



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Bakalářská práce

Průzkum trhu s robotickými rukami

Autor práce: Jakub Swaczyna

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce, a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Jakub Swaczyna

Abstrakt

Tato bakalářská práce má za úkol seznámit čtenáře s problematikou a trhem robotických paží. Její součástí je přehled robotických systémů, jejich rozdělení a využití. Představeny budou základní typy robotů a jejich kinematický popis. Ve druhé části budou podrobněji představeny jednotlivé části robotických rukou zodpovědné za jejich správnou funkci a potřebné k výkonu pracovních aplikací. Třetí část práce představuje některé ze společností, které můžeme najít na světovém trhu s robotickými pažemi, v práci bude stručně představeno jejich zázemí, historie, ale hlavně nabídka a produkty.

Klíčová slova: robotika; robotická paže; kobot; koncový nástroj; Universal Robots; Dobot; ABB; Fanuc; Yaskawa

Abstract

This bachelor thesis aims to acquaint readers with the issue and the market of robotic arms. It includes an overview of robotic systems, their distribution and use. The basic types of robots and their kinematic description will be introduced. In the second part, the individual parts of robotic hands responsible for their proper function and necessary for the performance of work applications will be introduced in more detail. The third part of the work presents some of the companies that can be found on the world market with robotic arms, the work will briefly introduce their background, history, but mainly the offer and products.

Keywords: robotics; robotic arm; cobot; end effector; Universal Robots; Dobot; ABB; Fanuc; Yaskawa

Poděkování

Rád bych poděkoval Mgr. Pavlu Olšanovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce , cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích.

Obsah

Úvod	7
1 Robotika	9
1.1 Problémy robotiky	9
1.2 Rozdělení robotů podle propojení	10
1.2.1 Roboty sériové	10
1.2.2 Paralelní roboty	11
1.2.3 Kombinované roboty	11
1.3 Rozdělení robotů podle druhů	11
1.3.1 Humanoidy	11
1.3.2 Autonomní mobilní roboty (AMR)	12
1.3.3 Automaticky vedené vozidlo (AGV)	12
1.3.4 Kolaborativní roboty	13
1.3.5 Průmyslové roboty	14
1.4 Kinematický popis sériových a paralelních manipulátorů	16
2 Robotická paže	19
2.1 Výhody použití robotických rukou	19
2.2 Části robotických paží	20
2.2.1 Řídící jednotka a ovládání	20
2.2.2 Koncový nástroj	22
2.2.3 Robotické úchopy	23
2.2.4 Robotické nástroje	24
2.2.5 Robotické senzory	24
3 Metodika práce	28
4 Cíl práce	29
5 Robotické ruce na trhu	30
5.1 Universal Robots	30
5.1.1 Portfolio Universal Robots	30
5.2 Dobot	32
5.2.1 Portfolio Dobot	32
5.3 ABB	33
5.3.1 Robotické portfolio ABB	33
5.4 Fanuc	34

5.4.1	Portfolio společnosti Fanuc	35
5.5	Yaskawa	37
5.5.1	Portfolio Yaskawa	37
	Diskuze	39
	Závěr	41
	Seznam použitých zdrojů	42
	Seznam obrázků	46
	Seznam tabulek	47

Úvod

Robotizace stejně jako „Průmysl 4.0“ je budoucnost světového průmyslu a techniky. Robotizace jako taková je jedním z největších technologických posunů od průmyslové revoluce v 18. století. Její dopady, ať už pozitivní nebo negativní, můžeme pocítovat již dnes. S pomocí robotů lidstvo dokáže nejen vytvářet neuvěřitelné budovy nebo předměty, ale roboty také pomáhají lidstvu při biologickém a medicínském výzkumu. Robotika se tedy stala naší každodenní součástí, bez které si mnozí z nás nedokáží představit život. Od malých kuchyňských strojů, přes operační roboty v medicíně, ponorky získávajících biologické a geologické materiály z hlubin moří nepřístupných člověku, až po masivní výrobní technologické linky velkých společností a automatické roboty schopné vytvořit dům, se roboty promítají do našich každodenních osobních nebo pracovních povinností.

Jejich cílem je zejména zefektivnění procesu, ať už díky možnostem nepřetržitého procesu výroby nebo vysoké a konzistentní přesnosti bez ohrožení chybovým lidským faktorem. Robotizace nám umožňuje zbavit se repetitivní práce a využít lidský potenciál v náročnějších činnostech v prostředí inovací a také umožnit lidem lehčí náplň a kratší dobu pracovní činnosti. Díky robotice můžeme získat některé výrobky za zlomek ceny, oproti masové výrobě za pomocí lidských zdrojů. Je potřeba si ovšem uvědomit, že robotizace nemá jen kladné dopady na sociálněekonomické pozadí práce. Lidé s obecně nižším vzděláním vykonávají právě tyto montážní práce, které roboty nahrazují a tím je připravují o jejich pracovní pozice a zdroj obživy. V dnešní době není rozšíření robotických výrobních linek natolik veliké, aby se efekt mohl dokonale projevit, ale robotické linky výrazně snižují nároky na počet pracovníků, kteří mají na starosti výrobu nebo kompletaci výrobku. Tento dopad má za následek horší dostupnost pracovních míst.

Roboty s kloubovým ramenem se obecně používají k provádění riskantních, nebezpečných a vysoce se opakujících pracovních úkonů. Celý tento systém bývá ovládaný vyškoleným operátorem. Hlavní perspektiva tohoto procesu není pracovní síla robota, ale ochrana a usnadnění práce člověka. Údržba takovýchto zařízení závisí pouze na technických operátorech, kteří i zodpovídají za pracovní podmínky, polohu, požadavky, inicializaci, technické chyby i další funkce. Výhodou této činnosti je, že libovolné množství operátorů může ovládat robota, nebo skupinu robotů, nezávisle na tom, kde se právě nachází. Tato výhoda s sebou ovšem nese riziko, které je potřeba eliminovat pomocí sledovacích systému, zálohováním a pozorováním s pomocí lidské přítomnosti.

Průmyslový robotický systém má potenciál zvládnout širší rozsah úkolů než standardní automatické strojní zařízení, i když strojní zařízení může být vybaveno více konfiguracemi nástrojů. Přestože je lze použít jako multifunkční zařízení, většina průmyslových robotů je navržena tak, aby se specializovala na konkrétní technologický úkol, jako je montáž, nakládání, lakování nebo svařování. Mnoho robotů lze použít k provádění aplikací podobných jejich oboru specializace, ale provozní efektivita v rámci daného projektu obvykle závisí

na faktorech jako je velikost jednotky, rozměry, hmotnost, dosah, rychlost opakovatelnost pohybu, nosnost a provozní náklady.

I když výzkum v robotice probíhá již řadu let, existuje stále v mnoho výzev v případě praktického využití. Je tomu zejména proto, že robotické systémy jsou komplexní pro stavbu a výrobu a velmi obtížné pro údržbu. Navíc, protože se vývojáři přesouvají ze stacionárních robotů do prostředí pohyblivých zařízení, dostalo se tomuto odvětví mnoho pozornosti. Výraz pohyblivý robot popisuje robotický systém schopný vykonávat úkoly na různých místech za předpokladu přesunu zařízení pohybovými elementy.

1 Robotika

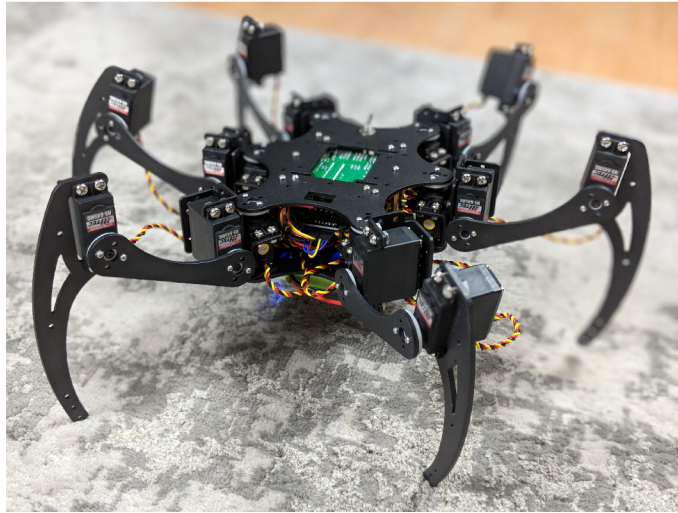
Jednou z prvních otázek kterou si většina lidí v robotice klade je: „co je to robot?“ následovanou: „jaká je jejich funkce?“

V dnešní kulturní terminologii slovo „robot“ obecně označuje jakousi antropomorfní (lidskou) bytost. Tomuto předpokladu odpovídá i termín „robotická paže“ nebo „robotická ruka“. Původní myšlenka pohledu na roboty jako na stroje podobné lidským bytostem vychází již z původu tohoto slova. Ono slavné označení „robot“ se do povědomí lidí dostalo poprvé v Praze, 25. února roku 1921 díky premiéře divadelní hry Karla Čapka s názvem R.U.R. Čapek (2004). Čapek v této hře popisuje výtvořiny vynálezce Rossuma, jako zcela novou rasu pracujících lidí, vytvořených z biologické tkáně, dostatečně inteligentních, aby nahradili lidstvo v jakékoliv pracovní činnosti. Čapek tyto bytosti pojmenoval jako roboty. Název robot pochází z Českého slova „robota“, které je synonymem ke slovu práce. Roboti v této knize byli vytvořeni jako služebníci a pracovníci, ale lidé na ně pohlíželi s despektem, což mělo za následek vzpouru těchto bytostí a následnou válku a vyhlazení lidského obyvatelstva a vyústění morální myšlenky díla v to, že práce definuje člověka.

Odklon od pohledu na roboty jako bytosti podobné lidem má na svědomí science fiction. V padesátých letech minulého století se počítače staly nedílnou součástí průmyslu a ekonomie. Tento fakt měl za následek změnu pohledu na robotiku. Počítače a roboty se v této době staly pouze „vykonavateli příkazů“. Průmyslová automatizace pak tento trend potvrdila, když se začaly objevovat první robotické linky, jejichž pomocí byly sestavovány části montážních dílů na pracovištích, kde se dal využít předem určený pohyb. Pojem robot tak nakonec převzal význam tovární automatizace: bezmyšlenkovité vykonávání předem definovaných, opakujících se pracovních postupů (Murphy, 2000).

1.1 Problémy robotiky

Nasazení průmyslových robotů ve výrobní praxi se odehrává již od 60. let 20. století. Především jako mechanické manipulátory pro přesun součástí nebo automatizovanou montáž. S vývojem technologií a se stále zvyšující se dostupností této techniky nacházejí roboty své využití i v dalších odvětvích, jako je věda a výzkum (letové simulátory, vzdělání ve školách, kosmonautika, apod.) nebo produkce potravin a léků. Moderní robotika se mimo jiné zabývá i zdokonalením pohybu robotů v náročném terénu. Nový typ manipulátorů, speciálně vytvořený pro tyto účely se nazývá hexapod (Obrázek 1.1) (Toglefritz, 2022). Jeho předností jsou tři páry na sobě nezávislých končetin ovládaných servomotory, které mu umožňují dosahovat vysoké stability a průchodnosti terénem (Krager a Kragerová, 2000).



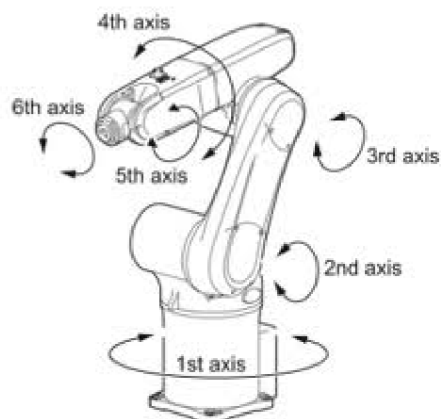
Obrázek 1.1: *Capers II*, hexapod

1.2 Rozdělení robotů podle propojení

Roboty dělíme podle jejich stavby a kinematických vlastností. Podle těchto parametrů roboty dělíme na sériové, paralelní a kombinované.

