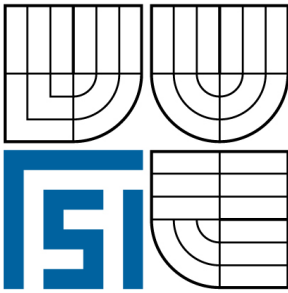


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

HYBRIDNÍ ROBOTICKÉ PLATFORMY A JEJICH POUŽITÍ V AREÁLU FSI VUT

HYBRID MOBILE ROBOTS ABLE TO OPERATE IN THE UNIVERSITY CAMPUS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL CHLUD

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUBELA

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Chlud Michal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Hybridní robotické platformy a jejich použití v areálu FSI VUT

v anglickém jazyce:

Hybrid mobile robots able to operate in the university campus

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je obecně se seznámit s problematikou hybridních mobilních robotů, popsat jejich výhody a nevýhody a stanovit kritické faktory, které jsou nutné pro jejich provoz v prostředí areálu FSI VUT.

Cíle bakalářské práce:

1. Vyhotovte rešerši hybridních podvozků mobilních robotů a pro každý nalezený podvozek stanovte potenciální výhody a nevýhody dle vlastního úsudku. Do analýzy podvozku také zahrňte posouzení různých typů kol (klasická, všesměrová, vlečná apod.), různých pásů a dalších prostředků lokomoce.
2. Vyhotovte přehled všech možných překážek pro mobilní roboty, které se nalézají v areálu FSI VUT. U těchto překážek uveďte jejich klíčové parametry.
3. Analyzujte a vlastními slovy popište vhodnost použití jednotlivých platforem pro překonání těchto překážek.
4. Pomocí multikriteriálního hodnocení vyberte nejvhodnější variantu podvozku.

Seznam odborné literatury:

SIEGWART, R. - NOURBAKSHSH, R. I. Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2004.

KÁRNÍK, L. Servisní roboty. VŠB-TUO, Ostrava: 2004.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Kubela

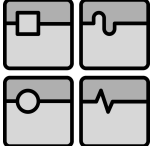
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 21.11.2007 12:20



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato práce se zabývá rešerší aktuálně známých hybridních podvozků mobilních robotů, posouzením různých typů kol, pásů a dalších prostředků lokomoce a stanovení potenciálních výhod a nevýhod pro každou nalezenou platformu. Dále uvádí přehled všech možných překážek pro mobilní roboty, které se nacházejí v areálu FSI VUT, včetně jejich klíčových parametrů a analyzuje vhodnost použití jednotlivých platform pro překonání těchto překážek. Pomocí multikriteriálního hodnocení vybírá nejvhodnější variantu podvozku pro FSI.

Abstract





This thesis describes actually known hybrid mobile robots platforms including analysis of different types of wheels, tracks and other instruments of locomotion. Sets potential advantages and disadvantages for every found platform. Thesis shows all possible hindrances for mobile robots in the university campus, including hindrance parameters. Multicriterial valuation's basic method takes out optimal variant of platform.

Klíčová slova

Hybridní platforma, hybridní podvozek, mobilní robot, areál FSI VUT Brno





Key words

Hybrid platform, hybrid locomotion, mobile robot, university campus, area of FSI VUT Brno

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Bibliografická citace

CHLUD, M. *Hybridní robotické platformy a jejich použití v areálu FSI VUT*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Kubela.





 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně, s pomocí rad vedoucího bakalářské práce a na základě uvedené literatury.

V Brně:

.....
Michal Chlud





		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

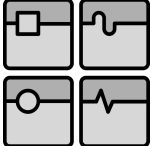
Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Kubelovi za odborné vedení, připomínky a cenné rady při realizaci této práce.

Obsah

Obsah	9
1. Úvod.....	11
1.1 Rozdělení mobilních robotů	12
1.1.1 Rozdělení podle prostředí.....	12
1.1.2 Rozdělení podle pohybového subsystému	12
2. Posouzení různých prostředků lokomoce	13
2.1 Kola	13
2.2. Pásy.....	14
2.3. Nohy	14
3. Analýza překážek v areálu FSI	16
3.1 Dveře	17
3.2 Nakloněné roviny	17
3.3 Schody.....	17
3.4 Ostatní překážky.....	18
3.5 Kritické parametry.....	18
4. Rešerše hybridních podvozků	19
4.1 HAL.....	19
4.2 Mini Andros II.....	20
4.3 Shrimp III	21
4.4 Work Partner	21
4.5 Azimut.....	22
4.6 Hybridní roboty v České Republice	23
4.7 Laboratorní hybridní roboty.....	23
4.8 Pioneer P3-AT	24
5. Výběr nejvhodnější varianty podvozku pomocí multikriteriálního hodnocení	25
5.1 Popis metody	25
5.2 Bazická bodovací metoda.....	25
5.3 Hodnocení variant.....	27
6. Závěr.....	29
Seznam použitých zdrojů	30

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1. Úvod

Robot je samostatně pracující stroj, vykonávající určené úkoly. Právě díky schopnosti přesné, citově nezatížené a opakující se práce jsou roboty rozšířeny zejména v oblastech přesného svařování, lakýrnických operací, montážních prací, kontrolní činnosti, ale také ve zdravotnictví pro výkon složitých chirurgických operací.

Roboty můžeme rozdělit dle schopnosti mobility na stacionární a nestacionární. Stacionární roboty, které se nacházejí většinou ve výrobních a montážních linkách, jsou z hlediska konstrukce až na výjimky uzavřené kapitoly. Jejich vývojem se zabývají velké nadnárodní koncerny jako ABB, KUKA, FANUC, atd. Vývoj je zaměřen zejména na zdokonalení řídicích systémů a modernizaci pohonů. Oproti tomu vývoj mobilních robotů je situován na univerzity, kde jsou roboty navrhovány jako prototypy pro řešení konkrétních úloh nebo jako učební pomůcky pro ověření teoretických znalostí zejména z mechaniky, elektrotechniky a programování.

Zatímco stacionární roboty se nasazují hlavně v průmyslu (odtud název průmyslové roboty) pro urychlení výrobních procesů, mobilní roboty (dále jen MR) se využívají častěji mimo výrobní oblast. Většinou se jedná o servisní roboty, které slouží zejména tam, kde je prostředí pro člověka těžko dostupné nebo nebezpečné. Jako příklad lze uvést práce v chemicky či radiačně zamořeném prostředí, vojenské a policejní operace, likvidace výbušnin a nebezpečných látek nebo průzkum mořských hlubin a inspekci potrubí. Uplatnění MR existuje také v zábavním průmyslu, jako napodobeniny domácích mazlíčků, dinosaurů a člověka, určených k pobavení. Částečně nacházejí roboty využití i v domácnosti jako automatické vysavače a travní sekačky. Výjimku použití ve výrobní oblasti tvoří automatické dopravní vozíky sloužící k přepravě polotovarů nebo hotových výrobků.

V současné době nachází uplatnění v praxi jen hrstka MR, a to hlavně z důvodu jejich vysokých pořizovacích nákladů plynoucích z vysoké ceny sensoriky a řídicích systémů a z důvodu stále levné pracovní síly v některých částech světa.

1.1 Rozdělení mobilních robotů

Pro snadnější a jednodušší orientaci v problematice je vhodné MR rozdělit. Samotné rozdělení můžeme provést podle velkého množství kritérií. Pro naše účely však bude stačit rozdělení uvedené níže.

1.1.1 Rozdělení podle prostředí

Jak uvádí NOVÁK[5], dělíme MR podle prostředí ve kterém se robot má pohybovat:

- na souši - vnitřní prostředí (indoor)
- na souši - venkovní prostředí (outdoor)
- ve vodě
- ve vzduchu
- ve vesmírném prostoru

Do vnitřního (indoor) prostředí patří převážně budovy, výrobní haly, laboratoře a všeobecně místnosti ve kterých se vyskytují pouze malé překážky. Naproti tomu do venkovního (outdoor) prostředí náleží členitý terén s nutností překonávání velkých výškových nebo hloubkových překážek.

