

# Dělení PRaM

Radim Tomeček

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně  
Ústav automatizace a informatiky  
Technická 2896/2, Brno 616 69, Česká Republika  
201762@vutbr.cz

**Abstrakt:** *Tato seminární práce se věnuje dělení průmyslových robotů a manipulátorů z několika hledisek. Jelikož robotizace je čím dál častější jev ve firmách a na každou aplikaci se hodí jiný typ robota či manipulátorů. Hranice některých dělení však nejsou pevně dané a občas je těžké daného robota jednoznačně zařadit do jedné nebo druhé skupiny.*

**Klíčová slova:** *Roboty, manipulátory, PRaM, robotizace*

## 1 Úvod

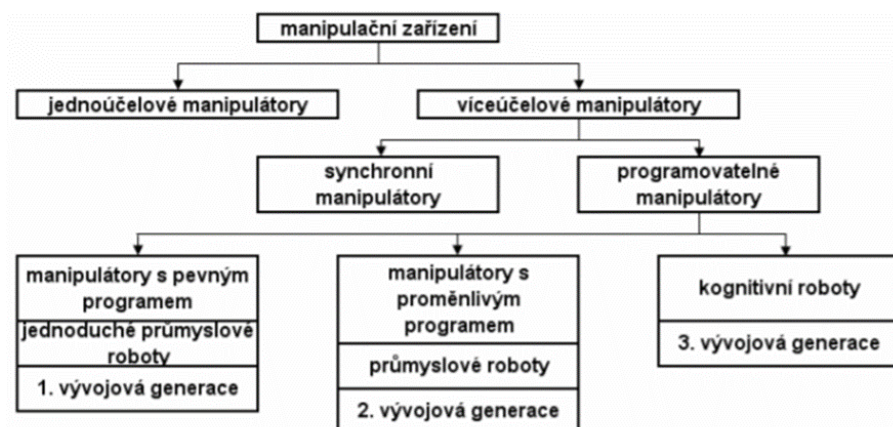
Robotizace, jakožto jedna z možností automatizace, je snaha o nahrazení lidské práce mechanickou prací strojů. Návrhem těchto strojů, neboli robotů, se zabývá vědní obor zvaný Robotika. Tento vědní obor se zabývá jak samotnou konstrukcí robotů, tak i jejich funkcemi a použitím. Díky tomuto širokému záběru zasahuje do mnoha lišících se oborů a tak nemá přesně dané hranice.

Samotný vědní obor robotiky se ale dá rozdělit na robotiku teoretickou, která řeší principy robotizace, experimentální, zabývající se laboratorními experimenty a aplikační, řešící konkrétní možnosti aplikace v praxi.

V průmyslu pak dochází k robotizaci pomocí tzv. Průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM).

## 2 Dělení PRaM

Rozdělit průmyslové roboty a manipulátory je možné z několika hledisek. Dělit se dají jak podle jejich aplikace, úrovně vývoje/autonomnosti, tak pole požadované funkce. Dále se dají rozdělit také z hlediska jejich geometrického pracovního prostoru, počtu stupňů volnosti, kinematické struktury, způsobu programování, pohybových charakteristik a nebo třeba podle typu pohonu. Rozdělení na základě určení a stupně řízení je názorně ukázáno v obr.1.[7, 4]



Obrázek 1: Rozdělení manipulačních robotů [7]

Pohybový mechanismus sériového průmyslového robota je složen z binárních členů tvořících kinematické dvojice. Tyto dvojice mají ve většině případů jeden stupeň volnosti, jelikož dvojice s vícero stupni volnosti jsou velmi náročné na osazení pohony. Spojením těchto kinematických dvojic vzniká kinematický řetězec. Kinematické dvojice jsou translační a rotační a jejich použitím vzniká řetězec se sériovou kinematikou. [4]

Při návrhu robotů je velmi důležitým parametrem tuhost, podle které se odvíjí přesnost robota. Je potřeba počítat s namáháním, které je způsobené nejen hmotností zátěže, ale také vlastní hmotností robota. Dále je potřeba uvažovat také dynamické účinky vznikající při rozběhu a zastavování jednotlivých kinematických dvojic a také s vnějšími účinky vznikajícími při interakci s vnějším zařízením či provádění daných technologických operací. Tyto všechny parametry pak ovlivňují dimenzování pohonů a stavbů samotného robota.[4]

### 3 Rozdělení manipulátorů

Rozdělení manipulátorů bylo graficky znázorněno na obr.1. Tyto skupiny je dobré v krátkosti popsat pro jejich lepší pochopení.

