

به کارگیری روش‌های داده‌افزایی برای تحلیل احساسات کاربران درباره بازگشایی مدارس در دوران همه‌گیری کووید-۱۹

مرضیه میر و سمیرا نوفرستی*

گروه فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

چکیده

از جمله روش‌های موفق برای تحلیل احساسات، روش‌های یادگیری باناظر است که با آموزش یک طبقه‌بند بر روی یک مجموعه داده آموزشی از نظرات دارای برچسب احساس، یک مدل پیش‌بینی‌کننده می‌سازند که قادر است، جملات جدید را طبقه‌بندی کند. در زبان فارسی، نبود داده‌های آموزشی کافی و دقت کم ابزارهای پردازش زبان طبیعی، به کارگیری الگوریتم‌های باناظر و نیز استخراج ویژگی‌های باکیفیت را با چالش جدی روبه‌رو ساخته‌است. هدف مقاله حاضر به کارگیری روش‌های یادگیری ماشین باناظر برای طبقه‌بندی نظرات مطرح شده توسط کاربران فارسی زبان در رسانه‌های اجتماعی درباره بازگشایی مدارس در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ است. برای غلبه بر مشکل کمبود داده‌های آموزشی یک روش ترکیبی برای داده‌افزایی پیشنهاد شده‌است که اندازه مجموعه آموزش را حدود ۹۷ درصد افزایش می‌دهد. نتایج آزمایش‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد که با اعمال روش پیشنهادی برای داده‌افزایی و به کارگیری ویژگی‌های انتخابی در این مقاله، به ترتیب دقت ۸۱ و ۷۹ درصد برای طبقه‌بندی نظرات با استفاده از الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی پیچشی حاصل می‌شود.

واژگان کلیدی: تحلیل احساسات، نظرکاوی، یادگیری باناظر، یادگیری عمیق، داده‌افزایی، کووید-۱۹.

Using Data Augmentation Techniques for Sentiment Analysis of Users' Opinions on Reopening of Schools During the Covid-19 Epidemic

Marziye Mir and Samira Noferesti

Information Technology department, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

Abstract

Sentiment analysis, also called opinion mining, is one of the sub-areas of natural language processing that aims to classify texts according to the sentiments, beliefs and attitudes expressed in them. In the most current research, texts are divided into two "positive" and "negative" categories. However, there are also other categories such as "good/bad" and "agree/disagree", every one of which has its applications. The purpose of this paper is to analyze the opinions expressed by users on social media about the reopening of schools during the Covid-19 outbreak using supervised machine learning techniques, and to classify them into two "agree" and "disagree" categories. Users' opinions, in this paper, are in

* Corresponding author

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات



Persian. The lack of sufficient datasets and also the low accuracy of natural language processing tools are the most important problems of text processing in Persian. Due to the mentioned limitations, the use of supervised machine learning algorithms and also the extraction of effective features for training machine learning classifiers in Persian are facing a serious challenge.

In this paper, first, a small dataset of the users' opinions about the reopening of schools was collected and manually labeled. Then, a combined method was used for data augmentation of the dataset. In the proposed method, first, Persian sentences were translated into English. Then nouns, verbs and adjectives of the English sentences were replaced with their synonyms. Next, the English sentences were translated into Persian again. The new sentence with the class label of the initial sentence was added to the training set. Thus, the size of the training set increased by 97 percent. After that, the efficiency of employing the common pre-processing steps and using common feature sets in sentiment analysis of the English texts for Persian were evaluated and the best of them were selected. Considering the low accuracy of the Persian natural language processing tools, it was tried to select those features that were less dependent on the tools. Finally, machine learning classification was used to determine agree/disagree class of the user opinions of the test sets. The results of the experiments indicated that by applying the proposed method for data augmentation and using selected features in this paper, 81 and 79 percent precision was obtained for the polarity classification of opinions using SVM and CNN algorithms, respectively.

Keywords: Sentiment Analysis, Opinion mining, Supervised learning, Deep learning, Data augmentation, Covid-19

وظیفه تحلیل احساسات که مورد توجه اغلب پژوهش‌ها است، تعیین قطبیت است که به طبقه‌بندی نظرات در گروه‌های از پیش تعیین شده می‌پردازد. در بیش‌تر پژوهش‌های موجود، نظرات در دو گروه مثبت و منفی یا در سه گروه مثبت، منفی و خنثی دسته‌بندی می‌شوند؛ با این وجود، یک مدل تجزیه و تحلیل احساسات می‌تواند برای طبقه‌بندی عواطف (مانند عصبانی، شاد و غمگین)، اضطراری بودن محتوا (فوری و غیرفوری)، خوب یا بد بودن اخبار و نیز موافق یا مخالف بودن نویسنده متن با موضوع مدنظر به کار گرفته شود [1].

با همه‌گیر شدن بیماری کووید-۱۹ و به دنبال آن قرنطینه شدن مردم، مجازی شدن مدارس و دانشگاه‌ها، فاصله‌گذاری اجتماعی، پیامدهای اقتصادی و نگرانی‌های حاصل از آن، نظرات مرتبط با این بیماری در شبکه‌های اجتماعی به سرعت در حال افزایش است. امروزه درصد قابل توجهی از نوشته‌های کاربران در وب به چالش‌های مرتبط با کووید-۱۹ اختصاص دارد. با گسترش نظرات مطرح شده درباره کووید-۱۹ توجه پژوهش‌گران به تحلیل این نظرات معطوف شده است. نظرات درباره کووید-۱۹ موضوعات متعددی مانند اشتغال، بهداشت و آموزش را دربرمی‌گیرد. پژوهش‌گران می‌توانند با تحلیل این قبیل نظرات به سازمان جهانی بهداشت و سازمان‌های دولتی کمک کنند تا از واکنش و احساسات مردم آگاه شوند و تصمیمات مدیریتی هوشمندانه‌تری اتخاذ کنند. به‌طور خاص، کووید-۱۹ بر روی نظام آموزشی اثرات منفی شامل توقف در یادگیری، افزایش تعداد ساعات استفاده از فضای مجازی توسط دانش‌آموزان، نقص مهارت‌های اجتماعی و خطر افزایش ترک تحصیل در مناطق محروم

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، با محبوبیت یافتن وب و شبکه‌های مجازی، شاهد فعالیت گسترده کاربران در وبلاگ‌ها، تارنماهای نظرسنجی و شبکه‌های اجتماعی هستیم. افراد زیادی به صورت روزمره به بیان نظرات خود در وب می‌پردازند که موجب ایجاد منابع غنی از نوشته‌های کاربران شده است. در حال حاضر خیل عظیمی از نظرات درباره انواع مختلف موجودیت‌ها در دسترس است که تحلیل آن‌ها می‌تواند در کاربردهای مختلف از جمله شناسایی نقاط ضعف و قوت خدمات و محصولات، پیش‌بینی میزان محبوبیت افراد و اشیا در طی زمان و تحلیل دلایل اضطراب و افسردگی در جوامع مفید واقع شود.

تحلیل دستی حجم زیاد نظرات کاربران در زمان معقول کاری دشوار و گاه غیرممکن است؛ از این رو، شاخه‌ای جدید به نام تحلیل احساسات^۱ مطرح شده است که به استخراج و تحلیل خودکار احساس، عقیده، باور، عواطف و نگرش نویسنده متن درباره یک موجودیت می‌پردازد. تحلیل احساسات که برخی از پژوهش‌گران آن را نظرکاوی نیز نامیده‌اند، در دامنه‌های متعدد مانند پزشکی، سیاست، تجارت و بازار سهام به کار گرفته شده است و روزبه‌روز دامنه کاربرد آن گسترش می‌یابد [1-3].