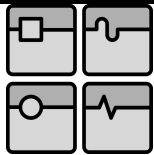
1.1.2 Rozdělení podle pohybového subsystému

MR pohybující se po souši je možné podle NOVÁK[5] dále dělit podle typu pohybového subsystému na:

- kolové
- pásové
- kráčející
- plazivé
- šplhající
- skákající
- hybridní

Hybridní robotické podvozky, kterými se tato bakalářská práce zabývá, v sobě kombinují nejrůznější uspořádání lokomočních subsystémů. Ovšem nejčastější způsob konstrukce je následující. Rychlejší a snadněji ovladatelnější subsystém, většinou kolo, je určeno pro pohyb indoor prostředí. Druhá platforma umožňuje pohyb v outdoor prostředí a překonávání větších překážek.

Samotné začlenění robota do kategorie hybridní je celkem problematické, a to hlavně z důvodu, že mobilní roboty vznikají jako prototypy pro předem dané úkoly a specifické prostředí. Proto je někdy obtížné říci, zda-li konkrétní typ robotu je hybridní, nebo např. kolový či pásový se speciální konstrukcí. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl do rešerše zařadit i roboty, které nemají klasicky hybridní platformu, ale které díky své důmyslné konstrukci dokážou plnit úkoly typické pro mobilní roboty.

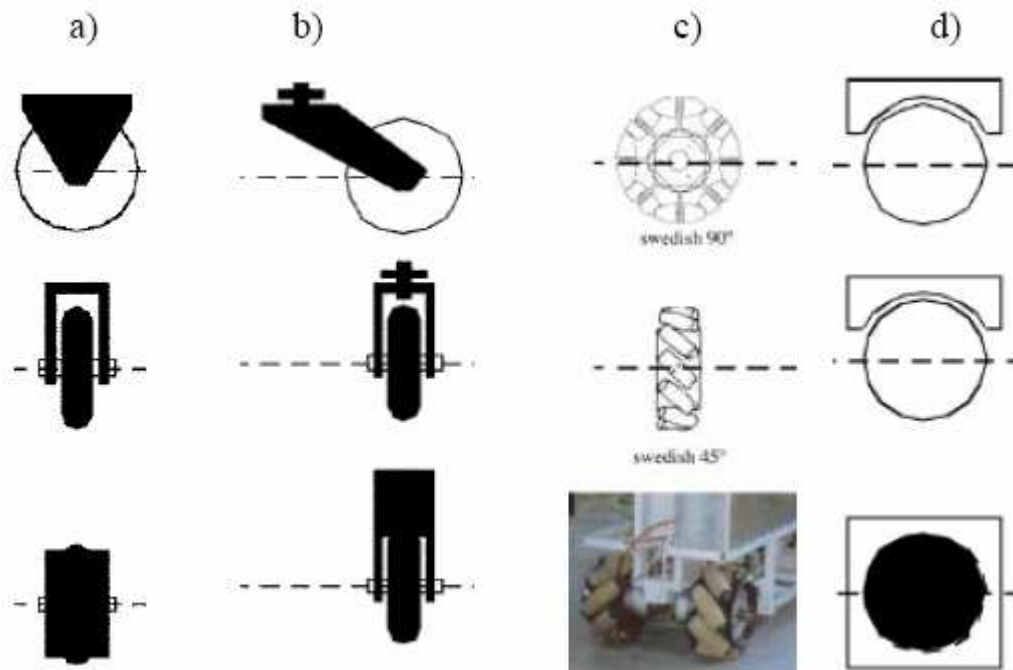


2. Posouzení různých prostředků lokomoce

2.1 Kola

Kolový mechanismus patří u MR k nejoblíbenějším a nejčastěji používaným. A to díky jednoduché konstrukci a z toho plynoucí nižší ceny. Také není nutno řešit problémy stability jako u mechanismů s nohama. Mezi největší problém kol patří špatné vlastnosti při jízdě v obtížném terénu a až na výjimky neschopnost překonat překážky, které jsou větší než poloměr kola. Pro správnou funkci kol musíme zajistit neustálý kontakt kola s podložkou. Toho se dá docílit např. odpružením.

Podle BÖTTCHER[11] existují čtyři základní typy kol:



Čtyři základní typy kol [11]

Obrázek a) ukazuje klasické kolo se dvěma stupni volnosti. Těmito stupni jsou rotace podél osy a rotace v místě kontaktu. Na obrázku b) vidíme kolo vlečné se dvěma stupni volnosti a to rotací kolem osy a kolem čepu. Největšími výhodami těchto dvou uspořádání je snadná realizace, možnost přenést relativně velké zatížení a schopnost vypořádat se s menšími nepravidlostmi terénu. Nevýhodou může být to, že tato kola nejsou všesměrová a obvykle ani nejsou všechna kola robotu hnaná, ale uspořádaná např. jako u automobilu. Z toho plyne problém při objíždění překážky v menším prostoru, kdy musí robot couvat a najíždět si.

Oproti tomu všesměrová kola na obrázku c), v anglosaské literatuře označována jako švédská, se díky odvalujícím soudečkům nebo válečkům na obvodě mohou pohybovat i kolmo v ose kola. Osy valivých elementů mohou být k ose otáčení kolmé nebo svírat úhel 45°. Platformy, které jsou opatřeny všesměrovými koly se mohou volně pohybovat v libovolném směru a dokáží rotovat na minimálním prostoru. Nevýhodou je velmi špatná schopnost překonávání povrchových nerovností a vysoké nároky na výrobní přesnost.

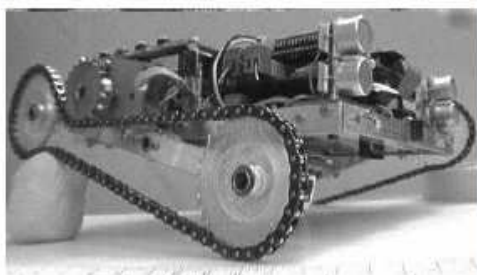
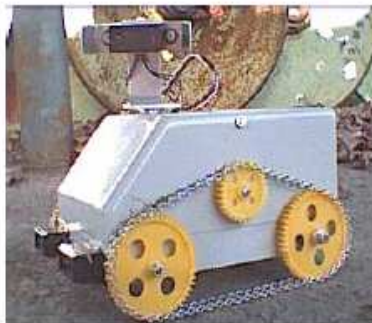
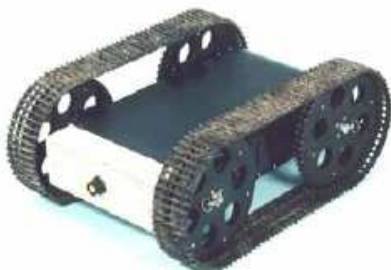
Sférické kolo na obrázku d) je kolo dokonale všesměrové. Mechanismus připomíná kuličkovou myš s tím rozdílem, že u sférického kola je kulička poháněná. Nevýhodou je složitost konstrukce, a proto vyšší náklady.

2.2. Pásy

Pásové podvozky vynikají výbornými manévrovacími schopnostmi v náročném terénu (včetně jízdy do schodů), ovšem za cenu ztrát třením mezi pásy a podložkou, což zvyšuje energetickou náročnost robotu. Obvykle se používá jedna dvojice pásů. Rozvor mezi pásy a jejich délka mají přímý vliv na manévrovatelnost. Pásy se řídí smykem, což je řízení značně nepřesné pro autonomní roboty. Proto tento typ podvozků řídí většinou operátor. Roboty s pásy mají obvykle také vyšší nosnosti než roboty s koly.

Konstrukce hnacích a vodících kol odpovídají typu použitého pásu. Po obvodu hnacího kola musí být ozubení nebo zářezy které zabírají do pásu a přenášejí tak kroutící moment od pohonné jednotky s motorem. Na druhém konci hlavního pásu je druhé kolo s ozubením nebo zářezy které bývá řešeno jako napínací kolo. Systém napínání může být různý, musí však umožňovat napnutí pásu případně jeho neustálé dopínání. Hlučnost pásů lze částečně eliminovat pogumováním vodících kol.