1.2.1 Roboty sériové

Sériové roboty, často označované také jako „seriální roboty“, jsou ty typy robotů, u kterých se výsledný pohyb skládá z pohybů, které na sebe navazují. Každá z těchto pohyblivých částí robota se však může pohybovat i nezávisle na druhé (Krager a Kragerová, 2000). Nejčastějším vyobrazením takového robota, je robotická paže (Obrázek 1.2) (Bouchard, 2022).



Obrázek 1.2: šesti-osý robotický manipulátor

1.2.2 Paralelní roboty

Také nazývané paralelní manipulátory, jsou mechanismy vykazující velmi dobrý výkon z hlediska stability, tuhosti a přesnosti při manipulaci s velkými břemeny. Tyto typy robotů se skládají ze tří nebo více rotačních nebo prizmatických os a nacházejí své uplatnění nejčastěji jako letecké simulátory. Příklady těchto robotů jsou hexapody nebo delta roboty (Oza, 2022).

1.2.3 Kombinované roboty

Kombinováním paralelních a sériových robotů vznikají kombinované roboty. Tyto roboty mohou být například kombinované chodící stroje, mechanické ruce apod. Definice této skupiny je obtížná, protože rozsah možností kombinovaných robotů je velký. Ve většině složitějších mechanických kombinací je potřeba využít kombinaci výsledků z prvních dvou skupin robotů (Krager a Kragerová, 2000).

1.3 Rozdělení robotů podle druhů

Roboty můžeme rozdělit i podle jejich fyzikálního vzhledu a mechanické činnosti. Přesná definice ani rozdělení skupin neexistuje, protože robotika je velmi obsáhlá věda a její jednotlivá odvětví se často prolínají. Roboty můžeme dělit podle jejich stavby, kdy hledáme zejména rozdíly mezi stacionárními a pohyblivými roboty nebo podle popisu práce. Podle práce pak dělíme roboty na svářovací roboty, roboty pracující v logistice, podavače atp. Dalším měřítkem rozdělení robotů může být místo výkonu jejich činnosti. Takto můžeme dělit roboty pozemní, podmořské (počítačem řízené ponorky), létající roboty (drony) a roboty pracující ve vesmíru. Jednou z dalších samostatných skupin mohou být roboty vyrobené cíleně pro zábavu, jejichž cílem je pobavit člověka svými emocemi. V následující kapitole si popíšeme několik hlavních druhů robotů, které jsou nejčastěji využívány.

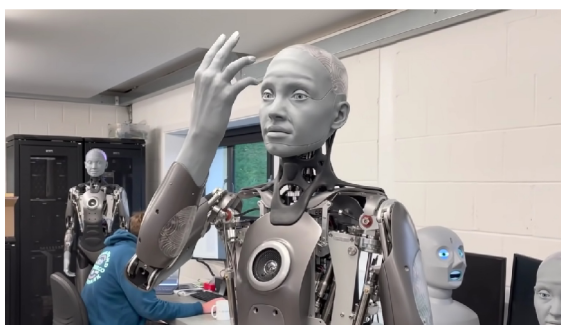
1.3.1 Humanoidy

Označení humanoid, popisuje roboty, kteří vypadají jako lidské bytosti. Ještě v nedávné době bylo toto označení používáno především v sci-fi literatuře a kinematografii, až díky pokrokům moderní doby v oblasti robotiky došlo k vytvoření skutečně fungujícího humanoida. V současné době jsou humanoidi založeni na definované technologii. Požadavky pro označení humanoid jsou, robotický mechanismus schopný ovládat například i mimické svaly v obličejové oblasti reagující na emocionální podněty a lidsky vypadající struktura povrchu těla, která je vyrobena ze syntetických materiálů, které vypadají jako skutečné svaly a kůže na lidském těle. Nicméně v původní teorii humanoidů se nejedná jen o robotické nebo nechanické bytosti, ale o výtvořiny z jakéhokoliv materiálu, ať už organického nebo ekologického (Tajim, 2019).

Jedna z nejstarších forem humanoida byla vytvořena v roce 1495 Leonardem da Vincim. Jednalo se o brnění schopné vykonávat mnoho lidských činností jako například sezení, stání nebo chůzi. Hlavním cílem vývoje těchto robotů s umělou inteligencí byly výzkumné účely, zejména v ohledech vytváření lepších zdravotnických protéz pro lidi. V dnešní době však humanoidy nejsou jen výzkumné nástroje, ale jsou vyvinuty tak, aby mohly vyko-

návat různé lidské úkoly a zastávaly různé role v sektoru zaměstnanosti. Některé role, ve kterých se s nimi můžeme setkat jsou například osobní asistent nebo recepční.

Humanoidy pracují prostřednictvím určitých funkcí. Mají senzory, které jim pomáhají snímat okolní prostředí. Některé mají kamery, které jim umožňují jasně vidět. Motory umístěné na strategických bodech jsou tím, co je vede při pohybu a děláni gest. Tyto motory se obvykle označují jako akční členy. Humanoidní roboty jsou vytvořeny pro několik účelů. Některé jsou vytvořeny výhradně pro experimentální nebo výzkumné účely. Jiné jsou vytvořeny pro zábavní účely. Některé humanoidy (Obrázek 1.3) (EngineeredArts, 2022) jsou stvořeny k provádění specifických úkolů, jako jsou úkoly osobního asistenta využívajícího AI, pomoc v domovech seniorů a tak dále (Dang, 2019).



Obrázek 1.3: Humanoidní robot

1.3.2 Autonomní mobilní roboty (AMR)

Autonomní mobilní robot je typ robota, který dokáže porozumět svému prostředí a pohybovat se v něm nezávisle (Obrázek 1.4) (Robotnik, 2022). AMR se liší od svých předchůdců, autonomních řízených vozidel (AGV), která se spoléhají na koleje nebo předem definované cesty a často vyžadují dohled operátora.

AMR využívají sofistikovanou sadu senzorů, umělou inteligenci, strojové učení a výpočty pro plánování cesty a navigaci v prostředí, bez kabelového napájení. Vzhledem k tomu, že AMR jsou vybaveny kamerami a senzory, tak v případě, že při navigaci ve svém prostředí zaznamenají neočekávanou překážku, jako je spadlá krabice nebo dav lidí, použijí tuto navigační techniku, k vyhnutí se kolizi a k nalezení nejlepší nové trasy k objektu, aby mohli pokračovat ve svém úkolu (Intel, 2022).

Autonomní mobilní roboty nepotřebují mapové podklady pro svou navigaci. Jejich orientace v terénu je prováděna za pomoci senzorů a kamer, díky kterým může tento robot vidět zdi, sloupy nebo police a přizpůsobit tak svůj pohyb. Tento koncept se nazývá SLAM (Simulované Lokalizování a Mapování) a jedná se o skupinu algoritmů používaných pro navigaci. Jak již z názvu vyplývá. Robot mapuje své prostředí a určuje svou pozici v závislosti k němu (AGVnetwork, 2022).

1.3.3 Automaticky vedené vozidlo (AGV)

Robotická vozidla AGV jsou plně autonomní roboty, které přepravují položky ve výrobě, skladech a distribučních centrech bez ručního zásahu nebo permanentních dopravních systémů. Systémy AGV sledují konfigurovatelné vodící cesty, aby optimalizovaly funkce



Obrázek 1.4: AMR robot s mechanickým manipulátorem

skladování, vychystávání a přepravy v široké škále prostředí. Díky jejich využití odpadají požadavky na pracovní sílu v repetitivním a neatraktivním zaměstnání. Jejich naváděné systémy snižují poškození produktů v porovnání s použitím klasických vysokozdvížných vozíků a díky minimálním prodlevám při pracovní činnosti a předem automatizovanému procesu zvyšují rychlost expedice.

Typickou aplikací pro systémy AGV může být například příjem a manipulace se surovinami. Vedené roboty jsou schopné řídit celý proces příjmu z návěsu přepravního vozidla až po distribuci ke zpracovatelským linkám. Dále mohou být také zcela automatizovanými nástroji pro autonomní výběr potřebných dílů a jejich transport na pracoviště v rámci automatizovaného procesu skladování. Tento proces umožňuje využití užších uliček mezi skladovacími plochami a šetří tak místo. AGV roboty také umí automaticky vyzvedávat již hotové zboží na konci výrobní linky a transportovat jej do robotizovaných paletizátorů a balících zařízení pro zpracování hotových palet z dopravníků pro automatickou přepravu (Dematic, 2022).

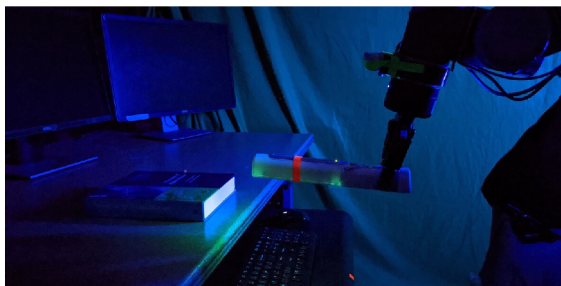
1.3.4 Kolaborativní roboty

Nebo také „koboty“ jsou levné průmyslové roboty, které lze bezpečně provozovat v těsné blízkosti lidí. Na rozdíl od tradičních průmyslových robotů, které často dosahují mamutích rozměrů a jsou statické a obtížně upravovatelné, jsou koboty flexibilnější. To znamená, že je lze nasadit na širokou škálu úkolů od obsluhy strojů a svařování, až po balení a paletizaci bez použití bezpečnostních klecí nebo oplocení přímo vedle lidí. Koboty nacházejí své využití v široké škále aplikací. Patří mezi ně zejména montáž, výdej, konečná úprava produktů, obsluha strojů, manipulace s materiálem, svařování, obrábění, kontroly kvality a jiné. Převážná většina implementací kobotů se nachází ve výrobním a průmyslovém prostředí, ale koboty mají flexibilitu pro použití v celé řadě odvětví od zemědělství a lékařství, až po farmacii. Koboty tak zlepšují efektivitu, bezpečnost a kvalitu procesů.

S pandemickým onemocněním Covid-19 bylo potřeba vyvinout nové bezpečné technologie. Jednou z těchto nových technologií využívající koboty je prototyp Agile Dexterous Autonomous Mobile Manipulation System-UV (Obrázek 1.5) (Avni, 2020) týmu z Kalifornské univerzity (Avni, 2020).

Tento systém zahrnuje kobota namontovaného na mobilní platformě, který využívá zdroj UV záření připevněný na konci ramene, aby rozkládal DNA koronaviru a tím dezinf-

fikoval různé prostředí. Díky této kombinaci se tak můžeme zbavovat i jiných škodlivých virů bez nutnosti přítomnosti člověka a z toho plynoucího rizika nákazy.



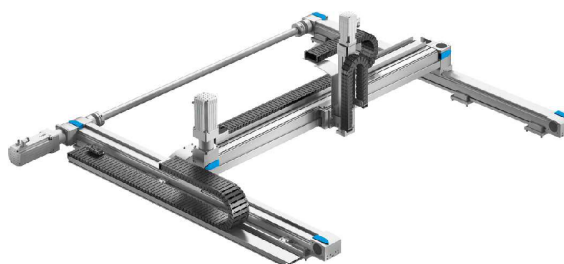
Obrázek 1.5: Kobot s ramenem a UV zdrojem světla pro odstraňování virů

1.3.5 Průmyslové roboty

Skupina průmyslových robotů je nejrozsáhlejší skupinou pracovních strojů. Můžeme ji dále dělit na šest dalších částí, které popisují různá konstrukční řešení robotů. Tato skupina je rozsáhlá zejména proto, že velké množství výrobců používá průmyslové roboty k automatizaci úkolů, zvýšení bezpečnosti pracovníků a celkového výkonu výroby při současném snížení odpadů a provozních nákladů. S tím, jak se průmyslové roboty stávají stále rozšířenější, vzrostla poptávka po mnoha různých typech těchto robotů, které by vyhovovaly konkrétním aplikacím a průmyslovým odvětvím. Níže si tedy představíme, jaké typy průmyslových robotů jsou na trhu dostupné, jak fungují a v jakých aplikacích nebo odvětvích se obvykle používají (ProcessSolutions, 2018).

