a provozu.

Konstrukce kolových MSR, zejména v části jeho podvozku, vychází z poznatků konstrukce kolové mobilní dopravní techniky (automobil, traktor apod.). Kolové MSR, z pohledu přístupu k řešení jejich podvozku a vyvolaných pohybových a provozních vlastností, lze kategorizovat:

a) do skupiny **nestabilních koncepcí**

- 1 a 2 kolové koncepce - konstrukce je postavená na funkčně minimálním počtu kol, uspořádání kol paralelně, případně sériově, uspořádání náprav jako jedna náprava, případně dvě nápravy, MSR je staticky nestabilní a dynamicky stabilní, řízení směru pohybu je většinou řešené na principu změny otáček kola, případně naklápěním (1 kolové), při pohybu musí být řešena dynamická stabilita,

b) do skupiny **stabilních koncepcí**

- 3 kolové koncepce - z pohledu statické stability MSR je konstrukce postavená na minimálním počtu kol, uspořádání náprav je dvojnápravové, řízení směru pohybu je většinou řešené na principu změny otáček jednoho kola oproti druhému se kterým je na společné ose, třetí kolo má obvykle funkci zabezpečování statické stability podvozku,
- 4 kolové koncepce - konstrukce je postavená na poznatcích konstrukce mobilní dopravní techniky, uspořádání náprav je dvojnápravové (rozložení funkce hnací, hnané a směrové nápravy), řízení směru pohybu je většinou řešené na principu natáčení směrových kol,
- 6 a více kolové koncepce - konstrukce je postavená na speciálních řešeních, kde kola jsou většinou nezávisle zavěšené se samostatnými pohony, jsou to konstrukce zaručující průchodnost podvozku ve značně členitém terénu, řízení směru pohybu je většinou řešené na principu natáčení směrových kol,
- speciální koncepce - konstrukce je postavená na speciálních řešeních, kde kola, případně celé podvozky jsou přímo přizpůsobené zadaným požadavkům, konstrukce zaručují specifikum požadavku zadání např. vysokou průchodnost, vysokou manévrovatelnost a pod.

Současné přístupy ke klasifikaci a systémovému uspořádání konstrukcí kolových MSR a také k jejich konstruování vycházejí především z následujících hledisek:

- použitého typu rámu podvozku definovaného jeho kinematickými, konstrukčními a provozními vlastnostmi,

- aplikovaného počtu a uspořádání kol v systému náprav, uspořádání funkcí kol a náprav v koncepci podvozku,
- použitého typu kol definovaného konstrukcí a příčným řezem kola (čtverec, obdélník, speciální tvar),
- aplikovaného povrchu běhounové části kola (hladký, standardní, hrubý dezén) zabezpečující kontakt s povrchem podložky (terénu) po které se pohyb realizuje,
- aplikovaného systému pohonu podvozku (počet poháněných kol, náprav a jejich uspořádání),
- aplikovaného systému řízení podvozku (počet aktivně natáčených kol, náprav a jejich uspořádání),
- speciálních vlastností náprav a kol (vertikální zdvih kola apod.),

Uvedené hlediska nejsou uspořádané podle principu priorit vlastností, případně funkčnosti MSR, hlediska lze využít jako kritéria pro zařazení kolových MSR.



Shrnutí pojmů 3.1.

Servisní robot, kolový podvozek, konstrukce kolových podvozků, požadavky na servisní robot, nestabilní koncepce robotu, stabilní koncepce robotu.



Otázky 3.1.

11. Jaké mohou být rámcové požadavky na kolový servisní robot?
12. Jaké jsou nestabilní koncepce kolových servisních robotů?

3.2 Koncepce kolových lokomočních ústrojí



Čas ke studiu: 1 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat uspořádání kolových lokomočních ústrojí.



Výklad

Koncepce řešení kolového MSR (lokomočního ústrojí) vychází z obecné struktury systémového modelu MSR. Specifikum MSR je realizace jeho pohybu na principu mechaniky válení kola. Realizaci pohybu kolového MSR (lokomočního ústrojí) zabezpečuje jeho subsystém mobility – kolový podvozek, koncepci konstrukce podvozku určuje obecný model, znázorněný na obr. 3.2, popsany funkčními skupinami - plošina, podvozek, pohonné ústrojí, vnitřní a vnější senzory, řízení, energetické zdroje a karosérie [16, 18, 19, 21, 24, 26, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 47, 48, 56].

Koncepce funkční skupiny podvozku vychází z možných řešení počtu a uspořádání náprav, výběru typu a počtu kol, uspořádání pohonu a přenosu mechanické energie pohonu na

hnací a směrovou nápravu (kola) podvozku. Podvozek, jak je znázorněno na obr. 3.2, je sestavený z těchto funkčních podskupin:



Pojmy k zapamatování

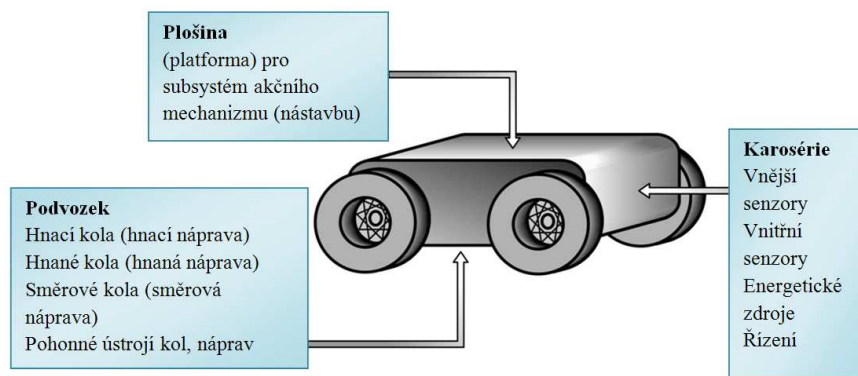
Rám podvozku - plní funkci rámu (rám, nosná část, kostra, skelet) podvozku, případně celého kolového MSR (uchycení plošiny pro montáž akčního subsystému mechanismu). Rám je funkčně vázaný na funkční skupiny „plošina“, „energetické zdroje“, „karosérie“ a funkční podskupinu „náprava“.

Náprava - plní funkci lokomočního ústrojí MSR. Z pohledu realizace energie pro vykonání pohybu může být ve funkci:

- hnací nápravy - přímo propojená na pohonné ústrojí, přenáší výkon pohonu na realizaci pohybu podvozku po podložce, její součástí jsou hnací kola,
- hnané nápravy - není propojená na pohonné ústrojí, její pohyb po podložce iniciuje energie hnací nápravy, její součástí jsou hnaná a pomocná kola.

Z pohledu realizace řízení směru pohybu může být ve funkci

- řízené (směrové) nápravy – přímo, případně nepřímo propojená řídicím mechanismem na pohonné ústrojí pro realizaci změny směru pohybu podvozku, její součástí jsou směrová kola,
- neřízené (vlečené) nápravy – není propojená na pohonné ústrojí pro změnu směru pohybu, směr jejího pohyb iniciuje energie hnací a řízené nápravy, její součástí jsou pomocná kola.



Obrázek 3.2 – Schéma obecného modelu kolového podvozku MSR

Náprava je konstrukčně vázaná na funkční podskupinu „rám podvozku“ a „pohonné ústrojí“ pro pohyb kol a pro řízení směru pohybu náprav.

Kolo - je vnitřní funkční podskupinou nápravy, plní funkci výkonného prvku lokomoce, zabezpečuje kontakt MSR s povrchem podložky (terénu) po které se pohybuje, realizuje přenos potřebného energetického výkonu pro pohyb a řízení směru pohybu MSR. Z pohledu realizace energie pro vykonání pohybu může být ve funkci:

- hnacího kola - přímo propojené na pohonné ústrojí, přenáší výkon pohonu na podložku pro realizaci pohybu podvozku,
- hnaného kola - není propojené na pohonné ústrojí, jeho pohyb iniciuje energie hnací nápravy.

Z pohledu realizace řízení směru pohybu může být ve funkci:

- řízeného kola - přímo, případně nepřímo propojené na mechanismus řízení směru pohybu podvozku,
- neřízeného kola – není propojené na mechanismus řízení, směr jeho pohybu iniciuje energie hnací a řízené nápravy, případně je vlečené mechanikou řízení směru pohybu.

Konstrukčně je kolo vázané na funkční podskupinu „náprava podvozku“, „rám podvozku“ a „pohonné ústrojí“ pro pohon kol a pohon pro řízení náprav.

Pohonné ústrojí - plní funkci energetického agregátu:

- pro pohyb podvozku, tj. je pohonným agregátem hnací nápravy/hnacích kol,
- pro řízení směru pohybu podvozku, tj. je pohonným agregátem řízené nápravy / směrového kola.

Konstrukčně je vázané na funkční podskupinu „náprava podvozku“, „rám podvozku“ a „kolo“.

Karosérie - plní funkci ochranného krytu funkčních částí podvozku před nepříznivým vplyvem faktorů operačního a pracovního prostředí. Konstrukčně je vázaná na funkční podskupiny „rám“, „nápravy“ a funkční skupinu „plošina“.

Funkční skupiny - vnitřní senzory, vnější senzory, energetické zdroje a řídicí systém v sestavě podvozku plní funkci odpovídající funkcím analogických subsystémů popsaných v systémové sestavě MSR.

Při řešení podvozku se využívají různé možnosti dispozičního uspořádání hlavních funkčních podskupin (rám podvozku, nápravy, pohon apod.), jako i možnosti konstrukčního řešení detailů rozhodujících prvků (typy a počet kol, typy náprav apod.) těchto funkčních podskupin. Z pohledu výroby kolových MSR tak vznikají různé typy struktur kolových podvozků odlišujících se především různým uspořádáním náprav, různým počtem hnacích a hnaných náprav, různým počtem kol a různým typem náprav jak je uvedeno v Tab. 3.1. Jedná se o struktury vycházející z koncepcí podvozku sestaveného jako [19, 56]:

- jednokolový jednonápravový,
- dvojkolový jedno nebo dvojnápravový,
- trojkolový dvojnápravový,
- čtyřkolový dvojnápravový,
- šesti a více kolový troj a více nápravový.

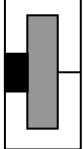
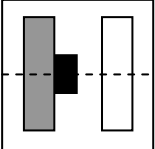
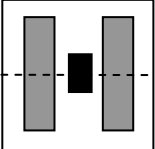
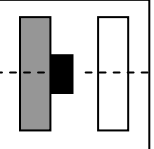
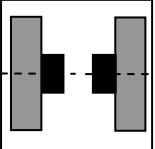
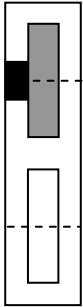
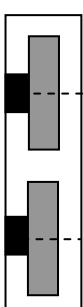
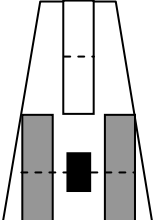
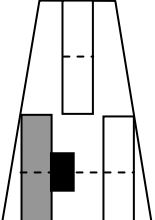
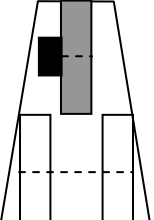
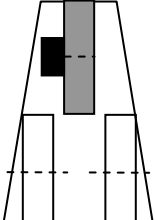
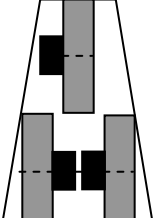
Sestavované podvozky mají různé charakteristiky a parametry lokomočních a trakčních vlastností, což se efektivně využívá při výběru a optimalizaci typu podvozku pro zadanou aplikaci kolového MSR.

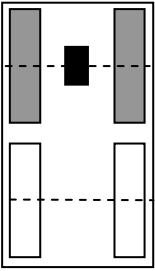
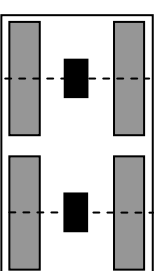
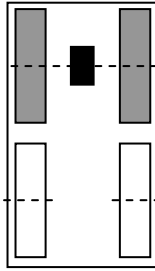
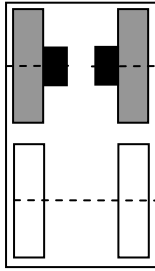
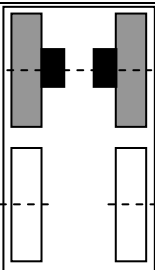
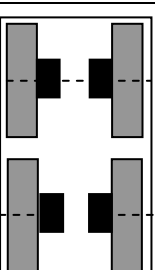
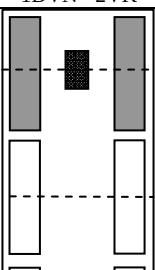
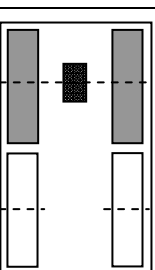
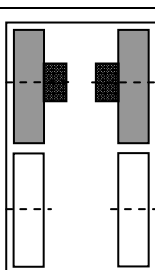
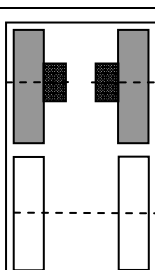
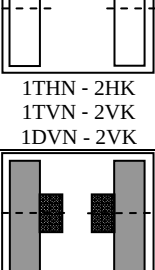
Pro potřeby systémového nebo klasifikačního rozlišování a zatřídování konstrukcí kolových MSR je vhodné použít především tyto znaky:

- počet kol na podvozku,
- příčný průřez kola (čtverec, obdélník, speciální tvar),
- povrch běhounové části kola (hladký, typ profilu dezénu),
- počet náprav na podvozku,

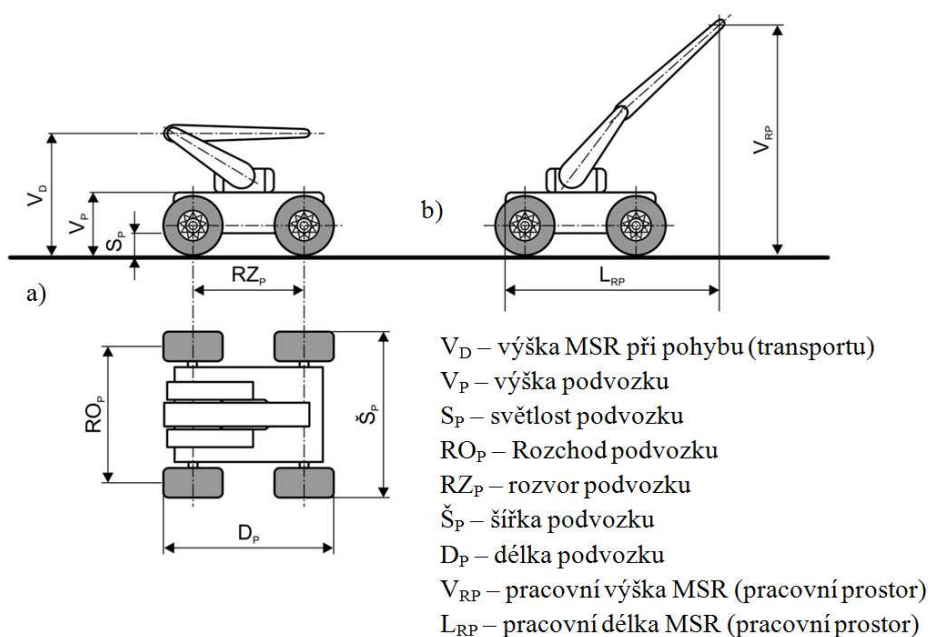
- počet řízených náprav na podvozku (aktivně natáčených kol),
- počet hnacích náprav na podvozku (počet poháněných kol),
- možnost vertikálního zdvihu kol
- typ řízení podvozku.

