

بسم الله الرحمن الرحيم

کنترل حرکت در انسان

تصنیف:

دکتر فرزاد توحیدخواه

استاد دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس یگانه محمدعلی مرغی

مهندس نسیم لحیم گرزاده

تابستان ۱۳۹۳

سرشناسه	: توحیدخواه، فرزاد، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	: کنترل حرکت در انسان/ تصنیف فرزاد توحیدخواه، یگانه محمدعلی مرغی، نسیم لحیم‌گزراده.
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۵۱۰ ص.
شابک	: 978-964-463-560-1 :
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: بدن انسان -- حرکت‌شناسی
موضوع	: مهارت‌های حرکتی
موضوع	: حرکت‌شناسی (فیزیولوژی)
شماره افزوده	: محمد علی مرغی، یگانه، ۱۳۶۳ -
شماره افزوده	: لحیم‌گزراده، نسیم، ۱۳۶۶ -
شماره افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ۹۷۹/ت۹۷۰۳ QP۳۰۳
رده بندی دیویی	: ۶۱۲/۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۴۸۳۸۲۷ :



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۷/۷ شورای چاپ و
نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.

عنوان کتاب	: کنترل حرکت در انسان
تالیف	: دکتر فرزاد توحیدخواه - مهندس یگانه محمدعلی مرغی - مهندس نسیم لحیم‌گزراده
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لینوگرافی چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: تابستان ۱۳۹۳
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۳۵۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۵۶۰-۱
	تلفن مرکز پخش: ۶۶۴۹۸۸۶۸
	ISBN : 978-964-463-560-1

آدرس : خیابان ولیعصر روبروی خیابان بزرگمهر ، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است

فهرست مطالب

I	پیشگفتار
۱	فصل اول: کلیات
۱	۱-۱ مراکز مرتبط با تولید حرکت
۳	۲-۱ کنترل حرکت بیولوژیکی
۵	۳-۱ جمع‌بندی
۷	بخش اول: مباحث بیولوژیکی سیستم حرکتی در انسان
۹	فصل دوم: عضله
۹	۱-۲ مقدمه
۹	۱-۱-۲ فیزیولوژی عضله
۱۰	۲-۱-۲ پتانسیل عمل
۱۱	۲-۲ تارهای ماهیچه‌ای
۱۳	۳-۲ ساز و کار انقباض عضله
۱۴	۱-۳-۲ ساز و کار اتصال اک틴 به میوزین
۱۵	۳-۳-۲ نقش نخاع در انقباض عضله
۱۵	۳-۳-۲ حسگرهای حسی عضله
۱۶	۴-۲ مدل‌سازی عضله
۱۷	۱-۴-۲ مولفه‌های نیروی عضله
۱۹	۲-۴-۲ مدل‌سازی نیروی عضله
۲۲	۳-۴-۲ روابط ریاضیاتی مدل هیل
۲۴	۵-۲ تعریف الکترومایوگرافی
۲۵	۶-۲ کاربردهای EMG
۲۷	۷-۲ منشأ سیگنال EMG و عوامل موثر بر شدت آن
۳۰	۱-۷-۲ فاکتورهای موثر روی سیگنال EMG
۳۰	۱-۱-۷-۲ خصوصیات بافت
۳۰	۲-۱-۷-۲ تداخل فیزیولوژیکی
۳۰	۳-۱-۷-۲ تغییر فاصله بین الکترود و عضله‌ای که ثبت از آن گرفته میشود
۳۰	۴-۱-۷-۲ نویز خارجی
۳۰	۵-۱-۷-۲ الکترودها و تقویت کننده‌ها
۳۱	۸-۲ جمع‌بندی

