

نگرش مدل سازی در شناخت و توسعه دانش موتور کنترل در حرکات انسان

تدوین و گردآوری

دکتر فریدون نوشیروان راجت آباد

(دکترای مهندسی پزشکی - بیوالکتریک)

دکتر فرهاد طباطبایی سمه

(دکترای مهندسی پزشکی - بیومکانیک)

مهندس الناز گلچین

(کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی - بیوالکتریک)

مهندس الهام فرزانه بهالگردی

(کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی - بیوالکتریک)

عنوان و نام پدیدآور	: نگرش مدل سازی در شناخت و توسعه دانش موتور کنترل در حرکات انسان/ تدوین و گردآوری فریدون نوشیروان راحت آباد... [و دیگران].
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۴ص.: مصور (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: 978-964-10-5547-1
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: تدوین و گردآوری فریدون نوشیروان راحت، فرهاد طباطبایی قمشه، الناز گلچین، الهام فرزانه بهالگردی.
یادداشت	: کتابنامه : ص. ۳۳۱ - ۳۳۴.
موضوع	: بیومکانیک
موضوع	: Biomechanics
موضوع	: مهارت های حرکتی -- جنبه های فیزیولوژیکی
موضوع	: Motor ability -- Physiological aspects
موضوع	: حرکت شناسی بدن انسان
موضوع	: Human mechanics
شناسه افزوده	: نوشیروان راحت آباد، فریدون، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات
رده بندی کنگره	: QP۳۰۳/ن۸ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	: ۶۱۲/۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۷۱۰۳

نام کتاب: نگرش مدل سازی در شناخت و توسعه دانش موتور کنترل در حرکات انسان
تدوین و گردآوری: دکتر فریدون نوشیروان راحت آباد، دکتر فرهاد طباطبایی قمشه،
 مهندس الناز گلچین، مهندس الهام فرزانه بهالگردی

چاپ اول: زمستان ۱۳۹۷

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۵۵۴۷-۱ BN: 978-964-10-5547-1

تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

قیمت: ۴۵۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش: تهران، انتهای بزرگراه شهید ستاری، میدان دانشگاه آزاد اسلامی به سمت
 حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ساختمان علوم انسانی

تلفن: ۴۴۸۶۵۱۱۱

پیشگفتار

سپاس یکتای بی‌همتا را که عشق را همراه با روح آدمی در کالبدش دمیده و عشقی که اگر با هر کاری همراه شود نتیجه آن از کیفیت ناب نیز فراتر می‌رود.

امروز گسترش و رشد روز سریع علم موتور کنترل و توجه به پیچیدگی‌ها و عملکرد مغز در ارتباط با سایر اندام بدن به منظور حرکت آدمی، نیاز دانشمندان حوزه علوم اعصاب و پزشکان، به کاربرد عمیق این علم، مارا بر آن داشت تا با قدمی کوچک در این راستا به پیشرفت و بهبود این علم و حرکات انسانی و فعالیت‌های بالینی بپردازیم. هم اکنون توسعه و رشد فزاینده و چشم‌گیر تحقیقات جدید این حوزه منجر به ایجاد شکاف بین حوزه تحقیق و حرکات انسانی گردیده است.

این کتاب بر آن است که با مرور تحقیقات جدید در این حوزه بر مبنای نگرش مدل‌سازی، مدل‌های ریاضی به صورت کاربردی، در علم موتور کنترل و استفاده از آنها در فعالیت‌های بالینی، نه تنها به توسعه این دانش کمک کند بلکه از شکاف اشاره شده می‌کاهد تا بتوانیم بیش از پیش شاهد پیشرفت‌های روز افزون این علم در فعالیت‌های بالینی در سطح دانشمندان علوم اعصاب، موتور کنترل، متخصصین توانبخشی، مهندسان پزشکی و پزشکان باشیم.

ادعا نمی‌کنیم، اما سعی کردیم شناخت و توسعه دانش موتور کنترل و کاربرد آن در فعالیت‌های بالینی از دیدگاه مدل‌سازی ریاضی به دست آوریم. با این حال امید داریم که خوانندگان این کتاب، نقایص و اشتباهات این کتاب را به ما گوشه‌نشانند. در پایان از کلیه کسانی که ما را در تهیه این مجموعه یاری نمودند نهایت سپاس و قدردانی را داریم.