تحلیل احساسات دارای وظایف متعددی از قبیل تعیین قطبیت^۲، استخراج و طبقه‌بندی جنبه، شناسایی نویسنده متن و خلاصه‌سازی نظرات است. اصلی‌ترین

¹ Sentiment analysis

² Polarity detection

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: بخش ۲ به مرور کارهای پیشین در زمینه تحلیل احساسات به ویژه برای متون فارسی و نیز به معرفی کارهای مرتبط با تحلیل نظرات مطرح شده درباره کووید-۱۹ می‌پردازد. در بخش ۳ جزئیات روش پیشنهادی برای تحلیل نظرات کاربران درباره بازگشایی مدارس تشریح و در بخش ۴ نتایج ارزیابی کارایی روش پیشنهادی ارائه می‌شود. بخش ۵ نتیجه‌گیری است.

۲- مرور کارهای پیشین

پژوهش‌های موجود در زمینه تحلیل احساسات و به‌طور خاص تعیین قطبیت را می‌توان به سه دسته کلی روش‌های مبتنی بر واژگان، روش‌های یادگیری ماشین و روش‌های ترکیبی طبقه‌بندی کرد.

روش‌های مبتنی بر واژگان به تعیین قطبیت واژگان موجود در متن با کمک یک واژه‌نامه حسی می‌پردازند و براساس قطبیت واژگان، درباره قطبیت کلی متن تصمیم می‌گیرند [5,6]. از جمله معروف‌ترین واژه‌نامه‌های حسی در زبان انگلیسی می‌توان به SentiWordNet [7] و SenticNet [8] اشاره کرد. در زبان فارسی نیز می‌توان واژه‌نامه‌های حسی PerSent [9] و LexiPers [10] را نام برد.

روش‌های یادگیری ماشین خود به سه دسته یادگیری باناظر، یادگیری بدون ناظر و یادگیری نیمه‌نظارتی تقسیم می‌شود. در یادگیری باناظر، از یک مجموعه آموزش شامل جملات یا متون دارای برچسب قطبیت، برای آموزش یک طبقه‌بند یادگیری ماشین استفاده می‌شود. این طبقه‌بند قادر به پیش‌بینی قطبیت داده‌های مجموعه‌آزمون است [11,12].

در یادگیری بدون ناظر، مدل بر روی مشاهدات یادگیری انجام‌داده و الگوها و ساختارهای پنهان در مجموعه‌داده‌ها را کشف می‌کند. یکی از روش‌های رایج در این دسته خوشه‌بندی نظرات است. در این روش‌ها، داده‌ها بدون دخالت انسان به تعدادی خوشه تقسیم‌بندی می‌شوند [13]. از جمله روش‌های یادگیری بدون ناظر برای تحلیل احساسات در زبان فارسی، می‌توان به روش ابتکاری LDSA اشاره کرد [14].

در یادگیری نیمه‌نظارتی، مجموعه کوچکی از داده‌ها به صورت دستی برچسب‌گذاری می‌شود و سعی در گسترش این مجموعه به صورت خودکار است. در [15] یک چارچوب نیمه‌نظارتی برای نظرکاوی متون فارسی ارائه

برجای گذاشته است. این امر موجب شده است تا موجی از نظرات و دل‌نوشته‌های والدین و معلمان در شبکه‌های اجتماعی راه بیافتد. جمع‌آوری نظرات مطرح‌شده درباره آموزش در دوران کووید-۱۹ و تحلیل آن‌ها می‌تواند کمک شایانی به شناسایی ریشه اصلی نگرانی‌ها و مشکلات موجود در این زمینه کند.

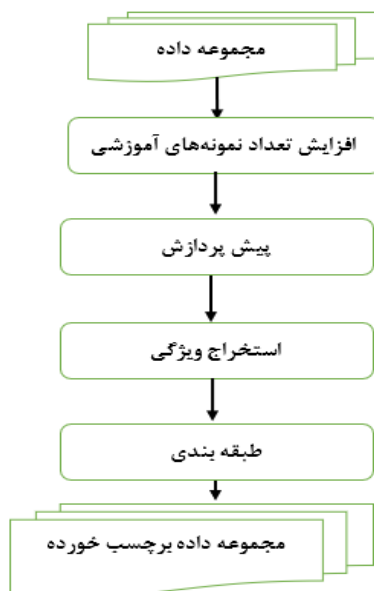
هدف این مقاله، تحلیل نظرات کاربران فارسی‌زبان توئیتر درباره بازگشایی مدارس در ایران و طبقه‌بندی نظرات به دو گروه موافق و مخالف با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین باناظر است. بیشتر پژوهش‌های موجود در زمینه تحلیل احساسات بر روی متون انگلیسی صورت گرفته است و در سایر زبان‌ها به خصوص زبان فارسی به دلیل محدودیت ابزارهای پردازش متن، تعداد پژوهش‌های انجام‌گرفته بسیار کمتر است. از طرفی روش‌های مورد استفاده در تحلیل احساسات به دستور زبان، گویش، لهجه و فرهنگ نظردهنده‌ها وابسته است [4]؛ بنابراین، روش‌های ارائه‌شده برای تحلیل احساسات یک زبان خاص به ندرت قابل استفاده در زبان‌های دیگر است. تحلیل احساسات در زبان فارسی نیز نیازمندی‌هایی دارد که باعث می‌شود استفاده از روش‌های موجود برای تحلیل احساسات متون انگلیسی در زبان فارسی کارایی لازم را نداشته باشند.

روش پیشنهادی این مقاله برای تعیین قطبیت نظرات کاربران درباره بازگشایی مدارس، یادگیری باناظر است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین باناظر نیاز به یک مجموعه آموزش از نظرات برچسب‌خورده دارند که ساخت دستی آن کاری دشوار و زمان‌بر است؛ به این دلیل، در این مقاله ابتدا یک مجموعه آموزش کوچک از نظرات کاربران به صورت دستی برچسب‌گذاری شده، سپس از ترکیب دو روش ترجمه برگشتی و جایگزینی با واژگان مترادف برای افزایش تعداد نمونه‌های مجموعه آموزش استفاده شده است؛ همچنین کارایی پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های رایج برای تحلیل احساسات متون انگلیسی، در زبان فارسی بررسی و پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های کارآمد انتخاب شده‌اند. نتایج ارزیابی‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد که دقت طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با آموزش بر روی مجموعه داده گسترش‌یافته و براساس پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های انتخابی در مقایسه با مجموعه داده اولیه (بدون داده‌افزایی) حدود پنج درصد بهبود داشته است. همچنین به کارگیری روش پیشنهادی برای داده‌افزایی منجر به افزایش دقت طبقه‌بند شبکه عصبی پیچشی به میزان سه درصد شده است.

این تحلیل کمک می‌کند تا مسئولان بتوانند با صرف هزینه و زمان کمتر در جهت گرفتن تصمیمات بهتر در راستای سلامت عمومی جامعه، افزایش رضایت والدین و بالابردن کیفیت آموزش در مدارس گام بردارند.

۳- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی برای تعیین قطبیت نظرات شامل چهار مرحله اصلی است که عبارت‌اند از: افزایش تعداد نمونه‌های آموزشی، پیش‌پردازش جملات، استخراج ویژگی و طبقه‌بندی. مراحل روش پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده‌است. برای طبقه‌بندی نظرات با کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین باناظر نیاز به یک مجموعه از نمونه‌های آموزشی برچسب‌دار است. در ادامه ابتدا درباره ساخت مجموعه داده صحبت و سپس جزئیات هر مرحله از روش پیشنهادی تشریح می‌شود.