Tab. 3.1 – Uspořádání podvozku kolového MSR

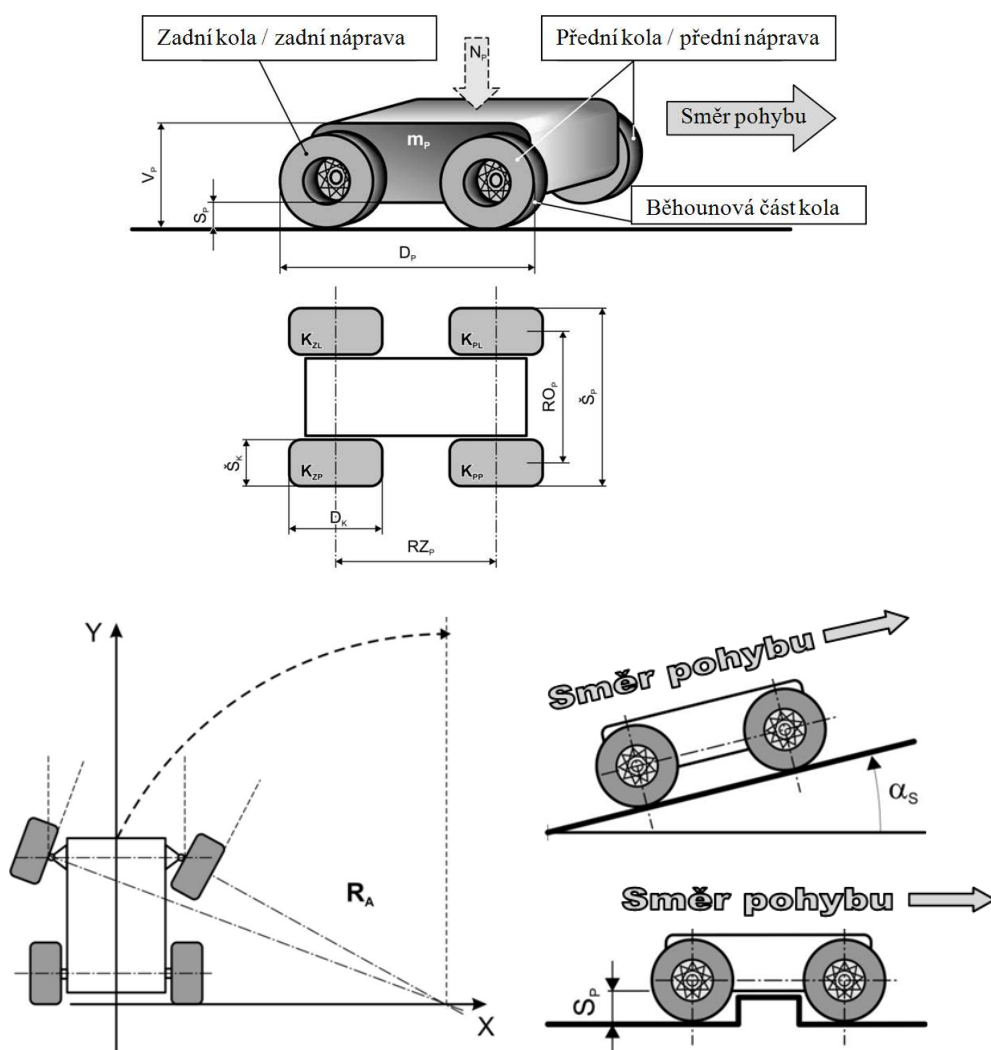
Koncepte uspořádání	Varianty uspořádání Počet náprav (N) – druh náprav (HN – hnací, VN – vlečená) – typ náprav (TN – tuhá, DN – dělená; Počet kol (K) – druh kol (HK – hnací ■, VK – vlečené, hnané □)			
1	2			
jednokolová jednonápravová 1K – 1N	 1THN - 1HK			
dvojkolová jednonápravová dvojnápravová 2K – 1N 2K – 2N	 1THN - 1HK1VK	 1THN - 2HK	 1DHN - 1HK1VK	 1DHN - 2HK
	 1THN - 1HK 1TVN - 1VK	 2THN - 2HK		
trojkolová dvojnápravová 3K – 2N	 1TVN - 1VK 1THN - 2HK	 1TVN - 1VK 1DHN - 1HK1VK	 1THN - 1HK 1TVN - 2VK	 1THN - 1HK 1DVN - 2VK
	 1THN - 1HK 1DHN - 2HK			

čtyřkolová dvojnápravová 4K – 2N	 1THN - 2HK 1TVN - 2VK	 2THN - 4HK	 1TH - 2HK 1DVN - 2VK	 1DHN - 2HK 1TVN - 2VK
	 1DHN - 2HK 1DVN - 2VK	 2DHN - 4HK		
	 1THN - 2HK 1TVN - 2VK 1DVN - 2VK	 1THN - 2HK 2DVN - 4VK	 1DHN - 2HK 2DVN - 4VK	 2DHN - 4HK 1TVN - 2VK
	 3DHN - 6HK			
šesti a více kolová dvoj a více nápravová 6K – 3N				

Základní rozměry kolového MSR, jak je znázorněno na obr. 3.3, souvisí s geometrií uspořádání jeho subsystémů a rozhodujících funkčních částí těchto subsystémů. Při popisu rozměrů MSR je vhodné rozlišit rozměry charakterizující jeho dopravní polohu (rozměry při plnění pouze dopravní úlohy, tj. pohyb bez aktivity akční nastavby, nastavba je v tzv. dopravní poloze, viz obr. 3.3a), případně pracovní polohu (vstupují obrysové rozměry pracovního prostoru akční nastavby, akční nastavba je aktivní, vykonávání pracovní úlohy, viz obr. 3.3b).



Obrázek 3.3 – Obrysové rozměry kolového MSR



Obrázek 3.4 – Základní parametry podvozku kolového MSR

Základní technické parametry a provozní vlastnosti podvozku, viz obr. 3.3 a 3.4, se definují:

- z pohledu obrysových rozměrů, kde D_p – délka podvozku, $\check{S}_p$ – šířka podvozku, VP – výška podvozku,
- z pohledu rozmístění a uspořádání kol - přední kola (K_{pL} – kolo přední levé, K_{pP} – kolo přední pravé), zadní kola (K_{zL} – kolo zadní levé, K_{zP} – kolo zadní pravé), RZ_p – rozvor podvozku; RO_p – rozchod podvozku,
- z pohledu rozměrů kola, kde D_K – průměr kola (R_K – poloměr kola), $\check{S}_K$ – šířka kola, B_K typ a materiál běhounové části kola (dezén),
- z pohledu rozmístění a uspořádání náprav - přední náprava (funkční sestava: K_{pL} – kolo přední levé, K_{pP} – kolo přední pravé); zadní náprava (funkční sestava: K_{zL} – kolo zadní levé, K_{zP} – kolo zadní pravé),
- z pohledu výkonu a doplňujících parametrů - vlastní hmotnost podvozku m_p , nosnost podvozku N_p ($N_{pmin} = m_{AMmax}$, m_{AMmax} – vlastní hmotnost aplikačního modulu),
- z pohledu jízdních vlastností - R_A – poloměr zatáčení (akční rádius), S_p – světlost podvozku; α_s – úhel sklonu nakloněné roviny (stoupání).



Shrnutí pojmů 3.2.

Rám podvozku, náprava, kolo, pohonné ústrojí, karosérie, funkční skupiny, uspořádání podvozku.



Otázky 3.2.

13. Jak lze definovat pojem náprava kolového podvozku?
14. Jaká mohou být uspořádání čtyřkolového podvozku?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 13. a 14. a je Vám tato problematika jasná, dejte si oddech před dalším pokračováním ve studiu.

3.3 Zásady pro navrhování koncepce kolových lokomočních ústrojí



Čas ke studiu: 1 hodiny



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat zásady pro navrhování koncepce kolových podvozků.



Výklad

Při navrhování koncepce uspořádání a řešení podvozku se vychází z analýzy požadavků aplikace kolového MSR na jeho subsystém mobility. Z požadavků je vhodné

analyzovat zejména kritické provozní a jízdní situace z pohledu fyzikálních a mechanických závislostí spojených s pohybem, stabilitou a interakcí podvozku v daném operačním prostoru. Jako model pro posuzování uvedených závislostí, případně jízdních a trakčních vlastností kolových podvozků se doporučuje model „jízdy po schodech, případně překonání schodů“.

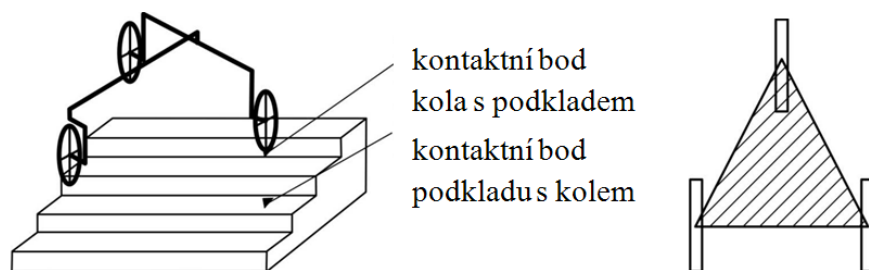
Nerovnosti terénu a vlastnosti podkladu, kladou na podvozek požadavek zaručení kontaktu všech kol s podkladem, zaručení dostatečné trakce, stability a nepřekročení stanoveného jmenovitého tlaku na podložku. Kolové podvozky se odvalují po podkladě plynule, tj. musí překonat také nevyhovující úseky profilu podkladu [16, 19, 21, 24, 56].



Pojmy k zapamatování

Stabilita a požadované jízdní vlastnosti podvozku se dosáhnou pouze tehdy, když kontakt s podkladem je zabezpečený stanoveným počtem kol (pro jednokolové a dvojkolové podvozky platí výjimky). Pro dosažení statické stability jsou potřebné minimálně tři opory, tj. kontakt třech kol s podložkou. Kontaktní body s podložkou uspořádané jako symetrický podvozek s tuhým rámem, viz obr. 3.3, vytvářejí mechanismus pohybu, u kterého při přejezdu přes nerovnosti terénu dochází ke změně polohy podvozku jako celku vůči povrchu terénu. Z mechanického hlediska se těžiště MSR mění, těžiště nemá stabilní polohu.

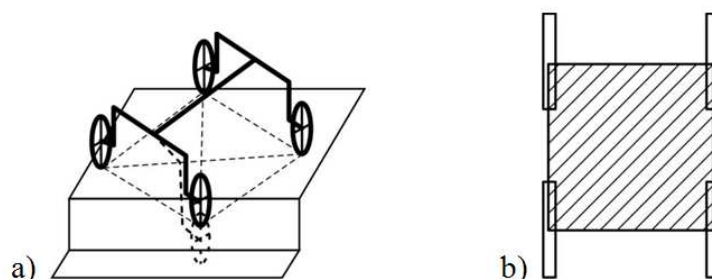
Z důvodu působení gravitace je potřebné při pohybu MSR udržet jeho stabilitu. Tato koncepce je charakteristická rozdílnou mírou stability podvozku projevující se zejména při manévrování po nakloněné rovině a též v dynamických změnách jízdy (projíždění oblouků, zatáčení apod.) v závislosti na poloze podvozku vůči podložce a směru jeho pohybu. Koncepce má také omezené aplikace při použití akční nástavby s proměnlivou polohou těžiště (např. při výkonu pracovní úlohy). Řešení je v návrhu rozměrů a uspořádání náprav podvozku tak, aby průsečík tahové výslednice sil působících na kolový MSR při jeho provozu se trvale pohyboval v rozpětí opěrné plochy podvozku vytvořené vnějším ohrazením plochy v krajních kontaktních bodech podvozku s podložkou, jak je znázorněno na obr. 3.5. Řešení zaručí stupeň stálosti stability. Druhým parametrem stability je míra stálosti stability (rovnováhy) daná momentem tíhové síly a jejího ramena (vzdálenost průsečíku tíhové síly od okraje plochy opory) stanoveného v protisměru vnějších sil narušujících stabilitu MSR.



Obrázek 3.5 – Koncepce trojkolového podvozku

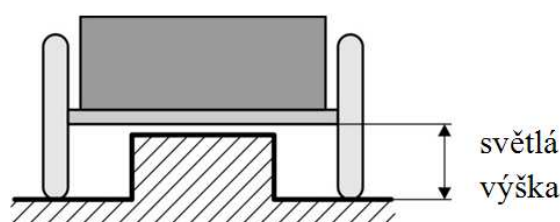
Příznivější koncepce kolového podvozku z pohledu uvedených vlastností je čtyřkolový podvozek (čtyřkolový model). Koncepce vytváří větší opěrnou plochu a tím i větší stupeň stability pro pojezd po různém terénu, jak je znázorněno na obr. 3.6a. Ve většině aplikací takovýchto podvozků, zejména v prostředí exteriéru, nedochází vždy ke ztotožnění

roviny kontaktních bodů s reálnou rovinou terénu (jedno kolo není v kontaktu s podložkou). Řešení problému může být v přidání stupně volnosti minimálně jednomu kolu (svislý pohyb), případně jednomu páru kol (tuhá náprava), tím se vytvoří efekt křížení náprav, jak je znázorněno na obr. 3.6b. Takovéto řešení lze přijat jako systémové doporučení pro všechny čtyř a více kolové podvozky.



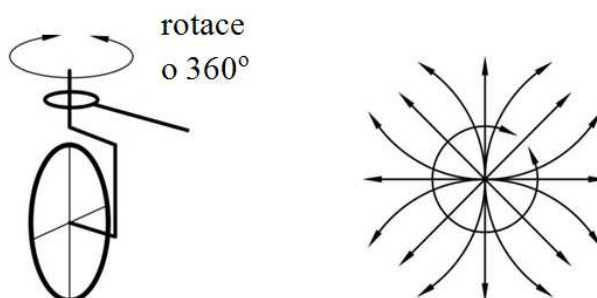
Obrázek 3.6 – Koncepce čtyřkolového podvozku

Pro zaručení průjezdnosti, případně brodivosti kolového podvozku MSR je potřebné stanovit dostatečnou světlou výšku podvozku, jak je znázorněno na obr. 3.7. Výška se stanovuje podle očekávané nejnepříznivější provozní situace (parametrem je výška překážky, kterou je třeba překonat).