#### **Jednoúčelové manipulátory:** [6, 7, 10]

Jsou nejjednoduššími zařízeními. Jsou omezené pohybově, ale i druhem a úrovní řízení. Ty odpovídají použití. Omezení jsou zde ale i konstrukční, jelikož tyto manipulátory jsou, jak z názvu vyplývá, uzpůsobeny pro jeden účel. Co se pohonů týče, ty jsou taktéž přizpůsobeny použití spolu s použitou technologií robota.



Obrázek 2: Jednoúčelový manipulátor [12]

#### **Víceúčelové manipulátory:**[6, 7]

Víceúčelové manipulátory se narozdíl od jednoúčelových vyznačují větším rozsahem manipulace a vyšší úrovní řízení. Jejich pohony i řízení se navrhují podle jejich rozsahů na všech osách, počtu těchto os, přesnosti a jejich maximálnímu možnému zatížení.

Dělí se na stacionární a mobilní. Už z názvu lze určit, že v případě stacionárních strojů se jedná o stroje pevně spjaté s daným místem nebo jsou připevněny k pojezdu, který vykonává většinou translační pohyb v daném rozsahu. Oproti tomu mobilní manipulátory nejsou pevně spojeny s podlahou či pojezdem. Mají volnosti pohybu(např.: roboti podávající zboží ze skladu). [10]

Tyto manipulátory jsou vybaveny algoritmy umělé inteligence pomocí kterých řeší problémy jako třeba překážku v cestě či nalezení nejkratší cesty. Právě díky vyšší úrovni řízení a využití algoritmů umělé inteligence se nemusí manipulátory řídit pomocí čar, ale pracoviště mají nahrané v programu. Volba mezi víceúčelovými a univerzálními manipulátory pak záleží na použité technologii, daném pracovišti či samozřejmě ceně, jelikož v praxi je potřeba zohlednit jak technickou stránku věci tak ekonomickou.



Obrázek 3: Upnutí robotů na stacionární konzole a na pojezd.

[5]

**Synchronní manipulátory:** Synchronní manipulátory známé také jako exoskeletony nebo teleoperátory. Tyto manipulátory v podstatě zesilují silové a pohybové možnosti pracovníka na základě jeho ovládní. Manipulátor tvoří spolu s člověkem jakousi uzavřenou regulační smyčku. Tyto manipulátory se využívají jak ve vědeckém sektoru, tak i v lékařském či vojenském. V rámci lékařského se jedná například o speciální operace, které jsou vykonávány pomocí miniaturních manipulátorů nepřímo chirurgem. Dále se dají využít pro manipulace s výbušným či jinak nebezpečným materiálem, jelikož řízení funguje na dálku. Fungují v režimu "master - slave" [3, 2]

**Programovatelné manipulátory:** Tyto manipulátory jsou provedením, pohonem i funkcí nezávislé na stroji který obsluhují. Tyto manipulátory, často nazýváni roboti, jsou svou koncepcí závislí na svém programu. Jsou tedy závislé na jejich samotném řídicím programu a ne na obsluhovaném stroji. Tuto skupinu dělíme na manipulátory s pevným programem, proměnlivým programem a kognitivní roboty. [3, 2]

**Manipulátory s pevným programem:** Programy těchto manipulátorů se nemění během jeho činnosti. Program je jednodušší a tyto manipulátory se nazývají jako "jednoduché průmyslové roboty" nebo také "průmyslové roboty 1. generace". Tyto manipulátory jsou velmi rozšířené díky své jednoduchosti a s tou spojenou spolehlivostí. [3, 2]