۳۳	فصل سوم: نخاع و رفلکس‌ها
۳۳	۱-۳ مقدمه
۳۴	۲-۳ آناتومی نخاع
۳۴	۳-۳ رفلکس
۳۵	۱-۳-۳ رفلکسهای نخاعی
۳۵	۱-۱-۳-۳ رفلکس کششی
۳۶	۲-۱-۳-۳ پرش زانو
۳۷	۳-۱-۳-۳ رفلکس فشار باز کننده
۳۷	۴-۱-۳-۳ رفلکس خم کننده
۳۸	۵-۱-۳-۳ رفلکس باز کننده متقاطع
۳۹	۶-۱-۳-۳ رفلکسهای تناوبی نخاع
۳۹	رفلکس خارااندن
۳۹	رفلکس قدم زدن
۴۰	۷-۱-۳-۳ رفلکس هافمن یا H
۴۱	۲-۳-۳ رفلکس قشری
۴۱	۳-۳-۳ رفلکسهای شرطی
۴۲	۴-۳ شواهد فیزیولوژیک در ارتباط با CPG
۴۶	۱-۴-۳ ساختار CPG
۴۹	۲-۴-۳ سلول رنشاو
۵۱	۵-۳ جمع‌بندی
۵۳	فصل چهارم: مراکز مغزی مرتبط با حرکت
۵۳	۱-۴ مقدمه
۵۳	۲-۴ آناتومی مغز
۵۵	۳-۴ معرفی لب‌های مغز و بررسی عمل‌کرد آن‌ها
۵۶	۱-۳-۴ لب پیشانی
۵۹	۱-۳-۴ لب آهیانه‌ای
۶۱	۲-۳-۴ لب گیجگاهی
۶۱	۳-۳-۴ لب پس‌سری
۶۱	۴-۴ مخچه
۶۱	۱-۴-۴ آناتومی مخچه
۶۳	۲-۴-۴ بررسی عملکرد مخچه در حرکت
۶۶	۳-۴-۴ مدل‌های ارائه شده برای مخچه

۶۷	۴-۴-۴ آسیب به مخچه
۶۸	۴-۵ عملکردهای مرتبط با عقده‌های قاعده‌ای
۶۸	۴-۵-۱ اتصالات آناتومیکی عقده‌های قاعده‌ای با اجزاء کنترل حرکتی
۶۹	۴-۵-۲ شناخت بخش عقده‌های قاعده‌ای در مغز
۷۲	۴-۵-۲-۱ عمل هسته‌های قاعده‌ای در انجام طرح‌های فعالیت‌های حرکتی - مدار پوتامن
۷۳	۴-۵-۲-۲ نقش هسته‌های قاعده‌ای در کنترل شناختی توالی طرح‌های حرکتی - مدار دمدار
۷۴	۴-۵-۳ عملکردهای قاعده‌ای در تغییر زمانبندی و اندازه شدت حرکات
۷۵	۴-۵-۴ کلیات آناتومی درباره عقده‌های قاعده‌ای
۷۶	۴-۵-۵ اتصالات مواد میانجی
۷۷	۴-۵-۵-۱ اعمال میانجی‌های خاص عصبی در دستگاه عقده‌های قاعده‌ای
۷۸	۴-۵-۶ مدل‌های مرتبط با عملکرد عقده‌های قاعده‌ای
۷۸	۴-۵-۷ اختلالات مربوط به عقده‌های قاعده‌ای
۸۰	۴-۵-۸ بیماری پارکینسون
۸۲	۴-۵-۹ بیماری هانتینگتون
۸۴	۴-۵-۱۰ لکنت زبان
۸۵	۴-۶ قشر انجمی
۸۵	قشر انجمی جلوی پیشانی
۸۶	قشر انجمی آهیانه‌ای - گیجگاهی - پس سری
۸۶	قشر انجمی کناره‌ای
۸۸	۴-۷ هیپوکمپ مغز
۹۰	۴-۸ مراکز مغزی مرتبط با تولید گفتار
۹۲	۴-۹ جمع‌بندی
۹۵	فصل پنجم: سیستم‌های حسی مرتبط با کنترل حرکات
۹۵	۵-۱ مقدمه
۹۵	۵-۲ سیستم بینایی
۹۶	۵-۲-۱ فیزیولوژی چشم
۹۸	۵-۲-۱-۱ میدانهای گیرنده سلولهای گانگلیون
۱۰۱	۵-۲-۲ انواع حرکت‌های چشم
۱۰۲	۵-۳ حس عمقی
۱۰۲	۵-۳-۱ دوک عضلانی
۱۰۳	۵-۳-۲ وتر گلزی
۱۰۴	۵-۴ سیستم تعادلی
۱۰۵	۵-۴-۱ فیزیولوژی سیستم تعادلی