Jako pásy lze použít oboustranně ozubený řemen, válečkový řetěz a další speciální typy pryžových či kovových člankových pásů. Využívány jsou i pásy z RC modelů tanků.



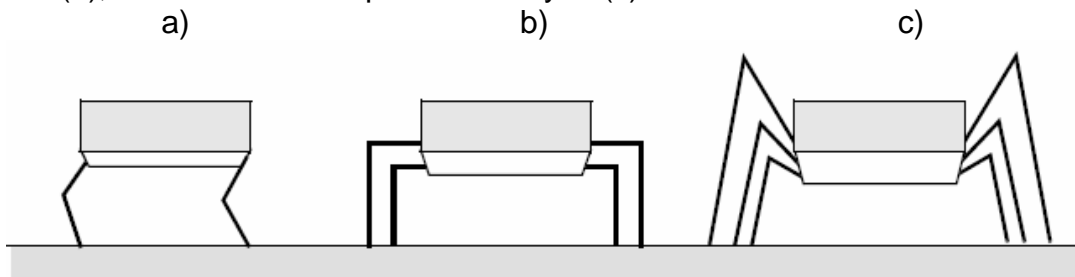
Příklady několika možných variant použitých pásů [2]

2.3. Nohy

Uplatnění kráčejících podvozků v mobilní robotice roste díky těmto výhodám: nohy dokáží překonat schody a vyšší překážky, překračovat prohlubně a příkopy, pohybovat se po členitém povrchu, zdolávat i příkřejší svahy a obvykle působí menší destrukci podloží než kolové a pásové platformy.

Oproti tomu trpí kráčející platformy řadou nevýhod. Asi největší komplikací je nutnost nezávisle řídit každou nohu z důvodu zachování stability a z toho plynoucí vyšší počet serv, převodů a senzorů a také složitější řídicí systém, konstrukční a výrobní složitost. Použití nohou není vhodné v prostředí s velmi měkkým podkladem (sníh, bláto), protože se boří.

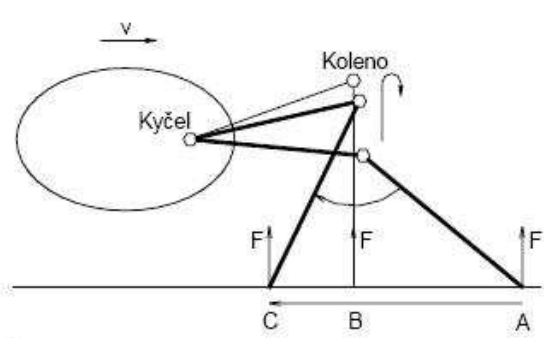
Samotné kráčející roboty můžeme rozdělit podle počtu noh na jednonohé, dvounohé, třínohé, čtyřnohé, šestinohé, osminohé a speciální konstrukce. Nebo je můžeme rozdělit podle vzoru, který konstruktéři našli v přírodě. Takhle je dělí SIEGWART[1]: dvou a čtyřnohé roboty podobné savcům (a), čtyřnohé podobné plazům (b), šesti a osminohé podobné hmyzu (c).



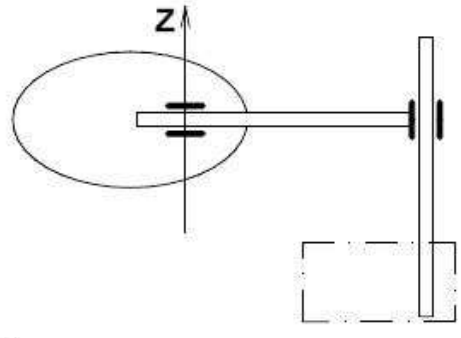
Dělení nohou dle biologické předlohy [1]

Mezi základní kinematické struktury konstrukce nohy čtyř a vícenohého kráčejícího robotu podle KÁRNÍK[2] patří:

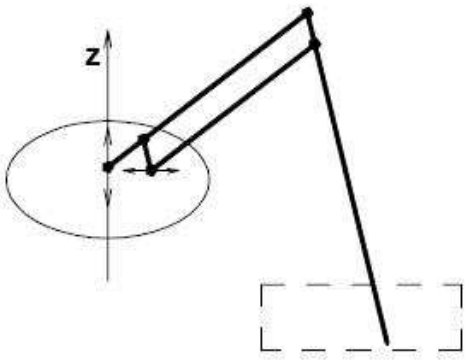
- Dvě rotační kinematické dvojice (obr. a) –tzv. kyčel – koleno - tato konstrukce nohy je dosti energeticky náročná z hlediska odběru energie. Pozice nohy se mění postupně z polohy A do B a C, přičemž se robot pohybuje směrem doprava. Během pohybu z A do B se horní část nohy pohybuje v kladném směru a akční člen kyčle pracuje v negativním módu. V pozici B horní noha mění směr pohybu a z pozice B do C pracuje akční člen kyčle v pozitivním módu. V kolenním kloubu je situace opačná. Střídání pozitivního a negativního módu během jednoho kroku (v pozici B) způsobuje velký odběr energie.
- Dvě translační kinematické dvojice (obr. b) - toto uspořádání nabízí jednoduché řešení, které vede ke snížení odběru energie. Princip spočívá v odstranění vazby mezi pohonem pro zvedání nohy (nosným) a pohonem pro pohyb vpřed (posuvným). Jeden akční člen je zabrzděn a druhý koná pracovní pohyb. Energie se tedy spotřebovává jen v pozitivním módu.
- Rovinný paralelogram (obr. c) - tato konstrukce dovoluje obsáhnout velkou plochu při malé hmotnosti nohy Vodorovný akční člen zajišťuje natažení nohy ve vodorovném směru a svislý akční člen zajišťuje zvedání nohy nebo těla ve svislém směru, pracuje tedy jako „zesilovač“ pohybů v osách x a z.
- Prostorový paralelogram (obr. d) - tato konstrukce vychází z rovinného paralelogramu a dosahuje vyšší flexibility chůze. Prostorový paralelogram vznikne z rovinného přidáním třetího stupně volnosti - rotace okolo svislé osy z. Jestliže jsou akční členy umožňující pohyb v osách x a y umístěny do průsečíků těchto os, pak se noha zvedá automaticky při posunu ve směru osy y. Koncový bod nohy se pak pohybuje po přímce. Nutnost řízení v ose y se dá odstranit ztotožněním os z a z_1 .



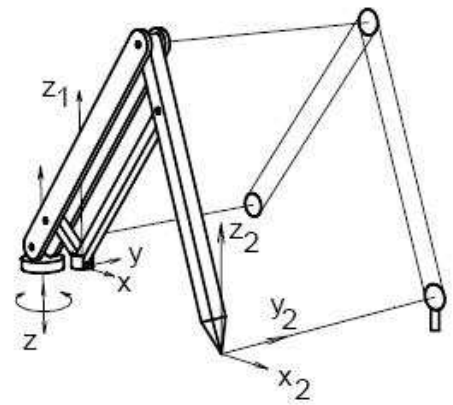
a)



b)



c)

