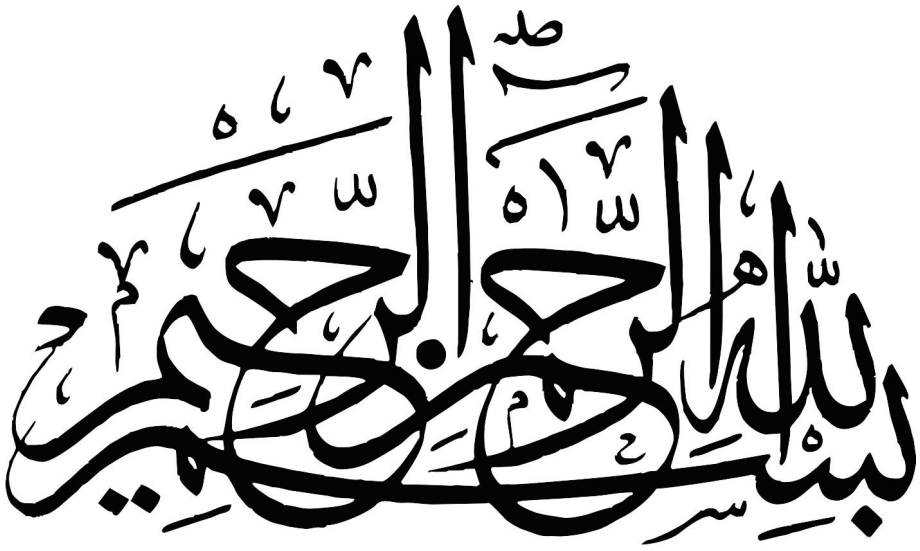
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق و رباتیک
گروه مهندسی برق - کنترل

کنترل فازی تطبیقی گسسته بازوی ماهر رباتیک

دانشجو:
سیامک آذرگشسب

استاد راهنما:
دکتر محمد مهدی فاتح

رساله دکتری جهت اخذ رشته دکتری

شهریور ۱۳۹۳

شماره: ۱۲۰۰/ت ۰۱/ب
تاریخ: ۹۳/۶/۲۷
ویرایش: —

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره ۱۲

صورت جلسه دفاع از رساله دکتری (Ph.D)

بدینوسیله گواهی می شود آقای/خانم سید [illegible] دانشجوی دکتری رشته برق - کنترل به شماره

دانشجویی ۸۹۱۷۹۷۵ ورودی سال ۱۳۸۹ درتاریخ ۹۳/۶/۳۰ از رساله خود با عنوان :

کنترل فازی تطبیقی گسسته بازوی ماهر رباتیک

دفاع و با اخذ نمره ۱۸/۶۱۳ به درجه : بسیار خوب نائل گردید.

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☐	ب) درجه بسیار خوب: نمره ۱۸/۹۹ – ۱۷ ☒
ج) درجه خوب: نمره ۱۶/۹۹– ۱۵ ☐	د) غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
ه) رساله نیاز به اصلاحات دارد ☐	

ردیف	هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱	دکتر محمد مهدی نائینی	استاد/ اساتید راهنما	استاد	
۲	دکتر —	مشاور/ مشاورین	—	—
۳	دکتر محمود [illegible]	استاد مدعو داخلی / خارجی	استاد	
۴	دکتر حمید رضا طاهرخانی	استاد مدعو داخلی / خارجی	دانشیار	
۵	دکتر علی اکبر زارع کلاته	استاد مدعو داخلی / خارجی	استادیار	
۶	دکتر محسن دلی زاده	سرپرست (نماینده) تحصیلات تکمیلی دانشکده	استادیار	

مدیر محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

ضمن تأیید مراتب فوق مقرر فرمائید اقدامات لازم بعمل آید.

