



دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

## تشخیص بوی کد با استفاده از مدل های زبانی وسیع پیشنهادی

پروژه‌ی پایانی کارشناسی مهندسی کامپیوتر

محمدصادق پولائی موزیرجی

سایین اعلا

استاد راهنما

دکتر سعید پارسا

شهریور ۱۴۰۳



## تأییدی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پروژه

نام دانشکده: دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

نام دانشجویان: محمدصادق پولائی موزیرجی، ساین اعلا

عنوان پروژه: تشخیص بوی کد با استفاده از مدل های زبانی وسیع پیشنهادی

تاریخ دفاع: شهریور ۱۴۰۳

رشته: مهندسی کامپیوتر

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضاء
۱	استاد راهنما	دکتر سعید پارسا	دانشیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۲	استاد داور داخلی	دکتر ....	.....	دانشگاه علم و صنعت ایران	

## تأییدی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانبان محمدصادق پولائی موزیرجی به شماره دانشجویی ۹۹۵۲۱۱۴۵ دانشجوی رشته مهندسی کامپیوتر مقطع تحصیلی کارشناسی و سایین اعلا به شماره دانشجویی ۹۹۴۰۰۰۲۳ دانشجوی رشته مهندسی کامپیوتر مقطع تحصیلی کارشناسی تأیید می‌نماییم که کلیه نتایج این پروژه حاصل کار اینجانبان و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ایم. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی) با اینجانبان رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نماییم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذیصلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانبان خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: محمدصادق پولائی موزیرجی

تاریخ و امضا:

نام و نام خانوادگی: سایین اعلا

تاریخ و امضا:

## مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

استاد راهنما: دکتر سعید پارسا

تاریخ:

امضا:

## قدردانی

سپاس خداوندگار حکیم را که با لطف بی‌کران خود، آدمی را زیور عقل آراست.  
در آغاز وظیفه خود می‌دانم از زحمات بی‌دریغ استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر سعید پارسا، صمیمانه تشکر و قدردانی کنم که قطعاً بدون راهنمایی‌های ارزنده ایشان، این مجموعه به انجام نمی‌رسید.

از جناب آقای دکتر سعید پارسا که زحمت مطالعه و مشاوره این رساله را تقبل فرمودند و در آماده سازی این رساله، به نحو احسن اینجانب را مورد راهنمایی قرار دادند، کمال امتنان را دارم.  
در پایان، بوسه می‌زنم بر دستان خداوندگاران مهر و مهربانی، پدر و مادر عزیزم و بعد از خدا، ستایش می‌کنم وجود مقدس‌شان را و تشکر می‌کنم از خانواده عزیزم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان، که بهترین پشتیبان من بودند.

محمدصادق پولائی موزیرجی

سایین اعلا

شهریور ۱۴۰۳

## چکیده

در این پژوهش، به بررسی و پیشنهاد مدلی برای تشخیص بوی کد با استفاده از مدل‌های زبانی وسیع پرداخته شده است. بوی کد به مفاهیم و ویژگی‌هایی در کد برنامه‌نویسی اشاره دارد که می‌تواند نشان‌دهنده مشکلات عمیق‌تری در طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار باشد. این مشکلات ممکن است به کاهش کیفیت کد و افزایش پیچیدگی در نگهداری و توسعه منجر شوند. روش پیشنهادی این پژوهش شامل استفاده از مدل‌های زبانی وسیع است که با استفاده از مجموعه داده‌های برچسب‌خورده آموزش دیده و توانایی تشخیص ۲۸ نوع مختلف از بوی کد را دارد. مدل پیشنهادی با بهره‌گیری از تکنیک‌های یادگیری عمیق و معماری‌های پیشرفته نظیر ترانسفورمرها توسعه یافته است. نتایج ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی قادر است بهبود قابل توجهی در دقت تشخیص بوی کد ایجاد کند و می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای توسعه‌دهندگان نرم‌افزار مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در این پژوهش به چالش‌های موجود در آموزش و بهینه‌سازی مدل‌های زبانی وسیع پرداخته شده و راهکارهایی برای ارتقای عملکرد مدل ارائه شده است.

**واژگان کلیدی:** بوی کد، مدل‌های زبانی وسیع، یادگیری عمیق، تشخیص خودکار، ترانسفورمر، بهینه‌سازی مدل

# فهرست مطالب

ح	فهرست تصاویر
خ	فهرست جداول
د	فصل ۱: مقدمه
۲	۱-۱ لزوم تشخیص بوی کد در صنعت نرم افزار . . . . .
۵	فصل ۲: مفاهیم و کار های انجام شده
۶	۱-۲ مفاهیم اولیه . . . . .
۱۵	۲-۲ کار های انجام شده با روش های پیشین . . . . .
۱۸	فصل ۳: شرح مسئله
۲۲	فصل ۴: روش پیشنهادی
۲۳	۱-۴ پردازش و جمع آوری داده . . . . .
۲۳	۲-۴ تعریف مدل . . . . .
۲۷	۳-۴ آموزش مدل . . . . .
۳۰	فصل ۵: ارزیابی و معیارهای سنجش عملکرد
۳۲	۱-۵ معیارهای ارزیابی . . . . .
۳۴	۲-۵ نحوه ارزیابی مدل . . . . .
۳۵	۳-۵ نتایج ارزیابی . . . . .



۳۶	فصل ۶: نتیجه گیری و کار های آینده
۳۷	۱-۶ نتیجه گیری . . . . .
۳۸	۲-۶ کار های آینده . . . . .
۴۱	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۵۰	کتاب نامه

# فهرست تصاویر

۷	.....	مثالی از درخت نحو انتزاعی	۱-۲
۸	.....	معماری شبکه عصبی بازگشتی	۲-۲
۹	.....	معماری شبکه عصبی (LSTM)	۳-۲
۱۰	.....	معماری شبکه عصبی (Attention)	۴-۲
۱۲	.....	معماری (Transformer)	۵-۲
۱۳	.....	معماری (LLaMA)	۶-۲
۲۶	.....	نحوه بهبود دادن مدل	۱-۴
۳۴	.....	نمونه خروجی مدل و برجسب های داده	۱-۵

## فهرست جداول

۱-۳	لیست بوی بد کد و توضیحات آن‌ها	۲۰
۱-۵	نتایج ارزیابی مدل‌های مختلف	۳۵

فصل اول

مقدمه

## ۱. مقدمه

تشخیص بوی کد یکی از مفاهیم اساسی در صنعت نرم‌افزار است که اهمیت بسیاری دارد. هر پروژه نرم‌افزاری از یک مجموعه بزرگ از کدها تشکیل شده است که ممکن است توسط چندین توسعه‌دهنده نوشته شده باشند. به همین دلیل، اهمیت تشخیص بوی کد به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ بسیار چشمگیر است.

بوی کد به مفهومی گفته می‌شود که نشان‌دهنده کیفیت کد و ساختار آن است. یک کد خوب، کدی است که درک آن ساده است، قابل توسعه بوده و از جوانب مختلفی نظیر بهینه بودن، قابلیت خواندن، تست‌پذیری و قابلیت تغییر برخوردار است.

بوی کد نه تنها برای توسعه‌دهندگان فعلی بلکه برای توسعه‌دهندگان جدیدی که احتمالاً بعداً به پروژه می‌پیوندند نیز حائز اهمیت است. با تشخیص بوی کد، توسعه‌دهندگان به راحتی می‌توانند رفتار و عملکرد کد را درک کرده، مشکلات را پیدا کرده و بهبودهای لازم را اعمال کنند.

در مجموع، تشخیص بوی کد به توسعه‌دهندگان کمک می‌کند تا کدهای بهتری بنویسند، پروژه‌های بهتری ارائه دهند و در نهایت، هزینه‌های توسعه و نگهداری را کاهش دهند. [۱]

## ۱-۱ دلایل لزوم تشخیص بوی کد

تشخیص و رفع بوی کد باید بخشی از فرآیند توسعه نرم افزار باشد. این کار کمک می کند تا نرم افزارهایی پایدارتر، قابل نگهداری تر و با کیفیت تر ایجاد شوند و در بلندمدت هزینه ها و زمان مورد نیاز برای توسعه و نگهداری را کاهش دهد.

### ۱-۱-۱ افزایش قابلیت نگهداری

کدهای نرم افزاری به مرور زمان پیچیده تر می شوند، به ویژه هنگامی که تغییرات یا ویژگی های جدید به آن اضافه می شوند. اگر بوی کد در مراحل اولیه تشخیص داده نشود، این پیچیدگی ها ممکن است به چنان حدی برسند که نگهداری و توسعه کد بسیار دشوار شود. تشخیص و رفع بوی کد به بهبود ساختار و معماری کد کمک می کند، از انباشت پیچیدگی های غیرضروری جلوگیری می کند و باعث می شود نگهداری و توسعه کد در آینده آسان تر شود. این مسئله به خصوص برای تیم هایی که روی پروژه های بزرگ کار می کنند یا توسعه دهندگانی که به کدهای قدیمی برمی گردند، اهمیت بیشتری پیدا می کند.

### ۲-۱-۱ بهبود خوانایی و درک کد

یکی از عوامل کلیدی برای کدی که بتوان آن را به خوبی نگهداری کرد، خوانایی و قابلیت درک آن است. بوی کد اغلب ناشی از کدهای پیچیده، متدهای بزرگ، یا ساختارهای نامنظم است که خواندن و درک آن ها دشوار می شود. این مشکل زمانی بحرانی تر می شود که توسعه دهندگان جدید به تیم بپیوندند یا اعضای تیم فعلی پس از مدتی به کدی برگردند که دیگر به یاد نمی آورند. با تشخیص بوی کد و بهبود طراحی، کد قابل فهم تر و منظم تر می شود. این به تیم کمک می کند تا سریع تر با کد کار کند و کمتر دچار اشتباهات ناشی از سوء تفاهم در ساختار کد شوند.

### ۳-۱-۱ کاهش خطر خطاهای آینده

بوی کد معمولاً نشانه‌ای از مشکلات پنهانی است که ممکن است هنوز به صورت باگ آشکار نشده باشند، اما پتانسیل آن را دارند که در آینده مشکل ساز شوند. برای مثال، کدهای تکراری ممکن است منجر به مشکلات سازگاری شوند، یا کلاس‌ها و متدهای پیچیده ممکن است منجر به بروز خطاهایی شوند که پیدا کردن و رفع آن‌ها سخت است. تشخیص بوی کد به شناسایی این مشکلات احتمالی کمک می‌کند و رفع آن‌ها باعث می‌شود که در آینده باگ‌ها و خطاهای کمتری در کد مشاهده شود. به عبارت دیگر، پیشگیری از مشکلات به جای رفع آن‌ها پس از بروز، از هزینه و زمان زیادی صرفه‌جویی می‌کند.

### ۴-۱-۱ افزایش بهره‌وری تیم توسعه

بوی کد می‌تواند باعث شود که اعضای تیم توسعه زمان بیشتری را برای درک و رفع مشکلات موجود در کد صرف کنند، به خصوص زمانی که این مشکلات به مرور زمان پیچیده‌تر و غیرقابل فهم‌تر می‌شوند. با تشخیص و رفع بوی کد، تیم می‌تواند روی توسعه ویژگی‌های جدید تمرکز کند به جای اینکه وقت زیادی را صرف رفع خطاهای ناشی از ساختار بد کد کند. در نتیجه، تیم توسعه می‌تواند با سرعت بیشتری پیشرفت کند و بهره‌وری آن به طور کلی افزایش یابد. علاوه بر این، کدهای تمیز و بهینه تعامل بهتری بین اعضای تیم ایجاد می‌کنند، زیرا ارتباطات و درک بهتر در مورد ساختار و مسئولیت‌های مختلف کد وجود دارد.

### ۵-۱-۱ پشتیبانی از تغییرات و ارتقاء سیستم

نرم‌افزارها معمولاً در طول زمان نیاز به تغییر، به‌روزرسانی یا ارتقاء دارند تا با نیازهای جدید کاربران، بازار، یا فناوری سازگار شوند. بوی کد می‌تواند این فرایند را دشوارتر و پرخطرتر کند. به عنوان مثال، وابستگی‌های سنگین بین کلاس‌ها و ماژول‌ها ممکن است باعث شود که تغییر در یک بخش از کد، منجر به مشکلات غیرمنتظره در بخش‌های دیگر شود. اما با تشخیص و رفع بوی کد، ساختار کد بهبود می‌یابد و ماژول‌ها به صورت مستقل‌تر عمل می‌کنند. این امر به توسعه‌دهندگان اجازه می‌دهد که تغییرات و ارتقاءهای لازم را بدون ایجاد مشکلات ناخواسته اعمال کنند.

