



Keywords Extraction from Persian Thesis Using Statistical Features and Bayesian Classification

Vol. 12, No. 6, Tome 66
pp. 339-367
January & February 2022

Behzad Hejazi¹  & Jalal A. Nasiri^{2*} 

Abstract

Keyword extraction aims to extract words that are able to represent the corpus meaning. Keyword extraction has a crucial role in information retrieval, recommendation systems and corpora classification. In Persian language, keyword extraction is known as hard task due to Persian's inherent complication. In this research work, we aim to address keyword extraction with a combination of statistical and Machine Learning as a novel approach to this problem. First the required preprocessing is applied to the corpora. Then three statistical methods and Bayesian classifier was utilized to the corpora to extract the keywords pattern. Also, a post processing methods was used to decrease the number of True Positive outputs. It should be pointed out that the built model can extract up to 20 keywords and they will be compared with keywords in the corresponding corpus. The evaluation results indicate that the proposed method, could extract keywords from scientific corpora (Specifically Thesis and Dissertations) with a good accuracy.

Keywords: Extraction, Bayesian Classification, statistical features, preprocessing, post-processing

Received: 23 October 2019
Received in revised form: 22 December 2019
Accepted: 13 January 2020

1. M.Sc Student of Artificial Intelligence, Islamic Azad University North Tehran Branch, Tehran, Iran; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6772-8715>
2. Corresponding author: Department of Computational Linguistics, Information Science Research Department, Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IRANDOC), Tehran, Iran; Email: j.nasiri@irandoc.ac.ir, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1821-5037>

1. Introduction

Automated keyword extraction is the process of identifying document terms and phrases that can appropriately represent the subject of our writing. With the proliferation of digital documents today, extracting keywords manually can be impractical. Many applications such as auto-indexing, summarization, auto-classification, and text filtering can benefit from this process since the keywords provide a compact display of the text. Automated keyword generation can be broadly classified into two categories: keyword allocation and keyword extraction.

In keyword allocation, a set of potential keywords is selected from a set of controlled vocabularies, while keyword extraction examines the words in the text. Keyword extraction methods can be broadly classified into four groups: statistical approaches, linguistic approaches, machine learning approaches, and hybrid approaches.

2. Literature Review

working on Persian words is a big challenge for the paucity of sufficient research. The inadequacy of text pre-processing programs has made it more complex than the Latin language. Also, the presence of large dimensions of input data is one of the challenges that has always arisen in such researches and this problem becomes more apparent due to the variety of Persian written forms (Gandomkar, 2017, p. 233:256). In Moin Maedi's article (2015, p. 34:42) A method for extracting keywords in Persian language is presented. This article extracts keywords from each text separately and without seeing another text as training data.

In the article by Mohammad Razaghnouri (2017, P. 16:27) using the Word2Vec method and the TIF-IDIF frequency, they created a question and answer system in Persian, which is a new work due to the use of Word2Vec in Persian. However, with size reduction techniques and Word2Vec, this 72% success rate can be enhanced in the future.

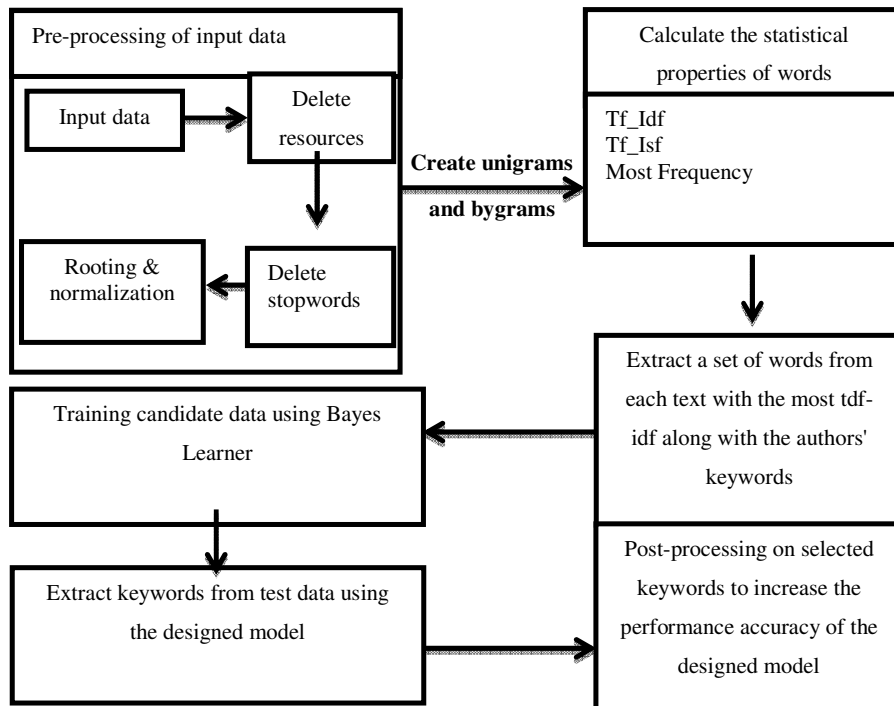
3. Methodology

Accordingly, the current paper examines the integration of statistical keyword extraction methods with the Naive Bayes Classifier. Initially, we integrated input texts which are dissertations in Persian by using preprocessing (deletion of stop words, etymology, etc.) methods. Then, using the available statistical features, each word has been given a certain weight. Then, the valuable words of each text were selected and the proposed model was taught using the selected category, then the selected words were processed by the trained model, and at the end, the words extracted from the final model were evaluated using the keywords suggested by the authors themselves. Figure 1 depicts all the steps performed.

4. Results

Literature review shows that this is the first time that these combinations are used to extract Persian keywords, so that unlike other studies, each text is as a sample for category input and words as its properties, however, in this paper the words of each text input are categorized and words are extracted using statistical methods that are considered as features. The choice of keywords by the authors has always been a personal decision and people may not make a single decision to choose a set of words for a single text.

Figure 1
Proposed research framework for keyword extraction



The current paper attempts to create a model and program with a new approach, due to the small number of input documents, which to extract keywords without dependence on the orientation of dissertations and the meaning of their words and only by using statistical features of words in each text. According to Tables 1 and 2, the developed model is able to extract a maximum of 20 keywords from each dissertation with an overall accuracy of 98.1%, in best condition which that is the use of a maximum frequency feature. The keywords written in each dissertation with 84% and 98% accuracy, correspond to one-word and two-word expressions, respectively.

Table 1

Evaluation criteria for Bayesian outputs in different states of statistical Features

| Statistical Features | Accuracy | Recall | F1-Score | Precision |
|-------------------------------|----------|--------|----------|-----------|
| Tf_Idf, Most Frequent, Tf_Isf | 97.2% | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| Most Frequent | 98.1% | 0.982 | 0.99 | 0.99 |
| Tf_Idf, Tf_Isf | 99.8% | 0.91 | 0.94 | 0.99 |

Table 2

Evaluation of post-processing test data for outputs that have been categorized by keyword.

| Step | Statistical Features | Recall | F1-Score | Precision | Number of words | Number of keywords that selected by writers |
|------------------|----------------------|--------|----------|-----------|-----------------|---|
| Uni-Grams | Most Frequent | 0.84 | 0.323 | 0.2 | 210 | 42 |
| By-Grams | Most Frequent | 0.98 | 0.888 | 0.8 | 158 | 34 |



دوماهنامه بین‌المللی

د ۱۲، ش ۶ (پیاپی ۶۶) بهمن و اسفند ۱۴۰۰، صص ۳۳۹-۳۶۷

مقاله پژوهشی

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.23223081.1400.12.6.29.5>

استخراج کلیدواژگان پایان‌نامه فارسی با استفاده از ویژگی آماري و دسته‌بند بيز

بهزاد حجازي^۱، جلال‌الدین نصیری^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۲. استادیار دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱

چکیده

هدف اصلی استخراج کلمات کلیدی انتخاب مجموعه‌ای از لغات در متن است که می‌تواند موضوع اصلی متن را بازگو کند. استخراج کلیدواژگان در بازیابی اطلاعات، سیستم‌های پیشنهاددهنده متنی و دسته‌بندی متون، نقش مهم را ایفا می‌کند. در زبان فارسی با توجه به پیچیدگی ذاتی زبان فارسی استخراج کلیدواژگان به‌مراتب دشوارتر شده است. در این پژوهش سعی شده است با رویکرد نوین ترکیبی آماری و یادگیری ماشین به استخراج کلیدواژگان پرداخته شود. ابتدا با توجه به ساختار زبان فارسی پیش‌پردازش‌های لازم برای حذف کلمات و علائم نگارشی صورت می‌گیرد. سپس با استفاده از سه نوع ویژگی آماری و دسته‌بند بیز سیستم به‌صورت خودکار الگوی کلمات کلیدی با کلمات عادی را آموزش می‌بیند. همچنین پس‌پردازش کارا برای کم کردن کلمات مثبت کاذب در چارچوب پیشنهادی طراحی شده است. گفتنی است که مدل ساخته‌شده قادر به شناسایی تعداد حداکثر ۲۰ کلیدواژه در هر پایان‌نامه است و این کلمات با کلیدواژگان نوشته‌شده در هر متن مقایسه و ارزیابی می‌شوند. نتایج ارزیابی‌های متنوع نشان می‌دهد روش پیشنهادی با دقت مناسبی توانسته است کلمات کلیدی نوشتارهای فارسی علمی (پایان‌نامه و رساله) را استخراج کند.

واژه‌های کلیدی: استخراج کلیدواژگان، دسته‌بند بیز، ویژگی‌های آماری، پیش‌پردازش، پس‌پردازش.

E-mail: j.nasiri@irandoc.ac.ir

* نویسنده مسئول مقاله:

۱. مقدمه

استخراج خودکار کلمات کلیدی فرایند شناسایی اصطلاحات و عبارات سندی است که به‌طور مناسب می‌تواند نماینده موضوع نوشتار ما باشد. امروزه با گسترش تعداد اسناد دیجیتال، استخراج کلمات کلیدی به‌صورت دستی می‌تواند یک موضوع غیرعملی باشد. از زمانی که کلیدواژگان نمایشی فشرده از متن را فراهم کرده‌اند، بسیاری از کاربردها مانند نمایه‌سازی خودکار، خلاصه‌سازی، طبقه‌بندی خودکار و فیلترینگ متن می‌توانند از این فرایند سود ببرند. تولید کلمات کلیدی خودکار را می‌توان به‌طور گسترده به دو دسته تقسیم کرد: تخصیص کلیدواژه و استخراج کلمات کلیدی. در تخصیص کلمه کلیدی، مجموعه‌ای از کلمات کلیدی محتمل از مجموعه‌ای واژگان کنترل‌شده انتخاب می‌شوند، درحالی که در استخراج کلیدواژه، کلمات موجود در نوشتار موردبررسی قرار می‌گیرند. روش‌های استخراج کلیدواژه می‌توانند به‌طور عمده به چهار گروه تقسیم شوند: رویکردهای آماری، رویکردهای زبانی، رویکردهای یادگیری ماشین و رویکردهای ترکیبی.

دسته‌بندی متن بخش مهمی در داده‌کاوی است که متنی را به یک یا چند کلاس یا دسته‌های از پیش‌تعیین‌شده اختصاص می‌دهد. چندین شکل از مجموعه‌های متنی مانند مقالات خبری، کتابخانه‌های دیجیتالی و صفحات وب منابع مهم اطلاعات هستند. از این‌رو، طبقه‌بندی متن یک جهت تحقیقاتی مهم در علوم کتابداری، اطلاع‌رسانی و علوم کامپیوتر است. بسیاری از کاربردهای داده‌کاوی را می‌توان به‌منزله یک مشکل طبقه‌بندی متن مدل‌سازی کرد. این کاربردها فیلترینگ اخبار، سازماندهی اسناد، بازیابی، تحلیل احساسات، فیلترینگ هرزنامه‌ها و استخراج کلیدواژگان است.

به‌دلیل نبود پژوهش‌های کافی، کار بر روی کلمات فارسی چالشی بزرگ است. کافی نبودن برنامه‌های مرتبط با پیش‌پردازش متن این امر را نسبت به زبان لاتین پیچیده‌تر کرده است. همچنین، وجود ابعاد بزرگ داده‌های ورودی یکی از چالش‌هایی است که همواره در این گونه پژوهش‌ها به‌وجود آمده است و به‌دلیل تنوع در صورت‌های نگارشی زبان فارسی (گندمکار، ۱۳۹۶، صص. ۲۳۳-۲۵۶) این مشکل، بیشتر نمایان می‌شود.

باتوجه به مسائل یادشده، این مقاله به بررسی ادغام روش‌های استخراج آماری کلمات کلیدی با دسته‌بند بیز ساده می‌پردازد. در ابتدا با استفاده از پیش‌پردازش (حذف

ایستواژه‌ها، ریشه‌یابی و ...) به یکپارچه‌سازی متن‌های ورودی که پایان‌نامه‌هایی به زبان فارسی است، پرداخته شده است. سپس با استفاده از ویژگی‌های آماری موجود، به هر کلمه وزن مشخصی اعطا شده است. در مرحله بعد کلمات با ارزش هر متن انتخاب و با استفاده از دسته‌بند انتخابی به آموزش مدل مطرح‌شده پرداخته شده است. سپس پس‌پردازش کلمات انتخاب‌شده توسط مدل آموزش‌دیده صورت می‌پذیرد. در انتهای کار با بهره‌گیری از کلیدواژگان مطرح‌شده توسط خود نویسندگان به ارزیابی کلمات استخراج‌شده از مدل نهایی پرداخته شده است.

باتوجه به مطالعات انجام‌شده، این اولین‌بار است که برای استخراج کلیدواژگان فارسی از این ترکیب‌ها استفاده می‌شود، به‌طوری که برخلاف آنکه همانند سایر پژوهش‌های صورت‌گرفته، هر متن به‌منزله یک نمونه برای ورودی دسته‌بند و کلمات به‌منزله ویژگی‌های آن باشند، در این پژوهش کلمات هر متن ورودی‌های دسته‌بند هستند و با بهره‌گیری از روش‌های آماری که به‌منزله ویژگی‌ها در نظر گرفته شده‌اند، به استخراج کلمات پرداخته می‌شود. در این پژوهش فرض بر این است که با بهره‌گیری از اطلاعات آماری داده‌های ورودی، مدلی هوشمند برای استخراج کلیدواژگان با دقت بالا ساخته شده است.

ادامه مقاله بدین شکل سازمان‌دهی شده است که در بخش دوم به بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در زبان لاتین و فارسی پرداخته شده است. در بخش سوم به شرح چارچوب پیشنهادی پرداخته و قسمت‌های مختلف برنامه تعریف شده است. در بخش چهارم نتایج عملی موردبررسی قرار می‌گیرد. بدین شکل که نحوه جمع‌آوری داده‌ها و عملیاتی که به روی آن‌ها صورت می‌پذیرد به‌طور کامل شرح داده می‌شود و نتایج آن موردتخلیل قرار می‌گیرد. در بخش پنجم نتیجه‌گیری مقاله موردبحث قرار گرفته و در بخش آخر به ایده‌های آینده برای انجام پژوهش‌های مختلف در این مبحث پرداخته شده است.