رئیس دانشکده و رئیس هیأت داوران :

تاریخ و امضاء :

تو بوی کدامین بهار را میدادی که این چنین کوچه و باغ های قلب‌مان سرشار از یاد و عطر توست

قلب مهربانم که هزاران رنج ناگفته در آن نقش بسته بود چه زیبا ترانه محبت را زمزمه می‌کرد

هرگز بهار بی وجودت را باور نداشتیم

بهار اینجا غم انگیزتر از صدها خزان بود

تقدیم به روح پدر عزیزم که در کودکی مرا تنها گذاشت

تقدیم به

قلب‌هایی که لحظه لحظه ضعیف شدند تا من جان بگیرم

دستانی که لحظه لحظه لرزان شدند تا من قلم در دست بفشارم

گیسوانی که لحظه لحظه سفید شدند تا من جوان شوم

قدم‌هایی که لحظه لحظه سست شدند تا من بر پله‌های موفقیت صعود کنم

چشمانی که لحظه لحظه کم سو شدند تا من به افق‌های دور دست چشم بدوزم

تقدیم به عموی عزیز و مادرمهربانم که اسطوره های همیشگی ایثارند

تقدیم به

ستون‌های زندگیم، تقدیم به نگاهشان که تکیه گاه های لحظه‌های تردید و ترسم شدند

تا شریک شوند در سختی‌هایی که پایان ناپذیر بودند

تقدیم به برادران عزیز و خواهران مهربانم

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی که آدمی را به نعمت تفکر آراست و استاد فرزانه‌ای چون پروفسور محمد مهدی فاتح را در مسیر راهم قرار داد تا از اندیشه نابش بهره گیرم و دانش و بینشش را ره‌توشه خویش سازم. پاس می‌دارم اندیشه بلندش را و ارج می‌نهم همت والایش را.

از داوران محترم جناب آقای دکتر تشنه لب، جناب آقای دکتر طوسیان و جناب آقای دکتر اکبرزاده که زحمت داوری این پایان‌نامه را به عهده گرفتند بی‌نهایت سپاسگزارم. از تمامی اساتید و کارمندان دانشکده برق و همچنین تمامی دوستان گرانقدر بالاخص آقای سعید خراشادی زاده که صبورانه مرا تحمل کردند، تشکر می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب **سیامک آذرگشسب** دانشجوی دوره دکتری رشته **برق کنترل** دانشکده **برق و رباتیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **کنترل فازی تطبیقی گسسته بازوی ماهر رباتیک** تحت راهنمائی **دکتر محمد مهدی فاتح** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۳/۷/۵

امضای دانشجو

سیامک آذرگشسب

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

بازوهای رباتیک سیستمهای غیرخطی چندمتغیره با تزویج بالا و انواع عدم قطعیت‌ها می‌باشند. اگرچه روش‌های کنترل مقاوم و تطبیقی به منظور غلبه بر عدم قطعیت‌ها که شامل عدم قطعیت پارامتری، دینامیک مدل نشده، اغتشاش خارجی و خطای گسسته‌سازی می‌باشند، پیشنهاد شده‌اند ولی به دلیل پیچیدگی دینامیک ربات با مشکل مواجه هستند. یک سیستم فازی می‌تواند به عنوان یک تقریب‌گر عمومی برای تقریب هر تابع غیرخطی استفاده شود. از این ویژگی سیستم‌های فازی در طراحی کنترل‌کننده‌های فازی تطبیقی به خوبی استفاده شده است. سیستم‌های کنترل فازی تطبیقی بر مبنای تضمین پایداری طراحی می‌شوند. از آنجا که در عمل، قوانین کنترل به‌صورت گسسته پیاده‌سازی می‌شوند، در این پایان‌نامه، طراحی کنترل‌کننده‌های زمان-گسسته فازی تطبیقی ربات با راهبرد کنترل ولتاژ و تحلیل پایداری سیستم‌های کنترل پیشنهادی ارائه شده است. در این رساله، روش جدیدی برای الگوریتم گرادیان نزولی استفاده شده است. در اکثر مراجع، تخمینگرهای فازی به گونه‌ای طراحی می‌شوند که خروجی سیستم فازی، خروجی سیستم را ردگیری می‌کند. اما در این رساله، سیستم فازی برای تخمین عدم قطعیت مجتمع طراحی شده است و این مهمترین تمایز روش پیشنهادی با روشهای قبلی است. یکی دیگر از نوآوری‌های این پایان‌نامه، ارائه روشی جدید برای جبران خطای تقریب سیستم فازی می‌باشد. در این رساله، برای جبران خطای تقریب سیستم فازی روش جدیدی ارائه شده است که نیازی به انتگرال‌گیری از خطای ردگیری ندارد. همچنین، قانون کنترل زمان-گسسته فازی تطبیقی با فیدبک موقعیت پیشنهادی، فقط پس خورد موقعیت مفصل را نیاز دارد. مطالعه موردی روی ربات هنرمند و ربات اسکارا انجام شده است. تحلیل پایداری و نتایج شبیه‌سازی اثر این روش کنترلی را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: راهبرد کنترل ولتاژ، کنترل زمان-گسسته، کنترل مستقل از مدل، کنترل فازی تطبیقی، کنترل مقاوم، بازوی ماهر رباتیک.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱- رباتیک..... ۲

