



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

پروژه تحقیقاتی درس سمینار

روش‌های خلاصه‌سازی انتزاعی

نگارش

زهرا زنجانی

استاد درس

دکتر رضا صفابخش

شهریور ۱۴۰۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

صفحه فرم ارزیابی و تصویب پایان نامه- فرم تأیید اعضای کمیته دفاع

در این صفحه فرم دفاع یا تأیید و تصویب پایان نامه موسوم به فرم کمیته دفاع- موجود در پرونده آموزشی- را قرار دهید.

نکات مهم:

- نگارش پایان نامه/رساله باید به **زبان فارسی** و بر اساس آخرین نسخه دستورالعمل و راهنمای تدوین پایان نامه های دانشگاه صنعتی امیرکبیر باشد.(دستورالعمل و راهنمای حاضر)
- رنگ جلد پایان نامه/رساله چاپی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا باید به ترتیب مشکی، طوسی و سفید رنگ باشد.
- چاپ و صحافی پایان نامه/رساله بصورت **پشت و رو(دورو)** بلامانع است و انجام آن توصیه می شود.



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ: شهریور ۱۴۰۲

اینجانب زهرا زنجانی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است. در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

زهرا زنجانی

امضا

از استاد ارجمندم، خانم دکتر ممتازی، که با صبر و حوصله فراوان، راهنمایی‌های ارزشمندشان، و حمایت‌های بی‌دینشان، نقش
بسنجایی در موفقیت این پژوهش داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

این دستاورد کوچک را به معلم فریخته‌ام، آقای ساقی، تقدیم می‌کنم که با دانش گسترده و تخصص بی‌نظیرشان، الگوی من در عرصه علم آموزشی بودند و به من آموختند که چگونه با پشتکار و تلاش به اهدافم دست یابم.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	.....	۱ مقدمه
۱	.....	۱-۱ مقدمه
۱	.....	۲-۱ چالش‌های خلاصه‌سازی متون طولانی
۱	.....	۳-۱ چشم‌انداز نوشتار
۲	.....	۲ معرفی مفاهیم
۳	.....	۱-۲ خلاصه‌سازی
۳	.....	۲-۲ شبکه عصبی
۴	.....	۱-۲-۲ ترنسفورمر
۴	.....	۲-۲-۲ مدل‌های زبانی از پیش آموزش دیده و مدل‌های بزرگ زبانی
۵	.....	۳-۲-۲ روش‌های فشرده‌سازی مدل‌های بزرگ زبانی
۵	.....	۴-۲-۲ تقطیر دانش
۶	.....	۵-۲-۲ کوانتایزاسیون
۶	.....	۶-۲-۲ هرس کردن
۶	.....	۷-۲-۲ تنظیم دقیق بهینه‌شده پارامترها برای مدل‌های زبانی بزرگ
۷	.....	۳-۲ توهم
۹	.....	۳ مرور تاریخچه
۱۰	.....	۱-۳ روش‌های مبتنی بر ساختار
۱۰	.....	۱-۱-۳ روش مبتنی بر درخت
۱۰	.....	۲-۱-۳ روش مبتنی بر قالب
۱۱	.....	۳-۱-۳ روش مبتنی بر هسته‌شناسی
۱۱	.....	۴-۱-۳ روش عبارت مقدمه و بدنه
۱۱	.....	۵-۱-۳ روش مبتنی بر گراف
۱۲	.....	۶-۱-۳ روش مبتنی بر قانون
۱۲	.....	۲-۳ روش‌های مبتنی بر مدل ترنسفورمر

۱۷	۱-۲-۳ ایده‌های ارائه شده بهبود خلاصه‌سازی متون طولانی
۲۰	۳-۳ روش‌های مبتنی بر یادگیری تقویتی
۲۰	۱-۳-۳ یادگیری تقویتی برای حل چالش‌های مدل دنباله به دنباله عمیق
۲۱	۲-۳-۳ یادگیری تقویتی برای ترکیب خلاصه‌های استخراجی و انتزاعی
۲۲	۳-۳-۳ یادگیری تقویتی برای ایجاد معیارها و پاداش‌های جدید
۲۳	۴-۳-۳ یادگیری تقویتی برای ایجاد خلاصه متناسب با نیاز کاربر
۲۷	۴-۳ روش‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ و چالش‌ها
۲۷	۱-۴-۳ هزینه‌گویی در مدل‌های زبانی بزرگ
۲۸	۲-۴-۳ هرس مدل‌های زبانی
۳۱	۳-۴-۳ ترمیم مدل‌های بزرگ زبانی بعد از هرس
۳۱	۴-۴-۳ هزینه‌گویی در خلاصه‌سازی
۳۲	۵-۳ معیارهای ارزیابی خلاصه‌سازی خودکار
۳۶	۱-۵-۳ محدودیت‌ها و پیشرفت‌ها
۳۷	۴ روش ارائه شده
۳۸	۵ نتایج
۳۹	کتاب‌نامه
۴۸	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی
۵۱	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

شکل	فهرست تصاویر	صفحه
۱-۳	معماری مدل تی‌برت‌سام [۲۸]	۱۳
۲-۳	تعبیه مدل تی‌برت‌سام [۲۸]	۱۴
۳-۳	معماری ترنسفورمر تی‌برت‌سام [۲۸]	۱۵
۴-۳	روش‌های پیش‌آموزش بارت [۲۲]	۱۶
۵-۳	یک نمونه از نمودار منحنی بازیابی بر اساس طول [۳۹]	۲۵
۶-۳	معماری مدل ام‌سام [۳۸]	۲۶
۷-۳	رویکرد <i>SlimSum</i> برای حل تضادهای معنایی در خلاصه‌سازی	۳۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

با رشد روزافزون اینترنت، حجم محتوای متنی در اینترنت (به عنوان مثال وب سایت‌ها، اخبار، وبلاگ‌ها، شبکه‌های رسانه‌های اجتماعی و غیره) به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد. در نتیجه، کاربران زمان زیادی را صرف یافتن اطلاعات مورد نظر خود می‌کنند و نمی‌توانند تمام محتوای متنی نتایج جستجو را بخوانند. خلاصه‌سازی خودکار اسناد می‌تواند به شناسایی مهم‌ترین اطلاعات و صرفه‌جویی در وقت خوانندگان کمک کند. خلاصه‌سازی خودکار متن فرآیند تولید یک متن کوتاه است که بخش‌های اصلی یک سند طولانی‌تر را پوشش می‌دهد. یک خلاصه خوب جنبه‌های مهمی مانند خوانایی، انسجام، نحو، غیر زائد بودن، ترتیب جملات، مختصر بودن، تنوع اطلاعات و پوشش اطلاعات را در نظر می‌گیرد [۶].

در سال‌های گذشته تلاش‌های زیادی برای تولید خلاصه‌سازی خودکار قابل قبول و خوانا صورت گرفته است. پژوهش‌های مرتبط با عمل خلاصه‌سازی خودکار متن در دهه ۵۰ میلادی شکل گرفتند. در یکی از این پژوهش‌ها لوهن و همکاران روشی برای خلاصه‌سازی اسناد علمی ارائه دادند که در آن تابعی بر اساس فرکانس تکرار کلمات یا عبارات به عنوان ویژگی تعریف می‌شود و وزن‌های مرتبط با این ویژگی‌ها خلاصه استخراج می‌شود [۲۷]. در کارهای تحقیقاتی اولیه، مدل‌های غیرعصبی مبتنی بر ساختار برای تولید خلاصه‌سازی خودکار مورد استفاده قرار گرفتند. با شروع دوره‌ی شبکه‌های عصبی عمیق پژوهش‌ها بر روی خلاصه‌سازی بیشتر شد. رویکردهای نوین خلاصه‌سازی شامل شبکه‌های عصبی عمیق دنباله به دنباله^۱، روش‌های بر پایه‌ی مدل ترنسفورمر^۲ و مدل‌های زبانی از پیش آموزش دیده^۳ می‌باشد.

۲-۱ چالش‌های خلاصه‌سازی متون طولانی

۳-۱ چشم‌انداز نوشتار

¹Deep neural sequence to sequence models²transformer³Pretrained language models (PTLMs)

فصل دوم

معرفی مفاهیم

۱-۲ خلاصه‌سازی

خلاصه‌سازی متن به‌عنوان یکی از وظایف کلیدی در حوزه پردازش زبان طبیعی، نقش مهمی در مدیریت و تحلیل داده‌های متنی ایفا می‌کند. این فرآیند شامل فشرده‌سازی اطلاعات موجود در اسناد طولانی به شکلی مختصر و هدفمند است که معنای اصلی متن حفظ شود. در این راستا، استفاده از مدل‌های از پیش آموزش‌دیده در خلاصه‌سازی انتزاعی به دلیل توانایی آن‌ها در تولید متون خلاصه روان و دقیق، به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. این مدل‌ها با ترکیب تکنیک‌های پیشرفته یادگیری عمیق و دانش قبلی، امکان استخراج اطلاعات کلیدی را از اسناد حجیم فراهم می‌کنند و ابزار مؤثری برای کاربردهای متنوعی مانند جستجوی اطلاعات و تحلیل محتوا ارائه می‌دهند. این فرآیند به دلیل تنوع در کاربردها و نیازهای مختلف، شامل رویکردها و طبقه‌بندی‌های متنوعی می‌شود. از جمله این طبقه‌بندی‌ها می‌توان به خلاصه‌سازی تک‌سندی و چندسندی اشاره کرد؛ در خلاصه‌سازی تک‌سندی بر یک متن واحد تمرکز می‌شود و در خلاصه‌سازی چندسندی اطلاعات مرتبط از چند سند ترکیب می‌شود. همچنین، خلاصه‌سازی می‌تواند به صورت استخراجی، انتزاعی یا ترکیبی انجام شود. رویکرد استخراجی جملاتی از متن اصلی انتخاب می‌کند، در حالی که رویکرد انتزاعی، با تولید جملات جدید، ایده‌های اصلی را منتقل می‌کند. علاوه بر این، خلاصه‌ها می‌توانند از نظر زبانی تک‌زبانه، چندزبانه یا بین‌زبانه باشند. روش‌های خلاصه‌سازی نیز به دو دسته نظارت‌شده و نظارت‌نشده تقسیم می‌شوند که هر یک با توجه به نوع داده‌ها و اهداف مختلف، عملکرد و محدودیت‌های خاص خود را دارند.

[۶، ۴]

۲-۲ شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی یکی از ابزارهای کلیدی در یادگیری ماشین هستند که بر اساس ساختار و عملکرد مغز انسان طراحی شده‌اند. این شبکه‌ها از لایه‌هایی متشکل از نورون‌های مصنوعی تشکیل می‌شوند که با اتصال‌های وزنی به یکدیگر مرتبط شده‌اند و داده‌ها را به صورت سلسله‌مراتبی پردازش می‌کنند. هر نورون اطلاعاتی را از نورون‌های لایه قبلی دریافت کرده، آن را پردازش می‌کند و به نورون‌های لایه بعدی منتقل می‌سازد. این فرآیند باعث می‌شود شبکه‌های عصبی بتوانند ویژگی‌های پیچیده داده‌ها را استخراج کرده و روابط غیرخطی میان متغیرها را یاد بگیرند. با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مانند پس‌انتشار خطا، این شبکه‌ها به‌طور مداوم تنظیم شده و دقت خود را در انجام وظایف مختلف مانند طبقه‌بندی،

رگرسیون و یادگیری عمیق بهبود می‌دهند.

۱-۲-۲ ترنسفورمر

مدل ترنسفورمر یکی از معماری‌های پیشرفته شبکه‌های عصبی است که از مکانیزم خود-توجهی^۱ بهره می‌برد تا به‌طور مؤثر وابستگی‌های موجود در دنباله‌های ورودی را شناسایی و وزن‌دهی کند. این مدل به‌ویژه در پردازش زبان طبیعی و تسک‌های پیچیده‌ای مانند ترجمه ماشینی، خلاصه‌سازی و تحلیل احساسات توانسته است موفقیت‌های چشمگیری کسب کند. در حالی که ترنسفورمرها در درک وابستگی‌های بلندمدت و ارتباطات پیچیده میان کلمات و جملات بسیار کارآمد هستند، پردازش متون طولانی برای این مدل‌ها چالش‌های خاص خود را به همراه دارد. یکی از این چالش‌ها محدودیت‌های ذاتی در اندازه ورودی است که مدل‌های از پیش آموزش داده‌شده (□□□) را مجبور می‌کند تا متون طولانی را به تکه‌های کوچکتر تقسیم کنند، که این امر ممکن است منجر به از دست رفتن اطلاعات مهم شود. علاوه بر این، پیچیدگی محاسباتی در پردازش دنباله‌های طولانی می‌تواند در کاربردهای عملی باعث محدودیت‌هایی شود. برای مقابله با این مسائل، نیاز به تکنیک‌های نوآورانه است که بتوانند پردازش متون طولانی را بهینه کرده و ساختارهای پیچیده‌تر و الگوهای زبان‌شناختی موجود در این متون را به‌طور مؤثر مدل‌سازی کنند. [۵].

۲-۲-۲ مدل‌های زبانی از پیش آموزش دیده و مدل‌های بزرگ زبانی

در سال‌های اخیر، مدل‌های زبانی پیش‌آموزش‌دیده (□□□) و مدل‌های بزرگ زبانی (□□□) پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه پردازش زبان طبیعی داشته‌اند. مدل‌های □□□ ابتدا بر روی مجموعه‌داده‌های عظیم آموزش می‌بینند و سپس برای انجام وظایف مختلف زبان طبیعی مانند تولید متن، تحلیل احساسات و ترجمه ماشینی تنظیم می‌شوند. این مدل‌ها توانایی استخراج الگوهای پیچیده زبانی را از داده‌ها دارند و به‌طور مؤثر برای بسیاری از وظایف کاربردی پردازش زبان طبیعی استفاده می‌شوند. با ظهور معماری ترانسفورمر، مدل‌های □□□ به‌طور قابل‌توجهی بهبود یافته و قادر به پردازش وابستگی‌های بلندمدت در متون شده‌اند و عملکرد بهتری در بسیاری از کاربردها از خود نشان می‌دهند.

از سوی دیگر، مدل‌های بزرگ زبانی (□□□) مشابه مدل‌های □□□ هستند، اما دارای ویژگی‌هایی متفاوت در پردازش اطلاعات هستند. یکی از ویژگی‌های اصلی این مدل‌ها، قابلیت پردازش دامنه

^۱ Self-Attention

وسیع‌تری از متن در یک بار اجرا است که به آن‌ها اجازه می‌دهد اسناد طولانی‌تر را به‌طور مؤثرتر پردازش کنند. این ویژگی به‌ویژه برای وظایفی مانند خلاصه‌سازی متون طولانی بسیار مفید است. به‌علاوه، ها[[[توانایی تعمیم‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند حتی با تعداد محدودی نمونه، عملکرد خوبی در بسیاری از وظایف پردازش زبان طبیعی داشته باشند.

با این حال، مدل‌های [[[همچنان با محدودیت‌هایی مواجه هستند، از جمله محدودیت در حداکثر طول ورودی و تعداد توکن‌هایی که می‌توانند در یک بار پردازش شوند. به همین دلیل، تحقیق و توسعه روش‌های کارآمد برای پردازش و خلاصه‌سازی متون طولانی با استفاده از این مدل‌ها، همچنان یک چالش تحقیقاتی فعال است. [۱][۵] [۲۳، ۴].

۳-۲-۲ روش‌های فشرده‌سازی مدل‌های بزرگ زبانی

با توجه به پیشرفت‌های سریع در مدل‌های زبانی بزرگ، (LLMs) شاهد رشد چشمگیر اندازه این مدل‌ها در سال‌های اخیر هستیم. این مدل‌ها که دارای میلیاردها و حتی تریلیون پارامتر هستند، قادر به شناسایی و تولید الگوهای پیچیده در زبان طبیعی می‌باشند. با این حال، این اندازه بزرگ موجب ایجاد چالش‌های عمده‌ای در آموزش و استقرار مدل‌ها می‌شود، زیرا برای آموزش و استفاده از این مدل‌ها به منابع محاسباتی عظیم، مانند پردازنده‌های گرافیکی متعدد، نیاز است. در این راستا، فشرده‌سازی مدل‌ها به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش این نیازهای محاسباتی و بهبود کارایی مدل‌ها مورد توجه قرار گرفته است. تکنیک‌های فشرده‌سازی مدل‌های بزرگ به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: تقطیر دانش، هرس کردن و کوانتایزاسیون.