Obrázek 3.7 – Koncepce parametru světlost podvozku

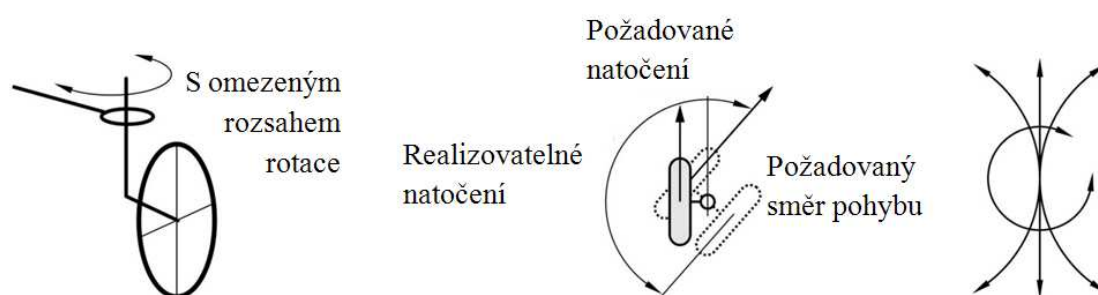
Požadavek na zvýšenou nosnost podvozku MSR lze řešit aplikací většího počtu náprav (rozklad zatížení na větší počet kol, snížení jmenovitého tlaku jednoho kola na podložku). Řešením se dosáhne také zvýšení plynulosti pohybu MSR při překonávání překážky, rozdíl parametrů X (čtyřnápravový podvozek) a Y (dvojnápravový podvozek). Současně se příznivěji projeví také sklon podvozku, což má pozitivní vliv na polohu těžiště MSR vzhledem na opěrnou plochu MSR. Dalším řešením je použití širších kol, toto řešení je vhodné konfrontovat s parametry zvýšení odporu válení kola. V praxi se objevují též řešení vytvořené kombinací uvedených způsobů.



Obrázek 3.8 – Koncepce přímého natáčení směrového kola

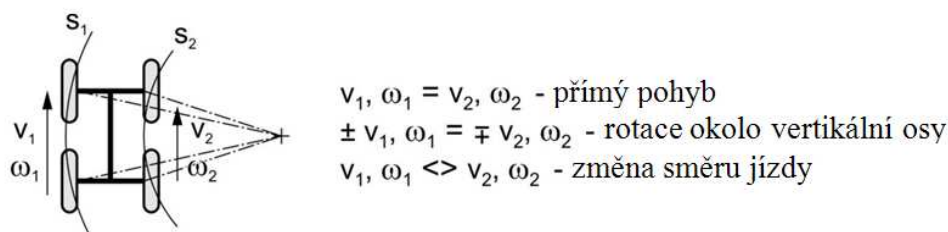
Manévrovací schopnosti kolového podvozku MSR jsou závislé na počtu kol, které umožňují realizovat změnu směru pohybu (řízená směrová kola) v konstrukčně daném rozsahu. Změnu směru pohybu lze realizovat rozdílem otáček kol na jednotlivých stranách podvozku (diferenční řízení), případně přímo natočením směrových kol. Konstrukční řešení přímého natáčení kol může být postavené na neomezeném otáčení kola okolo jeho vertikální osy v obou směrech otáčení, jak je znázorněno na obr. 3.8, použití tohoto principu na všech kolech dává podvozku vysokou manévrovatelnost ve všech směrech jeho pohybu. Realizace principu je konstrukčně náročná a vyžaduje si prostorovou volnost v sestavě podvozku, řešení se aplikuje zejména u tzv. všesměrových podvozků.

Řešení natáčení může být postaveno i na koncepci omezení rozsahu natáčení, jak je znázorněno na obr. 3.9, omezení může být vázané také na návaznost natáčení kol (omezení natáčení v rozsahu a směru). Změna směru pohybu může být omezená i do menšího rozsahu jako je 180° . Konstrukce řízeného směrového kola je závislá na umístění pohonu pro natáčení a na rozsahu natočení. Principiálně může být pohon umístěný v náboji kola, případně může být pohon umístěný mimo nápravu (přenos krouticího momentu na svislou osu přes přenosový mechanismus, např. kardanový kloub).



Obrázek 3.9 – Koncepce přímého natáčení směrového kola s omezením

Dalším řešením řízení natáčení podvozku je princip diferenčního řízení, jak je znázorněno na obr. 3.10, řízení rozdílu otáček pravé a levé strany podvozku. Rozdíl otáček ovlivňuje také poloměr zatáčení podvozku. Konstrukce tohoto principu je jednoduchá, konstrukce náprav a rámu podvozku však musí být robustní (silové působení na kolo při natáčení).

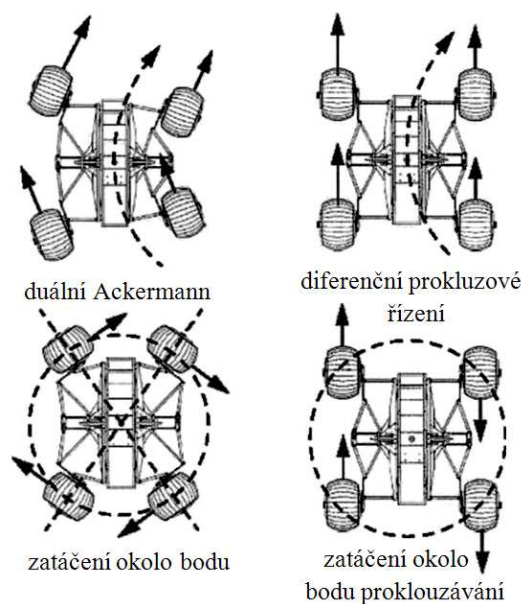


Obrázek 3.10 – Koncepce diferenčního řízení natáčení podvozku

Řízení natáčení čtyřkolového podvozku je možné také tzv. duálním Ackermannovým způsobem (rozdílná rychlost kol pravé a levé strany), jak je znázorněno na obr. 3.11.

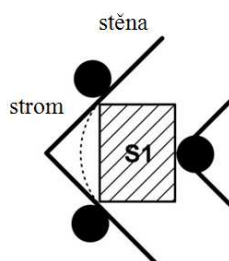
Zvláštním principem natáčení podvozku je aplikace tzv. všesměrových kol, které dávají podvozku vysokou manévrovatelnost avšak na úkor schopnosti překonávání vyšších

překážek. V případě pohybu všesměrových kol po venkovním terénu se valivé segmenty kola pogumovávají.



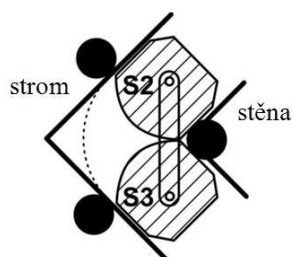
Obrázek 3.11 – Koncepce Ackermannového řízení natáčení podvozku

Požadavek na průchodnost v omezeném prostoru se řeší tak, že obrysové rozměry kompaktního tuhého podvozku se navrhnu tak, aby MSR byl schopen pohybu v nejužším profilu své jízdní dráhy, jak je znázorněno na obr. 3.12, problémem tohoto přístupu je omezení maximálních rozměrů (včetně rozměrů akční nástavby) a tím i zmenšování opěrné plochy MSR, výhodou je obrysová kompaktnost MSR.



Obrázek 3.12 – Schéma závislosti obrysových rozměrů podvozku na průjezdném profilu

Druhý přístup k řešení je založený na aplikaci biologického modelu tzv. pružných těl, jak je znázorněno na obr. 3.13, kde se podvozek řeší v koncepci děleného (článekového) rámu. Řešení dává podvozku vysokou manévrovatelnost. Nevýhodou řešení je konstrukční náročnost.



Obrázek 3.13 – Koncepce diferenčního řízení natáčení podvozku

**Shrnutí pojmů 3.3.**

Stabilita podvozku, jízdní vlastnosti podvozku, manévrovací schopnosti, natáčení podvozku, koncepce řízení podvozku, diferenční řízení podvozku, Ackermannův způsob řízení podvozku, obrysové rozměry podvozku.

**Otázky 3.3.**

15. Jak byste definovali princip diferenčního řízení podvozku?
16. Jak byste definovali stabilitu a jízdní vlastnosti podvozku?

3.4 Vybrané praktické aplikace kolových servisních robotických systémů**Čas ke studiu:** 1 hodina**Cíl:** Po prostudování tohoto odstavce budete umět

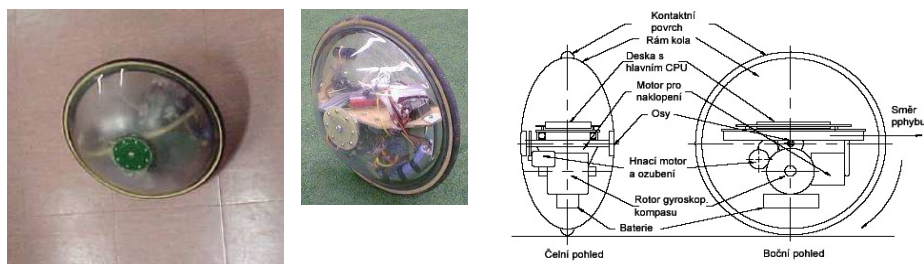
Definovat konkrétní aplikace servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím.

**Výklad**

Vybrané příklady konkrétních aplikací servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím reprezentují jen nepatrnou část toho, co je v současnosti realizováno. Jde o využití servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím v širokém spektru nestrojírenských oblastí. Vytvoření uceleného přehledu konkrétních aplikací servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím by bylo velmi náročné, nehledě k tomu, že neustále vznikají nové konstrukce a nové praktické aplikace na celém světě. Proto je potřeba před praktickou realizací nasazení servisního robotu s kolovým lokomočním ústrojím pro konkrétní úlohu zpracovat nejprve řešící stávající situace ve světě [19, 18, 21, 24, 32, 33, 36, 38, 56, 63, 73, 74, 80, 82].

Příkladem aplikace jednokolového mobilního robotu je „Gyrover I“ a inovovaná konstrukce „Gyrover II“, znázorněné na obr. 3.14. Jde o gyroskopicky stabilizovaný robot. Gyroskopický kompas zajišťuje boční stabilitu robotu při jeho pomalé rychlosti a zejména ve statickém postoji. Mechanismus pro zavěšení gyroskopu umožňuje naklopení osy kompasu vůči ose kola. Gyroskopický kompas má funkci setrvačníku, kde odstředivé síly vyrovnávají odklonění kola od svislé polohy. Na vyrobených modelech, které jsou řízeny rádiem (RC modely) byla ověřena celá řada principů a předpokládaných výhod. Pro výrobu modelu „Gyrover I“ byla použita součástková základna RC modelů letadel a automobilů. Robot má průměr 29 cm a hmotnost 2 kg. Má dobrou stabilitu při větších rychlostech na rovném i členitém terénu. Dokáže dobře zachovávat stabilitu na místě a vyvine rychlost cca 10 km/h. Může bez obtíží přejíždět např. haldy štěrkopísku a pohybovat se na nakloněné rovině s úhlem 45°. Dokáže překonat překážku s výškou asi 75% průměru kola. Nevýhodou je malá pružnost a možnost poškození konstrukce robotu, značná hmotnost baterie pro napájení

gyroskopického kompasu, neúplné uzavření prostoru s pohony kola apod. Směr pohybu robotu je ovládaný operátorem.



Obrázek 3.14 – Robot „Gyrover“ vlevo a jeho konstrukční schéma vpravo

Celá konstrukce robotu je umístěna uvnitř speciálně navržené pneumatiky plněné vzduchem. Pneumatika chrání robot před mechanickým poškozením. Robot je vybavený řadou různých senzorů jako např. senzory pro sledování odběru proudů u motorů, sledování polohy a rychlosti, sledování tlaku v pneumatice, sledování orientace celého robotu, sledování teploty gyroskopického kompasu apod. Pohyb robotu je ovládaný operátorem pomocí RC soupravy. Robot má schopnost pohybu také po vodní hladině. Jde tedy o obojživelný robot s možností pohybu také po pláži nebo bahnitých terénech. Z hlediska praktických aplikací ho lze využít pro dopravu, průzkum, záchranné akce apod. S výhodou ho lze použít také pro pohyb na sněhu s minimálním jízdním odporem. Dále ho lze využívat pro pohyb v úzkých prostorech chodeb, pasáží apod. V neposlední řadě se uvažuje o jeho využití jako vysokorychlostního měsíčního vozidla.

Příklad dvojkolového robotu s paralelním uspořádáním kol je znázorněn na obr. 3.15. Jedná se o robot „nBot“, který pro udržení rovnováhy ve statickém postoji i při jízdě využívá gyroskop a senzory pro měření zrychlení. Pro definování polohy a pohybu robotu je potřeba měřit úhel naklonění (odchylku od svislého směru), úhlovou rychlost, polohu základny a její zrychlení.



Obrázek 3.15 – Příklad konstrukce dvojkolového robotu

Podvozek představuje sendvičovou konstrukci, v jehož spodní vrstvě jsou uloženy 24V stejnosměrné motory s enkodery pro pohon obou kol. Jako zdroj pro napájení motorů a dalších komponentů jsou použity NiMH 1800 mAh dobíjecí AA baterie. Nad plošinou s motory je umístěn gyroskop a senzory pro měření zrychlení. Na horní platformě je umístěna řídicí elektronika. Při odchylce robotu od svislé polohy dochází ke zvýšení napětí na jednom motoru a stejnému snížení napětí na druhém motoru. Tím má robot tendenci k vykonávání krouživého pohybu, což umožňuje zachovávat jeho stabilitu. Robot je vybavený

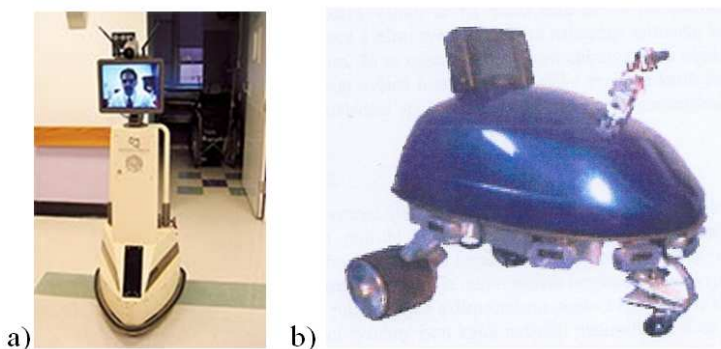
počítačem na základní desce, který řídí veškeré jeho pohyby včetně vyvažování. Robot je vybavený jednoduchým navigačním programem, který umožňuje, že se chová podobně jako autonomní robot.

Na obdobném principu zachování rovnováhy fungují také dvojkolové dopravní prostředky znázorněné na obr. 3.16. Tyto dvojkolky jsou vybaveny elektromotory pro pohon kol. Nosný rám je vybavený plošinu, na které stojí člověk. Změnou polohy těla osoby stojící na plošině lze měnit směr jízdy nebo rychlost jízdy. Pro napájení jsou použity NiMH baterie které mohou udržet zařízení v provozu na jedno nabití v rozsahu od 4 do 6 hodin. Dvojkolka je dimenzována na zatížení až 91 kg. Doporučená provozní teplota je v rozsahu od 5°C do 50°C. Maximální rychlost jízdy je 16 km/hod. Dvojkolku lze vybavit dalšími doplňky podobně jako je tomu u jízdního kola.