**Manipulátory s proměnlivým programem:** Často označované jako roboty "2. generace". Mají možnost přepínání nebo volby programu. Toto přepínání se většinou děje podle stavu, ve kterém se mechanismy robota nacházejí. Disponují často adaptivním řízením a velkou samostatností chování. Mohou například sledovat hodnotu teploty a reagovat na ni zvýšením či snížením průtoku chladiva. Ideálním případem je například robot pro svařování, a to konkrétně pro svařování elektrickým obloukem, kdy si robot hlídá spáru a upravuje hořák tak, aby spára nevybočila z požadované křivky. [3, 2]

Pro robota a jeho adaptivnost je velmi důležité aby robot poznal kdy nastane dotyk, stanovit přesný bod dotyku a jeho charakter pro určení např. reakčních sil. Kvůli těmto věcem jsou koncové efekty osazené velkým množstvím senzorů. [3, 2]

#### **Kognitivní PRaM:**

Kognitivním procesem rozumíme proces vnímání a racionálního myšlení. Vykazují jistou úroveň autonomního chování. Jsou označovány jako inteligentní roboty 3. generace. Řídicí program těchto robotů není pevný, ale je volitelný a to buď člověkem, nebo vlastním zařízením. Tím se liší od synchronních manipulátorů kde je člověk přímo „součástí“ robota. Jejich použití je možné i k automatizaci intelektuálních činností. Obsahují totiž strojové učení díky čemu se pak přizpůsobí k řešení daného úkolu. Nejsou schopny citového nebo volného jednání. [3, 2, 10]

Jsou tedy schopni rozpoznávat prostředí a rozpoznávat vnitřní model a na jeho základě v souladu s cíli rozhodovat o své činnosti. Dále pak ovlivňovat své prostředí svým pohybem a manipulací s předměty a komunikovat s obsluhujícím člověkem. [3, 2, 10]

Autonomnost je dána prací robota nezávisle na člověku minimálně tak, že člověk není s robotem v uzavřené smyčce jako u synchronních manipulátorů. [3, 2]

### 3.1 Rozdělení podle generací:[3, 2, 10]

Rozdělení podle generací se týká dělení podle úrovně řízení a taktéž nemá přesně vymezené hranice. To je způsobeno hlavně rychlým vývojem a posunováním úrovně robotů díky kterému se hranice mezi jednotlivými generacemi prolínají. 0. generace: PRAm této generace jsou většinou bez zpětné vazby z okolního prostředí. Kvůli tomu veškeré poruchy vedou ke stopnutí robota a odpojení jej od zdroje energie.

**1. generace:** Roboti první generace obsahují jednoduchou částečnou zpětnou vazbu mezi vnějším prostředím a řídicím systémem. Nejčastější použití těchto robotů je na operace "pick and place". Některé prameny rozdělují ještě roboty 1,5 generace které jsou osazeny senzory pro operace "udělej a ověř".

**2. generace:** Tyto roboty jsou snadno programovatelné. Obvykle obsahují proměnlivý program a jsou schopni zpětné vazby pomocí většího počtu snímačů a senzorů než je tomu u generace 1,5. Jsou schopni jisté úrovně optimalizace, tedy výběru z daných programů pro optimální splnění úkolu podle daného kritéria optimalizace. K tomu je již potřeba řídicí počítač. Fungují na systému „oko-ruka“. Roboty generace 2,5 by pak zajišťovali funkce "vnímatelně-pohybové".

**3. generace:** Roboti obsahující umělou inteligenci. Schopni reagovat, vyhodnocovat a přizpůsobovat se aktuální situaci. Schopni jisté úrovně učení se. Jsou schopni pracovat samostatně jen podle instrukcí člověka. Neprogramují se, zadávají se pouze cíle k dosažení. Umělá inteligence si pak sama podle svého učení na základě cílů vytvoří program.

