

مقدمه‌ای بر رباتیک

دکتر حمیدرضا تقی‌راد
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر محمد اعظم خسروی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مرداد ماه ۱۴۰۲

سرشناسه	تقی‌راد، حمیدرضا، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پدیدآورندگان	مقدمه‌ای بر رباتیک/ حمیدرضا تقی‌راد، محمداعظم خسروی.
مشخصات نشر	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	۴۹۹ ص.: مصور(رنگی)، نمودار.
فروست	انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ ۵۳۸.
شابک	978-622-5234-23-9
وضعیت فهرست نویسی	فیپا.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتاب‌نامه.
یادداشت	نمایه.
موضوع	رباتیک / Robotics
شناسه افزوده	خسروی، محمداعظم، ۱۳۵۴ -
رده‌بندی کنگره	TJ۲۱۱
رده‌بندی دیویی	۶۲۹/۸۹۲
شماره کتابشناسی ملی	۹۲۸۲۶۹۵



ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



www.ketab.ir

عنوان کتاب: مقدمه ای بر رباتیک

نویسندگان: دکتر حمیدرضا تقی‌راد و دکتر محمد اعظم خسروی

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: مرداد ماه ۱۴۰۲

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قطع: وزیری



حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

خیابان میرداماد غربی- شماره ۴۷۰- انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲
میدان ونک - خیابان ولی عصر (عج)، بالاتر از چهارراه میرداماد، شماره ۲۶۲۶، مرکز پخش و فروش، تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷
فروش برخط: aras.kntu.ac.ir/publications/books/robotics

پیش‌گفتار

امروزه با پیشرفت دانش بشر، استفاده از فناوری رباتیک در صنایع اتوماسیون و تولید انبوه محصولات صنعتی بیش از پیش توسعه یافته است. دانش رباتیک دنیای جذاب خلق ماشین‌های هوشمندی است که با تقلید از انسان، به گونه‌ای حرکت می‌کنند که به نظر دارای نیت مستقل هستند. آنها توانایی ادراک محیط اطراف خود را دارند و همانند انسان می‌توانند در تولید یک محصول مشارکت نمایند.

علاقه انسان به موضوع رباتیک در توجه وی به خلق موجودی نظیر خود تجلی می‌یابد و این موضوع موتور محرک توسعه فناوری رباتیک در جهان بوده است. برای اینکه رویای انسان در خلق موجودی نظیر خود به واقعیت بپیوندد، تولید دانش، توسعه فناوری و انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در زمینه‌های علمی متنوعی محقق شده است. رباتیک به معنای عام خود زمینه تحقیقاتی چند رشته‌ای است که به توسعه این دانش اهتمام می‌ورزد و طبیعی است که نتوان حتی گوشه‌ای از این دانش گسترده را در یک کتاب خلاصه نمود.

آنچه در این کتاب بدان می‌پردازیم مبانی نظری و گوشه‌ای از توسعه فناوری لازم به منظور تحلیل و طراحی ربات‌های سری است. این نوع ربات‌ها به عنوان نسل اول ربات‌های صنعتی در تولید انبوه محصولات صنعتی به کار گرفته شده‌اند. نسل دوم ربات‌های صنعتی دارای ساختار موازی هستند که تحلیل و طراحی آنها نیازمند آشنایی با دانش و مهارت در تحلیل و طراحی ربات‌های سری است. بدین دلیل در این کتاب به تحلیل و طراحی ربات‌های سری بسنده می‌شود و به مخاطبین علاقه‌مند به ربات‌های موازی، مطالعه کتاب دیگری که چندی پیش توسط نویسنده اول این کتاب به رشته تحریر درآمده است، توصیه می‌شود [۱].

گستره این کتاب تحلیل و طراحی ربات‌های سری را در زمینه‌های سینماتیک، دینامیک و کنترل دربرمی‌گیرد. با فهم موضوعات مطرح شده در این کتاب مهارت لازم برای تحلیل ساختارهای ساده و پیچیده چند درجه آزادی یک حلقه سینماتیکی باز، فراهم می‌شود. نظر به تمرکز این کتاب بر ربات‌های سری، ابتدا نمایش ریاضی حرکت در فضای سه بعدی با تعریف دقیق مکان و جهت‌گیری و روش‌های متنوع نمایش آنها مورد توجه قرار می‌گیرد. در ادامه، تحلیل سینماتیکی ربات‌های سری با دو روش دناویت-

با نیاز برآزش شده است. بنا به این ضرورت، بسیاری از بخش‌های پیشرفته رباتیک از متن کتاب حذف شده است، ولی به منظور استفاده مخاطبان محترم، این بخش‌ها به همراه برنامه‌های کاربردی به صورت مستقل در پایگاه گیت‌هاب و وبگاه کتاب در اختیار همگان قرار گرفته است. علاوه بر این کلیه برنامه‌های استفاده شده در این کتاب، کدهای Matlab، اسلایدهای تدریس درس و موارد اصلاحی پس از چاپ به همراه امکان خرید الکترونیکی کتاب در وبگاه کتاب در آدرس زیر اختیار مخاطبان گرامی قرار خواهد گرفت.