۲. مرور ادبیات

۲-۱. پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه زبان لاتین

در تازه‌ترین پژوهش‌هایی که در این حوزه انجام شده می‌توان به آتانو دی (2018, p.92) اشاره کرد که در آن باتوجه به تجزیه و تحلیل احساسات به ارزیابی عملکرد

محصولات و خدمات، از محتویات تولیدشده توسط کاربر می‌پردازد. رویکردهای تجزیه و تحلیل احساسات مبتنی بر زنجیره‌های نحوی، زمانی که اطلاعات آموزشی کافی نیست بر مبنای یادگیری ترجیح داده می‌شوند. واژگان موجود فقط دارای یگانگی و نمره احساسات خود هستند. مشاهده می‌شود که در استخراج عبارات چندکلمه‌ای، کلمه‌های احساس شده به وسیله ترکیبی از تک‌کلمه‌ای‌ها^۲ با تقویت‌کننده‌ها نتایج بهبودیافته را نشان می‌دهد. چنین واژگان عاطفی در دسترس عموم نیست. این مقاله روشی را برای ایجاد عباراتی به نام جملات چندبخشی^۳ ارائه می‌دهد. رویکرد مبتنی بر قاعده پیشنهادی، نمرات احساسات چندبخشی را از یک مجموعه تصادفی شامل بررسی محصول و رتبه‌بندی عددی مربوطه در مقیاس پنج‌گانه استخراج می‌کند. به علاوه روش‌هایی که گفته شد، قوانین اضافی دیگری نیز وجود دارند که می‌توانند به همراه روش‌های گفته شده به کار گرفته شوند و کیفیت عبارات کاندید را بهبود بخشند. چنین ایده‌هایی در مقاله رافائل^۴ (2010, p.190, 193) به کار گرفته شده است. در روش آن‌ها اگر یک عبارت در ۴۰۰ کلمه اول متن ظاهر نشود آنگاه به منزله عبارت کاندید جهت پیش‌بینی کلیدواژگان در نظر گرفته نمی‌شود. ایده پشت شرط آن‌ها این است که اگر یک عبارت در ابتدای متن به کار نرود پس احتمال کمی وجود دارد که عبارت کلیدی باشد. یک رویکرد مشابه توسط نیومن^۵ (2010, p.150, 153) به کار گرفته شده که محدوده استخراج عبارات کاندید را به ۲۰۰۰ کلمه اول هر متنی محدود می‌کند. در مقاله لانگ^۶ (2010, p.21, 26) نیز رویکردی به کار گرفته شده که در آن، انتخاب عبارات کاندید را به بخش‌های چکیده، مقدمه، کارهای مرتبط، عناوین موجود در متن و اولین خط هر پاراگراف برای ادامه متن محدود می‌کنند. این روش کیفیت نتایجشان را بهبود بخشیده است.

لیتواک^۷ (2008, p.17, 24) به بررسی کارایی روش‌های استخراج کلمات کلیدی متمرکز و بدون نظارت بر استخراج خلاصه اسناد پرداختند. برای نشان دادن اسناد متنی، نمایندگی نحو بر اساس گراف استفاده شده است.

در مطالعه دیگری هوان^۸ (2006, p.275, 284) یک الگوریتم استخراج کلمات کلیدی خودکار ارائه داد که می‌توان آن را در هر دو روش یادگیری بدون نظارت و تحت نظارت استفاده کرده است. الگوریتم ارائه شده هر سند متن را به منزله شبکه‌ای معنایی مدل می‌کند. عبارات کلیدی بر اساس دینامیک ساختاری شبکه معنایی استخراج می‌شوند.

ترنی^۹ (2002) روش استخراج کلمات کلیدی را به‌منزله یک مسئله یادگیری ماشین نظارت‌شده ارائه کرد. در این روش از ۹ ویژگی برای امتیاز دادن به عبارات کاندید استفاده شده است. سپس عبارات کلیدی براساس ویژگی‌ها از میان کاندیده‌ها استخراج می‌شوند. ویتن^{۱۰} (1999) یک الگوریتم استخراج کلمات کلیدی ساده و کارآمد (KEA) را ارائه داد که از الگوریتم بیز ساده برای استخراج کلمات کلیدی مبتنی بر دامنه استفاده می‌کند. در این روش، عبارات کلیدی ممکن باید با روش‌های لغوی تعیین شود و عبارات کلیدی خوب توسط الگوریتم یادگیری ماشین به‌دست آید. کمر^{۱۱} (2005, p.657, 669) اثربخشی روش‌های خودکار استخراج کلیدواژه‌ها و روش‌های یادگیری را در مقالات علمی به زبان انگلیسی موردبررسی قرار دادند. روش‌های استخراج کلمات کلیدی با روش‌های مختلف یادگیری ماشین ارزیابی می‌شوند و نتایج تجربی نشان می‌دهد که الگوریتم C4.5 دارای بالاترین نرخ پیش‌بینی برای دامنه است. در تحقیقات عملی صورت‌گرفته در آنان^{۱۲} (2016, p.232, 247) که برای استخراج کلمات کلیدی بر روی کتابخانه دیجیتال ACM صورت گرفته است از ترکیب روش‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با هم پرداخته است که بهترین نتایج مربوط به ترکیب الگوریتم‌های دسته‌بندی‌کننده^{۱۳} و جنگل تصادفی^{۱۴} است.

۲-۲. پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه زبان فارسی

همچنین مقالاتی در این حوزه در زبان فارسی به چاپ رسیده است که در ادامه به اختصار توضیحاتی درموردشان داده می‌شود. در مقاله معین ماعدی^{۱۵} (2015, p.34, 42) روشی برای استخراج کلمات کلیدی در زبان فارسی ارائه شده است که این مقاله به استخراج کلیدواژگان از هر متن به صورت جداگانه و بدون دیدن متن دیگری به‌عنوان داده‌های آموزش، می‌پردازد. روش پیشنهادی مقاله با ترکیب ویژگی‌های آماری، بردار موقعیت تکرار را برای هر کلمه و قوانین ساده زبان ارائه داده است. روش پیشنهادی در سه مرحله ارائه شده است که پیش‌پردازش متن، وزن‌دهی به کلمات، ایجاد بردار موقعیت تکرار کلمه در متن و محاسبه شباهت و استفاده از اسناد تشکیل‌شده برای این مطالعه در زبان فارسی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از این روش نتیجه می‌شود که زبان فارسی را می‌توان به‌منزله دستاورد جدید و امیدوارکننده برای زبان‌های دیگر در نظر گرفت. باوجوداین، در

بررسی نتایج حاصل از نتایج به دست آمده می‌توان مشکلات زیر را در بررسی نتایج به دست آورد: ۱. انتخاب کلمات توصیفی به جای کلمات کلیدی توسط نویسنده، ۲. استفاده از اختصار انگلیسی به جای کلمه انتخاب شده فارسی. مانند کلمه «بردارهای ماشین پشتیبان» در کلمات کلیدی، اما استفاده از کلمه «SVM» در متن، ۳. استفاده کوچک در متن یا به منزله اشاره مختصر به ویژه کلمات مهم در مقالات، معمولاً در ابتدای متن مانند عنوان، انتزاعی یا مقدمه بیشتر برای حضور وجود دارد و اغلب نویسندگان به ضمائر یا مرجع آن‌ها اشاره دارند، ۴. وجود کلمات و عبارات مربوط به سبک نوشتاری نویسنده، ۵. ایجاد ابهام در مرحله تبدیل فایل PDF به متن، ۶. احترام نگذاشتن به زبان فارسی.

در مقاله محمد رزاعنوری^{۱۶} (2017, p.16, 27) با استفاده از روش ورد تو وک^{۱۷} و بسامد تی اف - ای دی اف سیستم پرسش و پاسخ را در زبان فارسی به وجود آوردند که با توجه به استفاده از ورد تو وک در زبان فارسی کاری تازه بوده است، گرچه با تکنیک‌های کاهش ابعاد و ورد تو وک می‌توان این ۷۲ درصد میزان موفقیت را در آینده ارتقا داد.

