فصلنامه علمی - پژوهشی علوم انسانی دانشگاه الزهرا (س)
سال شانزدهم، شماره ۵۸، تابستان ۱۳۸۵

ارایه یک مدل جدیدآماری برای شناسایی و تفکیک هوشمند متون مختلف از یکدیگر

دکتر محمد علی صنیعی منفرد[۱]

چکیده

کمتر کسی در مورد تفاوت های موجود بین زبان‌های مختلف تردید دارد، اما آیا می‌توان این تفاوت‌ها را مدل‌سازی نموده و الگویی را استخراج کرد که به کمک آن بتوان یک زبان مورد نظر را از میان سایر زبان‌ها و بصورتی اتوماتیک شناسایی کرد؟ منظور از مدل‌سازی، بررسی ساختاری زبان های مختلف در یک چارچوب یکسان و در ارتباط با فیزیک و کالبد کلمات است.

در این مقاله، طول کلمه و توزیع آماری آن را تحلیل کرده و نشان خواهیم داد که شناسایی پنج زبان زنده دنیا با مطالعه طول کلمات آن ها کاملا امکان‌پذیر است.این مدل‌سازی امکانات و تسهیلات جدیدی را در فضای فناوری اطلاعات و بهینه سازی فرآیند های داده کاوی فراهم خواهد آورد.

---

۱. استادیار دانشگاه الزهرا (س). پست الکترونیک: mas_monfared@alzahra.ac.ir

واژه‌های کلیدی: *مدل‌سازی آماری، شناسایی زبان[1]، تشخیص الگو[2]، هوش مصنوعی، داده کاوی[3].*

مقدمه

مطالعه و تحقیق روی زبان همیشه مورد علاقه محققین رشته‌های مختلف قرار داشته است. به این علاقه در چند دهه اخیر، ابعاد جدیدی اضافه شده است که از جمله شناسایی و ترجمه اتوماتیک از یک زبان به زبان دیگر است. این مطالعات جدید، کاربردهای گسترده‌ای را نیز به‌وجود آورده است. به‌عنوان مثال ما می‌خواهیم در فضای اینترنتی بتوانیم متون موردنظر خود در میان انبوه اطلاعات ارسالی جدا کرده و مورد استفاده قرار دهیم. این کار بدون شناسایی اتوماتیک زبان امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرف دیگر، ترجمه اتوماتیک از یک زبان به زبان دیگر استفاده از مطالب متنوع موجود در فضای اینترنت را بسیار گسترش خواهد.

از طرف دیگر، ما هم‌چنین علاقمندیم امکان گفتگوی بین دو فرد با دو زبان مختلف را به‌گونه‌ای فراهم آوریم که هرکدام درحالی که به زبان خود سخن می‌گویند بتوانند یکدیگر را درک کنند و این کار مستلزم ترجمه شنیداری اتوماتیک است. با این حال ترجمه شنیداری از ترجمه نوشتاری پیچیده‌تر است، چراکه لهجه‌های متفاوت گویندگان، عادت‌های گفتاری مختلف، بیان احساسی کلمات و جملات، تلفظ‌های اشتباه و نیز تفاوت‌های که به‌خاطر وسیله انتقال یا کانال ارتباطی ایجاد می‌کند همه موجب پیچیدگی بیشتر می‌شوند. بیان نوشتاری فاقد این همه پیچیدگی است، چراکه معمولاً نوشته‌ها با فرمت صحیح (قابل تفکیک به حروف) در اختیار ما قرار می گیرند. البته اگر متنی به‌صورت دست نوشته باشد مجددا پیچیدگی زیادی پیدا خواهد کرد. در مجموع، بررسی ادبیات موضوعی نشان می‌دهد که بیشترین حجم تحقیقات بر روی ترجمه شنیداری متمرکز است.

---

1. Language identification
2. Pattern recognition
3. Data mining

ترجمه از یک زبان به زبان دیگر چه به صورت نوشتاری و چه به‌صورت شنیداری آن در مقایسه با موضوع شناسایی اتوماتیک زبان‌ها حد اعلای پیشرفت و توسعه در این رشته را تعقیب می‌نماید. این درحالی است که شناسایی اتوماتیک زبان‌ها به‌مراتب ساده‌تر از ترجمه زبان‌هاست. با این وجود، علی رغم بیش از چهار دهه مطالعه و تحقیق هنوز راه طولانی در پیش است و تحقیقات زیادی در حوزه شناسایی زبان‌ها باید به‌انجام برسد.

پیشینه

برای شناسایی اتوماتیک زبان نیاز داریم نوشته مورد نظر به‌صورت حروف قابل تفکیک در اختیار ما قرار گیرد. دو حالت متصور است یا این‌که متن مورد نظر ما برای شناسایی به‌صورت کامپیوتری موجود است که در این صورت چنین نوشته‌ای خودبه‌خود فرمت مورد نظر ما را دارد، یعنی قابل تفکیک به حروف می‌باشد. اما اگر متن مورد نظر در کتاب یا روزنامه قرار دارد و ما فقط می‌توانیم تصویری از آن را در اختیار بگیریم، آنگاه باید روی این تصویر تبدیلی انجام گیرد. این تبدیل درواقع تبدیل نوشته تصویری به نوشته‌ی قابل تفکیک به حروف است. چنین تبدیلی به کمک فناوری شناسایی نوری حروف انجام می‌پذیرد. با این حساب، در روشی که ما در این مقاله ارایه می‌نماییم اطلاعات خام مورد نیاز آن نوشته‌های قابل تفکیک به حروف هستند که به هر یک از دو طریقه بالا به‌دست آمده باشد قابل قبول خواهد بود.

اولین تحقیق انجام گرفته در این حوزه به کار رائو در پایان نامه کارشناسی ارشد خود برمی‌گردد(رائو، ۱۹۷۴). رائو ابتدا توزیع احتمالی را برای هر حرف به‌دست آورد و سپس برای کلمات که درواقع از ترکیب حروف به‌دست می‌آیند توزیع مشترک را محاسبه کرد. رائو روش خود را برای شناسایی زبان انگلیسی و اسپانیایی آزمایش کرد و نتایج آزمایشات خود را در پایان‌نامه خود ارایه نمود.