**4. generace:** reprezentovaná jako autonomní roboti schopni sociálního chování. Jejich chování je podobné člověku a volí si sami cíl práce (konativní roboty).

### 3.2 Dělení podle kinematických prostorů:[6]

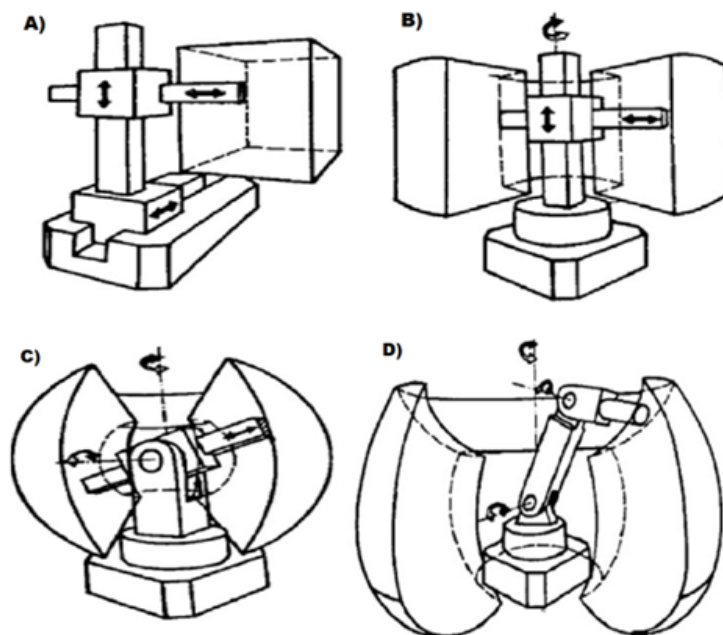
Dělení podle kinematických prostorů je velmi důležité skrz dosahy robota. Na tento parametr je potřeba brát ohled v souvislosti s uspořádáním robotického pracoviště. To v jakém souřadném systému robot operuje záleží na počtu a typu jeho vazeb. Ty základní se určují pomocí tří kinematických dvojic. Jedná se u nich také o sériovou kinematiku.

**Kartézský/kvádrový pracovní prostor:** Kartézský, kvádrový nebo též pravoúhlý pracovní prostor robota vzniká u robotů tvořený 3 translačními vazbami označovanými "TTT". Tyto vazby jsou na sebe kolmé čímž je zajištěna právě pravoúhlost. Tento pracovní prostor má tedy tvar kvádra a zajišťuje stejnou přesnost v celém jeho rozsahu. Manipulovaný objekt nemění svoji orientaci vůči počátku souřadného systému. Tyto roboty existují také v portálovém provedení.

**Cylindrický pracovní prostor:** Cylindrického pracovního prostoru se dosahuje pomocí jedné rotační a dvou translačních vazeb robota nazývané "RTT". Tyto roboty jsou zpravidla osazeny nosným sloupem, který se otáčí kolem své osy a ramenem vykonávajícím vertikální pohyb a vysunutí či zasunutí. Předmět který robot manipuluje zde mění svou orientaci vůči počátku souřadného systému.

**Sférický pracovní prostor:** Je tvořen pomocí dvou rotačních a jedné translační vazby se zkratkou "RRT". Rameno se zde otáčí jak kolem svislé tak podle horizontální osy. Rameno je opět výsuvné jako u robotů s RTT. Roboty s tímto pracovním prostorem nejsou moc využívány ačkoli právě tímto pracovním prostorem disponoval první průmyslový robot od firmy UNIMATE.

**Angulární pracovní prostor:** Jedná se o roboty s třemi rotačními vazbami, tedy "RRR". Tuto kinematiku používají šestiosé roboty jelikož díky menším rozměrům a kulovému pracovnímu prostoru dosahují vysoké flexibility a širokého potenciálu použití. Díky možnosti dvojitého ohybu ramena dokáží pracovat i ve své bezprostřední blízkosti. Tento typ je jednoduchý na programování a právě pro tento typ robotů se používají pojezdy, nejčastěji kolejové, jakožto sedmá osa.