دکتر فریدون نوری‌روای راجت آباد

دکتر فرهاد طباطبائی قمشه

مهندس الناز گلچین

مهندس الهام فرزانه بهالگردی

فهرست مطالب

فصل ۱: موتور کنترل و اهمیت آن

اهداف فصل

مقدمه

۱-۱- ضرورت موتور کنترل (برای درمانگرها)

۱-۱-۱- عوامل تعیین کننده حرکت وابسته به فاکتور فرد

۱-۱-۲- فاکتور نسبت (ارتباط حرکت و انجام عمل)

۱-۱-۳- فاکتور محیط، عوامل محیطی تعیین کننده حرکت

۱-۱-۴- سایر فاکتورهای مؤثر در انجام حرکت

۱-۱-۴-۱- زیرفاکتور ادراک، ارتباط حرکت و ادراک

۱-۱-۴-۲- زیرفاکتور شناخت (ارتباط حرکت و شناخت)

۱-۱-۴-۳- زیرفاکتور فعالیت (عوامل تعیین کننده حرکت، وابسته به ویژگی های فعالیت)

موردنظر

۲-۱- تئوری های موتور کنترل

۲-۱-۱- نقش تئوری ها در فرایند درمان

۲-۲-۱- انواع تئوری های موتور کنترل

۲-۲-۱-۱- اولین تئوری - تئوری رفلکسی

۲-۲-۲-۱- دومین تئوری - تئوری سلسله مراتبی

۲-۲-۳- سومین تئوری - تئوری رفلکسی - سلسله مراتبی

۲-۲-۴- چهارمین تئوری - تئوری سیستم ها

فصل ۲: واحدهای حرکتی عضله و مدل سازی آن

اهداف فصل

مقدمه

- ۱۸ ۱-۲- تعاریف اولیه
- ۱۸ ۱-۱-۲- عضلات اسکلتی
- ۱۸ ۲-۱-۲- آناتومی و فیزیولوژی عضلات
- ۱۹ ۱-۲-۳- انقباض عضلانی
- ۲۰ ۱-۲-۴- واحد حرکتی
- ۲۱ ۱-۲-۵- مکانیسم فعالیت عضله، خستگی و بازیابی
- ۲۳ ۱-۲-۶- تونیج چیست؟
- ۲۵ ۱-۲-۷- ساختار تفضیکی و سلسله مراتبی
- ۲۹ ۱-۲-۸- نخاع اولین سطح از سطوح سلسله مراتبی
- ۳۰ ۱-۲-۹- نخاع و فرمان آلفا
- ۳۱ ۱-۲-۱۰- رونمای حرکتی گاما
- ۳۴ ۱-۲-۱۱- تشریح آناتومیک بین نرون های حرکتی و ماهیچه ها
- ۳۵ ۱-۲-۱۲- استخر نرون ها حرکتی
- ۳۵ ۱-۲-۱۳- واحد حرکتی
- ۳۶ ۱-۲-۱۴- کنترل نیروی ماهیچه
- ۳۹ ۱-۲-۱۵- انواع مدل سازی های عضله
- ۴۰ ۱-۲-۱۶- مدل عضله هیل
- ۴۱ ۱-۲-۱۷- مدل عضله هیل، بهبود یافته- نوع اول
- ۴۲ ۱-۲-۱۸- شیه سازی کامپیوتری مدل عضله هیل بهبود یافته
- ۴۳ ۱-۲-۱۹- مدل عضله هیل بهبود یافته- نوع دوم
- ۴۵ ۱-۲-۲۰- مدل الکتریکی مکانیکی زاجاک
- ۴۶ ۱-۲-۲۱- مدل سازی عضله مبتنی بر قانون اندازه (اصل اندازه): مدل همایی
- ۵۰ ۱-۲-۲۲- مدل هتز
- ۵۱ ۱-۲-۲۳- مدل سازی عضله دو لینکه شش عضله ای
- ۵۲ ۱-۲-۲۴- مدل سازی بازوی دو لینکه به همراه شش عضله
- ۵۳ ۱-۲-۲۵- معادله دینامیکی حرکت بازوی دو لینکه به همراه شش عضله با استفاده از روش لاگرانژ
- ۵۴ ۱-۲-۲۶- ارتباط کینماتیکی مابین نیروی عضله ها و گشتاور دو مفصل