ادامه‌ی پروژه به پنج فصل تقسیم شده است. در فصل ۲ پژوهش‌های مرتبط انجام شده را مرور می‌کنیم. در فصل ۳ به شرح مسئله‌ی توانایی شناسایی و دسته‌بندی بوی کدها می‌پردازیم. در فصل ۴ روش پیشنهادی برای توانایی شناسایی و دسته‌بندی بوی کدها را شرح می‌دهیم. در فصل ۵ نحوه‌ی ارزیابی مدل را ارائه می‌دهیم. در انتها در فصل ۶ یک جمع‌بندی کلی از تمامی مطالب ارائه می‌دهیم و پیشنهاداتی برای گسترش روش پیشنهادی عنوان می‌کنیم.



فصل دوم

مفاهیم و کارهای انجام شده

## ۲. مفاهیم و کارهای انجام شده

پژوهش‌های انجام شده در زمینه تخلیه‌ی پردازش را می‌توان بر حسب «ویژگی‌های محیط مسئله» و همین‌طور «الگوریتم استفاده شده برای حل مسئله» دسته‌بندی کرد. در این فصل ابتدا به معرفی این ویژگی‌ها و الگوریتم‌ها می‌پردازیم و سپس برخی از مقالاتی که ارتباط نزدیکی با پروژه‌ی فعلی دارند را معرفی می‌کنیم.

### ۲-۱ مفاهیم اولیه

#### ۲-۱-۱ Code Smell

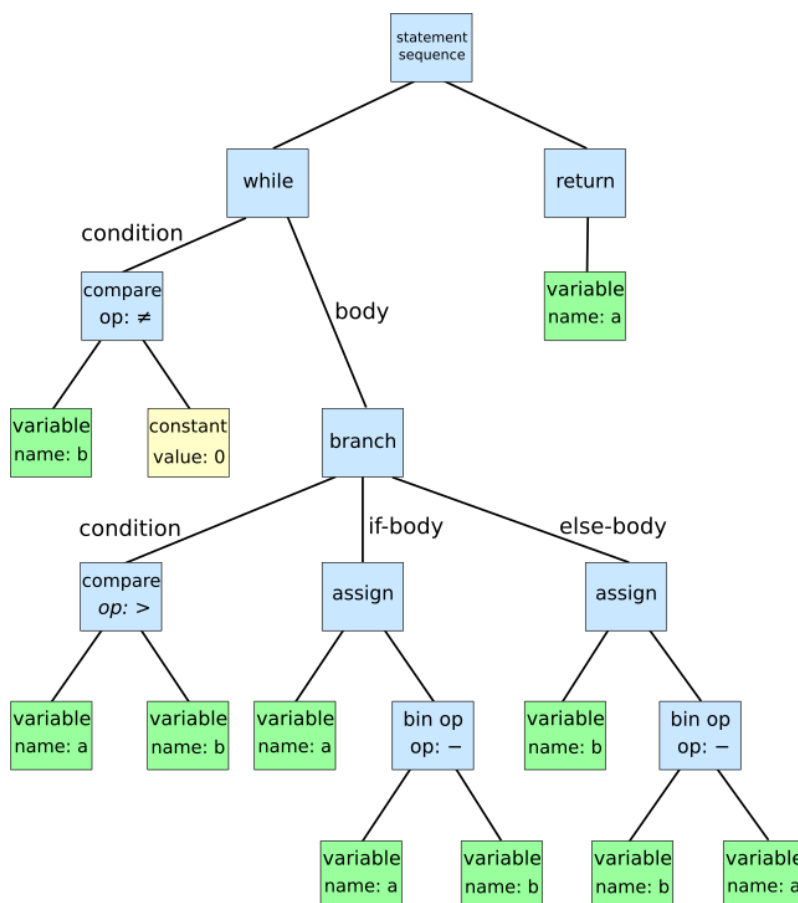
بوی کد در برنامه‌نویسی کامپیوتر، به ویژگی‌ها یا نشانه‌هایی در کد یک برنامه که حاکی از وجود مشکلاتی در عمق برنامه باشند، بوی کد گفته می‌شود. تعیین اینکه چه چیزی کد بو محسوب می‌شود یا نه، وابسته به فرد توسعه‌دهنده، زبان برنامه‌نویسی و مدت توسعه می‌باشد. یک شیوه برای نگاه به کد بو در نظر گرفتن اصول و کیفیت طراحی است و بوهای کد ساختارهایی مشخص در کد هستند که اصول پایه‌ای برنامه‌نویسی را به گونه‌ای نقض کرده‌اند و کیفیت طراحی را پایین آورده‌اند.

در واقع بوهای بد کد خطا محسوب نمی‌شوند به این معنا که مانع از کارکرد صحیح برنامه نمی‌شوند. آنها ضعف‌هایی در طراحی را نمایان می‌کنند که باعث کند شدن روند توسعه هستند یا ریسک ایجاد خطاها یا خرابی در آینده را افزایش می‌دهند.

معمولاً مشکل عمیق‌تری که بوی بد کد به آن اشاره دارد توسط یک دور بازخورد کوتاه نمایان می‌شود، زمانی که کد در قدم‌هایی کوتاه و کنترل‌شده بازسازی می‌شود و نتیجه برای یافتن بوی بد و بازسازی دوباره، ارزیابی می‌شود. از دید یک برنامه‌نویس که مسئول بازسازی کد است، بوی بد راهنمای او در فرایند بازسازی و انتخاب تکنیک بازسازی است. [۱]

## AST ۲-۱-۲

درخت نحو انتزاعی نمایش درختی از ساختار نحوی انتزاعی متن و اغلب کد منبع نوشته شده به زبان رسمی است. هر گره درخت نشان‌دهنده یک ساختار در متن است. انتزاعی بودن نحو به این معناست که تمام جزئیات ظاهر شده در نحو واقعی را نشان نمی‌دهد، بلکه فقط جزئیات ساختاری یا مرتبط با محتوا را نشان می‌دهد. این امر درختان نحو انتزاعی را از درختان نحو انضمامی که به طور سنتی درختان تجزیه نامیده می‌شوند، متمایز می‌کند. درختان تجزیه معمولاً توسط یک تجزیه‌کننده در طول فرایند ترجمه و کامپایل کد منبع ساخته می‌شوند. پس از ساخته شدن، اطلاعات اضافی با پردازش بعدی، به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل زمینه‌ای به AST اضافه می‌شود.



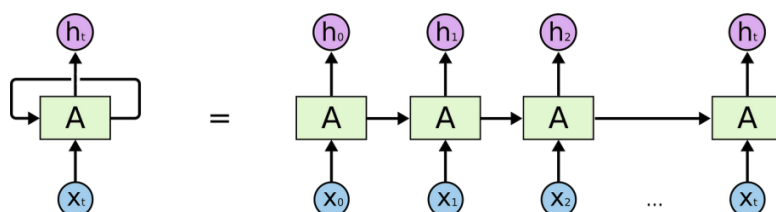
شکل ۲-۱: مثالی از درخت نحو انتزاعی

یک درخت نحو انتزاعی معمولاً به دلیل مراحل متوالی تجزیه و تحلیل توسط کامپایلر، حاوی اطلاعات اضافی در مورد برنامه است. درخت نحو انتزاعی ها به دلیل ماهیت ذاتی زبان‌های برنامه‌نویسی و مستندات آن‌ها مورد نیاز هستند. زبان‌ها معمولاً به طور ذاتی مبهم هستند. برای جلوگیری از این ابهام، زبان‌های برنامه‌نویسی اغلب به عنوان گرامر مستقل از متن CFG مشخص می‌شوند. با این حال، اغلب جنبه‌هایی از زبان‌های برنامه‌نویسی وجود دارند که بخشی از زبان هستند و در مشخصات آن مستند شده‌اند ولی یک گرامر مستقل از متن نمی‌تواند آن‌ها را بیان کند. این‌ها جزییاتی هستند که برای تعیین اعتبار و رفتارشان نیاز به یک زمینه دارند. حتی اگر یک زبان دارای مجموعه‌ای از انواع از پیش تعریف شده باشد، اعمال استفاده مناسب اغلب به زمینه‌ای نیاز دارد.

درخت نحو انتزاعی به شدت در طول تجزیه و تحلیل معنایی که در آن کامپایلر استفاده صحیح از عناصر برنامه و زبان را بررسی می‌کند، استفاده می‌شود. کامپایلر همچنین جداول نماد را بر اساس AST در طول تجزیه و تحلیل معنایی تولید می‌کند. پیمایش کامل درخت اجازه می‌دهد تا صحت برنامه تأیید شود. پس از تأیید صحت، AST به عنوان پایه‌ای برای تولید کد عمل می‌کند. AST اغلب برای تولید یک نمایش میانی IR که گاهی اوقات زبان میانی نامیده می‌شود، برای تولید کد استفاده می‌شود. [۲]

### ۲-۱-۳ RNN

راه حل اولیه پژوهشگران برای پردازش متن، ارائه مدل شبکه عصبی بازگشتی بوده است. این مدل در واقع با استفاده از ساختار بازگشتی بودن خود راه حلی برای وابسته بودن ورودی‌ها در اثر زمان پیدا کرده است. به طوری که مدل‌های دیگر شبکه‌ی عصبی داده‌ها را به صورت ترتیبی نمی‌بینند و خروجی نوروں‌ها به یکدیگر وابسته نیستند.

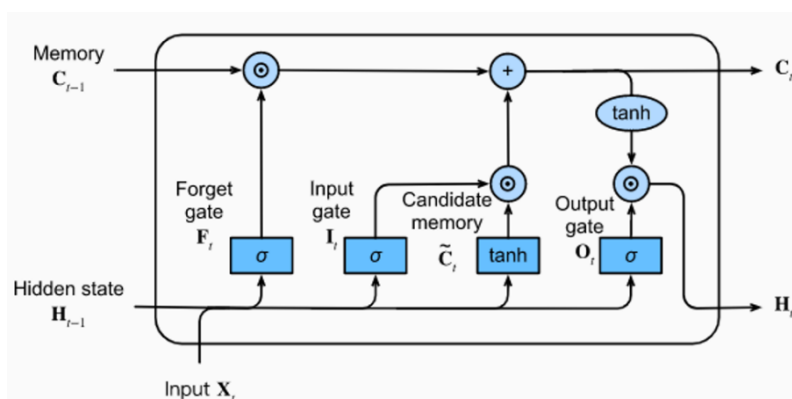


شکل ۲-۲: معماری شبکه عصبی بازگشتی

در شکل ۲-۲ مشاهده می شود که هر ورودی در خروجی های بعدی خود تاثیر می گذارد که اینگونه حتی آخرین نورون هم قادر به اصلاح اولین نورون از طریق تابع ضرر و محاسبه گرادیان می باشد. [۳]

## LSTM ۴-۱-۲

به مرور زمان و با آموزش مدل های شبکه ی بازگشتی، محققان شاهد مشکل محوشدگی و انفجار گرادیان در این نوع شبکه های عصبی بوده اند. یعنی به مرور زمان دچار فراموشی داده های قبلی و در نتیجه ساختار کلی متن را فراموش می کردند. سپس با ارائه مدل حافظه طولانی کوتاه مدت (LSTM) توانستند بر این مشکل غلبه کنند به طوری که با تعریف دروازه های ورودی، فراموشی و خروجی داده های مورد نیاز را نگه می داشتند و داده های غیرقابل استفاده را از درون حافظه پاک می کردند

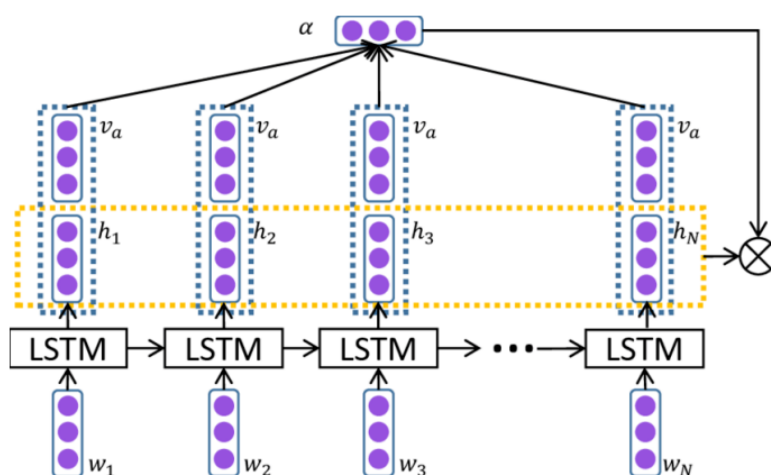


شکل ۲-۳: معماری شبکه عصبی (LSTM)

شکل ۲-۳ به خوبی ساختار درون هر لایه شبکه ی (LSTM) را نشان می دهد که در واقع نحوه ی دروازه ها را مشخص می کند. به واسطه تعریف دروازه های مجزا این شبکه چهار برابر شبکه ی عصبی بازگشتی ساده پارامتر دارد و در نتیجه از نظر محاسباتی چهار برابر کندتر از مدل های شبکه ی عصبی بازگشتی می باشد. [۴]

## ۵-۱-۲ Attention

مدل (LSTM) ارائه شده همچنان دچار فراموشی هایی به مرور زمان می شد و نمی توانست یک دنباله با طول بسیار زیاد را به خاطر بسپارد و همچنان مشکلی محوشدن گرادیان مشاهده می شد. برای برطرف کردن مشکل ذکر شده پژوهشگران به ایده ی استفاده کردن از سازوکار توجه رسیدند که به قدر خوبی تمام مشکلاتی که تا کنون مطرح شد را حل می کرد.