Obrázek 3.16 – Příklad dvojkolky

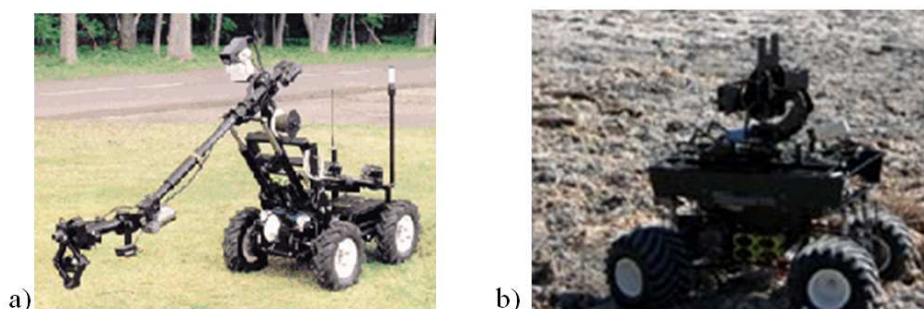
Servisní robot Remonte Presence RP – 6 znázorněný na obr. 3.17a, se pohybuje na trojkolovém podvozku. Pohyb robota řídí operátor (lékař), případně může být současně řízený až deseti operátory (vnitřní hierarchie řízení). Robot plní úlohu robotického kurýra s automatickým pohybem v interiérech zdravotnických zařízení. Účelovou nástavbou robota (výška robota je 165 cm) je 15" LCD monitor s nastavbovou kamerou pro zprostředkování kontaktu lékař / pacient (teleprezenční systém).



Obrázek 3.17 – Příklad robotů na tříkolovém podvozku

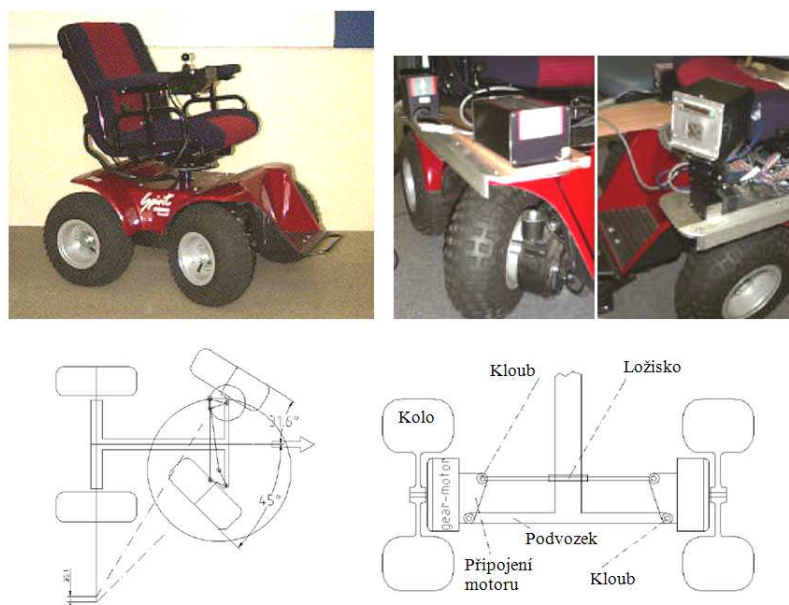
Tříkolový servisní robot pro ochranu a monitoring velkoplošných objektů je znázorněný na obr. 3.17b. Robot patří do skupiny inspekčních robotů, je vybavený kamerovým systémem, signál je odesíláný prostřednictvím radiomodemu na středisko operátora. Operační kapacita robota je 12 hodin bez potřeby dobíjení baterie.

Dalším příkladem může být čtyřkolový Robot Bison, znázorněný na obr. 3.18a. Tento robot se zařazuje svými parametry do střední skupiny MSR. Je určený převážně pro činnosti spojené s vojenstvím a bezpečnostními službami. Parametry podvozku jsou řešené prioritně pro aplikace v exteriérech a nebezpečných prostředích. Výběr technických parametrů: délka / šířka / výška 1100 / 740 / 400 mm, vlastní hmotnost 210 kg, rychlost pohybu do 4 km/h, maximální zatížení podvozku je 1000 kg, maximální dosah ramena akční nástavby je 2500 mm. Ovládání je prostřednictvím optického kabelu, případně může být řízený bezdrátově. Robot NEAT, znázorněný na obr. 3.18b, je určený pro pohyb v náročném členitém exteriéru, robot má plnit činnosti spojené s průzkumem a monitoringem, svými vlastnostmi a parametry má však univerzálnější využití.



Obrázek 3.18 – Příklady robotů na čtyřkolovém podvozku

Čtyřkolový mobilní robot jako invalidní vozík s Ackermanovým způsobem řízení je znázorněný na obr. 3.19. Přední kola robotu jsou poháněná a otočná. Robot je vybavený gyroskopem pro vyrovnávání vodorovné polohy sedadla při pohybu po členitém terénu. Na obr. 3.19 je znázorněno také kinematické schéma s čelním pohledem na robot.



Obrázek 3.19 – Příklad čtyřkolového mobilního robotu jako invalidní vozík

Čtyřkolový servisní robot, znázorněný na obr. 3.20a, vybavený manipulačním ramenem je určený pro zásahové činnosti a může manipulovat s lehčími objekty do hmotnosti 1,1 kg. Podvozek má Ackermanový způsob řízení a je ovládán bezdrátově operátorem. Dosah manipulačního ramene je 1390 mm. Celková šířka robotu je 710 mm s maximální rychlostí do

10 km/hod. Robot je určený do vnitřního i venkovního prostředí. Robot byl navržený na katedře robototechniky, FS VŠB TU v Ostravě. Na tomto pracovišti vznikl i robot určený pro monitoring, znázorněný na obr. 3.20b. Robot je schopen se bez problémů pohybovat pom členitěm terénu městského prostředí.



Obrázek 3.20 – Příklad čtyřkolového robotu pro manipulační úlohy a monitoring

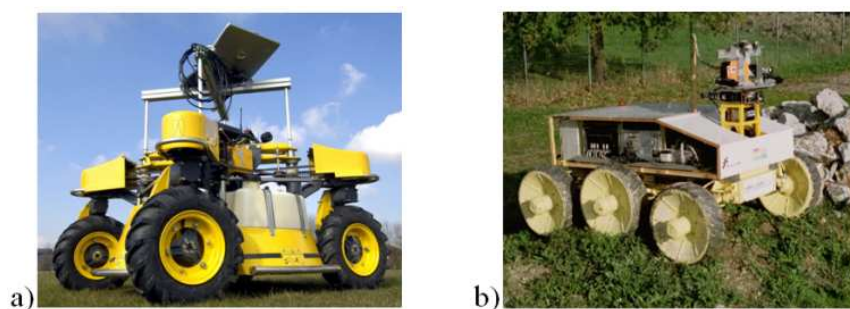
Prototyp čtyřkolového robotu, navržený a vyrobený na katedře robototechniky je znázorněný na obr. 3.21. Podnětem pro realizaci návrhu čtyřkolového robotu pro získávání 3D metrických dat byl požadavek na menší mobilní robot vhodný pro městské prostředí, který by byl schopen 3D metrická data pořizovat. 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. Robot byl také úspěšně prezentován na veletrhu FOR INDUSTRY 2008 v Praze.



Obrázek 3.21 – Příklad čtyřkolového robotu pro pořizování 3D metrických dat

Čtyřkolový robot určený pro polní práce – sekání trávy ve standardních a složitých terénech je znázorněný na obr. 3.22. Robot je vybavený vyměnitelnou technologií pro kosení a je ovládaný bezdrátově operátorem.

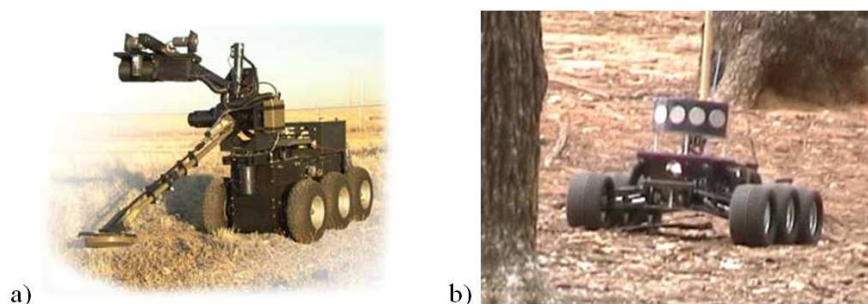
Šestikolový robot znázorněný na obr. 3.22b je určený pro vykonávání činností v lesnictví. Robot je určený pro těžbu dřeva, jmenovitě pro manipulační operace při svozu dřeva z místa vytěžení na místo operativní skládky. Robot je řešený jako univerzální, platforma na montáž mechanismů pro upínání kmenů je řešena v zadní části podvozku. Tento robot má širší využití v technologiích spojených s lesními pracemi.



Obrázek 3.22 – Příklad čtyřkolového robotu pro sečení a šestikolového v lesnictví

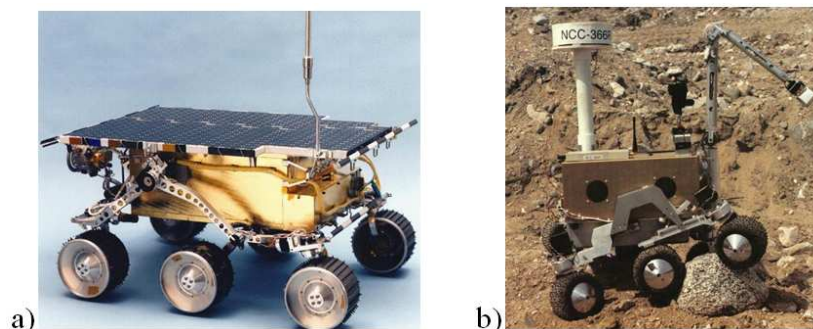
Servisní robot na šestikolovém podvozku, znázorněný na obr. 3.23a, určený pro vyhledávání a zneškodňování min je řešený výhradně pro pohyb ve venkovním terénu. Akční nástavba je řešena na bázi nejnovějších technologií pro detekci, zneškodnění a likvidaci min a analogických výbušných systémů.

Šestikolový MSR DARPA, znázorněný na obr. 3.23b, je určený pro monitoring ve venkovním prostředí, konstrukce podvozku (výkyvné polonápravy) musí zvládnout členitost a profil náročného terénu. V části akční nástavby je vybavený různou technologií na monitoring prostorů, nástavba má vlastní stupně volnosti.



Obrázek 3.23 – Příklad šestikolových robotů

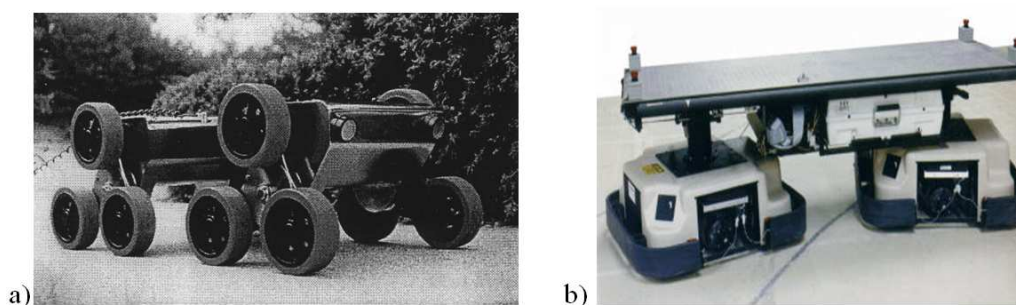
Speciální konstrukce šestikolových MSR představují roboty Sojourner, znázorněný na obr. 3.24a, a robot Rocky, znázorněný na obr. 3.24b. Roboty jsou určené pro kosmický výzkum (pohyb po neznámých planetách), podvozky těchto konstrukcí musí mít vysokou manévrovatelnost, průchodnost a schopnost pohybu v terénu s neznámými geofyzikálními vlastnostmi (odvalování kola). Úspěšnost řešení se zhodnotila i v následném vývoji modifikací robotu Rocky pro pozemní archeologický a geologický průzkum.



Obrázek 3.24 – Příklad šestikolových robotů určené pro kosmický výzkum

Jiný typ mobilního robotu může využívat např. Weinsteinova kola. Kola tohoto typu jsou aplikovaná na MSR Benthos Land Wehicle, znázorněném na obr. 3.25a. Robot je určený pro činnosti v jaderném průmyslu. Podvozek má 12 kol uspořádaných ve čtyřech valivých hnízdech, každá strana je samostatně ovládaná (vysoká manévrovatelnost), pohon realizují 24V servomotory. MSR je vybavený dvěma páry ultrazvukových senzorů určených k vyhledávání překážek před a za robotem. Výběr technických parametrů: výška/šířka/délka 330/480/915 mm, nosnost 68 kg, hmotnost 75 kg.

Zcela odlišný typ představuje článkový podvozek, znázorněný na obr. 3.25b. Moduly podvozku jsou propojené dvojitou spojovací tyčí osazenou senzory pro měření vzdálenosti mezi nimi a měření úhlu jejich vzájemného natočení (pojezdové moduly, diferenční řízení). Podvozek je určený pro manipulaci s dlouhými předměty, výhodou je odolnost vůči zatížení a lepší statická a dynamická stabilita.



Obrázek 3.25 – Příklady speciálních robotů



Shrnutí pojmů 3.4.

Mobilní robot, kolový robot, lokomoční ústrojí, monitoring, manipulace, měření 3D dat.



Otázky 3.4.

17. Jaký typ robotu lze použít pro monitoring v městském prostředí?
18. Jaký typ robotu je vhodný pro výzkum povrchu jiných planet?
19. Pro jaké aplikace lze využít tříkolový mobilní servisní robot?



Úlohy k řešení 3.1.

Každý tým si zvolí servisní úlohu v městském prostředí (každý tým musí mít jinou úlohu) a vypracuje na toto téma řešerši existujících konkrétních aplikací mobilních robotů s kolovým podvozkem u nás i ve světě. Řešerše bude řešena formou tabulky ve WORDU a bude obsahovat údaje uvedené v Tab. 3.2. Tabulka 3.2 je uvedena jako příklad jak má být vypracována řešerše [95].

Navrhněte pro vámi vybraný typ servisních úloh vlastní servisní úlohu a k ní navrhněte kolový mobilní robot. Celou úlohu podrobně popište, jak bude probíhat a jaké má specifika včetně omezujících podmínek apod. Navržený kolový robot může být vybrán jako

konkrétní robot nalezený na internetu, případně jako vlastní navržená konstrukce. Navrhněte dvě varianty řešení a proveďte výběr optimální varianty. U vybrané varianty detailně popište jednotlivé subsystémy vámi navrženého (vybraného) robotu včetně metodiky jeho řešení. Výstupem bude technická zpráva vytvořená ve WORDu.