در مقاله بهنام ثابتی^{۱۸} (2018) به شرح میراث تکس^{۱۹} پرداخته‌اند که می‌شود گفت بزرگ‌ترین مجموعه اسناد در حوزه زبان فارسی است که دارای بیش از ۲/۴ میلیون سند و دارای بیش از ۱/۴ میلیارد کلمه است، اگرچه هنوز به نسبت زبان انگلیسی دارای مقدار کم‌تری است. در مقاله مرتضی اخوت^{۲۰} (2010, p.94,101) برای برچسب‌گذاری متون فارسی نحوی از روش مارکوف^{۲۱} استفاده کردند. به طوری که برای برچسب‌گذاری کلمات فارسی ابتدا متن فارسی را به انگلیسی ترجمه می‌کردند، سپس متن انگلیسی را برچسب‌گذاری می‌کردند. ایراد این روش این است که در حین ترجمه یک سری کلمات نامشخص باقی می‌مانند که دقت برای این کلمات پایین است. اما برای کلماتی که درست ترجمه شده‌اند که بخش عمده‌ای از متن هستند دارای دقت ۹۸ درصد است و به طور میانگین با احتساب کلمات درست و غلط تشخیص داده شده دارای دقت ۹۷ درصد است.

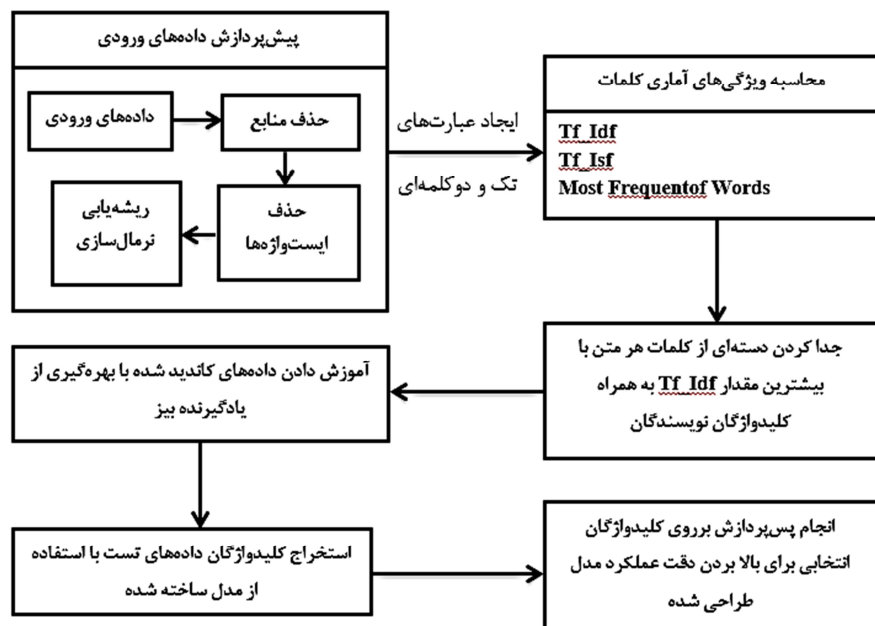
محمد^{۲۲} (2011, p.112,116) با استفاده از متن‌های روزنامه همشهری به استخراج کلمات کلیدی یک کلمه‌ای و دو کلمه‌ای پرداخته است. اما جواب‌هایی که استخراج شده مورد ارزیابی واقع نشده است. حال که بررسی پژوهش‌های پیشین انجام شده است، نوآوری‌های انجام شده در این پژوهش مورد تحلیل قرار گرفته است. این پژوهش سه نوآوری بارز دارد که

بدین شرح است:

- ۱) استخراج کلیدواژه‌ها بر مبنای ویژگی‌های آماری هر کلمه به جای ویژگی‌های هر سند،
- ۲) کاربردی‌سازی الگوریتم‌های استخراج کلیدواژه لاتین برای متون علمی فارسی با توجه به پیچیدگی‌های زبان علمی فارسی،
- ۳) طراحی پس‌پردازش مناسب جهت کارا کردن چارچوب پیشنهادی با توجه به ویژگی‌های زبان فارسی.

۳. چارچوب پیشنهادی

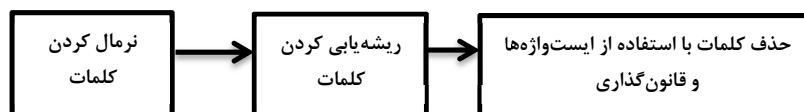
در این قسمت راهکار پیشنهادی برای استخراج کلیدواژگان از متون علمی توضیح داده شده است. نمودار مراحل پیشنهادی در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است. همان‌گونه که از شکل مشخص است، ابتدا داده‌های ورودی دریافت شده‌اند، سپس پیش‌پردازش‌های لازم بر روی داده‌ها انجام شد. در گام بعدی عبارت‌های تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای ایجاد می‌شوند و ویژگی‌های آماری آن‌ها به دست می‌آید. سپس انتخاب کلمات برای داده‌های آموزش انجام شده است. در مرحله بعد به وسیله کلمات انتخابی و یادگیرنده بیز به استخراج کلمات از داده‌های تست پرداخته شده است. سپس پردازش‌های لازم بر روی کلمات انتخابی مدل یادگیرنده پرداخته می‌شود تا بدین وسیله دقت عملکرد برنامه بهبود یابد و کلمات کلیدی برنامه استخراج شوند. در گام آخر، با بهره‌گیری از معیارهای ارزیابی استاندارد تعریف شده که در ادامه مقاله به شرح آن‌ها نیز پرداخته شد، سعی می‌شود دقت عملکرد مدل ساخته شده نمایش داده شود.



شکل ۱: چارچوب پیشنهادی پژوهش برای استخراج کلیدواژگان
Figure 1: Proposed research framework for keyword extraction

۱-۳. پیش‌پردازش متن

پیش‌پردازش متن به مفهوم یکدست کردن متن، شناسایی و از بین بردن کلماتی در متن است که به‌منزله واژه‌های مهم در متن تلقی نمی‌شوند و عموماً این کلمات در تمامی اسناد موجود است و باعث تمایز نوشته‌ها با یکدیگر نمی‌شوند.



شکل ۲: نمودار مراحل پیش‌پردازش داده‌ها
Figure 2: Chart of data preprocessing steps

برای پیش‌پردازش متن می‌شود از ریشه‌یابی و نرمال کردن کلمات استفاده کرد. این امر باعث می‌شود تا کلمات تبدیل به ریشه‌شان شوند و تمامی فاصله‌ها و نیم‌فاصله‌ها استاندارد شوند. برای انجام این کار از کتابخانه هضم در زبان برنامه‌نویسی پایتون استفاده شده است. این کتابخانه توسط گروه سبجه ساخته شده و به‌صورت رایگان در اختیار کاربران قرار گرفته است. نمونه‌ای از تغییرات کلمات، قبل و بعد از استفاده از این برنامه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مقایسه کلمات قبل و بعد از ریشه‌یابی توسط برنامه هضم

Table 1: Compare words before and after rooting by Hazm program

| نمونه اولیه کلمات | کلمات نرمال و ریشه‌یابی شده |
|---------------------|-----------------------------|
| خصوصی‌سازی | خصوص‌ساز |
| سازمانی | سازمان |
| تکنیک‌های داده‌کاوی | تکنیک داده‌کاو |
| دانش‌آموزان | دانش‌آموز |

یکی از ایرادات این قسمت آن است که این برنامه کلماتی مانند «استخوان» را نیز تبدیل به «استخو» می‌کند، اما به‌دلیل زیاد بودن واژگان و حجم زیاد ابعاد به‌اجبار باید از این برنامه استفاده کرد.

