**گزارش درباره‌ی کد مرحله چهارم: آموزش مدل CNN-LSTM برای طبقه‌بندی حرکات ورزشی**

این کد به منظور آموزش یک مدل شبکه عصبی با معماری  **CNN-LSTM** ترکیب شبکه‌های عصبی کانولوشنال و LSTM طراحی شده است. هدف این مدل، طبقه‌بندی حرکات ورزشی از روی داده‌های نقاط کلیدی استخراج‌شده است. در اینجا ابتدا داده‌ها از فایل‌های CSV بارگذاری می‌شوند، سپس پیش‌پردازش‌های لازم (مانند نرمال‌سازی و رمزگذاری برچسب‌ها) انجام شده و در نهایت مدل شبکه عصبی آموزش داده می‌شود. در این گزارش به تفصیل مراحل مختلف این کد شرح داده می‌شود.

**هدف برنامه:**

هدف این برنامه، ساخت یک مدل طبقه‌بندی برای پیش‌بینی نوع حرکت ورزشی از روی داده‌های نقاط کلیدی است. این داده‌ها به‌صورت توالی‌هایی از نقاط بدن در هر فریم از ویدیوهای حرکات ورزشی ذخیره شده‌اند. مدل CNN-LSTM برای استخراج ویژگی‌های محلی و وابستگی‌های زمانی در داده‌ها استفاده می‌شود و در نهایت برای طبقه‌بندی حرکات ورزشی به‌کار می‌رود.

**مراحل اجرای برنامه:**

**1. بارگذاری دیتاست‌ها:**

* مسیر پوشه دیتاست‌ها (final\_datasets\_by\_exercise\_1) که شامل فایل‌های CSV به تفکیک حرکت ورزشی است، مشخص می‌شود.
* برای هر فایل CSV:
  + نام حرکت ورزشی از نام فایل استخراج می‌شود.
  + داده‌ها (نقاط کلیدی) از فایل CSV خوانده می‌شوند.
  + برای هر فریم (هر ردیف در فایل CSV) یک نمونه از داده‌ها و برچسب آن (نام حرکت ورزشی) به لیست‌های X\_data (ویژگی‌ها) و y\_data (برچسب‌ها) اضافه می‌شود.

**2. پیش‌پردازش داده‌ها:**

* **نرمال‌سازی داده‌ها:**
  + از MinMaxScaler برای نرمال‌سازی داده‌های ویژگی‌ها استفاده می‌شود. این عمل مقادیر ویژگی‌ها را در بازه [0, 1] قرار می‌دهد.
  + پس از نرمال‌سازی، مدل اسکیلر ذخیره می‌شود تا در مراحل بعدی برای نرمال‌سازی داده‌های جدید قابل استفاده باشد.
* **رمزگذاری برچسب‌ها:**
  + از LabelEncoder برای تبدیل برچسب‌ها (نام حرکت ورزشی) به مقادیر عددی استفاده می‌شود.
  + سپس از to\_categorical برای تبدیل برچسب‌های عددی به فرمت دسته‌بندی یک‌داغ (One-Hot Encoding) استفاده می‌شود.
* **تقسیم داده‌ها به مجموعه‌های آموزش و تست:**
  + داده‌ها به دو بخش آموزش و تست تقسیم می‌شوند. 80% داده‌ها برای آموزش و 20% برای تست در نظر گرفته می‌شود. همچنین برای حفظ توازن داده‌ها در هر دسته، از stratify استفاده می‌شود.
  + داده‌ها به شکلی تغییر می‌کنند که برای مدل‌های شبکه عصبی قابل استفاده باشد (تغییر شکل به فرمت [نمونه‌ها، ویژگی‌ها، 1]).

**3. ساخت مدل CNN-LSTM:**

* **معماری مدل:**
  + **لایه اول (Conv1D):** این لایه یک لایه کانولوشنی 1 بعدی است که برای استخراج ویژگی‌های محلی از داده‌های ورودی (نقاط کلیدی) استفاده می‌شود. از 64 فیلتر و کرنل سایز 3 با تابع فعال‌سازی relu استفاده می‌شود.
  + **لایه دوم (MaxPooling1D):** این لایه برای کاهش ابعاد ویژگی‌های استخراج‌شده و جلوگیری از پیچیدگی اضافی مدل به کار می‌رود.
  + **لایه Dropout:** لایه‌ای برای جلوگیری از overfitting با نرخ 0.3.
  + **لایه LSTM:** این لایه به‌منظور مدل‌سازی وابستگی‌های زمانی داده‌ها استفاده می‌شود. به‌طور خاص، این لایه به شبکه کمک می‌کند تا الگوهای زمانی را در داده‌ها شبیه‌سازی کند.
  + **لایه‌های Dense:** این لایه‌ها برای پردازش نهایی و طبقه‌بندی داده‌ها به‌کار می‌روند. لایه آخر از تابع فعال‌سازی softmax برای طبقه‌بندی چندکلاسه استفاده می‌کند.
* **کامپایل مدل:**
  + مدل با استفاده از adam به‌عنوان الگوریتم بهینه‌سازی و categorical\_crossentropy به‌عنوان تابع هزینه برای مسائل طبقه‌بندی چندکلاسه کامپایل می‌شود.
  + دقت (accuracy) به‌عنوان متریک ارزیابی عملکرد مدل در نظر گرفته می‌شود.

**4. آموزش مدل:**

* مدل بر روی داده‌های آموزشی با 30 اپوک و اندازه بچ 32 آموزش داده می‌شود. در طول آموزش، داده‌های تست به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل بر روی داده‌های ناآشنا استفاده می‌شود.
* پس از پایان هر اپوک، عملکرد مدل بر روی داده‌های تست ارزیابی می‌شود و پیشرفت مدل در طول آموزش نمایش داده می‌شود.

**5. ذخیره مدل:**

* پس از آموزش، مدل آموزش‌دیده در قالب فایل lstm\_model.h5 ذخیره می‌شود. این مدل می‌تواند برای پیش‌بینی‌های بعدی یا ادامه آموزش استفاده شود.

**نتیجه‌گیری:**

این کد به‌طور مؤثر یک مدل CNN-LSTM را برای طبقه‌بندی حرکات ورزشی بر اساس داده‌های نقاط کلیدی استخراج‌شده از ویدیوهای ورزشی پیاده‌سازی می‌کند. مدل ابتدا با استفاده از لایه‌های کانولوشنی ویژگی‌های محلی را استخراج می‌کند و سپس با استفاده از لایه‌های LSTM وابستگی‌های زمانی موجود در داده‌ها را مدل‌سازی می‌کند. این ترکیب از CNN و LSTM قدرت زیادی در شبیه‌سازی الگوهای فضایی-زمانی دارد که برای پردازش داده‌های ویدیویی و فعالیت‌های حرکتی بسیار مفید است.

در نهایت، مدل آموزش‌دیده برای استفاده‌های بعدی ذخیره می‌شود و می‌تواند برای پیش‌بینی حرکت‌های ورزشی جدید به کار رود.

این کد می‌تواند به‌عنوان بخشی از یک سیستم شبیه‌سازی و شناسایی خودکار حرکات ورزشی در پروژه‌های بزرگتر استفاده شود.