

صاحب امتیاز: انجمن فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

مدیر مسؤول: دکتر مسعود شفیعی

سردبیر: دکتر حسن آقائی نیا

دبیر داخلی: دکتر هومان تحیری (دانشگاه شیراز)

شمارگان: ۱۰۰۰

حروفچینی و صفحه آرایی: مهین کشاورز

هیئت تحریریه:

فرخ حجت کاشانی (استاد)، دانشگاه علم و صنعت ایران

سید احمد رضا شرافت (استاد)، دانشگاه تربیت مدرس

مسعود شفیعی (استاد)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

محمد رضا عارف (استاد)، دانشگاه صنعتی شریف

کریم فائز (استاد)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

رضا فرجی دانا (استاد)، دانشگاه تهران

کمال محامدپور (استاد)، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

فرخ مروستی (استاد)، دانشگاه صنعتی شریف

سیداحمد معتمدی (استاد)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

روزبه معینی (استاد)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کاظم اکبری (دانشیار)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کامبیز بدیع (دانشیار)، مرکز تحقیقات مخابرات ایران

علی اکبر جلالی (دانشیار)، دانشگاه علم و صنعت ایران

حمیدرضا ربیعی (دانشیار)، دانشگاه صنعتی شریف

امیر البدوی (دانشیار)، دانشگاه تربیت مدرس

محمد تشنه لب (دانشیار)، دانشگاه خواجه نصیر طوسی

اعضای هیئت مدیره:

• اعضای اصلی:

دکتر محمود کمره‌ای (رئیس انجمن)

دانشگاه تهران

دکتر علی دوست محمدی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر عباس محمدی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر سید علیرضا هاشمی گلپایگانی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر مهدی شجری

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر وحید یزدانیان

دانشگاه علمی- کاربردی پست و مخابرات

دکتر اکبر کاری دولت آبادی

دانشگاه هوایی شهید ستاری

دکتر امیر شهاب شاهمیری

دانشگاه جامع علمی کاربردی

دکتر رمضانعلی صادق‌زاده

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مهندس ناصر یوسف‌پور

شرکت مخابرات همراه اول

مهندس سیدعلی صموتی

دانشگاه فنی و حرفه‌ای

• اعضای علی‌البدل:

مهندس فرهاد رضایی (شرکت کوشاتجارت نو پدید)

دکتر جمشید شیشه‌زاده (دانشگاه خوارزمی)

بازرسان:

• بازرس اصلی:

دکتر مسعود شفیعی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

• بازرس علی‌البدل:

مهندس اکبر مصطفی صادقی (دانشگاه آزاد اسلامی)

براساس نامه شماره ۳/۴۸۱۷ مورخ ۱۳۸۶/۶/۱۱ دفتر امور پژوهشی وزارت

علوم، تحقیقات و فناوری و بیانیه رأی کمیسیون بررسی نشریات

علمی کشور در تاریخ ۱۳۸۶/۴/۲۳، درجه علمی- پژوهشی به این فصلنامه

اعطا شده است

فهرست

فصلنامه علمی - پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

سال هفتم، شماره‌های ۲۵ و ۲۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۴

-
- ۱ ▪ دست‌بندی داده‌های دو رده‌ای با ابر مستطیل موازی محورهای مختصات
زهرا مصلحی، مازیار پالهنگ
 - ۱۵ ▪ الگوریتم جدید انتخاب مُد داخل فریمی سریع در استاندارد کدگذاری ویدیویی H.264/AVC
مهناز نژادعلی، مهدی جعفری، مجید محمدی
 - ۲۷ ▪ اصلاح توأم نقص ابیراهی لنز دوربین و خطای خروج از مرکز تصویر با بهره‌گیری از مدل اصلاح
شده زرنبک
کامبیز رهبر، کریم فائز، ابراهیم عطاران کاخکی
 - ۴۳ ▪ تولید نام‌های زیبا و معنادار ایرانی به کمک الگوریتم ژنتیک با تابع برازندگی مبتنی بر شبکه
عصبی مصنوعی
امیرشهاب شاهمیری، بهاره زمانی نظامی، سعید شیری
 - ۶۷ ▪ ارائه الگوریتم مبتنی بر یادگیری جمعی به منظور یادگیری رتبه‌بندی در بازیابی اطلاعات
الهام قنبری، آزاده شاکری
 - ۸۷ ▪ بررسی عوامل زمینه‌ساز استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه
حسین مومیوند

 - ۹۹ ▪ نگارش
 - ۱۰۱ ▪ معرفی انجمن فناوری اطلاعات و ارتباطات
 - ۱۰۲ ▪ اعضای حقوقی و حقیقی جدید انجمن
 - ۱۰۷ ▪ چکیده انگلیسی مقالات
-

دسته‌بندی داده‌های دو رده‌ای با ابرمستطیل موازی محورهای مختصات

زهره مصلحی*

مازیار پالهنگ**

* دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

** دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۰

چکیده

یکی از روش‌های یادگیری در یادگیری ماشین و شناسایی الگو، یادگیری با ناظر است. در یادگیری با ناظر و در مسایل دو رده‌ای، برچسب داده‌های آموزشی موجود و شامل دو رده مثبت و منفی می‌باشند. هدف الگوریتم یادگیری با ناظر، محاسبه فرضیه‌ای است که بتواند با کمترین مقدار خطا، داده‌های مثبت و منفی را از یکدیگر جدا کند. در این مقاله، از بین کلیه الگوریتم‌های یادگیری با ناظر، بر عملکرد درخت‌های تصمیم متمرکز می‌شویم. دیدگاه هندسی درخت تصمیم ما را به مفهوم تفکیک‌پذیری در هندسه محاسباتی نزدیک می‌کند. از بین کلیه الگوریتم‌های تفکیک‌پذیری موجود و مرتبط با درخت تصمیم، مساله محاسبه مستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ را مطرح می‌کنیم و الگوریتم را در یک، دو، سه و m بعد پیاده‌سازی می‌کنیم که m تعداد ویژگی‌های داده‌ها را نشان می‌دهد. نتیجه پیاده‌سازی نشان‌دهنده آن است که این الگوریتم، الگوریتمی قابل رقابت با الگوریتم شناخته شده C4.5 است.

واژه‌های کلیدی: یادگیری ماشین، دسته‌بندی، درخت تصمیم، هندسه محاسباتی، تفکیک‌پذیری، مستطیل

۱- مقدمه

صحبت می‌کنیم و پس از آن در مورد مساله تفکیک‌پذیری در هندسه محاسباتی صحبت خواهیم کرد و ارتباط بین درخت‌های تصمیم و مساله تفکیک‌پذیری را مطرح می‌کنیم. درخت‌های تصمیم یکی از روش‌های یادگیری با ناظر برای رده‌بندی داده‌های پیوسته و یا داده‌های گسسته است. نحوه‌ی ساخت فرضیه متناظر با درخت‌های تصمیم به این صورت است که ابتدا بر اساس یک معیار مشخص یکی از ویژگی‌های متناظر با داده‌های ورودی انتخاب می‌شود و این ویژگی به عنوان ریشه در نظر گرفته می‌شود. تعداد زیرشاخه‌های متناظر با ریشه برابر با مقادیر مختلف ویژگی

یکی از زمینه‌های فعالیت در یادگیری ماشین و شناسایی الگو یادگیری با ناظر می‌باشد. مهمترین ویژگی الگوریتم‌های یادگیری با ناظر آن است که در آن برچسب داده‌های آموزشی موجود است. تاکنون انواع روش‌های یادگیری با ناظر پیشنهاد شده است. به عنوان مثال می‌توان به درخت‌های تصمیم، یادگیر SVM و روش‌های نزدیکترین همسایه اشاره کرد. در این مقاله بر عملکرد درخت‌های تصمیم متمرکز می‌شویم. عملکرد هندسی درخت‌های تصمیم با مفهوم تفکیک‌پذیری در هندسه محاسباتی ارتباط نزدیکی دارد. در ابتدا در مورد عملکرد درخت تصمیم

به صورت زیر است: اگر تعداد ویژگی‌های داده‌ها برابر m باشد، کلیه داده‌ها، نقاطی در فضای m بعدی هستند که هر بعد بیانگر یک ویژگی از داده‌ها است. عملکرد درخت تصمیم مشابه پیدا کردن ابرصفحه‌های تقسیم‌کننده در فضای m بعدی است، بطوریکه داده‌های موجود را به درستی رده‌بندی کند و تا حد ممکن رده‌بندی صحیح داده‌های آینده را نیز بدست آورد. برای آنکه بتوانیم این مساله را به مساله تفکیک‌پذیری ارتباط دهیم کافی است به داده‌های با برچسب مثبت رنگ آبی و به داده‌های با برچسب منفی رنگ قرمز انتساب دهیم. عملکرد درخت تصمیم مشابه آن است که در فضای m بعدی بهترین تفکیک‌کننده ممکن را بیابیم بطوریکه فضا به چندین بخش افراز گردد و هر بخش دارای بیشترین تعداد نقاط هم‌رنگ باشد.

۱-۱ کارهای مرتبط

در مسایل تفکیک‌پذیری، مطالعه وسیعی برای انتخاب مفیدترین الگو برای تفکیک مجموعه نقاط قرمز و آبی در [2] انجام شده است. در همین مرجع نشان داده شده است که یکی از الگوهای مفید مستطیل است. تاکنون، مقالات زیادی در زمینه تفکیک‌پذیری برای مستطیل ارائه شده است. تفکیک کامل با یک مستطیل در [3] مورد بررسی قرار گرفته است. در این مساله، مستطیل فقط دارای نقاط از یک رنگ است و نقاط از رنگ دیگر، خارج از مستطیل واقع می‌شوند. ممکن است تفکیک با یک مستطیل بطور کامل امکان‌پذیر نباشد. تفکیک با یک مستطیل با هدف حداکثر تعداد نقاط از یک رنگ داخل مستطیل، به نحوی که نقطه‌ای از رنگ دیگر، داخل مستطیل واقع نباشد در [4] مورد بررسی قرار گرفته است. تفکیک با یک مستطیل با هدف حداکثر اختلاف دو رنگ، بین نقاط از یک رنگ و رنگ دیگر داخل مستطیل نیز در [5,6] بررسی گردیده است (در این حالت مستطیل دارای نقاط از هر دو رنگ است).

تفکیک با دو مستطیل بطوریکه دو مستطیل به گونه‌ای در صفحه قرار گیرند که اضلاع آنها موازی یکدیگر بوده و نقاطی که در یک مستطیل قرار می‌گیرند (که در مستطیل دیگر قرار ندارند) تک رنگ باشند، مساله دیگری است که در [7,8] بررسی شده است. به عبارتی اگر R را مستطیل دربرگیرنده نقاط قرمز و B را مستطیل در برگیرنده نقاط

انتخاب شده خواهد بود. اگر داده‌های آموزشی پیوسته-مقدار باشند، زیر شاخه‌های متناظر با ریشه با انتخاب یک خصیصه و تقسیم محدوده مربوط به آن به دو و یا چند قسمت بدست می‌آید. حال می‌توان خصیصه دوم را انتخاب کرد و همین روند را مجدداً تکرار کرد. در نهایت برگ‌های درخت، برچسب متناظر با رده داده‌ها را مشخص می‌کند. یکی از مهمترین ملاک‌های کارایی این درخت‌ها آن است که آن‌ها قابلیت تعمیم بالایی داشته باشند. به همین منظور لازم است در هر مرحله از ساخت، خصیصه‌ای به عنوان ریشه انتخاب شود که به ازای هریک از مقادیر آن بیشترین خلوص ایجاد گردد. ارزیابی میزان خلوص با معیار آنتروپی قابل اندازه‌گیری است [1]. حال برای انتساب یک برچسب مشخص به داده ورودی لازم است بر اساس مقادیر متناظر با ویژگی‌های آن داده یک مسیر از ریشه تا یکی از برگ‌های درخت پیموده شود و برچسب متناظر با داده آزمون محاسبه گردد.

