۱. عنوان پروژه

مدل‌سازی نحوه راه رفتن انسان برای تشخیص بیماری‌های حرکتی با استفاده از پردازش تصویر و یادگیری ماشین

۲. مقدمه و بیان مسئله

اختلالات حرکتی ناشی از بیماری‌هایی مانند پارکینسون، سکته مغزی، اماس، آسیب‌های عصبی-عضلانی و مشکلات اسکلتی-عضلانی می‌توانند الگوی راه رفتن فرد را تغییر دهند. ارزیابی این اختلالات معمولاً توسط متخصصان بالینی و با مشاهده مستقیم، تست‌های فیزیکی یا تجهیزات گران‌قیمت آزمایشگاهی انجام می‌شود.

با پیشرفت پردازش تصویر، بینایی ماشین و یادگیری عمیق، امکان تحلیل خودکار و کم‌هزینه نحوه راه رفتن افراد از طریق ویدئو فراهم شده است. این پروژه با هدف طراحی و پیاده‌سازی مدلی برای استخراج ویژگی‌های راه رفتن و تشخیص یا طبقه‌بندی اختلالات حرکتی تعریف می‌شود.

۳. هدف پروژه

هدف اصلی پروژه، طراحی یک سامانه نرم‌افزاری مبتنی بر پردازش تصویر است که بتواند از ویدئوی راه رفتن افراد، ویژگی‌های حرکتی را استخراج کرده و احتمال وجود برخی اختلالات حرکتی را تشخیص دهد.

اهداف جزئی

- استخراج اسکلت بدن یا نقاط کلیدی مفاصل از ویدئو
- تحلیل الگوی گام‌برداری، تعادل و تقارن حرکت
- استخراج ویژگی‌هایی مانند طول گام، سرعت راه رفتن، زاویه مفاصل و نوسان بدن
- آموزش مدل یادگیری ماشین یا یادگیری عمیق برای تشخیص الگوی سالم و ناسالم
- ارائه خروجی قابل فهم برای کاربر یا متخصص
- ارزیابی دقت مدل با داده‌های آزمایشی

۴. دامنه پروژه

پروژه شامل طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی یک نمونه اولیه نرم‌افزاری است.

موارد داخل دامنه

- دریافت ویدئوی راه رفتن از دوربین یا فایل ویدئویی
- پیش‌پردازش تصویر و ویدئو
- تشخیص بدن و استخراج نقاط کلیدی اسکلتی
- استخراج ویژگی‌های مرتبط با راه رفتن
- طراحی و آموزش مدل تشخیص
- نمایش نتایج به‌صورت عددی یا گزارشی
- مستندسازی روش و نتایج

۵. نیازمندی‌های عملکردی

۵,۱ دریافت داده

سامانه باید بتواند:

- فایل ویدئویی راه رفتن فرد را دریافت کند.
- فرمت‌های رایج مانند `MP4` و `AVI` را پشتیبانی کند.
- به صورت زمان واقعی بتواند با دوربین ارتباط بگیرد

۵,۲ پیش‌پردازش ویدئو

سامانه باید:

- فریم‌های ویدئو را استخراج کند.
- در صورت نیاز تصویر را تغییر اندازه دهد.
- کیفیت فریم‌ها را برای پردازش بهبود دهد.
- فریم‌های نامعتبر یا بسیار تار را مدیریت کند.

۵,۳ استخراج نقاط کلیدی بدن

سامانه باید:

- بدن انسان را در فریم‌ها تشخیص دهد.
- نقاط کلیدی مانند لگن، زانو، مچ پا، شانه و آرنج را استخراج کند.
- مختصات نقاط را در طول زمان ذخیره کند.
- امکان استفاده از ابزارهایی مانند `MediaPipe`، `OpenPose` یا مدل‌های مشابه را داشته باشد.