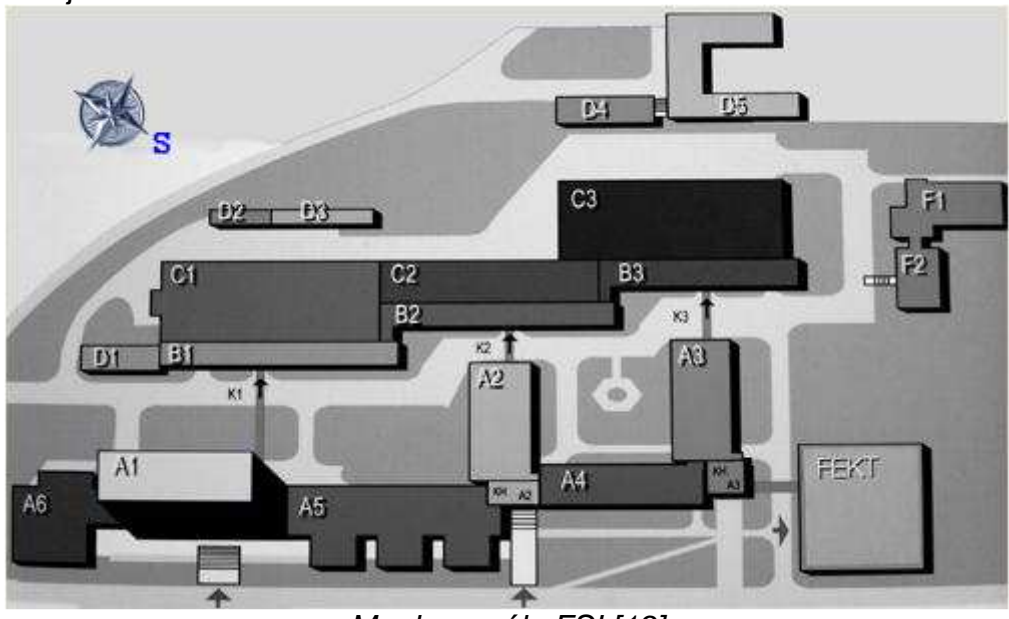


d)

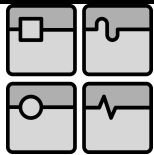
Konstrukce noh kráčejších robotů[2]

3. Analýza překážek v areálu FSI

Fakulta strojního inženýrství (FSI) se nachází v Brně v městské části Královo pole mezi ulicemi Technická a Podnikatelská. Na severní straně je areál ohraničen Fakultou elektrotechniky a telekomunikačních technologií (FEKT) a na severozápadě sportovním areálem Pod Palackého vrchem. Rozložení a značení budov FSI je na obrázku.



Mapka areálu FSI [19]



3.1 Dveře

Překážkou u dveří je jejich šířka. Robot neprojde dveřmi širšími než je šířka zárubně. Nejmenšími dveřmi v celém areálu jsou dveře od skladu úklidových potřeb široké 60cm. Tyto dveře se nachází v téměř každém patře a ve všech budovách.

Šířka ostatních dveří:

Dveře v krčku na FEKT - 80cm

Dveře do učeben v budově A5 - 90cm

Dvojité dveře v budově A4 - 170cm

Dvojité dveře do přednáškových sálů -190cm



3.2 Nakloněné roviny

Problémem u svahů, nájezdových ramp a nakloněných rovin obecně je úhel stoupání. Mobilní robot dokáže zdat pouze takové stoupání, které nezpůsobí jeho překlpení a na které bude mít dostačující výkon motoru. V areálu se nachází tyto nakloněné roviny:

- Rampa pro handicapované: úhel stoupání cca 15° (a)
- Sjezd ze severovýchodní strany k budově A1: úhel stoupání cca 20° (b)
- Nájezdová rampa za budovou A2: úhel stoupání cca 20°30' (c)

a)

b)

c)



3.3 Schody

Schody jsou jedny z nejobtížněji překonatelných překážek. Problémem bývá nejen jejich výška, ale pokud jsou řazeny za sebou do schodiště, musíme je brát také jako nakloněnou rovinu. V areálu školy se nachází celá řada schodů a schodišť. Vybral jsem jen schody s největšími parametry a také schody, jejichž konstrukce by mohla být překážkou pro pohyb mobilního robota.

- Schody v budově KM-A3 (a): výška: 15cm, délka: 32cm, výška hrany: 3cm, délka hrany: 2cm, úhel stoupání: cca 25°
- Schody před školou a v budově A1 směrem k aule Q nebo do druhého patra budovy A5 (b): výška: 15cm, délka: 32cm, výška hrany: 5cm, délka hrany: 2cm, úhel stoupání: cca 25°
- Schody v budovách B1-B3 (c): výška: 16cm, délka: 33cm, úhel zkosení schodu: 9°, úhel stoupání: cca 26°
- Schody v budově A1 (d): výška: 17.5cm, délka: 27.5cm, úhel stoupání: cca 32°30´

a)

b)

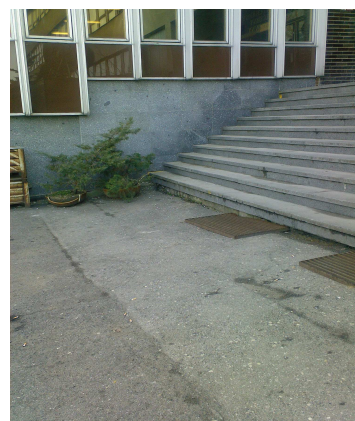
c)

d)



3.4 Ostatní překážky

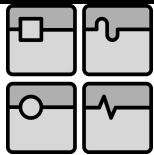
Patníky, prohlubně, kanály a ostatní překážky mají parametry mnohem menší než překážky uvedené výše, proto by jejich překonávání nemělo činit problémy. Jediným dalším možným problémem by mohla být proměnná výška prvního stupně před vchodem do budovy KM-A2. Výška stupně se zde mění v rozmezí 18-24cm.



3.5 Kritické parametry

Aby se robot mohl pohybovat bez omezení v celém areálu FSI musí splňovat tyto podmínky:

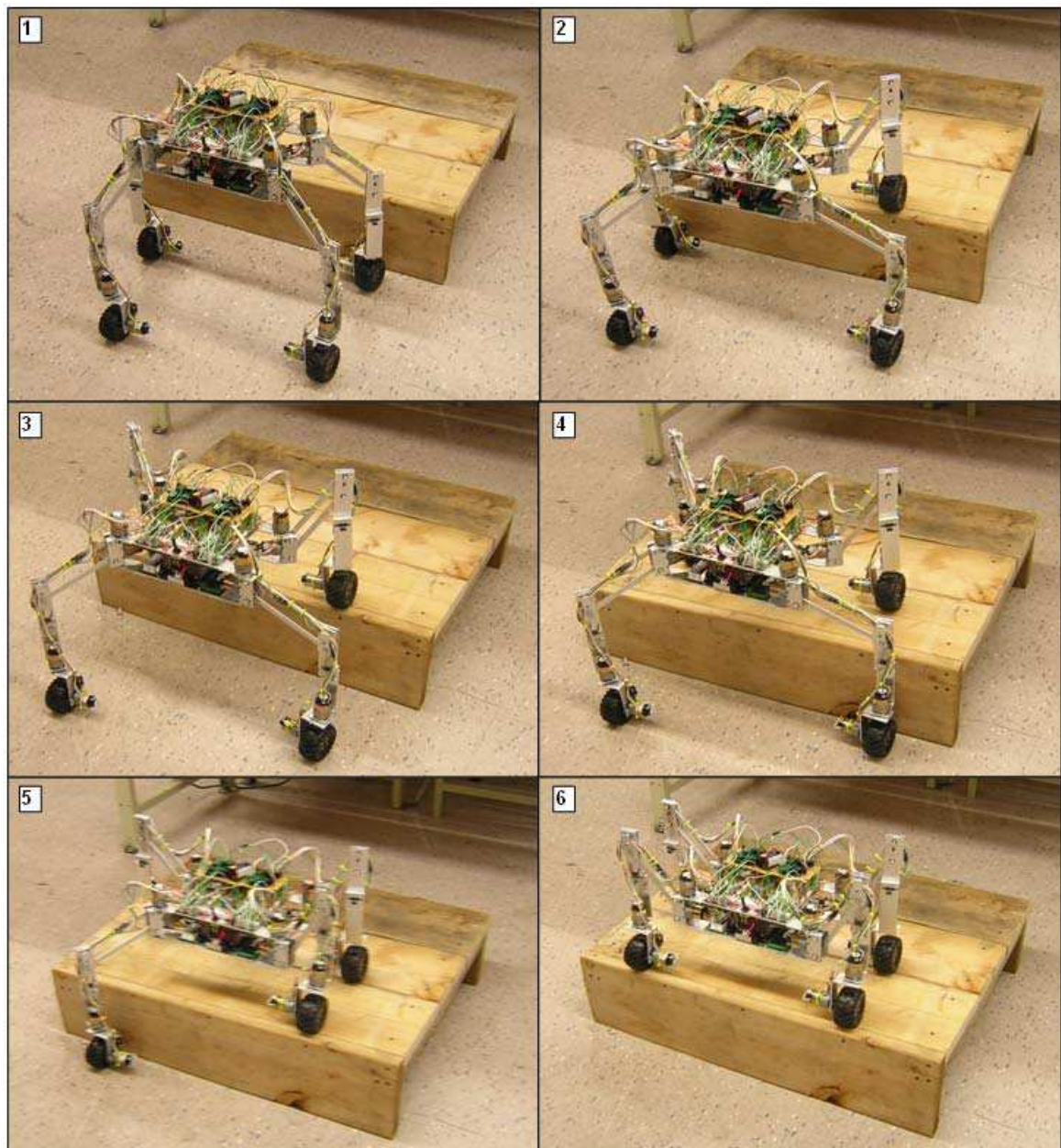
- Šířka robotu musí být maximálně 60cm.
- Platforma musí být stabilní a mít dostatečný výkon při stoupání 33°. Bohužel výkonové parametry nejsou vždy dostupné.
- Platforma musí být schopna překonat překážku o výšce 20cm.