با توجه به این که فراوانی سه حرفی‌ها در زبان‌های مختلف متفاوت هستند اشمیت از این سه حرفی‌ها برای تمایز و تشخیص زبان های مختلف استفاده کرد. بدین صورت که از متن مورد بررسی سه حرفی‌های آن استخراج نموده و فراوانی نسبی سه حرفی‌ها را برای مقایسه زبان‌ها به‌کار

برد. با این‌که اشمیت روش خود را به ثبت رساند اما نتایج به‌کارگیری این روش در منابع علمی گزارش نگردیده است(اشمیت،۱۹۹۱). رساله‌های کارشناسی ارشد و دکتری زیادی در حوزه زبان‌شناسی زبان‌ها انجام گرفته و می‌گیرد از جمله گیژت تفکیک جمله‌ها در زبان‌های مختلف را با استفاده از اطلاعات زبان‌شناسی و دانش آماری بررسی کرد و نتایج تحقیقات خود را در کنفرانس‌هایی از جمله در پراگ چکسلواکی ارایه نمود. (گیژت،۱۹۹۵) کوان و هیروس در ۱۹۹۷ روشی برای شناسایی زبان‌های غریبه پیشنهاد نمودند که به کمک آن متون غریبه فیلتر شوند. (کوان و هیروس، ۱۹۷۷) آنها از روش شبکه‌های عصبی فیدبک‌دار برای پیاده‌سازی استفاده نمودند. (صنیعی منفرد، ۱۳۷۳) هاربک و اوهلر در ۱۹۹۹ روی شناسایی زبان با استفاده از گراماژ یا طول کلمات مطالعاتی را انجام داد (هاربک و اوهلر، ۱۹۹۹).

روش دیگری که برای مدل کردن زبان به‌کار گرفته شده است استفاده از مدل‌های احتمالی یا استوکاستیکی به‌خصوص زنجیره‌های مارکوفی است. (صنیعی منفرد، ۱۳۸۰) در این روش احتمالات انتقال از یک حرف به حرف دیگر محاسبه می‌شود و در صورتی‌که این احتمالات مستقل از پیشینه حروف باشد مارکوفی خواهد بود. در زبان انگلیسی احتمال این‌که حرف s با حرف t دنبال شود بستگی به این دارد که قبل از s چه حرفی آمده است. به‌عنوان نمونه دو حرف es خیلی زیاد قبل از t می‌آید در حالی‌که دو حرف ds به‌ندرت قبل از t مشاهده می‌شود. حال اگر توالی حروف در کلمات انگلیسی از قانون زنجیره‌های مارکوفی تبعیت نماید باید آمدن s قبل از t در هر دو حالت es و ds با احتمال برابری اتفاق می‌افتاد که البته این‌طور نیست. (اشبی، ۱۹۵۶) از جمله می‌توان از کار ماتروف و همکارانش در ۱۹۹۸ (ماتروف و همکاران، ۱۹۹۸) و کریشهف و همکارانش در ۲۰۰۲ نامبرد (کریشهف و همکاران، ۲۰۰۲).

علی‌رغم انجام این تحقیقات هنوز کار زیادی روی شناسایی نوشتاری زبان‌ها باید انجام گیرد، به‌خصوص با توجه به این‌که بیشتر مطالعات موجود روی زبان‌های لاتینی انجام شده است، مانند کار داماشک در ۱۹۹۵ (داماشک، ۱۹۹۵) و یا کار هافمن در سال ۲۰۰۰ (هافمن، ۲۰۰۰) زیر عنوان الگوریتم آشنایی که قادر است زبان‌هایی مانند هلندی، انگلیسی، استونیایی، ایرلندی، لهستانی، پرتقالی و باسکی را تفکیک نماید. هم‌چنین روی زبان‌های غیر لاتینی مانند ژاپنی

مطالعه‌ای توسط ماتسورا (ماتسورا، ۲۰۰۰) در سال ۲۰۰۰ انجام گرفته است. با این حال روی زبان‌هایی که نوشتار آن‌ها با استفاده از سیستم الفبایی نیست مانند نوشتارهای چینی مطالعه‌ای انجام نگرفته است. ما در این مقاله برای اولین بار دو گروه زبان را با استفاده از یک مدل آماری مورد مطالعه قرار می دهیم. گروه اول، زبان‌هایی با الفبای لاتین شامل انگلیسی، فرانسوی و ترکی استانبولی هستند و مطالعه این ها دارای سابقه در ادبیات موضوعی است. از طرف دیگر، گروه دوم زبان های مورد بررسی در این تحقیق زبان‌هایی با الفبای متفاوت فارسی و عربی هستند که نه بصورت جداگانه و نه درکنارزبان های لاتینی، بخصوص در چارچوب یک مدل، مطالعه نشده اند.

سازمان این مقاله بترتیب زیر خواهد بود. در بخش اول این مقاله روش کار برای بررسی کالبدی زبان‌های نوشتاری را معرفی و سپس نتایج آماری به‌دست آمده روی ۵ متن نمونه را در بخش دوم ارایه می‌کنیم. در بخش سوم الگوریتم شناسایی زبان را ارایه و بررسی خواهیم کرد و سپس به نتیجه‌گیری می‌پردازیم.

بخش اول : روش مطالعه

کلمه‌ای مانند «مادر» در زبان فارسی دارای چهار حرف «م»، «ا»، «د» و «ر» است. ما می‌گوییم مادر در زبان فارسی دارای طولی برابر ۴ است. همین کلمه در زبان انگلیسی (mother)۶ حرف، در عربی(ام) ۲ حرف، در ترکی(آنا) ۳ حرف و در فرانسوی(mere) ۴ حرف دارد. بدین ترتیب کلمه مادر در پنج زبان بالا بترتیب دارای طولی برابر پنج،شش،دو،سه و چهار حرف است. هم چنین، به جمله زیر توجه کنید:

> بعد از پایان جنگ جهانی دوم شهری که در قلب آلمان شرقی قرار داشت به چهار قسمت تقسیم شد، مناطق تحت حفاظت فرانسه، انگلیس، آمریکا و شوروی.