شکل ۲-۴: معماری شبکه عصبی (Attention)

شکل ۲-۴ نشان می دهد که در پردازش هر ورودی، آن لایه می تواند به کل بخش های ورودی توجه کند و با استفاده از میانگین گیری، مقادیر هر کدام را به نحوی استفاده کند. [۵]

## ۶-۱-۲ Transformer

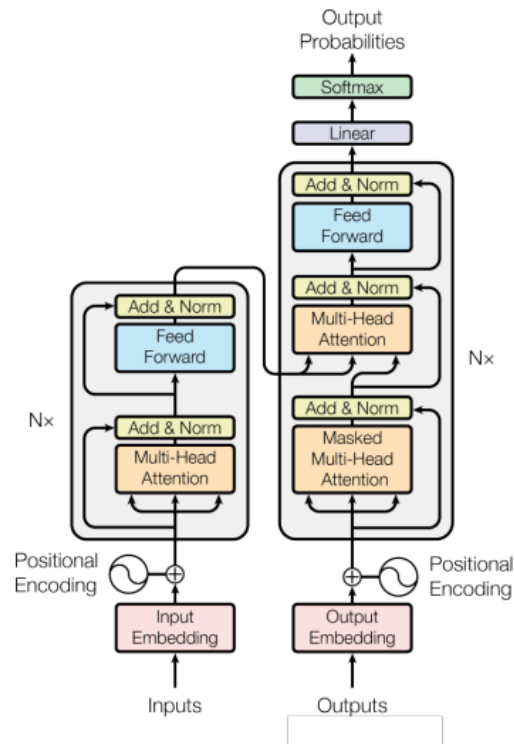
در جدیدترین پژوهش، مدل های ترنسفورمر مطرح شده اند که علم پردازش زبان های طبیعی را متحول کردند. آن ها در مقاله ی خود ساختاری جدید را معرفی کردند که دیگر ساختار این مدل ها بر پایه شبکه های عصبی بازگشتی نمی باشند. راه حل نوینی برای بردارهای وابسته به متن ارائه کرده اند که در نویسندگان این مقاله با ارائه سازوکار توجه به خود واقع به این معناست اگر دو کلمه ی هم شکل با معنای متفاوت درون متن قرار بگیرند، این سازوکار متوجه تفاوت این دو کلمه خواهد شد. آن ها همچنین فرآیند وابسته بودن هر بخش در شبکه های عصبی بازگشتی که منجر به کند

بودن آن می شد را با استفاده از مدل جدید خود کاملاً به طور موازی درآوردند که بسیار به کار سرعت می بخشید. قدم بزرگ دیگر این ساختار، آموزش دیدن مدل های کارآمدی می باشند که در واقع با استفاده از این مدل ها که بر روی حجم بسیار عظیمی از متن ها آموزش دیده اند، می توانیم از وزن های آموزش دیده ی آن ها در مسائل مختلف استفاده کنیم و مدل ها را برای انجام وظایف جدید بدون نیاز به آموزش دوباره از ابتدا به کار بگیریم. این ویژگی به ویژه در مواقعی که داده های آموزشی محدود هستند، بسیار مفید است. به عنوان مثال، مدل های ترنسفورمر که بر روی مقادیر عظیمی از داده های عمومی آموزش دیده اند، می توانند با تنظیمات اندک و استفاده از وزن های یادگیری شده، به سرعت به مسائل خاصی مانند ترجمه، خلاصه سازی متن، یا پاسخ به سوالات پاسخ دهند.

این مدل ها همچنین به دلیل ساختار مقیاس پذیری که دارند، امکان پردازش موازی را فراهم می کنند که این امر منجر به کاهش زمان آموزش و پیش بینی می شود. علاوه بر این، مدل های ترنسفورمر به دلیل حذف محدودیت های مربوط به وابستگی های طولانی مدت در متن، قادر به درک بهتر و عمیق تری از توالی های طولانی هستند.

مدل های ترنسفورمر، از جمله معروف ترین آن ها یعنی BERT، GPT و T5، به عنوان پایه ای برای بسیاری از کاربردهای عملی در پردازش زبان طبیعی مورد استفاده قرار گرفته اند. این مدل ها توانسته اند در بسیاری از معیارهای استاندارد، عملکردی بهتر از مدل های پیشین ارائه دهند و در واقع، انقلابی در این حوزه به وجود آورده اند.

در نهایت، ترنسفورمرها با ارائه رویکردی جدید به پردازش زبان طبیعی، امکان توسعه سیستم های هوشمندتر و کارآمدتر را فراهم کرده اند که می توانند در طیف وسیعی از کاربردها از جمله ترجمه ماشینی، تولید متن، تحلیل احساسات و بسیاری دیگر به کار گرفته شوند. این مدل ها به دلیل انعطاف پذیری و قدرت پیش بینی بالای خود، همچنان در حال پیشرفت و بهبود هستند و تحقیقات بیشتری در این زمینه در حال انجام است تا از پتانسیل کامل آن ها بهره برداری شود.



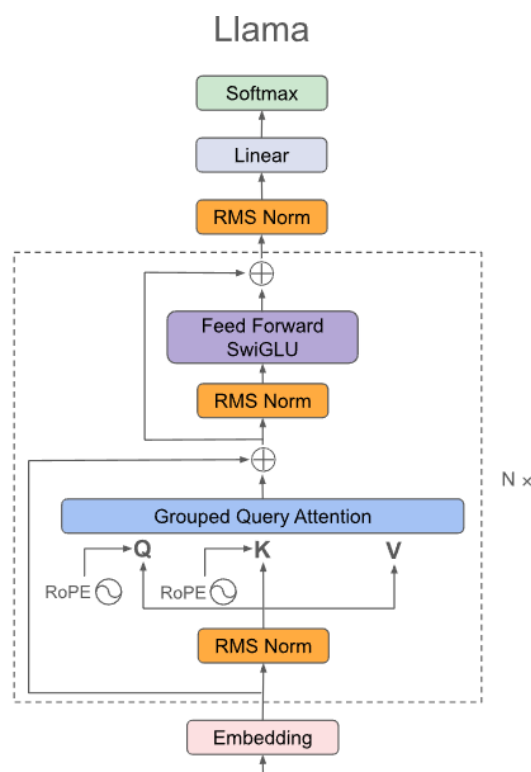
شکل ۲-۵: معماری (Transformer)

شکل ۲-۵ معماری مدل Transformer را نشان میدهد که لایه هر مرحله چگونه است. [۵]

## ۷-۱-۲ LLaMA

مدل LLaMA به دلیل استفاده از مکانیسم توجه، قابلیت پردازش کارآمد و موازی داده‌های متنی را دارد. در ساختار، مکانیسم خودتوجهی به مدل اجازه می‌دهد تا به تمامی بخش‌های ورودی توجه کند و روابط بین کلمات را درک کند. این امر به مدل امکان می‌دهد وابستگی‌های طولانی‌مدت در متن را شناسایی کند. محاسبات توجه با استفاده از انجام می‌شود که به بهبود پایداری عددی در پردازش داده‌های بزرگ کمک می‌کند.





شکل ۲-۶: معماری (LLaMA)

شکل ۲-۶ معماری مدل LLaMA را نشان می‌دهد که از لایه‌های متوالی تشکیل شده که شامل بخش کدگذار و کدگشا است. در کاربردهایی مانند ترجمه، هر دو بخش استفاده می‌شوند، اما برای تولید متن معمولاً فقط کدگشا کافی است. هر لایه شامل مکانیزم خودتوجهی و لایه‌های شبکه عصبی کاملاً متصل است. برای تثبیت و تسریع آموزش مدل، از نرمال‌سازی لایه استفاده می‌شود. همچنین، اتصالات باقیمانده به جلوگیری از مشکل کمک می‌کنند و اطلاعات را به‌طور موثرتری در لایه‌های مدل منتقل می‌کنند. مدل LLaMA با اندازه‌های مختلف و تعداد پارامترهای متفاوت عرضه می‌شود، که این امر به کاربران اجازه می‌دهد مدل مناسب را بر اساس نیاز و منابع محاسباتی خود انتخاب کنند. این مدل‌ها به دلیل طراحی بهینه و استفاده از معماری، از کارایی محاسباتی بالایی برخوردارند و قادر به پردازش موازی داده‌ها هستند، که این امر باعث افزایش سرعت و کاهش زمان آموزش می‌شود. بهبودهای خاص LLaMA ممکن است شامل تکنیک‌های کاهش پیچیدگی زمانی و مکانی و استفاده از پیش‌آموزش‌های خاص برای افزایش دقت در وظایف خاص باشد. این مدل‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که می‌توانند در محیط‌های مختلفی از جمله دستگاه‌های با قدرت محاسباتی محدود اجرا

شوند، که این ویژگی آن‌ها را برای کاربردهای صنعتی و تحقیقاتی که نیاز به پردازش سریع و دقیق دارند، بسیار مفید می‌سازد. در مجموع، LLaMA با استفاده از ساختار و بهینه‌سازی‌های مختلف، یک ابزار قدرتمند برای پردازش زبان طبیعی ارائه می‌دهد که می‌تواند در طیف وسیعی از کاربردها مورد استفاده قرار گیرد. [۶]

## ۲-۲ کارهای انجام شده با روش‌های پیشین

### ۱-۲-۲ سیستم‌های قانون محور

سیستم‌های قانون محور یا یکی از رویکردهای اصلی برای تشخیص بوی کد در صنعت نرم‌افزار هستند. این سیستم‌ها بر اساس تعدادی از قوانین یا قواعد برنامه نویسی شده توسط توسعه‌دهندگان عمل می‌کنند. این قواعد معمولاً بر اساس اصول نگارش کد، الگوهای طراحی خوب و استانداردهای برنامه نویسی تعریف شده‌اند. [۷]

#### تعریف قوانین

در این مرحله، توسعه‌دهندگان قوانین مربوط به بوی کد را تعریف می‌کنند. این قوانین ممکن است شامل الگوهای طراحی، اصول نگارش کد، استفاده از متغیرهای مفهومی، اصول و سایر استانداردهای برنامه نویسی باشند.

#### پیاده‌سازی قوانین

قوانین تعریف شده باید به صورت قابل اجرا در سیستم پیاده‌سازی شوند. این به معنای تبدیل قوانین بوی کد به قواعد قابل اجرا توسط سیستم است تا بتواند کد را تحلیل کرده و مشکلات را شناسایی کند.

#### تحلیل کد و اعمال تغییرات

سیستم قوانین و قواعد تعریف شده را بر روی کد منبع اجرا می‌کند. سپس با توجه به این قوانین، بوی کد را تشخیص داده و مشکلات مربوط به کیفیت کد را شناسایی می‌کند. این تحلیل معمولاً شامل اعلام هشدارها، پیشنهادات بهبود و گزارش‌های مرتبط با بوی کد است. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل، توسعه‌دهندگان می‌توانند تغییرات لازم را در کد اعمال کنند تا بهبودهای مورد نیاز را انجام دهند. این شامل اصلاحات نگارشی، بهبودهای ساختاری و سایر تغییراتی است که برای بهبود کیفیت کد لازم است.

### ۲-۲-۲ یادگیری ماشین

در طول زمان ابزار شناسایی بوی کد نیز پیشنهاد شده است که بیشتر آن‌ها به عنوان مبتنی بر اکتشافی در نظر گرفته می‌شوند. آن‌ها یک فرآیند دو مرحله‌ای را اجرا می‌کنند که در آن ابتدا مجموعه‌ای از متریک‌ها محاسبه می‌شود و سپس برخی آستانه‌ها برای تمایز بین کلاس‌های با بو و بدون بو اعمال می‌شود. این ابزارها از نظر الگوریتم‌های خاص مورد استفاده برای شناسایی بوی کد و متریک‌های بهره‌بردار شده با یکدیگر تفاوت دارند. اگرچه نشان داده شده است که این ابزارها در زمینه دقت توصیه‌ها عملکرد معقولی دارند، ولی کارهای قبلی تعدادی محدودیت مهم را نشان داده‌اند که ممکن است استفاده عملی از این ابزارها را محدود کند. به خصوص، بوهای کدی که توسط ابزارهای موجود شناسایی می‌شوند می‌توانند به صورت ذهنی توسط توسعه‌دهندگان تفسیر شوند. به علاوه، توافق بین آن‌ها پایین است. مهم‌تر از همه، بیشتر آن‌ها نیاز به تعیین آستانه‌هایی دارند تا مؤلفه‌های بوی کد را از مؤلفه‌های بدون بوی تمایز بدهند و به طور طبیعی، انتخاب آستانه‌ها به شدت بر دقت آن‌ها تأثیر می‌گذارد.