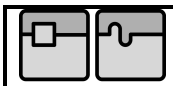

4. Rešerše hybridních podvozků

4.1 HAL

HAL je zkrácenina z anglického spojení Hybrid Autonomous Locomotion. Autorem tohoto hybridního robotu typu noha-kolo je Jeffrey B. Webb z Rochester Institute of Technology. Návrhem a realizací hybridního robotu se zabýval ve své diplomové práci. HAL je vyroben z hliníku, má čtyři nohy, každou se čtyřmi stupni volnosti. Celkově má tedy robot 16 stupňů volnosti. Na konci každé nohy je kolo. Robot není opatřen manipulátorem ani podobným vybavením. Byl sestaven pouze jako ukázka schopností hybridní platformy. HAL je schopen samostatně chůze, v kombinaci s kolem je schopen zdolat nakloněnou rovinu o stoupání 59°. Robot je konstruován tak, aby byl schopen překonat překážku do výšky 30 cm. Jeho průměrná rychlost testovaná na plochem povrchu dosahovala 6 km/hod.



HAL při překonávání překážky [10]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Mezi výhody tohoto MR jednoznačně patří schopnost překonávat velké překážky a taky to, že poloha těžiště robotu se může měnit dle potřeby, a tak zajišťovat robotu lepší stabilitu. Protože se jedná o prvotní konstrukci, trpí HAL menšími vadami. Problémem by mohla být příliš velká energetická náročnost a nemožnost osadit robota manipulátorem či kamerou, protože má téměř nulovou nosnost.

4.2 Mini Andros II

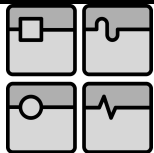
Mini Andros je nejmenší kolo-pásový robot firmy Remotec. Je široký 62,23cm a dlouhý 134,62 cm a se základním vybavením váží 102 kg. Mobilitu zajišťuje firmou patentovaný článkový pás a demontovatelná kola. Výrobce uvádí rychlost 1,77 km/hod., schopnost překonat i 53 cm překážky a stabilitu při stoupání 45° včetně schodů. Mini Andros je určen převážně pro policejní a vojenské složky. Tomu odpovídá i celkové krytování konstrukce, takže je robot použitelný ve všech typech terénu i ve vlhkém nebo naopak prašném prostředí. Celkově je robot stavěn tak, aby potřeboval jen minimální údržbu. MR je opatřen dvou metrovým teleskopickým efektozem se čtyřmi stupni volnosti a je možno jej ovládat joystickem buď pomocí optického kabelu nebo bezdrátově. Andros může při maximálním vysunutí teleskopického efektozu pracovat s nákladem 6,8kg. Součástí dodávky robotu je i barevná kamera s šestinásobným zoomem a audio systémem s reproduktorem a mikrofonem. Operátory těchto strojů firma sama zaškolí ve svém školícím pracovišti. Výrobce k robotu nabízí celou řadu příslušenství jako jsou infračervená kamera, analyzátor chemických látek, atd.



Mini Andros II [15]

Defense Industry Daily [20] uvádí, že firma Remotec získala zakázku na stavbu robotů pro pyrotechniky amerického námořnictva za 45 milionů dolarů a navázala tak na úspěšný kontrakt z roku 2001 za 5,6 milionů dolarů. Použití robotů firmy Remotec v oblasti Severního Irsku zvažuje i britská vláda.

Robot zaujme svými četnými výhodami a určitě by se osvědčil i při použití v areálu FSI. Největší nevýhodou není jeho šířka, díky které by neprojel všemi dveřmi v areálu školy, ale jeho extrémně vysoké pořizovací náklady. Je to právě cena, díky níž má zatím pouze uplatnění u vládních a armádních složek.



4.3 Shrimp III

Shrimp III úplně nezapadá mezi ostatní hybridní roboty. Dalo by se o něm hovořit také jako o šestikolovém MR s kloubovou konstrukcí rámu. Právě jedinečná kloubová konstrukce umožňuje robotu pohybovat se ve značně členitém prostředí a překonávat překážky do výšky 22 cm. Díky pasivní struktuře robot nepotřebuje složité řízení, aby mohl překážku překonat. Shrimp je vyroben firmou BlueBotics z Lousanne ve Švýcarsku. Zde popisují jeho třetí verzi. Rám robotu je vyroben ze slitiny hliníku, má 6 hnaných kol, přední a zadní kolo řízené. Jeho rozměry jsou 63,9 x 42,8 x 27,8 cm, s baterií váží 5,4 kg, dokáže uvést náklad o hmotnosti 3 kg, jeho maximální rychlost uvádí výrobce jako 1,62 km/hod a maximální stoupání na nakloněné rovině je 40°. Na jedno nabití vydrží 1-3 hodiny.



Shrimp III při překonávání překážky [18]

Největší výhodou Shrimpa je jeho kloubová konstrukce díky níž může pasivně překonávat překážky. Navíc je robot autonomní a dokáže se pohybovat v neznámém prostředí. Přestože se nejedná o klasicky hybridní platformu, disponuje Shrimp parametry srovnatelnými s hybridními roboty a měl by být schopen překonat veškeré překážky v areálu fakulty.

Nevýhodou je nižší nosnost a protože se jedná o komerční produkt, je nevýhodou i vysoká cena, která činí při současném kurzu 210 tisíc korun.

4.4 Work Partner

Hybridní robot typu noha-kolo Work Partner vnikl na ústavu automatizace na Technické univerzitě v Helsinkách jako robot pro interaktivní práci s lidmi v outdoorovém prostředí. Jeho délka je 140 cm, šířka 120 cm a výška se pohybuje od 50 do 120 cm. Robot i s manipulátorem váží přibližně 230 kg a může se po kolech pohybovat maximální rychlostí 7 km/hod. Kosturu tvoří kloubový rám se čtyřmi nohama s koly umístěnými na konci nohou. Všechny nohy jsou totožné a pouze zrcadlově obrácené se třemi stupni volnosti. Pohybovat lze současně koly a nohama, samostatně koly nebo samostatně nohama. K práci slouží humanoidní manipulátor, kterým robot dokáže manipulovat s předměty do hmotnosti 10 kg do vzdálenosti 1 m od těla. Může pracovat autonomně nebo může být řízen operátorem.



Hybridní robot Work Partner [16]

Nespornou výhodou je časem prověřená a funkční konstrukce robotu. Autoři si při stavbě vzali za vzor platformu používanou pro sovětský planetární výzkum.

Robot je primárně určen pro práci v outdoorovém prostředí a tomu odpovídají i jeho rozměry a váha. Bohužel právě pro tyto rozměry není vhodný pro využití v areálu školy.