این جمله را به کلمات سازنده آن خرد می کنیم. مثلاً «بعد»، «از»، «پایان»، «جنگ»، «جهانی» پنج کلمه اول این جمله را می‌سازند. ما در روش خود فقط با طول این کلمات سروکار داریم واین که این کلمات از چه حروفی ساخته شده اند مورد علاقه ما نیستند. با این حساب کلمه «بعد» دارای

۳ حرف و کلمه «از» دارای ۲ حرف است و به همین ترتیب سه کلمه دیگر دارای ۵ حرف، ۳ حرف و ۵ حرف هستند. اینک می توانیم جمله بالا را بر حسب طول کلمات و فراوانی آنها مرتب می‌کنیم چنانکه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱

طول کلمه به حرف	کلمات مورد نظر در جمله	فراوانی
یک	و	۱
دو	از،که،در،به شد	۵
سه	بعد،جنگ،دوم،قلب، تحت	۵
چهار	شهری،شرقی،چهار،قرار،داشت،قسمت	۶
پنج	پایان،جهانی،آلمان،تقسیم،مناطق، حفاظت،شوروی	۷
شش	فرانسه،انگلیس،آمریکا	۳

منظور از فراوانی در جدول ۱ تواتر یا تعداد تکرار کلمات در جمله هستند. به همین ترتیب در جمله «I have been trying to cure it» ما هفت کلمه داریم که به ترتیب دارای طول ۱، ۴، ۴، ۶، ۲، ۴، ۲ حرف است. با این حساب اگر بخواهیم این جمله کوتاه را به صورت توزیع فراوانی نمایش دهیم مطابق با جدول ۲ داریم:

جدول ۲

طول کلمه به حروف	نام کلمات	فراوانی
یک	I	۱
دو	It, to	۲
سه	-	۰
چهار	Have, been, cure	۳
پنج	-	۰
شش	Trying	۱

با این حساب جمله انگلیسی بالا دارای توزیعی متفاوت با جمله فارسی نشان داده شده در جدول ۱ است. همین روش را برای سایر زبان‌های مورد مطالعه (ترکی استانبولی، فرانسوی و

عربی) به‌کار می‌گیریم. توجه داریم که فاصله فیزیکی بین کلمات در هر نوع متن نشان دهنده شروع و ختم کلمات هستند و نیازی به دانستن زبان برای پیش‌برد این تجربه و مطالعه آماری وجود ندارد.

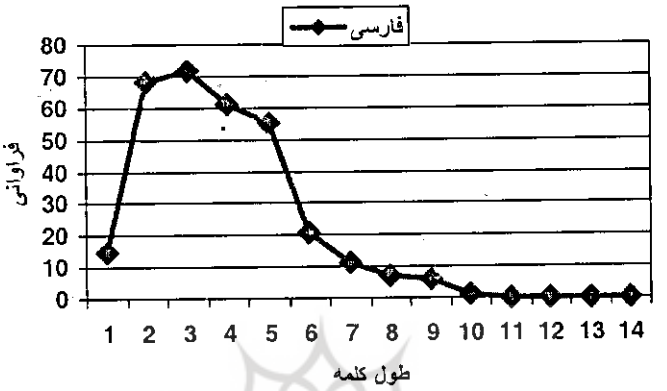
بخش دوم: نتایج آماری به‌دست آمده

در این قسمت نتایج بررسی‌ها انجام شده روی پنج متن انتخاب شده را نشان می‌دهیم. نتایج را در جدول شماره ۳ مشاهده می‌نمایید. به‌عنوان نمونه در متن عربی که ۵۰۲ کلمه وجود دارد ۵۴ کلمه یک حرفی و ۸۵ کلمه دو حرفی وجود داشت. به‌همین ترتیب برای بقیه کلمات، به شرحی که در جدول ۳ مشاهده می‌گردند.

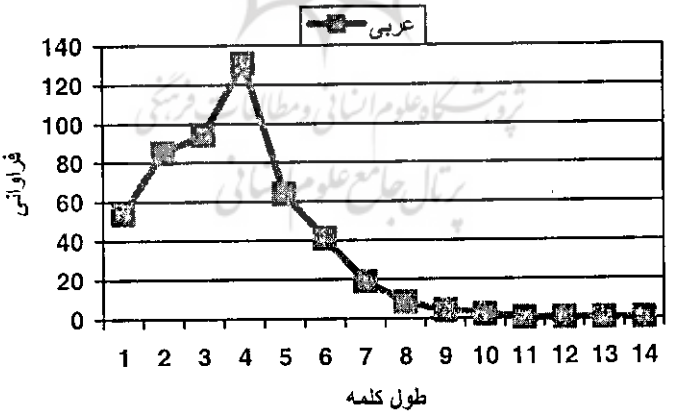
جدول ۳

طول کلمه	فراوانی کلمه در متن مورد بررسی f (x)				
x	فارسی	عربی	انگلیسی	فرانسه	ترکی
۱	۱۵	۵۴	۱۵	۲۳	۰
۲	۶۸	۸۵	۹۰	۱۱۶	۲۷
۳	۷۲	۹۴	۱۴۴	۶۴	۳۰
۴	۶۱	۱۳۱	۷۸	۴۶	۴۶
۵	۵۵	۶۴	۶۵	۳۹	۴۱
۶	۲۱	۴۱	۴۵	۵۰	۵۰
۷	۱۱	۱۹	۳۰	۴۰	۶۵
۸	۷	۸	۲۲	۲۳	۵۰
۹	۶	۴	۵	۱۶	۳۱
۱۰	۱	۲	۰	۴	۲۲
۱۱	۰	۰	۱	۴	۲۶
۱۲	۰	۰	۱	۴	۷
۱۳	۰	۰	۰	۰	۳
۱۴	۰	۰	۰	۰	۲
مجموع کلمات	۳۱۷	۵۰۲	۴۹۶	۴۲۹	۴۰۰

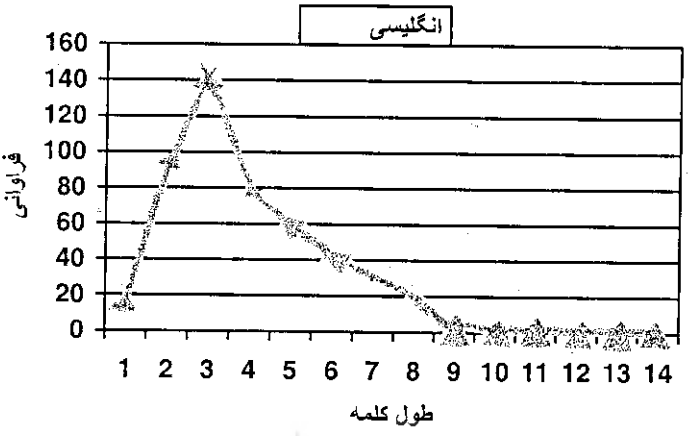
توزیع آماری مربوط به طول کلمات که نشان دهنده تفاوت های ساختار زبان های مورد مطالعه هستند را در اشکال ۱ الی ۵ نشان داده ایم.