Kartézské roboty

Tyto roboty jsou známé i pod názvem lineární roboty nebo portálové roboty. Jedná se o průmyslové roboty, které pracují na třech lineárních osách, které využívají kartézský souřadnicový systém (Obrázek 1.6) (Festo, 2022). To znamená, že se pohybují po přímkách třech os. Kartézské roboty jsou oblíbenou volbou, protože jsou vysoce flexibilní ve svých konfiguracích, což uživatelům umožňuje upravit rychlost, přesnost, délku zdvihu a velikost robota. Tyto roboty jsou jedním z nejběžnějších typů robotů používaných pro průmyslové aplikace a často se používají pro CNC stroje a 3D tisk. Mohou být také vybavené rotačním zakončením (Preetipadma, 2021; ProcessSolutions, 2018).



Obrázek 1.6: Kartézský robot YXCR společnosti FESTO

SCARA roboty

Roboty typu SCARA jsou nejčastější variantou robotizace pro malé robotické montážní aplikace. Roboty SCARA vynikají v bočních pohybech a běžně se pohybují rychleji a mají snadnější integraci než kartézské roboty (Obrázek 1.7) (Fanuc, 2022). Typicky se roboty SCARA používají pro montáž, třídění a paletizaci, stejně jako pro biomedicínské aplikace. SCARA je zkratka pro Selective Compliance Articulated Robot Arm, což znamená, že je kompatibilní v ose X-Y a tuhá v ose Z. Konfigurace SCARA je jedinečná a navržena tak, aby robot zvládl různé duhy operací manipulace s materiálem. Struktura SCARA se skládá ze dvou ramen spojených na základně a průsečíku obou ramen. Dva nezávislé motory používají inverzní kinematiku a interpolaci na spojích k řízení pohybu v rovině X-Y. Konečné umístění X-Y na konci druhého ramene je kombinací úhlů a délek obou ramen (Fanuc, 2022; ProcessSolutions, 2018).



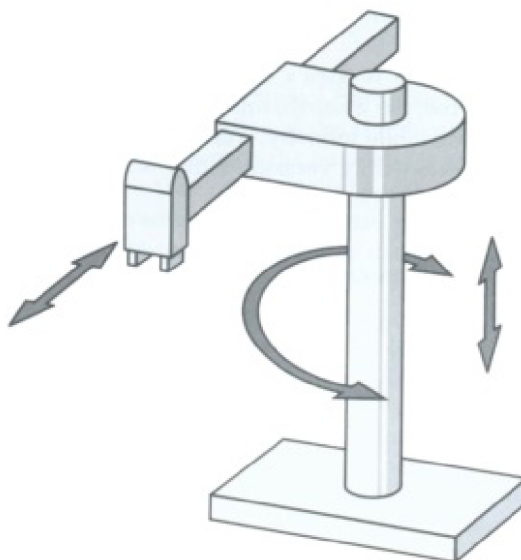
Obrázek 1.7: SCARA Robot společnosti Fanuc - SR-3iA

Válcové roboty

Válcové roboty mají otočný kloub na základně a prizmatický kloub pro spojení článků. Roboty mají pracovní prostor válcového tvaru, kterého je dosaženo rotačním hřídelem umístěným ve středu podstavy a výsuvným ramenem, které se pohybuje ve vertikální rovině a vykonává posuvný pohyb (Obrázek 1.8) (ProcessSolutions, 2018). Tento druh robotů se často využívá ve stísněných pracovních prostorách díky jejich kompaktní konstrukci (ProcessSolutions, 2018).

Jak již bylo zmíněno, pracovní pohyb tohoto robota se skládá z vertikálního pohybu pracovního ramene. Tento pohyb zajišťuje pneumatický válec. Rotace ramene je zajištěna za pomoci motoru a ozubených kol. Délka končetiny určuje poloměr válcového prostoru a posunutí podél vertikálního prvku určuje výšku. Na konci vertikálního prvku bývá

umístěn koncový efektor, který vykonává potřebnou pracovní činnost. Tyto roboty se nejčastěji používají pro jednoduchou montážní činnost, ovládání jiných prvků nebo lakování (Chakraborty, 2022).



Obrázek 1.8: Schéma válcového robota

Delta roboty

Delta roboty můžeme také nazývat paralelními roboty. Jejich počátky můžeme najít v 80. letech 20. století, ale praktické využití nacházejí až v posledních deseti letech. Mají tři až čtyři ramena z lehkých uhlíkových vláken, která jsou připojena k jedné základně směrem dolů od hlavního těla robota (Obrázek 1.9) (BR-Automation, 2022). Kvůli této konstrukci se jim často přezdívá pavoučí roboty. Rozsah pracovní plochy delta robotů má tvar kopule a jejich konstrukce jim umožňuje se pohybovat vysokou rychlostí a s velmi velkou přesností, protože koncový efektor je ovládán všemi rameny současně. Delta roboty jsou nejčastěji využívány v situacích, kde je potřeba velmi rychlý výběr a umístění předmětu, toto platí zejména v potravinářském, farmaceutickém a elektronickém průmyslu (ProcessSolutions, 2018; RobotsDoneRight, 2022).

1.4 Kinematický popis sériových a paralelních manipulátorů

Roboty navržené speciálně pro průmyslové aplikace lze charakterizovat podle jejich provozních režimů, řídicích systémů, namontovaných nástrojů nebo interaktivních mechanismů a geometrie ramen. Tyto stroje se používají pro širokou škálu výrobních účelů a hrají hlavní roli v automatizaci průmyslových systémů. Obecně jsou průmyslové roboty naprogramovány buď s omezeným nebo neomezeným řízením sekvence, které určují dráhu pohybu robotického mechanismu, který interaguje s vnějšími objekty. Robotické systémy ovládání mohou být také založené na principu uzavřené smyčky, která je vykonávána za



Obrázek 1.9: Delta robot společnosti ABB

pomocí servomotorů, čímž poskytuje zpětnou vazbu a umožňuje neomezené sekvenční řízení (Thomas, 2022).

Z pohledu kinematiky se roboty skládají ze dvou mechanických soustav, hybné a pevné (Obrázek 1.10 (Allen, 2022)). Pevná část soustavy se nazývá báze, a jedná se o část robota, kterou je robot spojený s podkladem. Tímto podkladem může být podlaha, pracovní stůl, ale také stěna nebo strop. Hybná soustava je spojena s bází a její druhý konec s koncovým nástrojem, popřípadě jiným členem, pomocí něhož robot vykonává požadovaný pohyb. Výsledným pohybem koncového nástroje, popřípadě členu je kombinace kinematiky a geometrie (Krager a Kragerová, 2000).



Obrázek 1.10: Robotická ruka

Základní úlohy v kinematice jsou:

1. **Přímá úloha pro polohy**, tímto rozumějme nalezení polohy nástroje nebo efektoru ze známé vzájemné polohy částí robota.
2. **Obrácená úloha pro polohy**, z předpokládané koncové pozice nástroje nebo efektoru hledáme původní nastavení členů.

3. **Přímá úloha pro rychlosti**, ze známé rychlosti pohybu členů hledáme vhodný modul rychlosti koncového operátoru.
4. **Obrácená úloha pro rychlosti**, známe modul rychlosti koncového operátoru a hledáme rychlosti jednotlivých částí robota.

Zajímavou otázkou je problém tzv. vlastních pohybů robota. Vlastní pohyby sériového manipulátoru jsou pohyby členů robota, při kterých báze robota a koncový efektor nevykonávají žádný pohyb, ale pohyb vykonávají ostatní členy robota. Tyto pohyby mohou nastat u robotických zařízení s více než šesti členy a mají smysl především k využití změny konfigurace robota. U uzavřených čtyřčlenných mechanismů se tento jev nazývá jako Bennettův mechanismus.

V případě paralelních robotů tento jev nastává v okamžiku, kdy délka teleskopických ramen je konstantní a přesto má manipulátor jeden nebo více stupňů volnosti. Tento jev je u paralelních robotů nežádáný, protože způsobuje neřiditelnost robota (Krager a Kragerová, 2000).

2 Robotická paže

Robotické paže jsou hlavním a nejběžnějším typem robotů, používaných v širokém spektru pracovních operací od výrobních linek v automobilovém průmyslu po zemědělství.

Moderní robotické technologie jsou díky neustálému výzkumu rychlejší, kompaktnější a cenově dostupnější než rané modely v počátcích robotiky. Jejich využití dnes dosahuje širokého spektra aplikací, zejména v průmyslových továrnách, kde umožňují nepřetržitě vykonávat opakující se automatizované pracovní úkony, jako je například robotické svařování hliníku, zvedání a manipulace s těžkými předměty nebo nanášení barev na výrobky a součásti. Své uplatnění nacházejí i v případě logistických operací, kde jsou schopné třídit různé druhy zboží z dopravníků a připravovat objednávky pro odeslání zákazníkovi (EVS, 2022).

Můžeme je také nalézt na polích nebo v sadech, kde tyto robotické paže pomáhají se sběrem a ukládáním zralého ovoce do skladovacích nádob. Neustálý technologický vývoj umožňuje robotickým pažím pronikání do nových technologických odvětví a jejich uplatnění ve stále nových prostředích a pracovních operacích (Intel, 2022).

V minulosti potřebovaly robotické paže přesně zadefinovat (vysvětlit) požadovaný pracovní úkon. Tímto úkonem mohlo být například sbírání jednoho typu předmětu z předem přesně určené lokality. Tento předmět musel být přesně orientován, protože robot nebyl schopný rozlišovat mezi různými předměty nebo určovat jejich pozice bez tolerance a upravit svůj úchop podle orientace předmětu (Intel, 2022).

2.1 Výhody použití robotických rukou

Využití robotických rukou na pracovištích s sebou nese několik nesporných výhod, mezi ně patří zejména (Granta, 2017; Intel, 2022):

- Efektivita nákladů. Vstupní cena automatizace výroby s sebou nese i následné snížení nákladů pro výrobu. Robotická práce není vázána směnami, denními režimy, svátky, ale i zdravotními problémy a omezeními. Roboty mohou být nastaveny tak, aby pracovaly v opakovaném cyklu dokud jím není poručeno jinak, což podnikům umožňuje nepřetržitě pokračovat ve výrobě, inspekcích nebo jiných úkolech za účelem zvýšení výkonu.
- Zvýšená produktivita. Roboty jsou navrženy tak, aby prováděly opakované pohyby. Zavedení automatizace do výrobního procesu má tak pozitivní vliv na produktivitu. Pokud zaměstnanec dostane příležitost rozvíjet své dovednosti a pracovat v příjemnějším a čistším prostředí, zlepší se jeho pracovní morálka a přístup k práci. To má za následek i lepší přístup ke klientům.

- Zdokonalená bezpečnost práce. Robotické paže pomáhají udržovat pracovníky v bezpečí tím, že pracují v nebezpečných prostředích a provádějí úkoly, které představují vysoké riziko zranění lidí. V některých průmyslových prostředích jsou zaměstnanci nuceni pracovat v nestabilním nebo i nebezpečném prostředí s výskytem chemikálií. Robotická automatizace je ideálním řešením, protože chemické prostředí robotům obecně nevádí. S náročností práce se vážou i extrémně vysoké nebo nízké teploty, tyto pracovní posty pak mají vysokou fluktuaci zaměstnanců vzhledem k náročnosti práce.
- Zvýšená přesnost. Málokterý pracovník vydrží dělat opakující se úkoly bez ztráty koncentrace. Tento jev je běžně známý a nazývá se snížení bdělosti pracovníka. Tento jev může často vést k nákladným chybám a někdy i k vážnému zranění zaměstnance. Automatizace tato rizika eliminuje tím, že přesně vyrábí a zároveň kontroluje výrobky a jejich požadovanou kvalitu. Díky vyššímu množství výrobků s vyšší kvalitou vytváří společnosti řadu nových obchodních a pracovních příležitostí.
- Větší flexibilita. Jak se obchodní priority mění, lze robotická ramena podle potřeby snadno přidělit na nové činnosti nebo je namontovat na různé platformy, příkladem jsou autonomní mobilní roboty AMR, stacionární plošiny montážních linek nebo stěny či police.