ایست‌واژه‌ها کلماتی مانند حروف اضافه و افعال هستند که در پیش‌پردازش از متن ما حذف می‌شوند. نمونه‌ای از این لغات که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: نمونه‌ای از کلماتی که به‌منزله ایست‌واژه به‌کار گرفته شده‌اند

Table 2: An example of words used as a StopWord

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----|--------|-----|-----|------|-----|-------|--------|------|----|
| از | اگه | به | و | رفت | آمد | آنکه | شکل | انجام | همچون | جدول | = |
| این | ولی | آن | همچنین | را | شد | تا | می | سپس | نمودار | + | تا |

در این قسمت بعضی مواقع برای یکپارچگی متن قوانینی توسط خود پژوهشگران علاوه بر حذف ایست‌واژه‌ها نیز وضع می‌شود که در این پژوهش نیز شرط‌هایی برای واژگان

گذاشته شده، که شامل این موارد است: (۱) حذف اعداد، (۲) حذف علائم نگارشی، (۳) حذف منابع و صفحات ابتدایی متون که شامل تقدیر و تشکر و تعهدنامه‌ها هستند. یکی از موارد مشکل‌ساز برای انجام این کار در زبان فارسی به‌طور نمونه آن است که زبان‌های برنامه‌نویسی به‌طور مستقیم قادر به شناسایی و حذف اعداد به زبان فارسی نیستند و باید ابتدا آن‌ها را به زبان انگلیسی برگرداند و سپس به حذف آن‌ها اقدام کرد.

۲-۳. استخراج عبارات تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای

اولین اقدامی که در شناسایی عبارات کاندید در نظر گرفته می‌شود آن است که آیا کلمات تک استخراج شوند یا دنباله‌ای از کلمات. استخراج عبارات چندکلمه‌ای یا همان N-gram یکی از روش‌های رایج در استخراج عبارات کلیدی است. مفهوم و هدف N-gram استخراج گروه‌هایی از n کلمه‌ای پشت‌سر هم در یک جمله است. متغیر n تعداد کلمات را تعیین می‌کند. در این پژوهش با توجه به آنکه اکثریت کلیدواژگان مطرح‌شده توسط نویسندگان یک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای هستند، عبارات تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای استخراج شده‌اند.

۳-۳. وزن‌دهی به کلمات

در این بخش با استفاده از ویژگی‌های آماری به کلمات مربوط به هر سند وزن مشخصی تخصیص داده می‌شود. در این روش برای تعیین کلمات کلیدی از روش‌های آماری فرکانس کلمه و معیار TF-IDF و معیار TF-ISF استفاده شده است. روش استخراج کلیدی آماری می‌تواند مستقل از دامنه باشد و نیازی به اطلاعات آموزشی نیز نداشته باشد (Beliga, 2015, vol.1/p.20).

۱-۳-۳. بسامد کلمه - معکوس بسامد سند^{۲۳}

این روش فرکانس کلمه در یک سند را ارائه می‌دهد. معیار بهتر این است که فرکانس کلمه در سند با مقایسه ارتباط آن با اسناد دیگر به‌دست آورده شود. این معیار بسامد کلمه - معکوس بسامد سند یا به اختصار تی.اف - آی.دی.اف نام دارد که میزان خاص بودن کلمه در متن موردنظر را نشان می‌دهد. برای محاسبه آن از فرمول زیر استفاده می‌شود (Lott,

(2012).

$$TFIDF(t, d, n, N) = TF(t, d) \times IDF(n, N) \quad (1)$$

تی - اف از رابطه زیر و از تقسیم فرکانس کلمه بر تعداد کل کلمات سند به دست می آید. ای - دی - اف نیز از رابطه زیر محاسبه می شود که در آن، N تعداد اسنادی از پیکره است که دارای کلمه مورد نظر است و n تعداد کل اسناد پیکره است.

$$TF(t, d) = \frac{m_{td}}{\sum_k m_{kd}} \quad (2)$$

$$IDF(n, N) = \log \frac{(N + 1)}{(n + 1)} \quad (3)$$

با استفاده از این معیار کلماتی از یک سند که در اسناد دیگر کمتر استفاده شده اند امتیاز بالاتری دارند.

۳-۳-۲. استخراج کلمات کلیدی براساس تکرار^{۲۴}

شایع ترین روش استخراج کلمه کلیدی (MF) است، مؤلفه های متداول در متن را به منزله کلمات کلیدی مشخص می کند. برای نشان دادن اسناد متن، ماتریس اصطلاحی استفاده می شود. در این بازنمایی، مقدار رخداد اصطلاح برای یک جمله خاص ارزش یک یا صفر را به ترتیب مربوط به وقوع یا عدم رخداد اصطلاح در آن جمله می گیرد. براساس این نمایندگی، نمره فرکانس برای هر اصطلاح با محاسبه تعداد وقایع اصطلاح در ماتریس محاسبه می شود. برای هر اصطلاح (t_k)، نمره فرکانس به صورت زیر تعریف می شود (Rossi, 2014, p.17, 37).

$$MF(t_k) = \sum_{s_j \in S} occurence_{t_k, s_j} \quad (4)$$

۳-۳-۳. بسامد کلمه - معکوس بسامد جمله^{۲۵}

بسامد کلمه - معکوس بسامد جمله اندازه های آماری است که سازگاری با «TF-IDF» را به جملات متن می دهد. در اصطلاح TF-ISF، استخراج کلمات کلیدی براساس فرکانس هر جمله از متن سند به منزله یک بردار از وزن در نظر گرفته شده است (Neto, 2000, p.41, 55). در اندازه گیری TF-ISF، نرخ t_k از طریق فراوانی معکوس جمله S به وسیله فراوانی محاسبه

می‌شود (Fiori, 2014):

$$TF-ISF(S) = \sum_{t \in S} freq(t_k) \times isf(t_k) \quad (5)$$

$$isf(t_k) = 1 - \frac{\log(n(t_k))}{\log(n)} \quad (6)$$

جایی که n نشان‌دهنده تعداد جملات در مجموعه اسناد است. در این پژوهش هر کلمه یک جمله در نظر گرفته شده است.

۴-۳. استفاده از یادگیرنده بیز ساده

استخراج عبارات کلیدی می‌تواند به‌منزله فرایند یادگیری ماشین در نظر گرفته شود. این‌گونه روش‌ها در کل به‌صورت زیر عمل می‌کنند: در ابتدا یک مجموعه از سندهای آموزشی برای سیستم فراهم می‌شود که کلمات کلیدی به‌صورت دستی برای هر کدام از سندهای متنی این مجموعه انتخاب شده است. سپس سیستم با استفاده از این مجموعه آموزش داده می‌شود و بعد از آن سیستم این توانایی را دارد که برای اسناد جدید، کلمات کلیدی انتخاب کند. در روش‌های یادگیری ماشین یک الگوریتم یادگیری، مانند ماشین‌های بردار پشتیبانی، بیز ساده، درخت تصمیم‌گیری، برای ساخت یک مدل طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در ساخت مدل، یک مجموعه آموزش اسناد با برچسب استفاده می‌شود و مدل دارای یک مجموعه آزمون از اسناد معتبر است.

بیز ساده^{۲۶}

الگوریتم بیز یک الگوریتم یادگیری آماری است که براساس قضیه بیز است. این الگوریتم در زمینه معرفی، استفاده و یادگیری دانش احتمالی واضح است. براساس طبقه‌بندی فرض استقلال شرطی آن است که هزینه‌های محاسباتی موردنیاز را ساده می‌کند. از این‌رو، الگوریتم می‌تواند به‌خوبی قیاس کند و به‌راحتی می‌تواند در تعدادی از حوزه‌ها، از جمله مشتق متا استفاده شود. این الگوریتم دقت بالا و سرعت را در مجموعه داده‌های بزرگ به ارمغان می‌آورد و نتایج مشابهی را با الگوریتم‌های طبقه‌بندی دیگر مانند تصمیم‌گیری درختان و شبکه‌های عصبی ارائه می‌دهد.