۱۰۶	۲-۳-۵ اتولیت‌ها
۱۰۷	۳-۴-۵ کانال‌های نیم‌دایره‌ای
۱۰۸	۴-۴-۵ پایداری بینایی
۱۱۰	۵-۵ جمع‌بندی
۱۱۱	منابع بخش اول

۱۱۳	بخش دوم: تئوری‌های رفتاری در حوزه کنترل حرکات
۱۱۳	مقدمه
۱۱۵	فصل ششم: بررسی تئوری‌های مبتنی بر کنترل حلقه بسته حرکات
۱۱۵	۱-۶ مقدمه
۱۱۵	۲-۶ جمع‌آوری اطلاعات
۱۱۶	۱-۲-۶ گیرنده‌های حس عمقی
۱۱۶	۳-۶ شواهد آزمایشگاهی مبنی بر کنترل حلقه بسته
۱۱۶	۱-۳-۶ تعیین تفاوت بین دید مرکزی و دید محیطی
۱۱۸	۲-۳-۶ زمان پردازش اطلاعات پس‌خورد بینایی
۱۲۱	۱-۲-۳-۶ اثر پس‌خورد بینایی در پیش‌بینی حرکت
۱۲۳	۲-۲-۳-۶ نقش پس‌خورد بینایی در حفظ تعادل بدن
۱۲۴	۳-۶ جمع‌بندی

۱۲۵	فصل هفتم: بررسی تئوری‌های مبتنی بر کنترل حلقه باز حرکات
۱۲۵	۱-۷ مقدمه
۱۲۵	۲-۷ مقایسه عملکرد سیستم‌های حلقه باز با حلقه بسته
۱۲۶	۳-۷ فرضیه زنجیره پاسخ‌ها
۱۲۶	۴-۷ قطع پس‌خوردهای حسی
۱۲۹	۵-۷ پس‌خورد در حرکات سریع
۱۳۰	۶-۷ درجه آزادی
۱۳۳	۷-۷ برنامه حرکتی
۱۳۴	۱-۷-۷ خطاهای موجود در انتخاب و اجرای حرکت
۱۳۵	۲-۷-۷ اشکالات فرضیه برنامه حرکتی
۱۳۵	۸-۷ فرضیه برنامه حرکتی تعمیم یافته
۱۳۶	۱-۸-۷ ویژگی‌های تغییرناپذیر و ویژگی‌های قابل اصلاح در نوشتن
۱۳۶	۱-۱-۸-۷ ویژگی‌های تغییرناپذیر
۱۳۷	۲-۱-۸-۷ پارامترهای قابل تنظیم
۱۳۸	۲-۱-۸-۷ مدت زمان کلی حرکت

۱۳۹	۷-۸-۱-۴ نیروی کلی
۱۴۰	۷-۹ جمع‌بندی
۱۴۱	فصل هشتم: فرضیه نقطه تعادل
۱۴۱	۸-۱ مقدمه
۱۴۲	۸-۲ مدل لاندا
۱۴۶	۸-۲-۱ تعمیم فرضیه نقطه تعادل
۱۴۷	۸-۳ معایب مدل فرضیه نقطه تعادل
۱۴۸	۸-۴ قانون فیت و موازنه دقت و سرعت
۱۵۰	۸-۴-۱ تعمیم قانون فیت
۱۵۰	۸-۵ جمع‌بندی
۱۵۱	منابع بخش دوم
۱۵۳	بخش سوم: دیدگاه مهندسی در کنترل حرکات انسان
۱۵۵	فصل نهم: حرکات تناوبی و میانی مهندسی آن
۱۵۵	۹-۱ مقدمه
۱۵۵	۹-۲ CPG
۱۵۶	۹-۳ ساختار CPG
۱۵۶	۹-۴ سیستم‌های نوسان‌ساز و میگنال‌های نوسانی در مهندسی
۱۶۱	۹-۵ مدارهای نوری در ساختار CPG
۱۶۴	۹-۶ مدل‌های ریاضی از CPG
۱۶۴	۹-۶-۱ مدل‌های بیوفیزیکی
۱۶۵	۹-۶-۱-۱ مدل شبکه
۱۶۶	۹-۶-۲-۱ مدل سلول
۱۶۷	۹-۶-۳-۱ مدل اتصالات سیناپسی
۱۶۹	۹-۶-۴-۱ نتایج شبیه‌سازی
۱۶۹	گستره فرکانسی و نسبت برست
۱۶۹	۹-۶-۵-۱ شنا در جهت جلو
۱۷۰	اثر افزایش سطح تحریک به صورت محلی
۱۷۱	۹-۶-۶-۱ شنا در جهت عقب
۱۷۲	تاخیر فاز نسبت به مکان طولی و فرکانس
۱۷۳	تأثیر نوروتهای مهارى یک‌طرفه بلند
۱۷۴	۹-۶-۲ مدل‌های ارتباطی
۱۷۵	۹-۶-۳ مدل‌های نوسانی