- ۵۵ ۴-۵-۴-۲- دینامیک وارون و محاسبه نیروی عضله از روی گشتاور در مفصل
- ۵۶ ۱-۵-۵-۶- کینماتیک فضای کار - مفصل
- ۵۶ ۲-۵- گیرنده های ماهیچه و اعصاب خودپذیر انتهای عضلات
- ۵۷ ۲-۵-۱- دوک های عضلانی
- ۵۷ ۲-۵-۱-۱- انواع فیبرهای دوک عضلانی
- ۵۸ ۲-۵-۱-۲- تحریک حسی دوک های عضلانی
- ۶۰ ۲-۵-۱-۳- نتیجه گیری مبحث دوک عضلانی
- ۶۱ ۲-۶-۱-۴- مدل سازی دوک عضلانی
- ۶۱ ۲-۶-۱- مدل سازی دوک عضلانی - مدل اول
- ۶۵ ۲-۶-۲- مدل سازی دوک عضلانی - مدل سوم - مدل رادجارد
- ۶۶ ۲-۶-۴- مدل سازی دوک عضلانی - مدل چهارم - مدل راموس
- ۶۷ ۲-۷- تاندون گلژی
- ۷۰ ۲-۸- مدل سازی اندام تاندون گلژی
- ۷۰ ۲-۸-۱- مدل سازی اندام تاندون گلژی - مدل هوک سیمون

فصل ۳: رفلکس ها و انواع آن

- ۷۱ اهداف فصل
- ۷۱ مقدمه
- ۷۲ ۳-۱- رفلکس نخاعی و مسیرهای حرکتی نزولی
- ۷۲ ۳-۱-۱- رفلکس کششی (رفلکس مایوتیک)
- ۷۳ ۳-۱-۲- رفلکس مهارى خودکار
- ۷۵ ۳-۱-۲-۱- تحریک دو جانبه در رفلکس مهارى خودکار
- ۷۵ ۳-۱-۳- رفلکس مهارى در مقابل رفلکس کششی
- ۷۶ ۳-۱-۴- رفلکس عضله جمع کننده
- ۷۷ ۳-۱-۴-۱- مهار متقابل در رفلکس عضله جمع کننده
- ۷۸ ۳-۱-۵- رفلکس عضله بازکننده crossed
- ۷۹ ۳-۱-۶- مسیرهای حرکتی رو به پایین (نزولی)
- ۷۹ ۳-۱-۷- پردازش موازی و سری (پشت سر هم)
- ۸۰ ۳-۲- مخیچه

- ۸۰ ۳-۲-۱-وظایف عمده مخچه
- ۸۱ ۳-۲-۲-محدودیت ها برای کنترل حرکتی تطبیقی
- ۸۲ ۳-۳-مدل سازی زیتون تحتانی

فصل ۴: مولد الگوی مرکزی (CPG)

- ۸۵ اهداف فصل
- ۸۵ مقدمه
- ۸۶ ۴-۱-مدل سازی راه رفتن انسان و کاربردهای آن
- ۸۷ ۴-۱-۱-نظریه های نروبیولوژیکی متفاوت برای تولید حرکات تناوبی
- ۸۸ ۴-۱-۲-فیزیولوژی
- ۸۹ ۴-۱-۳-الگوریتم های راه رفتن
- ۹۰ ۴-۱-۴-مراحل مختلف راه رفتن
- ۹۱ ۴-۱-۵-مطالعات انجام شده در زمینه راه رفتن
- ۹۳ ۴-۱-۶-مدل سازی CPG
- ۹۳ ۴-۱-۷-مدل نیمه مرکز (half-center)
- ۹۴ ۴-۱-۸-Unit burst مدل
- ۹۴ ۴-۱-۹-مدل پاندولی
- ۹۵ ۴-۱-۱۰-مدل ارائه شده توسط تاکا
- ۹۶ ۴-۱-۱۱-مدل ارائه شده توسط ونکاتارمن