(شکل-۱): روش پیشنهادی برای تعیین قطبیت نظرات
(Figure-1): The proposed method for polarity detection

۳-۱- ساخت مجموعه داده

برای ساخت مجموعه داده، ۷۴۱ نظر (پانصد نظر از توئیتر و ۲۴۱ نظر از بخش تبادل نظر تارنما ninisite.com) درباره بازگشایی مدارس در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ جمع‌آوری شده که به هر نظر به صورت دستی برچسب موافق/مخالف داده شده‌است. این نظرات براساس عبارات پرتکرار بازگشایی مدارس، آموزش مجازی، ویروس کووید-۱۹ و کرونا جمع‌آوری شده‌است. از این مجموعه دویست نظر به صورت تصادفی به عنوان مجموعه آزمون انتخاب شده‌است.

شده‌است. در این روش، برچسب قطبیت واژگان متن به کمک یک واژه‌نامه خودساخت وفقی (پویا و بدون نیاز به خبره انسانی) تعیین می‌شود؛ درواقع، خصیصه‌های حسی به‌طور خودکار استخراج می‌شوند؛ سپس از مدل مخفی مارکوف خودناظر بر روی خصیصه‌های استخراج‌شده در کنار قوانین مبتنی بر معیار شباهت برای فرایند نظرکاوی استفاده می‌شود.

مطالعات نشان می‌دهد که روش‌های یادگیری ماشین باناظر درکل بهتر از روش‌های مبتنی بر واژگان عمل می‌کنند؛ باوجوداین، روش‌های یادگیری ماشین از یک مشکل عمده رنج می‌برند و آن ساخت مجموعه آموزش است. روش‌هایی نیز معرفی شده‌اند که از ترکیب واژگان حسی و یادگیری ماشین استفاده می‌کنند [16, 17].

در ادامه به معرفی برخی از پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه تحلیل احساسات درباره کووید-۱۹ پرداخته می‌شود. در پژوهش [18] از شبکه عصبی عمیق برای یافتن رابطه بین احساسات مردم کشورهای همسایه درباره شیوع ویروس کرونا با تحلیل توئیتهای کاربران استفاده شده‌است. در پژوهش [19] بر اساس هشتگ کووید-۱۹ و ویروس کرونا توئیتهای موجود جمع‌آوری شده و با استفاده از الگوریتم بیز ساده به تحلیل احساسات آنها پرداخته است.

نتایج نشان می‌دهد که ۳۶ درصد توئیتهای مثبت، شانزده درصد آنها منفی و سایر توئیتهای خنثی هستند. در پژوهش [20] نیز به تحلیل احساسات کاربران در رابطه کووید-۱۹ پرداخته شده‌است. بدین منظور از رابط برنامه‌نویسی کاربردی توئیتر برای جمع‌آوری توئیتهای مرتبط با ویروس کرونا استفاده شده‌است و با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، احساسات در سه گروه مثبت، منفی و خنثی طبقه‌بندی شده‌اند. در پژوهش [21] برای طبقه‌بندی نظرات توئیتر از یک رویکرد ترکیبی (بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان، آنتروپی بیشینه، درخت تصمیم و جنگل تصادفی) استفاده شده که دقت ۷۴ درصد حاصل شده‌است.

پژوهش‌های متعددی در زمینه تحلیل احساسات درباره تأثیر کووید-۱۹ بر بازار سهام، صنعت توریسم و دیگر کاربردها انجام شده‌است [22, 23]. با این وجود، بر طبق مطالعات انجام‌گرفته، تاکنون به تحلیل احساسات نظرات کاربران درباره بازگشایی مدارس پرداخته نشده‌است. درحالی‌که، تحلیل این قبیل نظرات می‌تواند کمک شایانی به مسئولان مربوطه برای درک احساسات و نگرانی‌های اصلی والدین کند. همچنین نتایج حاصل از

۳-۲- افزایش تعداد نمونه‌های آموزشی

به دلیل اینکه تهیه داده‌های آموزشی و برچسب‌زدن آن‌ها به صورت دستی کاری دشوار و زمان‌بر است، معمولاً اندازه مجموعه داده‌های آموزشی موجود کوچک است که این امر باعث کاهش دقت الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌شود. برای حل مشکل مذکور، در این مقاله روشی برای داده‌افزایی معرفی شده است که دو رویکرد ترجمه برگشتی و جایگزینی واژگان مترادف را ترکیب می‌کند.

از آنجا که در مسئله تحلیل احساسات، واژگان دارای قطبیت، صرف‌نظر از ترتیب قرارگرفتن آن‌ها در جمله، نقش مؤثری دارند، می‌توان با ایده ترجمه برگشتی جملات جدید ایجاد کرد. در ترجمه برگشتی ابتدا جمله به یک زبان مقصد ترجمه، سپس جمله حاصل از ترجمه مجدد به زبان مبدأ برگردانده می‌شود. در بسیاری از موارد، جمله جدید با جمله اولیه متفاوت است؛ ولی قطبیت یکسانی دارد؛ بنابراین، می‌توان از این جمله به عنوان یک نمونه آموزشی جدید استفاده کرد.

از طرف دیگر، به دلیل اینکه واژگان مترادف قطبیت یکسانی دارند، روش جایگزینی با واژگان مترادف نیز می‌تواند برای گسترش مجموعه آموزش مورد استفاده قرارگیرد. بدین ترتیب، یک روش ترکیبی معرفی شده که دارای گام‌های زیر است:

- ۱) جمله اولیه به کمک مترجم گوگل به زبان انگلیسی ترجمه می‌شود.
- ۲) فقط برای صفات، افعال و اسامی (نقش‌های نحوی مؤثر بر تحلیل احساسات)، با احتمال p ، به کمک وردنت^۱ مترادف‌ها پیدا و جایگزین کلمه اصلی در جمله می‌شوند. وردنت یک واژه‌نامه انگلیسی است که واژگان انگلیسی را در گروه‌هایی از واژگان مترادف دسته‌بندی می‌کند [24]. در این مقاله مقدار p برابر $0/5$ در نظر گرفته شده است.
- ۳) جمله انگلیسی دوباره به زبان فارسی برگردان می‌شود.
- ۴) در صورتی که جمله برگردان شده متفاوت از جمله اولیه باشد، با همان برچسب کلاس جمله اولیه به مجموعه آموزش اضافه می‌شود.

گفتنی است که داده‌افزایی فقط بر روی داده‌های مجموعه آموزش اعمال می‌شود و داده‌های مجموعه آزمون بدون تغییر در تعداد حفظ خواهند شد.

۳-۳- پیش پردازش

پیش‌پردازش یکی از مراحل رایج در پردازش متن و یادگیری ماشین است که در بیشتر موارد بر افزایش کارایی الگوریتم‌های تحلیل متن تأثیرگذار است. در این مقاله، پیش‌پردازش‌های رایج در زبان انگلیسی شامل نرمال‌سازی، تقطیع واژه‌ها^۲، حذف هرزواژه‌ها، ریشه‌یابی، برچسب‌گذاری مقوله نحوی واژگان و قطعه‌بندی^۳ مورد بررسی قرارگرفت. نتایج ارزیابی‌های انجام‌گرفته نشان داد که مجموعه پیش‌پردازش‌های نرمال‌سازی، تقطیع واژه‌ها و حذف هرزواژه‌ها بیشترین افزایش را در دقت طبقه‌بندی نظرات فارسی داشته است (به بخش ۴-۲ مراجعه شود)؛ بنابراین، در نهایت این مجموعه پیش‌پردازش‌ها مورد استفاده قرارگرفت که در ادامه شرح داده می‌شوند.