۱-۲- مروری بر کنترل دیجیتال..... ۳

۱-۳- مروری بر تحقیقات پیشین..... ۷

۱-۴- کنترل ولتاژ..... ۱۲

۱-۵- اهداف تحقیق..... ۱۴

۱-۶- مروری بر ساختار پایان نامه..... ۱۵

فصل دوم : مدل سازی سیستم رباتیک..... ۱۹

۲-۱- مقدمه..... ۲۰

۲-۲- اجزا و ساختار ربات..... ۲۰

۲-۳- نمایش دناویت- هارتنبرگ..... ۲۱

۲-۴- سینماتیک سرعت..... ۲۶

۲-۴-۱- تعیین ماتریس ژاکوبین..... ۲۷

۲-۵- مدلسازی دینامیکی..... ۳۱

۲-۶- انرژی جنبشی..... ۳۲

۲-۷- توزیع جرم..... ۳۴

۲-۸- انرژی پتانسیل..... ۳۶

۲-۹- لاگرانژین..... ۳۶

۲-۱۰- معادلات دینامیکی ۳۶
۲-۱۱- محرکه ۳۸
۲-۱۱-۱- موتورهای dc مغناطیس دائم ۳۹
۲-۱۲- مدل دینامیکی سیستم ربات به همراه محرکه ۴۳
فصل سوم : روش‌های کنترلی ۴۷
۳-۱- راهبرد کنترل گشتاور ۴۸
۳-۱-۱- مقدمه ۴۸
۳-۱-۲- راهبرد کنترل گشتاور بر مبنای مدل ۴۹
۳-۱-۳- شبیه سازی سیستم کنترل ربات ۵۱
۳-۲- راهبرد کنترل ولتاژ ۵۵
۳-۲-۱- مقدمه ۵۵
۳-۲-۲- طراحی کنترل کننده مبتنی بر مدل ۵۶
۳-۲-۳- شبیه سازی سیستم کنترل ربات ۵۹
فصل چهارم: کنترل زمان-گسسته مستقل از مدل با استفاده از تخمین‌گر فازی تطبیقی..... ۶۳
۴-۱- مقدمه ۶۴
۴-۲- قانون کنترل پیشنهادی مستقل از مدل ۶۴
۴-۳- تخمین‌گر فازی تطبیقی گسسته ۶۶
۴-۴- تحلیل پایداری ۷۰
۴-۵- نتایج شبیه‌سازی ۷۳
۴-۵-۱- کنترل ردگیری ۷۴