فصل ۵: عقده های قاعده های و مدل سازی آن

- ۱۰۱ اهداف فصل
- ۱۰۱ مقدمه
- ۱۰۲ ۵-۱-عقده های قاعده های
- ۱۰۳ از جمله وظایف عقده های قاعده های عبارتند از:
- ۱۰۳ ۵-۱-۱-فرستنده های عصبی
- ۱۰۴ ۵-۱-۲-مسیرهای عقده های قاعده های
- ۱۰۶ ۵-۱-۳-ارتباط داخلی بین هسته های قاعده های
- ۱۰۶ ۵-۱-۴-ارتباط هسته های قاعده های با سایر عناصر

- ۱۰۶ ۲-۵- انواع الگوریتم‌های یادگیری
- ۱۰۷ ۳-۵- یادگیری تقویتی (RL) و مدل‌سازی آن
- ۱۰۸ ۱-۳-۵- RL در کنترل ربات
- ۱۰۹ ۲-۳-۵- اجزای اصلی یادگیری تقویتی
- ۱۰۹ ۱-۲-۳-۵- سیاست
- ۱۱۰ ۲-۲-۳-۵- تابع پاداش
- ۱۱۱ ۳-۲-۳-۵- تابع ارزش
- ۱۱۲ ۴-۲-۳-۵- عامل و مدلی از محیط
- ۱۱۳ ۳-۵- فرایند تصمیم‌گیری مارکوف
- ۱۱۳ ۲-۳-۵- روش‌ها برای حل سیستم‌های یادگیری تقویتی
- ۱۱۴ Q-learning ۴-۳-۵
- ۱۱۵ (MA-SARSA) ۲-۴-۳-۵- الگوریتم ادگیر
- ۱۱۸ ۱-۲-۴-۳-۵- معادلات الگوریتم
- ۴-۵- مدل‌سازی کنترل بازوی دو سکه: مسئله‌ای با الگوریتم زنبورعسل - یادگیری تقویتی
- ۱۱۸
- ۱۱۹ ۱-۴-۵- روش کلی الگوریتم هابیرید زنبور - تقویتی

فصل ۶: سیستم‌های سنسوری و مدل‌سازی آن

اهداف فصل

مقدمه

- ۱۲۱ ۱-۶- روش عملکرد سیستم بینایی انسان و معرفی ساختارهای آن
- ۱۲۱ ۱-۱-۶- روش عملکرد سیستم بینایی انسان
- ۱۲۳ ۲-۱-۶- ساختارهای سیستم بینایی
- ۱۲۵ ۲-۶- رفلکس‌های چشم
- ۱۲۶ ۱-۲-۶- اولین و مهمترین رفلکس: رفلکس دهلیزی چشمی
- ۱۲۶ ۲-۲-۶- دومین رفلکس: رفلکس‌های چشم عروسی
- ۱۲۶ ۳-۲-۶- سومین رفلکس: رفلکس مردمک
- ۱۲۷ ۴-۲-۶- چهارمین رفلکس: رفلکس قرنیه
- ۱۲۷ ۳-۶- سیستم کنترلی حرکات چشم