<https://aras.kntu.ac.ir/publications/books/robotics>

در پایان بر خود لازم می‌دانیم در ابتدا از آقای دکتر مهدی توکلی افشاری، استاد تمام دانشکده مهندسی برق دانشگاه آلبرتای کانادا، قدردانی نماییم. در فرصت بی‌نظیری که با حمایت ایشان در دوره فرصت مطالعاتی نویسنده اول فراهم شد، ساختار اصلی کتاب پایه‌ریزی شد و پروژه‌ی تدوین این کتاب که بیش از چهار سال به دلیل مشغولیت‌های اجرایی نویسندگان به تعویق افتاده بود، عملیاتی شد. همچنین از کلیه کسانی که در تدوین کتاب و انجام اصلاحات لازم ما را یاری نموده‌اند و کلیه دانشجویانی که طی سال‌های تدریس محتوای این کتاب از نظرات ایشان بهره‌مند بوده‌ایم، تشکر و قدردانی می‌نمایم. این کتاب توسط همکاران و دانشجویان زیادی مورد بازبینی و تصحیح قرار گرفته است. از این میان کمال امتنان خود را از آقایان دکتر محمد مطهری‌فر، دکتر سجاد ازگلی، دکتر سید احمد خلیل‌پور که با بازخوردهای سازنده خود در تکمیل این نسخه یاریگر ما بوده‌اند، اعلام می‌داریم. همچنین همه زحمات‌ها و راهنمایی‌های آقای دکتر جهان‌شاه خسروی را در چاپ شایسته کتاب ارج می‌نهمیم. از آقایان مهندس محمد جواد احمدی و مهندس محمد مهدی ناظری اردکانی که در تدوین وبگاه کتاب، تکمیل کدها و بارگذاری آن بر روی سایت زحمت فراوان کشیده‌اند، تشکر می‌نماییم؛ ضمن اینکه سپاسگزار آقای مهندس رضا حیدری و سرکار خانم مهندس سارا شجاعی بابت طراحی روی جلد کتاب هستیم. در پایان، قدردان بازخوردهای سازنده مخاطبان عزیز که در تکمیل نسخه‌های بعدی کتاب مورد استفاده قرار خواهند گرفت، می‌باشیم.

امید است این مجموعه در گسترش دانش و فناوری در کشور مورد استفاده قرار گیرد.

مرداد ماه ۱۴۰۲

فهرست مطالب

پیش‌گفتار	ث
۱ مقدمه	۱
۱.۱ رباتیک چیست؟	۱
۲.۱ اجزای یک ربات	۴
۳.۱ نمادها و ساختار سینماتیکی ربات‌ها	۱۱
۴.۱ کاربردهای رباتیک	۲۰
۵.۱ ربات‌های گروه رباتیک ارس	۳۶
۶.۱ اهداف و گستره کتاب	۴۴
۲ توصیف حرکت	۴۷
۱.۲ مقدمه	۴۷
۲.۲ مکان یک نقطه از جسم صلب	۴۹
۳.۲ جهت‌گیری جسم صلب	۵۰
۴.۲ وضعیت جسم صلب در فضا	۷۶
۵.۲ تبدیل همگن	۷۸
۶.۲ نمایش حرکت جسم صلب توسط پیچ	۸۸
۷.۲ سرعت‌های خطی و زاویه‌ای	۹۱
۸.۲ شتاب‌های خطی و زاویه‌ای	۱۰۴
تمرین‌ها	۱۰۷
۳ تحلیل سینماتیکی ربات	۱۱۳
۱.۳ مقدمه	۱۱۳

۳۵۴	توپولوژی‌های کنترل حرکت	۲.۶
۳۵۷	کنترل خطی ربات	۳.۶
۳۷۱	کنترل غیرخطی و چند متغیره ربات	۴.۶
۳۸۵	کنترل مقاوم و تطبیقی ربات	۵.۶
۴۰۰	جمع بندی روش‌های کنترل حرکت ربات	۶.۶
۴۰۴	شبیه‌سازی کنترل حرکت ربات 3R	۷.۶
۴۲۶	تمرین‌ها	

۴۳۳	مروری بر جبر خطی	آ
۴۳۳	بردارها و ماتریس‌ها	۱.آ
۴۳۴	حسابان بردارها و ماتریس‌ها	۲.آ
۴۳۷	مقدار ویژه و تکین	۳.آ
۴۳۹	وارون مجازی	۴.آ
۴۴۳	ضرب کرونگر	۵.آ

۴۴۵	طراحی مسیر	ب
۴۴۶	چند جمله‌ای درجه سه	۱.ب
۴۴۹	مسیر درجه سه با نقاط میانی	۲.ب
۴۵۲	چند جمله‌ای درجه پنج	۳.ب
۴۵۵	مسیر خطی- سهمی	۴.ب
۴۶۳	طراحی مسیر در فضای کاری	۵.ب

۴۶۷	مروری بر کنترل غیرخطی	ج
۴۶۷	سیستم‌های دینامیکی	۱.ج
۴۶۸	تعاریف پایداری	۲.ج
۴۷۰	پایداری لیاپانوف	۳.ج
۴۷۴	قضیه کراسوفسکی-لازال	۴.ج

۴۷۷	کتاب‌نامه	
-----	-----------	--

۴۸۹	واژه‌نامه	
-----	-----------	--

۴۹۳	نمایه	
-----	-------	--