۴-۵-۲- کنترل با شرایط اولیه ۷۷
۴-۵-۳- کنترل با اغتشاش ۷۸
فصل پنجم: کنترل زمان-گسسته فازی تطبیقی با استفاده از فیدبک موقعیت ۸۱
۵-۱- مقدمه ۸۲
۵-۲- قانون کنترل پیشنهادی ۸۲
۵-۳- تخمین‌گر فازی تطبیقی گسسته ۸۳
۵-۴- تحلیل پایداری ۸۸
۵-۵- نتایج شبیه‌سازی ۹۱
۵-۵-۱- کنترل ردگیری ۹۱
۵-۵-۲- کنترل با اغتشاش ۹۴
فصل ششم: کنترل زمان-گسسته فازی تطبیقی در فضای کار ۹۷
۶-۱- مقدمه ۹۸
۶-۲- قانون کنترل پیشنهادی ۹۸
۶-۳- تخمین‌گر فازی تطبیقی گسسته ۱۰۰
۶-۴- تحلیل پایداری ۱۰۲
۶-۵- نتایج شبیه‌سازی ۱۰۵
۶-۵-۱- کنترل ردگیری ۱۰۵
۶-۵-۲- کنترل با اغتشاش ۱۰۶
فصل هفتم: کنترل زمان-گسسته فازی تطبیقی مستقیم ۱۱۱
۷-۱- مقدمه ۱۱۲

۷-۲- طراحی کنترل کننده فازی تطبیقی مستقیم ۱۱۲
۷-۳- تحلیل پایداری ۱۱۷
۷-۴- شبیه‌سازی روش کنترل فازی تطبیقی مستقیم ۱۱۹
۷-۴-۱- کنترل ردگیری ۱۲۰
۷-۴-۲- تنظیم ۱۲۱
فصل هشتم: کنترل زمان-گسسته فازی تطبیقی غیر مستقیم ۱۲۷
۸-۱- مقدمه ۱۲۸
۸-۲- طراحی کنترل کننده فازی تطبیقی غیر مستقیم ۱۲۸
۸-۳- تحلیل پایداری ۱۳۴
۸-۴- شبیه‌سازی روش کنترل فازی تطبیقی غیر مستقیم ۱۳۷
۸-۴-۱- کنترل ردگیری ۱۳۷
۸-۴-۲- تنظیم ۱۴۰
فصل نهم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۴۵
۹-۱- نتیجه گیری ۱۴۶
۹-۲- پیشنهادات ۱۴۸
مراجع ۱۴۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) سیستم حلقه بسته با استفاده از کنترل‌کننده زمان-گسسته و سیستم زمان-پیوسته ۶