۴-۲-۲ تقطیر دانش

تقطیر دانش روشی است که به‌منظور پر کردن شکاف عملکرد بین مدل‌های بزرگ و مدل‌های کوچک‌تر استفاده می‌شود. در این فرآیند، مدل بزرگ‌تر (مدل استاد) به‌عنوان مرجعی برای آموزش یک مدل کوچک‌تر (مدل دانشجو) عمل می‌کند. مدل دانشجو سعی می‌کند تا عملکرد مدل استاد را تقلید کند. این روش علاوه بر کاهش نیازهای محاسباتی، دسترسی به مدل‌های پیشرفته‌تر را برای محققان تسهیل می‌کند و در عین حال موجب می‌شود که مدل‌های کوچک‌تر بتوانند به‌طور مؤثر و با منابع محدودتر، وظایف مشابه مدل‌های بزرگ را انجام دهند. تقطیر دانش همچنین در بهینه‌سازی مدل‌های بزرگ‌تر نیز کاربرد دارد، به‌طوری که مدل‌های استاد می‌توانند بدون کاهش عملکرد قابل توجه، به‌طور کارآمدتر اجرا

شوند.

۵-۲-۲ کوانتیزاسیون

کوانتیزاسیون یک تکنیک فشرده‌سازی است که در آن دقت داده‌های ورودی مدل کاهش می‌یابد. در این فرآیند، وزن‌ها و فعالیت‌های مدل‌های بزرگ زبانی از یک نوع داده با دقت بالا (مثلاً ۳۲ بیت) به نوع داده‌ای با دقت پایین‌تر (مانند ۸ بیت یا ۴ بیت) تبدیل می‌شوند. این کاهش دقت به مدل این امکان را می‌دهد که سریع‌تر و با نیاز به منابع محاسباتی کمتری اجرا شود، در حالی که تقریباً همان عملکرد را در پردازش داده‌ها حفظ می‌کند. این تکنیک به‌ویژه در استقرار مدل‌ها در دستگاه‌های با منابع محدود یا در پردازش‌های زمان واقعی بسیار مفید است.

۶-۲-۲ هرس کردن

هرس کردن به‌عنوان روشی برای کاهش پیچیدگی و اندازه مدل‌های یادگیری عمیق استفاده می‌شود. در این روش، وزن‌ها و پارامترهای کم‌اهمیت مدل از شبکه حذف می‌شوند، بدون آنکه دقت مدل به‌شدت کاهش یابد. این امر منجر به مدل‌های کوچک‌تر و سریع‌تر می‌شود که برای اجرا در سیستم‌های با منابع محدود یا در پردازش‌های آنلاین بسیار مناسب است. هرس کردن به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود:

هرس بدون ساختار: در این روش، وزن‌های کم‌اهمیت از شبکه حذف می‌شوند، در حالی که ساختار کلی شبکه حفظ می‌شود. این روش به‌طور معمول دقت مدل را به‌خوبی حفظ می‌کند، اما ممکن است منجر به ساختار پراکنده‌تری در شبکه شود. هرس ساختاریافته: در این روش، بخش‌های بزرگ‌تری از شبکه مانند لایه‌ها، فیلترها یا نرون‌ها از شبکه حذف می‌شوند. این روش می‌تواند به‌طور چشمگیری اندازه مدل را کاهش دهد، اما ممکن است به دقت مدل آسیب وارد کند.

این تکنیک‌ها به‌طور گسترده‌ای برای بهینه‌سازی مدل‌های بزرگ زبانی و کاهش نیازهای محاسباتی طراحی شده‌اند و می‌توانند بهبود عملکرد و کارایی این مدل‌ها را در زمینه‌های مختلف پردازش زبان طبیعی فراهم کنند.

۷-۲-۲ تنظیم دقیق بهینه‌شده پارامترها برای مدل‌های زبانی بزرگ

تنظیم دقیق کارآمد پارامترها (□□□□) روشی عملی است که به ما اجازه می‌دهد مدل‌های بزرگ زبان را به طور کارآمد برای انجام وظایف مختلف، بدون نیاز به آموزش مجدد کامل آن‌ها، آماده کنیم. این

روش با تنظیم دقیق بخشی از پارامترهای یک مدل از پیش آموزش دیده، آن را برای انجام وظایف خاص تطبیق می‌دهد. این کار به طور قابل توجهی هزینه محاسباتی و زمانی مورد نیاز برای آموزش مدل را کاهش می‌دهد. این روش به ویژه برای مدل‌های بسیار بزرگ زبانی که دارای میلیاردها پارامتر هستند بسیار مفید است، زیرا آموزش مجدد کامل این مدل‌ها نیازمند منابع محاسباتی عظیمی است [۹].

۲-۷-۲-۲ لورا

لورا^۲ روشی برای بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های آموزش مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) است. این روش با حفظ ثابت بودن وزن‌های پیش‌آموزشی مدل و جایگزینی ماتریس‌های قابل آموزش با رتبه پایین در هر لایه از معماری ترانسفورمر کار می‌کند. این رویکرد هوشمندانه تعداد پارامترهای قابل آموزش را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد، که منجر به نیاز کمتر به حافظه GPU و سرعت آموزش بالاتر می‌شود. LoRA با استفاده از جبر خطی، این بهبود کارایی را بدون افزایش زمان استفاده از مدل و حتی با حفظ کیفیت قابل مقایسه مدل به دست می‌آورد [۱۰].

۲-۷-۲-۲ تنظیم دقیق پرامپت

تنظیم دقیق پرامپت (Prompt Engineering) یک روش است که در آن پارامترهای اضافی به نام "پرامپت‌های نرم" به ورودی یک مدل زبانی اضافه می‌شود. این پرامپت‌های نرم نحوه تفسیر ورودی توسط مدل را تحت تأثیر قرار می‌دهند و امکان تنظیمات بدون تغییر وزن‌های مدل را فراهم می‌کنند. این روش تعادلی بین بهبود عملکرد و بهره‌وری منابع برقرار می‌کند و در مواردی که منابع محاسباتی محدود هستند یا نیاز به انعطاف‌پذیری در چندین کار وجود دارد، بسیار مفید است. از آنجایی که وزن‌های اصلی مدل بدون تغییر باقی می‌مانند، تنظیم دقیق پرامپت راهی مناسب برای تطبیق رفتار مدل بدون نیاز به بازآموزی گسترده است [۲۱].

۳-۲ توهم

توهم یا هالوسینیشن^۳ در مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) به پدیده‌ای اشاره دارد که در آن مدل محتوایی تولید می‌کند که با داده‌های ورودی نامرتبط، ساختگی یا ناسازگار است. این مشکل می‌تواند به ارائه

^۲LoRA

^۳Hallucination

اطلاعات نادرست منجر شود و اعتماد کاربران به این مدل‌ها را کاهش دهد. در خلاصه‌سازی متون طولانی، این مشکل بیشتر نمایان می‌شود، زیرا مدل‌ها معمولاً تمایل دارند اطلاعات بیشتری را از بخش‌های ابتدایی و انتهایی متن استخراج کنند و به جزئیات میانی متن کمتر توجه داشته باشند. این عدم توازن در پردازش متن می‌تواند باعث تولید اطلاعات نادرست یا بی‌ارتباط با منبع شود. برای مقابله با این چالش، روش‌هایی مانند استفاده از پنجره‌های همپوشانی و تکنیک‌های خودسازگاری (Self-supervised) پیشنهاد شده‌اند. این رویکردها با تقسیم متن به بخش‌های کوچک‌تر، تولید خلاصه‌های محلی، و سپس ترکیب آن‌ها، به کاهش تناقضات و افزایش دقت خلاصه‌ها کمک می‌کنند. این تکنیک‌ها نه تنها دقت و سازگاری خلاصه‌ها را بهبود می‌بخشند، بلکه موجب کاهش خطای هالوسینیشن در کاربردهای عملی می‌شوند.

فصل سوم

مرور تاریخچه

۱-۳ روش های مبتنی بر ساختار

روش های خلاصه سازی مبتنی بر ساختار از نخستین رویکردهای توسعه یافته در حوزه خلاصه سازی متون هستند. این روش ها با بهره گیری از ویژگی های ساختاری متن ورودی، به تولید خلاصه های مختصر و منسجم می پردازند. با پیشرفت فناوری و ظهور روش های نوین، مانند مدل های زبانی پیشرفته و تکنیک های یادگیری عمیق، کارایی و دقت در خلاصه سازی متون بهبود یافته است. با این حال، روش های مبتنی بر ساختار همچنان به عنوان پایه و اساس درک و پردازش متون مورد استفاده قرار می گیرند. در این بخش روش های مبتنی بر درخت^۱، مبتنی بر قالب^۲، مبتنی بر هسته شناسی^۳، عبارت مقدمه و بدنه^۴، مبتنی بر گراف^۵ و مبتنی بر قانون^۶ مورد بررسی قرار می گیرد.

۱-۱-۳ روش مبتنی بر درخت

روش های مبتنی بر درخت در خلاصه سازی متن از درخت های وابستگی برای نمایش ساختار نحوی اسناد متنی استفاده می کنند. ابتدا، متن مبدأ به درخت های وابستگی تبدیل می شود و سپس این درخت ها در یک ساختار واحد ادغام می شوند. در نهایت، با خطی سازی درخت ادغام شده، جملات جدیدی تولید می شوند [۳۴].

۲-۱-۳ روش مبتنی بر قالب

در این روش از قالب های از پیش تعریف شده برای نمایش اسناد استفاده می شود. این قالب ها برای انطباق با الگوها و قوانین خاص در محتوای متن طراحی شده اند و امکان استخراج اطلاعات مرتبط را فراهم می کنند. در فرآیند برای شناسایی محتوای متناسب با الگو متن با الگوها و قوانین مذکور تطبیق داده می شود. این روش به دلیل پایداری به ساختار و قالب های تعیین شده از انسجام بالایی برخوردار است [۳۴].

¹tree-based

²template-based

³ontology-based

⁴lead-and-body phrase

⁵graph-based

⁶rule-based

۳-۱-۳ روش مبتنی بر هستان‌شناسی

این روش از پایگاه‌های دانش برای بهبود فرآیند خلاصه‌سازی استفاده می‌کند. بسیاری از اسناد اینترنتی به حوزه‌های خاص با واژگان محدود مرتبط هستند و می‌توان آن‌ها را با هستی‌شناسی‌ها بهتر نمایش داد. هستی‌شناسی‌ها نام‌گذاری و تعریف رسمی انواع موجودیت‌های یک دامنه خاص را ارائه می‌دهند و به‌عنوان پایگاه دانش عمل می‌کنند. تکنیک‌های این روش شامل ساخت مدل معنایی با هستی‌شناسی، نگاشت جملات به گره‌های آن و محاسبه امتیاز هر موجودیت برای رتبه‌بندی جملات است. [۳۴]. لی و همکاران یک سیستم فازی را ارائه کرد که با استفاده از مکانیزم استنتاج فازی درجه عضویت هر جمله را در طبقه‌بندی کننده اصطلاحی مبتنی بر هستی‌شناسی محاسبه می‌کند [۲۰].

۳-۱-۴ روش عبارت مقدمه و بدنه

روش «عبارت مقدمه و بدنه» در خلاصه‌سازی متن بر شناسایی و بازنگری جملات اصلی، معروف به جملات کلیدی، در یک سند تمرکز دارد. این جملات معمولاً حاوی اطلاعات مفید هستند و خلاصه‌ای جامع از محتوا ارائه می‌دهند. این روش شامل درج و جایگزینی عبارات در جملات اصلی برای ایجاد تکرار مناسب با بازبینی‌های معنایی است. از محدودیت‌های این روش می‌توان به عدم وجود مدل تعمیم‌یافته برای خلاصه‌سازی و تأثیر منفی مدل‌های تجزیه دستوری اشاره کرد. [۳۴]. ایشیکاوا و همکاران روش خلاصه‌سازی ترکیبی مبتنی بر روش فرکانس تکرار عبارت^۷ و عبارت مقدمه و بدنه پیشنهاد کردند که در آن. تابع توزیع زاویه‌ای ضربدر بسامد عبارت میزان اهمیت هر جمله را مشخص می‌کند [۱۱].

۳-۱-۵ روش مبتنی بر گراف

یکی دیگر از رویکردهای خلاصه‌سازی، روش مبتنی بر گراف است که در آن هر جمله‌ی سند به‌عنوان یک گره در گراف نمایش داده می‌شود. جملات بر اساس روابط معنایی با یال‌ها به یکدیگر متصل می‌شوند و وزن هر یال‌ها نشان‌دهنده اهمیت این روابط است. در این روش، با استفاده از الگوریتم‌های رتبه‌بندی گراف، اهمیت هر جمله تعیین می‌شود و جملات با اهمیت بالاتر در خلاصه گنجانده می‌شوند. این روش بدون نیاز به دانش عمیق زبانی یا حوزه‌ای، می‌تواند با انتخاب جملات مهم، خلاصه‌های مختصر و منسجمی ایجاد کند. [۳۴]. مالپروس و اسکینیس از مرکزیت گره برای نشان دادن اهمیت یک اصطلاح در سند استفاده کرده‌اند. مرکزیت‌های محلی و سراسری برای وزن‌دهی عبارت در نظر گرفته می‌شوند تا

^۷Term frequency (TF)

جملات مناسب خلاصه انتخاب شوند [۲۹].

۳-۱-۶ روش مبتنی بر قانون

در روش خلاصه‌سازی مبتنی بر قاعده، اسناد به دسته‌ها و جنبه‌های مختلف تقسیم می‌شوند و ماژول انتخاب محتوا بر اساس قوانین از پیش تعریف‌شده، اطلاعات بهینه را برای هر جنبه انتخاب می‌کند و با استفاده از الگوهای تولید جمله، جملات خلاصه و مختصر ایجاد می‌شوند. به عبارت دیگر، این روش با بهره‌گیری از قوانین مشخص، مهم‌ترین اطلاعات مرتبط با هر جنبه را انتخاب کرده و سپس آن‌ها را در قالب یک خلاصه منسجم ارائه می‌دهد [۳۲].

روش‌های سنتی خلاصه‌سازی متن، هرچند در زمان خود مؤثر بوده‌اند، اما در مقایسه با شبکه‌های عصبی مدرن کارایی کمتری دارند. این روش‌ها غالباً به دانش زبانی عمیق و قوانین از پیش تعریف‌شده متکی هستند که ممکن است در مواجهه با متون متنوع و پیچیده ناکارآمد باشند.

۳-۲ روش‌های مبتنی بر مدل ترنسفورمر

با ظهور ترنسفورمرها^۸، بهبودهای قابل توجهی در کیفیت نتایج خلاصه‌سازی خودکار به وجود آمد. ترنسفورمرها با استفاده از مکانیزم توجه به خود^۹ شباهت بین ورودی‌ها را بدون توجه به موقعیت موازی آن‌ها مدل می‌کنند [۴۴]. یکی از جهت‌گیری‌های رایج پژوهشی، اصلاح یا تطبیق ترنسفورمرها و مدل‌های زبانی از پیش آموزش دیده با وظایف مختلف مانند خلاصه‌سازی است. مدل‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی از پیش آموزش دیده که با هدف خلاصه‌سازی انتزاعی طراحی شده‌اند از ویژگی‌های معنایی و متنی بازنمایی‌های زبان برای بهبود کیفیت و دقت خلاصه‌ها استفاده می‌کنند.

پان^{۱۰} و همکاران مدل تی‌برت‌سام^{۱۱} بر اساس مدل برت پیشنهاد کرده‌اند این مدل با هدف بهبود مدل‌های خلاصه‌سازی متن پشین که موضوع متن را در نظر نمی‌گرفتند، خروجی آن‌ها مرتبط یا حاوی اطلاعات مفید نبود ارائه شده است و از سه بخش ایجاد بازنمایی، مدل موضوعی عصبی^{۱۲} و مدل خلاصه‌سازی تشکیل شده است. ساختار مدل را در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.