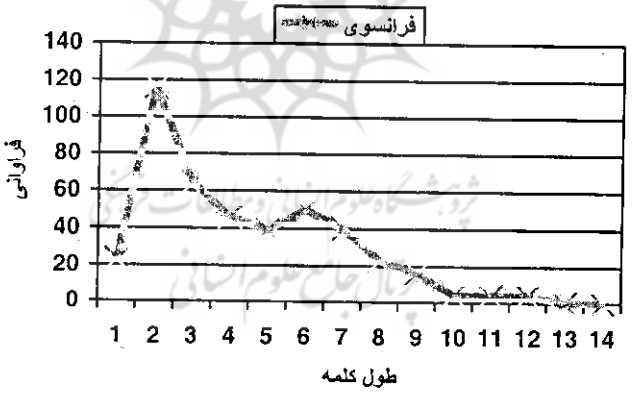
شکل ۱. تابع توزیع طول کلمات فارسی



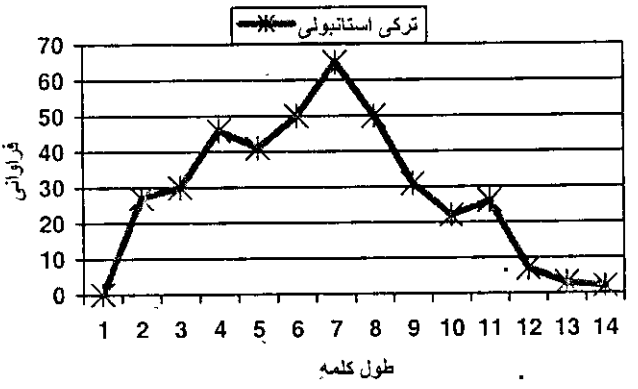
شکل ۲. تابع توزیع طول کلمات عربی



شکل ۳. تابع توزیع طول کلمات انگلیسی



شکل ٤. تابع توزیع طول کلمات فرانسه



شکل ۵. تابع توزیع طول کلمات ترکی استانبولی

تفاوت‌ها و تمایزات مشاهده شده در بین این توزیعات فراوانی امیدوارکننده هستند، به این معنا که می‌توان توزیع طول کلمات در یک زبان را به‌عنوان یکی از ویژگی های منحصر به‌فرد آن زبان در نظر گرفت. چگونگی بهره برداری از این ویژگی در شناسایی نوشتاری یک زبان موضوع بخش بعدی این مطالعه خواهد بود.

بخش سوم: تحلیل آماری و طراحی الگوریتم شناسایی زبان

مشاهده اشکال ۱ الی ۵ به‌خوبی تفاوت های رفتاری بین توابع توزیع طول کلمات در زبان های مختلف را نشان می‌دهد. با این حال، چنین قضاوتی در حال حاضر یک کیفی است در حالی که شناسایی اتوماتیک زبان ها نیاز به کمیسازی و عددی کردن این قضاوت دارد. با این حساب، لازم است خواص کمّی توابع توزیع طول کلمات را مورد مطالعه بیشتر قرار دهیم.

در این رابطه، ابتدا تمام توابع توزیع فراوانی طول کلمات را به‌صورت توابع توزیع احتمالی در می‌آوریم. در یک تابع توزیع احتمالی، جمع احتمالات روی حالات مختلف برابر با یک خواهد شد و در این صورت خواهیم توانست برخی از خواص کمّی را برای آن ها محاسبه کنیم. از جمله این خواص کمی محاسبه میانگین، نما، میانه و انحراف معیار برای طول کلمات است. مجموعه این

محاسبات ما را قادر به ساختن پایگاه دانشی[1] برای پنج زبان مورد نظر می نماید که بکمک این پایگاه دانش امکان ساخت الگوریتم شناسایی اتوماتیک زبان ها به‌وجود می‌آید. این پایگاه دانش را در جدول ۴ مشاهده نمایید.

این جدول در واقع هسته اصلی سازنده الگو یا مدل ما برای ارزیابی و تشخیص زبان‌های مختلف خواهد بود. با این حساب، اگر متنی بصورت مجهول در اختیار ما قرارداده شود ما برای این متن محاسباتی را انجام می دهیم و نتیجه محاسبات را با نتایج معلوم موجود در جدول ۴ تطبیق می دهیم و مشخص خواهیم ساخت که متن مجهول ما به کدام یک از ۵ زبان موجود نزدیک‌تر است. توجه دارید که نمی‌توانیم با اطمینان کامل و به‌صورت یقینی ادعای شناسایی یک زبان را داشته باشیم زیرا مساله مورد مطالعه ما اساساً مساله‌ای غیردقیق و از مقولات احتمالی است. با این حال، انتظار داریم مدل ما بتواند نزدیک‌ترین زبان را شناسایی کرده و مثلاً بگوید: این متن مجهول انگلیسی است. انجام این کار نیازمند طراحی یک الگوریتم برای شناسایی خودکار زبان‌ها است.

اینک فرض کنید متن مجهول ما به‌صورت زیر است:

> Tüm kullanma suyu tesisati düz olarak ve kullanma yerine doğuk borular alta gelecek sekilde dösen melidir.

ما البته می‌دانیم این متن ترکی است اما می‌خواهیم بدانیم باتوجه به الگوی موجود در جدول ۴ چگونه می‌توانیم آن را شناسایی نماییم. قاعدتاً در قدم اول ما باید توزیع احتمالی و خواص آماری این عبارت را محاسبه کنیم، چنانچه در جدول ۵ مشاهده می نمایید.