شکل (۲-۱) نمایش نمادهای مفاصل ربات ۲۱

شکل(۲-۲) پارامترهای دناویت هارتنبرگ ۲۴

شکل (۲-۳) اختصاص دستگاه مختصات به دیاگرام مفصلی ربات هنرمند ۲۵

شکل (۲-۴) دستگاه‌های مختصات متصل به جسم صلب ۳۱

شکل(۲-۵) مدل فشرده یک رابط با سیستم انتقال چرخ دنده- محرکه ۴۱

شکل (۳-۱) دیاگرام کنترل چند متغیره ربات بر مبنای راهبرد کنترل گشتاور..... ۴۹

شکل (۳-۲) دیاگرام سیستم کنترل ربات..... ۵۱

شکل (۳-۳) خطای ردگیری سیستم کنترل با راهبرد کنترل گشتاور..... ۵۳

شکل (۳-۴) سیگنال کنترلی با راهبرد کنترل گشتاور در ردگیری..... ۵۳

شکل (۳-۵) خطای تنظیم سیستم کنترل با راهبرد کنترل گشتاور..... ۵۴

شکل (۳-۶) سیگنال کنترلی با راهبرد کنترل گشتاور در تنظیم..... ۵۴

شکل (۳-۷) دیاگرام کنترل ولتاژ موتور مفصل ربات..... ۵۶

شکل (۳-۸) دیاگرام موتور مغناطیس دائم DC..... ۵۹

شکل (۳-۹) سیستم کنترل موتور..... ۵۹

شکل (۳-۱۰) سیستم کنترل ربات بر مبنای راهبرد کنترل ولتاژ..... ۶۰

شکل (۳-۱۱) مسیر مطلوب ۶۱

شکل (۳-۱۲) خطای ردگیری سیستم کنترل با راهبرد کنترل ولتاژ ۶۱

شکل (۳-۱۳) ولتاژ موتورهای سیستم کنترل با راهبرد کنترل ولتاژ ۶۲
شکل (۴-۱) تابع عضویت ورودی e_k ۶۹
شکل (۴-۲) دیاگرام سیستم کنترل فازی تطبیقی..... ۷۴
شکل (۴-۳) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی زمان-گسسته ۷۵
شکل (۴-۴) تطبیق پارامترهای سیستم فازی ۷۶
شکل (۴-۵) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته ۷۶
شکل (۴-۶) عملکرد ردگیری با شرایط اولیه در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته ۷۷
شکل (۴-۷) ولتاژ موتورها با شرایط اولیه در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته ۷۸
شکل (۴-۸) عملکرد تنظیم در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته..... ۷۹
شکل (۴-۹) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته در تنظیم..... ۸۰
شکل (۴-۱۰) تطبیق پارامترهای سیستم فازی در تنظیم..... ۸۰
شکل (۵-۱) تابع عضویت ورودی e_k ۸۵
شکل (۵-۲) دیاگرام سیستم کنترل فازی تطبیقی ۹۲
شکل (۵-۳) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی زمان-گسسته ۹۳
شکل (۵-۴) تطبیق پارامترهای سیستم فازی ۹۳
شکل (۵-۵) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته ۹۴
شکل (۵-۶) عملکرد ردگیری با اغتشاش در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته ۹۵
شکل (۵-۷) ولتاژ موتورها با اغتشاش در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته ۹۶
شکل (۶-۱) دیاگرام سیستم کنترل فازی تطبیقی در فضای کار..... ۱۰۶
شکل (۶-۲) مسیر مطلوب ۱۰۷

شکل (۶-۳) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی زمان-گسسته صفحه xy در فضای کار ۱۰۸
شکل (۶-۴) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی زمان-گسسته محور z در فضای کار ۱۰۸
شکل (۶-۵) تطبیق پارامترهای سیستم فازی در فضای کار ۱۰۹
شکل (۶-۶) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته در فضای کار ۱۰۹
شکل (۶-۷) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی زمان-گسسته صفحه xy در فضای کار
با حضور اغتشاش..... ۱۱۰
شکل (۶-۸) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی زمان-گسسته در فضای کار با حضور اغتشاش ۱۱۰
شکل (۷-۱) دیاگرام سیستم کنترل فازی تطبیقی مستقیم..... ۱۲۰
شکل (۷-۲) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی مستقیم زمان-گسسته ۱۲۱
شکل (۷-۳) تطبیق پارامترهای سیستم فازی در ردگیری ۱۲۲
شکل (۷-۴) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی مستقیم زمان-گسسته ۱۲۲
شکل (۷-۵) عملکرد نقطه تنظیم در سیستم فازی تطبیقی مستقیم زمان-گسسته ۱۲۳
شکل (۷-۶) خطای تنظیم در سیستم فازی تطبیقی مستقیم زمان-گسسته ۱۲۴
شکل (۷-۷) تطبیق پارامترهای سیستم فازی در تنظیم ۱۲۴
شکل (۷-۸) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی مستقیم زمان-گسسته در تنظیم ۱۲۵
شکل (۸-۱) دیاگرام سیستم کنترل فازی تطبیقی غیر مستقیم..... ۱۳۸
شکل (۸-۲) عملکرد ردگیری سیستم کنترل فازی تطبیقی غیر مستقیم زمان-گسسته ۱۳۹
شکل (۸-۳) تطبیق پارامترهای سیستم فازی در ردگیری ۱۳۹
شکل (۸-۴) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی غیر مستقیم زمان-گسسته ۱۴۰
شکل (۸-۵) عملکرد نقطه تنظیم در سیستم فازی تطبیقی غیر مستقیم زمان-گسسته ۱۴۱

شکل (۸-۶) خطای تنظیم در سیستم فازی تطبیقی غیر مستقیم زمان-گسسته ۱۴۲
شکل (۸-۷) تطبیق پارامترهای سیستم فازی در تنظیم ۱۴۲
شکل (۸-۸) ولتاژ موتورها در سیستم فازی تطبیقی غیر مستقیم زمان-گسسته در تنظیم ۱۴۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱) جدول پارامترهای رابط مربوط به ربات هنرمند ۲۵