به دلیل تمامی این دلایل، یک روند جدید به سمت استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای مقابله با این مشکل پیش رفته است. در این سناریو، یک روش نظارت‌شده استفاده می‌شود که مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی ارزش یک متغیر وابسته (یعنی بوی کد یک کلاس) با استفاده از یک طبقه‌بند یادگیری ماشین به کار می‌روند. مدل می‌تواند با استفاده از مقدار کافی داده‌های موجود از پروژه تحت بررسی، یعنی استراتژی درون‌پروژه‌ای، یا با استفاده از داده‌های پروژه‌های نرم‌افزاری دیگر، یعنی استراتژی بین‌پروژه‌ای، آموزش داده شود. این رویکردها به وضوح از روش‌های مبتنی بر اکتشافی متفاوت هستند، زیرا آن‌ها به طبقه‌بندها برای تمایز بوی کد کلاس‌ها تکیه می‌کنند نه بر آستانه‌های از پیش تعریف‌شده بر روی متریک‌های محاسبه‌شده. [۸][۹]

### ۳-۲-۲ یادگیری عمیق

در حوزه شناسایی بوی کد، یادگیری عمیق به عنوان یک رویکرد نوآورانه و قدرتمند در حال ظهور است. یادگیری عمیق، به ویژه شبکه‌های عصبی عمیق، می‌تواند به طور خودکار ویژگی‌های پیچیده و غیرخطی را از داده‌های ورودی استخراج کند که این امر به بهبود دقت و کارایی در شناسایی بوی

کد کمک می‌کند.

یادگیری عمیق، برخلاف روش‌های سنتی یادگیری ماشین که به ویژگی‌های دستی یا از پیش تعریف‌شده متکی هستند، قابلیت یادگیری و استخراج خودکار ویژگی‌ها را دارد. این امر می‌تواند به کاهش وابستگی به آستانه‌های ثابت و بهبود دقت مدل در شناسایی بوی کد کمک کند. شبکه‌های عصبی عمیق مانند شبکه‌های کانولوشنی یا شبکه‌های بازگشتی به طور خودکار ویژگی‌های سطح بالا و پیچیده را از داده‌های خام استخراج می‌کنند. این فرآیند به مدل اجازه می‌دهد تا روابط پیچیده‌تر و الگوهای غیرخطی را که ممکن است توسط روش‌های سنتی کشف نشود، شناسایی کند. یادگیری عمیق، معماری شبکه شامل لایه‌های متعدد (لایه‌های پنهان) است که هر لایه به عنوان یک استخراج‌کننده ویژگی عمل می‌کند. لایه‌های اولیه ویژگی‌های ساده‌تر و لایه‌های عمیق‌تر ویژگی‌های پیچیده‌تر و انتزاعی‌تر را استخراج می‌کنند. یکی از مزایای اصلی یادگیری عمیق این است که نیاز به مهندسی ویژگی دستی را کاهش می‌دهد، چرا که مدل به طور خودکار ویژگی‌های مناسب را از داده‌ها استخراج و یاد می‌گیرد.

مدل‌های یادگیری عمیق نیاز به مقدار زیادی داده برای آموزش دارند تا بتوانند ویژگی‌های مفید را به خوبی یاد بگیرند. می‌توان از تکنیک‌هایی مانند یادگیری انتقالی استفاده کرد که در آن مدل‌های از پیش آموزش‌دیده بر روی مجموعه داده‌های بزرگ‌تر به پروژه‌های خاص تطبیق داده می‌شوند. این روش به خصوص در شرایطی که داده‌های محدود موجود است، مفید است.

ارزیابی مدل‌های یادگیری عمیق نیز مشابه روش‌های سنتی یادگیری ماشین است، اما می‌تواند به دقت بیشتری دست یابد. معیارهایی مانند دقت، فراخوان، و امتیاز F1 برای ارزیابی مدل‌ها استفاده می‌شوند. همچنین، استفاده از تکنیک‌های اعتبارسنجی متقابل می‌تواند به ارائه ارزیابی دقیق‌تر کمک کند. [۸۰][۸۱]

فصل سوم

شرح مسئله

## ۳. شرح مسئله

در پروژه حاضر، هدف اصلی توسعه یک سیستم هوشمند است که توانایی شناسایی و دسته‌بندی بوی کدها در نمونه‌های کد را داشته باشد. بوی کدها به نشانه‌هایی در کد اشاره دارند که معمولاً نشان‌دهنده مشکلات طراحی یا پیاده‌سازی هستند و می‌توانند منجر به کاهش کیفیت کد، افزایش پیچیدگی و دشواری در نگهداری و توسعه شوند. شناسایی بوی کدها به توسعه‌دهندگان کمک می‌کند تا پیش از آن که مشکلات عمده‌ای در کد بروز کنند، آنها را شناسایی و رفع کنند.

طبق جدول ۱-۳ در این پروژه، ۲۸ نوع بوی کد مختلف مورد شناسایی قرار می‌گیرند. هر یک از این بوها ویژگی‌ها و نشانه‌های خاص خود را دارند که باید توسط سیستم شناسایی شوند. برخلاف دسته‌بندی تک‌برچسبی که هر نمونه تنها یک برچسب دریافت می‌کند، در دسته‌بندی چندبرچسبی هر نمونه کد می‌تواند چندین برچسب را به صورت همزمان داشته باشد. به عبارت دیگر، هر نمونه کد ممکن است شامل چندین نوع بوی کد باشد و سیستم باید بتواند تمامی بوی کدهای موجود در یک نمونه را شناسایی و برچسب‌گذاری کند.

جدول ۳-۱: لیست بوی بد کد و توضیحات آن‌ها

نام بوی بد کد	توضیحات
Missing Hierarchy	نداشتن سلسله‌مراتب مناسب در ساختار کد
Long Parameter List	لیست پارامترهای طولانی که درک و استفاده از متد را دشوار می‌کند
Unnecessary Abstraction	وجود انتزاعاتی که هیچ نیازی به آن‌ها نیست
Imperative Abstraction	استفاده از انتزاعاتی که از سبک برنامه‌نویسی دستوری پیروی می‌کنند
Empty Catch Clause	بلوک‌های کچ خالی که خطاها را به درستی مدیریت نمی‌کنند
Deficient Encapsulation	عدم مخفی‌سازی کافی داده‌ها و متدها در کلاس‌ها
Long Identifier	استفاده از شناسه‌های طولانی که خوانایی کد را کاهش می‌دهد
Multifaceted Abstraction	انتزاعاتی که وظایف متعددی را انجام می‌دهند
Wide Hierarchy	سلسله‌مراتب گسترده‌ای که مدیریت را پیچیده می‌کند
Complex Conditional	شرط‌های پیچیده که کد را سخت‌خوان و دشوار می‌سازد
Rebellious Hierarchy	سلسله‌مراتبی که از اصول طراحی پیروی نمی‌کند
Magic Number	استفاده از اعداد جادویی که معنا را در کد مخفی می‌کنند
Missing default	نداشتن مورد پیش‌فرض در ساختارهای انتخاب
Long Method	متدهای طولانی که فهم و نگهداری آن‌ها سخت است
Broken Modularization	ماژول‌های شکسته که وظایف را به درستی تقسیم نمی‌کنند
Broken Hierarchy	سلسله‌مراتبی که به درستی ساختار نیافته است
Unutilized Abstraction	انتزاعاتی که به درستی استفاده نمی‌شوند
Long Statement	جملات برنامه‌نویسی طولانی که خوانایی را کاهش می‌دهد
Cyclic-Dependent Modularization	ماژول‌هایی که به صورت چرخه‌ای به هم وابسته‌اند
Multipath Hierarchy	سلسله‌مراتبی که مسیرهای متعددی دارد
Deep Hierarchy	سلسله‌مراتب عمیقی که پیگیری آن دشوار است



Hub-like Modularization	ماژول‌هایی که به‌طور متمرکز عمل می‌کنند و وابستگی زیادی دارند
Insufficient Modularization	ماژول‌هایی که به اندازه کافی تقسیم نشده‌اند
Cyclic Hierarchy	سلسله مراتبی که به صورت چرخه‌ای به هم وابسته‌اند
Unexploited Encapsulation	کپسوله‌سازی که به درستی بهره‌برداری نشده است
Abstract Function Call From Constructor	فراخوانی توابع انتزاعی از سازنده
Complex Method	متدهای پیچیده که درک و نگهداری آن‌ها دشوار است

ورودی سیستم شامل مجموعه‌ای از نمونه‌های کد است که می‌تواند از زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف باشد. هر نمونه کد باید مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که کدام یک از ۲۸ بوی کد در آن وجود دارد. خروجی سیستم شامل مجموعه‌ای از برجسب‌ها برای هر نمونه کد است که نشان می‌دهد کدام بوی کدها در آن نمونه وجود دارند. این خروجی می‌تواند به توسعه‌دهندگان اطلاعات ارزشمندی برای بهبود کیفیت کد و رفع مشکلات ارائه دهد.

شناسایی بوی کدها به دلیل تنوع و پیچیدگی نشانه‌ها و ویژگی‌های هر بوی کد، چالش‌برانگیز است. برخی از بوها ممکن است به صورت ترکیبی از چندین نشانه ظاهر شوند یا در بخش‌های مختلف کد پراکنده باشند. علاوه بر این، دسته‌بندی چندبرجسبی نیازمند الگوریتم‌ها و مدل‌های پیچیده‌ای است که بتوانند به درستی و با دقت بالا برجسب‌های متعدد را به هر نمونه کد اختصاص دهند. [۱۲][۱۳]

فصل چهارم

روش پیشنهادی

## ۴. روش پیشنهادی

### ۴-۱ پردازش و جمع آوری داده

برای آموزش مدل نیاز به داده های برچسب خورده وجود داشت. برای این پروژه از داده های موجود در لینک زیر استفاده شده است.

<https://github.com/liyichen1234/HMML>

این داده ها شامل ۳۹۶۴۷ پروژه جاوا بوده است که هر پروژه شامل ۲ تا ۱۰ فایل کد جاوا می باشد. برای هر پروژه یک الی پنج برچسب بوی کد زده شده است.

ابتدا تمامی کد های مربوط به هر پروژه را با هم ادغام کرده و سپس برچسب های هر پروژه بصورت یک رشته ای از برچسب ها درآورده شده است. در آخر یک جدول در فرمت فایل csv تشکیل داده که در ستون اول آدرس فایل ادغام شده پروژه و در ستون دوم نام بوی کد های آن پروژه مدنظر می باشد. برای آموزش مدل باید برای هر داده آن فایل کد با استفاده از آدرس موجود در جدول توکنایز شود و در کارت گرافیک لود شود و برای برچسب های آن پروژه نیاز هست که با استفاده از نام ها یک آرایه به طول ۲۸ که هر خانه دارای مقدار ۰ یا ۱ می باشد و وجودبوی کد مدنظر در آن پروژه جاوا را نشان می دهد.[۱۴]

### ۴-۲ تعریف مدل

در یادگیری عمیق مدل به عنوان ساختار محاسباتی اصلی عمل می کند که ورودی ها را بر اساس داده های مشاهده شده به خروجی ها نگاشت می کند. مدل با استفاده از یک مجموعه داده آموزش می بیند و الگوها، روابط و قوانینی را یاد می گیرد که می تواند برای پیش بینی داده های جدید و نادیده گرفته شده تعمیم یابد. مدل های مدرن، به ویژه آن هایی که بر روی معماری های یادگیری عمیق مانند

ترانسفورمرها ساخته شده‌اند، در شناسایی الگوهای پیچیده در داده‌ها بسیار قدرتمند هستند. با این حال، اغلب نیاز به سفارشی‌سازی و توسعه دارند تا برای وظایف خاص مناسب شوند. این مقاله به فرآیند بارگذاری یک مدل از پیش‌آموزش‌دیده، به‌ویژه یک مدل زبان بزرگ (LLM)، و سپس تطبیق آن برای یک وظیفه طبقه‌بندی چندبرچسبی از طریق اتصال لایه نهایی آن به یک شبکه عصبی چندلایه (MLP) برای طبقه‌بندی در ۲۸ برچسب مختلف می‌پردازد. [۱۵]

## ۱-۲-۴ بارگذاری مدل از پیش‌آموزش‌دیده

یک مدل زبان بزرگ، مانند GPT یا Llama، معمولاً بر روی حجم عظیمی از داده‌های متنی از پیش‌آموزش‌دیده تا بتواند زبان طبیعی را درک و تولید کند. این مدل‌ها با معماری‌های عمیق و چندلایه طراحی شده‌اند که می‌توانند ویژگی‌های پیچیده زبان‌شناسی را شناسایی کنند. فاز پیش‌آموزش به مدل اجازه می‌دهد تا وظایف مختلف زبانی مانند طبقه‌بندی متن، تحلیل احساسات و ترجمه زبان را با استفاده از بازنمایی‌های داخلی زبان یاد بگیرد.