- ۱۲۸ ۴-۶- انواع حرکات چشم
- ۱۲۸ ۴-۶-۱- حرکت ساکاد
- ۱۲۹ ۴-۶-۲- حرکات Pursuit چشم
- ۱۳۰ ۴-۶-۳- حرکات Compensatory چشم
- ۱۳۰ ۴-۶-۴- حرکات Vergence چشم
- ۱۳۰ ۴-۶-۵- حرکات Nystagmus چشم
- ۱۳۰ ۴-۶-۶- حرکات Vestibular
- ۱۳۰ ۴-۶-۷- حرکات Visual fixation
- ۱۳۱ ۴-۸- حرکات Optokinetic
- ۱۳۱ ۴-۵-۵- روش ها- ثبت حرکات چشم
- ۱۳۱ ۴-۵-۵- روش ثبت مغناطیسی
- ۱۳۲ ۴-۵-۲- روش ثبت نوری
- ۱۳۳ ۴-۵-۳- روش ثبت صوتی
- ۱۳۴ ۴-۵-۴- دستگاه اندازه گیری انحرافات چشم
- ۱۳۵ ۴-۵-۵- روش ثبت الکتروکالوگرافی
- ۱۳۷ ۴-۶-۶- شبیه سازی سیستم آکولار موتور
- ۱۳۹ ۴-۶-۱- معرفی پارامترهای مدل
- ۱۳۹ ۴-۶-۲- زیر سیستم تعقیبی هموار
- ۱۴۱ ۴-۶-۳- زیر سیستم حرکات ساکادیک
- ۱۴۲ ۴-۶-۴- مانتور داخلی
- ۱۴۲ ۴-۶-۵- زیر سیستم تثبیت
- ۱۴۳ ۴-۷- دومین مدل چشم و بینایی
- ۱۴۸ ۴-۸- مدل ریاضی برای زمان واکنش ساکادیک
- ۱۴۹ ۴-۹- سیستم گوش و نقش آن
- ۱۵۰ ۴-۹-۱- گوش و شنوایی
- ۱۵۰ ۴-۹-۲- آناتومی گوش
- ۱۵۰ ۴-۹-۱-۲- پرده گوش (پرده صماخ)
- ۱۵۱ ۴-۹-۳- گوش و توانایی آن حفظ تعادل
- ۱۵۳ ۴-۱۰- مدل سازی سیستم تعادل

۱۵۳	۶-۱-۱- مدل سیستم تعادل
۱۵۵	فصل ۷: تحلیل مدل در فضای آشوب و کنترل سلسله مراتبی آن
۱۵۵	اهداف فصل
۱۵۵	مقدمه
۱۵۷	۷-۱- آشوب
۱۵۸	۷-۲- عوامل ایجاد کننده رفتارهای آشوب گونه در سیستم های بیولوژیکی
۱۵۸	۷-۲-۱- غیر خطی بودن
۱۵۸	۷-۲-۲- تأخیر زمانی
۱۵۸	۷-۲-۳- وجود بخش های پی در پی در مدل
۱۵۹	۷-۲-۴- نیروهای اعمال شونده
۱۵۹	۷-۳- راه های تولید آشوب
۱۵۹	۷-۴- کنترل آشوب
۱۶۰	۷-۴-۱- راه های کنترل آشوب
۱۶۲	۷-۵- معرفی کنترل گر OGY
۱۶۴	۷-۶- کنترل گر فیدبک تأخیر دار
۱۶۵	۷-۷- استفاده از روش های کنترل کلاسیک و ترکیبی در کنترل آشوب
۱۶۶	۷-۸- یاد کنترل آشوب
۱۶۶	۷-۹- مدل سازی آشوب گونه سینم بازو
۱۶۷	۷-۹-۱- معیارهای بررسی رفتارهای آشوب گونه
۱۶۸	۷-۹-۲- ترسیم نمودار دو شاخه شدن جهت بازوی دو لنگه به همراه کنترل یادگیری تقوینی
۱۷۰	۷-۹-۳- طیف فرکانسی
۱۷۰	۷-۹-۴- نمای لیاپانوف
۱۷۳	۷-۹-۵- بررسی تغییر GS در رفتار کلی بازو با استفاده از صفحه فاز
۱۷۴	۷-۹-۶- طراحی کنترل گر OGY در یک ساختار سلسله مراتبی جهت کنترل بازوی دو لنگه
۱۷۵	۷-۹-۷- انتخاب قطع پوانکاره
۱۷۵	۷-۹-۸- پیدا کردن نقطه ثابت از روی نگاشت تکرار

- ۱۷۶ ۹-۹-۷- خطی سازی حول نقطه ثابت
- ۱۷۶ ۷-۹-۱۰- نحوه محاسبه مقدار ضریب بهره کنترل گر جهت تضمین پایداری سیستم
- ۱۷۷ ۷-۹-۱۱- کنترل آشوب توسط روش OGY در یک ساختار سلسله مراتبی
- ۱۸۰ ۷-۱۰-۱۱- بررسی آشوب در حرکات چشم
- ۱۸۱ ۷-۱۰-۱۱- مدل دینامیک غیر خطی در حرکات چشم فرد اسکیزوفرنی