حال به تعریف مساله تفکیک‌پذیری می‌پردازیم. در مساله تفکیک‌پذیری در هندسه محاسباتی، دو مجموعه نقطه قرمز و آبی داده می‌شود. هدف مساله تفکیک‌پذیری پایه، به دست آوردن شکل هندسی C به گونه‌ای است که بتواند مجموعه نقاط قرمز و آبی را از یکدیگر جدا کند. به عبارتی قصد داریم شکل هندسی C را به گونه‌ای در فضا قرار دهیم بطوریکه کلیه نقاط آبی (قرمز) داخل آن و کلیه نقاط قرمز (آبی) خارج از آن قرار گیرند. تنوعات زیادی برای مساله تفکیک‌پذیری مطرح شده است. تفاوت الگوریتم‌های ارائه شده در انتخاب شکل هندسی C و تابع هدف تعریف شده است.

تاکنون کارهای زیادی در زمینه تفکیک با مستطیل، دایره، مثلث، خط و گوه ارائه شده است. هدف مساله بهینه‌سازی، گاهی کم کردن حجم، محیط و مساحت شکل هندسی تفکیک‌کننده است. همچنین گاهی هدف، حداکثر کردن تعداد نقاط هم‌رنگ داخل C است. این مساله زمانی مطرح می‌شود که مجموعه نقاط قرمز و آبی به طور کامل تفکیک‌پذیر نباشند. ارتباط روشی بین مساله درخت تصمیم در یادگیری ماشین و مساله تفکیک‌پذیری نقاط در هندسه محاسباتی وجود دارد. تعبیر هندسی عملکرد درخت تصمیم

۱-۲- نتایج بدست آمده

مهم‌ترین ویژگی این مقاله، توجه به مسایل هندسه محاسباتی در حوزه کاربردی می‌باشد. تاکنون در هیچ‌یک از کارهای انجام شده در زمینه تفکیک‌پذیری نقاط در هندسه محاسباتی، به پیاده‌سازی الگوریتم‌های موجود بر روی داده‌های واقعی و کاربرد عینی این مسایل در یادگیری ماشین پرداخته نشده است. نزدیکترین کارهای موجود به این مقاله، کارهای ارائه شده توسط دابکین و همکارانش می‌باشد که در آن چندین مساله تفکیک‌پذیری ارائه و تنها به کاربرد آن‌ها در زمینه درخت‌های تصمیم اشاره می‌گردد [5,13]. در هیچ‌یک از کارهای موجود در زمینه تفکیک‌پذیری به تحلیل الگوریتم از نظر دقت و سرعت و مقایسه با الگوریتم‌هایی که در دنیای واقعی اجرا می‌شوند پرداخته نمی‌شود. بنابراین، یکی از نقاط ضعف کارهای موجود عدم اجرای این الگوریتم‌ها بر روی داده‌های واقعی می‌باشد که در این مقاله به شدت مورد توجه می‌باشد. در این مقاله محاسبه ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ مورد توجه قرار می‌گیرد. این مساله را در یک، دو، سه و m بعد پیاده‌سازی می‌کنیم. هنگام پیاده‌سازی الگوریتم در بیش از یک بعد به گونه‌ای متفاوت از الگوریتم اصلی رفتار می‌کنیم تا بتوانیم یک ابرمستطیل جداکننده تقریبی که زمان ساخت آن پیچیدگی محاسباتی کمتری داشته باشد ایجاد کنیم. از بین کلیه آزمایش‌های انجام شده، بهترین نتیجه با پیاده‌سازی این مساله در یک بعد حاصل شد. نتایج پیاده‌سازی این مساله در یک بعد و تحلیل سرعت اجرای الگوریتم، در مقایسه با الگوریتم C4.5 بیانگر آن است که الگوریتم ارائه شده، الگوریتمی قابل رقابت با الگوریتم C4.5 است.

در ادامه، ابتدا در بخش ۲ الگوریتم C4.5 را معرفی می‌کنیم. پس از آن در بخش ۳ به معرفی ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ، ارتباط آن با درخت تصمیم و الگوریتم‌های مربوط به آن می‌پردازیم. پیاده‌سازی آزمایش‌های مختلف و نتایج آن‌ها در بخش ۴ آورده می‌شود. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط الگوریتم C4.5 مقایسه می‌گردد. در آخر در بخش ۵ نیز نتیجه‌گیری و مسایل باز آورده می‌شود.

آبی تعریف کنیم، نقاط داخل $B-R$ باید فقط از رنگ آبی و نقاط داخل $R-B$ فقط از رنگ قرمز باشند. در این مساله هدف بیشینه کردن تعداد نقاط داخل $(R \cup B) - (R \cap B)$ است. یعنی نقاطی که در فصل مشترک دو مستطیل و خارج از دو مستطیل واقع می‌شوند از مجموعه نقاط حذف خواهند شد. همچنین، الگوریتم محاسبه دو مستطیل مجزا و موازی محورهای مختصات بطوریکه کلیه نقاط آبی داخل آن دو مستطیل و کلیه نقاط قرمز خارج از آن‌ها واقع شوند در [9,10] ارائه شده است. تفکیک با دو مربع واحد مجزا و تک رنگ موازی با محورهای مختصات، با هدف حفظ بزرگترین زیرمجموعه از نقاط در [11,12] بررسی گردیده است. در کل تفاوت الگوریتم‌های گوناگون برای تفکیک‌پذیری نقاط با مستطیل بر اساس تعداد مستطیل‌های استفاده شده، زاویه این مستطیل‌ها نسبت به یکدیگر و نسبت به محورهای مختصات و همچنین گاهی تابع بهینه‌سازی مطرح شده می‌باشد. توابع مختلف بر اساس مقدار خطای موجود بر اساس تعداد نقاطی که به اشتباه رده‌بندی می‌شوند، مساحت و یا محیط مستطیل‌ها تعریف می‌گردند.

تاکنون کارهای بسیار کمی از لحاظ کاربردی و در حوزه یادگیری ماشین و دسته‌بندی برای مسایل تفکیک‌پذیری در هندسه محاسباتی ارائه شده است. از بین کارهای موجود تنها می‌توان به کارهای انجام شده توسط دابکین^۱ و همکارانش اشاره کرد [5,13]. در [13] تنها وابستگی برخی از این مسایل به مساله درخت تصمیم شرح داده می‌شود. به عنوان مثال دابکین عملکرد یک درخت تصمیم $\tau(1,k)$ را به این صورت تعریف می‌کند که کلیه مثال‌های آموزشی را در یک بعد k قسمت کنیم، بطوریکه در هر قسمت بیشترین تعداد نقاط هم‌رنگ وجود داشته باشند. به عنوان مثالی دیگر، ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ به گونه‌ای متفاوت درخت تصمیم مربوطه را ایجاد می‌کند [5,13]. در اینجا هر بعد دقیقاً به سه قسمت تقسیم می‌شود و در نهایت ابرمستطیل ایجاد شده بیشترین تعداد نقاط هم‌رنگ را دارا خواهد بود.

1. Dobkin

۲- الگوریتم C4.5

در این بخش به معرفی الگوریتم یادگیری درخت تصمیم C4.5 می‌پردازیم. محاسبه فرضیه متناظر با الگوریتم C4.5 مشابه چیزی است که در قسمت مقدمه به آن اشاره شد. به عبارتی برای ساخت درخت C4.5 مشابه درخت‌های تصمیم پایه، به ترتیب یک ویژگی انتخاب می‌کنیم و انشعاب‌های متناظر با آن را ایجاد می‌کنیم و اینکار را تا زمانی ادامه می‌دهیم که کلیه داده‌های متناظر با هر برگ به خلوص کافی دست یابند. منتها الگوریتم‌های درخت تصمیم پایه، فاقد برخی از ویژگی‌ها از قبیل قابلیت برخورد با ویژگی‌های پیوسته- مقدار، قابلیت برخورد با مشکل بیش پوشش^۱، انتخاب یک ویژگی مناسب در هر سطح از درخت، قابلیت برخورد با داده‌های آموزشی با برخی مقادیر ویژگی‌های نامعلوم^۲ و قابلیت توسعه کارایی محاسباتی الگوریتم می‌باشند. اغلب این موارد در الگوریتم C4.5 لحاظ شده است [1]. از این الگوریتم در انجام آزمایش‌ها، به عنوان یک معیار مقایسه استفاده می‌گردد.

۳- ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ

در این بخش با مفهوم ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ آشنا می‌شویم. ابتدا در یک زیر بخش به تعریف رسمی ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ می‌پردازیم. پس از آن در زیر بخش‌های جداگانه به معرفی الگوریتم در ابعاد مختلف خواهیم پرداخت.

۳-۱- تعریف و ارتباط با درخت‌های تصمیم

ابتدا مفهوم ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ را به صورت رسمی مطرح می‌کنیم و سپس ارتباط آن با درخت تصمیم را با رسم شکل نشان می‌دهیم. فرض کنید داده‌های آموزشی به همراه برچسب‌های آن‌ها (برچسب‌های مثبت و منفی) داده شده است. این داده‌ها، مجموعه نقاط S در فضای m بعدی را تشکیل می‌دهند. برچسب هریک از داده‌ها به کمک رنگ آن‌ها نشان داده می‌شود. بنابراین، می‌توان داده‌های آموزشی را با رنگ‌های

قرمز و آبی مجزا کرد. در مساله محاسبه مستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ، هدف، حداکثرسازی درجه خلوص داده‌های آموزشی پوشش داده شده با یک فرضیه مستطیل‌شکل و موازی محورهای مختصات است. منظور از حداکثر خلوص، محاسبه مستطیلی است که بیشترین نقاط آبی و کمترین نقاط قرمز را داراست. در نتیجه ابرمستطیل بدست آمده دارای بیشترین اختلاف دو رنگ است. به شکل ۱ توجه کنید. در این شکل نقاط قرمز و آبی به ترتیب با علامت \times و \bullet مشخص شده‌اند.

چنانچه بخواهیم این مساله را با عبارات ریاضی مدل کنیم به روابط زیر می‌رسیم. ابتدا از تابع نگاشت رابطه (۱) برای مشخص کردن هریک از داده‌های مثبت و منفی استفاده می‌کنیم.

$$X : S \rightarrow \{-1, +1\} \quad (1)$$

سپس $\Delta(B)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta(B) = \sum_{x \in (B \cap S)} X(x) \quad (2)$$

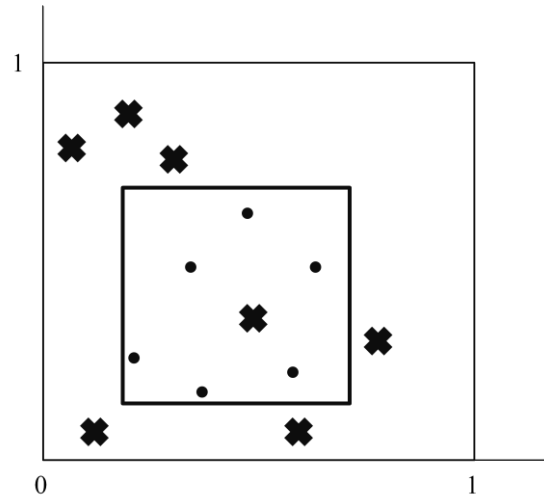
در واقع $\Delta(B)$ به نوعی بیانگر اختلاف تعداد داده‌های مثبت پوشیده شده توسط فرضیه مستطیل- شکل B و داده‌های منفی به اشتباه پوشیده شده توسط این فرضیه است. در مساله محاسبه ابرمستطیل با حداکثر تمایز دو رنگ به دنبال برآورده کردن رابطه (۳) هستیم.

$$\arg \max_B |\Delta(B)| \quad (3)$$

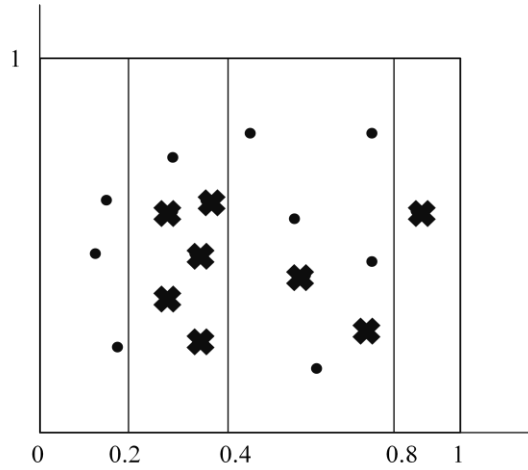
ابرمستطیلی را در نظر بگیرید که در رابطه بالا صدق می‌کند. یعنی از بین کلیه ابرمستطیل‌ها، ابرمستطیلی داریم که بیشترین تعداد نقاط آبی و کمترین تعداد نقاط قرمز را پوشش می‌دهد. ابرمستطیلی که دارای بیشترین تمایز دو رنگ است، تعداد نقاط قرمز داخل ابرمستطیل و نقاط آبی خارج از آن را کمینه می‌کند. نقاط قرمز داخل ابرمستطیل به همراه نقاط آبی خارج از آن، معادل $Err_S(h)$ است. منظور از $Err_S(h)$ خطای نمونه برای کلیه فرضیه‌های مستطیل- شکل است. بنابراین، بدست آوردن ابرمستطیل با حداکثر تمایز دو رنگ معادل پیدا کردن فرضیه‌ای با حداقل خطای $Err_S(h)$ است.