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. 3.2 – Příklad tabulky pro vypracování rešerše

Obrázek robotu	www adresa	Popis robotu	Typ úlohy
	http://www.robotics.utexas.edu/rrg/research/mobilemp/	Tento robot byl vyvinut univerzitou z Texasu v Austinu. Je navrhnut pro testování v oblasti výzkumu manipulace s radioaktivními předměty. Lze jej využít i pro širší možnosti použití.	Zásahové činnosti



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 větší část studijních opor.

4 APLIKACE PÁSOVÝCH SERVISNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ

Kapitola se zabývá klasifikací mobilních servisních robotů s pásovým lokomočním ústrojím z pohledu jejich základní klasifikace, různých koncepcí pásových lokomočních ústrojí, zásadami pro jejich navrhování, vybranými ukázkami praktických aplikací apod.

Z hlediska nasazování servisních robotů s pásovým lokomočním ústrojím se dá zaměřit na všechny nestrojírenské oblasti. Realizované servisní úlohy představují široké spektrum činností vykonávaných roboty. Aplikace servisních robotů pro široké spektrum úloh v sobě zahrnují různé typy vnitřních i venkovních prostředí, vykonávání různých technologií apod., což klade značný rozptyl požadavků na konstrukce robotů a jejich vybavenost nástavbovými moduly.

4.1 Klasifikace pásových lokomočních ústrojí



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat požadavky na servisní roboty s pásovým lokomočním ústrojím.

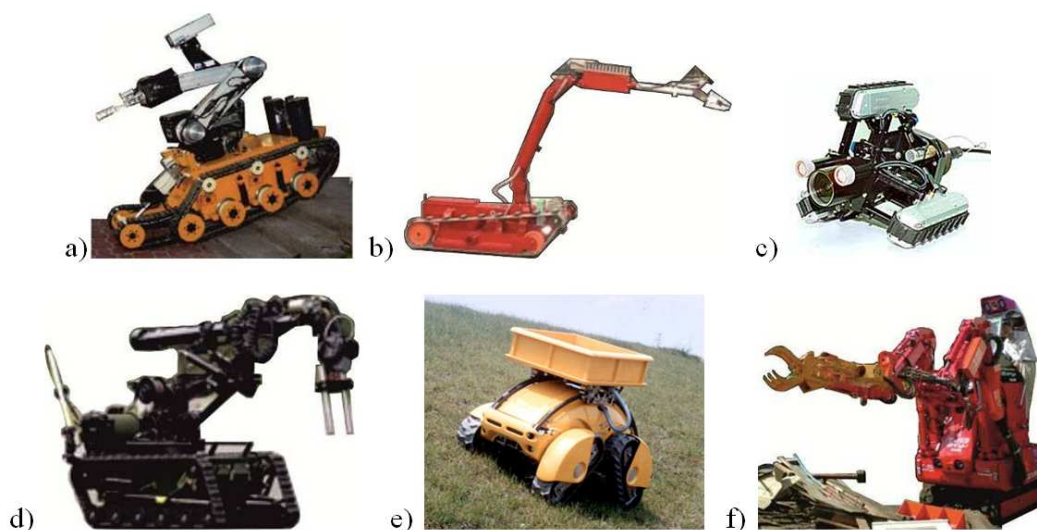


Výklad

Do této skupiny SR patří všechny MSR, jejichž subsystém mobility je řešený na principu pásového podvozku. Rozptyl požadavků vyplývajících z různorodosti aplikace pásových MSR, zejména v oblasti speciálních servisních činností, přinesl v technické praxi širokou paletu jejich konstrukčních řešení [1, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 56, 75, 77, 84, 86, 90, 94]. Rozdílnost řešení pásových MSR je zejména v konstrukci jeho pásového podvozku (subsystému mobility), řešení jsou koncipované od jednoduchých variant se dvěma pásy, až po speciální pásové, případně kombinované systémy pás - kolo, pás - kráčení. Konstrukce pásových MSR lze představit výběrem z realizovaných řešení, jak je znázorněno na obr. 4.1. Na obr. 4.1a je znázorněný MSR pro servisní operace v jaderné energetice, MSR pro bezpečnostní služby při manipulaci s nebezpečným materiálem je znázorněný na obr. 4.1b, MSR pro servisní práce v potrubních systémech představuje obr. 4.1c, MSR pro vojenské činnosti znázorňuje obr. 4.1d, MSR pro oblast zemědělství je na obr. 4.1e a MSR pro záchranářství na obr. 4.1f.

Analýza současných aplikací pásových MSR dokladuje, že tato skupina SR je cíleně orientovaná zejména pro náročné operační prostředí a pro speciální servisní úlohy jako např. vojenství a bezpečnostní složky (zbraňové systémy, monitorovací systémy, manipulační systémy pro nebezpečný materiál, protiteroristické systémy, záchranářské a hasičské systémy apod.), jaderný průmysl (destrukční systémy, speciální údržba, manipulace s nebezpečným

a škodlivým materiálem apod.), stavebnictví (destrukční systémy, monitorovací systémy, speciální stavební technologie apod.), zemědělství a lesnictví (těžba dřeva, úprava terénu, polní práce, setí a sběr plodin apod.), zdravotnictví (transportní systémy, obsluha pacientů apod.), speciální výzkum (podmořský výzkum, vesmírný výzkum apod.).



Obrázek 4.1 – Příklady řešení a aplikací pásových MSR

Požadavky na pásový MSR, na bázi analýzy všeobecného prostoru aplikací SR, lze zpřesnit do specifikace:

- relativně nízká vlastní hmotnost MSR jako celku, malý měrný tlak pásového podvozku na podložku (povrch terénu, dotyková plocha pásu s podložkou),
- relativně vysoká nosnost MSR (poměr k vlastní hmotnosti, nosnost v pracovní poloze, stabilita při plnění pracovní úlohy),
- malé, poměrově uspořádané obrysové rozměry MSR (poměr šířka / délka / výška), zejména obrysové rozměry samotného pásového podvozku (rozchod pásů, rozvor pásů, šířka / délka / výška podvozku),
- poměrově uspořádané rozměry vlastních pásů podvozku (šířka / délka / výška pásu, šířka / délka kontaktní plochy s podložkou, typ a uspořádání pásu ve vztahu na aplikaci, napínání pásu),
- dobrá manévrovatelnost a pohyblivost v operačním a pracovním prostoru (rozvor, rozchod, poloměr zatáčení, řízení pohybu a změny směru pohybu, stabilita při pohybu), plynulost a bezpečnost přímé jízdy a zatáčení při jízdách odporech operačního prostředí,
- dobrá průchodnost a brodivost (světlost podvozku) pásového podvozku, bezpečné překonávání překážek v operačním prostoru (podle potřeby), zejména ve vztahu na členitost terénu (výškovou, prostorovou), na kvalitu povrchu terénu (stabilně pevný, nestabilně pevný, poddajný) a profil překážek (geometrie profilu),
- soulad mezi jízdními vlastnostmi pásového podvozku, výkonem pohonného agregátu podvozku a provozními požadavky aplikace MSR, přímá jízda při dynamicky se měnících jízdních odporech (změna vlastnosti 10 – 12 krát, výkon pohonného agregátu), pružnost jízdy a stabilita chodu pohonného agregátu při nízkých otáčkách (pracovní rozsah pohonného agregátu), potřebná stoupavost a dostatečné zrychlení (průběh a hodnota kroutícího momentu pohonného agregátu), hospodárnost a bezpečnost provozu (spotřeba energie),

- odolnost konstrukce MSR na vlivy faktorů prostředí vnitřní nebo vnější (chemické, radiační, klimatotechnologické, mechanické apod.), zejména ve vztahu na speciální servisní úlohy a speciální operační prostředí (nedefinované faktory operačního prostředí),
- inteligence chování MSR v operačním prostoru (forma a realizace pohybu, pohyb mezi překážkami, výkon pracovní úlohy), autonomnost chování, komunikace s operátorem,
- operační jednoduché a spolehlivé řízení pohybu a výkonu pracovní úlohy MSR, hierarchie úrovní řízení vnitřních funkcí a vnějších vstupů,
- energetická nezávislost provozu MSR (alespoň v rozměru stanovené doby - časová jednotka - aktivního operačního nasazení),
- nízká hladina hluchosti MSR (soulad s odpovídajícími normami a předpisy) v provozu,
- provozní jednoduchost MSR (příprava na provoz, obsluha, operativní zásahy při provozu, údržba, servisní zásahy), zejména ve vztahu na aplikaci a vlivy (náhodné, systémové) operačního a pracovního prostředí (dekontaminace, oprava pásů apod.).

Pásové MSR, z pohledu charakteru a vlastnosti podložky operačního prostoru (povrch terénu), jsou vhodné pro pohyb na stabilně pevném povrchu (tuhý, tvrdý), pro pohyb na nestabilně pevném povrchu (tuhý, polotvrdý). Pro pohyb na poddajném povrchu (poddajný, měkký) nejsou vhodné z důvodu rizika jejich zapadnutí, snížení míry tohoto rizika je možné použitím speciálně vyrobených pásů, případně pro pohyb v netradičním prostředí (kombinace povrchů terénu, specifické faktory prostředí) jsou nutné speciální pásy.

Konstrukce pásových MSR, zejména v části subsystému mobility, vychází z poznatků získaných při konstrukci pásové dopravní a vojenské techniky (traktor, zemní a stavební stroje, bojové vozidla apod.). Konstrukční řešení pásových MSR může být sestavené z:

- 2 - pásové koncepce: konstrukce je postavená na minimálním počtu pásů z pohledu statické stability MSR, viz obr. 4.1b, 4.1d, 4.1f, moduly pásů jsou uspořádány paralelně jako dvojice (dvojstopý podvozek), nápravy jsou uspořádány podle řešení hnacích kol, MSR je staticky stabilní, řízení směru pohybu je řešeno na principu diferenčního řízení (platí všeobecně pro všechny pásové podvozky), při pohybu musí být řešena dynamická stabilita,
- 3 - pásové koncepci: konstrukce je postavená tak, že třetí modul pásu (např. výkyvně uložený) je zařazený do středu mezi dvojicí hlavních modulů pásů (trojstopý podvozek), viz obr. 4.1c, funkce třetího modulu pásu je v „podpoře“ při překonávání složitých překážek a při podpoře stability MSR v pohybu po členitém terénu, nápravy jsou uspořádány podle řešení hnacích kol, řízení směru pohybu je na principu diferenčního řízení, případně na principu řízeného pohybu polohy třetího modulu pásu vzhledem k rámu podvozku,
- 4 - pásové koncepci: konstrukce je postavená na dvou dvojicích modulů pásů paralelně uspořádaných (čtyřstopý podvozek), případně sériově uspořádaných (dvojstopý podvozek), viz obr. 4.1a, obr. 4.1e, moduly mohou být výkyvně uloženy (vzájemně mezi sebou, k rámu podvozku), nápravy jsou uspořádány podle řešení hnacích kol, řízení směru pohybu je na principu diferenčního řízení, případně na principu řízeného pohybu polohy výkyvných modulů pásů vzhledem k rámu podvozku,

- speciální koncepci: konstrukce je postavená na speciálních řešeních, kde moduly pásů a jejich uspořádání jsou přímo přizpůsobené zadaným nestandardním požadavkům, viz obr. 4.1c, speciální konstrukce zaručují např. vysokou průchodnost, vysokou manévrovatelnost apod.

Současné přístupy ke klasifikaci a systémovému uspořádání koncepcí pásových MSR a také přístupy k jejich konstruování vycházejí především z hlediska:

- počtu modulů pásů a jejich uspořádání na podvozku,
- použitého typu modulu pásu (dělený - článkový, nedělený nekonečný pás) definovaného podélným a příčným řezem,
- geometrického tvaru a rozměrové vyjádření povrchu běhounové části pásu (hladký, hrubý dezén, geometrické a tvarové řešení článku) zabezpečujícího kontakt s povrchem podložky (terénu) po které se pohyb realizuje,
- uspořádání komponentů modulu pásu (hnací, hnané, vodící, napínací kolo, článek pásu, typ pásu),
- aplikovaného zdroje pohybové energie podvozku, koncepce uspořádání pohonného ústrojí (počet poháněných kol, tj. hnacích kol, případně náprav a jejich uspořádání),
- jízdních a trakčních vlastností pásového podvozku, vyjádřených konkrétními parametry a vlastnostmi (brodivost, stoupavost, boční náklon, rychlost, měrný tlak na podložku, vertikální zdvih apod.).

Uvedené hlediska nejsou uspořádané z principu priorit vlastností, případně funkčnosti pásových MSR, hlediska lze využít jako kritéria pro sestavení schématu systému pro zařídování (klasifikaci) pásových MSR.



Shrnutí pojmů 4.1.

Mobilní robot, pásový podvozek, koncepce podvozku, pás.



Otázky 4.1.

20. Jaké mohou být požadavky na pásový servisní robot?
21. Jaká mohou být konstrukční řešení pásových podvozků?

4.2 Koncepce pásových lokomočních ústrojí



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

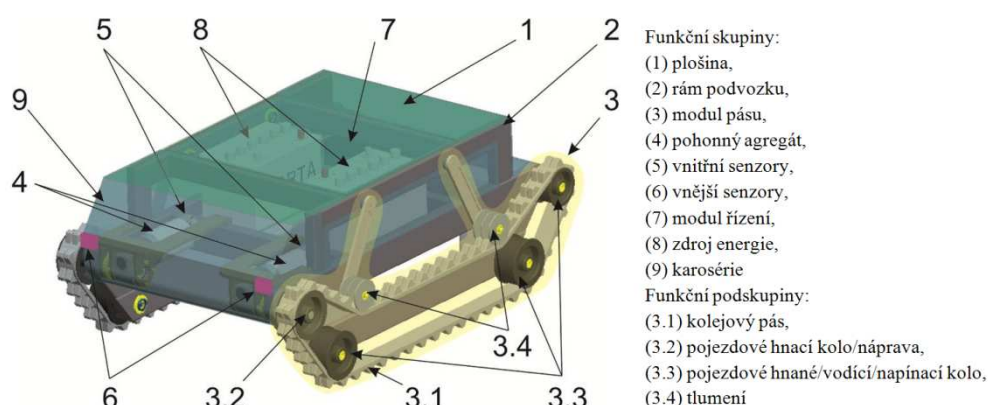


Definovat uspořádání pásových lokomočních ústrojí.



Výklad

Koncepce řešení pásových MSR vychází z technické interpretace obecného systémového modelu MSR, systémově postaveném na aplikaci principu pásového pohybového mechanismu jako lokomočního ústrojí v sestavě subsystému mobility. Charakteristikou navrhování pásových MSR je řešení konstrukce jeho subsystému mobility. Systémový model subsystému mobility pásového MSR, tj. systémový model pásového podvozku MSR, jak je znázorněno na obr. 4.2, představuje strukturovaný technický systém sestavený z funkčně samostatných skupin: plošina (1), rám podvozku (2), modul pásu (3), pohonný agregát (4), vnitřní sensorický systém (5), vnější sensorický systém (6), modul řízení (7), zdroj energie (8), karosérie (9) [19, 21, 34, 56].