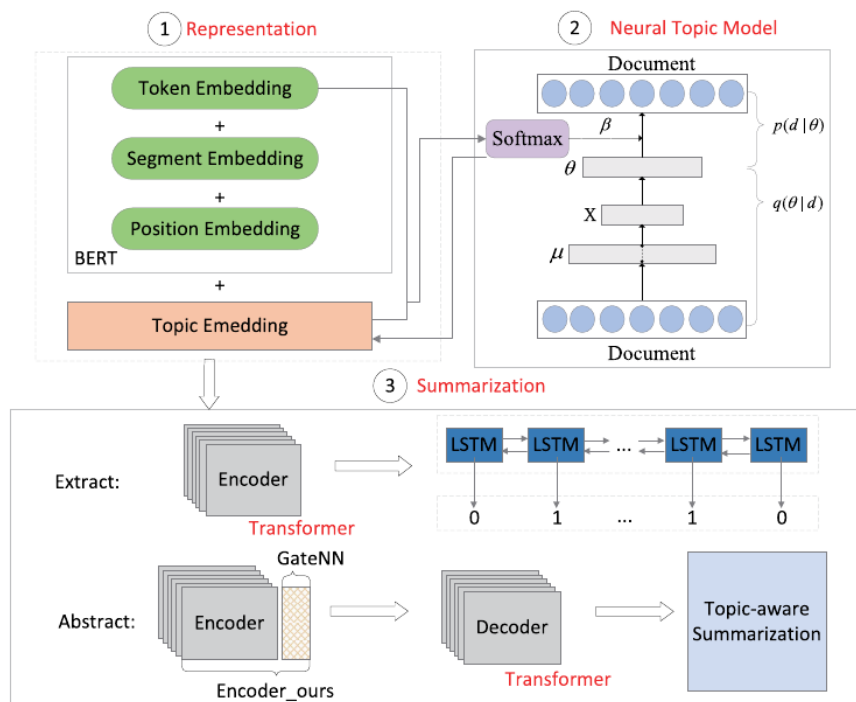
^۸transformers

^۹Self-attention

^{۱۰}Pan

^{۱۱}T-BERTSum

^{۱۲}Neural Topic Model (NTM)



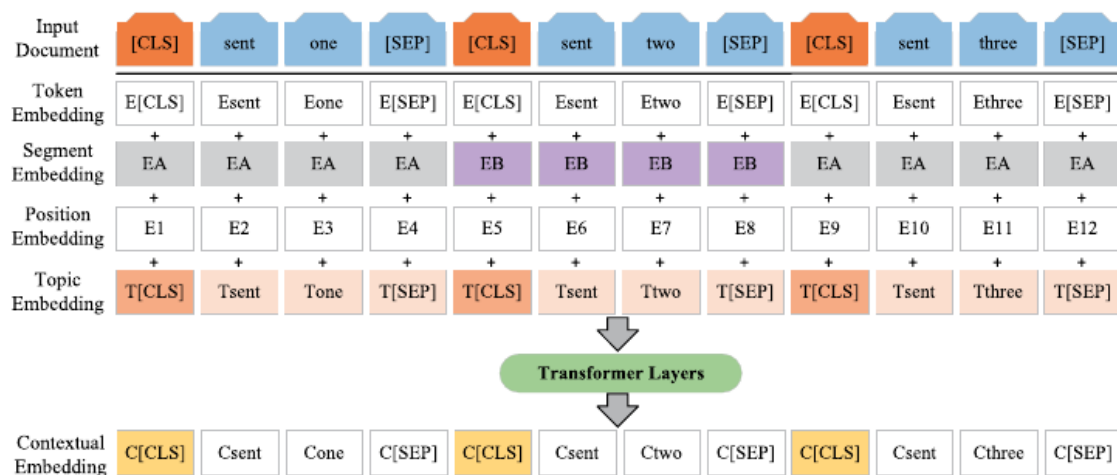
شکل ۳-۱: معماری مدل تی‌برت‌سام [۲۸]

همانطور که در شکل ۲-۳ نشان داده شده است، بازنمایی ایجاد شده در این مدل برای هر جمله ورودی، با استفاده از یک شبکه‌ی ترنسفورمر دوسویه‌ی^{۱۳} چند لایه و حاصل جمع چهار نوع تعبیه (تعبیه نشانه^{۱۴}، تعبیه قطعه^{۱۵}، تعبیه موقعیت و تعبیه موضوع) به دست می‌آید که تعبیه موضوع در این مقاله معرفی شده و سه تعبیه دیگر مشابه مدل بERT هستند. وجود تعبیه موضوع در تولید بازنمایی هر کلمه یا جمله موجب افزودن اطلاعات پیش زمینه‌ای به هر کلمه و حل مشکل چند معنایی می‌شود. مدل موضوعی عصبی وظیفه‌ی تولید تعبیه‌های موضوعی را بر عهده دارد و شامل دو جزء اصلی است: یک شبکه مولد و یک شبکه استنتاج. شبکه مولد با دریافت یک سند ورودی، توزیع موضوعی کلمات موجود در آن را خروجی می‌دهد، در حالی که شبکه استنتاج با دریافت سند ورودی، پارامترهای توزیع موضوعی را تولید می‌کند. بخش خلاصه‌سازی مدل بر اساس معماری کدگذار-کدگشای ترنسفورمر استوار است. همانطور که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است، کدگذار بازنمایی ایجاد شده را به عنوان ورودی دریافت کرده و دنباله‌ای از حالت‌های پنهان تولید می‌کند. سپس کدگشا با استفاده از این حالت‌ها، متن خلاصه

¹³bidirectional

¹⁴token embedding

¹⁵segment embedding



شکل ۳-۲: تعبیه مدل تی برت سام [۲۸]

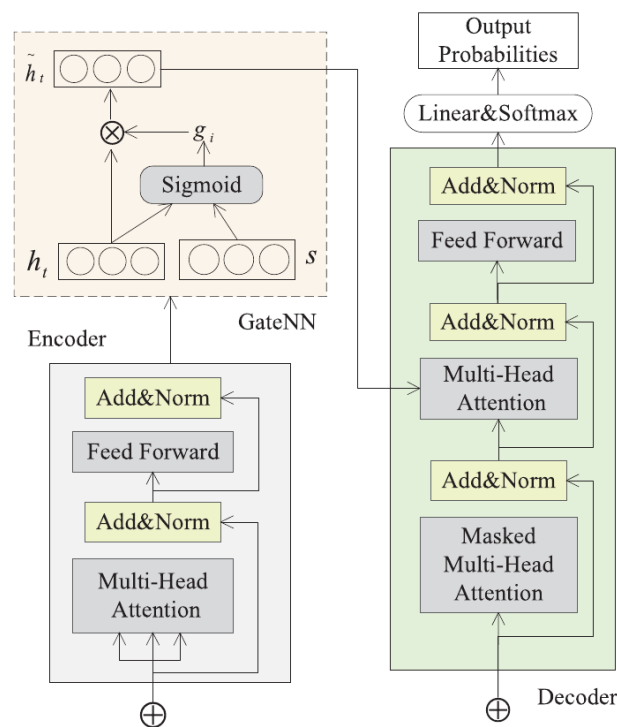
را ایجاد می‌کند. برای فیلتر کردن اطلاعات کلیدی، شبکه دروازه‌ای قبل از کدگشا افزوده می‌شود تا جریان اطلاعات به‌درستی کنترل شود و کدگشا تنها بر روی اطلاعات مهم تمرکز کند. این مدل قادر است خلاصه‌هایی تولید کند که هم مرتبط با موضوع متن و هم حاوی اطلاعات مفید باشد و قابلیت تطبیق با حوزه‌های مختلف را دارد.

اکثر مدل‌های خلاصه‌سازی انتزاعی موجود برای تولید خلاصه‌های با طول ثابت طراحی شده‌اند، بنابراین سو^{۱۶} و همکاران مدل خلاصه‌سازی دو مرحله‌ای مبتنی بر ترنسفورمر برای تولید خلاصه‌های انتزاعی با طول متغیر طراحی کرده‌اند. این مدل ابتدا متن ورودی را به بخش‌های مختلف تقسیم می‌کند، سپس مهم‌ترین جمله‌ها از هر بخش با استفاده از یک مدل استخراجی مبتنی بر برت استخراج می‌شود. پس از آن، یک ماژول خلاصه‌سازی اسناد، خلاصه‌ای از سرفصل‌ها تولید کرده و خلاصه‌های بخش‌ها به هم متصل می‌شوند تا خلاصه‌ای با طول متغیر ایجاد شود. این فرآیند با آموزش مشارکتی بین ماژول‌های مختلف تا همگرایی بهینه می‌شود. ترکیب روش‌های استخراجی و انتزاعی این مدل امکان تولید خلاصه‌های روان و متناسب با نیاز کاربر را فراهم می‌کند [۴۳].

لوئیس و همکاران مدلی با نام بارت^{۱۷} ارائه دادند. این مدل مشابه با مدل اصلی ترنسفورمر، ساختاری کدگذار-کدگشا دارد و به دلیل داشتن کدگذار دو طرفه و کدگشای چپ به راست این مدل را می‌توان

¹⁶Ming-Hsiang Su

¹⁷BART



شکل ۳-۳: معماری ترنسفورمر تی پرت سام [۲۸]

این مدل شامل شبکه‌ی دروازه‌ای و کدگذار-کدگشا با توجه چند سر می‌باشد [۲۸]

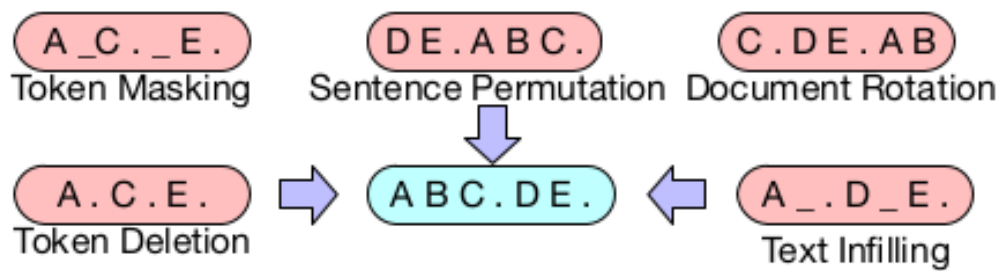
نسخه عمومی‌تری از پرت و جی‌پی‌تی^{۱۸} دانست. بارت در عملیات تولید متن، مانند ترجمه ماشینی یا خلاصه‌سازی انتزاعی متن، و همچنین در فهم متن کاربرد دارد و با استفاده از اهداف کدگذاری خودکار حذف نویز آموزش می‌بیند. برای پیش‌آموزش بارت نواقصی در سندهای ورودی ایجاد می‌شود و با بهینه کردن تابع زیان آنتروپی-مقاطع^{۱۹} بین خروجی‌های کدگشا و سند اولیه، متن بازسازی می‌شود. همانطور که در شکل ۳-۴ نشان داده شده است این مدل طیف گسترده‌ای از نویزها از جمله پوشاندن توکن، حذف توکن، پر کردن متن، چرخش سند، به هم ریختن جمله (به هم زدن تصادفی ترتیب کلمه یک جمله) را استفاده می‌کند [۲۲].

با اینکه مدل بارت دقت خلاصه‌سازی انتزاعی را بهبود بخشید، پیش‌آموزش آن مختص این وظیفه نبود. به همین دلیل، در سال ۲۰۲۰ مدل پگاسوس^{۲۰} توسط ژنگ و همکاران معرفی شد که معماری مشابه بارت دارد ولی پیش‌آموزش آن به طور خاص برای خلاصه‌سازی انتزاعی طراحی شده است. پگاسوس

¹⁸GPT

¹⁹cross-entropy

²⁰PEGASUS



شکل ۳-۴: روش‌های پیش‌آموزش بارت [۲۲]

یک مدل دنباله به دنباله کدگذار-کدگشا مبتنی بر ترنسفورمر است که برای تولید جملات فاصله‌افتاده^{۲۱} از داده‌های بدون نظارت آموزش می‌بیند [۵۰]. این مدل دو روش پیش‌آموزش معرفی کرده است:

۱. تولید جملات فاصله‌افتاده: در این روش، برخی جملات به طور تصادفی یا بر اساس اهمیت از متن انتخاب شده و با توکن $[MASK1]$ جایگزین می‌شوند.

۲. مدل زبانی پوشیده شده: مشابه مدل برت ۵۱ درصد از توکن‌ها انتخاب و ۸۰ درصد از آن‌ها با توکن $[MASK]$ یا یک توکن تصادفی جایگزین می‌شوند.

کدیا^{۲۲} و همکاران الگوریتم حداکثرسازی نقطه-محصول فرایادگیری (ام‌دات)^{۲۳} را برای بهبود پگاسوس پیشنهاد دادند. این الگوریتم بر اساس ایده به حداکثر رساندن حاصل ضرب نقطه‌ای بین گرادیان‌های مدل در نقاط مختلف آموزش با استفاده از تکنیکی به نام تفاوت‌های محدود^{۲۴} است. این الگوریتم از نظر محاسباتی کارآمد است و می‌تواند برای مدل‌های بزرگ مانند برت اعمال شود و سربار محاسباتی را کاهش بدهد [۴۰].

در این بخش، به بررسی پیشرفت‌های قابل توجه در زمینه خلاصه‌سازی انتزاعی متن با استفاده از مدل‌های مبتنی بر ترنسفورمر پرداخته شد. این مدل‌ها با استفاده از معماری‌های کدگذار-کدگشا و تکنیک‌های پیش‌آموزش خاص، توانسته‌اند کیفیت و دقت خلاصه‌سازی متن را به طور چشمگیری بهبود ببخشند و با ترکیب ویژگی‌های توجه به خود و مدل‌سازی معنایی، قادر به تولید خلاصه‌هایی مرتبط با موضوعات متن و حاوی اطلاعات مفید هستند. استفاده از این مدل‌ها همچنین به حل چالش‌هایی مانند چند معنایی کلمات و تولید خلاصه‌های با طول متغیر کمک کرده است.

²¹gap sentences generation

²²Kedia

²³Meta-Learned Dot-Product Maximization (MDot)

²⁴finite differences

۱-۲-۳ ایده‌های ارائه شده بهبود خلاصه‌سازی متون طولانی

با توجه به مشکلات مدل ترنسفورمر در پردازش متون طولانی مانند پیچیدگی‌های محاسباتی و محدودیت‌های حافظه، ایده‌های مختلفی برای بهبود کارایی و مقیاس‌پذیری این مدل‌ها مطرح شده است. یکی از این راه‌حل‌ها شبکه‌ی ریفورمر^{۲۵} است، که با استفاده از لایه‌های برگشت‌پذیر^{۲۶} معرفی شده در این مدل، امکان بازسازی ورودی از خروجی را در طول گذر به عقب فراهم می‌کند که موجب کاهش نیازهای حافظه و پردازش کارآمد دنباله‌های طولانی می‌شود. علاوه بر این، ریفورمر از تکه‌تکه کردن برای پردازش بخش‌های کوچک‌تر ورودی به طور مستقل استفاده می‌کند که این امر موازی‌سازی را ممکن ساخته و مصرف حافظه را کاهش می‌دهد. همچنین، استفاده از درهم‌سازی حساس به مکان^{۲۷} در مکانیسم توجه باعث محاسبه توجه کارآمدتر می‌شود. درهم‌سازی حساس به مکان با توجه به زیرمجموعه‌ای از نشانه‌ها بر اساس مقادیر هش آنها، محاسبه توجه کامل را تقریب می‌زند. علاوه بر این، ریفورمر از کدگذاری‌های موقعیت محوری برای کدگذاری اطلاعات موقعیت توکن‌ها به صورت فشرده استفاده می‌کند. این تکنیک‌ها مجموعاً مدل ریفورمر را مقیاس‌پذیر ساخته و آن را قادر می‌سازد تا دنباله‌های طولانی متن را مدیریت کرده و در عین حال عملکرد رقابتی را در وظایف مختلف پردازش زبان طبیعی حفظ کند [۱۵].