• **نرمال‌سازی:** هدف نرمال‌سازی، یکسان‌سازی متن ورودی با جایگزین کردن کاراکترهای معادل استاندارد است. در پردازش متون فارسی، با توجه به شباهت رسم‌الخط فارسی با رسم‌الخط عربی، مشکل استفاده از نویسه‌های عربی معادل وجود دارد؛ که از جمله آن‌ها می‌توان به حروف «ک»، «ی» و همزه اشاره کرد. در نخستین قدم لازم است مشکلات مربوط به این قبیل حروف را با یکسان‌سازی آن‌ها برطرف کرد. همچنین لازم است نویسه نیم‌فاصله و فاصله (مانند «کتاب‌خانه» و «کتاب‌خانه») در کاربردهای مختلف آن اصلاح شود و نویسه‌های اعراب، تشدید، تنوین و «ـ» که برای کشش نویسه‌های چسبان مورد استفاده قرار می‌گیرند و موارد مشابه آن حذف یا یکسان‌سازی شوند.

• **تقطیع واژه‌ها:** فرایندی که طی آن جمله به یک سری واژه تبدیل می‌شود، تقطیع واژه‌ها نامیده می‌شود. هدف تقطیع واژه‌ها، جداسازی واحدهای با معنی یک جمله است. برای این منظور، به‌طور معمول از علائمی نظیر نقطه، خط تیره، فاصله و ویرگول استفاده می‌شود.

• **حذف هرزواژه‌ها:** هرزواژه‌ها که ایست‌واژه‌ها نیز نامیده می‌شوند، واژگانی هستند که در متن تکرار فراوان دارند، اما از نظر معنایی دارای اهمیت کمی هستند. از جمله این واژگان در فارسی می‌توان به «اگر»، «و»، «بر» و «که» اشاره کرد. در اغلب عملیات متن‌کاوی با حذف این واژگان نتیجه پردازش بهبود می‌یابد و سبب کاهش بار محاسباتی و افزایش سرعت پردازش می‌شود. برای زبان فارسی نیز فهرست‌هایی از هرزواژه‌ها ارائه شده که میانگین دارای هفتصد کلمه است. این

² Tokenization

³ Chunking

¹ WordNet

فهرست‌ها شامل منفی‌کننده‌هایی مانند «نه» و «هرگز» می‌شود که در تحلیل احساسات از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و حذف آن‌ها کارایی الگوریتم تعیین قطبیت را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، قبل از اعمال این مرحله، واژگان منفی‌کننده از فهرست هرزواژه‌ها حذف شده‌اند.

۳-۴- استخراج ویژگی

کارایی الگوریتم‌های یادگیری ماشین به شدت وابسته به مجموعه ویژگی‌هایی است که برای آموزش طبقه‌بندها استفاده می‌شوند. در زبان انگلیسی ویژگی‌های متعددی معرفی شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای استخراج اغلب ویژگی‌ها نیاز به ابزارهای پردازش زبان طبیعی است. در زبان فارسی، دقت پایین ابزارها و نیز ماهیت متفاوت خود زبان باعث می‌شود ویژگی‌های موفق در زبان انگلیسی کارایی لازم را نداشته باشند.

در این پژوهش، ویژگی‌های رایج تحلیل احساسات در زبان انگلیسی شامل تک‌واژه‌ها، ترکیب دوتایی واژگان متوالی^۱، نقش نحوی واژگان، درخت وابستگی، قطعات (عبارات) متن، فرکانس واژگان، آزمون مربع کای، منفی‌بودن فعل جمله و قطبیت کلی متن (که با استفاده از قطبیت واژگان آن محاسبه می‌شود) در تحلیل نظرات فارسی مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. برای استخراج تک‌واژه‌ها، نقش نحوی واژگان، درخت وابستگی و قطعات متن از ابزارهای موجود کمک گرفته شده‌است. در ادامه به معرفی و نحوه استخراج سایر ویژگی‌ها پرداخته می‌شود:

• **قطبیت کلی متن:** در روش‌های ترکیبی تعیین قطبیت که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهش‌گران بوده‌اند، از قطبیت کلی متن که براساس یک واژگان حسی به‌دست می‌آید به‌عنوان یک ویژگی یادگیری ماشین استفاده شده‌است. در این مقاله برای تعیین این ویژگی ابتدا قطبیت واژگان متن با کمک واژگان حسی PerSent تعیین شده‌است؛ سپس اگر تعداد واژگان مثبت متن بیشتر از تعداد واژگان منفی باشد، قطبیت موافق در نظر گرفته می‌شود و برعکس.

• **منفی‌بودن فعل جمله:** در تحلیل احساسات، منفی‌کننده‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند. برای مثال دو جمله "من با بازگشایی مدارس موافق هستم" و "من با بازگشایی مدارس موافق نیستم" را در نظر بگیرید؛ هر دو جمله ساختار و واژگان مشابهی دارند، اما قطبیت

اولی «موافق» و قطبیت دومی «مخالف» است؛ زیرا در دومی از فعل منفی استفاده شده‌است. در اغلب موارد، وجود منفی‌کننده‌ها باعث معکوس شدن قطبیت متن می‌شود؛ از این‌رو، شناسایی منفی‌کننده‌ها می‌تواند بر کارایی الگوریتم تعیین قطبیت اثرگذار باشد. در زبان فارسی یکی از پررخدادترین اشکال منفی‌کننده، افعال منفی هستند؛ بنابراین، در این مقاله از منفی‌بودن فعل به‌عنوان یک ویژگی دودویی برای طبقه‌بند یادگیری ماشین استفاده شده‌است. برای شناسایی افعال منفی به این صورت عمل شده‌است که در ابتدا با توجه به نقش نحوی واژگان جمله، واژگانی که به‌عنوان فعل برحسب خورده‌اند مشخص می‌شوند؛ سپس پیشوند و پسوند کلمه حذف می‌شود و ریشه کلمه به‌دست می‌آید. اگر در ابتدای فعل اصلی حرف «ن» باشد، اما بعد از ریشه‌یابی، ریشه فعل با «ن» شروع نشود، نتیجه گرفته می‌شود که «ن» پیشوند منفی‌کننده است و فعل اولیه به‌عنوان یک فعل منفی در نظر گرفته می‌شود.

• **ترکیب دوتایی واژگان متوالی:** به‌دلیل اینکه در برخی موارد یک کلمه به‌تنهایی حس جمله را به‌درستی مشخص نمی‌کند، از ترکیب دو کلمه متوالی به‌عنوان ویژگی استفاده می‌شود. می‌توان ترکیب سه یا بیشتر از واژگان متوالی را نیز در نظر گرفت، اما با افزایش این تعداد، ابعاد بردار ویژگی‌ها بسیار بزرگ می‌شود که منجر به صرف زمان بیشتر در فرایند یادگیری می‌شود.