2. Overfitting
3. Missing value

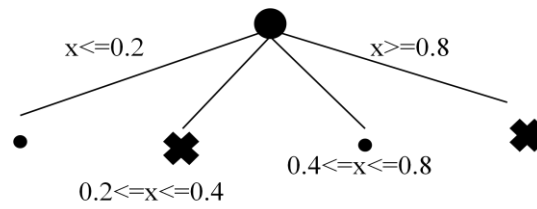
دسته‌بندی داده‌های دو رده‌ای با ابرمستطیل موازی محورهای مختصات



شکل ۱: محاسبه مستطیل با حداکثر تمایز دو رنگ (در این شکل نقاط قرمز با علامت \times مشخص شده‌اند) [5]



شکل ۲: مرزهای جداکننده درخت تصمیم $\tau(1,k)$



شکل ۳: درخت تصمیم متناظر با شکل ۲



شکل ۴: نگاهت نقاط مابین دو خط افقی روی یک خط

الگوریتم در حالت یک‌بعدی به زمان پیش‌پردازش $O(n \log n)$ نیاز دارد که در آن n تعداد کل داده‌های آموزشی است [5]. این مرتبه زمانی مربوط به مرتب‌سازی کلیه داده‌های آموزشی روی محور با خصیصه انتخابی است. فرض کنید پس از تصویر کلیه داده‌های آموزشی روی محور مربوطه، کلیه داده‌ها در بازه بسته $[0,1]$ قرار گیرند.

حال تعاریف زیر را در نظر بگیرید:

- A_{max} : زیربازه‌ای از A است که از بین کلیه زیربازه‌های A دارای بیشترین مقدار Δ است. بنابراین، اگر کلیه نقاط در بازه $[0,1]$ محدود شده باشند ما به دنبال $[0,1]_{max}$ هستیم.
- A_{left} : زیربازه‌ای از A است که از میان کلیه زیربازه‌های A که نقطه ابتدای بازه آن‌ها با نقطه ابتدای بازه A برابر است، دارای بیشترین مقدار Δ است.
- A_{right} : زیربازه‌ای است که از میان کلیه زیربازه‌های A که نقطه انتهای آن‌ها با نقطه انتهای بازه A برابر است دارای بیشترین مقدار Δ است.

مساله محاسبه بازه با بیشترین اختلاف دو رنگ به کمک یک درخت و با استفاده از روش تقسیم و حل پیاده‌سازی می‌شود. ابتدا در مورد راهکار تقسیم و حل بکار گرفته شده صحبت می‌کنیم و سپس اجرای الگوریتم به کمک درخت ذکر شده در الگوریتم یک آورده می‌شود.

در ابتدا بازه $[0,1]$ را به $\frac{n}{2}$ زیربازه افزایش می‌کنیم که در آن n تعداد کل داده‌های آموزشی است و در هر زیربازه حداکثر دو داده قرار می‌گیرد. بنابراین، زیربازه‌های ایجاد شده همه داده‌های آموزشی را پوشش می‌دهند و اشتراک هر دو زیربازه با یکدیگر تهی است. برای هر زیربازه ایجاد شده، سه زیربازه بیشینه^۵ گفته شده را محاسبه می‌کنیم. سپس، از چپ به راست L و R را دو زیربازه متوالی غیرهمپوشان تعریف می‌کنیم. اگر این دو زیربازه را با یکدیگر ترکیب کنیم، بازه LR بدست می‌آید. واضح است که LR_{max} برابر

قضیه ۱- از بین کلیه فرضیه‌های مستطیل- شکل که داده‌های آموزشی را رده‌بندی می‌کند، مستطیلی که دارای بیشترین تمایز دو رنگ است دارای کمترین مقدار $Err_s(h)$ است [5]. لازم است اشاره کنیم اگر داده‌های آزمون به خوبی از توزیع جامعه انتخاب شوند، $Err_s(h)$ تقریب خوبی از $Err_D(h)$ خواهد بود. $Err_D(h)$ خطای واقعی فرضیه h را نشان می‌دهد. بنابراین، از بین کلیه فرضیه‌های مستطیل- شکل به دنبال مستطیل با بیشترین تمایز دو رنگ خواهیم بود. برای روشن شدن ارتباط بین درخت تصمیم و ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ ابتدا به شکل ۲ توجه کنید. در این شکل (شماره ۲) مرزهای جداکننده درخت تصمیم $\tau(1,k)$ نشان داده شده است. درخت تصمیم یک سطحی معادل آن در شکل ۳ آورده شده است. به صورت مشابه، بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ را می‌توان معادل یک درخت تصمیم یک‌سطحی دانست بطوریکه ریشه دارای سه انشعاب برای مقادیر کمتر از ابتدای بازه، مقادیر مابین ابتدا و انتهای بازه و مقادیر بیشتر از انتهای بازه است. به همین ترتیب مستطیل، معادل یک درخت تصمیم دوسطحی و ابرمستطیل m بعدی، معادل یک درخت تصمیم m سطحی با حداکثر سه انشعاب در هر گره است. پیدا کردن ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ معادل بدست آوردن هریک از انشعاب‌های درخت تصمیم متناظر آن است.

۳-۲- الگوریتم در حالت یک بعدی

در حالت یک‌بعدی فرض می‌شود کلیه داده‌های آموزشی تنها دارای یک خصیصه هستند. در غیر اینصورت می‌توان یکی از خصایص آن‌ها را با استفاده از روش‌های انتخاب خصیصه^۴ انتخاب کرد. در هر حال شناسایی رده مربوط به هر داده، تنها با استفاده از یکی از خصایص آن‌ها انجام می‌شود. در اینجا ابتدا کلیه مثال‌های آموزشی روی محور متناظر با خصیصه انتخابی تصویر می‌شوند. منظور از ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ، بازه‌ای است که بیشترین تعداد نقاط آبی و کمترین تعداد نقاط قرمز را داراست. به شکل ۴ توجه کنید.

می‌کنیم منظور از LR_{\max} بهترین بازه موجود با بیشترین به این ترتیب به تعداد $\frac{n}{4}$ زیر بازه LR به همراه زیربازه‌های بیشینه آن‌ها محاسبه می‌گردد. حال $\frac{n}{4}$ زیر بازه جدید را در نظر می‌گیریم و کل مراحل الگوریتم گفته شده را بر روی آن‌ها تکرار می‌کنیم. این روند تا زمانی ادامه می‌یابد که تنها بازه $[0,1]$ مشاهده شود و سه زیربازه بیشینه متناظر با آن محاسبه گردد.

L_{\max} یا R_{\max} و یا $L_{right} \cup R_{left}$ خواهد بود. اشاره اختلاف دو رنگ پس از ترکیب L و R است. از طرفی LR_{left} برابر L_{left} و یا $L \cup R_{left}$ است. همچنین، LR_{right} برابر R_{right} و یا $L_{right} \cup R$ است. حال L و R جدید را دو زیر بازه متوالی بعد از L و R قبلی در نظر می‌گیریم و روند بالا را برای آن‌ها تکرار می‌کنیم. این کار را تا زمانی که تمامی $\frac{n}{2}$ زیر بازه ایجاد شده پیمایش شوند تکرار می‌کنیم.

الگوریتم ۱- محاسبه بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ

ورودی: تصویر کلیه داده‌های آموزشی روی محور متناظر با

خصیصه انتخابی و مقیاس شده در بازه $[0,1]$

خروجی: بازه با حداکثر اختلاف دورنگ $[0,1]_{\max}$

۱- یک درخت دودویی به ارتفاع $\log_2(n)$ ایجاد کن. این

درخت شامل $\frac{n}{2}$ برگ می‌باشد.

۲- بازه $[0,1]$ را به $\frac{n}{2}$ زیر بازه افراز کن. هر زیربازه دارای

حداکثر دو نقطه از مجموعه S خواهد بود. از طرفی افراز به

نحوی انجام می‌شود که نقاط ابتدا و انتهای بازه روی نقاط

متناظر با مجموعه S واقع نشود. زیربازه‌های بدست آمده را در

برگ‌های درخت درج کن. برای هر زیربازه A سه زیربازه

بیشینه A_{left} ، A_{right} و A_{\max} را محاسبه کن و آن‌ها را در گره

متناظر با زیربازه A در درخت ذخیره کن. بنابراین، هر گره از

درخت شامل زیر بازه A و زیر بازه‌های A_{left} ، A_{right} و A_{\max}

می‌باشد.

۳- هر دو زیربازه متوالی را با یکدیگر ادغام کن. به این

ترتیب گره والد مربوط به دو زیر درخت متناظر با آن دو زیربازه

مقداردهی می‌شود. پس از عملیات ادغام، سه بیشینه گفته شده

را به کمک بیشینه‌های ذخیره شده در فرزندان آن بدست آور و

آن‌ها را در گره مربوطه ذخیره کن. واضح است که تعداد

گره‌های این سطح از درخت نصف تعداد گره‌های سطح پایینی

است.

۴- پس از ادغام زیربازه‌ها اگر بازه $[0,1]$ بدست آمد

$[0,1]_{\max}$ را بازگردان. در غیر این صورت به مرحله ۳ برو.

الگوریتم ۱: محاسبه بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ. اقتباس شده از [5]

بالایی و پایینی مستطیل وجود دارد. حال با استفاده از تکنیک خط جاروب که از بالا تا پایین، مختصه y نقاط را ملاقات می‌کند و الگوریتم ۱ بعدی پویا می‌توان الگوریتمی کارا برای محاسبه مستطیل با حداکثر اختلاف دورنگ ارائه کرد.

قضیه ۴- فرض کنید مجموعه S دارای n عضو است. همچنین از تابع نگاشت X استفاده کرده‌ایم. بدست آوردن مستطیلی موازی محورهای مختصات که دارای بیشترین اختلاف دو رنگ است در زمان $O(n^2 \log n)$ و حافظه $O(n)$ امکان‌پذیر است [5]. الگوریتم مستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ به سادگی می‌تواند برای حالت d بعدی نیز بکار برده شود. مساله پیدا کردن ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ در d بعد به زمان $O(n^{2d-2} \log n)$ و حافظه $O(n)$ نیاز دارد [5].

۴- پیاده‌سازی آزمایش‌های گوناگون و نتایج

در این بخش به معرفی آزمایش‌های گوناگون با استفاده از الگوریتم‌های معرفی شده در بخش‌های قبل و پیاده‌سازی آن‌ها می‌پردازیم.