2.2 Části robotických paží

Robotická paže, je pojmenována kvůli svému vzhledu, který připomíná lidskou paži připevněnou k základně.

Tato paže obsahuje několik kloubů, které fungují jako osy, jenž umožňují určitý stupeň volnosti pohybu. Čím vyšší počet otočných kloubů má robotická paže, tím větší volnost pohybu má. Většina průmyslových robotických paží používá čtyři až šest kloubů, které poskytují stejný počet os rotace pro pohyb. Kromě rotačních kloubů zahrnují součásti robotické paže i řídicí jednotku, nástroj na konci ramene, akční členy, senzory, systémy vidění, napájecí systémy a v neposlední řadě také softwarové komponenty. (Intel, 2022)

2.2.1 Řídicí jednotka a ovládání

Řídicí systémy umožňují řídit pohyby a funkce robota. Tyto regulují pohyb a funkci různých částí, s cílem dosáhnout požadovaného výsledku. Základním požadavkem na každou řídicí jednotku je automatické řízení pohybu robota. Každý robot má ovladač, který je typem zpětnovazebního řídicího systému. Řídicí jednotka koordinuje všechny aspekty provozu, čte data ze senzorů a aktualizuje příkazy pro akční členy tak, aby bylo dosaženo požadovaného chování robota (Ganguly, 2022). Všechny průmyslové roboty potřebují řídicí jednotku, aby mohly fungovat. Ovladač se používá k instruování robota, jak pracovat pomocí kódu, který se běžněji nazývá program. Robotické programy jsou zadávány do řídicí jednotky pomocí ovládacího panelu. Jakmile je program vložen do řídicí jednotky, odešle informace do procesoru robota. Procesor (CPU) je malý čip umístěný v robotu, který umožňuje robotovi zpracovávat informace z programu a vydává informace jednotlivým částem, jaký pohyb mají vykonat (Right, 2022). Robotické ovladače (Obrázek 2.1) (Staubli, 2022) se dodávají v různých tvarech a velikostech. Některé jsou malé, kapesní

tablety. Ty slouží k ovládání jednoduché pracovní buňky. Další řídicí jednotky robotů mohou řídit složité výrobní a logistické procesy. Řídicí jednotka robota je nezbytnou součástí při určování toho, jak snadné je přimět robotický systém, aby dělal co se po něm požaduje. Je také kritickou součástí kontroly robotem vykonávané práce (Fairchild, 2021).



Obrázek 2.1: Ovládací jednotka robota

Ovladače jsou také zodpovědné za bezpečnost, logiku a řízení pohybu. Jak rychle robot reaguje na vnější události je často kritickým měřítkem jednotky robota, protože některé aplikace potřebují velmi rychlou odezvu. Toto kritérium může být určitým směrodatným ukazatelem při výběru potřebného ovladače. Dalším důležitým aspektem je rozhraní řídicí jednotky člověk-stroj (HMI). Jedním z nejpobulárnějších řídicím prvkem je tzv. „přívěšek pro učení“, což je ruční zařízení ve stylu tabletu, které může mít programátor zavěšené na krku. Tento nástroj se používá při nastavení robota a určení rozsahu jeho činnosti. Jakmile je robot plně nakonfigurován, můžeme tento nástroj zcela odstranit.

Ve výrobních závodech je mnohem běžnější najít pevné spojení mezi řídicí jednotkou robota a robotem. Tento druh spojení je realizován kabelovým připojením obou součástí. Kabelové připojení poskytuje spolehlivé a bezpečné rozhraní. Některé bezpečnostní předpisy přímo vyžadují kabelové připojení robotů. Jednou z výjimek tohoto způsobu připojení je bezdrátové spojení autonomních mobilních robotů AMR. Bezdrátové připojení patří k jedné z největších výhod AMR, díky tomuto řešení, je možné vykonávat robotické operace i z míst bez přímého kontaktu s robotem.

Existují tři rozsáhlé druhy řízení robota (Fairchild, 2021):

- PLC (Programmable Logic Controller) - je nejstarší technologií a nejlevnějším typem řídicí jednotky robota. Používá se pro jednoduché aplikace, které nepotřebují složité řízení pohybu. Schopnost zaznamenávání dat je za pomoci PLC omezenější než u jiných typů řídicích jednotek. PLC má méně druhů vstupů a výstupů u zařízení.
- PAC (Programmable Automation Controller) - představuje aktualizovanou verzi PLC. PAC má větší výpočetní výkon a větší schopnosti.
- IPC (Industrial Personal Computer) - má největší výpočetní výkon a je to také nejdražší typ řídicí jednotky robota. Dokáže zvládat složité pohyby a může komunikovat prostřednictvím široké škály rozhraní. IPC dokáže zpracovávat a ukládat velmi velká množství dat.

Rozdíly mezi těmito typy ovladačů se postupem času stírají. Dnes již doopravdy neexistují tři samostatné kategorie ovladačů robotů. Jedná se spíše o kontinuální propojení. V dnešní době tak můžeme narazit především na dva druhy robotických řídicích systémů (Fairchild, 2021; RSCComponents, 2022):

- Předprogramovaný - jednodušší roboty, které jsou navrženy pouze pro opakování stejného, jednoduchého pracovního úkonu a mohou tak interagovat pouze v omezené míře (pokud vůbec) na změny ve svém pracovním prostředí. Jinými slovy vyžadují údržbu, dozor a vhodné podmínky pro vykonávání příkazů.
- Autonomní - komplexnější autonomní roboty, vybavené velkou škálou senzorů a jiného vybavení, umožňující detekovat a reagovat na externí faktory nebo změny prostředí.

2.2.2 Koncový nástroj

Koncové nástroje jsou připevněny ke konci ramene robota a fungují jako ruka (Obrázek 2.2) (DreamlandRobots, 2022). Tyto nástroje se běžně označují jako EOAT (end of arm tooling) a liší se v závislosti na typu aplikace.



Obrázek 2.2: Koncový nástroj robota

V robotice je koncový nástroj klíčovou částí stroje. Jedná se o zařízení nebo procesní subsystém připojený ke konci robotické paže. Tento nástroj je navržen a speciálně upraven pro interakci s pracovním prostředím, ve kterém robot pracuje. Jednotlivý nástroj a jeho naprogramování je závislé na náplni práce robota. Úkony prováděné koncovými efekty v robotice mohou být komplexní a náročné.

Koncový nástroj robotické paže je místo, kde se odehrává pracovní činnost. Je to místo, kde dochází ke kontaktu mezi robotem a předmětem jeho činnosti. Stejně tak jako v případě lidí, i roboty používají širokou škálu nástrojů pro vykonávání potřebných pracovních úkonů (Right, 2022).

Typický koncový efektor připojený k robotu používanému ve výrobě obvykle provádí pouze jeden opakující se úkol. K této činnosti může robot využívat jeden nástroj nebo si za pomoci měniče nástrojů může tyto nástroje volně vyměňovat dle potřeby. Za pomoci těchto zakončení lze roboty naprogramovat tak, aby prováděly jednoduché úkoly, jako je sbírání předmětů, pohyb s kontrolovaným předmětem před inspekčními kamerami nebo

spojování součástí. Využití složitějších koncových nástrojů pak umožňuje robotům provádět sofistikovanější práce jako obloukové svařování, šroubování nebo lakování velkých a složitých dílů.

V případě potřeby sensorické kontroly mohou být efektory vybaveny senzory, které jim umožní se pohybovat nebo reagovat na základě zpětné vazby z těchto sensorů (Schneider a Company, 2022).

Koncové efektory jsou většinou konstruovány jako elektricky ovládané, pneumatické nebo na principu vakua. Tato vysoká variabilita jim tak umožňuje stát se platným pomocníkem při vykonávání nejrůznějších druhů prací od nejzákladnější montáže na produkčních linkách, přes složité sestavování a svařování sestav, až po akce vyžadující přesun skladových materiálů (RSComponents, 2022).

Jednotlivé druhy koncových nástrojů můžeme rozdělit do tří skupin na chapadla, nástroje pro montáž a senzory.

2.2.3 Robotické úchopy

Prvním typem koncových nástrojů jsou chapadla (grippers). Jedná se o nejběžnější typ koncového nástroje používaného ve výrobě. Tento nástavec funguje podobně jako lidská ruka a umožňuje robotu manipulovat se součástkou na pokročilé úrovni. Tato chapadla mají různé tvary a fungují na různých fyzikálních zákonech. Nejběžnější formou chapadel je čelistové chapadlo, které určený předmět sevře do čelistí. Tyto čelisti bývají nejčastěji z ocelových materiálů, což jim zajišťuje tuhost, ale také zvyšuje riziko poškození křehkých předmětů. V případě, že čelistové chapadlo nevyhovuje, může robot sáhnout po přísavkovém gripperu (Obrázek 2.3) (Marvin, 2022). Toto chapadlo je vybaveno gumovými přísavkami s možností vytváření podtlaku na zvedané součásti. Tyto chapadla jsou nejvhodnější pro zvedání krabic a částí automobilových karosérií, u kterých by docházelo k poškození při použití čelistových chapadel. Posledním typem nástroje využívaným k manipulaci s těžkým materiálem jsou hroty, které se zasouvají pod krabice nebo palety a fungují na principu vysokozdvíhacího vozíku. V případě velkých hmotností je možné použít i dvouramenné roboty (Schneider a Company, 2022).



Obrázek 2.3: VGC10 vakuový gripper

2.2.4 Robotické nástroje

Druhým typem koncového efektoru jsou robotické vrtačky a závitníky (Obrázek 2.4) (Owen-Hill, 2018). Tyto vrtací a závitorezná zakončení jsou navrženy především pro průmyslovou aplikaci nebo specifická zaměstnání. Používají se zejména v případě robotických CNC strojů. Tyto koncové efektorů jsou také používané v montážních linkách v automobilovém průmyslu.

V případě vědeckého využití můžeme hovořit o technologii ROPEC (Rotary-precussive coreer). Primárním účelem toho stroje je shromažďování vzorků na meziplanetárních misích pro vědecké účely. Tento systém využívá pěti vrtáků, které umožňují přesnější zacílení, nabízí autonomní provoz a také možnost vrtáky měnit.

Orbitální vrtání je technologie založená na nedávné inovaci zaměřené na překonání překážek souvisejících s nedostatečnou tuhostí v robotických operacích. Tento proces je používán při vyvrtávání různě velkých otvorů za použití jediné frézy. Když se prvek otáčí kolem své osy, hlava vřeten se začne otáčet až do bodu vytvoření otvoru o zadaném průměru.

Vřetenová hlava obsahuje mechanismus s vnitřním a vnějším excentrickým tělem. Jejich uspořádání usnadňuje vzájemné otáčení pro udržení nástroje v trvalém nastavení radiálního odsazení. K dispozici jsou také řešení s programovatelným cyklem. Tento prvek umožňuje vytvářet otvory mnoha tvarů a rozměrů, včetně složitých forem. Orbitální varianta generuje menší přítlačnou sílu ve srovnání s konvenčním přístupem. Díky této funkci stroje vytvářejí otvory bez otřepů v materiálech, jako je plast vyztužený uhlíkovými vlákny a titan (Engineering360, 2022).



Obrázek 2.4: Vrtací koncový nástroj

2.2.5 Robotické senzory

V dnešních dnech se v robotice používá mnoho druhů senzorů. Tyto senzory pak nahrazují lidské smysly a předávají je robotům, jako elektrické impulsy a signály, na které mohou roboty reagovat. Jedná se většinou o mechanické, elektrické nebo chemické díly a jejich funkčnost závisí hlavně na transdukčním principu. Tento princip je založen na konverzi energie z jedné formy na druhou.