• **فرکانس واژگان و آزمون مربع کای:** آزمون مربع کای یک آزمون آماری است که براساس اختلاف فراوانی نمونه‌های مشاهده‌شده و فراوانی مورد انتظار آن‌ها در یک طبقه به ارزیابی میزان ارتباط متغیرهای اسمی می‌پردازد. در روش پیشنهادی برای استفاده از آزمون مربع کای تنها واژگان با فرکانس بالا یعنی واژگانی که بیشتر از دیگر لغات در متن ظاهر شده‌اند، انتخاب می‌شوند. برطبق مطالعات موجود، واژگان با فرکانس بالا تأثیر بیشتری در استخراج دانش مفید از متن دارند. با این توصیف، برای یافتن واژگان مهم، ابتدا لغات با بالاترین تکرار فهرست شده و سپس با استفاده از آزمون مربع کای تنها واژگان معنی‌دار این فهرست انتخاب می‌شوند. توجه شود که قبل از این مرحله، حذف هرزواژه‌ها انجام گرفته‌است. بنابراین، هرزواژه‌هایی که پرتکرارند در فهرست نهایی واژگان مهم ظاهر نمی‌شوند.

بر طبق بررسی‌های انجام‌شده در بخش ۳-۴ مجموعه ویژگی‌های درخت وابستگی، ترکیب دوتایی

^۱ Bigram

واژگان، فرکانس واژگان و آزمون مربع کای بیشترین دقت را برای طبقه‌بندی‌های یادگیری ماشین به همراه داشته‌اند. به این دلیل، در روش پیشنهادی تنها از این ویژگی‌ها استفاده شده است.

۳-۵- طبقه‌بندی

در این مرحله، مجموعه داده که مراحل پیش‌پردازش و استخراج ویژگی بر روی آن انجام شده است به عنوان مجموعه آموزش به یک الگوریتم یادگیری ماشین داده می‌شود. الگوریتم یادگیری ماشین با آموزش بر روی این مجموعه یک مدل پیش‌بینی‌کننده می‌سازد که قادر است به جملات جدید برچسب موافق یا مخالف اختصاص دهد. در این مقاله از دو الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی پیچشی برای تعیین قطبیت نظرات استفاده شده است.

۴- نتایج ارزیابی روش پیشنهادی

برای پیاده‌سازی کلیه مراحل روش پیشنهادی از زبان برنامه‌نویسی پایتون و برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی از معیارهای رایج دقت، فراخوانی، صحت و معیار F استفاده شده است. در این بخش، ابتدا مجموعه داده مورد استفاده معرفی، سپس نتایج آزمایش‌های انجام گرفته برای ارزیابی کارایی روش پیشنهادی ارائه می‌شود.

۴-۱- مجموعه داده مورد استفاده

مجموعه داده مورد استفاده در این مقاله متشکل از ۷۴۱ نظر مطرح شده توسط کاربران درباره بازگشایی مدارس در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ است که مشخصات آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

(جدول-۱): مشخصات مجموعه داده مورد استفاده

(Table-1): The characteristics of the used dataset	
۷۴۱	تعداد نظرات
۳۰۱	تعداد نظرات با برچسب موافق
۴۴۰	تعداد نظرات با برچسب مخالف
۲۵۶۷	تعداد واژگان منحصر به فرد
۱۰۵۷۲	تعداد واژگان
۱۴.۲۷	متوسط طول هر جمله

ارزیابی تأثیر پیش‌پردازش‌های مختلف بر کارایی الگوریتم طبقه‌بندی نظرات به منظور ارزیابی تأثیر پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های مختلف بر کارایی طبقه‌بندی از سیصد داده آموزشی استفاده شده است. نتایج حاصل از اعمال

پیش‌پردازش‌های ذکر شده در بخش ۳-۳ در جدول (۲) نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ابتدا تنها جمله اصلی به عنوان ورودی طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان مورد استفاده قرار گرفته و دقت هفتاد درصد حاصل شده است. دلیل انتخاب طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان رایج بودن استفاده از آن در تحلیل احساسات و موفقیت آمیز بودن نتایج حاصل از آن است. در اینجا به دلیل کوچک بودن مجموعه داده، برای ساخت مجموعه آزمون، از روش ارزیابی متقابل با ده حلقه^۱ استفاده شده است.

(جدول-۲): تأثیر پیش‌پردازش بر کارایی طبقه‌بندی
(Table-2): Effect of pre-processing on the performance of the classification

حالت	ویژگی	دقت	فراخوانی	صحت	معیار F
۱	جمله اصلی	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
۲	جمله اصلی + نرمال‌سازی + تقطیع واژه	۷۶	۷۷	۷۷	۷۷
۳	جمله اصلی + نرمال‌سازی + تقطیع واژه + ریشه‌یابی	۷۴	۷۵	۷۵	۷۴
۴	جمله اصلی + نرمال‌سازی + تقطیع واژه + حذف هر واژه‌ها	۷۵	۷۶	۷۶	۷۶

در حالت دوم در جدول (۲)، ابتدا جمله اصلی نرمال شده و سپس روی آن تقطیع واژه انجام گرفته است. در این حالت دقت طبقه‌بندی شش درصد افزایش داشته است. در زبان فارسی روش‌های متعددی برای نگارش واژگان یکسان وجود دارد که باعث می‌شود این واژگان توسط ماشین متفاوت در نظر گرفته شوند. از جمله این موارد می‌توان به وجود اشتباهات رایج نگارشی در مستندات فارسی مانند "آیین نامه" به جای "آیین‌نامه"، انواع مختلف نگارش برای یک کلمه مانند "اتاق" و "اطاق"، به کار بردن همزه به صورت‌های مختلف مانند مسئول و مسوول، استفاده از "ا" و "آ" به جای یکدیگر مانند "فرایند" و "فرآیند"، استفاده از پیشوند فعل "می" به صورت چسبان و غیرچسبان مانند "می‌تواند" و "میتواند"، تنوع نحوه به کار بردن علامت جمع "ها" مانند "انها" و "آنها" و تنوع نگارش "ی" اضافه در واژگان مختومه به "ه" همانند "مدرسه بزرگ" و "مدرسه‌ی بزرگ" اشاره کرد. بنابر

^۱ 10-fold cross validation

دلایل یادشده، نرمال‌سازی متن تأثیر به‌سزایی در افزایش دقت طبقه‌بندی دارد که در آزمایش‌های انجام‌گرفته مشهود است.

در حالت سوم در جدول (۲)، بر روی جملات ریشه‌یابی انجام گرفته‌است. مشاهده می‌شود که ریشه‌یابی دقت طبقه‌بندی را دو درصد کاهش داده‌است. این در حالی است که در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با تحلیل احساسات در متون انگلیسی، ریشه‌یابی (به‌دلیل نگاشت واژگان یکسان با اشکال مختلف به یک کلمه واحد) تأثیر به‌سزایی در افزایش کارایی الگوریتم طبقه‌بندی داشته‌است؛ با وجود این، زبان فارسی در ساختار و قاعده با زبان انگلیسی متفاوت است. برخی از مشکلات ذاتی مربوط به متون فارسی که در کاهش دقت ریشه‌یابی تأثیرگذار است، عبارت است از: نبود قواعد گرامری خوش‌تعریف مانند آنچه که در زبان انگلیسی وجود دارد، وجود واژگان چندجزئی مانند "برف‌پاک‌کن"، اتصال برخی از ضمایر مفعولی و نشانه‌های جمع به کلمه قبلی (مانند "مرا"، "بردنش" و "کتابها")، شباهت حروف نشانه‌های جمع و ضمایر مفعولی با برخی از پسوندها و حروف اصلی واژگان فارسی (برای نمونه "ان" در "دانش‌آموزان" نشانه جمع است در حالی که "ان" در "خندان" نشانه صفت فاعلی و در "بوستان" بخشی از کلمه است)، شکل مختصر شده افعال مانند "خوشحالند" و جمع مکسر مانند "کتب" و "مدارس". به‌دلیل مشکلات مذکور، ابزارهای ریشه‌یابی در زبان فارسی از دقت لازم برخوردار نیستند و برخلاف زبان انگلیسی ریشه‌یابی واژگان منجر به کاهش دقت طبقه‌بندی شده‌است. به این دلیل، در ادامه از ریشه‌یابی صرف‌نظر شده‌است.