Obrázek 4.2 – Systémové schéma modelu subsystému mobility pásového robotu

Plošina (platforma) – funkčně samostatná skupina realizující funkci nosné a montážní základny pro mechanismus subsystému akční nástavby MSR. Konstrukčně je vázaná k funkční skupině „rám podvozku“ a k subsystému akční nástavby.

Rám podvozku – funkčně samostatná skupina realizující funkci kostry (rám, frame, nosná část, základní trup, korba) subsystému mobility MSR, případně celého MSR (uchycení „plošiny“ pro montáž subsystému akčního mechanismu), zaručuje přesnou polohu všech subsystémů v sestavě pásového MSR, jako i polohu a montážní prostor pro všechny funkční skupiny a podskupiny subsystému mobility. Konstrukčně je vázaný k funkčním skupinám „modul pásu, pohon, náprava, tlumení, modul řízení, zdroj energie“, jako i k sensorickým subsystémům.

Modul pásu – funkčně samostatná skupina realizující funkci lokomočního (pohybového) ústrojí MSR, je nosnou a pojezdovou částí subsystému mobility. Konstrukčně je sestavený z funkčních podskupin (komponentů): kolejový pás, pojezdová kola (hnací kolo, hnané kolo, vodící kolo, napínací kolo; funkce hnaného, vodícího a napínacího kola mohou být integrované do jednoho, případně dvou kol). Na funkci „modulu pásu“ se podílí následující komponenty:

- pás – funkční podskupina „modulu pásu“ realizující svou běhounovou částí (vnější plocha pásu) kontakt s povrchem podložky („obečení“ profilu terénu) po které se MSR pohybuje, svou vnitřní částí (vnitřní plocha pásu) realizující přenos

potřebného energetického výkonu pro pohyb a řízení pohybu MSR, určuje trakční vlastnosti MSR,

- hnací kolo – funkční podskupina „modulu pásu“ ze sestavy pojezdových kol, realizující přenos výkonu pohonného agregátu na „pás“, konstrukčně je vázané k funkční skupině „pohonný agregát“ přes funkční podskupinu „náprava“ a také k vnitřní části „pásu“,
- hnané kolo - funkční podskupina „modulu pásu“ ze sestavy pojezdových kol, realizující mechanickou podporu, tuhost a vedení „pásu“, není propojené na podskupinu „pohonný agregát“, pohyb kola je iniciovaný pohybovou energií „pásu“, kolo může být integrované s funkcí napínání „pásu“, konstrukčně je vázané přes podskupinu „náprava“ na funkční skupinu „rám“ a také na vnitřní část „kolejového pásu“,
- vodící kolo - funkční podskupina „modulu pásu“ ze sestavy pojezdových kol, realizující trvalé přitlačení „pásu“ k povrchu podložky a vedení „pásu“ při pohybu MSR, konstrukčně je vázané na vnitřní část spodní větve „pásu“,
- napínací kolo - funkční podskupina modulu pásu ze sestavy pojezdových kol, realizující trvalé napínání „pásu“ s přidruženou funkcí vedení „pásu“, konstrukčně je vázané na vnitřní část horní větve „pásu“,

Konstrukčně je „modul pásu“ vázaný na funkční skupinu „rám“, funkční skupinu „pohonný agregát“, „nápravy“ a „tlumení“.

Nápravy – funkčně samostatná skupina realizující spojení hnaného kola „pásu“ s „rámem“, tzv. hnaná náprava, případně spojení „hnacího kola“ se skupinou „pohonný agregát“ a následně se skupinou „rámu“, tzv. hnací náprava. Přenáší hmotnost MSR na pojezdová kola, také hnací, brzdící a setrvačné síly, umožňují přesné a dostatečně pevné vedení všech kol. Je neodpruženou částí podvozku MSR. Náprava může být podle umístění v sestavě podvozku řešená jako přední (první od čela podvozku), případně střední nebo zadní. Podle hlavní funkce ve vztahu k realizaci pohybu může být řešena jako hnací, hnaná, nosná. Podle konstrukce může být tuhá (vcelku, složená), dělená (kyvadlová: s jedním ramenem – odpružené, neodpružené, se dvěma rameny – obdélníkové, lichoběžníkové, kliková). Konstrukčně je vázaná na funkční skupinu „modul pásu“, skupinu „rám“, skupinu „pohonný agregát“ (hnací náprava) a skupinu „tlumení“.

Pohonný agregát – funkčně samostatná skupina realizující přeměnu, transformaci a přenos vstupní energie pro potřeby pohybu pásového podvozku, tj. na mechanickou energii rotačního pohybu „hnacího kola“. „Pohonný agregát“ je systémově sestavený ze zdroje mechanické energie (ZME), převodového (mechanická, hydromechanická, hydraulická převodovka) a přenosového ústrojí (PU). Ve vztahu k funkčnosti pásového podvozku „pohonný agregát“ může být aplikovaný, podle zvolené koncepce konstrukce pásového podvozku, jako:

- pohon lokomočního ústrojí podvozku, tj. „modulu pásu“ prostřednictvím propojení přes funkční skupinu „hnací náprava“ nebo funkční podskupinu „hnací kolo“ skupiny „modulu pásu“,
- pohon pro doplňkové ovládání a řízení polohy funkční skupiny „modulu pásu“ vůči skupině „rámu“, tj. „pohonným agregátem“ pro naklápění, sklápění, zdvih „modulu pásu“.

Konstrukčně „pohonný agregát“ je vázaný na funkční skupinu „hnací náprava“, případně na funkční podskupinu „hnací kolo“ skupiny „modul pásu“ a skupinu „rám podvozku“.

Tlumení – funkčně samostatná skupina realizující pevné nebo pružné spojení mezi skupinou „náprava“ a „rám“, případně pružné spojení pojezdových kol s vnitřním rámem „modulu pásu“. Konstrukčně se umísťuje jako pevné, případně pružné spojení skupin „nápravy“ a skupiny „rám“ podvozku. Jeho funkce a řešení je závislé na poměru hmotnosti neodpružených a odpružených částí pásového podvozku. Realizuje tlumení kmitání a odpružení pásového podvozku při jeho pohybu. Konstrukčně je „tlumení“ vázané na skupiny „náprava“, „rám“ a „modul pásu“.

Funkční skupiny subsystému mobility vnitřní senzory a vnější senzory plní funkce odpovídající funkcím analogických senzorických subsystémům v systémové sestavě obecného MSR.

Modul řízení – funkční skupina naplňující funkci řídicího systému pro řízení funkcí a pohybu pásového podvozku, jako i pro potřeby orientace a navigace pásového MSR v jeho operačním prostoru. Hlavní úlohy řízení jsou plánovat a výkonně řídit autonomní pohyb pásového podvozku (schopnost samostatně vykonávat zadané úlohy, např. sledovat zadaný směr pohybu, řídit změnu směru pohybu, 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.), komunikovat formou dálkového řízení s centrální úrovní řízení celého MSR (řízení realizuje operátor, na bázi vizuální informace o stavu pracovního a operačního prostředí, určitá míra autonomnosti chování, teleprezenční řízení na bázi virtuální reality). „Modul řízení“ je systémově sestavený z hardwarové a softwarové části, vnitřní stavba a funkce „modulu řízení“ je obvykle řešena jako distribuovaný víceúrovňový hierarchický systém. Z pohledu funkčnosti pásového MSR jako celku „modul řízení“ má zabudované vstupy / výstupy i pro řízení subsystému akční nástavby MSR.

Zdroj energie - funkční skupina naplňující funkci energetického zabezpečení potřebného pro funkčnost a výkon pohybové aktivity subsystému mobility, případně i pro funkčnost a výkon pracovní aktivity subsystému akční nástavby, včetně funkce „modulu řízení“ a odpovídajících senzorických systémů. Podle druhu primárního zdroje energie jako „zdroj energie“ může být aplikovaný tepelný motor, palivový článěk, akumulátor, případně hybridní systém. Podle dispozičního umístění „zdroje energie“, ve vztahu k pásovému MSR, řešení může být koncipované jako závislé („zdroj energie“ je umístěn mimo podvozek, energie se přivádí do podvozku pohyblivým vodičem), nebo nezávislé („zdroj energie“ je umístěn přímo v podvozku).

Karosérie – funkční skupina naplňující funkci ochranného krytování všech funkčních skupin pásového podvozku před vlivy faktorů pracovního prostředí, jako i před náhodným zásahem nepovolaných osob. Je to část pásového MSR, ve které jsou vytvořené prostory na umístění poháněcí soustavy a celého podvozku, případně prostory na využití pásového MSR podle jeho účelu. „Karosérie“ současně dotváří (s „karosérií“ akční nástavby) dizajn vlastního pásového MSR. Požadavky na skupinu „karosérie“ jsou formulované jako

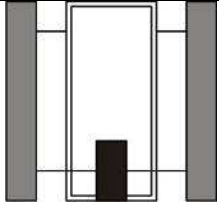
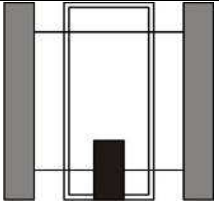
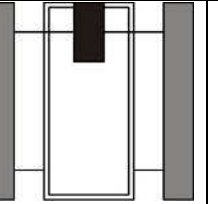
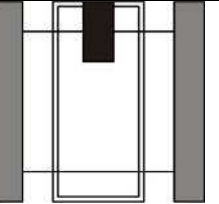
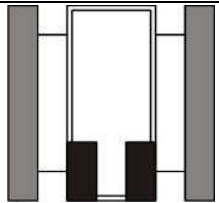
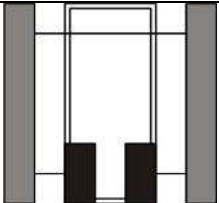
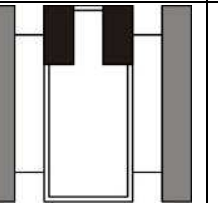
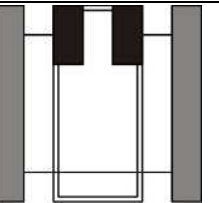
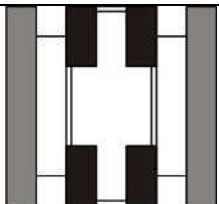
požadavky na funkční, mechanické, materiálové a tvarové řešení pásového MSR. Může být připevněna k „rámu“ podvozku jako podvozková (vnitřní kostra, nosný rošt, nosná skořepina), případně může být řešená jako samonosná, kde nese přední a zadní nápravu, příslušenství, výstroj s vybavení pásového MSR. Konstrukčně je „karosérie“ vázaná na skupinu „plošina“, „rám“, „modul pásu“ a „vnější senzory“.

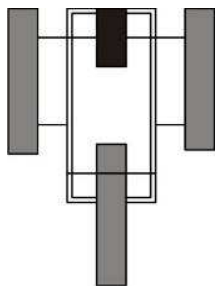
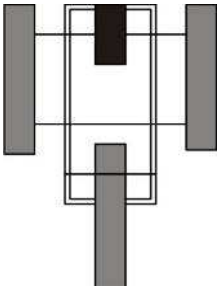
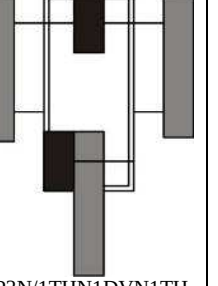
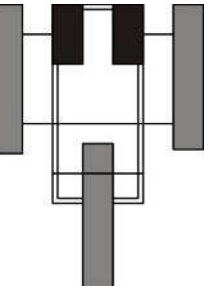
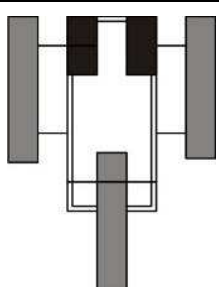
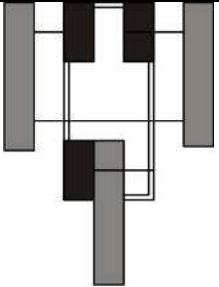
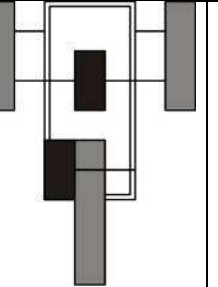
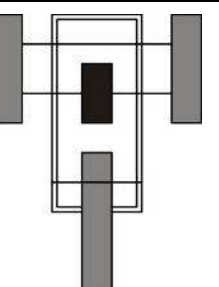
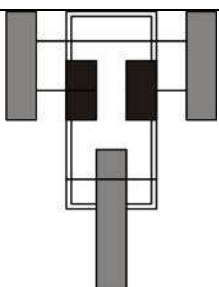
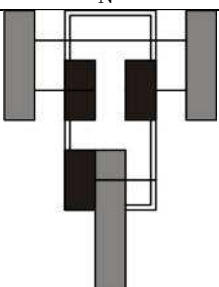
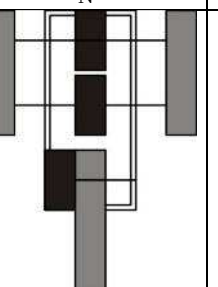
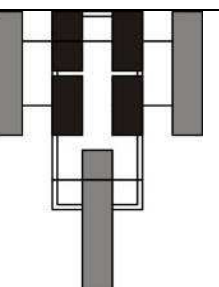
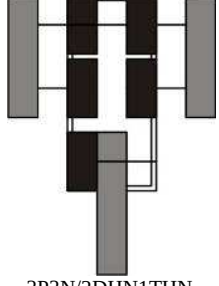
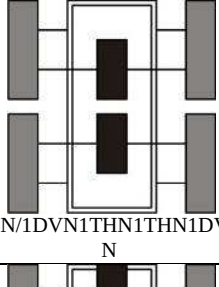
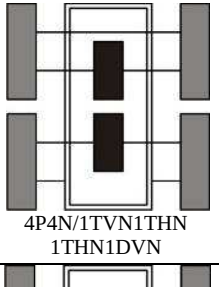
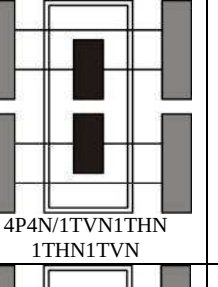
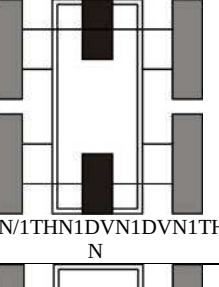
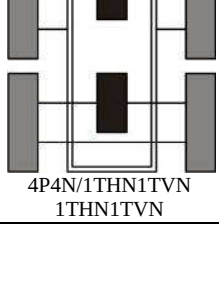
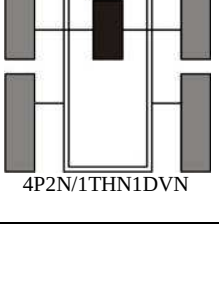
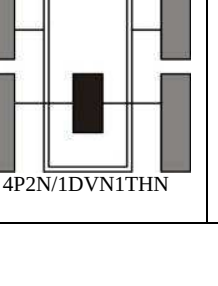
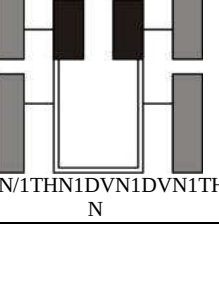
Při sestavování koncepce pásového podvozku MSR se využívají možnosti variant dispozičního uspořádání hlavních funkčních skupin tohoto subsystému (rám podvozku, modul pásu, pohon, počet modulů pásu apod.), jako i možnosti variant konstrukčního řešení detailů funkčních podskupin (typy kol, typy náprav, typy článků pásu apod.) v rámci dispozice uspořádání příslušných funkčních skupin. Z pohledu morfologie pásových MSR tak vznikají různé typy struktur pásových podvozků sestavené především na rozdílnosti počtu a uspořádání „modulů pásů“ v sestavě podvozku, viz Tab. 4.1, jako i na rozdílnosti vnitřního uspořádání „modulu pásu“. Takto sestavené struktury pásového podvozku vytvářejí koncepce klasifikované jako:

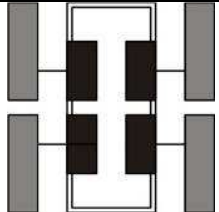
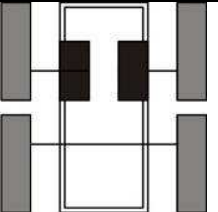
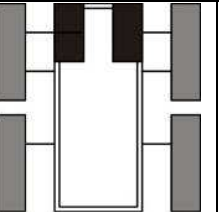
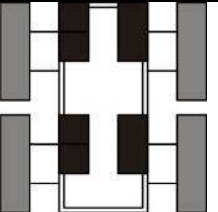
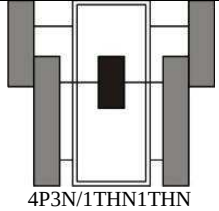
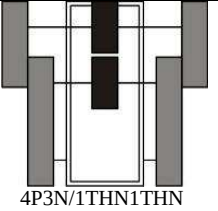
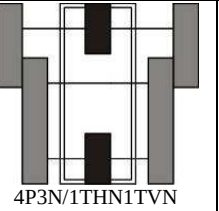
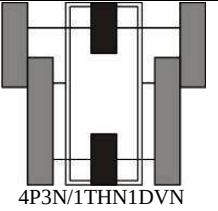
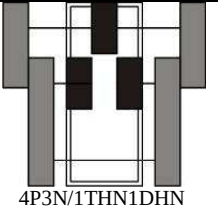
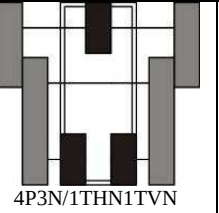
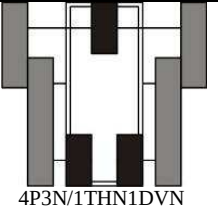
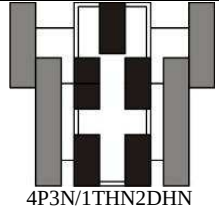
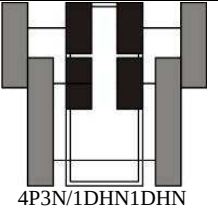
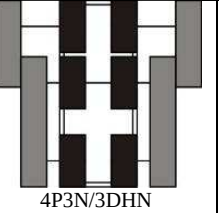
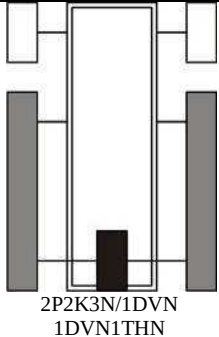
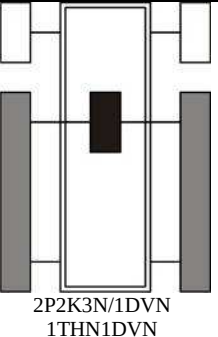
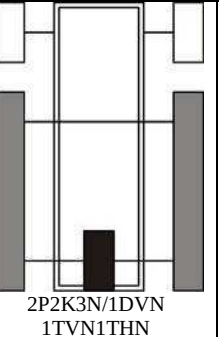
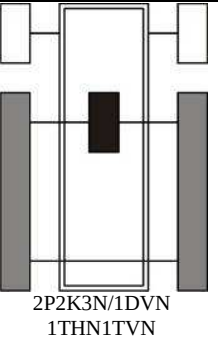
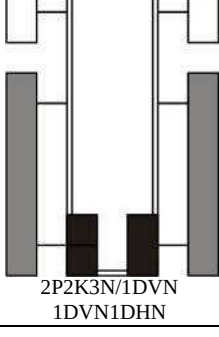
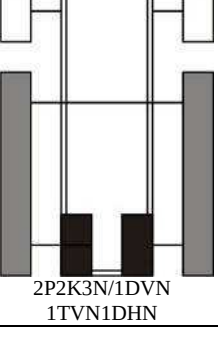
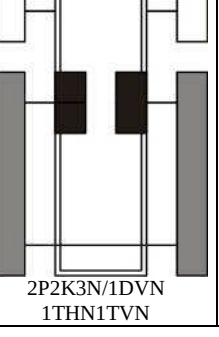
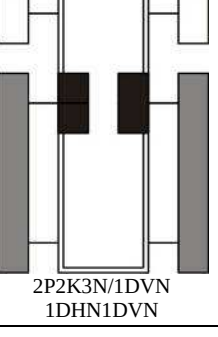
- dvojpásový (dvojstopý), jedno nebo dvojnápravový podvozek,
- trojpásový (trojstopý), dvojnápravový podvozek,
- čtyřpásový (dvojstopý, čtyřstopý), dvojnápravový podvozek,
- koleso-pásový (dvoj, případně trojstopý), dvoj a více nápravový podvozek,
- speciální pásový podvozek.

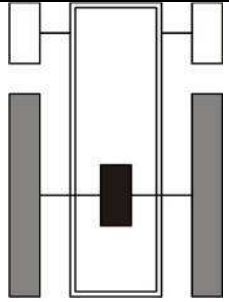
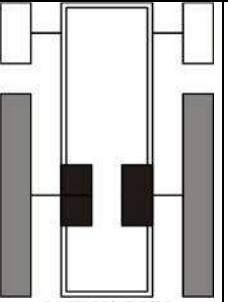
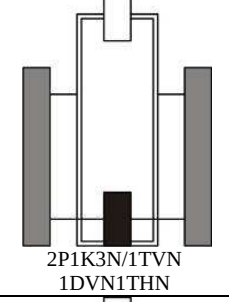
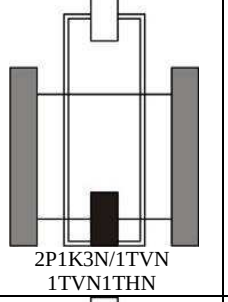
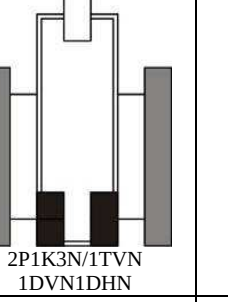
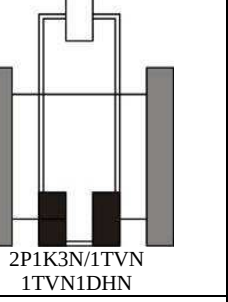
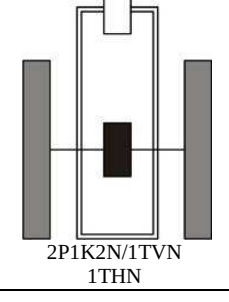
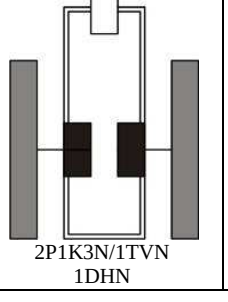
Uvedené koncepce pásového podvozku mají rozdílné charakteristiky a parametry lokomočních a trakčních vlastností, což se dá efektivně využít při optimalizaci výběru typu podvozku pro požadovanou aplikaci pásového MSR.

Tab. 4.1 – Příklady struktur pásových podvozků

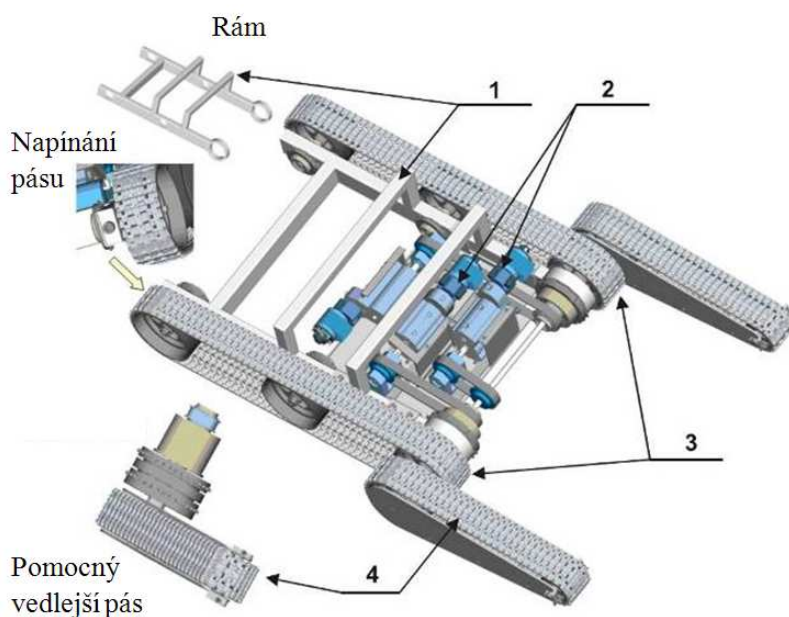
Koncepte uspořádání	Varianty uspořádání			
	Počet pásů (P) – počet náprav (N), druh náprav (HN – hnací, VN – vlečená, hnaná), typ náprav (T – tuhá, D – dělená)			
dvojpásová dvojstopá 2P – 2N				
	2P2N/1DVN1THN	2P2N/1TVN1THN	2P2N/1THN1DVN	2P2N/1THN1DVN
				
	2P2N/1DVN1DHN	2P2N/1DVN1THN	2P2N/1DHN1TVN	2P2N/1DHN1TVN
				
	2P2N/2DHN			

trojpásová trojstopá 3P – 3N	 3P3N/1THN1DVN1TVN	 3P3N/1THN2TVN	 3P3N/1THN1DVN1THN	 3P3N/1DHN2TVN
	 3P3N/1DHN1DVN1TVN	 3P3N/1DHN1TVN1THN	 3P3N/1DVN1THN1THN	 3P3N/1TVN1THN1TVN
	 3P3N/1TVN1DHN1TVN	 3P3N/1TVN1DHN1THN	 3P3N/3THN	 3P3N/2DHN1TVN
	 3P3N/2DHN1THN			
čtyřpásová dvojstopá 4P – 4N 4P – 2N	 4N/1DVN1THN1THN1DVN	 4P4N/1TVN1THN1THN1DVN	 4P4N/1TVN1THN1THN1TVN	 4P4N/1THN1DVN1DVN1THN
	 4P4N/1THN1TVN1THN1TVN	 4P2N/1THN1DVN	 4P2N/1DVN1THN	 4P4N/1THN1DVN1DVN1THN

	 4P2N/2DHN	 4P2N/1DHN1TVN	 4P4N/1DHN3DVN	 4P4N/1DHN1DVN1DHN1DV N
čtyřpásová čtyřstopá 4P – 3N	 4P3N/1THN1THN 1DVN	 4P3N/1THN1THN 1TVN	 4P3N/1THN1TVN 1THN	 4P3N/1THN1DVN 1THN
	 4P3N/1THN1DHN 1DVN	 4P3N/1THN1DHN 1TVN	 4P3N/1THN1TVN 1DHN	 4P3N/1THN1DVN 1DHN
	 4P3N/1THN2DHN	 4P3N/1DHN1DHN 1TVN	 4P3N/3DHN	
kolo- pásová dvojstopá 2P–2K–3N 2P–2K–2N	 2P2K3N/1DVN 1DVN1THN	 2P2K3N/1DVN 1THN1DVN	 2P2K3N/1DVN 1TVN1THN	 2P2K3N/1DVN 1THN1TVN
	 2P2K3N/1DVN 1DVN1DHN	 2P2K3N/1DVN 1TVN1DHN	 2P2K3N/1DVN 1THN1TVN	 2P2K3N/1DVN 1DHN1DVN

				
	2P2K2N/1DVN 1THN	2P2K2N/1DVN 1DHN		
kolo- pásová trojstopá 2P-1K-3N 2P-1K-2N				
	2P1K3N/1TVN 1DVN1THN	2P1K3N/1TVN 1TVN1THN	2P1K3N/1TVN 1DVN1DHN	2P1K3N/1TVN 1TVN1DHN
				
	2P1K2N/1TVN 1THN	2P1K3N/1TVN 1DHN		

Jako příklad koncepce pásového podvozku, znázorněného na obr. 4.3, lze uvést pásový podvozek typu 4P3N/1THN1DHN1DVN se znaky: rám podvozku (1) modulární koncepce (možná změna šířky, délky), pohonné agregáty (2) zabezpečující pohon hnacích kol hlavního pásu (3), jako i vedlejšího pásu (4) řešeného jako výkyvné rameno [19, 56].



Obrázek 4.3 – Model subsystému mobility pásového MSR



Shrnutí pojmů 4.2.

Rám podvozku, plošina, náprava, modul pásu, pohonné ústrojí, karosérie, funkční skupiny, uspořádání podvozku, zdroj energie, modul řízení.



Otázky 4.2.

22. Jak lze definovat pojem náprava pásového podvozku?
23. Jak lze definovat pojem modul pásu pásového podvozku?
24. Jaká mohou být uspořádání čtyřpásového, čtyřstopého pásového podvozku?



Odměna a odpočinek

Jestliže jste správně odpověděli na otázky 22. a 24. a je Vám tato problematika jasná, dejte si oddech před dalším pokračováním ve studiu.

4.3 Vybrané praktické aplikace pásových servisních robotických systémů



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět



Definovat konkrétní aplikace servisních robotů s kolovým lokomočním ústrojím.

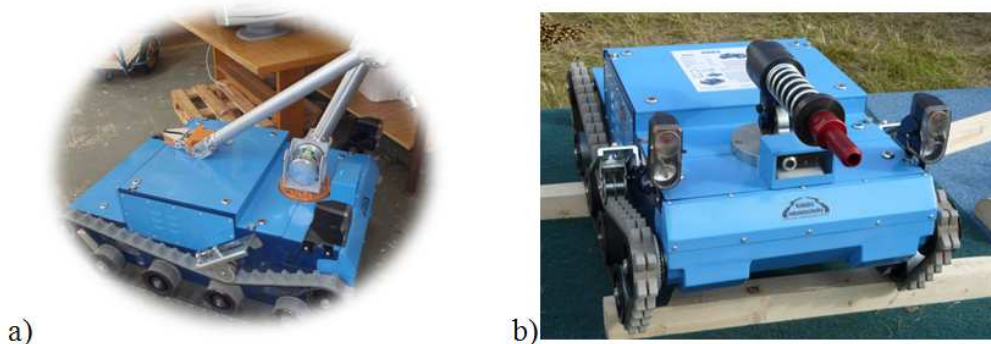


Výklad

Vybrané příklady konkrétních aplikací servisních robotů s pásovým lokomočním ústrojím reprezentují jen nepatrnou část toho, co je v současnosti realizováno. Jde o využití servisních robotů s pásovým lokomočním ústrojím v širokém spektru nestrojírenských oblastí. Vytvoření uceleného přehledu konkrétních aplikací servisních robotů s pásovým lokomočním ústrojím by bylo velmi náročné, nehledě k tomu, že neustále vznikají nové konstrukce a nové praktické aplikace na celém světě. Proto je potřeba před praktickou realizací nasazení servisního robotu s pásovým lokomočním ústrojím pro konkrétní úlohu zpracovat nejprve řešící stávající situace ve světě [18, 19, 21, 28, 30, 32, 33, 34, 38, 47, 48, 56, 66, 78, 79, 87, 88, 89, 91, 92, 93].