4.5 Azimut

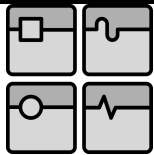
Azimut vznikl na univerzitě Sherbrooke v Quebecu v Kanadě ve vývojovém týmu, který sestavil profesor MICHAUD [8]. Ze všech zde uvedených hybridních robotů je nejnovější. Největší předností Azimutu je to, že dokáže kombinovat všechny typy lokomoce. Může se pohybovat na kolech, na pásech nebo i na nohou. Právě výborný nápad v podobě použití všech typů lokomoce a dobré provedení konstrukce zajišťuje robotu průchodnost i v měkkém terénu, snadné zdolávání překážek (včetně schodů) a dokáže se pohybovat všesměrově. Maximální rozměry Azimutu jsou: délka 119 cm, šířka 70,5 cm, výška 42,5 cm. První prototyp byl postaven v roce 2002 z více než 2500 částí. Současný typ váží 63,5 kg a zvládne náklad 10,4 kg při použití v jakémkoli pohybovém módu, dále překonat překážku o velikosti 25 cm, stoupání 40° a pohybovat se maximální rychlostí 4,3 km/hod. Na koncepci Azimut byl přihlášen patent.

Výhodou robotu je samozřejmě jeho unikátní řešení lokomoce. Možnost pohybu v různých terénech a schopnost překonat velké překážky. Výhodou je také jeho relativně velká nosnost.

Naopak velkou nevýhodou je složitost konstrukce a hlavně optimalizace řízení robota. Do projektu bylo zapojeno 23 lidí, kteří pracovali okolo 17000 hodin. Přitom tento údaj pochází z roku 2003. Univerzita udává, že na projektu stále pracují a robota inovují. Cena bude jistě také vysoká, na financování se podílely 4 různé příspěvkové a nadační organizace. Jako nevýhodná se jeví i jeho šířka větší než 60 cm, díky které robot neprojde všemi dveřmi v areálu FSU.

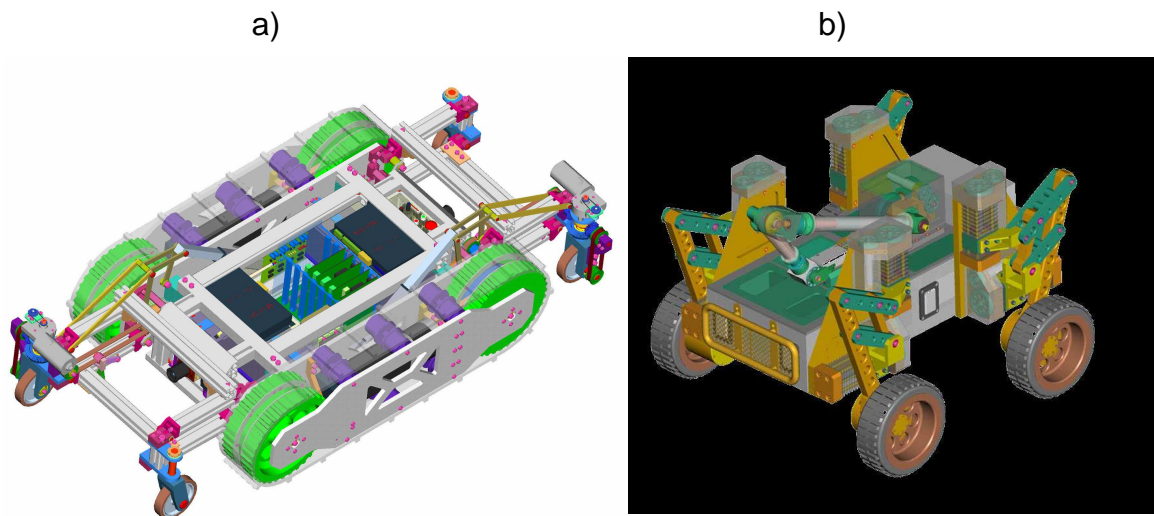


Hybridní robot Azimut[8]



4.6 Hybridní roboty v České Republice

I české vysoké školy se zabývají hybridními MR. Zatím sice není známa úspěšná konstrukce, ale vznikly zajímavé návrhy a počítačové simulace. Jeden vznikl na FSI v Brně, kde se hybridním kolo-pásovým robotem zabýval ing. Martin Vyšín, PhD. [6] (obr.a) ve své disertační práci. Další zajímavý návrh vznikl jako součást diplomové práce na katedře robotiky na VŠB-TU v Ostravě. Autorem je ing. Milan Mihola [13] (obr. b).



Návrhy hybridních mobilních robotů [6],[13]

4.7 Laboratorní hybridní roboty

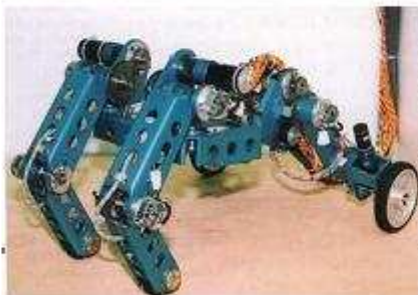
Ve světě existuje mnoho prototypů hybridních mobilních robotů určených ke studijním účelům. Tyto roboty nejsou určeny k praktickému použití, ale spíše k laboratornímu ověření dynamických a kinematických vlastností a k aplikaci různých algoritmů řízení.

Hybridní robot Walk'n roll (a) byl stvořen v Japonsku v Advanced Industrial Science and Technology institut. Přední nohy robotu disponují třemi stupni volnosti a je v nich umístěno malé kolečko, na zadních nohách s jedním stupněm volnosti je umístěno větší kolo. Díky uzamykatelnému zadnímu kolu je schopen se pohybovat ve třech nezávislých režimech, a to krokovém, kolovém nebo hybridním.

Robot MEL (b), který byl vyvinut ve stejné laboratoři má dvě nohy na jejichž konci je umístěno hnané kolečko. Díky schopnosti zvedat a natáčet každou nohu zvlášť je robot schopen pohybovat se i po členitějším terénu a přitom zachovávat dynamickou stabilitu.

Další hybridní robot typu noha-kolo(c) byl vytvořen v King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. Přední nápravu tvoří dvě nohy, každá se dvěma stupni volnosti, zadní potom kola. Autoři se nechali inspirovat chůzí mouchy a podle toho také vypadá kinematika předních nohou. Robot je dlouhý 14 cm a široký 15 cm a dokáže se pohybovat i v těžším terénu a překonávat úměrně velké překážky.

a)



b)



c)



Laboratorní hybridní roboty [17],[2],[12]

4.8 Pioneer P3-AT

Pioneer P3-AT není hybridní mobilní robot, ale klasický kolový. Uvádím jej zde záměrně proto, abych mohl srovnat vlastnosti hybridních a kolových robotů. P3-AT vyrábí firma MobileRobots z Amherstu v USA. Tato firma patří k největším firmám v oblasti autonomní mobilní robotiky a od svého založení v roce 1995 prodala již 3000 robotů. Roboty typu Pioneer patří k nejprodávanějším vědeckým mobilním robotům na světě. Typ P3-AT je určen pro práci v indoor i outdoor prostředí. Tomu odpovídají i jeho čtyři kola, která mají průměr 21,5 cm a šířku 8,8 cm. Robot je dlouhý 50 cm, široký 49 cm a bez nástavby je vysoký 26 cm, váží 12 kg a dokáže uvést na trávě náklad 13,5 kg a na hladkém betonu dokonce 20 kg. V robotu se nachází 16 sonarů pro rozeznání překážek vzdálených od 15 do 700 cm. Dokáže zdolat překážky a velikosti 8 cm a nakloněnou rovinu o úhlu 45°. Firma k robotu nabízí velké množství příslušenství, např.: manipulátor s pěti stupni volnosti, manipulátor se dvěma stupni volnosti, laserový mapovací a odměřovací systém, GPS, barevnou kameru atd.