در حالت چهارم در جدول (۲) هرزواژه‌ها حذف شده‌اند. با حذف هرزواژه‌ها در مقایسه با حالت دوم که از جمله نرمال‌شده استفاده می‌کند، دقت یک‌درصد کاهش یافته‌است؛ ولی برای اینکه در مراحل بعدی سرعت کار بالاتر برود و اینکه در انتخاب واژگان با فرکانس بالا هرزواژه‌ها ظاهر نشوند این واژگان از متن حذف شده‌اند. در ادامه به جمله‌ای که بر روی آن عملیات نرمال‌سازی، تقطیع واژه و حذف هرزواژه‌ها انجام شده‌است، جمله پیش‌پردازش شده گفته می‌شود.

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های معرفی‌شده بر کارایی الگوریتم طبقه‌بندی نظرات در جدول (۳) تأثیر به‌کارگیری مجموعه ویژگی‌های مختلف بر کارایی طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان برای تحلیل نظرات فارسی بررسی

شده‌است. گفتنی است که این آزمایش پس از اعمال پیش‌پردازش‌های گفته شده در بخش ۳-۳ بر روی جملات مجموعه داده، انجام گرفته‌است و مجموعه ویژگی‌های یادشده در هر سطر جدول به‌همراه بردار واژگان حاصل از جمله پیش‌پردازش شده است. در واقع بردار واژگان جمله پیش‌پردازش شده به‌عنوان مجموعه ویژگی پایه در نظر گرفته شده‌است که مطابق جدول (۲) با به‌کارگیری آن معیار F و صحت ۷۶ درصد برای طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان به‌دست آمده‌است.

(جدول-۳): تأثیر ویژگی‌های معرفی‌شده بر کارایی طبقه‌بندی

(Table-3): Effect of the introduced features on the performance of the classification

مجموعه ویژگی	صحت	دقت	فراخوانی	معیار F
{برچسب نحوی}	۷۶	۷۵	۷۶	۷۵
{قطعه‌بندی}	۷۵	۷۴	۷۵	۷۴
{درخت وابستگی}	۷۸	۷۷	۷۸	۷۷
{درخت وابستگی، قطبیت جمله با واژگان حسی PerSent}	۶۲	۶۲	۶۲	۶۱
{درخت وابستگی، دوتایی}	۷۸	۸۳	۷۸	۸۰
{درخت وابستگی، دوتایی، فرکانس واژگان و آزمون مربع کای}	۸۰	۸۰	۷۹	۷۹
{درخت وابستگی، دوتایی، فرکانس واژگان و آزمون مربع کای، منفی بودن فعل جمله}	۷۷	۷۶	۷۷	۷۶

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، مجموعه ویژگی‌های درخت وابستگی، ترکیب دوتایی واژگان، فرکانس واژگان و آزمون مربع کای بیشترین کارایی را برای طبقه‌بند یادگیری ماشین به‌همراه داشته‌اند که در ادامه تنها از آن‌ها استفاده شده‌است. نکته جالب توجه این است که برخی از ویژگی‌های رایج در زبان انگلیسی مانند منفی بودن فعل جمله یا قطبیت جمله براساس یک واژگان حسی که در اغلب پژوهش‌های انجام‌شده بر روی متون انگلیسی باعث بهبود دقت طبقه‌بندی شده‌اند، در اینجا کارایی طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان را کاهش داده‌اند. علت اصلی دقت کم ابزارهای موجود در زبان فارسی است. به‌طورخاص در رابطه با ویژگی منفی بودن فعل جمله، دلیل اصلی این امر دقت کم الگوریتم‌های ریشه‌یابی واژگان در زبان فارسی و پیچیدگی‌های ذاتی آن است. در واقع، خطاهای ریشه‌یابی باعث می‌شود در بسیاری از

ترجمه برگشتی با آن مواجه است، واژگان مبهم است. واژگان مبهم، واژگانی هستند که چندین معنای متفاوت دارند و بسته به جمله معنای آن مشخص می‌شود. رفع ابهام مقوله‌ای پیچیده در پردازش زبان طبیعی است و هنوز روش دقیقی برای آن ارائه نشده‌است. به‌همین دلیل روش‌های ترجمه ماشینی گاهی در رفع ابهام واژگان دچار مشکل شده و ترجمه مناسبی برای واژگان مبهم انتخاب نمی‌کنند. مشکل دیگر این است که گاهی جمله انگلیسی پس از برگردان به فارسی عیناً همان جمله اولیه می‌شود. این حالت برای جملات کوتاه که در مجموعه داده مورد استفاده پررخداد هستند بیشتر اتفاق می‌افتد. در این موارد هیچ نمونه آموزشی جدیدی تولید نمی‌شود که این مشکل را می‌توان با جایگزین کردن واژگان با مترادفشان تا حدودی حل کرد. بنابر دلایل مذکور روش ترکیبی افزایش بیشتری در اندازه مجموعه آموزش داشته و به کارایی بالاتری دست یافته‌است.

در آزمایش دوم، از ترکیب ترجمه برگشتی و جایگزینی با واژگان مترادف استفاده شده‌است، اما در جایگزینی با واژگان مترادف یک‌بار تنها اسامی، یک‌بار تنها افعال، یک‌بار تنها صفات و بار دیگر هر سه گروه جایگزین شده‌اند. دلیل انتخاب این سه نقش نحوی، تأثیر بسزای آن‌ها بر قطبیت متن در مقایسه با سایر نقش‌های نحوی مانند ضمیر است. جدول (۵) نشان می‌دهد که جایگزینی هر سه گروه اسامی، افعال و صفات کارایی بالاتری دارد و در این حالت بیشترین مقدار برای معیار F (هشتاد درصد) حاصل شده‌است. همچنین جایگزینی هر سه نقش نحوی مذکور منجر به بیشترین نرخ افزایش اندازه مجموعه داده-ای (۹۶/۶۷ درصد) در مقایسه با سایر روش‌ها شده‌است. بنابراین، در روش پیشنهادی از جایگزینی افعال، صفات و اسامی استفاده شده‌است. نکته حائز اهمیت دیگر در جدول (۵) این است که بیشترین کارایی به ترتیب مربوط به جایگزینی افعال، صفات و بعد اسامی است، درحالی‌که بیشترین نرخ افزایش به ترتیب با جایگزینی افعال، اسامی و صفات حاصل شده‌است.

خلاصه، طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با آموزش بر روی مجموعه داده گسترش یافته با روش پیشنهادی برای داده‌افزایی به دقت ۸۱ درصد در طبقه‌بندی نظرات کاربران در رابطه با بازگشایی مدارس دست یافته‌است که در مقایسه با روش‌های پایه دقت بالاتری دارد. همچنین روش پیشنهادی برای داده‌افزایی قادر به گسترش مجموعه داده اولیه به میزان ۹۶/۶۷ درصد است.