در ادامه به بررسی دیگر نوآوری‌ها در مدل‌های ترنسفورمر می‌پردازیم که به منظور مدیریت بهتر دنباله‌های طولانی و کاهش پیچیدگی محاسباتی توسعه یافته‌اند. یکی از این نوآوری‌ها مدل ترنسفورمر پراکنده^{۲۸} است که با معرفی فاکتورسازی ماتریس پراکنده‌ی توجه، زمان و حافظه مورد نیاز را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد. با استفاده از پراکندگی، این مدل قادر است تنها به زیرمجموعه‌ای از نشانه‌های ورودی توجه کند و روی مهم‌ترین اطلاعات تمرکز نماید. این رویکرد نه تنها پیچیدگی محاسباتی را کاهش می‌دهد بلکه امکان پردازش توالی‌های طولانی را برای مدل فراهم می‌آورد [۴].

مدل دیگر مشابه شبکه‌ی ترنسفورمر پراکنده، مدل بیگ‌برد^{۲۹} است که با استفاده از مکانیزم توجه پراکنده^{۳۰} عملکرد ترنسفورمر را در مواجهه با دنباله‌های طولانی بهبود می‌بخشد. این مدل نوآوری‌های دیگری مانند توجه جامع^{۳۱} را معرفی می‌کند که در آن توکن‌های خاص به تمامی توکن‌های دیگر در دنباله توجه می‌کنند و وابستگی‌های دوربرد را بهتر از سایر روش‌ها استخراج می‌کنند. علاوه بر این،

²⁵ Reformer²⁶ reversible layers²⁷ locality-sensitive hashing (LSH)²⁸ sparse²⁹ Big Bird³⁰ Sparse attention³¹ global attention

فرآیند پالایش تکراری وزن‌های توجه را برای بهبود عملکرد مدل اصلاح می‌کند [۴۹].

این نوآوری‌ها نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل توجه در طراحی مدل‌های ترنسفورمر هستند که با کاهش پیچیدگی محاسباتی و افزایش کارایی، امکان پردازش دنباله‌های طولانی‌تر را برای مدل فراهم می‌آورند [۴۹].

در سال‌های اخیر، ایده‌های مختلفی برای بهبود کیفیت خروجی مدل‌های خلاصه‌سازی خودکار اسناد بلند معرفی شده است. به عنوان مثال، پایل^{۳۲} و همکاران برای ارتقاء کیفیت خلاصه‌های انتزاعی متون طولانی، از رویکرد ترکیبی استخراجی-انتزاعی با استفاده از مدل زبانی از پیش آموزش‌دیده‌ی جی‌پی‌تی-دو^{۳۳} بهره می‌برند. در این رویکرد، ابتدا مرحله استخراج ساده‌ای انجام می‌شود و سپس اطلاعات استخراج‌شده برای شرطی‌سازی مدل ترنسفورمر به کار گرفته می‌شود. این رویکرد در مقایسه با روش‌های قبلی که از مکانیزم کپی استفاده می‌کنند، خلاصه‌های انتزاعی‌تری به دست می‌دهد [۳۷].

پانگ^{۳۴} و همکاران یک ساختار سلسله‌مراتبی برای پردازش اسناد طولانی پیشنهاد کرده‌اند که در آن دو سطح مختلف وجود دارد: سطح پایین که بر جزئیات تمرکز دارد و سطح بالا که به وابستگی‌های دوربرد پرداخته می‌شود. در این ساختار، ابتدا استنتاج از پایین به بالا برای محاسبه تعبیه‌های نشانه‌ها با استفاده از توجه محلی انجام می‌شود. سپس برای شبیه‌سازی وابستگی‌های دوربرد و دریافت اطلاعات جامع‌تر، استنتاج از بالا به پایین برای نمایش‌های توکن اعمال می‌شود. این مدل از یک ساختار پنهان دو سطحی استفاده می‌کند که در سطح پایین نمایش‌های نشانه‌ای از استنتاج پایین به بالا به دست می‌آید و در سطح بالاتر با استفاده از مکانیزم توجه، روابط بین بخش‌های مختلف سند استخراج می‌شود. این ترکیب استنتاج از پایین به بالا و بالا به پایین، فرآیند استنتاج و نمایش توکن‌ها را بهبود می‌بخشد. روش پیشنهادی پانگ و همکاران یک راهکار جدید و مؤثر برای خلاصه‌سازی اسناد طولانی است که نسبت به روش‌های قبلی کارایی بیشتری دارد [۳۵].

جیدیوتیس^{۳۵} و همکاران شیوه‌ی تقسیم و غلبه (دنسر)^{۳۶} را برای بهبود خلاصه‌سازی اسناد طولانی پیشنهاد کرده‌اند. این روش به طور خودکار یک سند را به چند بخش تقسیم کرده و هر بخش را به بخش مناسب سند جفت می‌کند تا خلاصه‌های هدف متمایز ایجاد شود. در این مدل فرض بر این است که متون طولانی به صورت بخش‌های گسسته ساختاربندی شده‌اند.

³²Pilault

³³GPT-2

³⁴Pang

³⁵Gidiotis

³⁶Divide-and-Conquer (DANCER)

برای مطابقت هر قسمت از خلاصه با بخشی از سند در دنسر، از معیار روژ^{۳۷} استفاده می‌شود. در این روش، روژ-ال^{۳۸} بین هر جمله از خلاصه و تمام جملات سند محاسبه می‌شود و هر جمله‌ی خلاصه به بخشی از سند که بیشترین تطابق را با آن دارد نسبت داده می‌شود. سپس تمامی جملات خلاصه مربوط به هر بخش به هم الحاق می‌شوند تا خلاصه‌ی هدف برای آن بخش ایجاد شود. مزایای این روش آموزش عبارتند از:

- تقسیم مسأله به چند زیرمسأله باعث کاهش پیچیدگی و ساده‌سازی مسأله می‌شود.
 - انتخاب خلاصه‌های هدف برای هر بخش بر اساس امتیازات روژ-ال هر جمله، تطابق بهتری بین دنباله‌های منبع و هدف ایجاد می‌کند.
 - تقسیم هر سند آموزشی به چند جفت ورودی-هدف، نمونه‌های آموزشی بیشتری ایجاد می‌کند که برای مدل‌های خلاصه‌سازی عصبی مفید است.
- در هنگام کار با اسناد ساختاریافته طولانی، معمولاً برخی بخش‌ها برای سند کلیدی نیستند. برای مثال، در یک مقاله آکادمیک، بخش‌هایی مانند مرور ادبیات یا پیشینه به دلیل افزودن نویز ضروری نیستند و از آن‌ها صرف‌نظر می‌شود. سیستم خلاصه‌سازی فقط بر بخش‌های مقدمه، روش‌ها، نتایج و نتیجه‌گیری تمرکز می‌کند. شیونگ و همکاران با اصلاح هدف بهینه‌سازی، معماری مدل‌های از پیش آموزش‌دیده و مجموعه داده‌های پیش‌آموزش^{۳۹}، روشی برای ساخت مدل‌های مناسب متون طولانی پیشنهاد می‌دهند. مدل‌های از پیش آموزش‌دیده مانند برت و بارت معمولاً بر دنباله‌های کوتاه آموزش داده می‌شوند، در حالی که بسیاری از وظایف پردازش زبان طبیعی، همچون پاسخ‌گویی به سؤال و خلاصه‌سازی، نیاز به پردازش توالی‌های طولانی دارند. این مقاله تعدادی تکنیک برای تطبیق مدل‌های متن به متن برای دنباله‌های طولانی پیشنهاد می‌کند که عبارتند از: استفاده از ترنسفورمر با مکانیزم توجه به خود پراکنده بلوکی، مکانیزم توکن سراسری^{۴۰} برای تعاملات دوربرد، هم‌پوشانی بلوک‌های توجه^{۴۱} برای اتصالات دوربرد، و لایه‌ی خود توجه مبتنی بر ادغام بلوکی تقویت‌شده^{۴۲} که اتصالات دوربرد را بهبود می‌بخشد و سرعت مدل را افزایش می‌دهد. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که مدل‌های اقتباس‌شده در تمامی وظایف از مدل‌های

³⁷ROUGE³⁸rouge-L³⁹pretraining corpus⁴⁰Global-token mechanism⁴¹Overlapping attention windows⁴²Pooling-augmented blockwise attention

پایه بهتر عمل می‌کنند و این تکنیک‌ها استفاده از مدل‌های متنی از پیش آموزش‌دیده را برای طیف وسیعی از وظایف پردازش زبان طبیعی ممکن می‌سازد [۴۷].

کارهای تحقیقاتی در زمینه یادگیری تقویتی^{۴۳} و پردازش زبان طبیعی در سال‌های اخیر رشد کرده است. در یادگیری تقویتی یک عامل با محیط تعامل می‌کند و با آزمون و خطا، خط مشی بهینه را برای تصمیم‌گیری متوالی برای به حداکثر رساندن پاداش تجمعی آینده می‌آموزد. این پاداش می‌تواند یک معیار تعریف شده توسط توسعه دهنده بر اساس کار در حال حل باشد. در خلاصه‌سازی خودکار انتزاعی متن، نمونه‌هایی از چنین پاداش‌هایی ممکن است شامل حفظ برجستگی، مستلزم منطقی هدایت‌شده، و غیر افزونگی باشد. به طور کلی، یادگیری تقویتی در چهار حوزه مختلف برای بهبود خلاصه‌سازی خودکار استفاده می‌شود:

۳-۳ روش‌های مبتنی بر یادگیری تقویتی

۱-۳-۳ یادگیری تقویتی برای حل چالش‌های مدل دنباله به دنباله عمیق

استفاده از یادگیری تقویتی به منظور حل مسائل گوناگونی که مدل‌های دنباله به دنباله عمیق قادر به حل آن‌ها نیستند، امکانات بیشتری را فراهم می‌کند. به عنوان مثال، مشکلاتی مانند کمبود نوآوری در ایجاد خلاصه‌های خلاقانه و آموزنده و کاهش کیفیت خلاصه‌ها در صورت افزایش طول مقالات منبع، با استفاده از سیستم‌های یادگیری تقویتی و یادگیری خط‌مشی^{۴۴} بهبود یافته است. علاوه بر این مدل‌های دنباله به دنباله عمیق را نمی‌توان برای خلاصه کردن طیف گسترده‌ای از اسناد استفاده کرد، زیرا مدلی که بر روی یک مجموعه داده آموزش داده می‌شود، در یک مجموعه داده دیگر به خوبی عمل نمی‌کند و قابلیت تعمیم ندارد. رویکردهای مبتنی بر یادگیری تقویتی می‌تواند این مشکل را با استفاده از گرادیان خط‌مشی انتقادی^{۴۵} و ترکیب آن با یادگیری انتقالی^{۴۶} برای انتقال دانش از یک مجموعه داده به مجموعه دیگر برطرف کنند [۱۳].

فریم‌ورک پوبرل^{۴۷} (ترکیب سیاست‌ها با حداکثر ارتباط حاشیه‌ای و یادگیری تقویتی) اهمیت، ارتباط و طول خلاصه را در زمینه خلاصه‌سازی چند سندی با جدا کردن مسئله بهینه‌سازی چند هدفه به مسائل

⁴³ reinforcement learning

⁴⁴ policy learning

⁴⁵ self-critic policy gradient

⁴⁶ Transfer Learning (TL)

⁴⁷ PoBRL

فرعی کوچک‌تر که با استفاده از یادگیری تقویتی قابل حل هستند، بهینه می‌کند. اهمیت، ارتباط و طول خلاصه را در زمینه خلاصه‌سازی چند سندی با جدا کردن مسئله بهینه‌سازی چند هدفه به مسائل فرعی کوچک‌تر که قابل حل هستند، بهینه می‌کند. این فریم‌ورک از الگوریتم حداکثر ارتباط حاشیه ای^{۴۸} برای استخراج اطلاعات مهم از اسناد استفاده می‌کند. استفاده از این الگوریتم باعث افزایش ارتباط بین جملات و کاهش افزونگی می‌شود. در ادامه با از یادگیری تقویتی رای بهینه سازی هر هدف به صورت جداگانه استفاده می‌کند و خط مشی های جداگانه ای را برای اهمیت، ارتباط و طول می‌آموزد [۴۲]. خلاصه‌سازی چند سندی شامل سر و کار داشتن با اطلاعات پیچیده و همپوشانی از منابع متعدد است. الگوریتم‌های یادگیری تقویتی می‌توانند با مدل‌سازی خلاصه‌سازی به عنوان یک فرآیند تصمیم‌گیری متوالی پیچیدگی را مدیریت کنند و یاد بگیرند جملات مرتبط حاوی اطلاعات را برای خلاصه انتخاب کنند. علاوه بر این یادگیری تقویتی امکان بهینه‌سازی همزمان اهداف متعدد مانند اهمیت، افزونگی و طول را فراهم می‌کند و موجب برقراری تعادل بین اهداف و تولید خلاصه‌های مختصر، مرتبط و غیر تکراری شوند.

سلیکیماز^{۴۹} و همکاران مدل کدگذار-کدگشای چندعامله را برای بهبود خلاصه‌سازی اسناد طولانی با استفاده از عامل تعامل‌کننده^{۵۰} ارائه کرده‌اند. این مدل وظیفه کدگذاری یک متن طولانی را بین چندین عامل همکاری تقسیم می‌کند، که هر کدام مسئول یک زیربخش از ورودی هستند. این عوامل برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات پایه‌ی جامع و ایجاد یک خلاصه متمرکز و منسجم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. مدل ارائه شده در مقایسه با سایر مدل‌ها عملکرد بهتری دارد و خلاصه‌سازی اسناد طولانی با مدل‌های دنباله به دنباله را بهبود می‌بخشد.

۳-۳-۲ یادگیری تقویتی برای ترکیب خلاصه‌های استخراجی و انتزاعی

از یادگیری تقویتی برای ترکیب ویژگی‌های استخراجی با خلاصه انتزاعی برای استفاده از هر دو نوع خلاصه‌ی خودکار با الهام از رفتار انسان استفاده می‌شود. این مدل‌ها ابتدا برجسته‌ترین جملات را از سند ورودی استخراج می‌کنند، سپس با استفاده از دو شبکه: شبکه‌های استخراج‌کننده و انتزاعی، آنها را انتزاع می‌کنند. به عنوان مثال لیو^{۵۱} و همکاران یک چارچوب متخاصم را پیشنهاد می‌کنند که مدل‌های انتزاعی و استخراجی را همزمان با استفاده از گرادینان خط مشی برای بهینه‌سازی مدل انتزاعی برای

⁴⁸ Maximal Marginal Relevance (MMR)

⁴⁹ Celikyilmaz

⁵⁰ communicating agent

⁵¹ Liu

خلاصه‌ای با پاداش بالا، آموزش می‌دهد که منجر به خلاصه‌ای منسجم‌تر می‌شود [۲۶]. همچنین چن و بانسال^{۵۲} یک مدل خلاصه‌سازی سریع پیشنهاد کردند که جملات برجسته را استخراج می‌کرد و سپس با استفاده از گرادینان خط مشی سطح جمله مبتنی بر یادگیری تقویتی بازنویسی می‌کرد [۳]. کریسینسکی^{۵۳} و همکاران دو روش برای افزایش سطح انتزاع در خلاصه‌سازی پیشنهاد می‌کنند: تجزیه رمزگشا به یک شبکه متنی و یک مدل زبانی از پیش آموزش‌دیده، و بهبود معیار جدید از طریق یادگیری خط‌مشی. تکنیک اول شامل یک شبکه‌ی محتوایی^{۵۴} و یک مدل زبانی از پیش آموزش‌دیده است. شبکه‌ی محتوایی بخش‌های مرتبط از سند منبع را بازیابی کرده و آنها را فشرده می‌کند. مدل زبان از پیش آموزش‌حالی دانش قبلی در مورد تولید زبان است. این تفکیک مسئولیت‌ها امکان استخراج بهتر و تولید جملات مختصر را فراهم می‌کند. تکنیک دوم شامل معرفی یک معیار جدید است که از طریق یادگیری خط‌مشی بهینه می‌شود. این معیار مدل را به تولید عبارات بدیع که در سند منبع وجود نداشته‌اند تشویق می‌کند. با ترکیب این معیار جدید با معیار روژ که همپوشانی کلمات را با خلاصه حقیقت پایه اندازه‌گیری می‌کند، مدل قادر به تولید خلاصه‌های انتزاعی با عملکرد بالا در همپوشانی کلمات می‌شود [۱۷].