۱۷۵	۹-۳-۱ CPG مارماهی، زنجیرهای از نوسانگرهای غیرخطی تزویج شده
۱۷۶	توصیف هر نوسانگر با یک منفیر $\theta(t)$
۱۵۱	تزویج، تابعی از اختلاف فاز
۱۷۸	معادلات دیفرانسیل سیستم
۱۷۸	ویژگیهای تزویج برای تاخیر فاز پایدار
۱۷۹	وابستگی فرکانس و تاخیر فاز به تزویج
۱۸۰	۹-۶-۴ مدل‌های بیومکانیکی
۱۸۱	۹-۶-۴-۱ مدل سازی
۱۸۱	۹-۶-۴-۲ استراتژی کنترل
۱۸۲	۹-۶-۴-۳ مدل حرکت دوپایی
۱۸۳	مدل نوسانگر عصبی
۱۸۴	۹-۶-۴-۴ مولد ریتم عصبی
۱۸۵	۹-۶-۴-۵ میر بازخورد
۱۸۶	۹-۶-۴-۶ نتایج
۱۸۶	تولید حرکت راه رفتن
۱۸۶	الگوی راه رفتن: پاسخ به اغتشاش
۱۸۷	پایداری در برابر تغییرات محیطی
۱۸۸	کنترل سرعت و تغییر فرکانس حرکت دوپایی
۱۸۹	۹-۶-۵ مثالی از مدل ریاضی CPG مارماهی
۱۹۰	۹-۶-۱ جمع بندی
۱۹۵	فصل دهم: کنترل امپدانس
۱۹۵	۱-۱۰ مقدمه
۱۹۶	۱۰-۲ راهبردها و پارامترهای مهم کنترلی در مدل حرکتی انسان
۱۹۷	۱۰-۲-۱ تعریف امپدانس مکانیکی
۱۹۸	۱۰-۲-۲ تاثیر سیستم اعصاب مرکزی بر امپدانس
۱۹۹	۱۰-۲-۳ مدل سفتی و تنظیم نقطه تعادل در عضله
۲۰۱	۱۰-۲-۴ تاخیر و اثر آن بر ناپایداری سیستم کنترل حرکت
۲۰۲	۱۰-۳ روشهای تجربی اندازه گیری امپدانس
۲۰۷	۱۰-۴-۱ بررسی امپدانس در شرایط ایستادن
۲۰۹	۱۰-۴-۲ بررسی امپدانس در حین حرکات تگ مفصلی
۲۱۰	۱۰-۴-۳ بررسی امپدانس در حین حرکات چند مفصلی
۲۱۳	۱۰-۵ شواهد مبتنی بر وجود پیشبینی در حرکت