Největší výhodou robotu je jeho všestrannost. Díky možnosti kombinovat příslušenství jsme schopni poskládat robota přesně podle potřeb. Právě díky své všestrannosti je využíván pro řešení navigačních problémů, manipulaci, mapování prostředí, průzkum a monitoring. Firma poskytuje pro výzkumné a výukové organizace slevy, takže by cena mohla být menším problémem v porovnání s ostatními roboty. Při současném kurzu by základní platforma robotu bez příslušenství stála přibližně 96 tisíc korun.

Zřejmou nevýhodou je pouze kolová platforma, která robotu neumožňuje překonat schody v areálu školy.



Pioneer P3-AT [14]

5. Výběr nejvhodnější varianty podvozku pomocí multikriteriálního hodnocení

Vyhodnocení a výběr nejvhodnější varianty provedeme pomocí multikriteriálního hodnocení. Podkapitoly 5.1 a 5.2 jsou převzaty z RYŠKA[9].

5.1 Popis metody

Při výběru nového zařízení, výrobku či obecně technického objektu, stojíme často před otázkou, který zvolit ze široké nabídky, a následně, zda jsme zvolili správně. K tomuto problému můžeme přistupovat buď subjektivně (nadřazená restrikce naznačí, „kdo by měl vyhrát“) nebo si necháme zpracovat expertní posudky od nezávislých odborníků. Ovšem jako seriózní se jeví skutečnost, že užití systematických a racionálních metod práce využívající objektivizující matematický aparát. V našem případě využijeme poslední možnost, kdy za využití metod systémového přístupu můžeme paralelně srovnávat například několik nabídkových projektů na dodávku výrobku (stroje, zařízení apod.).

Cílem hodnocení, například nabídkových projektů, je souhrnně vyjádřit technickoekonomickou (dále jen TE) úroveň jednotlivých návrhů a určit pořadí jejich výhodnosti. Porovnání TE úrovně technických objektů (nejen výrobků, ale i technologických procesů, racionalizačních návrhů hodnotové analýzy ap.) je obtížné proto, že TE úroveň je popisována soustavou TE parametrů o různých jednotkách.

Problém přímé nesčitatelnosti hodnot parametrů se musí řešit různými způsoby agregace těchto hodnot tak, aby bylo možné vyjádřit TE úroveň jedinou hodnotou. K tomuto účelu bylo vypracováno několik postupů, souhrnně označovaných jako metody multikriteriálního hodnocení.

Každý předkládaný projekt má obvykle dvě stránky:

- Technickou, která vyjadřuje funkční vlastnosti projektu. A její úroveň je definována stupněm plnění všech funkcí projektu ΣF_j .
- Ekonomickou, která vyjadřuje náklady na zabezpečení těchto funkcí.

Zatímco náklady N lze poměrně snadno zjistit, neboť jednotlivé nákladové položky mají stejné jednotky a jsou tedy sčitatelné, stupeň plnění funkcí je třeba určit právě pomocí některé metody multikriteriálního hodnocení. Pak teprve lze určit poměrnou efektivní hodnotu (PEH) každého projektu a podle klesající hodnoty PEH projekty seřadit.

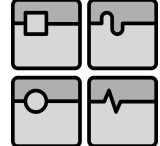
$$PEH = \Sigma F_j / N$$

Nejužívanější metody multikriteriálního hodnocení jsou:

- bazická bodovací metoda
- metoda pořadí
- metoda PATTERN

5.2 Bazická bodovací metoda

Protože se obvykle předkládané varianty posuzují na základě většího počtu různých kritérií, patří tato metoda mezi metody multikriteriálního hodnocení. Hodnocená hlediska jsou vyčíslitelná, a to významně zjednodušuje proces

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 26
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

hodnocení. Použitím bazické bodovací metody se porovnává hodnocená varianta se vzorovým řešením – vzorovým etalonem – bází. Hodnocení konkrétní varianty probíhá jak po stránce technické (označení τ_b), tak i po ekonomické (označení ϵ).

Technická i ekonomická hodnota varianty se posléze umísťuje do roviny hodnotícího diagramu ($\tau_b = f(\epsilon)$), kde je její výhodnost patrná ze vztahu k jiným, rovněž zaneseným variantám.

Stručnou podstatu metody a postup při aplikaci lze uvést v následujících bodech:

- nejprve je třeba provést reprezentativní výběr parametrů (vlastností). Je třeba vyloučit vzájemně závislé parametry. Jejich počet by měl být omezen na podstatné a spolehlivě zjistitelné
- stanoví se bodovací stupnice, která hodnotí buď kvalitativní nebo kvantitativní hodnoty parametrů
- určí se významnost (váha) parametrů
- provede se hodnocení

Technická hodnota τ_b :

1) Při identifikaci varianty se hodí celá řada faktorů, parametrů a vlastností, které označíme jako T_1, T_2, \dots, T_n , tj. $T(1, \dots, n)$ kde: n = maximální počet faktorů, parametrů, vlastností, n = obvykle (1-100)

2) Hodnotu každého faktoru, parametru a technické vlastnosti vyjádříme pomocí třídíků t_1, t_2, \dots, t_j , se stanovenou (zvolenou) stupnicí, $t_j : t(1, \dots, j)$ kde:

t_1 = minimální hodnota faktoru, parametru, vlastnosti

t_j = maximální hodnota

s kvantifikací a se slovním hodnocením :

$t_1 = 0$ = nevyhovující (min)

$t_2 = 1$ = velmi slabé

$t_3 = 2$ = vyhovující

$t_4 = 3$ = dobré

$t_5 = 4$ = velmi dobré

$t_6 = 5$ = výborné (max.).

Doporučený rozsah stupnice třídíku: $t(1, 6)$ nebo $t(1, 10)$ atd. I když je hodnocení faktorů subjektivní, je podloženo objektivně zjistitelnými parametry a vlastnostmi.

3) Význam (váhu) jednotlivých faktorů, parametrů, vlastností pak dle důležitosti rozlišíme koeficienty $g_n (\leq 1)$, tedy : $0 < g_n \leq 1$

4) Technický stav hodnocené varianty dle různých hledisek je pak:

$(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_j, \dots, \tau_n) = (g_1 \cdot t_1, g_2 \cdot t_2, \dots, g_j \cdot t_j, \dots, g_n \cdot t_n)$

5) Konečná technická hodnota varianty je pak vyjádřena:

$$\tau_b = \frac{\sum_{j=1}^n g_j \cdot t_j}{n \cdot t_j} = \frac{g_1 \cdot t_1 + g_2 \cdot t_2 + \dots + g_n \cdot t_n}{n \cdot t_j} \leq 1$$

τ_b = konečná technická hodnota

g_j = koeficient rozlišující významnost hodnocených faktorů, parametrů, vlastností

t_j = hodnota i-tého faktoru, parametru, vlastnosti

n = počet hodnocených faktorů, parametrů, vlastností

5.3 Hodnocení variant

Do multikriteriálního hodnocení variant bázickou bodovací metodou byly zahrnuty tyto hybridní platformy:

- Varianta 1: HAL (kap 4.1)
- Varianta 2: Shrimp III (kap. 4.3)
- Varianta 3: Pioneer P3-AT (Kap 4.8)
- Varianta 4: Azimut (kap. 4.5)

Zahrnuty nebyly platformy Mini Andros II (kap. 4.2) kvůli své vysoké pořizovací ceně a také díky tomu, že jeho vlastnosti, ceněné především vládními a vojenskými složkami, by nenalezly uplatnění v areálu školy. V multikriteriálním hodnocení se nenachází ani platforma Work Partner (kap 4.4) z důvodu nadměrné hmotnosti a rozměrů, které využití robota hlavně v indoor části areálu školy neumožňují. Laboratorní roboty (kap. 4.7) nejsou schopny plnit zadané úkoly v jiném než laboratorním prostředí, a proto nebyly zahrnuty. Hybridní roboty (kap. 4.6) se v hodnocení nenachází, protože existují pouze jako návrhy, jejichž skutečné vlastnosti nebyly experimentálně ověřeny.