برای شروع، مدل از پیش‌آموزش‌دیده در محیط محاسباتی بارگذاری می‌شود. این مرحله شامل وارد کردن معماری مدل و وزن‌های یادگرفته‌شده آن است. فرآیند بارگذاری می‌تواند با استفاده از فریم‌ورک‌های یادگیری عمیق محبوب مانند TensorFlow یا PyTorch انجام شود که API هایی برای بارگذاری آسان این مدل‌های از پیش‌آموزش‌دیده ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، در PyTorch، این کار با یک فرمان ساده مانند `model = AutoModel.from_pretrained('model_name')` انجام می‌شود، که در آن `'model_name'` مدل پیش‌آموزش‌دیده مورد نظر را مشخص می‌کند.

پس از بارگذاری، مدل زبان بزرگ می‌تواند برای وظایف خاص تنظیم یا تطبیق داده شود. اگرچه مدل قبلاً قادر به درک و تولید زبان است، اما ممکن است به طور مستقیم برای وظایفی که نیاز به خروجی‌های ساختاریافته دارند، مانند طبقه‌بندی چندبرچسبی، مناسب نباشد. بنابراین، باید لایه‌های اضافی یا مولفه‌های دیگر اضافه شود.

## ۲-۲-۴ اتصال مدل زبان بزرگ به یک شبکه عصبی چندلایه MLP

برای وظیفه مورد نظر طبقه‌بندی چندبرچسبی با ۲۸ برچسب لایه نهایی مدل زبان بزرگ باید تطبیق داده شود. به طور معمول، خروجی یک مدل زبان بزرگ یک بازنمایی با ابعاد بالا از متن ورودی است که اغلب به عنوان "وضعیت پنهان" یا "تعبیر" شناخته می‌شود. این بازنمایی شامل اطلاعات غنی است اما به طور مستقیم برای وظایف طبقه‌بندی قابل تفسیر نیست.

برای تبدیل این بازنمایی به مجموعه‌ای از طبقه‌بندی‌ها، وضعیت پنهان نهایی مدل زبان بزرگ به یک شبکه عصبی چندلایه (MLP) متصل می‌شود. MLP یک شبکه عصبی ساده اما قدرتمند است که از یک یا چند لایه کاملاً متصل تشکیل شده است. MLP بازنمایی با ابعاد بالا از مدل زبان بزرگ را دریافت کرده و آن را برای تولید خروجی مطلوب پردازش می‌کند. در اینجا نحوه انجام این فرآیند آمده است:

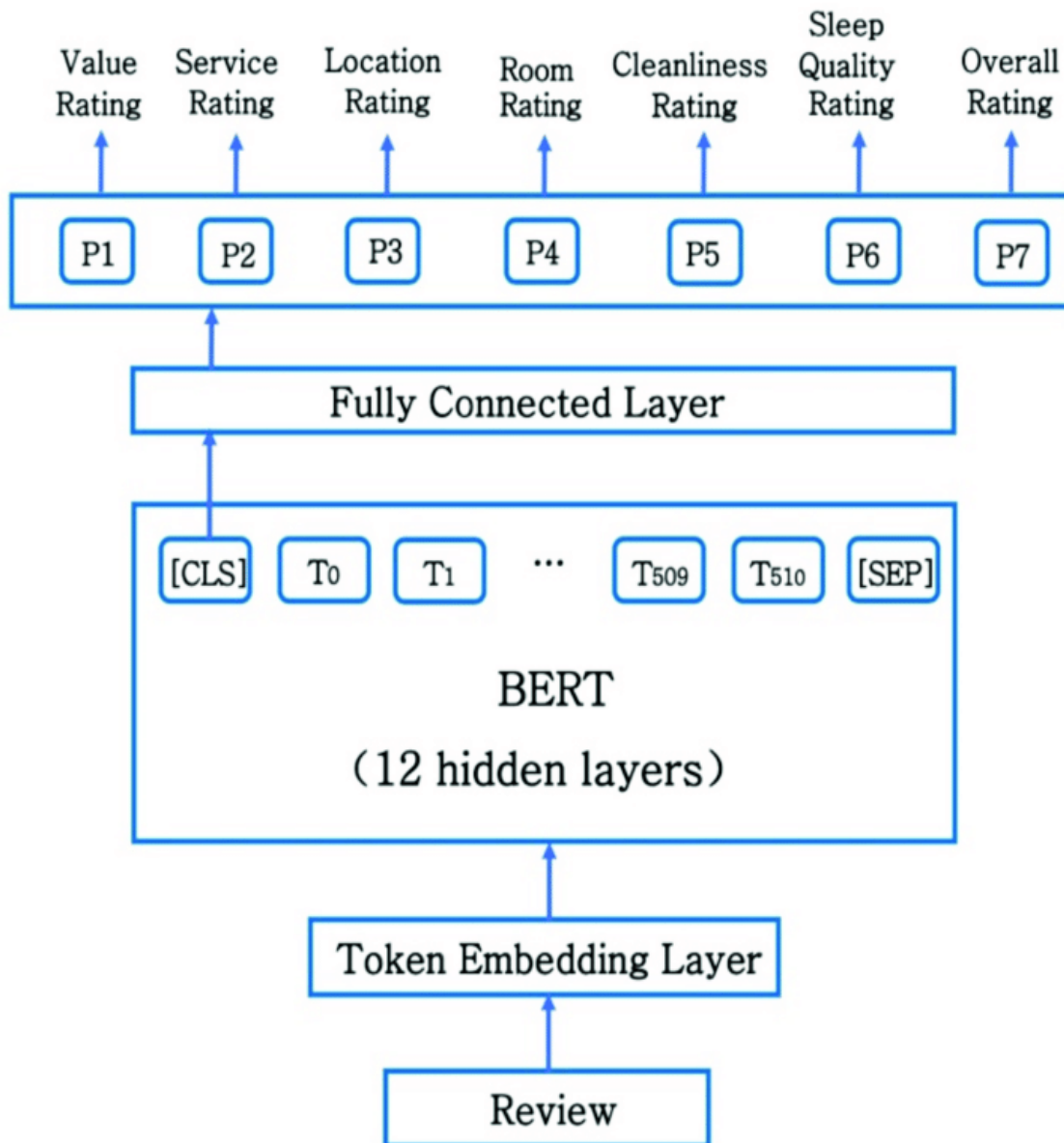
۱. استخراج بازنمایی: خروجی مدل زبان بزرگ، که اغلب یک بردار با هزاران بعد است، به عنوان ورودی به MLP ارسال می‌شود. این بازنمایی جوهره متن ورودی را به شکلی که MLP بتواند پردازش کند، ثبت می‌کند.

۲. طراحی MLP: MLP با یک یا چند لایه طراحی شده است. لایه نهایی MLP باید دارای ۲۸ نرون (یا گره) باشد که با ۲۸ برچسب در وظیفه طبقه‌بندی مطابقت دارد. هر نرون در لایه نهایی یک مقدار را خروجی می‌دهد که نمایانگر احتمال تعلق ورودی به آن برچسب خاص است. این خروجی‌ها معمولاً با استفاده از یک تابع فعال‌سازی سیگموئید تفسیر می‌شوند.

۳. خروجی چندبرچسبی: برخلاف وظایف طبقه‌بندی سنتی که در آن تنها یک برچسب پیش‌بینی می‌شود، طبقه‌بندی چندبرچسبی امکان فعال بودن چندین برچسب به طور همزمان را فراهم می‌کند. لایه خروجی MLP به گونه‌ای طراحی شده است که با اعمال تابع سیگموئید به هر یک از ۲۸ خروجی، این کار را انجام دهد. این تابع هر خروجی را به احتمالی بین ۰ و ۱ نگاشت می‌کند، که در آن یک آستانه (معمولاً 0.5) برای تعیین فعال بودن یا نبودن هر برچسب اعمال می‌شود.

۴. آموزش مدل توسعه‌یافته: کل مدل شامل مدل زبان بزرگ و MLP متصل شده باید بر روی یک

مجموعه داده چندبرچسبی آموزش داده شود. در این فاز، مدل یاد می‌گیرد که پارامترهای خود را، به ویژه آن‌هایی که در MLP هستند، تنظیم کند تا اختلاف بین پیش‌بینی‌های خود و برچسب‌های واقعی در مجموعه داده را به حداقل برساند. این کار معمولاً با استفاده از یک تابع زیان طراحی شده برای طبقه‌بندی چندبرچسبی، مانند آنتروپی متقاطع باینری، انجام می‌شود.



شکل ۴-۱: نحوه بهبود دادن مدل

همانطور که در شکل ۴-۱ ملاحظه میکنید، با بارگذاری یک مدل زبان بزرگ از پیش‌آموزش‌دیده و

اتصال لایه نهایی آن به یک شبکه عصبی چندلایه، می‌توانیم مدل را به طور مؤثری برای وظایف پیچیده‌ای مانند طبقه‌بندی چندبرچسبی با ۲۸ برچسب تطبیق دهیم. این رویکرد از توانایی‌های قدرتمند درک زبان مدل‌های زبان بزرگ بهره می‌برد و در عین حال آن‌ها را برای مدیریت خروجی‌های ساختاریافته خاص گسترش می‌دهد. نتیجه یک مدل بسیار تخصصی است که می‌تواند چندین برچسب را برای یک ورودی پیش‌بینی کند و آن را به یک ابزار همه‌کاره برای وظایف مختلف پردازش زبان طبیعی تبدیل می‌کند. [۱۶]

## ۳-۴ آموزش مدل

در دنیای پرشتاب هوش مصنوعی، توسعه و بهینه‌سازی مدل‌های زبانی به‌طور فزاینده‌ای پیچیده شده است. یکی از دستاوردهای برجسته در این مسیر، ظهور مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) است که توانایی فوق‌العاده‌ای در درک و تولید متن شبیه به انسان دارند. با این حال، آموزش این مدل‌ها چالش‌های زیادی را به همراه دارد، به‌ویژه از نظر نیاز به منابع محاسباتی و کارایی در بهینه‌سازی. در میان روش‌های مختلفی که برای مقابله با این چالش‌ها توسعه یافته‌اند، QLoRA (تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه با استفاده از کوانتیزه‌سازی) به‌عنوان یک رویکرد امیدوارکننده مطرح شده است. این مقاله به مفهوم تعریف مدل می‌پردازد و جزئیات آموزش مدل‌های زبانی بزرگ با استفاده از QLoRA را بررسی می‌کند.

## ۱-۳-۴ چالش‌های آموزش مدل‌های زبانی بزرگ

آموزش مدل‌های زبانی بزرگ یک وظیفه پیچیده است که نیازمند قدرت محاسباتی، حافظه و داده‌های عظیم است. با افزایش اندازه این مدل‌ها، نیاز به منابع سخت‌افزاری نیز افزایش می‌یابد و آموزش آن‌ها بر روی سخت‌افزارهای استاندارد دشوار می‌شود. علاوه بر این، بهینه‌سازی این مدل‌ها برای وظایف خاص یا حوزه‌های خاص به تلاش محاسباتی بیشتری نیاز دارد که اغلب به هزینه‌های بالایی منجر می‌شود.

یکی از چالش‌های کلیدی در آموزش مدل‌های زبانی بزرگ، تعادل بین اندازه مدل و کارایی محاسباتی است. مدل‌های بزرگ‌تر معمولاً عملکرد بهتری دارند اما در عین حال منابع بیشتری را مصرف

می‌کنند، که باعث می‌شود پیاده‌سازی آن‌ها در محیط‌هایی با منابع محدود دشوار شود. برای مقابله با این چالش‌ها، محققان تکنیک‌های مختلفی را توسعه داده‌اند، از جمله کوانتیزه‌سازی و تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه، که هدف آن‌ها کاهش بار محاسباتی بدون کاهش قابل توجه عملکرد مدل است.

### ۲-۳-۴ معرفی QLoRA

QLoRA (تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه با استفاده از کوانتیزه‌سازی) یک تکنیک است که برای بهبود کارایی آموزش مدل‌های زبانی بزرگ با ترکیب دو مفهوم قدرتمند طراحی شده است: کوانتیزه‌سازی و تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه.