۴-۱- معرفی مجموعه داده‌های فراهم شده برای پیاده‌سازی

ابتدا مجموعه داده‌هایی را که برای ارزیابی آزمایش‌ها از آنها استفاده کرده‌ایم را معرفی می‌کنیم. ما برای پیاده‌سازی الگوریتم از ۹ مجموعه داده استفاده کردیم. مجموعه داده‌ها از پایگاه داده UCI [15] انتخاب گردید. مشخصات مجموعه داده‌های انتخابی در جدول ۱ آورده شده است. در این جدول ستون مقادیر نامشخص^۷ نشان می‌دهد آیا از بین کلیه مثال‌های یک مجموعه، مثالی با یک مقدار ویژگی نامعلوم وجود دارد یا خیر. منظور از خط مبنا^۸ در این جدول بیشترین درصد مثال‌ها از یک رده است. به عبارتی اگر یک الگوریتم کاملاً تصادفی به هریک از داده‌های آموزشی یک برچسب انتساب دهد به دقتی برابر با خط مبنا خواهد رسید. بنابراین، لازم است الگوریتم یادگیر، به دقتی قابل توجه

حال به بیان شبهه کد مربوط به الگوریتم محاسبه $[0,1]_{\max}$ می‌پردازیم. در این شبهه کد از یک درخت دودویی برای اجرای الگوریتم استفاده می‌کنیم. به الگوریتم ۱ توجه کنید. **قضیه ۲-** اگر کلیه نقاط در مرحله پیش‌پردازش الگوریتم مرتب شده باشند، بدست آوردن بازه‌ای که دارای بیشترین اختلاف دو رنگ است در زمان خطی امکان‌پذیر است [5].

۳-۳- الگوریتم در حالت ۱ بعدی پویا

الگوریتم به سادگی می‌تواند با کمی تغییرات در حالت پویا نیز استفاده گردد. یعنی به سادگی می‌تواند درج و حذف را نیز پشتیبانی کند. کافی است یک درخت دودویی روی کلیه بازه‌ها مشابه قبل ساخته شود. برای حذف یک داده از مجموعه داده‌ها لازم است یک مسیر از ریشه به برگ پیموده شده و برگ متناظر با آن داده را بدست آوریم. سپس به ازای کلیه گره‌های موجود در مسیر پیموده شده، لازم است سه بیشینه مربوط به آن را بروز کنیم.

قضیه ۳- بدست آوردن زیربازه با حداکثر اختلاف دو رنگ، پس از هر عمل درج و یا حذف یک نقطه از مجموعه نقاط در زمان $O(\log n)$ امکان‌پذیر است [5].

پیچیدگی زمانی پایین الگوریتم برای حالت ۱ بعدی پویا به ما کمک می‌کند که بتوانیم از این الگوریتم در الگوریتم‌های یادگیری برخط^۹ نیز استفاده کنیم.

۳-۴- الگوریتم در حالت d بعدی

الگوریتم در حالت یک‌بعدی قابل تعمیم به ابعاد بالاتر نیز خواهد بود. محاسبه مستطیل با حداکثر اختلاف دورنگ در حالت دوبعدی با استفاده از تکنیک خط جاروب [14] و الگوریتم در حالت ۱ بعدی پویا امکان‌پذیر است.

برای محاسبه مستطیل با حداکثر اختلاف دورنگ، هر بار اضلاع بالایی و پایینی مستطیل را ثابت فرض می‌کنیم و کلیه نقاط مابین اضلاع بالایی و پایینی را روی محور x نگاشت می‌کنیم. حال با محاسبه بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ می‌توان اضلاع چپ و راست این مستطیل را محاسبه کرد. اگر Y_{coord} شامل مختصه y همه نقاط باشد، بنابراین، $O(|Y_{coord}|^2) = O(n^2)$ جفت مقدار مختلف برای اضلاع

7. Missing value

8. Baseline

6. Online learning

جدول ۱: معرفی مجموعه داده‌ها.

نام	سال	نوع خصایص	تعداد داده	تعداد خصایص	مقادیر نامشخص	خط مبنا
BL	۲۰۰۸	حقیقی	۷۴۸	۴	خیر	۷۶,۲
HA	۱۹۹۹	صحیح	۳۰۶	۳	خیر	۷۳,۵۲
BCW	۱۹۹۲	صحیح	۶۹۹	۱۰	بله	۶۵,۵۲
IO	۱۹۸۹	صحیح/حقیقی	۳۵۱	۳۴	خیر	۶۴,۱
MA	۲۰۰۷	حقیقی	۱۹۰۲۰	۱۰	خیر	۶۴,۸
PI	۱۹۹۰	صحیح/حقیقی	۷۶۸	۸	بله	۶۵,۱
PA	۲۰۰۸	حقیقی	۱۹۵	۲۲	خیر	۷۵,۳۸
CO		حقیقی	۲۰۸	۶۰	خیر	۵۳,۳۶
G2	۱۹۸۷	حقیقی	۱۶۳	۹	خیر	۵۳,۴

گردد. به همین دلیل الگوریتم C4.5 را به عنوان معیار مقایسه در نظر می‌گیریم. ابتدا به کمک نرم‌افزار وکا^{۱۰} [16] الگوریتم j.48 (الگوریتم C4.5) را روی تک تک مجموعه داده‌ها اجرا می‌کنیم. در اجرای الگوریتم از روش تصدیق-مقاطع^{۱۱} با ۳ بخش^{۱۲} استفاده کردیم. همچنین، در این پیاده‌سازی درخت‌های ایجاد شده درخت‌هایی دودویی است که در آن در هر مسیر از ریشه به برگ ممکن است چندین بار یک خصیصه مشاهده گردد. نتایج این الگوریتم در جدول ۲ در سطر دوم آورده شده است.

اشاره می‌کنیم برای پیاده‌سازی کلیه آزمایش‌هایی که در ادامه آورده می‌شوند از زبان برنامه‌سازی C# و پایگاه داده SQL استفاده کردیم. همچنین، از آنجا که در مجموعه داده‌های خود مجموعه داده‌هایی با مقادیر نامعلوم به ازای برخی خصایص وجود دارد در کلیه آزمایش‌ها با این داده‌ها کاملاً بدبینانه رفتار می‌کنیم. یعنی اگر خصیصه انتخاب شده دارای برخی مقادیر نامشخص باشد فرض می‌کنیم داده متناظر با آن، توسط فرضیه بدست آمده اشتباه رده‌بندی می‌شود.

آزمایش ۲- ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ (MBD^{۱۳}-*d)

نسبت به خط مبنا دست یابد. سایر ستون‌ها نیز سایر خصایص داده‌ها را معین می‌سازد. هنگام انتخاب از میان مجموعه داده‌های حقیقی- مقدار یا صحیح- مقدار تلاش کردیم به تعداد خصایص، تعداد داده‌ها و خط مبنا توجه کنیم بطوریکه تنوع در میان مجموعه‌های انتخابی موجود باشد.

۲-۴- آزمایش‌های انجام شده

ارزیابی الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده بر اساس معیار دقت^۹ و پیچیدگی زمانی آن‌ها صورت می‌گیرد. رابطه مربوط به محاسبه دقت به صورت زیر است:

$$Accuracy = \frac{(TP+TN)}{(C^+ + C^-)} \quad (4)$$

در این رابطه، منظور از TP (داده‌های مثبت) (منفی) است که توسط فرضیه موجود، مثبت (منفی) رده‌بندی می‌شوند. همچنین C⁺ تعداد کل داده‌های مثبت و C⁻ تعداد کل داده‌های منفی است. در واقع، به کمک رابطه بالا نسبت داده‌هایی که به درستی رده‌بندی شده‌اند به کل داده‌ها محاسبه می‌شود.

آزمایش ۱- پیاده‌سازی الگوریتم C4.5

برای ارزیابی عملکرد الگوریتم ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ لازم است این الگوریتم با یک الگوریتم پایه مقایسه

10. Weka

11. Cross- validation

12. Fold

13. Maximum bichromatic discrepancy

9. Accuracy

در اینجا الگوریتم محاسبه ابرمستطیل d بعدی با حداکثر اختلاف دو رنگ را به گونه‌ای متفاوت اجرا می‌کنیم. مراحل اجرای این آزمایش در آزمایش ۲ آورده شده است.

جدول ۲: نمایش معیار دقت در آزمایش‌های مختلف

CO	PA	PI	MA	IO	HA	G2	BL	BCW	
۷۲,۱۱	۸۴,۱	۷۳,۳	۸۵,۰۱	۹۰,۸۸	۷۰,۲۶	۸۰,۳۶	۷۶,۷۳	۹۴,۲۷	C4.5
۷۰,۷۲	۸۳,۱۳	۷۳,۶۲	۷۳,۵۲	۸۱,۲۷	۷۲,۷۳	۷۳,۷۶	۷۴,۱۴	۹۲,۱۵	MBD-1d
۶۹,۴۱	۸۲,۹۳	۶۷,۸۵	۷۵,۶۴	۸۷,۰۸	۷۳,۳۳	۷۰,۳۶	۷۴,۹۸	۹۳,۳۷	MBD-2d
۶۶,۷۴	۷۸,۹۳	۶۵,۹۸	۷۵,۳۲	۸۶,۸۴	۷۳,۲۵	۶۶,۷	۷۶,۱۹	۹۳,۶	MBD-3d
۶۳,۴	۷۷,۰۳	۶۵,۴۷	۷۴,۷۴	۸۶,۴۳	-	۶۳,۲۷	۷۶,۲۳	۹۴,۰۱	MBD-4d
۶۰,۷۵	۷۰,۵۶	۶۵,۵۲	۷۴,۰۶	۸۳,۰۳	-	۵۹,۳۸	-	۹۳,۹	MBD-5d
۴۷,۰۵	۵۰,۸	۶۵,۲۶	۷۲	۵۹,۲۶	-	۴۹,۴۹	-	۹۱,۹۶	MBD-md
۶۹,۲	۸۳,۰۳	۷۲,۵۷	۷۳,۶	۸۰,۶۹	۷۰,۲	۷۱,۹	۷۲,۹۲	۹۱,۵۴	Hi-MBD-1d

۱- $\frac{1}{3}$ داده‌ها به صورت تصادفی به مجموعه آزمون و $\frac{2}{3}$ داده‌ها به مجموعه آموزشی تخصیص می‌یابد.

۲- یک خصیصه انتخاب می‌شود و بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ به ازای آن خصیصه روی مثال‌های آموزشی به همراه دقت رده‌بندی آن، محاسبه می‌شود.

۳- مرحله ۲ را به تعداد خصایص تکرار می‌کنیم. بهترین خصیصه را از نظر دقت رده‌بندی بدست می‌آوریم. کلیه داده‌های خارج از بازه متناظر با بهترین خصیصه را از مجموعه داده‌ها حذف می‌کنیم. همچنین خصیصه انتخابی از مجموعه خصایص حذف می‌شود.

۴- اگر $d > 1$ باشد به تعداد d بار هریک از مراحل ۲ و ۳ روی خصایص باقیمانده و همچنین داده‌های باقیمانده تکرار می‌کنیم. به این ترتیب بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ به ازای d خصیصه محاسبه می‌گردد. این d بازه را به عنوان تقریبی از ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ می‌شناسیم. ابر مستطیل بدست آمده، فرضیه مورد نظر ما است. دقت این فرضیه بر روی داده‌های آزمون مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای پیشگویی رده داده آزمون با استفاده از فرضیه محاسبه شده، کلیه نقاط خارج از ابرمستطیل، منفی و کلیه نقاط داخل آن مثبت رده‌بندی می‌شوند.

۵- هریک از مراحل ۱ تا ۴ را ۱۰۰ بار تکرار کرده و نتایج بدست آمده را میانگین‌گیری می‌کنیم.