Složitost konstrukce* - udává jakým způsobem je platforma zkonstruována

Překonání překážek - vyjadřuje schopnost platformy zdolat překážky v areálu FSI

Manévrovatelnost - udává jak obtížné je platformu ovládat

Stabilita – vyjadřuje stabilitu robota při jízdě a vykonávání úkolů

Nosnost – určuje zatížitelnost platformy

Hmotnost* – váha robota





Rychlost – maximální rychlost robota

Cena* – určuje množství finančních prostředků nutných k pořízení platformy

Úkolová všestrannost – vyjadřuje variabilitu úkolu, které lze s robotem vykonávat

Spolehlivost – udává jakou dobu je robot schopen pracovat bez poruchy

	Vlastnost	g _n	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4	
			t _n	T _n	t _n	T _n	t _n	T _n	t _n	T _n
T1	Složitost konstrukce*	0,75	4	3	3	2,25	3	2,25	2	1,5
T2	Překonání překážek	0,9	4	3,6	5	4,5	2	1,8	5	4,5
T3	Manévrovatelnost	0,75	3	2,25	4	3	4	3	4	3
T4	Stabilita	0,7	4	2,8	4	2,8	4	2,8	4	2,8
T5	Nosnost	0,55	1	0,55	2	1,1	5	2,75	5	2,75
T6	Hmotnost*	0,6	4	2,4	4	2,4	4	2,4	3	1,8
T7	Rychlost	0,35	4	1,4	3	1,05	3	1,05	4	1,4
T8	Cena*	0,8	4	3,2	2	1,6	4	3,2	2	1,6
T9	Úkolová všestrannost	0,85	2	1,7	3	2,55	5	4,25	4	3,4
T10	Spolehlivost	0,75	2	1,5	4	3	4	3	4	3
Konečná technická hodnota			0,448		0,485		0,53		0,515	
Vyjádření v procentech			44,80%		48,50%		53,00%		51,50%	

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Vlastnosti označené symbolem (*) mají inverzní charakter, tzn. čím vyšší hodnota vlastnosti, tím nižší hodnota faktoru t_n .





Z multikriteriálního hodnocení plyne, že nejvíce využitelnou platformou v areálu FSI je Pioneer P3-AT. Jako další v pořadí se umístily roboty Azimut, Shrimp III a HAL. Přestože metoda multikriteriálního hodnocení srovnává objektivně zjistitelné parametry, je do jisté míry subjektivní. Tyto výsledky by proto měly být brány s rezervou, protože jsem hodnotu a významnost faktorů stanovil sám pouze podle vlastního úsudku.

6. Závěr

V této bakalářské práci byla provedena rešerše současných hybridních mobilních robotů a stanoveny výhody a nevýhody jednotlivých typů. Do analýzy podvozku bylo zahrnuto posouzení různých typů kol, pásů a jiných prostředků lokomoce. Dále byl vyhotoven přehled všech možných překážek pro mobilní roboty v areálu FSI včetně jejich klíčových parametrů. Pomocí multikriteriálního hodnocení byla vybrána nejvhodnější varianta podvozku.

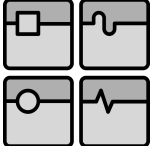
Nejvyšší technickou hodnotu měla platforma Pioneer P3-AT. I přesto, že tato platforma je kolová a nikoli hybridní, ukázala se díky svým výhodám jako nejvhodnější pro použití v areálu FSI. Tato platforma je díky velkému množství příslušenství a nástaveb schopna plnit široké spektrum úloh a nezanedbatelnou výhodou je i nižší cena v porovnání s ostatními roboty. Hlavně tyto výhody dokázaly kompenzovat nevýhodu v podobě neschopnosti platformy zdolat schody.

Fakt, že kolová platforma je vhodnější pro provoz v prostředí jakým je areál FSI pouze potvrzuje skutečnost, že hybridní mobilní roboty v současné době nacházejí uplatnění pouze pro speciální aplikace v úzce specifikovaném prostředí.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Seznam použitých zdrojů

- [1] SIEGWART, R. - NOURBAKHS, R. I. *Introduction to autonomous mobile robots*. 1st. ed. Massachusetts: MIT Press, 2004. 321 p. ISBN 0-262-19502-X
- [2] KÁRNÍK, Ladislav. *Servisní roboty*. 1. vyd. Ostrava: VŠB Technická univerzita, 2004. 139 s. ISBN: 80-248-0626-6
- [3] KÁRNÍK, Ladislav. *Mobilní roboty*. 1. vyd. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5
- [4] KOLÍBAL, Zdeněk. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů*. 1. vyd. Košice: Viena 2000. 178 s. ISBN 80-88922-27-5
- [5] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. 247 s. ISBN 80-7300-141-1
- [6] VYŠÍN, Martin. *Hybridní mobilní robot: návrh a simulace chování lokomočního ústrojí hybridního robotu*. Disertační práce - školitel doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Fakulta strojního inženýrství VUT Brno, 2005, 100 s.
- [7] ČÁLEK, Tomáš. *Návrh inspekčního mobilního robotu pro monitorování vnitřních a venkovních prostor v areálu FSI VUT v Brně*. Diplomová práce – vedoucí doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Fakulta strojního inženýrství VUT Brno, 2007, 56s.
- [8] MICHAUD, F., et al. *Multi-Modal Locomotion Robotic Platform Leg-Track-Wheel Articulations*. Department of Electrical Engineering and Computer Engineering, Université de Sherbrooke, Sherbrooke (Quebec Canada), 2005, 20 s.
- [9] RYŠKA, Tomáš. *Návrh pásového mobilního robotu pro výukové účely v laboratoři technické robotiky*. Diplomová práce – vedoucí doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Fakulta strojního inženýrství VUT Brno, 2007, 62s.
- [10] WEBB, Jeffrey B. *Exploration of a Hybrid Locomotion Robot*. Master of science thesis. Department of mechanical engineering, Rochester institute of technology, 2007. 204s.
- [11] BÖTTCHER, Sven. *Principles of robot locomotion*. Seminar 'Human robot interaction' [online]. Dostupné z: <http://ls12-www.cs.tu-dortmund.de/~fink/lectures/SS06/human-robot-interaction/RobotLocomotion.pdf> [cit. 2008-04-12]
- [12] SUWANNASIT, K. - LAKSANACHAROEN, S. *A bio-inspired hybrid leg-wheel robot* [online]. King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. 2004. Dostupné z: <http://biobot.kmitnb.ac.th/publications/tencon2004.pdf> [cit. 2008-04-19]
- [13] MIHOLA, Milan. *Návrh hybridního kolového a kráčejičho servisního robotu*. Diplomová práce – vedoucí prof. Ing. Skařupa, CSc, katedra robotiky, VŠB-TU Ostrava, 2004, 82s.
- [14] *The High Performance All-terrain Robot* [online]. Dostupné z: <http://www.activrobots.com/ROBOTS/p2at.html> [cit. 2008-04-19]
- [15] *Northrop Grumman Mission System – Remotec Mini-ANDROS II* [online]. Dostupné z: <http://www.ms.northropgrumman.com/Remotec/miniandros2.htm> [cit. 2008-04-19]
- [16] *Work Partner – TKK Automation Technology Laboratory* [online]. Dostupné z: <http://automation.tkk.fi/WorkPartner> Last update 21-11-2007 [cit. 2008-04-19]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [17] *Leg-Wheel Hybrid Mobile Robot* [online]. Dostupné z: <http://www.aist.go.jp/MEL/mainlab/rob/rob08e.html> [cit. 2008-04-19]
- [18] *Shrump III – Mobile platform for rough terrain* [online]. Dostupné z: <http://www.bluebotics.com/solutions/Shrimp> Last update 01-05-2006 [cit. 2008-04-19]
- [19] *Mapa areálu FSI* [online]. Dostupné z: <http://www.fme.vutbr.cz/planek/> [cit. 2008-04-19]
- [20] *Remotec Wins US Navy Order for Mine-Disposal Robots* [online]. Dostupné z: <http://www.defenseindustrydaily.com/remotec-wins-us-navy-order-for-inedisposal-robots-03058/> 22-02-2007. [cit. 2008-04-19]