۲۱۴	۶-۱۰-۱ مشخصات کنترل امیدانس
۲۱۴	۶-۱۰-۲-۱-۱ تعمیم یادگیری حرکتی و پایایی کنترل امیدانس
۲۱۶	۷-۱۰-۱ جمع بندی
۲۱۷	فصل یازدهم: روش های مدل- مینا
۲۱۷	۱-۱۱-۱ مقدمه
۲۱۸	۲-۱۱-۱ ساز و کارهای کنترل حرکات
۲۱۹	۳-۱۱-۱ تئوریهای مدل مینا
۲۲۰	۴-۱۱-۱ انواع مدل های داخلی در مغز
۲۲۰	۴-۱۱-۱-۱ مدل داخلی معکوس، مدل جلوسو یا تلفیقی از هر دو؟
۲۲۲	۵-۱۱-۱ شواهدی مبنی بر وجود مدل های داخلی جلوسو
۲۲۵	۶-۱۱-۱ کاربردهای مدل داخلی جلوسو
۲۲۶	۷-۱۱-۱ استفاده از چندین مدل جلوسو / معکوس در ساختار محاسباتی
۲۲۶	۷-۱۱-۱-۱ مزیت استفاده از ساختار پودمانی
۲۲۷	۷-۱۱-۲ شواهدی مبنی بر پودمانی بودن مدل های داخلی
۲۲۷	۷-۱۱-۳ ساختار ترکیب چندین خیره
۲۲۸	۷-۱۱-۴ ساختار MOSAIC
۲۲۹	۸-۱۱-۱ مزایا و معایب روش های مدل- مینا
۲۲۹	۸-۱۱-۱-۱ مزایای نظریه های مدل مینا
۲۲۹	۸-۱۱-۲ نقاط ضعف نظریه های مدل مینا
۲۲۹	۸-۱۱-۳ یادگیری بر مبنای پس خورد خطا
۲۳۱	۸-۱۱-۴ معایب روش یادگیری با پس خورد خطا
۲۳۱	۸-۱۱-۵ پیش بینی کننده اسمیت
۲۳۳	مزایا و معایب روش کنترل پیش بینی کننده اسمیت
۲۳۳	۸-۱۱-۶ کنترل پیش بین بر مبنای مدل
۲۳۴	اشکال روش های کنترل مبتنی بر مدل
۲۳۴	اصول کنترل پیش بین مبتنی بر مدل
۲۳۵	ویژگی های MPC
۲۳۶	نمودار جعبه ای MPC
۲۳۹	مقایسه پیش بین اسمیت و MPC
۲۴۲	۸-۱۱-۶ روش MPIC
۲۴۷	حرکت تناوبی
۲۴۹	حرکت تعقیب کنایی
۲۵۲	۸-۱۱-۸ جمع بندی