1. Knowledge base

جدول ۴. پایگاه داده‌ها مربوط به زبان

تعداد حرف در کلمه	فارسی	عربی	انگلیسی	فرانسه	ترکی
۱	۰،۰۴۷	۰،۱۰۷	۰،۰۳۰	۰،۰۵۴	۰
۲	۰،۲۱۴	۰،۱۶۹	۰،۱۸۱	۰،۲۷۰	۰،۰۶۸
۳	۰،۲۲۷	۰،۱۸۷	۰،۲۹۰	۰،۱۴۹	۰،۰۷۵
۴	۰،۱۹۲	۰،۲۶۱	۰،۱۵۷	۰،۱۰۷	۰،۱۱۵
۵	۰،۱۷۳	۰،۱۲۷	۰،۱۳۱	۰،۰۹۱	۰،۱۰۳
۶	۰،۰۶۶	۰/۰۸۲	۰،۰۹۱	۰،۱۱۷	۰،۱۲۵
۷	۰۳۵،۰	۰،۰۳۸	۰،۰۶۰	۰،۰۹۳	۰،۱۶۳
۸	۰،۰۲۲	۰،۰۱۶	۰،۰۴۴	۰،۰۵۴	۰،۱۲۵
۹	۰،۰۱۹	۰،۰۰۸	۰،۰۱۰	۰،۰۳۷	۰،۰۷۸
۱۰	۰،۰۰۳	۰،۰۰۴	۰	۰،۰۰۹	۰،۰۵۵
۱۱	۰	۰	۰،۰۰۲	۰،۰۰۹	۰،۰۶۵
۱۲	۰	۰	۰،۰۰۲	۰،۰۰۹	۰،۰۱۸
۱۳	۰	۰	۰	۰	۰،۰۰۸
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰،۰۰۵
میانگین	۳،۸۱۴	۳،۶۸۳	۴،۰۰۸	۴،۳۵۰	۶،۵۶۰
نما	۳	۴	۳	۳	۷
میانه	حدود ۳	حدود ۳	۳	۳	۶
انحراف معیار	۳،۱۶۷	۳،۱۲۵	۳،۵۱۶	۶،۱۶۷	۷،۶۸۶

جدول ۵. محاسبات یک متن مجهول

طول کلمه	فراوانی مشاهده شده	احتمال مشاهده شده
۱	۰	۰
۲	۱	1÷ 16 = 0.063
۳	۲	2 ÷16 = 0.125
۴	۲	2 ÷16 = 0.125
۵	۲	2 ÷ 16 = 0.125
۶	۲	2 ÷ 16 = 0.125
۷	۴	4 ÷ 16 = 0.25
۸	۳	3 ÷ 16 = 0.188
۹	۰	۰
۱۰	۰	۰
۱۱	۰	۰
۱۲	۰	۰
۱۳	۰	۰
۱۴	۰	۰
جمع	۱۶	۱
میانگین		۵/۶۲۵
نما		۷
میانه		۵،۵
انحراف معیار		۱/۹۶۲

اینک که متن مجهول را به‌صورت آماری ترجمه کرده‌ایم می‌توانیم بگوییم که متن نوشتاری ما معادل یک بردار ۱۸ بعدی است. (۱۴ بعد مربوط به طول کلمه و ۴ بعد دیگر مربوط به میانگین،

نما، میانه و انحراف معیار است) این بردار ۱۸ بعدی را که کافی است با الگوهای موجود که آنها هم ۱۸ بعدی هستند (مطابق با جدول ۴) مطابقت داده، یا به زبان ساده‌تر تفریق کنیم تا بدین ترتیب بردار خطای ناشی از مقایسه‌ها را به‌دست آوریم و آنگاه بگوییم هرکدام خطای کمتری داشتند نزدیک‌ترین زبان به متن مجهول ما هستند. جدول ۶ این محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول ۶. محاسبه خطای متن مجهول نسبت به پایگاه داده‌ها

	خطا نسبت به عربی	خطا نسبت به فارسی	خطا نسبت به انگلیسی	خطا نسبت به فرانسه	خطا نسبت به ترکی
روی تابع توزیع Ep	۰/۸۵۲	۰/۸۷۷	۰/۷۳۳	۰/۷۰۰	۰/۴۶۶
روی چهار مشخصه آماری Ec	۸/۶۰۵	۹/۵۱۶	۹/۶۷۱	۱۱/۹۸۰	۷/۱۵۹
مجموع خطا E	۹/۴۵۷	۱۰/۳۹۳	۱۰/۴۰۴	۱۲/۶۸	۷/۶۲۵

$$E_p = \sum_{i=1}^{14} \left| P_0^i - P_m^i \right|,$$

$$E_{\bar{x}} = \left| \bar{X}_0 - \bar{X}_m \right|,$$

$$E_{\hat{x}} = \left| \hat{X}_0 - \hat{X}_m \right|,$$

$$E_{\tilde{x}} = \left| \tilde{X}_0 - \tilde{X}_m \right|,$$

$$E\sigma = \left| \sigma_0 - \sigma_m \right|,$$

$$E_c = E_{\bar{X}} + E_{\hat{X}} + E_{\tilde{X}} + E_\sigma$$

$$E = E_p + E_c$$

که در آن Ep مجموع خطای مطلق ناشی از تفاوت توزیع تجربی (یا مشاهده شده از روی نمونه) و توزیع الگو می‌باشد. Ec مجموع خطای روی میانگین، نما، میانه و انحراف معیار است. به این ترتیب p_o^i احتمال مشاهده شده و p_m^i احتمال مطابق با الگو است. $\overline{X}_o$ میانگین مشاهده شده، $\hat{X}_0$ نمای مشاهده شده، $\tilde{X}_0$ میانه مشاهده شده و σ_0 انحراف معیار مشاهده شده را نشان می‌دهد. به همین ترتیب $\tilde{X}_m$ میانه الگو و σ_m انحراف معیار الگو را نشان می‌دهد.

محاسبات انجام شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که متن مجهول ما از نظر اندازه خطا روی تابع توزیع (Ep) روی زبان ترکی دارای کمترین مقدار است (Ep = ۰/۴۶۶). همچنین از نظر اندازه خطا روی چهار مشخصه آماری(Ec) هم با زبان ترکی کمترین خطا را نشان می‌دهد(E= ۷/۶۲۵). با این حساب نزدیک‌ترین زبان به متن مجهول زبان ترکی است.