$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)} \quad (7)$$

همسایگی ← $P(x|c)$ ← کلاس احتمال پیشین
 ← $P(c)$ ←
 $P(x)$ ← پیش‌بینی احتمال پیشین

$$P(c|x) = P(x_1|c) \times P(x_2|c) \times \dots \times P(x_n|c) \times P(c) \quad (8)$$

۵-۳. معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی شده در روش‌های استخراج کلمات کلیدی آماری، الگوریتم‌های طبقه‌بندی و روش‌های ترکیبی از دقت طبقه‌بندی، اندازه‌گیری F و منطقه تحت منحنی (AUC) به‌منزله معیارهای ارزیابی استفاده می‌شود. دقت طبقه‌بندی (ACC) یکی از معیارهای به‌کاررفته در بررسی طبقه‌بندی‌هاست. این نسبت، نسبت مثبت واقعی و منفی واقعی در کل تعداد موارد است که توسط معادله نشان داده شده است:

$$ACC = \frac{TN + TP}{TP + FP + FN + TN} \quad (9)$$

جایی که TN، TP، FP و FN نشان‌دهنده تعداد منفی واقعی، تعداد مثبت واقعی، تعداد مثبت کاذب و تعداد منفی‌های کاذب است. دقت (PRE) درصد مثبت واقعی نسبت به مجموع مثبت واقعی و مثبت کاذب است که توسط معادله زیر ارائه شده است:

$$PRE = \frac{TP}{TP + FP} \quad (10)$$

در (REC)، نسبت مثبت‌های واقعی نسبت به مثبت‌های واقعی و منفی‌های کاذب است که توسط معادله زیر داده می‌شود:

$$REC = \frac{TP}{TP + FN} \quad (11)$$

مقدار F مقداری بین (۰ و ۱) است. این میانگین هارمونیک دقیق و فراخوانی است که توسط معادله زیر تعیین می‌شود:

$$F_measure = \frac{2 \times PRE \times REC}{PRE + REC} \quad (12)$$

محدوده تحت‌منحنی (AUC) یکی دیگر از شاخص‌های معمول برای ارزیابی طبقه‌بندی‌ها است. این برابر با احتمالی است که یک طبقه‌بندی نمونه مثبت تصادفی انتخاب‌شده را بالاتر از یک انتخاب منفی انتخاب می‌کند. مقدار آن از ۰ به ۱ طول می‌کشد. مقادیر بالاتر AUC نشان‌دهنده عملکرد بهتر الگوریتم‌های طبقه‌بندی است.

۴. نتایج تجربی

۴-۱. عملکرد و تحلیل تجربی

تمامی داده‌ها که شامل ۱۴۱ فایل پایان‌نامه با فرمت ورد هستند، از مجموعه ایران‌داک گردآوری شده است. این پایان‌نامه‌ها مربوط به رشته‌های علوم انسانی، فنی و مهندسی، هنر، علوم پایه و پزشکی هستند که به ترتیب هرکدام از آن‌ها دارای ۱۴، ۴۸، ۲۳، ۳۱ و ۲۵ پایان‌نامه از مجموع داده‌های ما را سهم‌اند. گفتنی است که تعداد کلیدواژگان مطرح‌شده در جدول ۳ شامل کلیدواژگان بیش از دوکلمه‌ای نیز است، ولی در این پژوهش فقط آن دسته از عباراتی که تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای هستند در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۳: اطلاعات مربوط به داده‌های ورودی

Table 3: Input data information

| تعداد کلیدواژگان | تعداد کلمات | تعداد اسناد | گرایش |
|------------------|-------------|-------------|--------|
| ۷۰ | ۳۰۷۱۶۲ | ۱۴ | انسانی |
| ۲۳۹ | ۷۲۴۹۸۱ | ۴۸ | فنی |
| ۱۱۶ | ۵۳۴۹۰۳ | ۲۳ | هنر |
| ۱۵۰ | ۴۲۲۰۰۳ | ۳۱ | پایه |
| ۱۰۹ | ۲۹۴۹۰۹ | ۲۵ | پزشکی |
| ۶۸۴ | ۲۲۸۳۹۸۵ | ۱۴۱ | جمع کل |

ابتدا داده‌های ورودی مورد پیش‌پردازش قرار گرفته‌اند. در گام بعدی هر متن به صورت

لیستی از عبارات تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای در نظر گرفته شده‌اند. سپس ویژگی‌های آماری گفته‌شده برای هر کدام از این عبارات محاسبه می‌شود و ماتریسی شامل ۵ ستون ایجاد می‌شود، که سه ستون آن ویژگی‌های آماری گفته‌شده، یک ستون مربوط به عبارتهای ورودی و ستون آخر که نشان هر کلمه است. اگر این کلمه توسط نویسنده پایانه‌نامه کلیدواژه باشد، نشان ۱ و در غیر این صورت نشان صفر را می‌گیرد. نمونه‌ای از این ماتریس برای عبارتهای تک‌کلمه‌ای در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴: نمونه‌ای از ماتریس داده‌های ورودی تک‌عبارتی

Table 4: An example of a single-phrase (Unigrams) input data matrix

| کلمات | Tf-idf | Tf-isf | Mf | Label |
|-----------|----------|----------|----|-------|
| فرهنگ | ۰.۰۲۴۵۷۷ | ۰.۰۰۸۶۱۴ | ۵۱ | ۰ |
| استقرار | ۰.۰۰۵۲۶۸ | ۰.۰۰۲۰۲۳ | ۱ | ۰ |
| پرسش‌نامه | ۰.۰۰۳۶۶۸ | ۰.۰۰۱۰۸۲ | ۳ | ۰ |
| نوآور | ۰.۰۰۱۹۸۷ | ۰.۰۰۰۵۱۳ | ۱ | ۱ |

در این مرحله برای کم کردن اختلاف زیاد تعداد کلیدواژه‌ها و غیرکلیدواژه‌ها، باتوجه به بیشترین مقدار ویژگی TF-IDF، تعداد ۵۰ عبارات تک‌کلمه‌ای و ۵۰ عبارات دوکلمه‌ای از هر متن به صورت جداگانه انتخاب می‌شوند و به همراه تمام کلیدواژگان مطرح‌شده توسط نویسندگان جدا می‌شوند. این کلمات انتخاب‌شده همراه دو ویژگی دیگر آن‌ها در ماتریسی قرار داده می‌شوند. پس در این حالت از هر متن حدود ۱۰۰ الی ۱۱۰ کلمه در ماتریس ساخته‌شده موجود است.

در گام بعدی به‌طور تصادفی کلمات مربوط به یک متن را از ماتریس ورودی جدا کردیم و این ماتریس را به‌منزله داده‌های آموزش به یادگیرنده بیز داده می‌شود و تمامی کلمات متنی که جدا شده بودند به‌منزله داده‌های تست در نظر گرفته می‌شوند. این مرحله را ۲۱ بار انجام می‌پذیرد و هر بار کلمات یک متن را به‌طور کامل به‌منزله داده‌های تست در نظر گرفته می‌شود. در انتها باتوجه به معیارهای ارزیابی گفته‌شده به تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود، این آزمایشات با ترکیب‌های مختلف ویژگی‌های آماری مطرح‌شده نیز مقایسه شده است.

جدول ۵: میزان معیارهای ارزیابی برای خروجی دسته‌بند بیز در حالت‌های مختلف ویژگی‌های آماری

Table 5: Evaluation criteria for Bayesian outputs in different states of statistical Features

| ویژگی‌های آماری | Accuracy | Recall | F1-Score | Precision |
|-------------------------------|----------|--------|----------|-----------|
| Tf_Idf, Most Frequent, Tf_Isf | ۹۷.۲٪ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ | ۰.۹۸ |
| Most Frequent | ۹۸.۹٪ | ۰.۹۸۲ | ۰.۹۹ | ۰.۹۹ |
| Tf_Idf, Tf_Isf | ۹۹.۸٪ | ۰.۹۱ | ۰.۹۴ | ۰.۹۹ |

باتوجه به نتایج به‌دست آمده، هنگامی که ویژگی بیشترین فرکانس را از ماتریس داده‌ها حذف می‌شود یادگیرنده بیز قادر به تشخیص داده‌ها با نشان ۱ نیست. بیشترین دقت نیز برای جدا کردن کلیدواژگان از متن نیز مربوط به وقتی است که بیشترین فرکانس به‌تنهایی موردبررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۶: میزان ارزیابی داده‌های تست برای خروجی‌هایی که دسته‌بند آن‌ها را کلیدواژه تشخیص داده است.