منابع بخش دوم ۲۵۴

بخش چهارم: مدل‌های مهندسی برای کنترل و طرح‌ریزی حرکات ۲۶۱

مقدمه ۲۶۱

فصل دوازدهم: تلفیق اطلاعات حسی ۲۶۳

۱-۱۲ جایگاه تلفیق اطلاعات حسی در مبحث کنترل حرکت ۲۶۳

۲-۱۲ مطالعات رفتاری ۲۶۴

۳-۱۲ مدل‌های آماری ۲۶۵

۱-۲-۱۲ تخمین بیشینه شباهت ۲۶۵

- نويز مستقل ۲۶۶

- نويز غير مستقل ۲۶۷

- تلفیق زمانی ۲۶۸

۲-۲-۱۲ مدل‌های داخلی و ثنوری بیزین ۲۶۸

- مدل با دانش قبلی از دو محرک حسی ۲۶۹

- مدل استنتاج علی ۲۶۹

۳-۱۲ اجرای ساختاری مدل‌های آماری و مدل‌های نیمه ساختاری ۲۷۱

۴-۱۲ جمع بندی ۲۷۸

فصل سیزدهم: تصمیم‌گیری و طرح‌ریزی حرکات ۲۷۹

۱-۱۳ مقدمه ۲۷۹

۲-۱۳ تصمیم‌گیری ۲۷۹

۳-۱۳ مدل‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری ۲۸۱

۱-۳-۱۳ مدل‌های نورونی ۲۸۱

۲-۳-۱۳ مدل‌های عملکردی ۲۸۴

۳-۳-۱۳ مدل‌سازی مبتنی بر پیش‌بینی ۲۸۶

۴-۱۳ طرح‌ریزی مسیر ۲۸۸

۵-۱۳ مدل‌سازی انتخاب مسیر ۲۹۰

۱-۵-۱۳ طرح‌ریزهای کلی (سراسری) ۲۹۰

۲-۵-۱۳ ناوبری محلی ۲۹۱

۳-۵-۱۳ الگوریتم‌های جستجو در محیط ۲۹۱

۴-۵-۱۳ روش‌های مبتنی بر نگاشت ۲۹۲

۵-۵-۱۳ استفاده از شبکه‌های عصبی در تعیین مسیر ۲۹۳

مدل شبکه مقاومتی ۲۹۴

مدل گلاسیوس و همکارانش ۲۹۵

۲۹۶	مدل پانگ و منگ
۲۹۶	مدل چن
۲۹۶	شبکه‌های مبتنی بر موج دینامیکی منتشر شونده (DWENN)
۲۹۷	۵-۵-۱۳ استفاده از بهینه‌سازی در تعیین مسیر
۳۰۵	۶-۱۳ جمع‌بندی
۳۰۷	فصل چهاردهم: تنظیم امیدانس در حرکت دست رسانی
۳۰۷	۱-۱۴ مقدمه
۳۱۰	۲-۱۴ الگوریتم تنظیم امیدانس مفصل در حین حرکت بر اساس مدل MPIC
۳۱۰	۳-۱۴ یادگیری و هماهنگی بین کنترل پیش بین و کنترل امیدانس
۳۱۱	۱-۳-۱۴ تاثیر یادگیری در تغییرات امیدانس
۳۱۴	۲-۳-۱۴ هماهنگی بین کنترل پیشبین و مکانیزم تنظیم امیدانس
۳۱۶	۳-۳-۱۴ مدل پویای دست
۳۱۷	۴-۳-۱۴ طراحی کنترل کننده سرپرستی
۳۲۴	۴-۱۴ تخمین سفتی دست با استفاده از اطلاعات کینماتیک و سیگنال الکترومایوگرام
۳۲۵	۱-۴-۱۴ سری اول آزمایشات
۳۲۸	۲-۴-۱۴ سری دوم آزمایشات
۳۲۸	۳-۴-۱۴ روش انجام آزمایش
۳۳۰	۵-۱۴ مدل شش عضله برای تخمین سفتی دست
۳۳۲	۱-۵-۱۴ تخمین سفتی با استفاده از سیگنال الکترومایوگرام
۳۳۶	۶-۱۴ جمع‌بندی
۳۳۷	فصل پانزدهم: سیستم حرکتی راه رفتن
۳۳۷	۴-۱۵ مقدمه
۳۴۰	۵-۱۵ معادلات لاگرانژ
۳۴۰	۶-۱۵ مدل توحیدخواه
۳۴۱	۱-۶-۱۵ مدل دویابی
۳۴۳	۲-۶-۱۵ الگوریتم MPIC
۳۴۳	۳-۶-۱۵ نتایج شبیه‌سازی
۳۴۸	۷-۱۵ مدل کریمیان
۳۵۰	۱-۷-۱۵ مدل راه رفتن در کنترل پیشبین
۳۵۲	۲-۷-۱۵ استفاده از الگوریتم MPIC
۳۰۲	۳-۷-۱۵ به دست آوردن سینماتیک حرکت
۳۰۵	بدست آوردن متغیرهای کنترل بهینه