۱. کوانتیزه‌سازی: این فرآیند شامل کاهش دقت وزن‌های مدل از فرمت‌های با دقت بالا (مانند فلوئینگ‌پوینت ۳۲ بیتی) به فرمت‌های با دقت پایین‌تر (مانند اعداد صحیح ۸ بیتی) است. کوانتیزه‌سازی به‌طور قابل توجهی حجم حافظه و نیازهای محاسباتی مدل را کاهش می‌دهد و به آن امکان می‌دهد تا به‌طور کارآمدتری بر روی سخت‌افزارهای کم‌قدرت اجرا شود. در حالی که کوانتیزه‌سازی ممکن است منجر به کاهش جزئی در دقت مدل شود، این کاهش در مقایسه با مزایای به‌دست‌آمده از نظر کارایی منابع اغلب ناچیز است.

۲. تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه: این تکنیک شامل تقریب ماتریس‌های وزن مدل به‌عنوان حاصل ضرب دو ماتریس کوچک‌تر با رتبه کمتر است. با کاهش رتبه، تعداد پارامترها به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد که به نوبه خود بار محاسباتی در طول آموزش را کاهش می‌دهد. تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه امکان بهینه‌سازی کارآمد مدل‌های زبانی بزرگ را فراهم می‌کند و بر روی پارامترهای با بیشترین اطلاعات تمرکز می‌کند، در نتیجه سرعت آموزش را افزایش داده و مصرف منابع را کاهش می‌دهد.

### ۳-۳-۴ آموزش مدل‌های زبانی بزرگ با QLoRA

QLoRA این دو تکنیک را ترکیب می‌کند تا فرآیند آموزش مدل‌های زبانی بزرگ را به‌طور قابل توجهی کارآمدتر سازد. در طول آموزش، وزن‌های مدل به دقت پایین‌تری کوانتیزه می‌شوند، که نیازهای حافظه و محاسباتی را کاهش می‌دهد. به‌طور هم‌زمان، تطبیق ماتریس‌های کم‌رتبه به ماتریس‌های



وزن مدل اعمال می‌شود، که تعداد پارامترهایی که نیاز به بهینه‌سازی دارند را بیشتر کاهش می‌دهد. این ترکیب امکان آموزش و بهینه‌سازی سریع‌تر مدل‌های زبانی بزرگ را فراهم می‌کند و آن‌ها را قابل اجرا بر روی سخت‌افزارهای با منابع محدود می‌سازد. QLoRA همچنین امکان پیاده‌سازی مدل‌های زبانی بزرگ در برنامه‌های واقعی را فراهم می‌کند، جایی که کارایی محاسباتی حیاتی است. با کاهش نیازهای منابع، QLoRA نه تنها هزینه آموزش مدل‌های زبانی بزرگ را کاهش می‌دهد، بلکه آن‌ها را برای طیف وسیع‌تری از محققان و توسعه‌دهندگان قابل دسترس‌تر می‌کند. [۱۷]

## فصل پنجم

# ارزیابی و معیارهای سنجش عملکرد

## ۵. ارزیابی و معیارهای سنجش عملکرد

ارزیابی مدل‌ها یکی از مراحل حیاتی در فرآیند یادگیری عمیق است چرا که تنها از طریق ارزیابی می‌توان عملکرد مدل را سنجید، نقاط قوت و ضعف آن را شناسایی کرد و در نهایت تصمیمات لازم برای بهبود مدل را اتخاذ نمود.

در این فصل، ابتدا به معرفی معیارهای مختلف برای ارزیابی مدل‌های دسته‌بندی چندبرچسبی می‌پردازیم. این معیارها به ما کمک می‌کنند تا از زوایای مختلفی عملکرد مدل را بسنجیم و درک عمیق‌تری از نحوه عملکرد مدل در مسائلی با چندین برچسب همزمان پیدا کنیم. سپس، با یک مثال عملی نحوه استفاده از این معیارها برای ارزیابی مدل را توضیح خواهیم داد. این مثال به شما کمک خواهد کرد تا بهتر بتوانید این معیارها را در مسائل واقعی پیاده‌سازی کنید و به طور مؤثرتری مدل خود را مورد ارزیابی قرار دهید.

معیارهایی که در این فصل معرفی می‌شوند، هر کدام به نوع خاصی از عملکرد مدل توجه دارند و می‌توانند در شرایط مختلفی مفید واقع شوند. برای مثال، برخی از این معیارها بر توانایی مدل در تشخیص تمام برچسب‌های مرتبط تمرکز دارند، در حالی که برخی دیگر به دقت پیش‌بینی‌های مدل اهمیت می‌دهند. با استفاده از این معیارها، می‌توان مدلی را که بهترین تعادل را بین دقت و بازخوانی برقرار می‌کند، شناسایی کرد.

در ادامه این فصل، با جزئیات بیشتری با این معیارها آشنا می‌شویم و یاد می‌گیریم که چگونه از آنها برای ارزیابی مدل‌های دسته‌بندی چندبرچسبی استفاده کنیم. این دانش به شما کمک خواهد کرد تا به عنوان یک محقق یا مهندس یادگیری عمیق، بتوانید مدل‌های کارآمدتر و مؤثرتری بسازید.

## ۱-۵ معیارهای ارزیابی

در دسته‌بندی چندبرچسبی<sup>۱</sup>، معیارهای ارزیابی مختلفی برای سنجش عملکرد مدل وجود دارد. در ادامه به برخی از این معیارها اشاره شده است.

در معیارهای زیر  $N$  تعداد نمونه‌ها،  $Y_i$  مجموعه برچسب‌های واقعی و  $\hat{Y}_i$  مجموعه برچسب‌های پیش‌بینی شده برای نمونه  $i$  است:

### ۱-۱-۵ دقت<sup>۲</sup>

دقت در دسته‌بندی چندبرچسبی به صورت زیر تعریف می‌شود: [۱۸]

$$\text{دقت} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Y_i \cap \hat{Y}_i|}{|Y_i \cup \hat{Y}_i|} \quad (1.1-5)$$

### ۲-۱-۵ دقت نمونه<sup>۳</sup>

دقت نمونه نشان می‌دهد که از میان برچسب‌های پیش‌بینی شده، چه نسبتی از آنها واقعاً صحیح بوده‌اند. این معیار برای ارزیابی دقت پیش‌بینی‌های مدل مفید است. [۱۸]

$$\text{دقت نمونه} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Y_i \cap \hat{Y}_i|}{|\hat{Y}_i|} \quad (2.1-5)$$

### ۳-۱-۵ بازخوانی نمونه<sup>۴</sup>

بازخوانی نمونه نشان می‌دهد که از میان برچسب‌های واقعی، چه نسبتی از آنها توسط مدل پیش‌بینی شده‌اند. این معیار برای ارزیابی توانایی مدل در شناسایی تمام برچسب‌های مرتبط مهم است. [۱۸]

<sup>1</sup>Multi-Label classification

<sup>2</sup>Accuracy

<sup>3</sup>Example-Based Precision

<sup>4</sup>Example-Based Recall

$$\text{بازخوانی نمونه} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Y_i \cap \hat{Y}_i|}{|Y_i|} \quad (3.1-5)$$

#### ۴-۱-۵ امتیاز F1 نمونه<sup>۵</sup>

امتیاز F1 نمونه میانگین هارمونیک دقت و بازخوانی نمونه است. این معیار تعادلی بین دقت و بازخوانی ایجاد می‌کند و برای ارزیابی کلی عملکرد مدل مفید است. [۱۸]

$$\text{امتیاز F1 نمونه} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{2 \times |Y_i \cap \hat{Y}_i|}{|Y_i| + |\hat{Y}_i|} \quad (4.1-5)$$

#### ۵-۱-۵ دقت خرد<sup>۶</sup>

دقت خرد، دقت کلی مدل را در تمام نمونه‌ها و برچسب‌ها محاسبه می‌کند. این معیار برای ارزیابی عملکرد کلی مدل در تمام کلاس‌ها مفید است. [۱۸]

$$\text{دقت خرد} = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i \cap \hat{Y}_i|}{\sum_{i=1}^N |\hat{Y}_i|} \quad (5.1-5)$$

#### ۶-۱-۵ بازخوانی خرد<sup>۷</sup>

بازخوانی خرد، بازخوانی کلی مدل را در تمام نمونه‌ها و برچسب‌ها محاسبه می‌کند. این معیار نشان می‌دهد که مدل تا چه حد توانسته است تمام برچسب‌های مرتبط را در کل مجموعه داده شناسایی کند. [۱۸]

<sup>۵</sup>Example-Based F1 Score

<sup>۶</sup>Micro-Averaged Precision

<sup>۷</sup>Micro-Averaged Recall

$$\text{بازخوانی خرد} = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i \cap \hat{Y}_i|}{\sum_{i=1}^N |Y_i|} \quad (۶.۱-۵)$$

### ۷-۱-۵ امتیاز F1 خرد<sup>۸</sup>









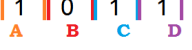
امتیاز F1 خرد، میانگین هارمونیک دقت خرد و بازخوانی خرد است. این معیار یک ارزیابی متعادل از عملکرد کلی مدل در تمام کلاس‌ها ارائه می‌دهد و برای مقایسه مدل‌های مختلف مفید است. [۱۸]

$$\text{امتیاز F1 خرد} = \frac{\text{بازخوانی خرد} \times \text{دقت خرد} \times 2}{\text{بازخوانی خرد} + \text{دقت خرد}} \quad (۷.۱-۵)$$

این معیارها برای سنجش عملکرد مدل در دسته‌بندی چندبرچسبی و شناسایی نقاط قوت و ضعف آن موثر اند.

## ۲-۵ نحوه ارزیابی مدل

برای ساده تر کردن موضوع یه مسئله چهار کلاسه را در نظر بگیرید، خروجی مدل به صورت یک آرایه چهار تایی می‌باشد. به شکل ۱-۵ توجه کنید:

	Actual Labels	predicted scores (after sigmoid)	Predictions for threshold = 0.5
sample 1			
sample 2			
sample 3			

شکل ۱-۵: نمونه خروجی مدل و برچسب‌های داده

در این مثال که لایه انتهایی مدل دارای ۴ نورون می‌باشد. خروجی هر نورون به معنای امتیازی هست

<sup>۸</sup>Micro-Averaged F1 Score

که مدل به آن کلاس مدنظر می‌دهد. خروجی‌ها ابتدا وارد تابع فعال‌ساز سیگموئید<sup>۹</sup> می‌شوند تا به احتمالی بین ۰ تا ۱ تبدیل شوند. در آخر با استفاده از حد آستانه‌ای مانند ۰/۵ احتمال تبدیل به ۰ و ۱ می‌شوند. حال می‌توان برای هر کلاس مدنظر تعداد مثبت صحیح<sup>۱۰</sup>، منفی صحیح<sup>۱۱</sup>، مثبت غلط<sup>۱۲</sup> و منفی غلط<sup>۱۳</sup> را شمارش کرد و با استفاده از روابط ۱-۵ تا ۷-۱ مدل را ارزیابی کرد.<sup>[۱۴]</sup>

### ۳-۵ نتایج ارزیابی

نتایج ارزیابی تشخیص بوی کد بر روی مدل‌های مختلف در جدول ۱-۵ قابل مشاهده است که این مدل‌ها به اندازه یک دوره بر روی ۱۰۰۰۰ داده و بیشینه طول ورودی ۳۰۰۰ توکن و با استفاده از AdamW به عنوان بهینه‌گر و از binary cross-entropy به عنوان تابع ضرر آموزش دیده‌اند.

Model	Precision	Recall	Accuracy	F1
LLaMA 3.1-8B	36.4555	64.7900	75.7842	30.2849
gemma 2-9B	35.0419	65.1500	73.2184	29.4671
LLaMA 3-8B	35.5450	61.9200	77.0219	28.5714
LLaMA 2-7B	34.0678	64.3900	72.1825	28.5714
mistral 7B	34.8742	60.4100	76.7166	27.8215
phi 3.5 mini 3.8B	35.0706	60.0100	75.8794	28.3837
smoLM 2B	35.1047	59.7000	73.2540	29.5393
GPT2-large	31.8349	61.0300	72.6829	25.3835

جدول ۱-۵: نتایج ارزیابی مدل‌های مختلف

<sup>۹</sup>sigmoid

<sup>۱۰</sup>True Positive

<sup>۱۱</sup>False Positive

<sup>۱۲</sup>True Negative

<sup>۱۳</sup>False Negative

## فصل ششم

# نتیجه گیری و کارهای آینده



## ۶. نتیجه گیری و کارهای آینده

### ۶-۱ نتیجه گیری

در این پایان نامه، به بررسی و توسعه یک مدل هوشمند برای تشخیص بوی کد با استفاده از مدل های زبانی وسیع پرداخته شد. بوی کد به عنوان یک مفهوم کلیدی در مهندسی نرم افزار، نشان دهنده مشکلات پنهانی در کدهای برنامه نویسی است که می تواند منجر به کاهش کیفیت، افزایش پیچیدگی در نگهداری و توسعه نرم افزار، و ایجاد مشکلات عملکردی در آینده شود. هدف اصلی این پژوهش ارائه روشی نوین برای شناسایی این مشکلات با بهره گیری از توانایی های مدل های زبانی وسیع و تکنیک های یادگیری عمیق بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از مدل های زبانی وسیع، به ویژه مدل هایی که با داده های گسترده و متنوع آموزش دیده اند، می تواند به طور چشمگیری دقت و کارایی در تشخیص بوی کد را بهبود بخشد. این مدل ها قادر به تشخیص ۲۸ نوع مختلف از بوی کد بودند و در مقایسه با روش های سنتی، نتایج بهتری را ارائه دادند. همچنین، ارزیابی های انجام شده بر روی مدل پیشنهادی نشان داد که این روش می تواند به عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد برای توسعه دهندگان نرم افزار به کار گرفته شود، و به آنها در بهبود کیفیت کد و کاهش هزینه های نگهداری کمک کند.