Table 6: Evaluation of test data for outputs whose keywords have been categorized

| ترکیب ویژگی‌های آماری | Recall | F1-Score | Precision | تعداد کلمات | تعداد کلیدواژگان انتخابی نویسندگان |
|-------------------------------|--------|----------|-----------|-------------|------------------------------------|
| Tf_Idf, Most Frequent, Tf_Isf | ۰.۹۲ | ۰.۰۲ | ۰.۰۱ | ۷۴۳۳ | ۷۶ |
| Most Frequent | ۰.۹۵ | ۰.۰۳ | ۰.۰۲ | ۴۶۱۸ | ۷۶ |

اما آنچه بیشتر از همه در این مبحث حائز اهمیت است، نتایج مربوط به داده‌هایی از تست است که یادگیرنده به‌منزله کلیدواژه ارائه داده است. باتوجه به آزمایشات انجام‌شده هنگامی که بیشترین فرکانس از ویژگی‌ها حذف می‌شود، یادگیرنده قادر به تشخیص هیچ‌کدام از کلیدواژگان نیست. باتوجه به جدول ۶، در سطر دوم که بیشترین فرکانس فقط استفاده شده است نتایج بهتری از سطر اول که تمامی ویژگی‌ها به بیز انتقال پیدا کرده است، نشان می‌دهد. در سطر دوم هم تعداد کلیدواژگان واقعی بیشتری تشخیص داده شده و Recall بیشتری دارد

و از طرفی دیگر تعداد کلماتی که یک واقعی نیستند و فقط صرفاً شبیه به کلمات کلیدی نویسنده هستند حدود ۲۰۰۰ عبارت کمتر از حالت سطر اول است.

حال برای اینکه تعداد کلیدواژگان انتخابی دارای محدودیت شوند و میزان دقت مدل طراحی شده را بالاتر برود، ابتدا افعال و کلمات کمتر از سه حرف حذف می‌شوند. سپس اقدام به جست‌وجوی کلمات انتخابی در بخش‌هایی از متن شده است که دارای اهمیت روان‌شناختی بیشتری هستند. باتوجه به اینکه بخش‌های چکیده و مقدمه در هر متن باید نشان‌دهنده محتوای آن متن باشند، این راهکار در نظر گرفته شده است. نتایج پژوهش لانگ (2010, p.21, 26) نشان می‌دهد که عموماً کلمات مهم و اثرگذار هر سند حداقل یک‌بار در بخش‌های چکیده و مقدمه آمده‌اند. از آنجایی که انتخاب این بخش‌ها به‌صورت اتوماتیک و هوشمند دشوار است، ۱۰ درصد ابتدای پایان‌نامه برای اعمال پس‌پردازش انتخاب شده است. نتیجه به‌دست‌آمده این است که اگر کلمات در بخش چکیده و فصل اول پایان‌نامه‌ها وجود نداشته باشند از مجموع کلمات انتخابی حذف می‌شوند. در مرحله بعد هرکدام از عبارت‌های تک‌کلمه‌ای و دو کلمه‌ای مربوط به داده‌های تست را به‌صورت جداگانه باتوجه به بیشترین مقدار فرکانس آن‌ها لیست می‌شوند و فقط ۱۰ تایی اول آن‌ها در نظر گرفته می‌شوند. البته این تعداد برای قسمت عبارت‌های دوکلمه‌ای ممکن است کمتر نیز باشد. پس در این صورت خروجی انتهایی مدل طراحی شده حدود حداکثر ۲۰ عبارت تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای است که برای هر یک از ۲۱ متن به‌منزله داده تست در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، پس از انجام عملیات گفته‌شده تعداد کلیدواژگان انتخابی بسیار محدودتر می‌شوند.

جدول ۷. میزان ارزیابی داده‌های تست بعد از پس‌پردازش برای خروجی‌هایی که دسته‌بند آن‌ها را کلیدواژه تشخیص داده است.

Table 7: Evaluation of post-processing test data for outputs that have been categorized by keyword.

| مرحله | ویژگی آماری | Recall | F1-Score | Precision | تعداد کلمات | تعداد کلیدواژگان انتخابی نویسندگان |
|----------------------|---------------|--------|----------|-----------|-------------|------------------------------------|
| عبارت‌های تک‌کلمه‌ای | Most Frequent | ۰.۸۴ | ۰.۳۲۳ | ۰.۲۰ | ۲۱۰ | ۴۲ |
| عبارت‌های دوکلمه‌ای | Most Frequent | ۰.۹۸ | ۰.۸۸۸ | ۰.۸۰ | ۱۵۸ | ۳۴ |

همان‌طور که از جدول ۷ مشخص است مجموع کلمات انتخابی بعد از پردازش گفته‌شده برابر با ۳۶۸ کلمه شده است، یعنی تعداد ۴۲۵ کلمه نسبت به بهترین حالت قبل از پردازش که در جدول ۶ آمده، کم شده است. درصد Precision داده‌های تست که در جدول ۷ آمده است مربوط به ۱۰ کلمه اول مجموع کلمات انتخابی است که باتوجه به مقدار بیشترین فرکانسشان لیست شده‌اند. برای مثال داده‌های خروجی مربوط به یک پایان‌نامه که مربوط به گرایش انسانی است در جدول ۸ و ۹ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در انتها تعداد ۱۰ عبارت تک‌کلمه‌ای و تعداد ۵ عبارت دوکلمه‌ای به‌منزله خروجی مدل طراحی‌شده موجود است. نویسنده این پایان‌نامه عبارت‌های {ساختار سازمانی، نوآوری، بروکراتیک، آموزش عالی} را به‌منزله کلیدواژگان در نظر گرفته است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تمامی کلیدواژگان انتخابی نویسنده در خروجی مدل ساخته‌شده، آمده است. علاوه بر آن‌ها، ۱۱ کلمه دیگر نیز به‌منزله کلیدواژه تشخیص داده شده‌اند که همگی آن‌ها به غیر از دو کلمه {توجه، همبستگی} نشان‌دهنده مفهوم متن موردنظر است.

جدول ۸: نمونه‌ای از خروجی برنامه برای کلمات تک عبارتی

Table 8: An example of a program output for unigram words

| کلمات | بیشترین فرکانس | نشان تشخیص داده شده توسط مدل | نشان نویسنده |
|-----------|----------------|------------------------------|--------------|
| نوآور | ۷۸ | ۱ | ۱ |
| سازمان | ۷۶ | ۱ | ۰ |
| توجه | ۵۷ | ۱ | ۰ |
| کارکن | ۴۸ | ۱ | ۰ |
| سیستم | ۴۸ | ۱ | ۰ |
| دانشگاه | ۴۳ | ۱ | ۰ |
| آموزش | ۴۰ | ۱ | ۰ |
| بروکراتیک | ۳۷ | ۱ | ۱ |
| همبستگی | ۳۵ | ۱ | ۰ |
| انسان | ۳۴ | ۱ | ۰ |

جدول ۹: نمونه‌ای از خروجی برنامه برای کلمات دو عبارت

Table 9: An example of a program output for bygram words

| کلمات | بیشترین فرکانس | نشان تشخیص داده شده توسط مدل | نشان نویسنده |
|---------------|----------------|------------------------------|--------------|
| خلاق نوآور | ۶۱ | ۱ | ۰ |
| ساختار سازمان | ۴۳ | ۱ | ۱ |
| قوانین مقررات | ۳۹ | ۱ | ۰ |
| سلسله‌مراتب | ۳۳ | ۱ | ۰ |
| آموزش عالی | ۲۶ | ۱ | ۱ |

۲-۴. ابزار مورد استفاده

در این پژوهش از زبان برنامه‌نویسی رایگان پایتون^{۳۷} استفاده شده است. برای پیش‌پردازش متن‌های ورودی نیز همان‌طور که بیان شد از برنامه رایگان هضم^{۳۸} استفاده شده است.