Robotické senzory jsou používány k zjišťování stavu robota a jeho okolního prostředí. Senzory také přenášejí elektrické signály pro provádění požadovaných úkonů. Pro tyto potřeby je nutné využívat vhodných senzorů, které budou odpovídat požadavkům pro danou činnost (UniversalRobots, 2022). Robotické senzory můžeme jednoduše rozdělit do pěti podskupin v závislosti na principu jejich funkčnosti (RSComponents, 2022):

- Kontaktní senzory - Mezi tyto senzory se řadí jednoduchá stlačitelná tlačítka a kontaktní spínače.
- Snímače a měřidla vzdálenosti - Do této skupiny patří ultrazvukové dálkoměry, infračervené senzory, laserové měřicí přístroje a senzory natažení a ohybu.
- Polohovací senzory - Tyto senzory mají za úkol především lokalizovat robota a patří k nim senzory pro navigaci v místnosti (vnitřní lokalizace), GPS a další živé sledovací zařízení.
- Rotační senzory - jako potenciometry a gyroskopické přístroje.
- Enviromentální senzory - Měřící prostředí, ve kterém se robot nachází. Patří mezi ně fotoelektrické nebo světelné senzory, zvukové senzory, tepelné senzory a termovizní kamery, senzory vlhkosti, senzory tlaku a senzory měření plynů.

Optické senzory

Rozmanitost optických senzorů, které jsou v dnešní době pro roboty k dispozici je skutečně působivá. Některé senzory používají optické metody k určení drsnosti povrchu. Jiné mohou měřit tloušťku filmu. Jiné jsou schopné rozpoznat přesnou barvu předmětů. Některé roboty jsou vybaveny mikroskopem, což otevírá nové možnosti, zejména v oblastech měření.

Optické senzory (Obrázek 2.5) (SICK, 2022) mohou měřit také například rychlost proudění kapaliny. K měření průtoků se dají ovšem využít i jiné senzory, například elektromagnetické. Průtoky kapalin se také měří za pomoci lopatkového kola, které vysílá pulsy. Pulsy se objevují rychleji, když se vlivem vyššího průtoku kolo otáčí rychleji (Fairchild, 2021).



Obrázek 2.5: Optický robotický senzor společnosti SICK.

V roce 2015, výzkumníci z Carnegie Mellon Univerzity a výzkumníci z Intelligent Fiber Optic Systems Corp., společně s podporou NASA, vyvinuli tří-prstou robotickou paži s vláknovými optickými senzory zabudovanými do jemné robotické kůže. Celkové množství 14 vláknových optických senzorů začleněných do ruky je schopno detekovat sílu kontaktu až po hranici jedné desetiny newtonu. Senzory tak umožňují paži určit, kde se nacházejí její konečky prstů a předávají jí informace o kontaktu (Moore, 2019).

Světelné měřicí senzory

Chceme-li vybrat vhodný typ senzoru pro měření vzdálenosti založeného na světle musíme nejprve přesně určit požadavky na jeho funkce a také případně přizpůsobit prostředí, ve kterém se bude robot pohybovat. Tyto senzory pak můžeme rozdělit na tři druhy podle počtu vysílaných paprsků a jejich pohybu.

Prvním typem jsou senzory s jedním světelným paprskem. Jak již název napovídá, tento typ senzoru produkuje pouze jeden paprsek a používá se k detekci velkých a vzdálených objektů, jako jsou stěny, podlahy a stropy, protože tento paprsek je velmi tenký, ve srovnání s jinými technologiemi, jako jsou například ultrazvukové senzory. Tyto mono-paprsky pak můžeme ještě dělit do dvou kategorií. První kategorií jsou vysoce kolimované paprsky, tyto paprsky nalezneme především v laserovém ukazovátku a mají tendenci zůstat stejně tenké v celé své délce. Do druhé kategorie patří paprsky LED a pulzní laserové diodové paprsky. Tyto paprsky mají tendenci se rozcházet na velké vzdálenosti, podobně jako proud světla u baterek.

Druhým typem senzorů vzdálenosti jsou multi-paprskové senzory. Tento druh senzorů produkuje více detekčních paprsků, obvykle současně, a jsou vhodnější pro detekci kolizí objektů s robotem. Vzdálenost detekce těchto paprsků je různá a může být v řádech několika desítek centimetrů až po desítky metrů. Mezi potenciální využití těchto paprsků patří zejména autonomní roboty pohybující se v neznámém prostředí nebo v prostředí, kde se potenciální překážky (lidí, jiné roboty atd.) pohybují.

Posledním druhem paprskových senzorů jsou rotační senzory. v případě těchto senzorů se obvykle vytváří pouze jeden paprsek, který se za pomoci rotačního mechanismu během měření otáčí. Obvykle se tyto senzory používají pro souběžné mapování prostoru a lokalizaci robota s detekcí a vyhýbání se překážkám. Kvůli velkému množství dat produčícímu vysokou rychlostí se tyto senzory používají s jednodeskovým počítačem (SBC), který dokáže lépe zpracovat data než jednoduché mikrokontrolery (Scharette, 2022).

LiDAR

Jedním z použití laserových skenerů je i průmyslové robotické vidění. Tyto skenery pracující na principu technologie LiDAR (Light Detection And Ranging) vysílají elektromagnetické pole a detekují jeho odrazy. Měří se doba, za kterou se odrazy vrátí. Čím delší doba návratu signálu, tím dále se hledaný předmět nachází, protože senzor vychází z předpokladu, že čas je úměrný vzdálenosti od senzoru k objektu. Lze tak tímto způsobem měřit přesné vzdálenosti k určitému bodu. Jakým přesným způsobem měří laserové senzory vzdálenost k objektu, závisí především na požadavku na přesnost. Tři běžné metody měření za pomoci LiDARu jsou (Baranov, 2015):

- Čas odrazu: Laser je vypuštěn a poté přijat zpět. Časová odchylka je měřena a vzdálenost se jednoduše vypočítá jako násobek rychlosti světla a času. Tento přístup je velmi přesný, ale také finančně náročný kvůli extrémním požadavkům na přesnost časoměrných zařízení, potřebných pro senzor. Z tohoto důvodu je toto používáno zejména na větších systémech a na dlouhé vzdálenosti. Využití v robotice je vzácné.
- Fázový posun: Při této metodě je emitovaný laserový paprsek modulován na určitou frekvenci. Porovnáním fázového posunu vráceného signálu na několika různých frekvencích se vypočítá vzdálenost. Toto je nejběžnější způsob laserového měření.

Má však omezený dosah a je méně přesný než čas letu. Je nejčastěji využíván v robotice.

- Měření úhlu dopadu: Nejlevnější a nejjednodušší způsob jak provést laserové měření vzdálenosti. Spočívá v tom, že víme, v jakém úhlu dopadá odražené laserové světlo na senzor a můžeme tak odhadnout vzdálenost. Tato metoda však bývá nepřesná. Dalším kritickým problémem je dosah snímače, který je omezený svou velikostí. Čím je menší snímač, tím je kratší maximální dosah.

3 Metodika práce

Tato bakalářská práce má za cíle seznámit čtenáře s charakterem robotických paží, jejich jednotlivými částmi a rozdělením. S cílem vytvořit ucelený přehled možností aktuálního trhu a využití těchto technologií.

V první řadě je potřeba zadefinovat a čtenáře seznámit s významem slova robot a robotika. Uvést stručný přehled dostupných robotů a princip jejich funkce, stejně tak jako jejich nejběžnější využití. Pro lepší představu je vhodné doplnit text obrázky jednotlivých druhů robotů.

V druhé části práce se zaměřuji na popis jednotlivých částí robotických paží, popis jejich funkce a možnosti individualizace v případě potřeby.

Třetí část práce se bude zabývat popisem jednotlivých společností působících na trhu s roboty a analýzou jejich portfolia se stručným výběrem nejdůležitějších produktů. Výběr společností bude obsahovat velké i malé výrobce, aby bylo dosaženo co největší různorodosti nabídky.

Diskuzní část má za úkol shrnout poznatky získané v předchozích kapitolách, částečně porovnat společnosti mezi sebou a vybrat nejvhodnější možné řešení pro využití na fakultě.

4 Cíl práce

Cílem práce je seznámit čtenáře s termínem robotická paže a s možnostmi individualizace těchto strojních zařízení. Vysvětlení a vyobrazení jednotlivých druhů robotických zakončení a možnosti jejich využití. Současně také představení různých druhů robotů používaných v robotizaci. Práce má také za cíl představení světových společností a lídrů na poli robotizace a automatizace výroby, jejich portfolia a porovnání volně dostupných informací jejich produktů. Z těchto informací pak zvolit nejvhodnější možné řešení pro využití na fakultě.

5 Robotické ruce na trhu

V předešlých kapitolách jsme se seznámili s principem fungování robotických paží a jejich součástmi. Nyní se podíváme na některé z mnoha produktů nabízených na trhu.

5.1 Universal Robots

Společnost Universal Robots byla založena v roce 2005. Cílem této společnosti bylo zpřístupnit robotickou technologii malým a středním firmám. Založení této společnosti bylo možné především díky investici společnosti Syddansk Innovation, která je kapitálovým investorem v Dánsku. Prvního kolaborativního robota společnost prodala v roce 2008. Tímto dodaným robotem byl model UR5. V roce 2012 společnost představila model UR10, který je svými parametry zaměřen na vysoká manipulační zatížení. V tomto roce také společnost založila svou první americkou pobočku v New Yorku. V roce 2019 pak společnost oznámila dosažení milníku 35 000 prodaných robotických paží (UniversalRobots, 2022).

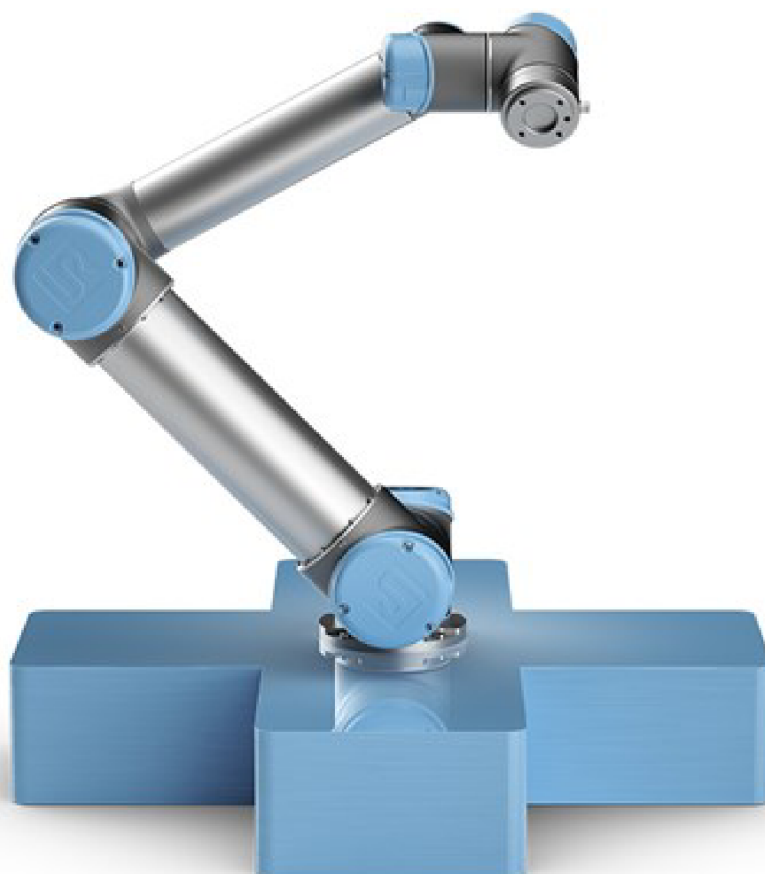
5.1.1 Portfolio Universal Robots

Společnost Universal Robots nabízí množství jednotlivých pracovních ramen, ale také komplexní řešení pracovních operací v rámci jejich programu UR+. Tento program obsahuje nejen samotná ramena a roboty, ale také koncové efekторы pro širokou škálu použití. Nalezneme zde například vakuové grippery, bezpečnostní prvky, nástrojové nástavce a sady pro rychlou výměnu koncových efektorů u robotů, svářecí sady a čistící hlavice.