۵,۴ استخراج ویژگی‌های راه رفتن

سامانه باید ویژگی‌هایی از جمله موارد زیر را استخراج کند:

- سرعت تقریبی راه رفتن
- طول گام نسبی
- زمان‌بندی گام‌ها
- تقارن حرکت پای چپ و راست
- زاویه زانو و لگن
- میزان نوسان بالاتنه
- تغییرات مرکز بدن در طول حرکت

۵,۵ مدل تشخیص

سامانه باید:

- داده‌های استخراج‌شده را به مدل یادگیری ماشین بدهد.
- قابلیت طبقه‌بندی حداقل دو کلاس را داشته باشد:
  - راه رفتن طبیعی
  - راه رفتن دارای اختلال حرکتی
- امکان توسعه به چند کلاس بیماری را داشته باشد.
- معیارهای ارزیابی مانند دقت، یادآوری و F1-score را محاسبه کند.

۵,۶ ارائه خروجی

سامانه باید:

- نتیجه تشخیص را نمایش دهد.
- درصد اطمینان مدل را ارائه کند.
- ویژگی‌های مهم استخراج‌شده را نمایش دهد.
- امکان ذخیره خروجی در قالب گزارش ساده را فراهم کند.

۶. نیازمندی‌های غیرعملکردی

۶,۱ دقت و قابلیت اعتماد

- مدل باید روی داده آزمایشی ارزیابی شود.
- هدف اولیه دستیابی به دقت قابل قبول پژوهشی است.
- نتایج باید همراه با محدودیت‌ها گزارش شوند.

۶,۲ کارایی

- پردازش یک ویدئوی کوتاه باید در زمان قابل قبول انجام شود.
- سامانه برای اجرای اولیه روی رایانه شخصی قابل استفاده باشد.

۶,۳ قابلیت توسعه

- معماری نرم‌افزار باید ماژولار باشد.
- امکان جایگزینی مدل استخراج اسکلت یا مدل طبقه‌بندی وجود داشته باشد.
- امکان افزودن کلاس‌های بیماری جدید فراهم باشد.

۶,۴سهولت استفاده

- رابط کاربری ساده یا رابط خط فرمان قابل فهم ارائه شود.
- مراحل بارگذاری و تحلیل ویدئو ساده باشد.

۶,۵ حریم خصوصی و اخلاق پژوهش

- ویدئوهای افراد باید با رضایت آگاهانه جمع‌آوری شوند.
- اطلاعات شخصی افراد باید ناشناس‌سازی شود.

- داده‌ها فقط برای اهداف پژوهشی استفاده شوند.
- خروجی سیستم نباید به‌عنوان تشخیص قطعی پزشکی معرفی شود.

۷. داده‌های مورد نیاز

برای اجرای پروژه به مجموعه‌ای از ویدئوهای راه رفتن نیاز است.

منابع داده پیشنهادی

- جمع‌آوری ویدئو از داوطلبان سالم
- استفاده از دیتاست‌های عمومی تحلیل راه رفتن
- همکاری با متخصصان توان‌بخشی برای داده‌های اختلال حرکتی
- استفاده از داده‌های شبیه‌سازی‌شده یا نمونه‌های آموزشی در فاز اولیه

ویژگی‌های داده

- ویدئو از نمای جانبی یا روبه‌رو
- نور مناسب و پس‌زمینه نسبتاً ساده
- نمایش کامل بدن فرد
- ثبت چند گام متوالی
- برچسب‌گذاری داده‌ها به‌صورت سالم / دارای اختلال

۸. روش پیشنهادی اجرای پروژه

فاز ۱: مطالعه و طراحی

- بررسی مقالات مرتبط با تحلیل راه رفتن
- انتخاب ابزار استخراج نقاط کلیدی بدن
- تعیین ویژگی‌های حرکتی قابل استخراج
- طراحی معماری سامانه

فاز ۲: آماده‌سازی داده

- جمع‌آوری یا انتخاب دیتاست

- برچسب‌گذاری داده‌ها
- پاک‌سازی و استانداردسازی ویدئوها
- استخراج فریم‌ها

فاز ۳: پردازش تصویر و استخراج ویژگی

- پیاده‌سازی تشخیص بدن
- استخراج اسکلت بدن در فریم‌ها
- محاسبه ویژگی‌های راه رفتن
- ذخیره ویژگی‌ها در قالب داده ساخت‌یافته