در عین حال، این پژوهش به چالش های موجود در آموزش و بهینه سازی مدل های زبانی وسیع نیز پرداخت. از جمله این چالش ها می توان به نیاز به منابع محاسباتی بالا و پیچیدگی های مرتبط با تنظیم دقیق مدل ها اشاره کرد. با این وجود، راهکارهای ارائه شده در این پایان نامه، نظیر استفاده از تکنیک های بهینه سازی و کوانتیزه سازی، می تواند به کاهش این چالش ها کمک کرده و امکان استفاده از مدل های زبانی وسیع را در محیط های محدودتر فراهم سازد.

در نهایت، این پژوهش نشان داد که ترکیب مدل های زبانی وسیع با دانش مهندسی نرم افزار می تواند به طور قابل توجهی به بهبود فرآیند توسعه نرم افزار و کاهش خطاها و مشکلات کد منجر شود. امید

است که نتایج این تحقیق بتواند زمینه ساز تحقیقات و توسعه های بیشتر در این حوزه گردد و به ارتقاء کیفیت و کارایی نرم افزارها کمک کند. همچنین، به پژوهشگران و توسعه دهندگان توصیه می شود که با ادامه تحقیقات در این زمینه و بررسی روش های نوین، به بهبود و تکامل ابزارهای تشخیص بوی کدپردازند تا بتوانند نرم افزارهایی پایدارتر، قابل نگهداری تر و با کیفیت تر ارائه دهند.

## ۲-۶ کارهای آینده

در سال های اخیر، ادغام تکنیک های یادگیری ماشین در حوزه مهندسی نرم افزار پیشرفت های قابل توجهی داشته است، به ویژه در ارزیابی کیفیت کد. یکی از حوزه های مهم تمرکز، تشخیص بوی بد کد است. نشانه هایی از مشکلات بالقوه در کد که ممکن است به اشکالات یا دشواری های نگهداری منجر شوند. اگرچه مدل های کنونی نویدبخش هستند، اما هنوز زمینه های زیادی برای بهبود وجود دارد. در ادامه این پروژه به سه حوزه کلیدی زیر اشاره کرد:

### ۱-۲-۶ گسترش مجموعه داده ها

یک عنصر اساسی در هر پروژه یادگیری ماشین، مجموعه داده است. تنوع و حجم داده ها به طور مستقیم بر توانایی مدل در تعمیم به سناریوهای مختلف تأثیر می گذارد. مجموعه داده های فعلی برای تشخیص بوی بد کد، هرچند مؤثر هستند، اما اغلب از گستردگی لازم برای پوشش کامل تنوع سبک های کدنویسی، زبان ها و محیط های مختلف برخوردار نیستند. گسترش مجموعه داده ها به منظور شامل کردن طیف وسیع تری از زبان های برنامه نویسی، فریم ورک ها و پارادایم های کدنویسی بسیار حیاتی خواهد بود. این گسترش می تواند شامل جمع آوری پروژه های متن باز بیشتر، ادغام کد از حوزه های مختلف و حتی تولید مثال های مصنوعی از بوی بد کد باشد. با تنوع بخشی به مجموعه داده، مدل می تواند برای شناسایی طیف گسترده تری از بوهای بد آموزش ببیند و در نتیجه دقت و استحکام خود را در زمینه های مختلف بهبود بخشد.

### ۲-۲-۶ بهینه سازی مدل

پس از گسترش مجموعه داده، گام بعدی بهینه سازی خود مدل است. اگرچه مدل های کنونی در تشخیص بوی بد کد عملکرد مناسبی دارند، ولی همیشه فضایی برای بهبود وجود دارد. کارهای آینده می توانند شامل بررسی معماری های جایگزین یادگیری ماشین، مانند مدل های مبتنی بر ترانسفورمر یا شبکه های عصبی گرافی باشد که ممکن است با توجه به ساختار کد، عملکرد بهتری داشته باشند. علاوه بر این، تکنیک های تنظیم دقیق مانند یادگیری انتقالی، که در آن یک مدل پیش آموزش دیده بر روی یک مجموعه داده بزرگ و عمومی، به صورت خاص تر بر روی یک مجموعه داده کوچک تر آموزش داده می شود، می تواند مفید باشد. تنظیم ابرپارامترها و ترکیب مدل های مختلف نیز ممکن است بهبود عملکرد را به همراه داشته باشد. هدف از این بهینه سازی ها افزایش هر دو معیار دقت و یادآوری تشخیص بوی بد کد است که کاهش مثبت های کاذب و منفی های کاذب برای پذیرش عملی بسیار مهم است.

### ۳-۲-۶ تشخیص در زمان واقعی

هدف نهایی ابزارهای تشخیص بوی بد کد، یکپارچه سازی بدون درز در جریان کاری توسعه دهنده است، به نحوی که بازخورد فوری ارائه دهند و به حفظ کیفیت بالای کد از همان ابتدا کمک کنند. توسعه یک سیستم تشخیص در زمان واقعی، مانند یک افزونه برای ویرایشگرهای کد محبوب مانند Visual Studio Code، IntelliJ IDEA یا Eclipse، یک مسیر هیجان انگیز برای کارهای آینده است. این افزونه می تواند کد را در حین نوشتن تحلیل کند، بوی بد کد احتمالی را بلافاصله پرچم گذاری کند و پیشنهاداتی برای بهبود ارائه دهد. دستیابی به عملکرد در زمان واقعی نیازمند بهینه سازی مدل برای سرعت بدون از دست دادن دقت است و همچنین اطمینان از اینکه افزونه سبک و غیرمداخله گر باشد. چنین ابزاری نه تنها بهره وری توسعه دهنده را افزایش می دهد، بلکه با شناسایی مشکلات در اوایل چرخه توسعه، به نگهداری طولانی مدت پروژه های نرم افزاری کمک می کند.

آینده تشخیص بوی بد کد در گسترش مجموعه داده ها، بهینه سازی مدل ها و قابلیت های تشخیص در زمان واقعی نهفته است. هر یک از این حوزه ها چالش های منحصر به فردی را به همراه دارد، اما همچنین پتانسیل قابل توجهی برای بهبود نحوه تشخیص و رسیدگی به مسائل کیفیت کد ارائه

می‌دهد. با تمرکز بر این جنبه‌ها، می‌توانیم به توسعه ابزارهایی نزدیک شویم که نه تنها دقیق و کارآمد هستند، بلکه به طور یکپارچه در فرآیند توسعه نرم‌افزار ادغام می‌شوند و در نهایت به کدهایی با کیفیت بالاتر و قابل نگهداری‌تر منجر می‌شوند.

# واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Task Loss	اتلاف وظیفه
Wrapper	احاطه‌گر
Baseline Strategy	استراتژی پایه
Ad-hoc	بدون ساختار
Gain	بهره
Real-time	بی‌درنگ
Idle	بیکار
Computation	پردازش
Transition Function	تابع انتقال
Service Delay	تاخیر سرویس
Delay-optimal	تاخیر-کمینه
Mobility	تحرک‌پذیری
Stochastic	تصادفی
Stochastic	تصادفی
Trade-off	تقابل
Framework	چارچوب
Tuple	چندتایی
Solver	حل‌کننده
Linear	خطی
Granularity	دانه‌بندی
User Equipment	دستگاه کاربر
Thread	ریسمان
Overhead	سربار
Method	شگرد
Section	قسمت
Deterministic	قطعی

Application . . . . .	کاربرد
Action . . . . .	کنش
Local . . . . .	محلی
Scaling . . . . .	مقیاس‌پذیری
Parallelism . . . . .	موازی‌سازی
Deployment . . . . .	موضع‌گیری
Interoperability . . . . .	هم‌کنش‌پذیری
Transmission Unit . . . . .	واحد ارسال

# پیوست ۱ - آماده سازی داده ها

ثابت ها

```
CODE_OUTPUT_PATH="output_code"
SOURCE_CODE_NAME="source<counter>.java"
code_dir = "code"
label_dir = "label"
prefix = 'dataset'
counter_code=0
```

تابع ترکیب کردن کد های پروژه جاوا

```
def combine_and_save_source_code(folder_dir):
    global counter_code
    combined_contents = []
    for dir, _, files in os.walk(folder_dir):
        for file in files:
            file_path = os.path.join(dir, file)
            with open(file_path, 'r') as f:
                content = f.read()
                combined_contents.append(content)
            counter_code+=1
    source_code_name_with_counter = SOURCE_CODE_NAME.replace("<counter>",str(counter_code))
    output_path = os.path.join(CODE_OUTPUT_PATH,source_code_name_with_counter)
    with open(output_path, 'w') as f:
        f.write("\n\n".join(combined_contents))
    return source_code_name_with_counter
```

گردهم آوردن لیبل ها به صورت یکجا برای آموزش

```
dataset = []
for dir, folders, files in os.walk(os.path.join(prefix,label_dir)):
    name = dir.split("\\")[-1]
    for file in files:
        last_name = None
        if file == 'designCodeSmells.csv' or file=='implementationCodeSmells.csv':
            file_path = os.path.join(dir, file)
            df = pd.read_csv(file_path)
            i=0
            while i < len(df):
                row=df.iloc[i]
                codesmells=row[-1]
                last_name=row[-2]
                for j in range(i+1,len(df)):
                    row2=df.iloc[j]
                    if row2[-2]!=last_name:
                        i=j-1
                        break
                    codesmells.append(row2[-1])
                output_path = combine_and_save_source_code(
                    os.path.join(prefix,code_dir,str(row[0]),
                    str(row[1]),
                    str(row[2])))
                dataset.append({'file_path':output_path,
                    'codesmells':",".join(set(codesmells))})
                i+=1
dataset = pd.DataFrame(dataset)
dataset.to_csv('dataset.csv', index=False)
```

## پیوست ۲ - آموزش مدل با روش QLORA

بارگذاری داده ها و ایجاد لیبل ها بصورت one hot

```
df = pd.read_csv('prepared_dataset/dataset.csv', header=None,
names=['file_path', 'codesmells'])
df.rename(columns={'codesmells': 'labels'}, inplace=True)
df['labels'] = df['labels'].apply(lambda x: x.split(','))

all_labels = set(label for sublist in df['labels'] for label in sublist)
label_to_idx = {label: idx for idx, label in enumerate(all_labels)}
id2label = {i: label for label, i in label_to_idx.items()}

def encode_labels(labels):
    encoded = [0] * len(label_to_idx)
    for label in labels:
        encoded[label_to_idx[label]] = 1
    return encoded
df['encoded_labels'] = df['labels'].apply(encode_labels)
```

جدا کردن داده های آزمون و آموزش و ساخت دیتاست

```
train_df, test_df = train_test_split(df, test_size=0.1, random_state=42, shuffle=True)
class CodeDataset(Dataset):
    def __init__(self, dataframe, tokenizer):
        self.dataframe = dataframe
        self.tokenizer = tokenizer

    def __len__(self):
        return len(self.dataframe)

    def __getitem__(self, idx):
        code_path = os.path.join("prepared_dataset", "output_code",
self.dataframe.iloc[idx]['file_path'])
        with open(code_path, 'r') as file:
            code = file.read()
        labels = torch.tensor(self.dataframe.iloc[idx]['encoded_labels'],
dtype=torch.float).to(device)
        inputs = self.tokenizer(code, return_tensors='pt',
truncation=True, padding='max_length', max_length = MAX_LEN,
add_special_tokens = True).to(device)

        #squeeze inputs:
        inputs = {key: val.squeeze() for key, val in inputs.items()}
        return {**inputs, 'labels': labels}
train_dataset = CodeDataset(train_df, tokenizer)
test_dataset = CodeDataset(test_df, tokenizer)
```