موارد تشخیص منفی بودن فعل جمله به‌درستی انجام نشود. درباره ویژگی قطبیت متن براساس واژگان حسی نیز، مسئله اصلی این است که در اینجا هدف تعیین مثبت یا منفی بودن جمله نیست، بلکه به جملات برچسب موافق یا مخالف بازگشایی مدارس داده شده‌است؛ بنابراین، جمله‌ای مانند "آموزش مجازی فاجعه‌بار است" که براساس واژگان حسی برچسب منفی می‌گیرد (به دلیل واژه فاجعه‌بار)، در مجموعه داده دارای برچسب موافق بازگشایی مدارس است؛ در واقع، در اینجا موضوع جمله که درباره "آموزش مجازی"، "بازگشایی مدارس" و... است نیز حائز اهمیت است که در حال حاضر در مجموعه داده موجود نیست و می‌تواند به‌عنوان کار آتی مدنظر قرار گیرد.

۴-۲- ارزیابی روش پیشنهادی برای داده‌افزایی

به‌منظور ارزیابی کارایی روش پیشنهادی برای داده‌افزایی، ابتدا مجموعه داده اولیه شامل ۷۴۱ نظر به تصادف به دو بخش آموزش و آزمون تقسیم شده‌است. مجموعه آموزش دارای ۵۴۱ نمونه و مجموعه آزمون دارای دویست نمونه است. نمونه‌های مجموعه آزمون به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که نیمی از جملات برچسب موافق و نیمی دیگر برچسب مخالف داشته باشند؛ سپس دو آزمایش برای ارزیابی روش پیشنهادی انجام گرفته‌است. در آزمایش نخست یک‌بار از ترجمه برگشتی به تنهایی و بار دیگر از ترکیب ترجمه برگشتی با جایگزینی واژگان مترادف استفاده شده‌است. در جدول (۴) کارایی طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با آموزش بر روی مجموعه داده اولیه و مجموعه‌های داده حاصل از این دو روش مقایسه شده‌است.

(جدول ۴): مقایسه روش ترجمه برگشتی و روش ترکیبی

(Table-4): Comparison of back-translation and combined methods

روش	تعداد داده اضافه شده	دقت	فراخوانی	صحت	معیار F
بدون داده‌افزایی	۰	۷۶	۷۴	۷۴	۷۵
ترجمه برگشتی	۵۰۳	۷۵	۷۳	۷۳	۷۴
روش ترکیبی	۵۲۳	۸۱	۷۹	۷۹	۸۰

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود معیار F روش ترکیبی در مقایسه با روش پایه (بدون داده‌افزایی) و داده‌افزایی براساس ترجمه جملات، به ترتیب پنج و شش درصد بهبود داشته‌است. یکی از مشکلاتی که روش

(جدول-۵): کارایی روش پیشنهادی برای داده‌افزایی با

جایگزینی واژگان مترادف برای نقش‌های نحوی مختلف

(Table-5): Efficiency of the proposed method for data augmentation with the replacement of synonym words for different syntactic roles

معیار F	صحت	فراخوانی	دقت	تعداد داده اضافه شده	روش ترکیبی
۷۳	۷۳	۷۳	۷۴	۵۱۶	با جایگزینی اسامی
۷۸	۷۸	۷۸	۷۹	۵۱۸	با جایگزینی افعال
۷۸	۷۷	۷۷	۷۹	۳۲۰	با جایگزینی صفات
۸۰	۷۹	۷۹	۸۱	۵۲۳	با جایگزینی هر سه

کوچک‌بودن اندازه مجموعه آموزش باشد، زیرا الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای استخراج خودکار ویژگی‌ها نیاز به حجم قابل توجهی داده آموزشی دارند.

(جدول-۶): تأثیر داده‌افزایی بر کارایی CNN
(Table-6): The effect of data augmentation on CNN performance

روش	دقت	فراخوانی	صحت
CNN [25]	۷۷	۷۴.۶	۷۴.۶
روش پیشنهادی	۸۰	۷۸	۷۸

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی کارا برای تحلیل احساسات نظرات کاربران فارسی‌زبان توئیتر درباره بازگشایی مدارس در دوران کرونا با استفاده از یادگیری باناظر ارائه شد. در روش پیشنهادی ابتدا یک مجموعه آموزش کوچک به‌صورت دستی برچسب‌گذاری شد و سپس با یک روش ترکیبی تعداد نمونه‌های آن افزایش یافت. همچنین نشان داده شد که به‌دلیل ماهیت خاص زبان فارسی و نیز دقت کم ابزارهای پردازش متن فارسی، برخی پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های رایج تحلیل احساسات در زبان انگلیسی کارایی لازم را ندارند؛ بنابراین، پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفت و مجموعه پیش‌پردازش‌ها و ویژگی‌های مناسب برای زبان فارسی تعیین و در پایان براساس ویژگی‌های منتخب به طبقه‌بندی نظرات با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان پرداخته شد. نتایج ارزیابی‌هایی انجام‌گرفته نشان داد که روش پیشنهادی برای داده‌افزایی منجر به گسترش مجموعه آموزش به میزان ۹۶/۶۷ درصد شده‌است. همچنین دقت طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان بر روی مجموعه آموزش پس از داده‌افزایی در مقایسه با مجموعه‌داده اولیه پنج‌درصد بهبود داشته‌است. همچنین، برطبق ارزیابی‌های انجام‌گرفته، روش پیشنهادی برای داده‌افزایی دقت طبقه‌بند شبکه عصبی پیچشی را به میزان سه‌درصد افزایش داده‌است.

به‌عنوان کار آینده قصد داریم ویژگی‌های مورد بررسی در این مقاله را در یک مدل شبکه عصبی پیچشی چند کاناله (MCNN⁶) به‌کار گرفته و تأثیر این ویژگی‌ها را بر بهبود عملکرد طبقه‌بندی نظرات بررسی کنیم. به‌علاوه، به‌دلیل این که کارایی مدل‌های یادگیری عمیق بسیار وابسته به حجم داده‌های آموزشی است، در ادامه پژوهش حاضر برآنیم تا با درنظرگرفتن نرخ افزایش بیشتر (تولید

در آزمایش پایانی، تأثیر روش پیشنهادی برای داده‌افزایی بر بهبود عملکرد روش پیشنهادی در مرجع [25] برای تحلیل احساسات کاربران رسانه‌های اجتماعی فارسی با استفاده از شبکه عصبی پیچشی (CNN¹) مورد بررسی قرار گرفته‌است. برای این منظور، پس از داده‌افزایی، ابتدا پیش‌پردازش‌های حذف هرزواژه‌ها، نرمال‌سازی و تقطیع واژه‌ها انجام شده‌است و سپس با کمک طبقه‌بند CNN نظرات تعیین قطبیت شده‌اند. مطابق مرجع [25]، طبقه‌بند CNN دارای لایه‌های اصلی تعبیه‌ساز واژگان، کانولوشن (با ۱۲۸ فیلتر با اندازه هسته ۳)، ادغام بیشینه‌ای^۲ و به‌طور کامل متصل^۴ با تابع بیشینه نرم است. همچنین، ابعاد بردار واژگان ورودی برابر ۱۰۰، نرخ حذف تصادفی^۵ در لایه ماقبل آخر برابر ۰/۵ و الگوریتم بهینه‌سازی آدام با نرخ یادگیری ۰/۰۰۱ درنظر گرفته شده‌است.

نتایج جدول (۶)، میانگین پنج‌بار اجرای الگوریتم‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، روش پیشنهادی با گسترش مجموعه آموزش توانسته‌است معیارهای دقت و فراخوانی طبقه‌بند CNN را به‌ترتیب به‌میزان ۳ و ۳/۴ درصد بهبود دهد.