آزمایش ۲: محاسبه ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ (MBD-*d)

کلیه نقاط خارج از بازه را از مجموعه نقاط حذف می‌کنیم. سپس از مجموعه نقاط باقیمانده، بازه با بیشترین نقاط قرمز و کمترین نقاط آبی را محاسبه می‌کنیم. در واقع محور مورد نظر به ۵ قسمت تقسیم می‌شود. این پنج بازه را به عنوان فرضیه دلخواه در نظر می‌گیریم. به ترتیب داده‌های موجود در هر یک از بازه‌ها، برچسب قرمز، آبی، قرمز، آبی و قرمز خواهند گرفت. نتایج اجرای این الگوریتم نیز در جدول ۲ آورده شده است.

۴-۳- تحلیل نتایج

با توجه به داده‌های جدول ۱، میانگین خط مبنا برای ۹ مجموعه داده استفاده شده برابر با ۶۵,۷ درصد است. میانگین دقت الگوریتم C4.5 برابر با ۸۰,۷۸ درصد، الگوریتم MBD-1d دارای میانگین دقت ۷۷,۲۲ درصد و MBD-2d میانگین دقت ۷۷,۲۱ درصد است. خواهیم دید با افزایش d ، میانگین دقت مرتب کاهش می‌یابد بطوریکه میانگین دقت الگوریتم MBD-md به ۶۵,۰۳ درصد می‌رسد که در آن m تعداد ابعاد داده‌ها را مشخص می‌سازد.

میانگین دقت الگوریتم Hi-MBD-1d نیز برابر ۷۶,۱۸ است. بنابراین، پس از آزمایش یک (الگوریتم C4.5)، بهترین آزمایش انجام شده، آزمایش ۲ با $d=1$ است. یعنی از بین پیاده‌سازی‌های موجود برای محاسبه ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ، بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ بیشترین دقت را داراست.

دقت این آزمایش ۱۱,۵ درصد از میانگین خط مبنا بالاتر و ۳,۵۶ درصد از آزمایش ۱ یعنی الگوریتم شناخته‌شده C4.5 کمتر است.

چنانچه به نتایج جدول ۲ توجه کنیم، می‌بینیم کارایی الگوریتم مطرح شده به ازای سه مجموعه داده IO، G2 و MA ضعیف است.

اگر این سه مجموعه داده را از مجموعه داده‌های خود حذف کنیم، می‌بینیم دقت آزمایش ۲ به اندازه ۰,۷ درصد از دقت الگوریتم C4.5 کمتر خواهد شد. از طرفی می‌دانیم در پیاده‌سازی مستطیل با حداکثر اختلاف

چنانچه در آزمایش ۲ گفته شد، ما به جای محاسبه دقیق ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ و با زمان اجرای $O(n^{2d-2} \log n)$ ، d بار الگوریتم بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ را اجرا می‌کنیم. در هر بار، برای انتخاب بهترین خصیصه الگوریتم بازه با حداکثر اختلاف دورنگ را به تعداد خصایص تکرار می‌کنیم. به این ترتیب اجرای آزمایش ۲ در زمان $O(dmn \log n)$ امکان‌پذیر است. با این تقریب به جای الگوریتم ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ، می‌توان به پیاده‌سازی سراسر و با پیچیدگی محاسباتی کمتری نسبت به پیاده‌سازی الگوریتم اصلی دست یافت.

نتایج بدست آمده با این آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. در پیاده‌سازی آزمایش MBD-*d، علامت * محاسبه ابرمستطیل d بعدی را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، MBD-3d ابرمستطیل سه بعدی و MBD-md ابرمستطیل m بعدی را نشان می‌دهد، که در آن m تعداد خصایص مجموعه داده متناظر می‌باشد. به عنوان مثال مجموعه داده HA دارای سه خصیصه است. بنابراین، مقادیر MBD-4d و MBD-5d برای آن‌ها بی‌معنا است و در جدول به جای آن‌ها خط تیره گذاشته شده است. توجه به مقادیر به دست آمده برای مجموعه داده‌های گوناگون، نشان می‌دهد که در اکثر موارد با افزایش تعداد ابعاد پیاده‌سازی، دقت فرضیه محاسبه شده کاهش می‌یابد.

آزمایش ۳- بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ سلسله مراتبی (Hi-MBD-1d)

با اجرای آزمایش ۲ دیدیم که هر قدر تعداد ابعاد افزایش می‌یابد دقت فرضیه محاسبه شده کاهش می‌یابد. بنابراین، نتیجه گرفتیم یک خصیصه تکی نسبت به مجموعه‌ای از خصایص نماینده بهتری از کل داده‌ها برای رده‌بندی است. به همین دلیل تلاش کردیم الگوریتم یک بعدی را مقداری بهبود بخشیم. به همین دلیل از روش بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ سلسله مراتبی استفاده کردیم. در واقع پس از محاسبه بازه با بیشترین تعداد نقاط آبی و کمترین نقاط قرمز، کلیه

سپس، کارایی این الگوریتم‌ها را با الگوریتم شناخته‌شده C4.5 مقایسه کردیم. چنانچه دیدیم کارایی الگوریتم بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ به اندازه ۳,۵۶ درصد از الگوریتم C4.5 کمتر است. از طرفی محاسبات انجام شده برای بدست آوردن ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ در مقایسه با الگوریتم C4.5 کمتر خواهد بود. بنابراین، می‌توان این الگوریتم را به عنوان یک الگوریتم قابل رقابت با الگوریتم C4.5 معرفی کرد. تحلیل بیشتر هر یک از مجموعه داده‌ها و بررسی عدم کارایی این الگوریتم روی برخی از مجموعه داده‌ها، همچنین بهبود عملکرد این الگوریتم به عنوان یک مساله باز پیشنهاد می‌گردد. به عنوان یکی از کارهایی که می‌توان برای بهبود عملکرد این الگوریتم پیشنهاد کرد آن است که ابتدا بر روی داده‌ها PCA اعمال گردد. به این ترتیب می‌توان محورهایی که داده‌ها دارای بیشترین پراش هستند را شناسایی کرد. حال اگر ابتدا داده‌ها را روی این محور نگاشت کنیم و سپس بازه با حداکثر اختلاف دو رنگ را محاسبه کنیم به کارایی بیشتری نسبت به الگوریتم مطرح شده دست خواهیم یافت. همچنین می‌توان این روش را به عنوان یک روش برای عمل گسسته‌سازی روی محورهای پیوسته- مقدار قبل از اعمال الگوریتم درخت‌های تصمیم معرفی کرد. چرا که چنانچه می‌دانیم یکی از مهمترین چالش‌های درخت تصمیم در برخورد با داده‌های پیوسته- مقدار، گسسته‌سازی آن‌ها با تقسیم محورهای مختصات به چندین بازه است. تصور می‌شود اگر این روش اعمال شده و سپس الگوریتم C4.5 را بر روی بازه‌های بدست آمده اجرا کنیم کارایی الگوریتم C4.5 به مقدار قابل توجهی افزایش یابد. پیاده‌سازی هر یک از ایده‌های مطرح شده به عنوان کارهای آینده پیشنهاد می‌گردد.

دورنگ، ابتدا یک خصیصه انتخاب می‌کنیم و بهترین بازه متناظر با آن را بدست می‌آوریم. سپس، کلیه نقاط خارج از بازه را حذف می‌کنیم.

به ازای نقاط داخل بازه همین کار را به ازای ابعاد دیگر تکرار می‌کنیم. این در حالی است که در الگوریتم C4.5 نقاط موجود در هیچ یک از نواحی دور ریخته نمی‌شود و تقسیم‌بندی به ازای کلیه نواحی تا رسیدن به بیشترین خلوص ادامه می‌یابد. بنابراین، تا حدی دقت کمتر الگوریتم مطرح شده نسبت به الگوریتم C4.5 قابل توجیه است. به عبارتی در الگوریتم C4.5، کلیه ندهای درخت تا رسیدن به بیشترین خلوص بسط می‌یابند.

در صورتی که در الگوریتم بازه با حداکثر اختلاف دورنگ تنها یک مسیر از ریشه به برگ بسط می‌یابد. واضح است که بسط تنها یک مسیر از درخت از ریشه تا برگ در زمان کمتری انجام می‌شود.

حال چنانچه $d=1$ انتخاب شود در واقع تنها با یک درخت تصمیم یک سطحی و با سه انشعاب روبرو هستیم که از نظر پیچیدگی محاسباتی بسیار کاراتر از الگوریتم درخت تصمیم C4.5 خواهد بود. این در حالی است که دقت الگوریتم جاری تقریباً مشابه الگوریتم C4.5 است. بنابراین، الگوریتم ارائه شده در این مقاله الگوریتمی قابل رقابت با الگوریتم C4.5 معرفی می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری و مسایل باز

در این مقاله الگوریتم محاسبه ابرمستطیل با حداکثر اختلاف دو رنگ که یکی از مسایل شناخته شده در هندسه محاسباتی است را معرفی کردیم. پس از بیان تئوری کافی در این زمینه، آزمایش‌های متعدد با استفاده از این الگوریتم روی ۹ مجموعه داده انجام شد.

منابع

- 1.T. M. Mitchell, *Machine learning*, McGraw-Hill, 1997.
- 2.P.L. Hammer, A. Kogan, B. Simeone, and S. Szedmak, "Pareto-optimal patterns in logical analysis of data," *Discrete Applied Mathematics*, vol.144, pp.79-102, 2004.
- 3.M. Kreveld, T. Lankveld, and R. Veltkamp, "Identifying well-covered minimal bounding rectangles in 2D point data," in *25th European Workshop on Computational Geometry*, EWCG, 2009, pp.277-280.
- 4.J. Eckstein, P. Hammer, Y. Liu, M. Nediak, and B. Simeone, "The maximum box problem and its application to data analysis," *Journal of Computational Optimization and Application*, vol.23, pp. 85-98, 2002.
- 5.D. P. Dobkin, D. Gunopulos, and W. Maass, "Computing the maximum bichromatic discrepancy with applications to computer graphics and machine learning," *Journal of Computer and System Science*, vol.52, pp. 453-470, 1996.
- 6.Y. Liu, and M. Nediak, "Planar case of the maximum box and related problems," in *Proceedings 15th Canadian Conference of Computational Geometry*, CCCG, 2003, pp.14-18.
- 7.C. Cortés, J. Díaz-Báñez, P. Pérez-Lantero, C. Seara, J. Urrutia, and I. Ventura, "Bichromatic separability with two boxes: A general approach," *Journal of Algorithms*, vol.64, pp.79-88. 2009.
- 8.C. Cortés, J. Díaz-Báñez, and J. Urrutia, "Finding enclosing boxes with empty intersection," in *Proceedings 23rd European Workshop on Computational Geometry*, EWCG, 2006, pp.185-188.
۹. ز. مصلحی، "تفکیک‌پذیری نقاط با اشیای هندسی در فضای دوبعدی،" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱.
۱۰. ز. مصلحی، ع. باقری، "تفکیک‌پذیری سری نقاط دو رنگ با دو مستطیل مجزا و موازی محورهای مختصات،" *مجله علمی*

پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات، جلد ۱، شماره ۲، صفحه ۳۵-۴۲، ۱۳۹۱.

- 11.S. Cabello, J. M. Díaz-Báñez, C. Seara, J. A. Sellarès, J. Urrutia, and I. Ventura, "Covering point sets with two convex objects," in *21st European Workshop on Computational Geometry*, EWCG, 2005, pp. 195-206.
- 12.S. Cabello, J. M. Díaz-Báñez, C. Seara, J. Urrutia, and I. Ventura, "Covering point sets with two disjoint disks or squares," *Computational Geometry: Theory and Application*, vol.40, pp. 195-206, 2008.
- 13.D.P. Dobkin, and D. Gunopulos, "Geometric problems in machine learning, in *Lecture Notes in Computer Science, LNCS*, 1996, vol.1148, pp.121-132.
- 14.M. D. Berg, O. Cheong, M. V. Kreveld, and M. Overmars, *Computational geometry: algorithms and applications*, 3rd Edition, TELOS, Santa Clara, CA, USA, 2008.
- 15.K. Bache and M. Lichman. (2013). *UCI Machine Learning Repository* [Online]. Available: <http://archive.ics.uci.edu/ml>
- 16.I. H. Witten, E. Frank, and M. A. Hall, *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*, 3rd Edition, Morgan Kaufmann, San Francisco, 2011.