Obrázek 4: Základní pracovní prostory robotů se sériovou kinematikou. a) kartézský, b) cylindrický, c) sférický, d) angulární.

[6]

Vlastní skupinou lze pak zahrnout speciální pracovní prostory kde jsou osy uspořádány speciálně. Mezi tyto speciální prostory patří například pracovní prostor robotů SCARA (zkonstruováno v Japonsku) s vazbami RRT který disponuje dvěma rovnoběžnými osami rotace. Tyto roboty vynikají svou rychlostí, tuhostí a přesností v omezením prostoru. [11]

**Paralelní kinematika:** V posledních letech často velmi rozvíjená je paralelní kinematika. Spočívá v připevnění koncového efektoru na pohyblivá ramena. Tyto ramena potom svou manipulací orientují předmět v prostoru. Jedná se o protistranu sériové kinematiky jelikož zde nejsou kinematické dvojce spojené za sebou sériově. Výhodou je například menší důraz na výrobní přesnost součástí robota a vyšší dosahovanou rychlost. Nejčastěji se využívají tzv. Hexapody, tedy kinematiky, které mají šest stupňů volnosti. [8]

Naopak nevýhodou je složitost řízení a odměřování jelikož je potřeba při každém pohybu souřadnice transformovat pro výpočet délky všech ramen. Z důvodu několika ramen držících koncový efektor zde dochází také k problémům s tepelnou stabilitou dlouhých ramen a také potřebou většího prostoru pro zástavbu robota. [8]

Tyto roboty v dnešní době nahrazují roboty typu SCARA díky vyššímu výkonu. Používají se například na třídění výrobků na lince pomocí strojového vidění. [8]



Obrázek 5: Paralelní robot ABB IRB 360 FlexPicker

[1]

PRaM jde dělit ještě z mnoha dalších hledisek. Celkový a detailní rozbor dělení robotů a manipulátorů ze všech hledisek by však velice převyšoval rozsah a možnosti této seminární práce. Pro příklad lze roboty dělit například podle následujících kritérií: Architektura/stavba robota, počet stupňů volnosti, velikost, hmotnost, nosnost, velikost pracovního prostoru, rychlost/přesnost pohybu, druh pohonu, způsob měření, způsob komunikace s okolím a třeba i odolnost vůči prostředí jelikož jiný robot se použije v čistém prostředí lékařské laboratoře a jiný na svařovací či lakovací lince. [2, 9]

## 4 Závěr

Tato práce se věnuje rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů z několika základních hledisek. Toto rozdělení není ovšem úplné a detailní jelikož by to vyžadovalo práci většího rozsahu. Toto základní rozdělení by ovšem mělo stačit pro získání základního přehledu o možnostech dnešních robotů jelikož nasazování robotů v rámci robotizace a Průmyslu 4.0 je čím dál častější. Toto rozdělení se nejspíše bude postupem času více či méně měnit a upravovat, jelikož robotika je velmi dynamicky se rozvíjející odvětví průmyslu.

## Reference

- [1] ABB. Irb 360 flexpicker., [4.3.2022].
- [2] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty*. Brno: Vysoké učení technické, 2000.
- [3] KOLÍBAL, Z. A. R. K. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů*. Košice: Viena, 1993.
- [4] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty: Základní učební text*. Brno, 2012.
- [5] KUKA. Roboty ve slévárně., [3.3.2022].
- [6] LUBOJACKÝ, O. *Základy Robotiky*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1990.
- [7] MATIČKA, ROBER, B. C. A. J. T. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Praha: SNTL, 1990.
- [8] MRÁZ, P. Průmyslové roboty v praxi., [2.3.2022].
- [9] OPLATEK, F. *Automatizace a automatizační technika*. Praha: Computer press, 2000.
- [10] RUMÍŠEK, P. Automatizace: roboty a manipulátory.
- [11] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008.
- [12] TROM. Trojramenný manipulátor 3rm., [3.3.2022].