۳-۳-۳ یادگیری تقویتی برای ایجاد معیارها و پاداش‌های جدید

خلاصه‌سازی اسناد، مانند سایر کارهای مولد زبان، اغلب به دلیل استفاده از اهداف آموزشی مبتنی بر درست‌نمایی بیشینه^{۵۵} مورد انتقاد قرار گرفته است. درست‌نمایی بیشینه کیفیت خلاصه‌ی تولید شده را در نظر نمی‌گیرد و ممکن است خلاصه‌هایی تولید کند که فقط یک کپی از اسناد ورودی هستند یا پر از کلمات بی‌معنی هستند. به همین دلیل، یادگیری تقویتی به عنوان جایگزینی برای بهینه‌سازی مستقیم مدل‌ها بر روی معیارهای ارزیابی و پاداش صریح به کیفیت پیش‌بینی‌های مدل استفاده شده است [۳۶]. معیارهای ارزیابی خلاصه‌سازی مانند روژ-۱^{۵۶}، روژ-۲^{۵۷}، روژ-ال^{۵۸} و امتیازبرت^{۵۹} به عنوان پاداش در رویکردهای یادگیری تقویتی استفاده شده است. با این حال، پارنل و همکاران استدلال می‌کند که استفاده از امتیازات روژ به عنوان پاداش، جنبه‌های مهم خلاصه‌سازی، مانند خوانایی، روان بودن و

⁵²Chen and Bansal

⁵³Kryscinski

⁵⁴contextual network

⁵⁵maximum likelihood

⁵⁶ROUGE-1

⁵⁷ROUGE-2

⁵⁸ROUGE-L

⁵⁹BERTScore

اشتراک اطلاعات بین اسنادی در خلاصه‌سازی چند سندی را نادیده می‌گیرد و یک پاداش پوشش اصلاح شده همراه با یک برآوردگر گرادیان سیاست مبتنی بر اصول (ریلکس) ^{۶۰} را پیشنهاد می‌دهند [۳۶، ۴]. ریلکس یک برآوردگر گرادیان خط مشی ^{۶۱} با واریانس کم و بدون سوگیری ^{۶۲} است که برای مسائل یادگیری تقویتی با فضاهای کنش مداوم، مانند خلاصه‌سازی متن، مناسب است [۸].

در عبارت ۱-۳ تابع زیان ارائه شده برحسب ریلکس نمایش داده شده است. بخش اول این عبارت سیاست را به تولید خروجی‌هایی با پاداش مورد انتظار بالا و بخش دوم به تولید خروجی‌های مشابه خروجی‌های قبلی تشویق می‌کند. در این عبارت r نشان دهنده پاداش $c_\phi(\tilde{z})$ یک متغیر کنترلی از پارامترهای است که انتظار می‌رود با پاداش کاهش واریانس همبستگی داشته باشد. $p(y_s)$ احتمال دنباله مشاهده شده خروجی y_s است. z دنباله نمونه‌های $Gumbel - Softmax$ است. \tilde{z} دنباله ای از نمونه‌ها از یک توزیع $Gumbel - Softmax$ مشروط بر y_s است.

$$L_{RELAX} = -[r - c_\phi(\tilde{z})] \log p(y^s) + c_\phi(z) - c_\phi(\tilde{z}) \quad (1-3)$$

۴-۳-۳ یادگیری تقویتی برای ایجاد خلاصه متناسب با نیاز کاربر

در خلاصه‌سازی متن، یادگیری تقویتی می‌تواند نقش مهمی به عنوان یک رویکرد پیشرفته برای ارائه خلاصه‌های متناسب با نیاز کاربر ایفا کند. با استفاده از یادگیری تقویتی، سیستم‌ها قادر به تحلیل و فهم متن‌ها و درک نیازهای کاربران می‌شوند، سپس با اعمال تصمیمات متناسب، خلاصه‌هایی ایجاد می‌کنند که بیان کننده اصلی‌ترین اطلاعات و مفاهیم موجود در متن اصلی هستند. این رویکرد توانایی ارائه خلاصه‌های متناسب با نیازهای کاربر را بهبود می‌بخشد و تجربه خواندن و درک محتوای متن را بهبود می‌بخشد. همچنین، با استفاده از یادگیری تقویتی، سیستم‌ها قادر به بهبود خودکار خلاصه‌سازی و افزایش کیفیت خلاصه‌های تولید شده هستند. سایر روش‌های خلاصه‌سازی به کاربران اجازه نمی‌دهند، سلیقه‌ی خود را برای کنترل جنبه‌های مختلف خلاصه‌های تولید شده نشان بدهند.

مدل کنترل سام ^{۶۳} با افزودن توکن‌های کنترلی به ابتدای متن ورودی و استفاده از یک مدل کدگذار-

⁶⁰modified coverage reward along with a principled policy gradient estimator (RELAX)

⁶¹policy

⁶²bias

⁶³controlSum

کدگشا به کاربران اجازه‌ی اعمال ویژگی‌های مورد نیازهای خود بر خلاصه را می‌دهند. به عنوان مثال برای کنترل طول خلاصه خروجی ده طول مجزا تعریف می‌شود و هریک توکن‌های کنترلی نشانگر یکی از این طول‌ها هستند. هدف آموزش این مدل از طریق تابع زیان درست‌نمایی بیشینه^{۶۴} است [۷]. این هدف آموزش هیچ سیگنال نظارتی صریحی ندارد. برای حل این مشکل چان^{۶۵} و همکاران با اعمال محدودیت بر روی هدف آموزشی با استفاده از فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف محدود^{۶۶} یک چهارچوب خلاصه سازی پیشنهاد کرده‌اند که شامل یک تابع پاداش همراه با مجموعه‌ای از محدودیت‌ها است و کنترل خلاصه سازی را تسهیل می‌کند. هدف عامل بیشینه کردن پاداش مورد انتظار در عین اعمال محدودیت بر هزینه‌ها است. با داشتن این هدف، تصمیم‌گیرنده سعی می‌کند سیاستی را انتخاب کند که منجر به بیشینه کردن پاداش کلی تجمعی در طول زمان شود، در حالی که محدودیت‌ها بر هزینه‌ها رعایت شوند. این هدف مدل را تشویق می‌کند که خلاصه‌ای شبیه خلاصه‌ی تولید شده توسط انسان تولید کند. با استفاده از این مدل کاربران می‌توانند طول، میزان فشردگی و محتوای خلاصه را کنترل کنند به عنوان مثال توضیحات یک محصول را به گونه‌ای خلاصه کند که در یک محدودیت کلمه در تبلیغات آنلاین قرار گیرد. برای تبدیل مسئله محدود به مسئله بدون محدودیت از ساده‌سازی لاگرانژ^{۶۷} و برای بهینه سازی از الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر گرادیان، مانند ادامه استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری شباهت بین خلاصه خروجی و مرجع بر اساس تعبیه‌های متنی برت به عنوان تابع پاداش از امتیازبرت استفاده می‌شود. برای کنترل تمرکز خلاصه بر روی یک موجودیت نامدار^{۶۸} ابتدا ارجاع موجودیت نامدار به سند اضافه می‌شود سپس یک محدودیت سوال و جواب اعمال می‌شود. این محدودیت بر روی امتیاز اف-۱ خروجی یک مدل سوال جواب که ورودی آن شامل یک سوال راجع به موجودیت نامدار و خلاصه‌ی تولید شده است اعمال می‌شود. علاوه بر این دو محدودیت عدم تکرار برای گرم^{۶۹} و موجودیت‌های درخواستی برای افزایش خوانایی و کاهش تکرار در متن اعمال می‌شود. مدل اینت‌سام^{۷۰} یک مدل خلاصه‌سازی تعاملی با هدف خلاصه کردن اطلاعات مهم بر اساس کوئری‌های^{۷۱} کاربر و ارائه کوئری پیشنهادی برای کمک به کاربران است. در ابتدا این مدل یک خلاصه‌ی اولیه تولید می‌کند و به کاربر نمایش می‌دهد

⁶⁴maximum likelihood loss

⁶⁵Chan

⁶⁶Constrained Markov Decision Process (CMDP)

⁶⁷Lagrangian relaxation

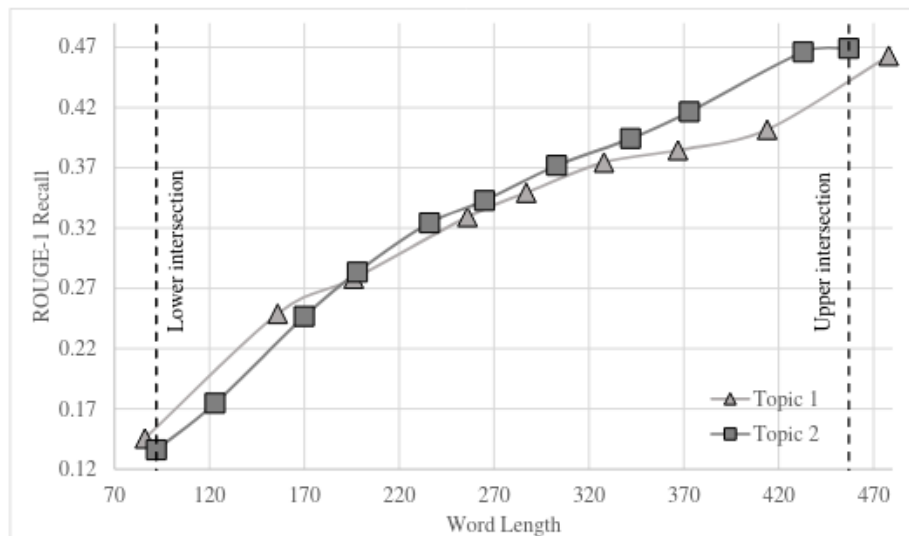
⁶⁸named entity

⁶⁹trigram

⁷⁰IntSumm

⁷¹query

سپس یک کوئری از کاربر دریافت می‌کند و خلاصه‌ی اولیه به همراه پاسخ کوئری را به کاربر نمایش می‌دهد. برای ارزیابی مدل ارائه شده مساحت منحنی بازیابی^{۷۲} بر اساس طول خلاصه معرفی شده است که ستون عمودی آن امتیاز بازیابی روژ و ستون افقی آن طول خلاصه مرجع می‌باشد و مساحت بیشتر زیر منحنی نشان دهنده‌ی مدل بهتر است. یک نمونه از این نمودار در شکل ۳-۵ نمایش داده شده است [۳۹].



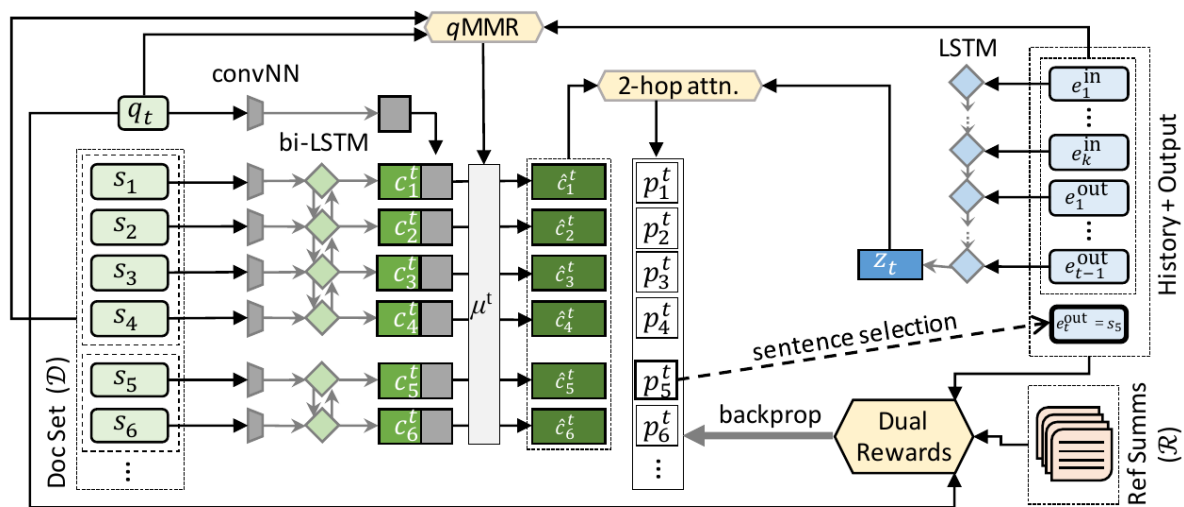
شکل ۳-۵: یک نمونه از نمودار منحنی بازیابی بر اساس طول [۳۹]
این نمودار دو تعامل متفاوت با سیستم خلاصه‌سازی را مقایسه می‌کند. هر نقطه نمایانگر خروجی هر مرحله تعامل با کاربر است.

شاپیرا و همکاران برای بهبود مدل اینت‌سام و بهبود سرعت عمل در پاسخ‌گویی، توانایی پردازش کامل متون طولانی و رعایت تعادل میان اطلاعات کلی مقاله و اطلاعات مورد نیاز کاربر یک مدل جدید ارائه داده‌اند. ورودی این مدل مجموعه‌ی اسناد، کوئری و تاریخچه‌ی تعاملات با کاربر به همراه خروجی قبلی است. در ابتدا تعبیه کوئری به تعبیه اسناد ورودی الحاق شده سپس امتیاز $qMMR$ با استفاده از مدل $RL - MMR$ محاسبه می‌شود. هدف این امتیاز ایجاد خلاصه‌ای شبیه به اسناد ورودی و کوئری و متفاوت از تاریخچه است. سپس با استفاده از مکانیزم توجه با مرکزیت دوگانه^{۷۳} بر اساس کدگذاری به دست آمده از تاریخچه و مدل $RL - MMR$

⁷²recall

⁷³two hub attention

توزیع احتمال هر جمله را به دست می‌آید. مدل ام‌سام^{۷۴} یک مدل خودرگرسیون^{۷۵} است که برای آموزش آن از یادگیری تقویتی به همراه مکانیسم پاداش دوگانه استفاده می‌شود. معیار دلتا-روژ^{۷۶} برای سنجش میزان اطلاعات اضافی خروجی نسبت به خروجی‌های قبلی و شباهت واژگانی و معنایی برای سنجش میزان شباهت خروجی به کوثری به عنوان پاداش استفاده شده‌اند. مدل $RL - MMR$ موجب افزایش سرعت پردازش اطلاعات در مدل و پردازش کامل مجموعه‌ی اسناد و مکانیزیم پاداش دوگانه تعادل موجب ایجاد تعادل اطلاعات می‌شود. ساختار مدل در شکل ۳-۶ نشان داده شده است [۳۸].



شکل ۳-۶: معماری مدل ام‌سام [۳۸]

برای متون طولانی یک روش بهینه ارائه می‌دهد. مدل *AWESOME* از یک روش جدید دو مرحله‌ای برای بهبود خلاصه سازی متون طولانی استفاده می‌کند: استفاده از حافظه خارجی و شناسایی مفاهیم برجسته در کل سند^{۷۷}. حافظه‌های خارجی در طول فرآیند خلاصه سازی قابل دسترسی هستند و بخش‌های کدگذاری شده سند و خلاصه‌های مربوط به آن‌ها را ردیابی می‌کنند تا درک جامع عمیق‌تر و انسجام خلاصه را تقویت کنند. علاوه بر این، محتوای برجسته‌ی جامع از بخش‌های گذشته و آینده استخراج می‌شود تا هر بخش را در حین کدگذاری تقویت کند و اطمینان حاصل شود که موضوعات مهم در خلاصه مورد توجه قرار می‌گیرند. با بهره‌گیری از این مکانیزم‌ها و یک معماری مبتنی بر حافظه کارآمد، این روش در زمینه‌های اطلاعاتی، انسجام و وفاداری نسبت به روش‌های قبلی عملکرد بهتری

⁷⁴MSumm

⁷⁵Autoregressive

⁷⁶Delta-ROUGE

⁷⁷global salient content identification

دارد [۲].