ضمیمه الف

در اینجا نام کامل هریک از مجموعه داده‌های بکار گرفته شده آورده شده است. در آخر نیز اشاره می‌کنیم برای دسترسی به هریک از مجموعه داده‌ها کافی است هریک از نام‌های گفته شده را در مرجع [15] جستجو کنید.

- BL: Blood transfusion service center
- HA: Haberman's survival
- BCW: Breast cancer wisconsin (original)
- IO: Ionosphere
- MA: Magic gamma telescope
- PI: Pima indians diabets
- PA: parkinson
- CO: Connectionist bench
- G2: Glass identification

الگوریتم جدید انتخاب مُد داخل فریمی سریع در استاندارد کدگذاری ویدیویی H.264/AVC

مجید محمدی

**
مهدی جعفری

*
مهناز نژادعلی

* کارشناس ارشد، مهندسی برق و الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
** استادیار، گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده فنی، کرمان
*** دانشیار، گروه برق و کامپیوتر، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، تهران
تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۰

چکیده

با افزایش روزافزون ارتباطات ویدیویی در دستگاه‌های قابل حمل و کاربردی، طراحی کدکننده‌ها با میزان پیچیدگی کم و عملکرد بالا مورد نیاز است. استاندارد H.264/AVC کارایی فشرده‌سازی بالاتری را نسبت به استانداردهای قبلی ارائه می‌دهد. اما این استاندارد با بکارگیری چندین تکنیک کدگذاری قدرتمند، پیچیدگی کدگذار را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. این مقاله الگوریتم جدیدی برای کاهش پیچیدگی کدگذار H.264/AVC ارائه می‌دهد. روش پیشنهادی از ماسک‌های جهت‌دار ساده، مُد بلوک‌های همسایه و تشخیص مُد تخمین داخلی ۴×۴ و/یا ۱۶×۱۶ با تعیین پارامترهای کوانتیزه به منظور انتخاب سریع مُد در پیش‌بینی به روش داخل فریمی استفاده می‌کند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی زمان کدگذاری را ماکزیمم ۲۹٪ درصد کاهش می‌دهد در حالی که تاثیر ناچیزی در کیفیت تصویر و میزان PSNR دارد.

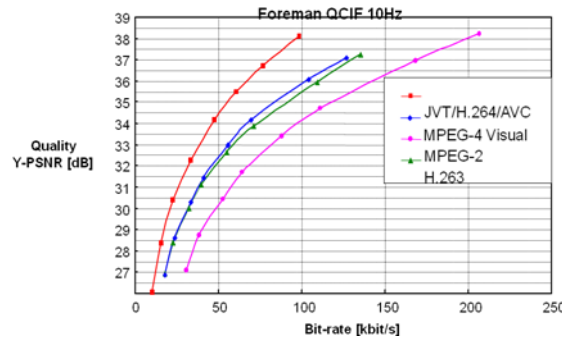
واژه‌های کلیدی: کدگذاری ویدیو، H.264/AVC، پیش‌بینی، داخل فریمی، RDO

۱- مقدمه

استاندارد H.264/AVC می‌تواند کیفیت تصویر خوبی را در نرخ داده‌ای که اساساً پایین‌تر از آنچه استانداردهای قبلی ارائه دادند بدون پیچیده و گران کردن سیستم فراهم آورد. این استاندارد دارای کارایی بسیار بالاتری نسبت به استانداردهای پیشین می‌باشد و به دلایل افزایش بازده فشرده‌سازی (نرخ بیت متوسط آن تا ۵۰٪ نسبت به H.263 ، MPEG-4 و MPEG-2 صرفه‌جویی می‌کند)، سازگاری با محدودیت تاخیر زمانی، مقاومت در مقابل خطا و آسانی کارکرد

از آنجائیکه کاربردهای جدید چندرسانه‌ای (استفاده از انواع مختلف شبکه‌ها) به سرعت در حال رشد می‌باشد، کدگذاری ویدیو به کارایی بیشتر و ویژگی‌های تازه نیازمند است. استاندارد کدگذاری ویدیو H.264/AVC در سال ۲۰۰۳ و به طور مشترک توسط تیم‌های ویدیویی ISO/IEC MPEG و ITU_T VCEG تحت عنوان استاندارد بین-المللی کدگذاری ویدئو پیشرفته با نام 14496-10 () MPEG-4 part 10 یا H.264/AVC ارائه شده است

[1]



شکل ۱- مقایسه کدک‌های H.263, MPEG-4, MPEG-2 با H.264 [2]

ها از اطلاعات داخل یک فریم بیشتر است روش داخل فریمی ترجیح داده می‌شود و تعداد بیت کمتری ایجاد می‌کند. همچنین ماکروبلوک‌هایی که به صورت داخل فریمی کدگذاری می‌شوند در مقابل خطای کانال مقاوم‌تر هستند و مصونیت را در مقابل خطای کانال افزایش می‌دهند [2].

پیشگویی داخل فریمی از مهمترین عوامل برتری تکنیک کدینگ H.264/AVC نسبت به دیگر روشهای فشرده سازی استاندارد است که از تشابهات مکانی جهت‌دار برای کاهش افزونگی استفاده می‌کند. تکنیک بهینه‌سازی نرخ اعوجاج (RDO) در این استاندارد برای انتخاب بهترین مُد پیش‌بینی داخل فریمی و دستیابی به بهترین مُد کدکردن و بالاترین بازدهی بکار گرفته می‌شود [1]. کدگذار در کدکردن بلوک موردنظر، برای یافتن بهترین حالت نرخ اعوجاج (RD)، باید همه مُدهای ممکن برای کدینگ داخلی را تست کند و ارزش‌های RD آنها را محاسبه نماید تا مُدی که کمترین اعوجاج را ایجاد کند، برگزیند. اما تعیین مقادیر ارزش RD برای نمونه های روشنایی (LUMA) و رنگ (CHROMA) در یک ماکروبلوک، نیازمند محاسبات بسیار بوده و منجر به افزایش پیچیدگی می‌گردد [3] که کارکرد این استاندارد را برای کاربردهای بلادرنگ با مشکل مواجه می‌کند.

تلاش‌های زیادی برای توسعه الگوریتم‌های پیش‌بینی داخل فریمی سریع و کاهش زمان کدگذاری در این استاندارد انجام شده است. پان و همکاران [4، 5، 6] الگوریتم‌های برآورد مُد داخلی با استفاده از نمودار ستونی (هیستوگرام) آشکارسازی لبه و شناسایی لبه محلی با روش پیش‌پردازش را پیشنهاد کردند، که در آن اندازه‌گیری جهت لبه بلوک به منظور کاهش تعداد مُدهای احتمالی و کاهش پیچیدگی

در انواع مختلف شبکه‌ها، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. شکل (۱) کیفیت این کدکننده را در مقایسه با سایر کدک‌ها و در نرخ بیت‌های مختلف نشان می‌دهد. در این استاندارد مزایای روش‌های مختلف استانداردهای کدگذاری قبلی بکار گرفته شده و در یک پروسه با هم ترکیب شده‌اند؛ پیش‌بینی داخل و بین فریمی، تبدیل با عنصرهای اعداد صحیح، کدگذاری طول-صفر و کدگذاری آنتروپی منجر به کاهش افزونگی مکانی، زمانی و آماری در این استاندارد گردیده است [2].

از عواملی که کدک H.264 را از استانداردهای قبلی متمایز ساخته جبران حرکت در ماکروبلوک‌های ۱۶×۱۶ پیکسلی با ابعاد مختلف است و این استاندارد برای کدگذاری بیشترین استفاده را از مُد تخمین/جبران حرکت یا پیش‌بینی بین فریمی می‌برد. دقت جبران حرکت در این استاندارد در حالت عادی یک چهارم پیکسل است و می‌تواند تا یک هشتم پیکسل با پیچیدگی بیشتر افزایش یابد. کدگذار H.264 از بلوک‌های با سایز کوچک‌تر برای بخش‌های متحرک تصویر و از بلوک‌های با سایز بزرگ‌تر برای پس زمینه‌ها استفاده می‌کند تا کارایی کدینگ و کیفیت را همزمان بالا ببرد.

اما گاهی بهتر است یک ماکروبلوک به جای مُد بین فریمی به صورت داخل فریمی کدگذاری شود. برای این کار واریانس خود بلوک را با واریانس تفاوت آن با فریم قبلی مقایسه کرده و کمترین انرژی را مبنا قرار می‌دهیم. برای انرژی‌های زیاد (واریانس بالا) تفاوتی در انتخاب مُد داخل/بین فریمی وجود نداشته ولی در انرژی‌های کم نوع بین فریمی ترجیح داده می‌شود. لذا در تصاویر ویدیویی که در اثر تغییر صحنه و یا حرکت‌های سریع تفاوت بین فریم-

سریع مبتنی بر جهت بافت و زمینه تصویر در [14] ارائه شده است که تنها زیر مجموعه ای از مُدهای داخلی را مطابق با جهت بافت تصویر شناسایی شده، تست می‌نماید و می‌تواند تا ۶۰٪ زمان کدگذاری را کاهش دهد.

در این مقاله الگوریتم ساده‌ای برای انتخاب مُد پیش‌بینی داخل فریمی 4×4 در نظر گرفته شده است. این الگوریتم با استفاده از ماسک‌های جهت‌دار و مُد بلوک‌های همسایه، بهترین مُد کاندید برای تخمین بلوک فعلی را بدست می‌آورد. با این روش می‌توان تعداد مُدهای RD در بلوک‌های 4×4 را از ۹ مُد، در بدترین شرایط به ۴ مُد و در بهترین شرایط به یک مُد کاندید کاهش داد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این روش می‌تواند به میزان قابل توجهی زمان کدگذاری را کاهش دهد.

ادامه این مقاله بصورت زیر تنظیم گردیده است: در بخش ۲ پیش‌بینی داخل فریمی استاندارد H.264/AVC را بازبینی می‌کنیم. در بخش ۳ الگوریتم جدید مُد داخل فریمی سریع پیشنهادی مبتنی بر ماسک‌های جهت‌دار، مُد بلوک‌های همسایه و تشخیص مُد تخمین داخلی 4×4 و یا 16×16 با تعیین پارامترهای کوانتیزه معرفی می‌گردد. نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی در بخش ۴ ارائه می‌شود و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات در بخش ۵ آورده شده است.