جدول (۲-۲) پارامترهای موتور ۴۵

جدول (۲-۳) پارامترهای ربات هنرمند با روش دناویت- هارتنبرگ ۴۵

جدول (۲-۴) پارامترهای دینامیکی ربات هنرمند ۴۶

جدول (۴-۱) قوانین فازی ۶۸

جدول (۵-۱) قوانین فازی ۸۶

جدول (۶-۱) قوانین فازی ۱۰۲

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ رباتیک

امروزه خودکارسازی و رباتیک نقش مهمی در زندگی بشر به عهده دارد و بسیاری از جنبه‌های زندگی فردی و اجتماعی انسان از قبیل بهداشت، صنعت، کشاورزی، اقتصاد، قانون، سیاست تحت تأثیر آن قرار دارد. در حال حاضر در صنعت از ربات‌ها در جوشکاری، ماشین‌کاری و مونتاژکاری خط تولید استفاده می شود[۱].

ربات ماشین خودکار یا نیمه خودکاری است که برای انجام کاری برنامه‌ریزی می‌شود. ربات‌ها را می‌توان از جنبه‌های مختلفی دسته‌بندی کرد. امروزه ربات‌ها وارد زندگی عادی و روزمره انسان‌ها شده‌اند. اگر به اطراف خود نگاه کنیم مطمئناً کاربرد علم رباتیک را خواهیم دید. اولین دلیل و مهمترین آن، استفاده از ربات‌ها به جای کارگر است زیرا ممکن است شرایطی باشد که کار کردن برای انسان، دشوار یا غیرقابل انجام باشد و یا نیاز به دقت بالایی باشد. دوم اینکه ربات‌ها خستگی ناپذیرند و نیازمند شرایط انسانی نیستند. آنها می‌توانند ساعات متوالی و در شرایط دشوار و به دور از خطرات جانی محتمل برای انسان‌ها به کار خود ادامه دهند.

ربات یک ماشین هنرمند است که قادر است در شرایط خاصی که در آن قرار می‌گیرد، کار تعریف شده‌ای را انجام دهد و همچنین قابلیت تصمیم‌گیری در شرایط مختلف را نیز دارد. با این تعریف میتوان گفت که ربات‌ها برای کارهای مختلفی می‌توانند تعریف و ساخته شوند، مانند کارهای که انجام آن برای انسان غیرممکن یا دشوار باشد. برای مثال در قسمت مونتاژ یک کارخانه اتومبیل سازی، قسمتی هست که چرخ زاپاس ماشین را در صندوق عقب قرار می‌دهد، اگر یک انسان این کار را انجام دهد، خیلی زود دچار ناراحتی‌هایی مانند کمردرد می‌شود. اما می‌توان از یک ربات برای این کار استفاده کرد. همچنین می‌توان از ربات برای جوشکاری و سایر کارهای دشوار کارخانجات استفاده کرد. ربات وسیله مکانیکی جهت انجام وظایف مختلف است. همچنین ربات دستگاهی است که می‌تواند برای عمل به دستورات مختلف برنامه-

ریزی گردد و یا اعمال ویژه انجام دهد. مخصوصاً کارهایی که فراتر از حد توانایی‌های بشر باشند. ربات‌ها برای انجام بهتر کارهای صنعتی مانند جابجایی اشیاء یا کارهای تکراری شبیه جوشکاری بکار می‌روند.

بنابراین، بهبود عملکرد سیستم‌های کنترل ربات‌ها تأثیر بسزایی در کیفیت محصولات و افزایش بهره‌ی تولید دارد. به همین دلیل طراحی سیستم‌های کنترل ربات‌ها توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است.

اغلب روشهای کنترل ربات بر مبنای راهبرد کنترل گشتاور مفاصل ربات می‌باشد[۲]. لیکن آنها بسیار پیچیده و پر محاسبه هستند. برای حل مسئله مذکور، اخیراً کنترل ربات بر مبنای راهبرد کنترل ولتاژ موتورهای ربات ارائه شده است[۳]. در این روش، به نقش محرکه ها در سیستم کنترل ربات بخوبی توجه شده است.