۴-۳ روش های مبتنی بر مدل های زبانی بزرگ و چالش ها

مدل های زبانی بزرگ (LLMs) در خلاصه سازی متون با چالش های متعددی مواجه اند. یکی از مسائل اصلی، تولید اطلاعات نادرست یا «هذیان گویی» است که می تواند به کاهش دقت و اعتبار خلاصه ها منجر شود. علاوه بر این، پردازش متون طولانی نیازمند منابع محاسباتی قابل توجهی است که با افزایش حجم ورودی، مصرف منابع نیز افزایش می یابد. این امر می تواند به محدودیت های زمانی و هزینه ای منجر شود. بنابراین، توسعه روش هایی برای کاهش هذیان گویی و بهینه سازی مصرف منابع در مدل های زبانی بزرگ، به ویژه در زمینه خلاصه سازی متون، از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱-۴-۳ هزیان گویی در مدل های زبانی بزرگ

زیوی جی و همکارانش به بررسی مسئله هزیان گویی در مدل های زبان بزرگ پرداخته اند، پدیده ای که در آن مدل ها اطلاعاتی نامعتبر یا غیرواقعی تولید می کنند. این پژوهش با تمرکز بر کاربردهای پزشکی، روشی تعاملی مبتنی بر خودبازتابی ارائه می دهد که از طریق یک چرخه تکراری تولید، امتیازدهی و اصلاح، اعتبار پاسخ ها را افزایش می دهد. آزمایش های انجام شده نشان دهنده کاهش قابل توجه هزیان گویی و افزایش قابلیت اطمینان سیستم ها در پاسخگویی به سوالات پزشکی است [۱۲].

. ییجون شیائو و همکارانش رابطه بین هزیان گویی و عدم قطعیت پیش بینی در تولید زبان شرطی را بررسی کرده اند. آن ها با تاکید بر نقش مهم عدم قطعیت اپیستمیک، روشی برای بهبود الگوریتم جستجوی پرتو پیشنهاد می دهند که با کاهش عدم قطعیت، میزان هزیان گوییات تولید شده توسط مدل را کاهش می دهد. این پژوهش در وظایفی مانند توصیف تصویر و تولید داده به متن انجام شده و نتایج مثبت قابل توجهی در کاهش محتوای غیرواقعی نشان داده است [۴۶].

دنیل کینگ و همکارانش روشی به نام PINOCCHIO برای بهبود انسجام سیستم های خلاصه سازی انتزاعی ارائه داده اند. این روش با اعمال محدودیت هایی در جستجوی پرتو، تولید خروجی هایی را که به منبع متن مرتبط نیستند کاهش می دهد. نتایج آزمایش ها نشان داده که این رویکرد می تواند انسجام متون تولید شده را به طور قابل توجهی افزایش داده و هزیان گوییات را کاهش دهد، بدون آنکه بر روانی متن تاثیر زیادی بگذارد [۱۴].

، جاشوا ماینز و همکارانش به بررسی مسئله هزیان گویی در خلاصه سازی انتزاعی اسناد پرداخته اند.

آن‌ها نشان می‌دهند که مدل‌های تولید متن شرطی اغلب محتوایی تولید می‌کنند که با متن منبع سازگار نیست و این پدیده را به عنوان "هزیان‌گویی درونی" و "هزیان‌گویی بیرونی" طبقه‌بندی می‌کنند. این مقاله از طریق ارزیابی انسانی نشان می‌دهد که بیش از ۷۰٪ خلاصه‌ها شامل محتوای هزیان‌گویی آمیز هستند که اکثریت آن‌ها به‌ویژه در هزیان‌گویی بیرونی، نادرست می‌باشند. نویسندگان همچنین پیشنهاد می‌کنند که مدل‌های از پیش آموزش‌دیده مانند *BERTS2S* نسبت به مدل‌های دیگر، خلاصه‌های دقیق‌تر و با هزیان‌گویی کمتر تولید می‌کنند. این پژوهش با ارائه معیارهایی جدید برای ارزیابی دقت و اعتبار خلاصه‌ها، مسیر بهتری برای بهبود ارزیابی‌های خودکار و روش‌های تولید خلاصه‌سازی باز می‌کند [۳۰]. جورج کریسوستومو و همکارانش تأثیر هرس مدل‌های زبان بزرگ بر کاهش هزیان‌گویی در خلاصه‌سازی متون را بررسی کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از روش‌های پیشرفته هرس، مانند *SparseGPT* و *Wanda*، نشان داده‌اند که مدل‌های هرس‌شده نسبت به مدل‌های اصلی هزیان‌گویی کمتری دارند. این مدل‌ها بیشتر بر متن منبع تکیه کرده و خلاصه‌هایی با همپوشانی واژگانی بالاتر و محتوای واقع‌گرایانه‌تر تولید می‌کنند. آزمایش‌ها روی پنج مجموعه داده مختلف و چندین مدل، کاهش قابل توجه ریسک هزیان‌گویی را با افزایش میزان هرس نشان داده است. این پژوهش، استفاده از مدل‌های هرس‌شده را به عنوان راهکاری مؤثر برای کاهش هزیان‌گویی در خلاصه‌سازی پیشنهاد می‌کند.

مسئله هزیان‌گویی در مدل‌های زبان بزرگ یکی از چالش‌های اساسی در تولید زبان طبیعی است که می‌تواند اعتبار و اطمینان به این مدل‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. استفاده از روش‌های مبتکرانه و دقیق می‌تواند به طور قابل توجهی میزان هزیان‌گویی را کاهش داده و انسجام و دقت خروجی‌های مدل را بهبود بخشد. این پیشرفت‌ها راه را برای استفاده ایمن‌تر و موثرتر از مدل‌های زبان در کاربردهای حساس، از جمله پزشکی و خلاصه‌سازی متون، هموار می‌کند.

۳-۴-۲ هرس مدل‌های زبانی

در حوزه بهینه‌سازی مدل‌های زبانی بزرگ، روش‌های مختلفی برای کاهش پیچیدگی محاسباتی و منابع مورد نیاز ارائه شده‌اند. فانگ و همکاران الگوریتمی برای هرس ساختاریافته مدل‌های زبانی بزرگ ارائه داده‌اند که با وابستگی کمتر به داده، نیازی به مجموعه داده کامل ندارد و در مدت کوتاهی قابل اجرا است. الگوریتم *LLM – Pruner* شامل سه مرحله کلیدی است: ابتدا وابستگی بین اجزای مدل شناسایی می‌شود، سپس اهمیت هر بخش وابسته به صورت مستقل از وظایف^{۷۸} ارزیابی می‌شود و در نهایت، با

⁷⁸task-agnostic

استفاده از روش لورا، عملکرد مدل با حداقل داده بازبایی می‌شود. این روش توانسته با هرس ۲۰ درصد از مدل، ۹۴ درصد از کارایی اولیه را حفظ کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی با شناسایی و هرس بخش‌های وابسته مدل به صورت داده‌محور و بدون نیاز به به‌روزرسانی وزن‌ها، روشی کارآمد و سریع برای کاهش پیچیدگی مدل‌های زبانی بزرگ ارائه می‌دهد [۳۱].

ژانگ و همکاران الگوریتم $D - PRUNER$ را معرفی کرده‌اند. این الگوریتم با هدف ارائه یک روش هرس داده‌محور و غیرساختاری طراحی شده که ضمن حفظ دانش عمومی مدل، توانایی آن را در فهم دانش دامنه خاص نیز حفظ کند. رویکرد $D - PRUNER$ در سه مرحله کلیدی شامل شناسایی اهمیت وزن‌های عمومی، بهینه‌سازی تابع ضرر با اضافه کردن عبارت منظم‌سازی^{۷۹} برای جلوگیری از تغییر وزن‌های مهم، و در نهایت هرس وزن‌های کم‌اهمیت با استفاده از "فیشر تجربی" پیاده‌سازی می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که این روش نه تنها پیچیدگی محاسباتی مدل را کاهش می‌دهد، بلکه با حفظ توازن میان دانش عمومی و خاص، عملکرد مدل را در دامنه‌های تخصصی بهبود می‌بخشد و نرخ سردرگمی^{۸۰} کمتری نسبت به روش‌های دیگر ارائه می‌دهد [۵۱].

یکی از پژوهش‌های کلیدی در زمینه کاهش پیچیدگی مدل‌های زبانی بزرگ، مقاله‌ای از *XinMen* است. این تحقیق بر شناسایی اضافه‌بودگی^{۸۱} در لایه‌های شبکه عصبی مدل‌های زبانی بزرگ تمرکز دارد. یافته اصلی نشان می‌دهد که بسیاری از لایه‌های میانی و انتهایی مدل تغییرات محدودی در حالات پنهان ایجاد می‌کنند و می‌توان آن‌ها را با حداقل تأثیر بر عملکرد مدل حذف کرد.

برای ارزیابی اهمیت هر لایه، متریک $BlockInfluence(BI)$ معرفی شده است. این متریک میزان تغییر حالات پنهان^{۸۲} پس از عبور از هر لایه را می‌سنجد. BI بر اساس شباهت کسینوسی بین ورودی و خروجی لایه تعریف شده است؛ به این صورت که BI پایین‌تر نشان‌دهنده تغییرات کمتر و اهمیت کمتر لایه است.

با استفاده از این متریک، لایه‌های با BI پایین شناسایی و حذف می‌شوند. این روش توانسته است با حذف ۲۵٪ از لایه‌های مدل، حدود ۹۰٪ از عملکرد اولیه را حفظ کند و در عین حال، از روش‌های پیشرفته دیگر در این زمینه پیشی بگیرد. همچنین، این روش با تکنیک‌های کوانتایزه‌سازی سازگار است و امکان کاهش بیشتر محاسبات و پارامترها را فراهم می‌کند.

⁷⁹regularization term

⁸⁰perplexity

⁸¹redundancy

⁸²hidden states

$$BI_i = 1 - \mathbb{E}_{X,t} \left[\frac{X_{i,t}^\top X_{i+1,t}}{\|X_{i,t}\|_2 \|X_{i+1,t}\|_2} \right] \quad (2-3)$$

در این رابطه‌ی ۲-۳ $X_{i,t}$ نشان‌دهنده t -امین ردیف از حالات پنهان لایه i است. $X_{i+1,t}$ نشان‌دهنده t -امین ردیف از حالات پنهان لایه $i+1$ است. $\|\cdot\|_2$ نرم اقلیدسی را نشان می‌دهد و $\mathbb{E}_{X,t}$ بیانگر امید ریاضی روی مقادیر X و t است. این متریک بر اساس شباهت کسینوسی بین ورودی و خروجی لایه عمل می‌کند. هرچه این شباهت بیشتر باشد (مقدار BI کمتر)، لایه تغییرات کمتری ایجاد کرده و اهمیت آن کاهش می‌یابد.

یکی از پژوهش‌های برجسته در زمینه کاهش پیچیدگی مدل‌های زبانی بزرگ، مقاله‌ای از یانگ ژانگ است که روش برش دقیق‌تر^{۸۳} را برای هرس لایه‌های مدل‌های زبانی بزرگ ارائه می‌دهد. این روش برخلاف روش‌های پیشین، لایه‌های خودتوجهی^{۸۴} و شبکه عصبی پیشخور^{۸۵} را به‌صورت جداگانه و مستقل به‌عنوان کاندیداهای هرس در نظر می‌گیرد. الگوریتم به‌صورت تکراری لایه‌هایی را که حذف آن‌ها کمترین تغییر را در خروجی مدل ایجاد می‌کنند، انتخاب و حذف می‌کند. برای اندازه‌گیری تغییرات خروجی، از معیارهای مختلفی مانند فاصله اقلیدسی، فاصله زاویه‌ای و واگرایی جنسن-شانون (JSD) استفاده می‌شود. معیار JSD ، که برای سنجش شباهت بین توزیع‌های احتمالاتی طراحی شده، با در نظر گرفتن توزیع خروجی‌های مدل قبل و بعد از حذف یک لایه، به شناسایی لایه‌های کم‌اهمیت کمک می‌کند.

نتایج این روش نشان می‌دهد که با حذف ۲۵٪ از لایه‌های لاما ۳-۸B، ۹۰٪ از عملکرد مدل حفظ می‌شود و با حذف ۳۰٪ از لایه‌های لاما ۳-۷۰B، مدل توانسته است ۹۵٪ عملکرد اولیه را حفظ کند، بدون نیاز به تنظیم دوباره. همچنین، در لایه‌های انتهایی مدل، ترکیبی از حذف لایه‌های توجه و استفاده از لایه‌های متوالی شبکه تغذیه پیش‌رو، به ساختارهای کارآمدتری منجر شده است. این روش نه تنها عملکرد بهتری نسبت به روش‌های پیشرو ارائه می‌دهد، بلکه طراحی جدیدی برای معماری مدل‌های آینده پیشنهاد می‌کند که می‌تواند بازدهی بیشتری در استفاده از منابع محاسباتی داشته باشد^[۵۳].

⁸³FINERCUT

⁸⁴self-attention

⁸⁵FFN

۳-۴-۳ ترمیم مدل‌های بزرگ زبانی بعد از هرس

Xu و همکارانش با استفاده از روش تنظیم پرامپت^{۸۶} توانستند عملکرد مدل‌های زبانی بزرگ را بهبود بخشند. آن‌ها به جای تنظیم دقیق پارامترهای مدل‌های فشرده‌شده که با روش‌هایی مانند کوانتیزشن و هرس مدل انجام می‌شود، تمرکز خود را بر سازگاری ورودی‌ها قرار دادند. در این روش، پرامپت‌های نرم^{۸۷} به عنوان توکن‌های یادگیرنده به ابتدای توالی ورودی اضافه شده و از طریق بهینه‌سازی احتمال خروجی مدل تنظیم شدند، بدون آن‌که پارامترهای مدل فشرده تغییر کنند. این اعلان‌ها توانستند افت دقت ناشی از فشرده‌سازی را جبران کرده و حتی عملکرد مدل را در برخی موارد به سطح مدل‌های اصلی برسانند. ویژگی مهم این اعلان‌ها انتقال‌پذیری بالا بود، به‌طوری که در محیط‌ها، روش‌های فشرده‌سازی و وظایف مختلف قابل استفاده بودند. نتایج نشان داد که این روش سبک و کم‌هزینه می‌تواند تعادل میان کارایی و دقت مدل‌های فشرده را به شکلی مؤثر برقرار کند [۴۸].

۴-۴-۳ هزیان‌گویی در خلاصه‌سازی

یکی از مطالعات برجسته در زمینه کاهش هزیان‌گویی در مدل‌های زبانی بزرگ و بهبود کیفیت خلاصه‌سازی انتزاعی متون طولانی، مقاله‌ای از یو شیا است. این تحقیق اولین چارچوب یادگیری فعال برای کاهش هزیان‌گویی در مدل‌های زبانی ارائه می‌دهد و بر روی تولید خلاصه‌های متنی با تأکید بر حفظ دقت معنایی متمرکز است. روش پیشنهادی، سه نوع خطای رایج شامل خطاهای چارچوب معنایی، خطاهای گفتمان، و خطاهای قابلیت تأیید محتوا را شناسایی کرده و از متریک‌های پیشرفته‌ای مانند $FactKB$ ، $BERT - P$ و $UniEval$ برای ارزیابی این خطاها استفاده می‌کند.

الگوریتم $HADAS$ ، با رویکردی داده‌محور و متنوع‌محور، نمونه‌های داده‌ای را که شامل انواع مختلفی از هزیان‌گویی‌ها هستند برای بهبود مدل انتخاب می‌کند. این انتخاب با استفاده از واگرایی جنسن-شانون (JSD) به منظور سنجش تنوع توزیع انواع هزیان‌گویی‌ها انجام می‌شود. این روش نه تنها به طور مؤثری هزیان‌گویی‌ها در خلاصه‌سازی‌های انتزاعی را کاهش داده است، بلکه کیفیت و دقت خلاصه‌های تولیدشده را نیز بهبود می‌بخشد. نتایج نشان می‌دهد که این چارچوب، با کاهش نیاز به حاشیه‌نویسی انسانی پرهزینه و ارائه روشی کارآمد برای هرس مدل، به‌طور خاص در زمینه خلاصه‌سازی متون طولانی تأثیرگذار است [۴۵].