فصل ۸: سینرژی در حرکت

- ۱۸۵ اهداف فصل
- ۱۸۵ مقدمه
- ۱۸۷ ۸-۱-۱- سینرژی ۱: اعضانی
- ۱۸۷ ۸-۱-۱- تعاریف سینرژی
- ۱۸۸ ۸-۱-۲- مرایای مفاد از سینرژی در کنترل حرکات
- ۱۸۹ ۸-۱-۳- مؤلفه های سینرژی
- ۱۸۹ ۸-۱-۴- دو مدل برای توصیف الگوهای عضلانی و ترکیب سینرژی
- ۱۹۱ ۸-۱-۵- استخراج سینرژی از ثبت بازمان
- ۱۹۲ ۸-۱-۵-۱- تجزیه نامنفی مانریس (NMF)
- ۱۹۳ ۸-۱-۵-۱-۱- نحوه انتخاب تعداد سینرژی (VAF)
- ۱۹۳ ۸-۲- استخراج سینرژی در حرکت دسترسانی: نقش حمله درگیر و ارزیابی سینرژی استخراجی
- ۱۹۵ ۸-۳- استخراج سینرژی بلند شدن از صندلی
- ۱۹۹ ۸-۳-۱- سینرژی ها

فصل ۹: ابزارهای شبیه سازی کامپیوتری

- ۲۰۱ اهداف فصل
- ۲۰۱ مقدمه
- ۲۰۲ ۹-۱- کاربردهای دنیای واقعیت مجازی در علم پزشکی
- ۲۰۴ ۹-۲- بررسی بر روی نرم افزارهای موجود مدل سازی سیستم اسکلتی-عضلانی
- ۲۰۷ ۹-۳- واقعیت مجازی و کاربرد آن
- ۲۰۸ ۹-۴- نحوه بکارگیری نرم افزارهای مورد استفاده در ساخت شبیه سازهای دنیای واقعیت مجازی

۲۰۸	۹-۴-۱- جعبه ابزار واقعیت مجازی متلب
۲۰۹	۹-۴-۲- نرم افزار وی.ریل.ام
۲۰۹	۹-۴-۳- نرم افزار پوزر
۲۱۳	فصل ۱۰: بیماری های عصبی - عضلانی
۲۱۳	اهداف فصل
۲۱۳	مقدمه
۲۱۴	۱۰-۱- بیماری پارکینسون
۲۱۸	۱۰-۱-۱- علائم بیماری پارکینسون
۲۲۰	۱۰-۱-۱-۱- تشخیص رمان بیماری پارکینسون
۲۲۱	۱۰-۱-۱-۲- آتانیاسیت راه رفتن بیماران پارکینسونی
۲۲۲	۱۰-۲- طبقه بندی درجات مختلف افت بیماری پارکینسون با استفاده از تجزیه و تحلیل سیگنال های راه رفتن انسان و سیگنال های خطی
۲۲۳	۱۰-۳- بیماری اسکولروزیس چند گانه (اسکو) و علائم آن
۲۲۴	۱۰-۳-۱- انواع بیماری اسکروزیس
۲۲۴	۱۰-۳-۱-۱- نوع عود کننده فرو کش کننده
۲۲۵	۱۰-۳-۱-۲- نوع پیش رونده اولیه
۲۲۵	۱۰-۳-۱-۳- نوع پیش رونده ثانویه
۲۲۵	۱۰-۳-۱-۴- نوع خوش خیم
۲۲۵	۱۰-۳-۲- خستگی در بیماری ام.اس
۲۲۶	۱۰-۴- مدل سازی خستگی در بیماران مبتلا به ام.اس
۲۲۷	۱۰-۴-۱- مدل اول پیشینی کننده خستگی در مبتلایان به بیماری MS
۲۲۷	۱۰-۴-۲- مدل دوم پیشینی کننده خستگی در مبتلایان به بیماری MS
۲۲۸	۱۰-۴-۳- مدل سوم پیشینی کننده خستگی در مبتلایان به بیماری MS
۲۲۸	۱۰-۴-۵- مدل چهارم پیشینی کننده خستگی در مبتلایان به بیماری MS
۲۲۹	۱۰-۵- کلاس بندی سطوح مختلف بیماری اسکروزیس چند گانه و توانبخشی با استفاده از سیگنال الکترومایوگرام