۱-۲ مروری بر کنترل دیجیتال

در سال‌های اخیر افزایش سریعی در استفاده از کنترل کننده‌های دیجیتال در سیستم‌های کنترل حاصل شده است. در واقع بسیاری از سیستم‌های کنترل صنعتی، کامپیوترهای دیجیتال را به عنوان جزء لازم عملیات خود در بر می‌گیرند. کنترل‌های دیجیتال در رسیدن به عملکرد بهینه مثلاً بصورت قابلیت تولید حداکثر، سود حداکثر، هزینه حداقل، یا مصرف انرژی حداقل به کار می‌روند. سیر تکاملی اخیر ریزپردازنده و میکروکامپیوترها که می‌توانند در وظایف کنترلی مختلف مورد استفاده قرار گیرند، روند جدیدی در جهت منظور کردن کامپیوترهای دیجیتال حتی در سیستم‌های کنترل با مقیاس کوچک به منظور به دست آوردن عملکرد بهینه برقرار کرده است[۴].

اخیراً، کاربرد کنترل کامپیوتری، حرکت هوشمندانه در ربات‌های صنعتی، بهینه سازی مصرف سوخت در اتومبیل‌ها و ماشین آلات مانند اجاق‌های مایکروویوی و چرخ‌های خیاطی و غیره را امکان‌پذیر ساخته

است. قابلیت تصمیم‌گیری و انعطاف‌پذیری در برنامه کنترل مزایای عملی سیستم‌های کنترل دیجیتال می‌باشد.

در مهندسی کنترل، کامپیوترهای دیجیتال برای دو منظور مختلف به کار برده شده‌اند. اولاً، از آنها برای تحلیل و ترکیب سیستم‌های کنترل پیچیده شامل شبیه‌سازی دیجیتالی و محاسبهٔ دیجیتالی دینامیک-های کنترل پیچیده استفاده شده است. ثانیاً، بصورت کنترل کننده‌ها در سیستم‌های کنترل به کار برده شده‌اند [۴].

از مزایای سیستم‌های کنترل دیجیتال می‌توان به: قابلیت ساخت آسان، قابلیت تغییر، حساسیت کم نسبت به تغییرات محیط و ارزان بودن اشاره کرد. با این حال، بسیاری از سیستم‌ها به صورت زمان پیوسته کار می‌کنند. تعیین مدل سیستم زمان-گسسته از سیستم زمان-پیوسته برای کنترل دیجیتال بسیار مهم است. یک کنترل کننده دیجیتال بر اساس مدل زمان-گسسته فرایند زمان-پیوسته که با سیگنال‌های آنالوگ کار میکند، طراحی می‌شود. اگر مدل ریاضی سیستم معلوم باشد، مدل زمان-گسسته آن را می-توان از طریق روش‌های گسسته سازی بدست آورد. با این حال، در واقعیت بسیاری از سیستم‌های پیچیده را به سختی می‌توان به صورت ریاضی مدلسازی کرد [۴]. بنابراین، توجه برای طراحی و آنالیز کنترل زمان-گسسته به منظور بکارگیری کامپیوترهای دیجیتال به عنوان کنترل کننده مورد نیاز است. کنترل زمان-گسسته از ربات های صنعتی پیش از این استفاده شده است[۵].

آنالیز پایداری سیستم‌های کنترل زمان-گسسته به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در [۶] روش جدیدی برای آنالیز پایداری سیستم‌های کنترل فازی زمان-گسسته مبنی بر تابع لیاپانوف با طراحی کنترل کننده H_∞ ارائه شده است. همچنین، آنالیز پایداری و طراحی کنترل کننده برای سیستم کنترل فازی T-S گسسته با تأخیر زمانی، تحت شرایط عدم تطابق پارامترهای قسمت مقدم با مقادیر واقعی ارائه شده است، که در آن توابع عضویت مربوط به مدل فازی T-S گسسته برای تأخیر زمانی و کنترل کننده