Hlavním produktem jsou ovšem robotické paže a roboty. Společnost Universal Robots nabízí celkem čtyři různé druhy ramen s označením UR, jejich parametry můžeme nalézt v tabulce 5.1 (UniversalRobots, 2022). Nejmenší UR3e je malé rameno s krátkým dosahem a malým pracovním zatížením, které je vhodné především pro montáž lehkých součástí a jiné aplikace zahrnující šroubování. Největším kobotem z rodiny Universal Robots je robot s označením UR16e. Tento robot je schopen pracovat se zatížením až 16 kg a je speciálně zkonstruován pro vybavení těžkými koncovými efekторы nebo přenášení velkého množství předmětů na jeden pohyb, což mu umožňuje zefektivnit pracovní proces díky menšímu množství pracovních cyklů. Na obrázku 5.1 (UniversalRobots, 2022) můžeme vidět nabízené rameno s typickým firemním zbarvením. Cena takového ramene pohybuje okolo 28 750 € (UniversalRobots, 2022; Wiredworkers, 2022).

Tabulka 5.1: Tabulka parametrů řady URXe

Název	Dosah	Pracovní zatížení	Pracovní rádius	Váha robota
UR3e	500 mm	3 kg	128 mm	11,2 kg
UR5e	850 mm	5 kg	149 mm	20,6 kg
UR10e	1300 mm	12,5 kg	190 mm	33,5 kg
UR16e	900 mm	16 kg	190 mm	33,1 kg



Obrázek 5.1: Robotické rameno Universal Robots UR5e s typickým zbarvením

5.2 Dobot

Dobot je společnost pocházející z čínského Šen-Čenu, jedná se o jednu z největších čínských firem exportujících robotické paže do zahraničí. Společnost byla založena v roce 2015 a brzy se stala předním světovým poskytovatelem technologických řešení pro robotický průmysl se zaměřením na vývoj inteligentních robotických paží. Společnost spustila v roce 2015 na webu Kickstarter kampaň pro první prototyp svého stolního robotického ramene s názvem DOBOT. Díky této kampani se jim podařilo vybrat 650 000 \$ což dalece předčilo očekávání.

Během pouhých tří let DOBOT rozšířil své portfolio vydáním ramen jménem Magican, M1, Mooz a SR, což jim umožnilo dostat se k zákazníkům ve školství, obchodu a průmyslu (Dobot, 2022).

5.2.1 Portfolio Dobot

V nabídce společnosti nalezneme širokou škálu robotů, které se od sebe liší zpracováním, určením, ale i designem. První v nabídce nalezneme sérii původního robota DOBOT CR (Obrázek 5.2) (Dobot, 2022). Tento typ je využitelný v rozsahu užitečného zatížení od 3 do 16 kg a použitelný v různých odvětvích, jednotlivá ramena můžeme najít v tabulce 5.2 (Dobot, 2022). Pracují v šestiosém režimu, který jim zajišťuje dostatečnou flexibilitu. Druhou řadou robotů v nabídce je série MG. Jedná se o lehké, prostorově úsporné stolní robotická ramena vhodná pro různorodé výrobní potřeby. Jejich vysoká flexibilita a malá velikost je vhodná pro aplikace v malém prostoru. Tato série je vhodná pro automatizované pracovní stoly a těsné pracovní prostory, které vyžadují rychlé změny a nasazení. Roboty série M1 jsou inteligentní SCARA robotická ramena pro lehký průmysl. Stejně jako jeho předchůdci mohou být použita v různých aplikacích, včetně práce na montážních linkách, při pájení a vizuálním rozpoznávání. Z této série vychází i vylepšená verze M1 Pro, která je vybavena detekcí kolizí druhé generace s vestavěným dynamickým algoritmem a operačním softwarem.

Všechny tyto roboty mohou být vybaveny chytrými, silikonovými návleky s názvem SafeSkin. Tyto antikolizní návleky umožňují robotům pracovat v podmínkách mezi jinými pracovníky a minimalizovat riziko úrazu. Návleky jsou schopné určit blížící se předmět do vzdálenosti 15 cm a reagovat v setinách sekundy na případnou kolizi. Jejich instalace je jednoduchá, protože je stačí pouze obepnout kolem kovové části ramene a spárovat s ovládacím panelem (Dobot, 2022).

Tabulka 5.2: Tabulka parametrů robotických paží Dobot

Název	Dosah	Pracovní zatížení	Počet os	Přesnost
CR3	620 mm	3 kg	6	±0,02 mm
CR5	900 mm	5 kg	6	±0,02 mm
CR10	1300 mm	10 kg	6	±0,03 mm
CR16	1000 mm	16 kg	6	±0,03 mm



Obrázek 5.2: Série robotickým ramen Dobot CR

5.3 ABB

Přední technologická společnost ABB je jedním z nejhlavnějších světových výrobců robotických zařízení. Počet zaměstnanců této společnosti přesahuje 105 000 a její stopu můžeme nalézt ve více než 100 zemích světa. Zaměření společnosti je skutečně široké. Její výrobky můžeme nalézt v elektrifikaci dopravy, kde nabízí zejména digitální řešení služeb a konstrukce infrastruktury nízkého a středního napětí, solárních invertorů, modulárních rozvodů, ochrany napájení, aj. ABB je také hlavním sponzorem světového šampionátu elektrických vozů Formula E.

Kromě infrastruktury se ovšem společnost zaměřuje i na výrobu elektrických motorů a patří k celosvětové největším dodavatelům tohoto typu pohonů. Zákazníkům poskytují kompletní řadu motorů, generátorů, pohonů a služeb s nimi spojených.

Nemalou součástí portfolia je i robotika a diskrétní automatizace. Divize ABB Robotics & Discrete Automation poskytuje rozmanité řešení robotické automatizace se zaměřením na inovace a práci s umělou inteligencí. Tato divize v nedávné době investovala více než 150 milionů dolarů do nové továrny světové třídy v Šanghaji (ABB, 2022).

5.3.1 Robotické portfolio ABB

ABB Robotics je skutečným průkopníkem v oblasti robotiky a automatizace strojů. Jako jeden z předních světových dodavatelů zaměstnává více než 11 000 zaměstnanců v 53 zemích světa a dodala již přes 500 000 robotických řešení.

V současné době společnost nabízí 27 druhů kloubových robotů různých velikostí, zatížení a dosahů od nejmenších s maximálním zatížením 3 kg, po ty opravdu obrovské, schopné manipulovat s předměty přesahující váhu 700 kg. Parametry vybraných typů můžeme najít v tabulce 5.3 (ABB, 2022). Tato sekce kloubových robotů nese název IRB. Nejmenší rameno s názvem IRB 120 se pyšní kompaktním designem a je vhodné pro širokou škálu pracovních úkonů spočívajících především s manipulací s potravinami,

farmaceutiky, nápoji, ale je vhodné také jako asistent pro farmaceutický výzkum. Skládá se z lehkých hliníkových částí, které ramenu umožňují vykonávat rychlé a přesné pohyby.

IRB 1600 je jedním z mnoha dalších druhů kloubových ramen dodávaných společností. Díky inovacím dosahuje až o polovinu kratších pracovních časů než konkurence a to za minimálních hlukových emisí. Celé rameno splňuje normu IP 54 a choulostivé části stroje dokonce IP 67. Montážní podsada je široce flexibilní. Rameno je možné připevnit na širokou škálu povrchů pod různými úhly. S maximální spotřebou 0.58kW a hlukem nižším než 70 dB zajišťuje zdravé pracovní prostředí. Rameno je vhodné na širokou škálu úkonů jako je montáž, obloukové svařování, manipulace s materiálem, čištění a nástřik výrobků, balení aj.

Masivní kloubová paže s označením IRB 7600 (Obrázek 5.3) (ABB, 2022) pak patří k největším z nabízených řešení a je speciálně určená pro těžkou práci bez omezení. Typickým využitím však bývá manipulace s těžkými autodíly, částmi karoserií, kompletními motory, vsadky do pecí, ale také manipulace s celými paletami. Při práci s takto velkým zatížením ovšem vyvstává problematika s bezpečností obsluhy. Rameno proto bývá dodáváno s technologiemi SafeMove2, které přesně monitorují rychlostní limity, bezpečnost v dosahu ramene.

Další částí jsou kolaborativní roboty, na tomto poli nabízí ABB celkem 4 typy paží, dva jednoramenné roboty CRB a dvojramenného robota IRB YuMi s jednoramennou variantou. V kombinaci s lakovacími hlavicemi pak můžeme nalézt další druhy robotů s označením IRB vhodných speciálně pro lakovací práce. Menší část pak zaujímají také dva delta roboty a tři typy SCARA robotů. (ABB, 2022)

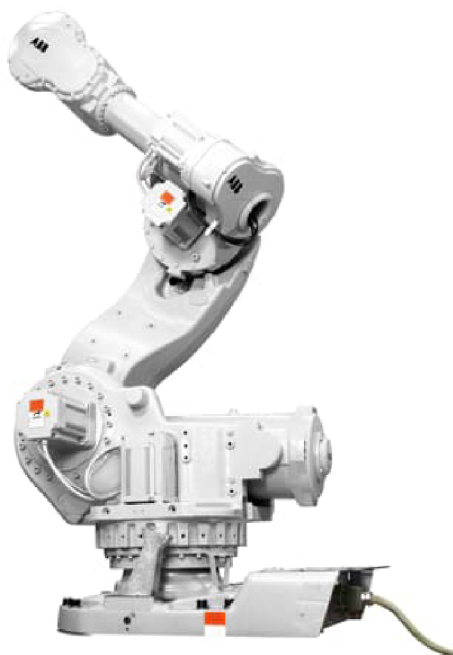
V následující tabulce nalezneme některé druhy nabízených robotů:

Tabulka 5.3: Tabulka parametrů části robotických paží ABB

Název	Dosah	Pracovní zatížení	Cena	Počet ramen
IRB 1100	475 mm	4 kg	20 500 - 28 000 €	1
IRB 1300	1 150 mm	4 - 11 kg	25 000 - 27 500 €	1
YuMi IRB 14000	559 mm	0,5 kg	44 000 - 54 500 €	2
YuMi IRB 14050	559 mm	0,5 kg	26 500 - 34 500 €	1

5.4 Fanuc

Historie společnosti Fanuc sahá až do 50. let minulého století. Její zakladatel Dr. Seiemon Inaba se v té době stal spoluvůdcem číslicového řízení (NC). Jeho výzkumná práce pak vedla k sestrojení prvního elektrického pulzního motoru s možností programování a číslicového řízení. Tímto krokem byl zahájen proces automatizace jednotlivých strojů a následně celých výrobních linek. Tyto technologické poznatky pak umožnily společnosti Fanuc dodávat do světa optimalizovaná robotická řešení. V té době se jednalo zejména o troje ROBOCUT, ROBODRILL a ROBOSHOT, které našly své uplatnění ve strojírenských továrnách zejména v 70. a 80. letech minulého století. Díky těmto technologiím



Obrázek 5.3: IRB 7600 s maximálním nosným zatížením 500 kg

a světovému úspěchu se stala společnost Fanuc první továrnou Japonsku využívající roboty a obráběcí stroje s technologiemi NC.

V dnešní době má společnost Fanuc více než 271 místních poboček ve 109 zemích světa z toho 29 v Evropě a zaměstnává více než 8200 zaměstnanců (Fanuc, 2022).

5.4.1 Portfolio společnosti Fanuc

Široká nabídka společnosti zahrnuje veškerou myslitelnou průmyslovou automatizovanou techniku. Nalezneme zde i původní stroje Robo-cut, -drill a -shot. V případě robodrillu se jedná o univerzální CNC frézky, v nabídce nalezneme tři standardizované typy rozdělené podle velikostí. Robotshot je označení pro vstříkolisy. Společnost aktuálně nabízí jeden typ s upínací silou 4500 kN a dvěma vstřikovacími jednotkami. Posledním produktem ze série Robo je elektroerozivní drátová řezačka Robocut.