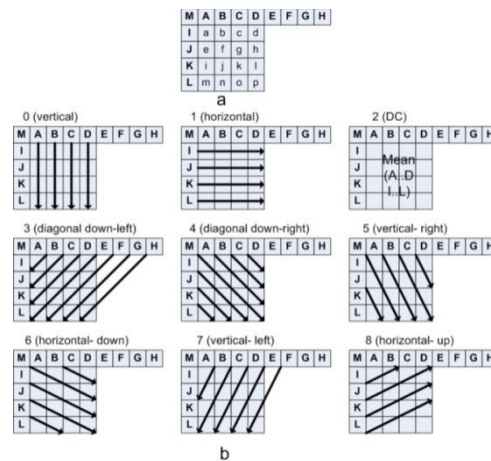
۲- پیش‌بینی داخل فریمی در استاندارد H.264/AVC

از آنجائیکه در یک فریم تصویر میزان افزونگی بالاست، مُد داخل فریمی در کاهش بیت‌های افزونگی موردنیاز است در واقع پیش‌بینی داخل فریمی برای کاهش افزونگی مکانی در تصویر بکار برده می‌شود. در این روش ماکروبلوک فعلی از پیکسل‌های مجاور، ماکروبلوک‌های بالا و/یا چپ در انتخاب مُد تخمین و افزایش بازده کدگذاری استفاده می‌کند. تفاوت بین ماکروبلوک اصلی و ماکروبلوک کدگشایی شده توسط بهترین مُد تخمین کدگذاری می‌شود. لذا تعداد بیت‌های موردنیاز در کدگذاری نسبت به حالتی که تبدیل روی ماکروبلوک اصلی انجام گردد به مراتب پایین‌تر خواهد بود. مجموعه حالت‌های کدگذاری برای اطلاعات روشنایی در روش داخل فریمی، 4×4 و 16×16 و در تخمین رنگ، 8×8

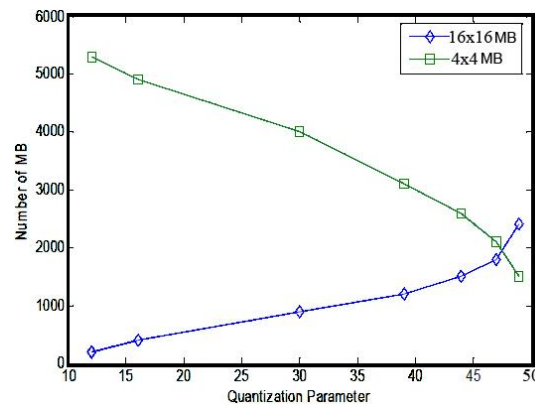
انجام می‌گیرد. هرچند این روش برای آشکارسازی راستای لبه و دسته‌بندی در یک راستای محدود، نیازمند عملیات اضافی بوده که باعث اتلاف زمان کدگذاری می‌گردد. یک الگوریتم تصمیم‌گیری مُد داخلی سریع برای پیش‌بینی داخلی H.264 در مرجع [7] ارائه شده است. این الگوریتم با استفاده از ویژگی‌های ماکروبلوک و تخمین یکنواختی و همگن بودن آن یکی از مُدهای 4×4 و 16×16 را برای تعیین بهترین مُد پیش‌بینی برمی‌گزیند. این الگوریتم ۳۰ تا ۶۰ درصد محاسبات را کاهش داده در حالیکه عملکرد PSNR و نرخ بیت با استاندارد H.264 یکسان می‌باشد. الگوریتم سریعی برای انتخاب مد پیش‌بینی داخلی بهینه با بکار بردن ماسک‌های ساده جهت‌دار و اطلاعات مد بلوک همسایه، در مرجع [8] وجود دارد که تا ۷۰٪ زمان کدگذاری را کاهش می‌دهد. روشی مبتنی بر خصوصیات آماری برای پیش‌بینی مُد داخلی روشنایی در مرجع [9] ارائه شده است که ۴۵٪ در زمان کدگذاری صرفه جویی می‌کند. مرجع [10] با پیشنهاد دو تکنیک "تصمیم مُد پرش زود هنگام" و "تصمیم مُد داخلی انتخابی" پیچیدگی کدگذاری را کاهش داده و سرعت کدگذاری را به طور متوسط ۳۰٪ بهبود می‌بخشد. در مرجع [11]، یک الگوریتم سریع بر پایه انتخاب نوع بلوک و اطلاعات لبه محلی که از محاسبه پارامترهای ویژگی لبه و تکنیک‌های نمونه‌برداری از عملیات انطباقی بدست می‌آید، معرفی شده است. این روش با افت بسیار کمی در مقدار PSNR، زمان کدگذاری را بیش از ۷۱٪ کاهش می‌دهد. روشی مبتنی بر بردار مرکز ثقل بلوک در مرجع [12] پیشنهاد شده است که جهت این بردار برای انتخاب جهت پیش‌بینی داخلی استفاده می‌شود. این الگوریتم با اتخاذ روشی هوشمند تعداد مُدهای کمتری که در محاسبات RD موردنیاز است بر می‌گزیند و فقط با محاسبه مقدار زاویه مرکز ثقل بهترین مُد پیش‌بینی داخل فریمی را انتخاب می‌کند. مرجع [13] تکنیک انتخاب مُد پیش‌بینی داخل فریمی را ارائه می‌کند که در آن محتوای بلوک و پیکسل‌های کناری بازسازی شده به منظور تسهیل روند کدگذاری بکار برده می‌شود. این روش می‌تواند به طور موثر مُدهای با احتمال پایین در محاسبات نرخ اعوجاج (RD) را حذف نماید. طرح تصمیم‌گیری مُد داخلی

زیرا تعداد مُدهای تخمین تأثیری در بازده کدگذاری ندارد و فقط اطلاعات سربار برای مشخص کردن جهت تخمین را بالا می‌برد. از این رو در این قسمت‌های تصویر در استاندارد H.264، کل ماکروبلوک (۱۶×۱۶) از ۴ نوع تخمین که عبارت‌اند از DC، افقی، عمودی و صاف استفاده می‌کند. در این استاندارد برای تخمین بلوک‌های رنگ، از تکنیک مشابه ۱۶×۱۶ و با ۴ تخمین برای دو بلوک رنگ پیشنهاد می‌گردد.

می‌باشد. استاندارد اصلی H.264 هشت جهت تخمین به اضافه یک مُد DC (مُد ۲) را برای کدگذاری داخل فریمی بلوک‌های روشنایی ۴×۴ استفاده می‌کند. جهت‌های تخمین همراه با بلوک ۴×۴ و پیکسل‌های مجاور آن در شکل (۲) نشان داده شده‌اند. جهت پیکان‌ها در این شکل جهت تخمین برای کدگذاری بلوک ۴×۴ را نشان می‌دهند. در قسمت‌هایی از تصویر که جزئیات زیادی وجود ندارد (نواحی صاف تصویر)، لزومی ندارد که از ۹ مُد تخمین استفاده شود



شکل ۲- (a) بلوک ۴×۴ و پیکسل‌های مجاور (b) نه مُد تخمین در بلوک ۴×۴ روشنایی [15]



شکل ۳- تعداد ماکروبلوک‌های کدشده داخلی ۴×۴ و ۱۶×۱۶ در پارامترهای کوانتیزه مختلف [16]

۳-۱-۳- تصمیم مُد داخلی در بلوک‌های ۴×۴

استاندارد H.264/AVC در تخمین داخلی بلوک‌های ۴×۴ روشنایی، ۹ مُد تخمین بصورت نشان داده در شکل (۲) را بکار می‌برد. در نرم‌افزار مرجع، پیکسل‌ها در جهت تخمین یکسان مقادیر یکسانی دارند؛ برای مثال در مُد ۰ (مُد عمودی) همه پیکسل‌های تخمین زده شده برای موقعیت-های a, e, i و m باید دارای مقادیر یکسان و مساوی با مقدار پیکسل A طبق شکل (۲) باشند. پس از محاسبات RDO اگر مُد ۰ به عنوان بهترین مُد پیش‌بینی برگزیده شود، در آن صورت مقادیر پیکسل‌های تخمین زده شده در امتداد جهت عمودی یکسان بوده و این در اصل نشان‌دهنده آنست که در بلوک اصلی، مقادیر پیکسل‌ها در این موقعیت-ها بسیار شبیه به هم هستند. بنابراین در این مقاله روش تخمین بهترین مُد کاندید بر اساس محاسبات NSAD یا مجموع نرمال شده قدرمطلق تفاوت‌ها (Normalized Sum of Absolute Differences) با انتخاب موقعیت برخی پیکسل‌ها در بلوک اصلی طبق کد نوشته شده زیر می‌باشد.

$$\text{NSAD } 0 = (\text{abs}(a-m) + \text{abs}(b-n) + \text{abs}(c-o) + \text{abs}(d-p)) \gg 2;$$

$$\text{NSAD } 1 = (\text{abs}(a-d) + \text{abs}(e-h) + \text{abs}(i-l) + \text{abs}(m-p)) \gg 2;$$

$$\text{NSAD } 3 = (\text{abs}(b-e) + \text{abs}(d-m) + \text{abs}(l-o)) / 3;$$

$$\text{NSAD } 4 = (\text{abs}(a-p) + \text{abs}(i-n) + \text{abs}(c-h)) / 3;$$

$$\text{NSAD } 5 = (\text{abs}(a-j) + \text{abs}(b-k) + \text{abs}(c-l)) / 3;$$

$$\text{NSAD } 6 = (\text{abs}(a-g) + \text{abs}(e-k) + \text{abs}(i-o)) / 3;$$

$$\text{NSAD } 7 = (\text{abs}(b-i) + \text{abs}(c-j) + \text{abs}(d-k)) / 3;$$

$$\text{NSAD } 8 = (\text{abs}(e-c) + \text{abs}(i-g) + \text{abs}(m-k)) / 3;$$

چون مُد 2 (DC) از میانگین مقادیر پیکسل‌های A تا M تخمین زده می‌شود و بدون جهت می‌باشد رابطه (۳) برای تخمین مُد DC در نظر گرفته شده و با DDC نشان داده می‌شود.

$$DDC = \sum_{i=0}^{15} |m-p_i| \quad (3)$$

برای انتخاب بهترین مُد تخمین از میان مُدهای فوق این استاندارد از تکنیک RDO استفاده می‌کند و مُدی با کمترین ارزش RD به‌عنوان بهترین مُد برگزیده می‌شود. روش RDO مبتنی بر تابع لاگرانژ بوده و دادوستدی بین نرخ‌بیت و اعوجاج در آن مطرح می‌باشد. ارزش RD برای تعیین بهترین مُد تخمین داخل فریمی از معادله (۱) بدست می‌آید:

$$J = D + \lambda R \quad (1)$$

که در آن D اعوجاج، R نرخ بیت و λ ضریب لاگرانژین می‌باشد و از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد:

$$\lambda = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3} \quad (2)$$

λ کوچکتر به معنای اعوجاج کمتر و نرخ بیت بیشتر و λ بزرگتر به معنای اعوجاج بیشتر و نرخ‌بیت کمتر است. R تعداد بیت مربوط به هر مُد و D از مجموع اختلاف مربعات بین بلوک اصلی و بلوک بازسازی شده محاسبه می‌گردد. بنابراین تعداد ترکیبات ممکن انتخاب مُد برای اجزای روشنایی و رنگ در یک ماکروبلوک 8×8 خواهد بود که 8×8 ، 4×4 و 16×16 روشنایی می‌باشند. بنابراین برای انتخاب بهترین مُد تخمین در مُد داخل فریمی در یک ماکروبلوک نیاز به ۵۹۲ محاسبه RDO در کدگذار H.264 خواهد بود که به‌شدت پیچیدگی کدگذار را افزایش می‌دهد.

۳- الگوریتم تصمیم مُد داخلی سریع

در تخمین نمونه‌های روشنایی در مُد داخلی و پارامترهای کوانتیزه معمول (۲۰۴۵)، احتمال سایز بلوک ۴×۴ بیشتر از سایز بلوک ۱۶×۱۶ می‌باشد؛ همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است. بنابراین در این مقاله با تشخیص سریع مُد تخمین داخلی ۴×۴ در QP‌های پایین و ۱۶×۱۶ در QP‌های بالا بطور قابل ملاحظه‌ای سرعت کدگذاری افزایش می‌یابد [16].

مرحله ۲-۲: اگر DDC کوچکتر از آستانه T1 باشد، آنگاه روش RDO در نهایت شامل ۴ مُد کاندید است. یک مُد با کمترین مقدار محاسبه شده NSAD، دو مُد از بلوک‌های مجاور و مُد DC [18].