دقت روی جدول ۴ نشان می‌دهد که زبان ترکی تنها زبانی است که بیشترین اندازه نما را دارد ($\hat{X} = ۷$). با این حساب مطابق با جدول ۵ خیلی زود معلوم می‌شود که نمای زیاد در متن مجهول نشان‌دهنده ترکی بودن متن مورد نظر است. این تفاوت و تمایز بارز می‌تواند کار شناسایی زبان را برای ما آسانتر نماید چراکه ما قادر هستیم با سرعت بیشتری زبان متن مجهول را کشف کنیم. اما آیا این روش ساده همیشه جوابگو است؟ آیا پاسخ به این سوال بستگی به اندازه متن مجهول ما یا تعداد کلمات موجود در متن ندارد؟ این سوالی است که با انجام آزمایش قابل ارزیابی است.

نتایج انجام آزمایشات مختلف منجر به تدوین الگوریتمی گردید که در شکل ۶ نشان داده شده است. استفاده از این الگوریتم برای متن مجهول به‌سادگی نشان می دهد که متن مجهول متنی ترکی است زیرا اندازه نما برای متن مجهول $\hat{X} = 7.0$ است و مطابق با الگوریتم اگر نما بزرگتر از ۵/۵ باشد($\hat{X} > 5.5$) حتمازبان متن ترکی است و بنابراین مطابق با الگوریتم پیشنهادی ما نیازی به بررسی بیشتر نخواهیم داشت.

اما آیا این الگوریتم همان‌طور که از عهده متن خیلی کوتاه ترکی برمی‌آید می‌تواند از عهده شناسایی سایر زبان‌ها هم برآید؟ این کار نیاز به بررسی و انجام آزمایشات بیشتر دارد. اینک برای

بررسی قدرت الگوریتم پیشنهاد شده چهار نمونه انگلیسی، عربی، فرانسوی و فارسی را مطابق با جدول ۷ مورد بررسی و آزمایش قرار می‌دهیم. هدف ما این است که نشان دهیم آیا الگوریتم ما قادر به شناسایی اتوماتیک این چهار نمونه هم هست یا خیر و اگر خیر دلیل آن چیست.

جدول ۷. نمونه‌های جدید

زبان	نمونه متن
انگلیسی	Oh Mother, if I am ever half as good as you, I shall be satisfied.
عربی	کیف تعرف الطیور وطنها و مقصدها و کیف لاتضل الطریق فی هذه المسافات الطویله؟
فرانسوی	Une pluie fine commence a tomber. La grisaille du ceil pese sur la ville pourtant toujours aussi active.
فارسی	البته باید مشخص شود که کمیته در چه سطحی قصد برخورد با این سؤالات را دارد و در این زمینه چگونه فعالیت‌های خود را شکل خواهد داد.

برای استفاده از الگوریتم طراحی شده لازم است توابع توزیع فراوانی و مشخصه‌های آماری مورد نیاز را برای چهار متن جدید محاسبه کنیم. نتایج محاسبات مورد نیاز برای فعال کردن الگوریتم را در جدول ۸ نشان داده‌ایم.

حالا اگر الگوریتم خود را فعال کنیم مشاهده خواهیم کرد که به جز زبان فارسی الگوریتم ما در مورد زبان انگلیسی، عربی و فرانسوی نتایج نادرستی را ببار می‌آورد. زیرا براساس معیار E زبان فارسی کمترین خطا را دارد و بنابراین شناسایی به‌خوبی انجام گرفته است. اما در مورد زبان انگلیسی به اشتباه فارسی انتخاب شده و در مورد زبان عربی به اشتباه انگلیسی انتخاب شده و در مورد زبان فرانسوی به اشتباه فارسی انتخاب شده است.

جدول ۸ توزیع فراوانی مشاهده شده از نمونه‌های جدید

طول کلمه	نمونه انگلیسی	نمونه عربی	نمونه فرانسوی	نمونه فارسی
۱	۴	۹	۱	۱
۲	۱۳	۹	۱۳	۷
۳	۶	۹	۴	۷
۴	۱۴	۸	۶	۴
۵	۸	۹	۶	۵
۶	۴	۱۰	۹	۲
۷	۱	۵	۶	۰
۸	۰	۲	۴	۰
۹	۱	۰	۲	۱
۱۰	۰	۰	۳	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰	۰	۱	۰
جمع	۵۱	۶۱	۵۶	۲۷
میانگین	۳،۶۰۸	۳،۶۹۷	۵،۱۶۱	۳/۶۳۰
نما	۴	۶	۲	۲/۵
میانه	۴	۴	۵	۳
انحراف معیار	۱،۶۹۸	۲،۵۴۹	۲،۶۸۹	۱/۷۳۵