Podobě jako u společnosti ABB i u Fanuc je portfolio robotů skutečně velmi rozsáhlé a to od kobotů, přes malé a výkonné SCARA roboty a delta roboty až po širokou škálu různě velikých a různě zaměřených robotických ramen. Jejich rozdělení záleží zejména na podmínkách využití v oblastech svařování, paletizace nebo manipulace s materiálem (Obrázek 5.4)(Fanuc, 2022).

V rámci výuky a vzdělávání nabízí Fanuc program pro získávání odborných znalostí program pro školy a univerzity, ve kterém nabízí kompletní balíčky průmyslových robotů určených pro vzdělávání (Fanuc, 2022).

V tabulce 5.4, (Fanuc, 2022) nalezneme výčet částí robotických ramen určených pro výukové účely, jednotlivé druhy pak lze ještě upravovat dle požadovaných účelů.

Tabulka 5.4: Tabulka parametrů části robotických paží Fanuc

Název	Maximální dosah	Maimální pracovní zatížení
M-10	2 028 mm	16 kg
M-20	2 272 mm	35 kg
M-710	3 123 mm	70 kg
M-410	3 143 mm	700 kg
M-800	2 040 mm	30 kg
M-900	3 704 mm	700 kg
M-2000	4 683 mm	2 300 kg
R-1000	2 230 mm	120 kg
R-2000	3 540 mm	270 kg



Obrázek 5.4: Fanuc M-20iD/25 - vhodný pro manipulaci

5.5 Yaskawa

Yaskawa Electric GbmH patří k dalším z lídrů v oblasti pohonové techniky, průmyslové automatizace a robotiky. Její sídlo se nachází v japonském Kitakyushu, kde byla v roce 1915 založena. Její hlavní výrobní aktivity mohou být rozděleny do čtyř hlavních částí.

První je oddělení zabývající se řízením pohybu. Tato část má na starosti vývoj a výrobu měničů, servopohonů a řídicích jednotek. Oddělení číslo dva má na starosti systémové inženýrství. Vyvíjí zejména střídače vysokého napětí, generátory a převodníky. Třetí oddělení informačních technologií zajišťuje software využívaný firemními technologiemi a zpracováním informací. Poslední čtvrté oddělení se zabývá robotikou a problematikou s ní spojenou. Do poslední kategorie patří průmyslové roboty, servisní roboty a robotické systémy. Tato část společnosti dodala již přes 500 000 robotických systémů po celém světě a stejně jako předchozí společnosti zabývající se robotizací výroby i roboty společnosti Yaskawa využívají dostupné technologie k využití v robotickém svařování, paletizaci, lakování a práškování nebo manipulace s materiálem. Některé z těchto robotů vyhovují i přísným podmínkám pro práci v laboratořích nebo potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Yaskawa, 2022).

5.5.1 Portfolio Yaskawa

Jak již bylo zmíněno v kapitole výše, výrobní potenciál společnosti je skutečně velmi působivý. Prvními z produktů a také prvními předměty podnikání společnosti byly a jsou AC pohony. Na tyto produkty navazuje nabídka Motion Control, která obsahuje další druhy motorů, zejména lineární a rotační servomotory, jejich kombinace a řadiče. S motory úzce souvisí také jejich řízení, v tomto případě nabízí Yaskawa jednotlivé čipy, rezistory, relé. Energetika udržitelných zdrojů je dnes velmi často diskutovaným tématem a v budoucnu se s ní budeme setkávat stále častěji, proto se v Yaskawě nachází i oddělení specializující se na tuto problematiku. Jejich specialitou jsou větrné turbíny, kde společnost dodává různé díly a součásti zejména v případě generátorů, turbodmychadel, ale také následného uskladnění energie. Generátory s permanentními magnety (PMG) jsou technologií, která poskytuje vysokou účinnost a díky technologii, která odstranila použití ozubených kol, došlo také k výraznému snížení mechanického namáhání. Dnes se společnost zaměřuje zejména na návrhy a koncepty integrovaných hnacích ústrojí s velkým výkonem a střední rychlostí.

Yaskawa MOTOMAN je značka spojená s výrobou a vývojem robotů, stejně jako u předchozích společností i Yaskawa nabízí širokou nabídku robotických řešení pro manipulaci a montáž, svařování, řezání, balení, lakování, paletizaci a kolaborativní roboty. V nabídce nalezneme množství robotů včetně SCARA robotů, delta robotů a jedno a dvojramenných kobotů a manipulátorů s maximálním zatížením v rozmezí 0,5 až 800 kg a dosahem od 350 do 4004 mm.

Manipulační roboty Yaskawa jsou rozděleny do čtyř řad. První z nich je řada GP, která platí za univerzální zařízení. Jejich univerzálnost a jednoduchá montáž platí za vhodný produkt do většiny výrobních prostředí. Maximální nosnost této řady se pohybuje od 4 do 600 kg a je možné je zakoupit i ve specifikacích pro farmaceutický a potravinářský provoz.

Série MotoMINI (Obrázek 5.5) (Yaskawa, 2022) je řadou malých robotů, které jsou schopné dosáhnout vysokých rychlostí s cílem snížit doby pracovních cyklů a zvýšení produktivity. Díky vnitřní kabeláži a vzduchovému vedení je možné je nainstalovat na

povrchy, stropy, stěny apod. Řada MotoMINI má nosnost 0,5 kg, dosah až 350 mm, přesnost $\pm 0,02$ mm a lze je programovat a ovládat pomocí programovacích standardů IEC61131-3 a PLCopen.

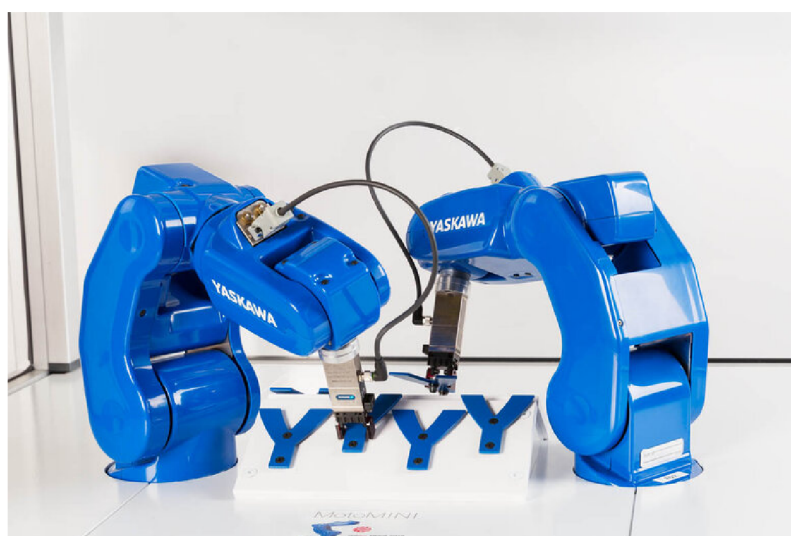
Řada SDA je speciálně určena pro manipulaci, balení, přenos dílů a obsluhu strojů, protože se jedná o 15-osé dvouramenné roboty s vysokou flexibilitou pohybu. Jejich nosnost se pohybuje od 5 do 40 kg a dosah je od 845 mm do 1 323 mm. Obě ramena mohou pracovat synchronně nebo provádět různé úkoly současně. Díky své malé velikosti mohou tyto roboty pracovat ve stísněných prostorech a šetřit tak pracovní plochu.

Poslední řadou je řada SIA. Jedná se o 7-osé roboty připravené pro automatizované procesy jako je montáž dílů, kontrola, obsluha strojů a manipulace s materiálem. Nosnost robotů SIA je od 5 do 50 kg a dosah od 845 mm do 1 323 mm. Tento robot díky výkonému zápěstí a vnitřnímu napájení umožňuje využití ve stísněných prostorech a poskytuje vysokou flexibilitu při manévrování. Umožňuje práci v rozích nebo manipulaci přímo ve strojích.

v následující tabulce 5.5 nalezneme výčet několika robotů řady GP (Yaskawa, 2022).

Tabulka 5.5: Tabulka parametrů části robotických paží Yaskawa GP

Název	Maximální dosah	Maximální pracovní zatížení	Váha	Přesnost
GP4	550 mm	4 kg	28 kg	$\pm 0,01$ mm
GP8	727 mm	8 kg	35 kg	$\pm 0,01$ mm
GP8L	1 636 mm	8 kg	155 kg	$\pm 0,02$ mm
GP20	1 440 mm	20 kg	250 kg	$\pm 0,02$ mm
GP20HL	3 124 mm	20 kg	560 kg	$\pm 0,07$ mm
GP25L	1 730 mm	25 kg	250 kg	$\pm 0,02$ mm
GP50	2 061 mm	50 kg	570 kg	$\pm 0,03$ mm



Obrázek 5.5: Yaskawa MotoMini

Diskuze

Robotizace je stále se vyvíjejícím se vědním a technologickým oborem a je také nedílnou součástí nastupující technologické éry zvané jako Průmysl 4.0. Většina technologických gigantů zabývajících se problematikou robotiky a robotizace má své pevné místo na trhu a stovky tisíc spokojených zákazníků. Tito technologičtí giganti začali své tažení v období kolem 50. let minulého století a od té doby vytrvale pracují na neustálém vývoji svých technologií, ať už z pohledu efektivita práce, tak z pohledu bezpečnosti a udržitelnosti. Není překvapením, že většina z těchto technologických firem sídlí na území technologických a průmyslových velmocí jako je Japonsko, Čína, státy Evropy a USA.

Společnosti Fanuc, ABB a Yaskawa patří k těm vůbec největším a nejaktivnějším na trhu s robotickými pažemi a o tomto svědčí i jejich velmi rozsáhlé portfolio. Všechny tři výše jmenované společnosti nabízejí kromě pozorovaných robotických paží i další druhy robotů, které jsou vhodné ke kombinaci a spolupráci v rámci případného komplexního řešení automatizované robotické linky.

Universal Robots je jednou ze dvou menších společností v této oblasti. Jejich zaměření je především na drobnější podniky a podnikatele. Hlavním prodejním artiklem společnosti Universal Robots jsou koboty, ale v nabídce nalezneme i robotické paže. Tato relativně nová společnost má na svém kontě již 35 000 dodaných robotických zařízení. Centrum certifikovaných školících center a programy online vzdělávání umožňují této společnosti lepší komunikaci se zákazníkem a také jeho lepší zaškolení pro práci s dodávanými roboty.

Jak již bylo zmíněno v práci, společnost Dobot je čínským startupem zabývajícím se robotikou a robotickými řešeními. Jedná se o druhou mladou a rozvíjející se společnost zmíněnou v této oblasti. Tento fakt jim ovšem nebrání v kooperaci s největšími technologickými giganty světa, protože se roboty společnosti Dobot objevují v projektech jako Google I/O nebo na zimních Olympijských hrách v PyeongChangu. Dobot také spolupracuje se společnostmi Volkswagen nebo Alibiba na vývoji chytrých továren, robotů a umělé inteligence.

Největší zmíněnou technologickou společností je ABB. Tato švédsko-švýcarská nadnárodní korporace poskytuje nejen robotická řešení, ale také technologie a energetiku spojenou s automatizací. Zaměstnává na 110 000 zaměstnanců po celém světě a technologický záběr společnosti je velmi široký. Různé druhy elektromotorů, elektromobilita a s ní spojená infrastruktura, motory a převodovky, turbodmychadla aj. patří pouze k části široké nabídky. Samozřejmě jsou také rozsáhlé školící programy.

Nejvíce výrobně orientovanou nabídku produktů má společnost Fanuc. Její roboty jsou doplněny automatizovanými CNC frézky, soustruhy a elektrickými drátovými rezačkami. Společnost zaměstnává celkově 8 200 zaměstnanců. Hlavní výhodou při výběru této společnosti je dlouhá doba podpory již zakoupených strojů, kdy Fanuc garantuje doživotní dodávku náhradních dílů pro své produkty.