فاز ۴: آموزش مدل

- انتخاب مدل‌های مناسب مانند:
  - Random Forest
  - SVM
  - LSTM
  - CNN-LSTM
  - Transformer-based models
- تقسیم داده به آموزش، اعتبارسنجی و آزمون
- آموزش و تنظیم پارامترهای مدل
- ارزیابی عملکرد

فاز ۵: پیاده‌سازی نمونه اولیه

- طراحی رابط ساده برای ورود ویدئو
- اجرای کامل فرآیند تحلیل
- نمایش خروجی تشخیص و ویژگی‌ها

فاز ۶: ارزیابی و مستندسازی

- تحلیل نتایج
- مقایسه مدل‌ها
- بررسی محدودیت‌ها
- تهیه گزارش نهایی و مستندات پروژه
-

۹. خروجی‌های مورد انتظار پروژه

- کد منبع سامانه
- ماژول استخراج نقاط کلیدی بدن
- ماژول استخراج ویژگی‌های راه رفتن
- مدل آموزش‌دیده اولیه
- گزارش ارزیابی مدل
- مستندات فنی
- گزارش نهایی

۱۰. معیارهای پذیرش پروژه

پروژه زمانی قابل قبول است که:

- سامانه بتواند یک ویدئوی راه رفتن را دریافت و پردازش کند.
- نقاط کلیدی بدن در ویدئو استخراج شوند.
- حداقل چند ویژگی اصلی راه رفتن محاسبه شوند.
- یک مدل طبقه‌بندی سالم / ناسالم آموزش داده شود.
- عملکرد مدل با معیارهای استاندارد گزارش شود.
- مستندات روش اجرا و نتایج ارائه شوند.

۱۱. معیارهای ارزیابی عملکرد مدل

معیارهای زیر برای ارزیابی استفاده می‌شوند:

- Accuracy
- Precision
- Recall
- F1-score
- Confusion Matrix
- ROC-AUC در صورت امکان

۱۲. محدودیت‌ها و ریسک‌ها

محدودیت‌ها

- نیاز به داده باکیفیت و برچسب‌گذاری‌شده
- حساسیت مدل به زاویه دوربین و نور محیط
- دشواری تشخیص نوع دقیق بیماری بدون داده تخصصی
- احتمال خطا در استخراج اسکلت بدن

ریسک‌ها و راهکارها

ریسک	اثر	راهکار پیشنهادی
کمبود داده بیماری	کاهش دقت مدل	استفاده از دیتاست عمومی یا تمرکز روی سالم/ناسالم
کیفیت پایین ویدئو	خطا در استخراج نقاط	تعریف پروتکل ضبط ویدئو
پیچیدگی مدل عمیق	افزایش زمان پروژه	شروع با مدل‌های کلاسیک مثل SVM و Random Forest
عدم تعادل کلاس‌ها	بایاس مدل	استفاده از روش‌های balancing و معیار F1
خطای تشخیص اسکلت	افت کیفیت ویژگی‌ها	فیلتر کردن فریم‌های نامعتبر

۱۳. زمان‌بندی پیشنهادی

فاز	فعالیت	مدت زمان پیشنهادی
1	مطالعه و طراحی	۲ هفته
2	جمع‌آوری و آماده‌سازی داده	۳ هفته
3	استخراج نقاط و ویژگی‌ها	۴ هفته
4	آموزش و ارزیابی مدل	۴ هفته
5	پیاده‌سازی نمونه اولیه	۴ هفته
6	مستندسازی و ارائه	۳ هفته

مدت کل پیشنهادی: حدود ۲۰ هفته

۱۴. ملاحظات اخلاقی و حقوقی

- دریافت رضایت‌نامه از افراد شرکت‌کننده
- عدم انتشار چهره یا اطلاعات شناسایی افراد
- ذخیره امن داده‌ها
- استفاده پژوهشی از داده‌ها