۳۵۰	به دست آوردن پارامترهای سفنی و چسبناکی با استفاده از سیستمیک راه رفتن
۳۵۰	روش به دست آوردن زوایا و سرعتهای زاویه‌ای نرمال بهینه مفصل در هر لحظه ($\dot{B}(t)$ و $B(t)$)
۳۵۲	آلگوریتم کنترل MPIC
۳۶۱	۷-۴ آلگوریتم کنترل بر اساس مسیرهای حرکت بهینه
۳۵۶	انتخاب افق کنترل
۳۵۹	۸-۱۵ پیاده‌سازی الگوریتم MPIC در کنترل راه رفتن
۳۶۳	۱۵-۸-۱ پیاده‌سازی مدل پویا
۳۶۳	۱۵-۸-۲ شبیه‌سازی مدل دویایی
۳۶۴	۱۵-۸-۳ نتایج حاصل انجام شبیه‌سازی کامپیوتری و به کار بردن آلگوریتم کنترل
۳۶۵	حرکت بر روی سطح هموار، بر اساس مسیرهای حرکت مشخص
۳۶۹	حرکت بر روی سطح ناهموار، بر اساس مسیرهای حرکت بهینه
۳۶۹	حرکت بر روی مسیر ناهموار
۳۷۴	۱۵-۹ جمع‌بندی
۳۷۵	فصل شانزدهم: سیستم تولید گفتار
۳۷۵	۱۶-۱ مقدمه
۳۷۶	۱۶-۲ سیستم تولید گفتار
۳۷۷	۱۶-۳ مدل‌سازی سیستم تولید گفتار
۳۷۷	۱۶-۳-۱ مدل‌سازی فک
۳۸۱	۱۶-۳-۲ مدل عملگرهای صوتی
۳۸۶	۱۶-۳-۳ مدل‌سازی سیستم تولید گفتار از دیدگاه عصبی
۳۸۹	۱۶-۳-۴ مدلی محاسباتی برای تولید گفتار
۳۹۱	۱۶-۴ مدل تولید گفتار بر اساس کنترل پیشین
۳۹۱	۱۶-۴-۱ شواهد وجود پیشینی در سیستم تولید گفتار
۳۹۲	۱۶-۴-۲ مدل دلیری
۳۹۴	۱۶-۴-۳ نتایج شبیه‌سازی
۳۹۶	استخراج داده های حرکتی از سیگنال گفتار
۳۹۷	مدل عصبی عضلانی لوله آکوستیکی
۴۰۰	پیاده‌سازی مدل کنترلی سیستم تولید گفتار
۴۰۰	۱۶-۵ مدل‌سازی یادگیری تولید گفتار
۴۰۱	۱۶-۵-۱ تکامل حرکتی گفتار
۴۰۴	۱۶-۵ جمع‌بندی
۴۰۵	فصل هفدهم: سیستم تولید نوشتار
۴۰۵	۱۷-۱ مقدمه

۴۰۶	۲-۱۷ مراکز مغزی مرتبط با سیستم تولید نوشتار
۴۰۶	۳-۱۷ مدلسازی سیستم تولید نوشتار
۴۰۷	۱-۱-۱۷ مدل‌های پایین به بالا
۴۰۸	مدل نوسانی هولبرج
۴۰۸	مدل کمینه نمودن مشتق سوم و چهارم مکان
۴۱۰	تولید نوشتار با مدل بتا- بیضی
۴۱۱	۱-۱-۱۷ مدل‌های بالا به پایین
۴۱۱	مدل اوابترایت
۴۱۲	مدل گانگادهار
۴۱۳	۲-۱-۱۷ مدل‌های ترکیبی
۴۱۳	مدل نقیب الحسینی
۴۱۴	مدل برجخانی
۴۱۶	نتایج ثبت آزمایشگاهی و نخمین نتایج مدل
۴۱۷	نتایج مدل و تولید نوشتار
۴۲۰	۱-۱۷-۴ آنالیز نوشتار جهت تشخیص بیماری
۴۲۱	۱-۱-۱۷ مدل جنانی
۴۲۲	مدل جنانی برای عقده‌های فاعده‌های با نوروهای IAF
۴۲۲	۵-۱۷ مدل جنانی برای سیستم تولید نوشتار
۴۲۴	۱-۵-۱۷ ثبت آزمایشگاهی
۴۲۴	۱-۱-۵-۱۷ انتخاب عبارت مناسب برای تکلیف
۴۲۵	۲-۱-۵-۱۷ نتایج تحلیل دادگان
۴۲۵	آنالیز زمانی
۴۲۸	آنالیز فرکانسی
۴۳۱	طبقه‌بندی افراد سالم و بیمار بر اساس ویژگیهای فرکانسی
۴۳۳	۱-۵-۱۷-۴ شبیه‌سازی مدل
۴۳۳	خروجی عقده‌های فاعده‌ای برای حالت سالم و بیمار
۴۳۳	حالت سالم
۴۳۵	حالت بیمار
۴۳۷	شبیه‌سازی نوشتار برای حالت سالم و بیمار
۴۳۷	خروجی مدل نوشتار برای حالت سالم
۴۴۰	خروجی مدل نوشتار برای حالت بیمار
۴۴۳	۱-۷-۶ جمع‌بندی
۴۴۵	منابع بخش چهارم
۴۵۳	تعریف