Prototyp dvojpásového robotu s manipulační nástavbou, navržený a vyrobený na katedře robototechniky je znázorněn na obr. 4.4a. Podnětem pro realizaci tohoto robotu pro je realizace modulární struktury podvozku, na který lze upevnit různá nástavbové moduly. V tomto případě se jedná o servisní robot např. pro odběr vzorků v místě mimořádné události a jejich následné přenesení do pojízdné laboratoře. Na podvozku lze řadu modulů obměňovat (modul zdrojů energie, řídicí modul, modul napínání pásu apod.). Ve spojení s dalšími

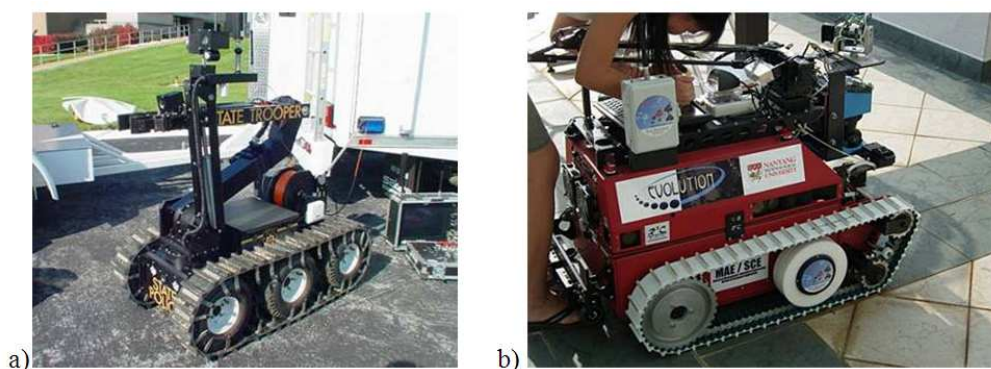
nástavbovými moduly lze využít mobilní robot pro širokou škálu servisních úloh v městském prostředí. V tomto případě se může jednat o jiné typy manipulačních nástaveb, zásobníky na odebrané vzorky, efektory pro odběr vzorků různého skupenství, kamerové subsystemy pro monitorování a kamerový subsystem pro pořizování 3D metrických dat, rozstřelovače pro likvidaci náloží viz obr. 4.4b apod. Dále lze vybavit robot detekčními přístroji pro kvalitativní stanovení nebezpečných látek a přístroji pro rekognoskaci zasaženého prostoru s dálkovým přenosem dat k operátorovi.



Obrázek 4.4 – Pásový robot ARES

Jako další příklad lze uvést robot Tate Trooper pro aplikaci v bezpečnostních složkách, znázorněný na obr. 4.5a. Robot je určený pro manipulaci s nebezpečným materiálem a jeho transportování (výbušniny, neznáme předměty) při bezpečnostních a policejních zásazích. Akční nástavba je robotické rameno s pěti až šesti stupni volnosti, pracovní hlavice je účelová podle pracovní úlohy, samostatné rameno se dvěma stupni volnosti osazené dvěma kamerami. Podvozek je dvojstopá dvojpásová koncepce, podvozek „tuhý“, „modul pásu“ klasické koncepce.

Robot ATRV Junior robot, znázorněný na obr. 4.5b, je určený pro nasazení v interiérech, případně standardních exteriérech. Dá se využít i pro jiné účely. Akční nástavba představuje robotické rameno s jedním až dvěma stupni volnosti, pracovní hlavice je účelová podle pracovní úlohy, osazení senzorickým systémem (videokamery, termokamera apod.). Podvozek je dvojstopé dvojpásové koncepce.

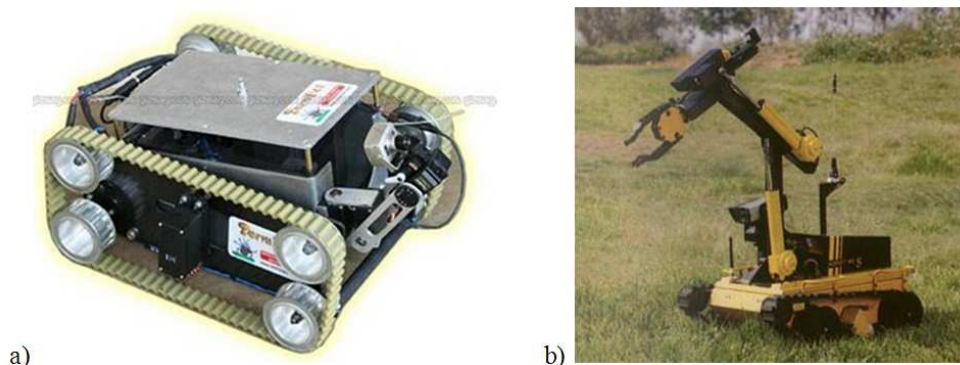


Obrázek 4.5 – Pásové roboty pro různé aplikace

Robot Termican, znázorněný na obr. 4.6a, je určený pro aplikace v komunálních službách. Robot je určený pro monitoring operačního prostoru v interiérech. Akční nástavba je účelový nosič technologie pro výkon zadané úlohy, podle potřeby má mechanismus s více

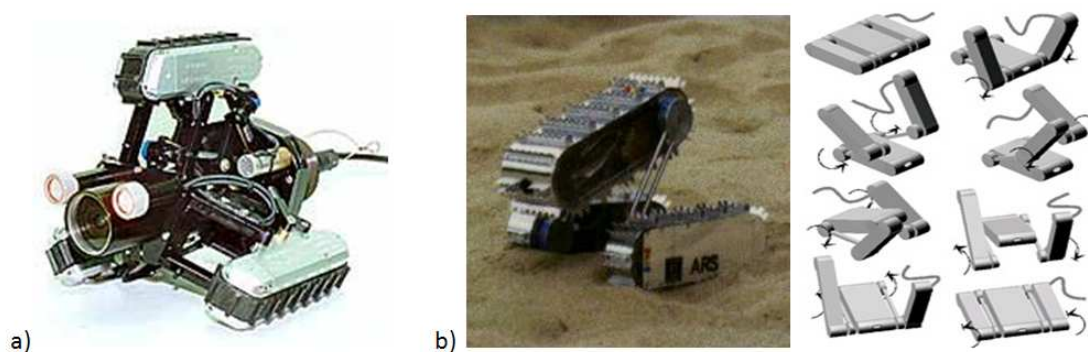
stupni volnosti. Podvozek je dvojstopá dvojpásová koncepce, podvozek „tuhý“, „modul pásu“ klasické koncepce se zajímavým řešením hnacích a hnaných kol.

Robot Hornet 5, znázorněný na obr. 4.6b, je určený pro vojenské aplikace a bezpečnostní služby. Využívá se pro manipulaci s nebezpečným materiálem a jeho transportování (výbušniny, neznámé předměty) při bezpečnostních a policejních zásazích. Akční nástavba je robotické rameno se čtyřmi až pěti stupni volnosti, pracovní hlavice účelová podle pracovní úlohy, osazené senzorickým systémem (dvě videokamery, termokamera apod.). Podvozek je dvojstopá dvojpásová koncepce, podvozek „tuhý“, „modul pásu“ náběhové koncepce.



Obrázek 4.6 – Pásové robot pro aplikace v komunálních službách a vojenství

Robot Versatrax, znázorněný na obr. 4.7a, je aplikace MSR pro servisní činnosti v potrubních systémech. Robot je určený pro monitorování potrubních systémů technologií pohybu uvnitř potrubí. Akční nástavba je vybavena kamerovým systémem s vlastním světelným zdrojem, umístění v přední části podvozku. Podvozek představuje konstrukci pásových modulů struktury 1P1DMN1DHN (trojbodový dotek na kružnici) a přidáním stupněm volnosti (natáčením okolo podélné osy robota) umožňuje nastavovat kontakt s povrchem vnitřní stěny potrubí podle jeho světlosti. Moduly pásů jsou přitlačovány na vnitřní stěny potrubí mechanismem, který je součástí řešení podvozku. Délka pásů je navržena tak, aby se podvozek mohl pohybovat i na malých poloměrech zakřivení potrubí. Robot je řešený jako energeticky závislý, propojení na zdroj energie je prostřednictvím kabelu, součástí kterého je i spojení s operátorem.



Obrázek 4.7 – Příklady trojpásmových robotů

Robot ARS, znázorněný na obr. 4.7b, představuje řešení trojpásového podvozku MSR speciální konstrukce se znaky rekonfigurovatelnosti, pomocí rekonfigurace uspořádání

„modulů pásu“ umožňuje vytvářet různé konfigurace podvozku s různými jízdními a trakčními vlastnostmi. Tyto vlastnosti podvozku lze využít při sestavení koncepce podvozku účelově pro zadanou aplikaci, případně při pohybu podvozku v členitém terénu jako součást programu realizace pohybu (překonávání překážek) pásového MSR.

Pásový MSR URBIE, znázorněný na obr. 4.8a, představuje aplikaci MSR v bezpečnostních a komunálních službách. Robot je určený pro monitoring prostoru v členitém terénu a výrazně nestrukturovaném prostředí (interiér, exteriér). Akční nástavba je účelová nástavba s jedním až dvěma stupni volnosti, účelová hlavice, osazení senzorickým systémem (videokamera, termokamera apod.). Podvozek je koncepce tuhého rámu osazeného čtyřmi moduly pásů struktury 1P1DMN1DHN, dva přední moduly jsou řešené jako výkyvná ramena (mechanismus s jedním stupněm volnosti) se samostatným řízením, moduly pásů jsou řešené jako klasické. Obrysové rozměry musí odpovídat průjezdovým profilům.



Obrázek 4.8 – Příklady čtyř a více pásových robotů

Model Asendro, znázorněný na obr. 4.8b, představuje univerzální použití v široké oblasti aplikací MSR. Robot je určený pro monitoring prostoru, manipulaci s nebezpečným materiálem, určité technologické úlohy v členitém terénu a výrazně nestrukturovaném prostředí (interiér, exteriér). Akční nástavba je robotické rameno s pěti až šesti stupni volnosti, účelová hlavice, osazení senzorickým systémem (videokamera, termokamera apod.). Podvozek je koncepce tuhého rámu osazeného šesti moduly pásů struktury 1P1DMN1DHN, dva přední a dva zadní moduly jsou řešené jako výkyvná ramena (mechanismus s jedním stupněm volnosti) se samostatným řízením, moduly pásů jsou řešené jako klasické.

Pásový MSR Soryu, znázorněný na obr. 4.9a, představuje aplikaci MSR pro monitoring a průzkum ve složitých terénních podmínkách. Robot je určený pro monitoring ve složitém (prostorově, členěním apod.) operačním prostoru (aplikace při záchranných pracích, archeologickém průzkumu apod.), vyhledávání určených objektů a cílů v operačním prostoru. Akční nástavba je účelový nosič s kamerou a mikrofony podle typu úloh a potřeb technologie pro vykonání zadané úlohy. Podvozek je sestavený jako článkový z pásových modulů rozdílné struktury.

Speciální MSR MA, znázorněný na obr. 4.9b, představuje aplikaci pro monitoring a inspekci. Robot je určený pro výkon monitoringu a inspekci nebezpečného operačního prostředí. Akční nástavba je účelová nástavba podle požadované úlohy, účelová hlavice osazená senzorickým subsystémem (videokamera, termokamera apod.). Podvozek je koncepce tuhého rámu osazeného čtveřicí „pásových modulů“ sériově uspořádaných,

„moduly pásů“ jsou uspořádané ve dvojících na principu samostatných čtyř výkyvných ramen (uspořádání ve funkci „nohy“ kráčejiho lokomočního mechanismu), tj. dvojstopá čtyřpásová varianta podvozku, „pás“ je řešený klasickou koncepcí.



Obrázek 4.9 – Příklady speciálních pásových robotů



Shrnutí pojmů 4.3.

Mobilní robot, pásový robot, lokomoční ústrojí, monitoring, manipulace, zásahové činnosti.



Otázky 4.3.

25. Jaký typ pásového robotu lze použít pro monitoring v městském prostředí?
26. Pro jaké aplikace lze využít trojpásový mobilní robot?



Úlohy k řešení 4.1.

Každý tým si zvolí servisní úlohu v oblasti zdravotnictví (každý tým musí mít jinou úlohu) a vypracuje na toto téma řešící existujících konkrétních aplikací mobilních robotů s pásovým podvozkem u nás i ve světě. Řešení bude řešena formou tabulky ve WORDU a bude obsahovat údaje uvedené v Tab. 4.2. Tabulka 4.2 je uvedena jako příklad jak má být vypracována řešení [96].

Navrhněte pro vámi vybraný typ servisních úloh vlastní servisní úlohu a k ní navrhněte pásový mobilní robot. Celou úlohu podrobně popište, jak bude probíhat a jaké má specifiky včetně omezujících podmínek apod. Navržený pásový robot může být vybrán jako konkrétní robot nalezený na internetu, případně jako vlastní navržená konstrukce. Navrhněte dvě varianty řešení a proveďte výběr optimální varianty. U vybrané varianty detailně popište jednotlivé subsystemy vámi navrženého (vybraného) robotu včetně metodiky jeho řešení. Výstupem bude technická zpráva vytvořená ve WORDU.

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. 4.2 – Příklad tabulky pro vypracování řešerše

Obrázek robotu	www adresa	Popis robotu	Typ úlohy
	http://www.acr.army.cz/scripts/detail.php?id=41133&newsid=41113&listid=8&tmplid=83	Robot byl navržen pro armádu. Přesněji ke zpravodajským účelům a k manipulaci nebo zneškodnění nebezpečných předmětů.	Zásahové činnosti



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.

V případě, že jste úspěšně zvládli vypracovat úlohu k řešení 4.1. - Gratulujeme, úspěšně jste zvládli celé studium.

5 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, BAIJA 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>
- [95] <http://www.robotics.utexas.edu/rrg/research/mobilemp/>
- [96] <http://www.acr.army.cz/scripts/detail.php?id=41133&newsid=41113&listid=8&tmplid=83>



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 určené k různým servisním úlohám, prezentovaných v kapitole 3. a 4., které si můžete vyvolat z CD-ROMu.