مقایسه جدول‌های (۴) و (۶) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی برای داده‌افزایی با طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان به‌نتایج بهتری در مقایسه با شبکه عصبی پیچشی رسیده‌است که دلیل اصلی آن می‌تواند

¹ Convolutional Neural Network

² Embedding

³ Max-Pooling

⁴ Fully connected

⁵ Dropout

⁶ Multichannel Convolutional Neural Network

- Progress in the machine intelligence for data science”, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 53, pp. 102557, 2022.
- [12] Wang, Y., Chen, Q., Shen, J., Hou, B., Ahmed, M. and Li, Z., “Aspect-level sentiment analysis based on gradual machine learning”, Knowledge-Based Systems, Vol. 212, pp.106509, 2021.
- [13] Riaz, S., Fatima, M., Kamran, M. and Nisar, M.W., “Opinion mining on large scale data using sentiment analysis and k-means clustering”, Cluster Computing, Vol. 22, No. 3, pp. 7149-7164, 2019.
- [14] Shams, M., Shakery, A. and Faili, H., “A non-parametric LDA-based induction method for sentiment analysis”, In The 16th CSI international symposium on artificial intelligence and signal processing (AISP 2012). IEEE, 2012.
- [15] Najafzadeh, M., Rahati Quchan, S. and Ghaemi, R., “A Semi-supervised Framework Based on Self-constructed Adaptive Lexicon for Persian Sentiment Analysis”, Signal and Data Processing, Vol. 15, No. 2, pp. 89-102, 2018.
- [16] Mendon, S., Dutta, P., Behl, A. and Lessmann, S., “A Hybrid approach of machine learning and lexicons to sentiment analysis: enhanced insights from twitter data of natural disasters”, Information Systems Frontiers, pp.1-24, 2021.
- [17] Ahangari, M. and Sebti, A., “A Hybrid Approach to Sentiment Analysis of Iranian Stock Market User’s Opinions”, International Journal of Engineering, Vol. 36, No. 3, pp.573-584, 2023.
- [18] Imran, A.S., Daudpota, S.M., Kastrati, Z. and Batra, R., “Cross-cultural polarity and emotion detection using sentiment analysis and deep learning on COVID-19 related tweets”, IEEE Access, Vol. 8, pp.181074-181090, 2020.
- [19] Manguri, K. H., Ramadhan, R. N. and Amin, P. R. M., “Twitter sentiment analysis on worldwide COVID-19 outbreaks”, Kurdistan Journal of Applied Research, pp. 54-65, 2020.
- [20] Kaur, C. and Sharma, A., “Twitter Sentiment Analysis on Coronavirus using Textblob”, EasyChair, 2020.
- [21] Ra, M., Ab, B. and Kc, S., “COVID-19 outbreak: Tweet based analysis and visualization towards the influence of coronavirus in the World”, 2020.
- [22] Costola, M., Hinz, O., Nofer, M. and Pelizzon, L., “Machine learning sentiment analysis, Covid-19 news and stock market reactions”, Research in International Business and Finance, pp. 101881, 2023.
- [23] Leelawat, N., Jariyapongpaiboon, S., Promjun, A., Boonyarak, S., Saengtabtim, K., Laosunthara, A., Yudha, A.K. and Tang, J., “Twitter data sentiment analysis of tourism in Thailand during the COVID-19 pandemic

چندین جمله به ازای هر جمله در مجموعه آموزش اولیه)، نمونه‌های مصنوعی بیشتری تولید کنیم و همچنین با در نظر گرفتن معماری پیچیده‌تری برای شبکه عصبی پیچشی دقت طبقه‌بندی را افزایش دهیم.

6-References

۶- مراجع

- [1] Liu, B., “Sentiment analysis and opinion mining”, Synthesis lectures on human language technologies, Vol. 5, No. 1, pp. 1-167, 2012.
- [2] Ahangari Ahangarkolaei, M., Sebti, A. and Yaghoubi, M., “Automatically generate sentiment lexicon for the Persian stock market”, Signal and Data Processing, Vol. 20, No. 2, pp. 3-20, 2023.
- [3] Noferesti, S. and Shamsfard, M., “A semantic framework based on domain knowledge for opinion mining of drug reviews”, Journal of applied research and technology, Vol. 20, No. 6, pp. 652-667, 2022.
- [4] Rajabi, Z., Valavi, M. and Hourali M., “Sentiment analysis methods in Persian text: A survey”, Signal and Data Processing, Vol. 19, No. 2, pp. 107-132, 2019.
- [5] Catelli, R., Pelosi, S., Comito, C., Pizzuti, C. and Esposito, M., “Lexicon-based sentiment analysis to detect opinions and attitude towards COVID-19 vaccines on Twitter in Italy”, Computers in Biology and Medicine, Vol. 158, pp. 106876, 2023.
- [6] Huang, M., Xie, H., Rao, Y., Liu, Y., Poon, L. K. and Wang, F. L., “Lexicon-based sentiment convolutional neural networks for online review analysis”, IEEE Transactions on Affective Computing, 2020.
- [7] Baccianella, S., Esuli, A. and Sebastiani, F., “Sentiwordnet 3.0: an enhanced lexical resource for sentiment analysis and opinion mining”, LREC. 2010.
- [8] Cambria, E., Liu, Q., Decherchi, S., Xing, F. and Kwok, K., “SenticNet 7: A commonsense-based neurosymbolic AI framework for explainable sentiment analysis”, In Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference, pp. 3829-3839, 2022.
- [9] Dashtipour, K., Hussain, A., Zhou, Q., Gelbukh, A., Hawalah, A.Y. and Cambria, E., “PerSent: A freely available Persian sentiment lexicon”, In International Conference on Brain Inspired Cognitive Systems, pp. 310-320, Springer, Cham, 2016.
- [10] Sabeti, B., Hosseini, P., Ghassem-Sani, G. and Mirroshandel, S.A., “LexiPers: An ontology based sentiment lexicon for Persian”, arXiv preprint arXiv:1911.05263, 2019.
- [11] Revathy, G., Alghamdi, S.A., Alahmari, S.M., Yonbawi, S.R., Kumar, A. and Haq, M.A., “Sentiment analysis using machine learning:

using machine learning", Heliyon, Vol. 8, No. 10, pp. e10894, 2022.

[24] Miller, G. A., "WordNet: a lexical database for English", Communications of the ACM, Vol. 38, No. 11, pp. 39-41, 1995.

[۲۵] روحانیان، مرتضی، صالحی، مصطفی، درزی، علی و رنجبر، وحید، "تحلیل احساس در رسانه‌های اجتماعی فارسی با رویکرد شبکه عصبی پیچشی"، مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، شماره ۳۸، صفحات ۵۹-۶۶، ۱۳۹۹.



مرضیه میر در سال ۱۳۹۶ دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی فناوری اطلاعات در دانشگاه ملی زابل به پایان رسانده است. ایشان در حال حاضر دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی در دانشگاه سیستان و بلوچستان است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

marziyemir95@gmail.com



سمیرا نوفرستی در سال ۱۳۸۲ دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر در دانشگاه صنعتی شریف به پایان رسانده است. در سال ۱۳۸۴ مدرک کارشناسی ارشد خود را در همان رشته از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدرک دکترا را در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه شهید بهشتی دریافت کرده است. در حال حاضر عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

snoferesti@ece.usb.ac.ir