پیوست الف.....	۴۶۹
اندازه‌گیری سیگنال EMG.....	۴۶۹
وضوح مبدل آنالوگ به دیجیتال.....	۴۶۹
نرخ نمونه برداری مبدل آنالوگ به دیجیتال.....	۴۷۰
ثبت سیگنال.....	۴۷۰
فرآیند آماده‌سازی پوست.....	۴۷۰
الکتروود.....	۴۷۱
الکتروودگذاری.....	۴۷۳
فرآیند چک کردن سیگنال.....	۴۷۳
آرتیفکتهای EMG.....	۴۷۴
پیوست ب:.....	۴۷۷
پیوست پ:.....	۴۷۹
اصطلاحات.....	۴۷۷
نمایه.....	۴۸۹
واژه نامه.....	۴۹۱

از ویژگی‌های مهم موجودات زنده و بویژه انسان حرکت است که بدون آن ادامه حیات میسر نمی‌گردد. مطالعه حرکات انسان از دیر باز مورد علاقه دانشمندان در حوزه های مختلف علوم بوده است و محققین مختلفی را در حوزه های زیستی، علوم شناختی- رفتاری، و نیز مهندسی بخود جذب نموده است. نتایج این تحقیقات توانسته است که راهکارهای مختلفی را درحوزه های مختلف از جمله توانبخشی و درمان بیماران، فهم بهتر فیزیولوژی حرکت، بهبود و اصلاح یادگیری حرکات در ورزشهای فردی و قهرمانی، ارائه نماید.

هدف از این کتاب آشنا نمودن دانشجویان تحصیلات تکمیلی در حوزه های مختلف با اصول مختلف علم حرکات ارادی در انسان میباشد. این کتاب حاصل تجربه هفده سال تدریس درس کنترل سیستمهای عصبی-عضلانی است که بعنوان درس تحصیلات تکمیلی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا در دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ارائه گردیده است. علاوه بر گرایشهای بیوالکتریک، بیومکانیک، مهندسی ورزش، مهندسی توانبخشی در حوزه مهندسی پزشکی، مطالعه این کتاب میتواند برای دانشجویان سایر رشته های مهندسی مانند برق، مکانیک، مکاترونیک، رباتیک و نیز دانشجویان رشته های مرتبط مانند تربیت بدنی و توانبخشی نیز مفید باشد.

با توجه به ابعاد مختلف علم حرکات در انسان، متأسفانه کمتر کتابی تا کنون تدوین گردیده است که به ابعاد مختلف این علم پرداخته باشد. لذا با عنایت به این نکته، این کتاب در چهار بخش تنظیم شده است: بخش اول به تشریح ابعاد زیستی حرکت مشتمل بر فیزیولوژی عضله و مراکز حرکتی در نخاع و مغز می پردازد. بخش دوم حرکات و تئوریهای آنرا بیشتر از نگاه رفتاری مورد مطالعه قرار میدهد. در بخش سوم تئوریهای حرکت از نظر مهندسی مطرح می‌شود. و در بخش چهارم برخی از روشها و مدلهای مهندسی مطرح در خصوص کنترل و طرح ریزی تشریح میگردد. در انتها جا دارد از جناب آقای دکتر هاشمی گلپایگانی بعنوان پایه گذار رشته مهندسی پزشکی و مشوق اینجانب در تدوین این کتاب و نیز دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترایم که آماده سازی این کتاب را امکان پذیر کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

فرزاد توحیدخواه

دانشگاه صنعتی امیرکبیر - بهار ۹۲