بارگذاری توکنایزر و مدل و کوانتیزه کردن مدل

```
tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained(MODEL_NAME)
quantization_config = BitsAndBytesConfig(
    load_in_4bit=True,
    bnb_4bit_use_double_quant=True,
    bnb_4bit_quant_type="nf4",
    bnb_4bit_compute_dtype=torch.bfloat16,
)
model = AutoModelForSequenceClassification.from_pretrained(
MODEL_NAME, num_labels=len(all_labels),
quantization_config=quantization_config,
problem_type="multi_label_classification",
```



```
low_cpu_mem_usage=True)
```

استفاده از حالت مصرف بهینه رم برای پارامترها با استفاده از PEFT

```
model.train() # model in training mode (dropout modules are activated)

# enable gradient check pointing
model.gradient_checkpointing_enable()

# enable quantized training
model = prepare_model_for_kbit_training(model)
# LoRA config
config = LoraConfig(
    r=8,
    lora_alpha=32,
    target_modules=["q_proj"],
    lora_dropout=0.1,
    bias="none",
    task_type="SEQ_CLS",
)
# LoRA trainable version of model
model = get_peft_model(model, config)

# trainable parameter count
model.print_trainable_parameters()
```

آموزش دادن مدل

```
training_args = TrainingArguments(
    output_dir='./results',
    evaluation_strategy="epoch",
    learning_rate=2e-5,
    warmup_steps=500,
    per_device_train_batch_size=BATCH_SIZE,
    per_device_eval_batch_size=BATCH_SIZE,
    num_train_epochs=NUM_EPOCHS,
    weight_decay=0.01,
    gradient_accumulation_steps=4,
    # warmup_steps=2,
    fp16=True,
    optim="paged_adamw_8bit",
)
trainer = Trainer(
    model=model,
    tokenizer=tokenizer,
    args=training_args,
    train_dataset=train_dataset,
    eval_dataset=test_dataset,
    compute_metrics=compute_metrics,
)
model.config.use_cache = False # silence the warnings. Please re-enable for inference!
trainer.train()
model.config.use_cache = True
```

## پیوست ۳ - نحوه‌ی ارزیابی مدل

تابع بدست آوردن معیارهای ارزیابی از روی خروجی مدل و برچسب‌های داده

```
def compute_metrics(p):  
    # Convert predictions to sigmoid and then to binary  
    preds = torch.sigmoid(torch.tensor(p.predictions))  
    preds = (preds > 0.5).int()  
    labels = torch.tensor(p.label_ids)  
  
    # Accuracy  
    accuracy = (preds == labels).float().mean().item()  
  
    # Precision, Recall, F1 Score  
    true_positive = (preds * labels).sum(dim=0).float()  
    predicted_positive = preds.sum(dim=0).float()  
    actual_positive = labels.sum(dim=0).float()  
  
    # Adding a small epsilon to avoid division by zero  
    epsilon = 1e-7  
  
    precision = (true_positive / (predicted_positive + epsilon)).mean().item()  
    recall = (true_positive / (actual_positive + epsilon)).mean().item()  
    f1_score = (2 * precision * recall / (precision + recall + epsilon))  
  
    return {  
        "accuracy": accuracy,  
        "precision": precision,  
        "recall": recall,  
        "f1_score": f1_score  
    }
```

ارزیابی مدل با استفاده از تابع ارزیابی تعریف شده

```
results = trainer.evaluate()  
print(results)
```

# پیوست ۴ - تشخیص بوی کد با استفاده از مهندسی پرامپت

بارگزاری مدل زبانی برای کار تولید متن بصورت کوانتیزه

```
quantization_config = BitsAndBytesConfig(
    load_in_4bit=True,
    bnb_4bit_use_double_quant=True,
    bnb_4bit_quant_type="nf4",
    bnb_4bit_compute_dtype=torch.bfloat16,
)
tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained(MODEL_NAME)
model = AutoModelForCausalLM.from_pretrained(
    MODEL_NAME,
    quantization_config=quantization_config,
    device_map="auto",
)
```

تعریف پایپلاین تولید متن

```
gen = pipeline('text-generation', model=model, tokenizer=tokenizer)
generation_args = {
    "max_new_tokens": 100,
    "return_full_text": False,
    "temperature": 0.0,
    "do_sample": False,
}
```

تعریف پرامپت سیستم

```
system_prompt=f"""
you are an agent, should output the correct code smells for multi-classification problem.
these are the classes we have:
{label_to_idx}"""
```

تولید پرامپت کاربر بصورت one-shot

```
def generate_user_prompt(code, oneshot_code, oneshot_labels):
    user_prompt = f"""
    output an array with the correct classes as 1 comma separated for the code below:
    code1:
    """
    """{oneshot_code}
    """
    labels1:
    {oneshot_labels}
    code2:
    """
    """{code}
    """
    labels2:
    """
    return user_prompt
```

## تولید پرامپت ها با استفاده از داده ها

```

prompts=[]
for i,entry in tqdm(enumerate(dataset)):
    last_entry=dataset[i-1]
    user_prompt=generate_user_prompt(entry['code'],last_entry['code'],dataset[i-1]["labels"])
    messages=[
        {"role": "system", "content": system_prompt},
        {"role": "user", "content": user_prompt}
    ]
    prompts.append(messages)

```

## ورودی دادن پرامپت ها به پایپلاین تولید متن

```

prompts_to_gen=[]
count=0
while count<10:
    for i in range(len(prompts)):
        if len(prompts[i][0]["content"])+len(prompts[i][1]["content"])<2000:
            prompts_to_gen.append(prompts[i])
            count+=1
inference_results=gen(prompts_to_gen, **generation_args)

```

## تابع تجزیه متن خروجی مدل بصورت آرایه برچسب ها

```

def parse_generated_text(generated_text):
    # Extract class names from the generated text
    lines = generated_text.split('\n')
    class_names = [line.split('.')[1].strip('\"') for line in lines if '.' in line]
    # Convert class names to indices
    class_indices = [label_to_idx[name] for name in class_names if name in label_to_idx]
    return class_indices

```

## تابع ارزیابی مدل

```

def compute_individual_metrics(preds, labels):
    # Accuracy
    preds = preds.cpu()
    labels = labels.cpu()
    accuracy = (preds == labels).float().mean().item()

    # Precision, Recall, F1 Score
    true_positive = (preds * labels).sum().float()
    predicted_positive = preds.sum().float()
    actual_positive = labels.sum().float()

    # Adding a small epsilon to avoid division by zero
    epsilon = 1e-7

    precision = (true_positive / (predicted_positive + epsilon)).item()
    recall = (true_positive / (actual_positive + epsilon)).item()
    f1_score = (2 * precision * recall / (precision + recall + epsilon))

    return {
        "accuracy": accuracy,
        "precision": precision,
        "recall": recall,
        "f1_score": f1_score
    }

```

## تابع بدست آوردن ارزیابی مدل به ازای تمام نمونه ها

```
def compute_overall_metrics(inference_results, ground_truths):
    # Initialize accumulators for metrics
    total_accuracy = 0
    total_precision = 0
    total_recall = 0
    total_f1_score = 0

    for i, result in enumerate(inference_results):
        # Parse the generated text to get predicted class indices
        generated_text = result[0]['generated_text']
        predicted_indices = parse_generated_text(generated_text)

        # Create a binary tensor for predictions
        preds = torch.zeros(len(label_to_idx), dtype=torch.int)
        preds[predicted_indices] = 1

        # Ground truth labels
        labels = torch.tensor(ground_truths[i]["labels"], dtype=torch.int)

        # Compute metrics for this instance
        metrics = compute_individual_metrics(preds, labels)

        # Accumulate metrics
        total_accuracy += metrics["accuracy"]
        total_precision += metrics["precision"]
        total_recall += metrics["recall"]
        total_f1_score += metrics["f1_score"]

    # Average metrics over all instances
    num_instances = len(inference_results)
    overall_metrics = {
        "accuracy": total_accuracy / num_instances,
        "precision": total_precision / num_instances,
        "recall": total_recall / num_instances,
        "f1_score": total_f1_score / num_instances
    }

    return overall_metrics
```

## ارزیابی خروجی های مدل

```
metrics = compute_overall_metrics(inference_results, dataset)
print(metrics)
```

- [1] F. AL-Jibory, "Code smells in software: Review," *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, vol. 14, no. 1, pp. 1339–1345, 2023. [Online]. Available: [https://ijnaa.semnan.ac.ir/article\\_7029.html](https://ijnaa.semnan.ac.ir/article_7029.html)
- [2] M. Ilyas, S. Adnan, and W. Ahmad, "Code smell detection and refactoring using astvisitor," 04 2020.
- [3] A. Sherstinsky, "Fundamentals of recurrent neural network (rnn) and long short-term memory (lstm) network," *Physica D: Nonlinear Phenomena*, vol. 404, p. 132306, 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167278919305974>
- [4] B. Lindemann, T. Müller, H. Vietz, N. Jazdi, and M. Weyrich, "A survey on long short-term memory networks for time series prediction," *Procedia CIRP*, vol. 99, pp. 650–655, 2021, 14th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 15-17 July 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121003796>
- [5] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, Ł. Kaiser, and I. Polosukhin, "Attention is all you need," in *Advances in neural information processing systems*, 2017, pp. 5998–6008. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1706.03762>
- [6] H. Touvron, T. Lavril, G. Izacard, X. Martinet, M.-A. Lachaux, T. Lacroix, B. Rozière, N. Goyal, E. Hambro, F. Azhar, A. Rodriguez, A. Joulin, E. Grave, and G. Lample, "Llama: Open and efficient foundation language models," 2023.
- [7] M. A. A. Hilmi, A. Puspaningrum, Darsih, D. O. Siahaan, H. S. Samosir, and A. S. Rahma, "Research trends, detection methods, practices, and challenges in code smell: Slr," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 129 536–129 551, 2023.
- [8] M. I. Azeem, F. Palomba, L. Shi, and Q. Wang, "Machine learning techniques for code smell detection: A systematic literature review and meta-analysis," *Information and Software Technology*, vol. 108, pp. 115–138, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584918302623>
- [9] A. Kaur, S. Jain, and S. Goel, "A support vector machine based approach for code smell detection," in *2017 International Conference on Machine Learning and Data Science (MLDS)*. IEEE, 2017, pp. 9–14.
- [10] H. Liu, J. Jin, Z. Xu, Y. Zou, Y. Bu, and L. Zhang, "Deep learning based code smell detection," *IEEE transactions on Software Engineering*, vol. 47, no. 9, pp. 1811–1837, 2019.
- [11] A. K. Das, S. Yadav, and S. Dhal, "Detecting code smells using deep learning," in *TENCON 2019-2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*. IEEE, 2019, pp. 2081–2086.

- [12] T. Guggulothu, "Code smell detection using multilabel classification approach," pp. 8–9, 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1902.03222>
- [13] T. Guggulothu and S. A. Moiz, "Code smell detection using multi-label classification approach," *Software Quality Journal*, vol. 28, pp. 1063–1086, 2020.
- [14] J. Bogatinovski, L. Todorovski, S. Džeroski, and D. Kocev, "Comprehensive comparative study of multi-label classification methods," *Expert Systems with Applications*, vol. 203, p. 117215, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422005991>
- [15] Z. Y, D. CH, L. H, and G. CY, "Code smell detection approach based on pre-training model and multi-level information," *Journal of Software*, vol. 33, no. 5, p. 1551, 05 2022.
- [16] M. R. J, K. VM, H. Warriar, and Y. Gupta, "Fine tuning llm for enterprise: Practical guidelines and recommendations," 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2404.10779>
- [17] T. Dettmers, A. Pagnoni, A. Holtzman, and L. Zettlemoyer, "Qlora: Efficient finetuning of quantized llms," *arXiv preprint arXiv:2305.14314*, 2023.
- [18] M. Hossin and S. M.N, "A review on evaluation metrics for data classification evaluations," *International Journal of Data Mining and Knowledge Management Process*, vol. 5, pp. 01–11, 03 2015.

**Abstract:**

This research proposes a model for detecting code smells using large language models. Code smells refer to concepts and features in programming code that may indicate deeper issues in software design and implementation. These issues can lead to reduced code quality and increased complexity in maintenance and development. The proposed method leverages large language models trained on labeled datasets, capable of detecting 28 different types of code smells. The model is developed using advanced deep learning techniques and architectures, such as Transformers. Evaluation results show that the proposed model significantly improves the accuracy of code smell detection and can serve as an effective tool for software developers. The research also addresses the challenges in training and optimizing large language models and provides solutions to enhance the model's performance.

**Keywords:** Code Smells, Large Language Models, Deep Learning, Automatic Detection, Transformer, Model Optimization





**Iran University of Science and Technology**  
**Computer Engineering Department**

# **Code Smell Detection with Suggested Large Language Models**

**Bachelor of Computer Engineering Final Project**

**By:**

**Mohammad Sadegh Poulaei Moziraji**

**Sayin Ala**

**Supervisor:**

**Dr. Saeid Parsa**

**August 2024**