Poslední společností v této práci je Yaskawa. Se 14 500 zaměstnanci a 48 000 dodanými roboty za rok tvoří jedno z největších jmen na světovém trhu v oblasti robotizace. Stejně jako u společnosti ABB ani portfolio Yaskawa není omezeno striktně na robotická zařízení a nalezneme zde i další technologické a energetické produkty směřující zejména k ovládání a pohánění průmyslových strojů.

Společnosti jmenované v této práci nejsou zdaleka jediné, které se na poli robotiky vyskytují. Mezi další významná jména patří např. Mitsubishi, Wittmann, Panasonic, Stäubli nebo Engel, který je jednou z největších lokálních technologických společností.

Pro využití na fakultě vychází dle mého názoru nejvýhodněji robotické řešení společnosti Fanuc. Fanuc se na poli číslicového řízení strojů pohybuje již od jeho počátků v minulém století, je to tedy zavedená firma s historií a zkušenostmi. Nabídka společnosti je provázána i s technologií obráběcích strojů, což má za následek zkušenosti s přesnou manipulací s břemeny a nástroji. Kromě obráběcích strojů nabízí Fanuc i další roboty pro různá využití, například propojení se SCARA robotem by umožnilo vytvoření automatického procesu pro třídění semen rostlin. V neposlední řadě však Fanuc nabízí program pro školy a univerzity, kde je možné získat kompletní balíčky průmyslových robotů speciálně upravených pro výuku a vzdělávání. Navíc k těmto robotům nabízí i doživotní záruku na náhradní díly v případě poškození. Kombinace těchto faktorů dělá ze společnosti Fanuc nejvhodnější volbu pro využití na fakultě.

Závěr

Průmysl 4.0 je a bude nedílnou součástí našich životů. Automatizace výroby se stane moderním řešením výrobních závodů, což bude mít za následek snížení poptávky po hrubé pracovní síle. Nicméně tento fakt bude zároveň vytvářet nová pracovní místa, protože roboty, ač výkonné a schopné práce bez přestávek potřebují pravidelnou kalibraci, kontrolu a údržbu, kterou bude muset vykonávat proškolený pracovník.

Světový trh je již na příchod globální automatizace připraven. Velké množství společností zabývajících se problematikou robotizace je připraveno zúročit své zkušenosti v nově vznikajících výrobních podmínkách a nové výzvy spojené s touto automatizací vytvoří nové možnosti pro podnikání a pracovní pozice.

Problémem, na který může společnost narazit při transformaci na automatizovanou výrobu je cena energií a jejich výroba. Automatizace s sebou nese vyšší energetické nároky na výrobu, což se v událostech poslední doby jeví jako nezanedbatelný problém, kdy ceny energií prudce rostou vzhůru a jejich získávání je v rámci boje za ochranu klimatu stále obtížnější. Tento problém tak předkládá nové výzvy a otevírá dveře výzkumu nových technologií pro získávání energií, které budou pohánět naši budoucnost.

Seznam použitých zdrojů

- ABB (2022). Our portfolio. [online]. [cit. 2022-03-24], Dostupné z:<https://new.abb.com/products/robotics>.
- AGVnetwork (2022). What is an Autonomous Mobile Robot – AMR? [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/autonomous-mobile-robots-explained-amr>.
- Allen, N. (2022). Robotic Arm. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://grabcad.com/library/robotic-arm-163>.
- Avni, S. (2020). Robotic Arms Extend the Reach of UV Disinfection. [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://viterbischool.usc.edu/news/2020/04/robotic-arms-extend-the-reach-of-uv-disinfection/>.
- Baranov, I. (2015). Robots 101 – Lasers. [online]. [cit. 2022-02-21], Dostupné z: <https://clearpathrobotics.com/blog/2015/04/robots-101-lasers/>.
- Bouchard, S. (2022). Industrial robots: What are the different types? [online]. [cit. 2022-03-28], Dostupné z: <https://blog.robotiq.com/bid/63528/what-are-the-different-types-of-industrial-robots>.
- BR-Automation (2022). Maximum performance with delta robots. [online]. [cit. 2022-03-22], Dostupné z: <https://www.br-automation.com/cs/produkty/machine-centric-robotics/roboticke-portfolio/maximum-performance-with-delta-robots/>.
- Čapek, K. (2004). *R.U.R. ARTUR*, Praha. ISBN: 80-86216-46-2.
- Chakraborty, E. (2022). What is a Cylindrical Robot? | 10+ Important Applications | Advantages and Disadvantages. [online]. [cit. 2022-03-22], Dostupné z: <https://lambdageeks.com/cylindrical-robots/>.
- Dang, S. S. (2019). Artificial Intelligence In Humanoid Robots. [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/02/25/artificial-intelligence-in-humanoid-robots/?sh=1bf49b9d24c7>.
- Dematic (2022). Product overview. [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://www.dematic.com/en/products/products-overview/agv-systems/>.
- Dobot (2022). Company Profile. [online]. [cit. 2022-03-23], Dostupné z:<https://www.dobot.cc/about-us.html>.

- DreamlandRobots (2022). Griplit-E1. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://www.dreamland-robots.cz/en/products/griplit-e1/>.
- EngineeredArts (2022). Engineered Arts to Unveil New Humanoid Robot at CES 2022. [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://www.engineeredarts.co.uk/engineered-arts-to-unveil-new-humanoid-robot-at-ces-2022/>.
- Engineering360 (2022). Drilling and Tapping End Effectors Information. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: https://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/manufacturing_equipment_components/robots_robotic_accessories/drilling_tapping_end_effectors.
- EVS (2022). What Are the Parts and Components of Industrial Robots? [online]. [cit. 2022-03-24], Dostupné z: <https://www.evsint.com/parts-and-components-of-industrial-robots/>.
- Fairchild, M. (2021). Guide to Robot Parts & Components and How to Source Them. [online]. [cit. 2022-02-10], Dostupné z: <https://www.howtorobot.com/expert-insight/robot-parts-and-components>.
- Fanuc (2022). How to know when a SCARA Robot is the right choice for your application. [online]. [cit. 2022-03-22], Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/rs/en/robots/robot-filter-page/scara-series/selection-support>.
- Festo (2022). Prostorové portály YXCR. [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/>.
- Ganguly, R. (2022). Robot control system. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://www.the-tech-addict.com/control-system-in-robotics/>.
- Granta (2017). Advantages and Disadvantages of Robotic Automation. [online]. [cit. 2022-03-24], Dostupné z: <https://www.granta-automation.co.uk/news/advantages-and-disadvantages-of-robotic-automation/>.
- Intel (2022). Industrial Robotic Arm Solutions from Intel. [online]. [cit. 2022-02-10], Dostupné z: <https://www.intel.com/content/www/us/en/robotics/robotic-arm.html>.
- Krager, A. a Kragerová, M. (2000). *Základy robotiky a prostorové kinematiky*. PVydavatelství ČVUT, Praha. ISBN: 80-01-02183-1.
- Marvin (2022). VGC10 vacuum gripper. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://marvin-robotics.com/product/vgc10-vacuum-gripper/>.
- Moore, S. (2019). The Future of Optical Sensors in Robotic Hands. [online]. [cit. 2022-02-20], Dostupné z: <https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=1634>.
- Murphy, R. (2000). *Introduction to AI robotics*. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts. ISBN: ISBN 0-262-13383-0.

- Owen-Hill, A. (2018). The 5 Minute Guide to Use Any End Effector with RoboDK. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://roboDK.com/blog/robot-end-effector-guide/>.
- Oza, N. (2022). What is a Parallel Robot? [online]. [cit. 2022-03-30], Dostupné z: <https://www.wise-geek.com/what-is-a-parallel-robot.htm>.
- Preetipadma (2021). What are some of the widely known types of robots that are used for mainstream applications? [online]. [cit. 2022-03-22], Dostupné z: <https://www.analyticsinsight.net/common-types-of-robots-are-there-any-new-ones-you-havent-heard-yet/>.
- ProcessSolutions (2018). What are the Different Types of Industrial Robots and Their Applications? [online]. [cit. 2022-03-22], Dostupné z: <https://processsolutions.com/what-are-the-different-types-of-industrial-robots-and-their-applications/>.
- Right, R. D. (2022). The Main Components of an Industrial Robot. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://robotsdoneright.com/Articles/main-components-of-an-industrial-robot.html>.
- Robotnik (2022). RB-KAIROS+ MOBILE MANIPULATOR. [online]. [cit. 2022-03-21], Dostupné z: <https://robotnik.eu/products/mobile-manipulators/rb-kairos/>.
- RobotsDoneRight (2022). What is a Delta Robot? [online]. [cit. 2022-03-22], Dostupné z: <https://robotsdoneright.com/Articles/what-is-a-delta-robot.html>.
- RSComponents (2022). The Complete Guide To Robotic Parts. [online]. [cit. 2022-02-10], Dostupné z: <https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/robotic-parts-guide>.
- Scharette (2022). LiDAR : Light & laser based distance sensors. [online]. [cit. 2022-04-6], Dostupné z: <https://www.robotshop.com/community/blog/show/lidar-light-amp-laser-based-distance-sensors>.
- Schneider a Company (2022). Types of End Effectors. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://www.schneider-company.com/types-of-end-effectors/>.
- SICK (2022). Robot Vision. [online]. [cit. 2022-04-3], Dostupné z: <https://www.sick.com/de/en/robot-vision-sensor-solutions-for-robotics/w/robotics-robot-vision/>.
- Staubli (2022). CS9 robot controller. [online]. [cit. 2022-04-6], Dostupné z: <https://www.staubli.com/sg/en/robotics/products/robot-controllers/cs9-robot-controller.html>.
- Tajim, M. N. U. A. (2019). Remote Sensing IoT based Android Controlled Robot. *ResearchGate*.
- Thomas (2022). All About Industrial Robots. [online]. [cit. 2022-03-31], Dostupné z: <https://www.thomasnet.com/articles/automation-electronics/all-about-industrial-robots/>.

Toglefritz (2022). Capers II, a Hexapod Robot. [online]. [cit. 2022-03-28], Dostupné z:<https://www.instructables.com/Capers-II-a-Hexapod-Robot/>.

UniversalRobots (2022). Collaborative robots from Universal Robots. [online]. [cit. 2022-03-23], Dostupné z:<https://www.universal-robots.com/products/>.

Wiredworkers (2022). UR5e Universal Robots. [online]. [cit. 2022-03-23], Dostupné z:<https://wiredworkers.io/product/ur5e/>.

Yaskawa (2022). Roboty MOTOMAN. [online]. [cit. 2022-03-28], Dostupné z:<https://www.cz.yaskawa.eu.com/products/robots>.

Seznam obrázků

1.1	Capers II, hexapod	10
1.2	šesti-osý robotický manipulátor	10
1.3	Humanoidní robot	12
1.4	AMR robot s mechanickým manipulátorem	13
1.5	Kobot s ramenem a UV zdrojem světla pro odstraňování virů	14
1.6	Kartézský robot YXCR společnosti FESTO	14
1.7	SCARA Robot společnosti Fanuc - SR-3iA	15
1.8	Schéma válcového robota	16
1.9	Delta robot společnosti ABB	17
1.10	Robotická ruka	17
2.1	Ovládací jednotka robota	21
2.2	Koncový nástroj robota	22
2.3	VGC10 vakuový gripper	23
2.4	Vrtací koncový nástroj	24
2.5	Optický robotický senzor společnosti SICK.	25
5.1	Robotické rameno Universal Robots UR5e s typickým zbarvením	31
5.2	Série robotickým ramen Dobot CR	33
5.3	IRB 7600 s maximálním nosným zatížením 500 kg	35
5.4	Fanuc M-20iD/25 - vhodný pro manipulaci	36
5.5	Yaskava MotoMini	38

Seznam tabulek

5.1	Tabulka parametrů řady URXe	31
5.2	Tabulka parametrů robotických paží Dobot	32
5.3	Tabulka parametrů části robotických paží ABB	34
5.4	Tabulka parametrů části robotických paží Fanuc	36
5.5	Tabulka parametrů části robotických paží Yaskawa GP	38