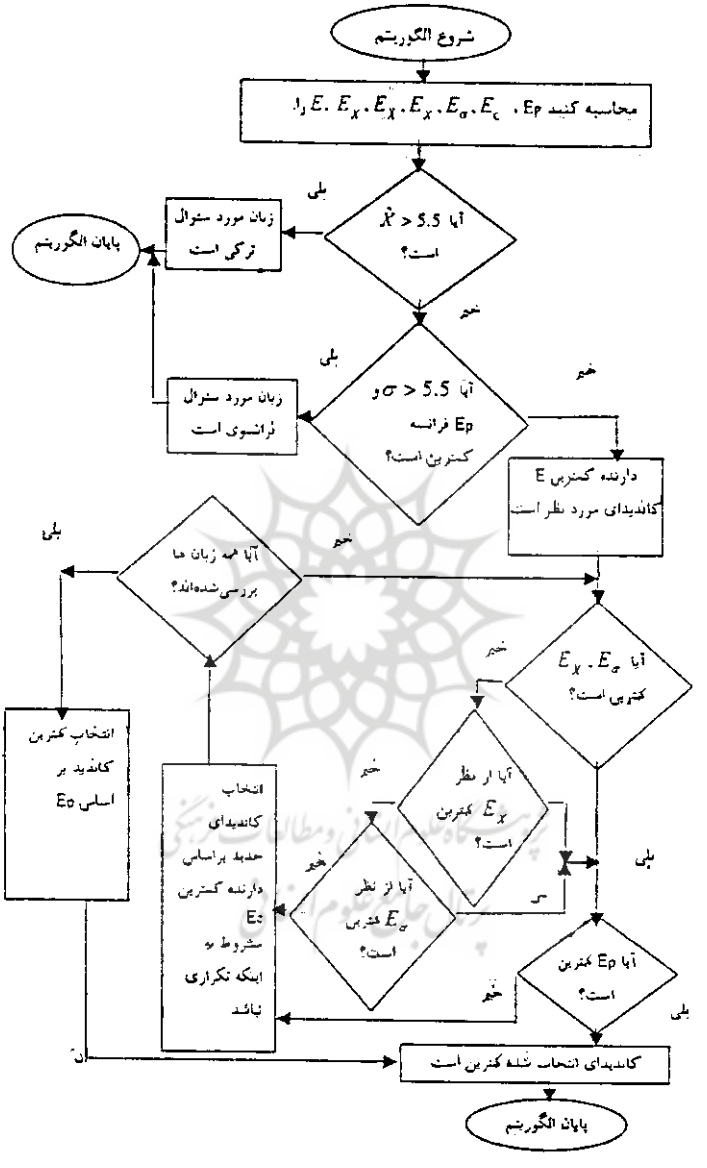
برای بررسی اشتباه در تشخیص لازم است تفصیل محاسبات را مورد توجه قرار دهیم. این کار را در جدول ۹ نشان داده‌ایم. در این جدول مشاهده می‌گردد که انتخاب نزدیک‌ترین زبان براساس این که چه معیاری (E، Ec و یا Ep) مبنا قرار دارد نتایج متفاوتی ببار خواهد آورد. مثلاً اگر زبان متن مجهول ما واقعاً انگلیسی است و معیار ما Ep باشد آنگاه ما براساس این معیار به این نتیجه می‌رسیم که نزدیک‌ترین زبان عربی است در حالی که این اشتباه است. این نشان می دهد که معیار Ep به تنهایی برای تشخیص درست کافی نیست.

جدول. ۹

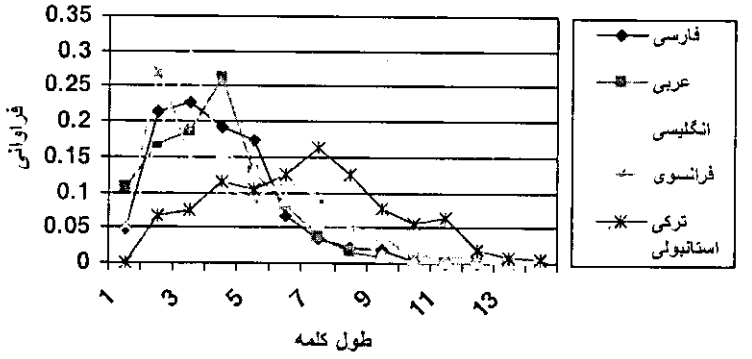
زبان متن مورد نظر	اگر انتخاب زبان متن مجهول بر مبنای کمترین خطای Ep باشد	اگر انتخاب زبان متن مجهول بر مبنای کمترین خطای Ec باشد	اگر انتخاب زبان متن مجهول بر مبنای کمترین خطای E باشد
انگلیسی	۰،۶۳۱	۳،۵۶	۴،۲۱۵
	به اشتباه عربی انتخاب می‌شود	به اشتباه فارسی انتخاب می‌شود	به اشتباه فارسی انتخاب می‌شود
عربی	۰،۴۷۹۳	۱،۱۴۹	۱،۷۹۹
	انگلیسی	فارسی	انگلیسی
فرانسوی	۰،۴۶۷۷	۲،۶۷۹	۳،۱۴۷
	فارسی	فارسی	فارسی
فارسی	۰،۲۲۹۶	۲،۱۱۶	۲،۳۴۶
	فارسی	فارسی	فارسی

اما آیا اشتباه ناشی از فرض بنیادی ما در طراحی الگوریتم است که براساس آن تفاوت بین زبان‌های مختلف را در قالب تفاوت بین توابع توزیع فراوانی روی طول کلمات مدل کرده‌ایم؟

نگاهی مجدد که به این توابع مطابق با شکل ۷ نشان می‌دهد که تفاوت بین توابع توزیع بارز و قابل توجیه است و این تفاوت می‌تواند مبنای تمایز و شناسایی قرار گیرد. اگر این قضاوت درست است آنگاه اشتباه در شناسایی فقط می‌تواند ناشی از کوتاه بودن اندازه متون مورد بررسی باشد.



شکل ٦. الگوریتم شناسایی زبان



شکل ۷. توزیع طول کلمات در زبان های مختلف بر اساس پایگاه دانش

برای آزمایش این وضعیت اندازه متون انگلیسی، عربی و فرانسوی را افزایش می‌دهیم. (نگاه کنید به پیوست مقاله) نتایج نهایی را در جدول ۱۰ آورده‌ایم و از آوردن محاسبات اولیه (توابع توزیع مشاهده شده) برای جلوگیری از طولانی شدن مقاله خودداری می‌کنیم.

جدول. ۱۰

زبان متن مورد نظر	اگر انتخاب زبان متن مجهول بر مبنای کمترین خطای Ep باشد	اگر انتخاب زبان متن مجهول بر مبنای کمترین خطای Ec باشد	اگر انتخاب زبان متن مجهول بر مبنای کمترین خطای E باشد
انگلیسی	۰،۷۰۴۸	۲،۵۰۲	۳،۲۰۶
	فرانسه	عربی	عربی
عربی	۰،۷۵۲۱	۳،۸۶	۴،۶۱۴
	فارسی	عربی	عربی
فرانسوی	۰،۳۲۴	۴،۸۲	۵،۴۸
	فرانسه	فارسی	فارسی
فارسی	۰،۲۲۹۶	۲،۱۱۶	۲،۳۴۶
	فارسی	فارسی	فارسی