⁸⁶Prompt Tuning)⁸⁷soft prompts

تایجی لی و همکارانش روش *SliSum* را برای کاهش هزian گویی و افزایش دقت در خلاصه‌سازی مدل‌های زبان بزرگ ارائه داده‌اند. این روش شامل سه مرحله کلیدی است:

- تولید خلاصه‌های محلی با پنجره‌های لغزنده: متن منبع به بخش‌های همپوشانی‌شده تقسیم می‌شود (پنجره‌های لغزنده)، و مدل زبان برای هر پنجره یک خلاصه محلی تولید می‌کند. این همپوشانی‌ها کمک می‌کنند که متن به طور عادلانه در سراسر مقاله پردازش شود و مشکل سوگیری موقعیتی کاهش یابد.

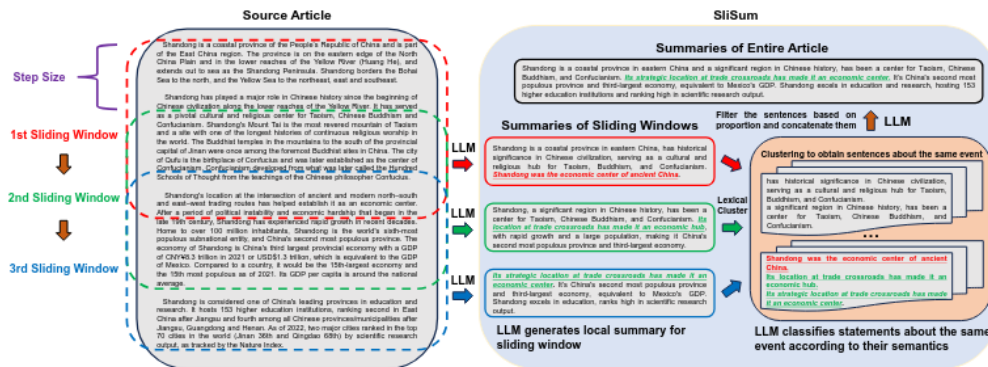
- خوشه‌بندی و فیلتر کردن بر اساس انسجام درونی: جملات تولیدشده در خلاصه‌های محلی با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی *Lexical* (مانند *DBSCAN*) تجزیه و تحلیل می‌شوند. جملات مرتبط با یک رویداد مشخص در یک خوشه قرار می‌گیرند و جملات کم‌اهمیت یا ناسازگار حذف می‌شوند تا انسجام و دقت حفظ شود.

- جمع‌بندی و تولید خلاصه جامع: جملات منتخب از خوشه‌ها، با استفاده از رأی‌گیری اکثریتی و به ترتیب معنایی ترکیب می‌شوند تا یک خلاصه جامع و دقیق برای کل مقاله تولید شود. این مرحله همچنین از مدل زبان برای اطمینان از روانی و ساختارمند بودن متن استفاده می‌کند.

این رویکرد، بدون نیاز به تنظیم مجدد مدل یا منابع اضافی، باعث کاهش هزian گویی و افزایش دقت و انسجام خلاصه‌های تولیدشده می‌شود و در متون کوتاه و بلند عملکردی مؤثر نشان می‌دهد. تصویر ۷-۳ نشان‌دهنده مراحل مختلف این فرآیند است که شامل پردازش هر پنجره و ترکیب نتایج به روش ساختاریافته است [۲۴].

۵-۳ معیارهای ارزیابی خلاصه‌سازی خودکار

در ارزیابی خلاصه‌سازی خودکار، هدف اصلی سنجش کیفیت و دقت خلاصه‌های تولید شده است. برای این منظور، معیارهای مختلفی طراحی شده‌اند که توانایی مدل‌ها در تولید خلاصه‌های دقیق، مفهومی و وفادار به متن اصلی را ارزیابی می‌کنند. این معیارها می‌توانند به صورت کمی و بر اساس مقایسه خلاصه‌های تولید شده با متن‌های مرجع، یا به طور کیفی با استفاده از تحلیل‌های معنایی و ساختاری عمل کنند. در این بخش، به معرفی و بررسی مهم‌ترین معیارهای ارزیابی در این حوزه مانند روز، امتیاز برت، فکت‌سی‌سی پرداخته می‌شود. این معیارها هر کدام از جنبه‌های مختلف کیفیت خلاصه‌ها را ارزیابی کرده و نقش مهمی در توسعه و بهبود الگوریتم‌های خلاصه‌سازی خودکار ایفا می‌کنند. همچنین،



شکل ۳-۷: رویکرد SlimSum برای حل تضادهای معنایی در خلاصه‌سازی

توضیح: تصویری از فرآیند SlimSum که با رأی‌گیری اکثریت میان جملات هر خوشه بر اساس معنای آن‌ها، به حل مشکل تضاد معنایی در خلاصه‌سازی می‌پردازد. به عنوان مثال، جملات سبز دارای معنای مشابه هستند و دو بار ظاهر می‌شوند، در حالی که جمله قرمز با معنای متفاوت فقط یک بار ظاهر می‌شود. بنابراین، جمله دوم سبز برای خلاصه نهایی انتخاب می‌شود. SlimSum مقالات منبع را در سطح جملات پردازش می‌کند و برای ساده‌تر کردن نمایش، پنجره‌های موجود در تصویر به صورت خطوط متنی نمایش داده شده‌اند [۲۴].

محدودیت‌های این معیارها در شناسایی هالوسینیشن و چالش‌های آن‌ها در سنجش وفاداری خلاصه‌ها نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

- روز یکی از پرکاربردترین معیارهای ارزیابی در خلاصه‌سازی خودکار است که بر اساس تطابق کلمات یا عبارات $n - gram$ بین خلاصه تولیدشده و متن مرجع عمل می‌کند. روز شاخص‌هایی مانند دقت ^{۸۸}، فراخوان ^{۸۹} و $F1$ را برای شباهت زبانی محاسبه می‌کند. اگرچه این معیار در اندازه‌گیری شباهت‌های سطح کلمه مؤثر است، اما از درک معنایی عمیق و سنجش وفاداری محتوا ناتوان است. به عنوان مثال، Zhou و همکاران نشان داده‌اند که اگر یک خلاصه شامل مقدار زیادی محتوای هالوسینیشن باشد، ممکن است همچنان روز بالایی کسب کند. [۲۵، ۵۴].
- امتیاز برت برخلاف معیارهای سطح کلمه مانند روز، از مدل‌های زبانی پیش‌آموزش‌دیده (مانند برت) برای اندازه‌گیری شباهت معنایی میان خلاصه تولیدشده و متن مرجع استفاده می‌کند. این معیار توانایی بیشتری در درک روابط زبانی پیچیده و شباهت معنایی عمیق دارد، اما همچنان در شناسایی دقیق هالوسینیشن‌ها محدودیت‌هایی دارد [۵۲].

- فکت‌سی‌سی مبتنی بر مدل‌های استنتاج متنی^{۹۰} طراحی شده و تمرکز آن بر بررسی میزان درستی

⁸⁸Precision

⁸⁹Recall

⁹⁰Natural Language Inference(NLI)

و وفاداری اطلاعات موجود در خلاصه به متن اصلی است. فکت‌سی‌سی تلاش می‌کند تا محتواهای نادرست یا ناسازگار را شناسایی کند و از این طریق بهبودهایی در سنجش وفاداری ایجاد کند. این معیار نسبت به روز و امتیازبخت توانایی بهتری در ارزیابی هالوسینیشن دارد [۱۶].

- سطح موجودیت^{۹۱} بر شناسایی ناسازگاری‌های موجودیتی تمرکز دارند. برای مثال، شناسایی موجودیت‌هایی که در خلاصه ظاهر می‌شوند اما در متن اصلی نیستند (هذیان موجودیتی). این روش از ابزارهای شناسایی موجودیت نام‌دار^{۹۲} استفاده می‌کند [۳۳].

$$(۳-۳) \quad \text{موجودیت‌ها در مرجع} \cap \text{موجودیت‌ها در فرضیه} = \frac{\text{موجودیت‌ها در مرجع}}{\text{موجودیت‌ها در فرضیه}} = \text{دقت موجودیت}$$

- ریسک هزیان^{۹۳} به منظور ارزیابی ریسک هذیان در متن‌های تولیدشده توسط مدل‌های خلاصه‌سازی انتزاعی طراحی شده است. این متریک از احتمالات سطح توکن که توسط دو مدل پیش‌بینی می‌شوند، استفاده می‌کند: مدل دنباله به دنباله که به ورودی متن وابسته است و مدل زبان کمکی که مستقل از متن ورودی عمل می‌کند. فرمول متریک به گونه‌ای است که توکن‌هایی با احتمال پایین از مدل دنباله به دنباله و احتمال بالاتر از مدل زبان کمکی را که احتمالاً ناشی از توجه بیش‌ازحد به محتوای قبلی هستند، شناسایی و جریمه می‌کند. ریسک هزیان نیازی به خلاصه‌های مرجع ندارد و به‌صورت مستقیم از مدل‌های موجود بدون نیاز به آموزش اضافه قابل استفاده است. این متریک بر اساس ارزیابی‌های انجام‌شده، ارتباط بالایی با قضاوت انسانی در معیارهایی همچون صحت و کیفیت خلاصه‌ها دارد و ابزاری مؤثر برای ارزیابی کیفیت و کاهش محتوای هذیانی در مدل‌ها ارائه می‌دهد. متریک ریسک هزیان به صورت ریاضی به شکل زیر تعریف می‌شود:

(۴-۳)

$$HaRiM = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^L (1 - p_{s2s}(y_i | y_{<i}, X)) (1 - (p_{s2s}(y_i | y_{<i}, X) - p_{lm}(y_i | y_{<i})))$$

در اینجا:

^{۹۱}Entity-level Metrics^{۹۲}NER^{۹۳}HaRiM+

در پردازش متن عمل می‌کند. این متریک نه تنها خطاها را شناسایی می‌کند بلکه برای توسعه مدل‌هایی که توانایی استنتاج دقیق‌تری دارند، کاربردی است [۱۸].

۳-۵-۱ محدودیت‌ها و پیشرفت‌ها

اگرچه معیارهایی مانند روز^{۹۴} و امتیازبرت^{۹۵} در اندازه‌گیری شباهت زبانی میان خلاصه‌ها و متن مرجع مؤثر هستند، اما توانایی لازم برای شناسایی هالوسینیشن را ندارند. هالوسینیشن به تولید محتوای نامرتبط، ساختگی یا ناسازگار با متن اصلی اشاره دارد که می‌تواند وفاداری خلاصه‌ها را کاهش دهد و اعتماد کاربران به خروجی مدل را به چالش بکشد.

پژوهش‌های اخیر معیارهای پیشرفته‌تری مانند ریسک هزیان و *SUMMEDITS* را معرفی کرده‌اند که به طور خاص بر شناسایی هالوسینیشن و ناسازگاری‌های معنایی تمرکز دارند. این متریک‌ها با ارائه ارزیابی‌های جزئی‌تر و دقیق‌تر، امکان بهبود قابل‌توجه در کیفیت و دقت خلاصه‌سازی انتزاعی را فراهم کرده‌اند و نقاط ضعف معیارهای سنتی مانند روز را پوشش می‌دهند.

^{۹۴}rouge

^{۹۵}BERTScore

فصل چهارم

روش ارائه شده

فصل پنجم

نتایج

کتاب نامه

- [1] Better language models and their implications.
- [2] Cao, Shuyang and Wang, Lu. Awesome: Gpu memory-constrained long document summarization using memory mechanism and global salient content. ArXiv, abs/2305.14806, 2023.
- [3] Chen, Yen-Chun and Bansal, Mohit. Fast abstractive summarization with reinforce-selected sentence rewriting. In Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers), pages 675–686, 2018.
- [4] Child, Rewon, Gray, Scott, Radford, Alec, and Sutskever, Ilya. Generating long sequences with sparse transformers, 2019.
- [5] Dong, Zican, Tang, Tianyi, Li, Lunyi, and Zhao, Wayne Xin. A survey on long text modeling with transformers, 2023.
- [6] El-Kassas, Wafaa S., Salama, Cherif R., Rafea, Ahmed A., and Mohamed, Hoda K. Automatic text summarization: A comprehensive survey. Expert Systems with Applications, 165:113679, 2021.
- [7] Fan, Angela, Grangier, David, and Auli, Michael. Controllable abstractive summarization. In Proceedings of the 2nd Workshop on Neural Machine Translation and Generation, pages 45–54, Melbourne, Australia, July 2018. Association for Computational Linguistics.

- [8] Grathwohl, Will, Choi, Dami, Wu, Yuhuai, Roeder, Geoffrey, and Duvenaud, David Kristjanson. Backpropagation through the void: Optimizing control variates for black-box gradient estimation. ArXiv, abs/1711.00123, 2017.
- [9] Han, Zeyu, Gao, Chao, Liu, Jinyang, Zhang, Jeff, and Zhang, Sai Qian. Parameter-efficient fine-tuning for large models: A comprehensive survey. ArXiv, abs/2403.14608, 2024.
- [10] Hu, Edward J., Shen, Yelong, Wallis, Phillip, Allen-Zhu, Zeyuan, Li, Yuanzhi, Wang, Shean, Wang, Lu, and Chen, Weizhu. Lora: Low-rank adaptation of large language models, 2021.
- [11] Ishikawa, Kai, Ando, Shinichi, and Okumura, Akitoshi. Hybrid text summarization method based on the tf method and the lead method. In NTCIR Conference on Evaluation of Information Access Technologies, 2001.
- [12] Ji, Ziwei, Yu, Tiezheng, Xu, Yan, Lee, Nayeon, Ishii, Etsuko, and Fung, Pascale. Towards mitigating LLM hallucination via self reflection. In Bouamor, Houda, Pino, Juan, and Bali, Kalika, editors, Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2023, pages 1827–1843, Singapore, December 2023. Association for Computational Linguistics.
- [13] Keneshloo, Yaser, Ramakrishnan, Naren, and Reddy, Chandan K. Deep transfer reinforcement learning for text summarization. ArXiv, abs/1810.06667, 2018.
- [14] King, Daniel, Shen, Zejiang, Subramani, Nishant, Weld, Daniel S., Beltagy, Iz, and Downey, Doug. Don't say what you don't know: Improving the consistency of abstractive summarization by constraining beam search. In Bosselut, Antoine, Chandu, Khyathi, Dhole, Kaustubh, Gangal, Varun, Gehrmann, Sebastian, Jernite, Yacine, Novikova, Jekaterina, and Perez-Beltrachini, Laura, editors, Proceedings of the 2nd Workshop on Natural Language Generation, Evaluation, and Metrics (GEM), pages

- 555–571, Abu Dhabi, United Arab Emirates (Hybrid), December 2022. Association for Computational Linguistics.
- [15] Kitaev, Nikita, Kaiser, Lukasz, and Levskaya, Anselm. Reformer: The efficient transformer. In International Conference on Learning Representations, 2019.
- [16] Kryscinski, Wojciech, McCann, Bryan, Xiong, Caiming, and Socher, Richard. Evaluating the factual consistency of abstractive text summarization. In Webber, Bonnie, Cohn, Trevor, He, Yulan, and Liu, Yang, editors, Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), pages 9332–9346, Online, November 2020. Association for Computational Linguistics.
- [17] Kryscinski, Wojciech, Paulus, Romain, Xiong, Caiming, and Socher, Richard. Improving abstraction in text summarization. In Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pages 1808–1817, Brussels, Belgium, October-November 2018. Association for Computational Linguistics.
- [18] Laban, Philippe, Kryscinski, Wojciech, Agarwal, Divyansh, Fabbri, Alexander, Xiong, Caiming, Joty, Shafiq, and Wu, Chien-Sheng. SummEdits: Measuring LLM ability at factual reasoning through the lens of summarization. In Bouamor, Houda, Pino, Juan, and Bali, Kalika, editors, Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pages 9662–9676. Association for Computational Linguistics.
- [19] Laban, Philippe, Schnabel, Tobias, Bennett, Paul N., and Hearst, Marti A. SummaC : Re-visiting NLI-based models for inconsistency detection in summarization. 10:163–177.
- [20] Lee, Chang-Shing, Jian, Zhi-Wei, and Huang, Lin-Kai. A fuzzy ontology and its application to news summarization. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 35(5):859–880, 2005.