۵. نتیجه

انتخاب کلیدواژگان توسط نویسندگان همواره تصمیمی وابسته به شخص بوده است و ممکن است افراد مختلف برای انتخاب مجموعه‌ای از لغات برای یک متن تصمیمی واحد نگیرند. در این پژوهش سعی بر آن بوده است که با رویکردی نوین، با توجه به تعداد کم اسناد ورودی، مدل و برنامه‌ای ساخته شود که بدون وابستگی به گرایش پایان‌نامه‌ها و معنای کلمات آن‌ها و صرفاً با استفاده از ویژگی‌های آماری کلمات در هر متن، به استخراج کلیدواژگان پرداخته شود. همان‌طور که در جدول ۵ و ۷ نیز نشان داده شده است، مدل طراحی شده در بهترین شرایط که مربوط به استفاده از یک ویژگی بیشترین فرکانس است، قادر است با دقت کلی ۹۸.۱ درصد، از هر پایان‌نامه تعداد حداکثر ۲۰ کلیدواژه را استخراج کند. کلیدواژگان نوشته‌شده در هر پایان‌نامه نیز با دقت‌های ۸۴ درصد و ۹۸ درصد که به ترتیب مربوط به عبارت‌های تک‌کلمه‌ای و دوکلمه‌ای هستند، دربر می‌گیرد. برای مثال نیز یکی از نتایج به‌دست آمده بر روی یکی از پایان‌نامه‌ها در جداول ۸ و ۹ نیز آورده و نشان داده شده است که مدل طراحی شده از این پایان‌نامه تعداد ۵ عبارت دوکلمه‌ای و ۱۰ عبارت تک‌کلمه‌ای را به‌منزله کلیدواژه تشخیص داده است که ۱۰۰ درصد کلیدواژگان نوشته‌شده در پایان‌نامه در آن آمده است.

۶. کارهای آینده

از این مدل طراحی شده سازمان‌هایی نظیر ایران‌داک، پایگاه مجلات تخصصی نور و خبررسانی‌های فارسی نظیر همشهری برای نمایه‌سازی، استخراج کلیدواژگان و فیلترینگ می‌توانند بهره ببرند. یکی از مشکلات بزرگی که در این فرایند با آن مواجه هستیم، ریشه‌یابی و یکپارچه کردن متن است که این امر باعث می‌شود تا پیش‌پردازش مناسبی صورت نگیرد و کلمات زائد به شکل مناسبی حذف نشوند. این عوامل پیچیدگی ابعاد ماتریس ورودی برای دسته‌بند را بالا می‌برد و باعث پایین آمدن دقت می‌شود. در آینده سعی بر آن می‌شود به جای استفاده از برنامه هضم، از برنامه فارسی‌یار^{۲۹} استفاده شود و نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار داده شوند. همچنین، می‌توان به جای استفاده از دسته‌بند بیز از دیگر دسته‌بندها استفاده کرد و نتایج به دست آمده را با این دسته‌بند مقایسه کرد.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Atanu Dey
2. unigrams
3. senti-n-gram
4. Rafeal
5. Neumann
6. Loung
7. Litvak
8. Huan
9. Turney
10. Witten
11. Hachoen Kerner
12. Onan
13. bagging
14. random forest
15. Moien Maadi
16. Mohammad Razzaghoori
17. word2vec
18. Behnam Sabeti
19. miras text
20. Morteza Okhovvat
21. Hidden Markov
22. Moammad

23. Term Frequency Inverse Document Frequency (TF-IDF)
24. most frequent of words
25. term frequency inverse sentence frequency (TF-ISF)
26. naïve bayes
27. python
28. sobhe.ir
29. text-mining.ir

۸. منابع

- گندمکار، ر. (۱۳۹۶). توسیع معنایی در زبان فارسی؛ مطالعه موردی افعال. جستارهای زبانی، ۵ (۵۳)، ۲۳۳-۲۵۶.

References

- Gandomkr, R. (2017). Semantic expansion in Persian; A case study of verbs. *Language Related Research*. 5(53), 233-256.[In Persian]
- Aytug Onan, Serdar Korukoglu, Hasan Bulut. (2016). *Ensemble of keyword extraction methods and classifiers in text classification*. *Expert Systems with Applications*. 232-247.
- Atanu Dey, Mamata Jenamani, Jitesh J.Thakkar. (2018).Senti-N-Gram: An n-gram lexicon for sentiment analysis. *Expert Systems with Applications*. 92–105.
- Rafea, S. El-Beltagy & A. (2010). Kp-miner: Participation in semeval-2” Proceedings of the 5th International Workshop. *ACL2010*. 190–193
- Neumann, K. E. and G. (2010).Dfki keywe: Ranking keyphrases extracted from scientific articles. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Semantic Evaluation*. ACL 2010, 150–153.
- Luong, T. Nguyen and M. (2010).WINGNUS: Keyphrase extraction utilizing document logical structure. *Proceedings of the 5th International Workshop*. 21–26.
- Turney, P. D, (2002).Mining the Web for Lexical Knowledge to Improve Keyphrase Extraction: Learning from Labeled and Unlabeled Data P.D. *ArXiv*.
- Witten, I. H. , Paynter, G. W. , Frank, E. , Gutwin, C. (1999). KEA: Practical

automatic keyphrase extraction. In *Proceedings of the Fourth ACM Conference on Digital Libraries*.

- HaCohen-Kerner. (2005). Automatic extraction and learning of keyphrases from scientific articles. *Lecture Notes in Computer Science*. 657-669.
- Moien Maadi, Kazim Fouladi. (2015). Providing a method for extracting keywords in the Persian language. *International Academic Journal of Innovative Research*. 34-42.
- Mohammad Razzaghnouri, Hedieh Sajedi, Iman Khani Jazani. (2017). Question classification in Persian using word vectors and frequencies. *Journal Cognitive Systems Reaserch*. 16-27.
- Behnam Sabeti, Hossein Abedi Firouzjaei, Ali Janalizadeh Choobasti. (2018). MirasText: An Automatically Generated Text Corpus for Persian. *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)*.
- Morteza Okhovvat, Behrouz Minaei Bidgoli. (2010). *A hidden Markov model for Persian part-of-speech Tagging*. 94-101.
- Sayyid Mohammad Hoseini Khozani, Hosein Bayat. (2011). Specialization of keyword extraction approach to Persian texts. *International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR)*. 112-116.
- Beliga, S., Mestrovic, A., & Martincic-Ipsic, S. (2015). An overview of graph-based keyword extraction methods and approaches. *Journal of Information and Organizational Sciences*. 39 (1), 1-20.
- Lott, B. 2012. *Survey of keyword extraction techniques*. UNM Education.
- Rossi, R. G., Maracini, R. M., & Rezende, S. O. (2014). Analysis of domain independent statistical keyword extraction methods for incremental clustering. *Learning and Nonlinear Models*. 17-37.
- Neto, L. J., Santos, A. D., Kaestner, C. A. (2000). Document clustering and text summarization. In *Proceedings of the 4th International Conference on Practical*

Applications of Knowledge Discovery and Data Mining. 41-55.

- Fiori, A. (2014). Innovative document summarization techniques: Revolutionizing knowledge understanding. *Advances in Data Mining and Database Management*.
- Litvak, M. , & Last, M. (2008). Graph-based keyword extraction for single-document summarization. *In Proceedings of the Workshop on Multi-source Multilingual Information Extraction and Summarization*. 17-24.
- Huan, C. , Tian, Y. (2006). Keyphrase extraction using semantic network structure analysis. *In Proceedings of the Sixth International Conference on Data Mining*. 275-284.