در این آزمایش مشاهده می‌گردد که علاوه بر زبان فارسی زبان فرانسوی اگر Ep معیار باشد و زبان عربی اگر E معیار باشد به‌درستی شناسایی شده‌اند. با این حساب الگوریتم ما قادر به تشخیص سه زبان از میان چهار زبان مورد آزمایش است. این درحالی است که متن انگلیسی مجهول ما براساس معیار Ep فرانسوی و براساس معیار E با عربی اشتباه گرفته می‌شود. این نشان می‌دهد که اندازه متن مجهول ما هنوز باید افزایش داده شود. توجه دارید که اندازه متن‌های انتخابی ما کمتر از ۵۰ کلمه هستند درحالی که یک متن یک صفحه‌ای با ۲۴ سطر حداقل ۴۰۰ کلمه دارد و لزوما استفاده از چنین متنی دقت شناسایی را بشدت افزایش خواهد داد. ارزیابی رابطه بین دقت و اندازه متن موضوعی است که نیاز به ادامه تحقیق و انجام ازمایشات بیشتر دارد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله نشان داده شد که خصوصیات آماری طول کلمه ما را قادر به تفکیک و شناسایی زبان‌های مختلف می‌نماید. پنج زبان فارسی،عربی،انگلیسی، فرانسوی و ترکی استانبولی در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت و الگوریتمی طراحی شد که به کمک آن شناسایی اتوماتیک زبان امکان‌پذیر گردد. استحکام و دقت الگوریتم به این نکته بر می‌گردد که هیچ دو زبانی دارای تابع توزیع مشابهی نیستند، چنانچه در شکل ۷ به‌خوبی مشاهده گردید. این تفاوت و تمایز کاملاً در این مقاله مورد بهره برداری قرار گرفت و با انجام چندین آزمایش نشان داده شد که الگوریتم پیشنهادی به خوبی قادر به شناسایی زبان ها از یکدیگر است. البته هر چه تعداد کلماتی که در متن نمونه (مجهول) قرار دارد بیشتر شود دقت و سرعت کشف زبان هم بالاتر می‌رود.

نتایج این تحقیق را می توان از جهات مختلف مورد مطالعه بیشتر قرار داد:

۱. ارزیابی رابطه بین دقت و اندازه متن مجهول

۲. ارزیابی سرعت یا کارایی الگوریتم روی متون متنوع از منابع مختلف

۳. افزایش دقت الگوریتم با بکارگیری مشخصه‌های آماری پیچیده‌تری مانند ضریب چولگی[1]، ضریب کشیدگی[2] و گشتاورهای[3] درجات بالاتر و نیز استفاده از خواص تابع توزیع تجمعی[4]

۴. تحلیل خطای الگوریتم با تغییر متون مرجع مانند تغییر از متون ادبی کلاسیک به متون روزمره

۵. افزایش تعداد زبان ها

قدردانی

لازم می دانم از داوران محترم این مقاله که با طرح چالش ها و راهنمایی های ارزشمندشان به تبیین اهداف این تحقیق کمک بسزایی نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. هم چنین مایلم از خانم فتحی، دانشجوی درس آمار مهندسی خود، که آزمایشات اولیه مربوط به پنج زبان را با گزینش متون مختلف به انجام رساندند وآقای کیانوش روایی که با انجام برنامه‌نویسی‌های لازم امکان انجام آزمایشات و محاسبات آماری مربوط به الگوریتم را فراهم آوردند تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

Beasley, K. R. (1988), "Language Identifier: A Computer program for automatic natural language identification on on-line text", *Proceedings of the 29th Annual Conference of American translator Association*, pp 47-54.

Damashek, M. (1995), "Gauging Similarity with n-Grams: Language Independent Categorization of Text", *Science*, Vol. 267, pp 843-848.

1. Skewness
2. Kurtosis
3. Moments
4. Cumulative distribution function

Giguet, E. (1995), "Categorization according to Language: A step toward combining Linguistic Knowledge and Statistic Learning", *Proceeding of the International Workshop of Parsing Technologies*, Prague: September.

Harbech, S. and U. Ohler, (1999), "Milligrams for Language Identification", *Proceeding of the 6th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech 99) Budapest*: September.

Huffman, S.(2000),"The Acquaintance algorithm", GLBH@email.msn.com

Kirchhoff, K. Parondekar, S. and J. Bilmes, (2002), "Mixed – memory markou models for Automatic Language Identification", *Proceeding of ICASSP 2002*, Orlando.

Kwan, H. K. and K. Hirose, (1997), "Use of Recurrent Network for unknown language Rejection in Language Identification System", *Proceeding 5th European Conference on Speed Communication and Technology (Euro speech 97)*, Rhodes: September.

Matrouf, D., Add a – Decker, M., Lamel L, L. and J. Gauuain (1998), "Language Identification Incorporating Lexical Information", *Proceeding of the International Conference on spoken Language Processing* (ICSLP 98), Sydney: December.

Matsuura, T. (2000), "Authorship Attribution in Japanese modern sentences via N-Gordon Distribution", *Mathematical Linguistic*, Vol. 22, No.6, pp. 223-238.

Rau, M. D. (1974), *Language Identification by Statistical Analysis*, Master's thesis, Naval Postgraduate School.

Schmitt, J. C. (1991), Trigram-based method of Language Identification, *U. S. Patent Number 5062143*, October.

صنیعی منفرد، محمد علی، (۱۳۷۳)، *استفاده از شبکه‌های عصبی*، اولین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، دانشگاه صنعتی اصفهان.

صنیعی منفرد، محمد علی، (۱۳۸۰)، *تحقیق در عملیات پیشرفته با نگرش کاربردی*، انتشارات دانشگاه الزهرا (س).

پیوست مقاله

اضافه متن انگلیسی:

Cried Jo, much touched. I hope you will be a great deal better, dear, but you must keep watch over your bosom enemy, as father calls it, or it may sadden, if not spoil, your life.

اضافه متن عربی:

ان الطیور تعرف مقصدها من مواقع الشمس و القمر و النجوم فی السما ٍ فتستعین بمواقع الاجرام السماویه علی معرفه الزمن و الا تجاه الصحیح. لکن هنا سوال آخر و هو اذا تغیرت هذه المواقع بسبب حرکه الارض و الشمس و القمر و النجوم. فکیف لا تضل الطیور طریقها؟

اضافه متن فرانسوی:

Un Camion de blanchisserie est arre'te' contre letrottoir, faisont e'cron entre le bistrot et l'atelier de Gilory. Av dessus de ce dernier, un panneaau me'tallique indique la raison sociale d'une enterprise quine travaille que pour un seul client.