- [21] Lester, Brian, Al-Rfou, Rami, and Constant, Noah. The power of scale for parameter-efficient prompt tuning, 2021.
- [22] Lewis, Mike, Liu, Yinhan, Goyal, Naman, Ghazvininejad, Marjan, Mohamed, Abdelrahman, Levy, Omer, Stoyanov, Veselin, and Zettlemoyer, Luke. BART: Denoising sequence-to-sequence pre-training for natural language generation, translation, and comprehension. In Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pages 7871–7880, Online, July 2020. Association for Computational Linguistics.
- [23] Li, Junyi, Tang, Tianyi, Zhao, Wayne Xin, and rong Wen, Ji. Pretrained language models for text generation: A survey. ArXiv, abs/2105.10311, 2021.
- [24] Li, Taiji, Li, Zhi, and Zhang, Yin. Improving faithfulness of large language models in summarization via sliding generation and self-consistency. In Calzolari, Nicoletta, Kan, Min-Yen, Hoste, Veronique, Lenci, Alessandro, Sakti, Sakriani, and Xue, Nianwen, editors, Proceedings of the 2024 Joint International Conference on Computational Linguistics, Language Resources and Evaluation (LREC-COLING 2024), pages 8804–8817, Torino, Italia, May 2024. ELRA and ICCL.
- [25] Lin, Chin-Yew. ROUGE: A package for automatic evaluation of summaries. In Text Summarization Branches Out, pages 74–81, Barcelona, Spain, July 2004. Association for Computational Linguistics.
- [26] Liu, Linqing, Lu, Yao, Yang, Min, Qu, Qiang, Zhu, Jia, and Li, Hongyan. Generative adversarial network for abstractive text summarization. In Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence, volume 32, 2018.
- [27] Luhn, Hans Peter. The automatic creation of literature abstracts. IBM Journal of research and development, 2(2):159–165, 1958.

- [28] Ma, Tinghuai, Pan, Qian, Rong, Huan, Qian, Yurong, Tian, Yuan, and Al-Nabhan, Najla Abdulrahman. T-bertsum: Topic-aware text summarization based on bert. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 9:879–890, 2022.
- [29] Malliaros, Fragkiskos D. and Skianis, Konstantinos. Graph-based term weighting for text categorization. In *Proceedings of the 2015 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining 2015, ASONAM '15*, page 1473–1479, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [30] Maynez, Joshua, Narayan, Shashi, Bohnet, Bernd, and McDonald, Ryan. On faithfulness and factuality in abstractive summarization. In Jurafsky, Dan, Chai, Joyce, Schluter, Natalie, and Tetreault, Joel, editors, *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pages 1906–1919, Online, July 2020. Association for Computational Linguistics.
- [31] Men, Xin, Xu, Mingyu, Zhang, Qingyu, Wang, Bingning, Lin, Hongyu, Lu, Yaojie, Han, Xianpei, and Chen, Weipeng. Shortgpt: Layers in large language models are more redundant than you expect. *arXiv e-prints*, pages arXiv–2403, 2024.
- [32] Moratanch, N. and Chitrakala, S. A survey on abstractive text summarization. In *2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, pages 1–7, 2016.
- [33] Nan, Feng, Nallapati, Ramesh, Wang, Zhiguo, Nogueira dos Santos, Cicero, Zhu, Henghui, Zhang, Dejiao, McKeown, Kathleen, and Xiang, Bing. Entity-level factual consistency of abstractive text summarization. In Merlo, Paola, Tiedemann, Jorg, and Tsarfaty, Reut, editors, *Proceedings of the 16th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Main Volume*, pages 2727–2733. Association for Computational Linguistics.

- [34] Narendra, Andhale and Bewoor, Laxmi A. An overview of text summarization techniques. In 2016 international conference on computing communication control and automation (ICCCUBEA), pages 1–7. IEEE, 2016.
- [35] Pang, Bo, Nijkamp, Erik, Kryscinski, Wojciech, Savarese, Silvio, Zhou, Yingbo, and Xiong, Caiming. Long document summarization with top-down and bottom-up inference. In Findings of the Association for Computational Linguistics: EACL 2023, pages 1237–1254, 2023.
- [36] Parnell, Jacob, Unanue, Inigo Jauregi, and Piccardi, Massimo. A multi-document coverage reward for relaxed multi-document summarization. In Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 2022.
- [37] Pilault, Jonathan, Li, Raymond, Subramanian, Sandeep, and Pal, Christopher. On extractive and abstractive neural document summarization with transformer language models. In Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), pages 9308–9319, 2020.
- [38] Shapira, Ori, Pasunuru, Ramakanth, Bansal, Mohit, Dagan, Ido, and Amsterdamer, Yael. Interactive query-assisted summarization via deep reinforcement learning. In Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, pages 2551–2568, Seattle, United States, July 2022. Association for Computational Linguistics.
- [39] Shapira, Ori, Pasunuru, Ramakanth, Ronen, Hadar, Bansal, Mohit, Amsterdamer, Yael, and Dagan, Ido. Extending multi-document summarization evaluation to the interactive setting. In Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, pages 657–677, Online, June 2021. Association for Computational Linguistics.

- [40] Sherborne, Tom and Lapata, Mirella. Meta-learning a cross-lingual manifold for semantic parsing. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 11:49–67, 2023.
- [41] Son, Seonil (Simon), Park, Junsoo, Hwang, Jeong-in, Lee, Junghwa, Noh, Hyungjong, and Lee, Yeonsoo. HaRiM \square : Evaluating summary quality with hallucination risk. In He, Yulan, Ji, Heng, Li, Sujian, Liu, Yang, and Chang, Chua-Hui, editors, *Proceedings of the 2nd Conference of the Asia-Pacific Chapter of the Association for Computational Linguistics and the 12th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers)*, pages 895–924. Association for Computational Linguistics.
- [42] Su, DiJia, Su, Difei, Mulvey, John M., and Poor, H.Vincent. Optimizing multidocument summarization by blending reinforcement learning policies. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4(3):416–427, 2023.
- [43] Su, Ming-Hsiang, Wu, Chung-Hsien, and Cheng, Hao-Tse. A two-stage transformer-based approach for variable-length abstractive summarization. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 28:2061–2072, 2020.
- [44] Vaswani, Ashish, Shazeer, Noam, Parmar, Niki, Uszkoreit, Jakob, Jones, Llion, Gomez, Aidan N, Kaiser, Lukasz, and Polosukhin, Illia. Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30, 2017.
- [45] Xia, Yu, Liu, Xu, Yu, Tong, Kim, Sungchul, Rossi, Ryan A., Rao, Anup, Mai, Tung, and Li, Shuai. Hallucination diversity-aware active learning for text summarization, 2024.
- [46] Xiao, Yijun and Wang, William Yang. On hallucination and predictive uncertainty in conditional language generation. In Merlo, Paola, Tiedemann, Jorg, and Tsarfaty, Reut, editors, *Proceedings of the 16th Conference of the European Chapter of the Association*

- for Computational Linguistics: Main Volume, pages 2734–2744, Online, April 2021. Association for Computational Linguistics.
- [47] Xiong, Wenhan, Gupta, Anchit, Toshniwal, Shubham, Mehdad, Yashar, and tau Yih, Wen. Adapting pretrained text-to-text models for long text sequences. ArXiv, abs/2209.10052, 2022.
- [48] Xu, Zhaozhuo, Liu, Zirui, Chen, Beidi, Zhong, Shaochen, Tang, Yuxin, Wang, Jue, Zhou, Kaixiong, Hu, Xia, and Shrivastava, Anshumali. Soft prompt recovers compressed llms, transferably. In International Conference on Machine Learning, 2024.
- [49] Zaheer, Manzil, Guruganesh, Guru, Dubey, Kumar Avinava, Ainslie, Joshua, Alberti, Chris, Ontanon, Santiago, Pham, Philip, Ravula, Anirudh, Wang, Qifan, Yang, Li, et al. Big bird: Transformers for longer sequences. *Advances in neural information processing systems*, 33:17283–17297, 2020.
- [50] Zhang, Jingqing, Zhao, Yao, Saleh, Mohammad, and Liu, Peter. Pegasus: Pre-training with extracted gap-sentences for abstractive summarization. In International Conference on Machine Learning, pages 11328–11339. PMLR, 2020.
- [51] Zhang, Nan, Liu, Yanchi, Zhao, Xujiang, Cheng, Wei, Bao, Runxue, Zhang, Rui, Mitra, Prasenjit, and Chen, Haifeng. Pruning as a domain-specific llm extractor. In Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2024, pages 1417–1428, 2024.
- [52] Zhang, Tianyi, Ladhak, Faisal, Durmus, Esin, Liang, Percy, McKeown, Kathleen, and Hashimoto, Tatsunori B. Benchmarking large language models for news summarization. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 12:39–57, 2024.
- [53] Zhang, Yang, Li, Yawei, Wang, Xinpeng, Shen, Qianli, Plank, Barbara, Bischl, Bernd, Rezaei, Mina, and Kawaguchi, Kenji. Finercut: Finer-grained interpretable layer pruning for large language models. arXiv e-prints, pages arXiv–2405, 2024.

- [54] Zhou, Chunting, Neubig, Graham, Gu, Jiatao, Diab, Mona, Guzmán, Francisco, Zettlemoyer, Luke, and Ghazvininejad, Marjan. Detecting hallucinated content in conditional neural sequence generation. In Zong, Chengqing, Xia, Fei, Li, Wenjie, and Navigli, Roberto, editors, Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL-IJCNLP 2021, pages 1393–1404, Online, August 2021. Association for Computational Linguistics.

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

ا	تابع زیان درست‌نمایی بیشینه maximum
	likelihood loss
الگوریتم حداکثر سازی نقطه-محصول فرا	
یادگیری Meta-Learned Dot-Product	ترای گرم trigram
Maximization	ترنسفورمر transformer
امتیازبرت BERTScore	تعبیه embedding
ب	تعبیه نشانه token embedding
بارت BART	تنظیم regularization
بازنمایی Representation	تنظیم دقیق پارامترها fine-tuning
بازیابی recall	توالی sequence
بیگ‌برد Big Bird	توجه با مرکزیت دوگانه two hub
پ	attention
پراکنده sparse	توجه به خود Self-attention
پیش‌آموزش pretraining	توجه جامع global attention
پگاسوس PEGASUS	توسعه deploy
ت	جامع global
	ج

gap sentences جملات فاصله‌افتاده	bidirectional دوسویه
GPT جی‌پی‌تی	ر
چ	ROUGE-L روژ-ال
polysemy چند معنایی	ROUGE-1 روژ-۱
ح	ROUGE-2 روژ-۲
long حافظه‌ی بلند مدت طولانی	modified cover- ریلکس
short-term memory networks(LSTM)	age reward along with a principled policy
informative حاوی اطلاعات مفید	gradient estimator (RELAX)
Maximal حداکثر ارتباط حاشیه‌ای	س
Marginal Relevance (MMR)	Lagrangian ساده‌سازی لاگرانژ
خ	relaxation
policy خط مشی	bias سوگیری
Autoregressive خود رگرسیون	ش
د	recurrent شبکه‌های عصبی بازگشتی
maximum درست‌نمایی بیشینه	neural network (RNN)
likelihood	ع
locality- درهم‌سازی حساس به مکان	agent عامل
sensitive hashing	communicating عامل تعامل کننده
Delta-ROUGE دلتا-روژ	agent
Divide-and-Conquer دنسر	lead-and-body عبارت مقدمه و بدنه
(DANCER)	phrase
	task عمل

عمل پایین‌دست downstream task	نمایش نهفته latent representation
ف	و
فرا یادگیری Meta-Learning	واحد بازگشتی دروازه‌ای gated recurrent unit (GRU)
ک	
کوئری query	وظایف tasks
ل	
لایه‌های برگشت‌پذیر . . reversible layers	وظایف پایین‌دست . . downstream tasks
م	ه
مقاطع زبانی cross-lingual	هدف آموزش training objective
مجموعه‌ی دادگان corpus	هستان‌شناسی ontology
مدل موضوعی عصبی Neural Topic Model(NTM)	هم‌پوشانی بلوک‌های توجه . Overlapping attention windows
مدل مولد نقطه‌ای . . Pointer-Generator model	ی
مکانیزم توکن سراسری . . . Global-token mechanism	یادگیری تقویتی reinforcement learning
ن	یادگیری خط مشی . . . policy learning

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

A	فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف محدود
Agent عامل	Constrained markov decision process (cmdp)
Autoregressive خودرگرسیون	Contextual network . شبکه‌ی محتوایی
B	Corpus مجموعه‌ی دادگان
Bart بارت	Cross-lingual متقاطع زبانی
Bertscore امتیازبرت	D
Bias سوگیری	Decoder کدگشا
Bidirectional دوسویه	Delta-rouge دلتا-روژ
Big bird بیگ‌برد	Deploy توسعه
Block- توجه به خود پراکنده‌ی بلوکی	Divide-and-conquer (dancer) دنسر
sparse self-attention	Dot-product نقطه-محصول
C	Downstream tasks وظایف پایین‌دست
Communicating عامل تعامل‌کننده	E
agent	Embedding تعبیه

Encoder کدگذار	Locality- . . مکان به حساسی درهم‌سازی
F	sensitive hashing (lsh)
Fine-tuning تنظیم دقیق پارامترها	Long حافظه‌ی بلند مدت طولانی
G	short-term memory networks(lstm)
Gap sentences جملات فاصله‌افتاده	M
Gated recurrent واحد بازگشتی دروازه‌ای	Maximum درست‌نمایی بیشینه
unit (gru)	likelihood
Global جامع	تابع زیان درست‌نمایی بیشینه
Global attention توجه جامع	likelihood loss
Global-token . . . مکانیزم توکن سراسری	فرا یادگیری
mechanism	الگوریتم حداکثر سازی نقطه-محصول فرا
Gpt جی‌پی‌تی	Meta-learned dot-product یادگیری
I	maximization
Informative حاوی اطلاعات مفید	Modified cover- ریلکس
L	age reward along with a principled policy
Lagrangian ساده‌سازی لاگرانژ	gradient estimator (relax)
relaxation	N
Latent representation . . . نمایش نهفته	Named entity موجودیت نامدار
Lead-and-body . . . عبارت مقدمه و بدنه	Neural topic مدل موضوعی عصبی
phrase	model(ntm)
	O
	Ontology هستان‌شناسی

هم‌پوشانی بلوک‌های توجه . Overlapping attention windows	لایه‌های برگشت‌پذیر . Reversible layers
P	روژ-۱ Rouge-1
پگاسوس Pegasus	روژ-۲ Rouge-2
مدل مولد نقطه‌ای . . . Pointer-generator model	روژ-ال Rouge-l
خط مشی Policy	S
یادگیری خط مشی . . Policy learning	تعبیه قطعه Segment embedding
چند معنایی Polysemy	توجه به خود Self-attention
خود توجهی مبتنی بر ادغام بلوکی تقویت شده Pooling-augmented blockwise attention	گرایان خط مشی انتقادی . . Self-critic policy gradient
پیش‌آموزش Pretraining	توالی Sequence
Q	پراکنده Sparse
کوئری Query	T
R	تی‌برت‌سام T-bertsum
بازیابی Recall	وظایف Tasks
شبکه‌های عصبی بازگشتی . . . Recurrent neural network (rnn)	فرکانس تکرار عبارت . . Term frequency
تنظیم Regularization	تعبیه نشانه Token embedding
یادگیری تقویتی Reinforcement learning	هدف آموزش Training objective
بازنمایی Representation	ترنسفورمر Transformer
	ترای گرم Trigram
	توجه با مرکزیت دوگانه Two hub attention