۳-۲- تصمیم مُد داخلی در بلوک‌های ۱۶×۱۶ روشنایی و بلوک‌های ۸×۸ رنگ

در این مقاله محاسبات RDO و انتخاب مُد داخلی در بلوک‌های ۱۶×۱۶ روشنایی و بلوک‌های ۸×۸ رنگ، همان روش بکار برده شده در نرم افزار مرجع JM 18.4 می‌باشد.

۴- نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی در JM18.4 که توسط JVT ارائه گردید پیاده‌سازی شد [19]. آزمایش روی فریم‌های ویدیویی Coastguard, Silent, Forman, Mobile, Bus و Tempete با ابعاد CIF و QCIF انجام گردید و شبیه‌سازی با پارامترهای کوانیزه ۱۶، ۲۸، ۳۲، ۴۴ و بر روی فریم‌های نوع I (تعداد ۱۰۰ فریم در تصاویر ویدیویی QCIF و ۳۰ فریم در تصاویر CIF) انجام شد. سخت‌افزار استفاده شده در شبیه‌سازی روش پیشنهادی، کامپیوتر Intel Core i3 CPU با حافظه 2GB و سرعت 2.13 GHz و ویندوز 7 می‌باشد. برای سنجش کارایی، تفاوت PSNR (PSNR Δ)، نرخ-بیت (ABR Δ) و درصد زمان صرفه‌جویی روش پیشنهادی در مقایسه با نرم‌افزار مرجع JM 18.4 توسط روابط (۵)، (۶) و (۷) محاسبه می‌گردد.

$$\Delta PSNR = PSNR_{Proposed} - PSNR_{Ref}. \quad (5)$$

$$\Delta BR = \frac{BR_{Proposed} - BR_{Ref.}}{BR_{Ref.}} \times 100\% \quad (6)$$

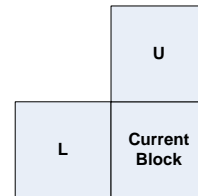
$$\Delta Time = \frac{T_{Propose} - T_{Ref.}}{T_{Ref.}} \times 100\% \quad (7)$$

جداول ۱ و ۲ نتایج شبیه‌سازی تصاویر QCIF و CIF را در QP‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که

هر پیکسل در بلوک فعلی با Pi نشان داده می‌شود و m از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد.

$$m = (\sum_{i=0}^{15} p_i + 8) >> 4 \quad (4)$$

مُد‌های محتمل دیگر می‌تواند از بلوک‌های چپ و بالایی بدست آید؛ شکل (۴) بلوک‌های مجاور بلوک فعلی را نشان می‌دهد [17].



شکل ۴- بلوک‌های مجاور بلوک فعلی [17]

با آزمون روی فریم‌های ویدیویی مختلف و با ساختار گوناگون مشاهده شد که احتمال آنکه (مُد فعلی = مُد U = مُد L) باشد ۴۰/۶۲٪ است و احتمال آنکه (مُد فعلی = مُد U) یا (مُد فعلی = مُد L) باشد ۸۰/۸۶٪ است. اما وقتی (مُد U = مُد L) است احتمال آنکه مُد فعلی برابر آنها باشد ۸۷/۵٪ است. بنابراین بررسی مُد‌های مجاور مجاور U و L می‌تواند برای پیش‌تخمین بهترین مُد کاندید که با C نشانه‌گذاری شده استفاده گردد. لذا وقتی (مُد U = مُد L) است، تنها مُد کاندید C که برابر مُد بلوک‌های مجاور U و L می‌باشد بررسی می‌گردد؛ در این شرایط تعداد مُد‌های RD در بلوک‌های ۴×۴ از ۹ مُد، به یک مُد کاندید کاهش می‌یابد [17]. در غیر این‌صورت الگوریتم انتخاب مُد داخلی پیشنهادی برای بلوک‌های روشنایی به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

مرحله ۱: برای بلوک ۴×۴ روشنایی، DDC از رابطه (۳) محاسبه گردد.

مرحله ۲-۱: اگر DDC بزرگتر از آستانه T1 (با مقدار ۳۲) است، روش RDO در نهایت برای ۴ مُد کاندید بررسی شود. دو مُد از کمترین مقدار محاسبه شده NSAD (C) بهترین مُد کاندید با کمترین مقدار NSAD و S با دومین کمترین مقدار NSAD به عنوان دومین مُد کاندید) و دو مُد از بلوک‌های مجاور و در صورتی که بلوک‌های مجاور شامل مُد DC باشند در محاسبه RDO مُد DC در نظر گرفته نمی‌شود (بدلیل آنکه DDC بزرگتر از آستانه T1 است) [18].

ماکزیمم زمان کدگذاری کاهش یافته به میزان ۲۹/۲۸٪ می- ناچیز است.
 باشد درحالی که افت کیفیت تصویر و افزایش نرخبیت بسیار

جدول ۱- نتایج شبیه‌سازی در تصاویر QCIF برای QPهای متفاوت

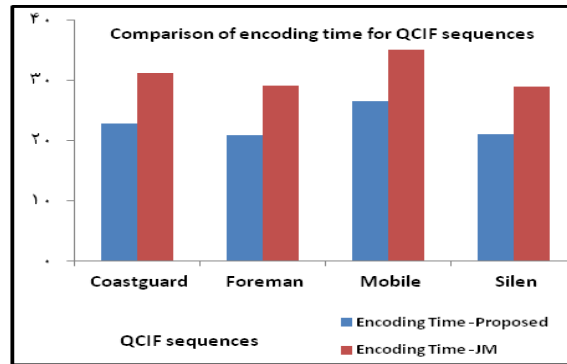
QP	Sequence	Δ PSNR(dB)	Δ BR(%)	Δ Time(%)
۱۶	Coastguard	-0.013	0.007	-23.7402
	foreman	-0.016	0.047	-28.7519
	Mobile	-0.021	0.004	-29.2775
	Silent	-0.016	0.0012	-26.3554
۲۸	Coastguard	-0.023	0.011	-27.0942
	foreman	-0.025	0.041	-28.0496
	Mobile	-0.015	0.016	-24.6228
	Silent	-0.01	0.005	-29.1798
۳۲	Coastguard	-0.031	0.028	-25.3247
	foreman	-0.035	0.046	-26.1614
	Mobile	-0.012	0.002	-28.0129
	Silent	-0.026	0.05	-29.5139
۴۴	Coastguard	0.046	0.035	-25.9205
	foreman	-0.014	0.0294	-22.1993
	Mobile	-0.023	0.037	-23.6253
	Silent	-0.038	0.025	-25.2765

جدول ۲- نتایج شبیه‌سازی در تصاویر CIF برای QPهای متفاوت

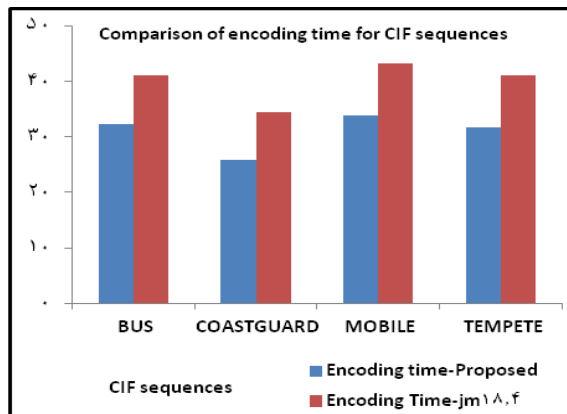
QP	Sequence	Δ PSNR(dB)	Δ BR(%)	Δ Time(%)
۱۶	Bus	-0.01	0.005	-21.2321
	Coastguard	-0.023	0.012	-21.4380
	Mobile	-0.013	0.017	-23.2457
	Tempete	-0.01	0.013	-23.9489
۲۸	Bus	-0.017	0.023	-21.2302
	Coastguard	-0.012	0.032	-24.6460
	Mobile	-0.015	0.072	-21.8864
	Tempete	-0.012	0.032	-22.7450
۳۲	Bus	-0.019	0.039	-25.9081
	Coastguard	-0.032	0.028	-22.5709
	Mobile	-0.02	0.027	-22.1182
	Tempete	-0.021	0.032	-28.4581
۴۴	Bus	-0.05	0.025	-27.4132

	Coastguard	-0.052	0.029	-23.9026
	Mobile	-0.044	0.032	-23.3868
	Tempete	-0.012	0.015	-22.5405

جدول ۳- مقایسه زمان کدگذاری روش پیشنهادی با نرم‌افزار مرجع در QP=28 در تصاویر نوع QCIF



جدول ۴- مقایسه زمان کدگذاری روش پیشنهادی با نرم‌افزار مرجع در QP=28 در تصاویر نوع CIF



جدول ۵- مقایسه PSNR

		Δ PSNR
		QP=32
FOREMAN	M1(Pan's Method [16])	-0.063
	M2 (Improved Pan's Method[16])	-0.001
	M3(new proposed Method[16])	-0.05
	Proposed Method	-0.035
SILENT	M1(Pan's Method [16])	-0.041
	M2 (Improved Pan's Method[16])	-0.023
	M3(new proposed Method[16])	-0.032
	Proposed Method	-0.026

پیچیدگی محاسباتی با تاثیر ناچیز در کیفیت تصویر و میزان PSNR بدست آمده است.

جداول ۸ و ۹ نتایج مقایسه با الگوریتم ارائه شده در [14] را در ویدیویی QCIF و CIF نشان می‌دهد. در روش پیشنهادی کاهش زمان کدگذاری با تاثیر ناچیز در میزان نرخ بیت و PSNR بدست آمده است.

جداول ۳ و ۴ مقایسه از زمان کدگذاری روش پیشنهادی و نرافزار مرجع JM18.4 را نشان می‌دهد. متوسط کاهش پیچیدگی کدگذار در تصاویر ویدیویی QCIF برابر ۲۲/۵٪ و در تصاویر از نوع CIF برابر ۲۶/۶٪ است.

جداول ۵، ۶ و ۷ نتایج مقایسه با سایر الگوریتم‌های ارائه شده در [16] را نشان می‌دهد. در روش پیشنهادی کاهش

جدول ۶- مقایسه نرخ بیت

		$\Delta BR\%$
		QP=32
FOREMAN	M1(Pan's Method [16])	1.142
	M2 (Improved Pan's Method[16])	0.997
	M3(new proposed Method of[16])	0.887
	Proposed Method	0.046
SILENT	M1(Pan's Method [16])	0.905
	M2 (Improved Pan's Method[16])	0.590
	M3(new proposed Method of[16])	0.435
	Proposed Method	0.05

جدول ۷- مقایسه پیچیدگی

		$\Delta Time\%$
		QP=32
FOREMAN	M1(Pan's Method [16])	-49.10
	M2 (Improved Pan's Method[16])	-54.20
	M3(new proposed Method of[16])	-42.82
	Proposed Method	-26.1614
SILENT	M1(Pan's Method [16])	-45.38
	M2 (Improved Pan's Method[16])	-49.62
	M3(new proposed Method of[16])	-49.38
	Proposed Method	-29.5139

جدول ۸- مقایسه روش پیشنهادی و مرجع [14] در تصاویر QCIF

الگوریتم	Sequence		QP= 28	QP=32
[14]	coastguard	ΔT (%)	-62.73	-61
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.029	-0.03
		$\Delta Bit-rate$ (%)	0.59	0.94
روش پیشنهادی		ΔT (%)	-27.09	-25.3
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.023	-0.03
		$\Delta Bit-rate$ (%)	0.011	0.028

جدول ۹- مقایسه روش پیشنهادی و مرجع [14] در تصاویر CIF

الگوریتم	Sequence		QP= 28	QP=32
[14]	bus	ΔT (%)	-63.81	-62.3
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.063	-0.05
		$\Delta Bit-rate$ (%)	1.23	1.56
	mobile	ΔT (%)	-62.23	-61.5
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.065	-0.06
		$\Delta Bit-rate$ (%)	0.75	1
	tempete	ΔT (%)	-61.72	-60.5
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.065	-0.05
		$\Delta Bit-rate$ (%)	1.21	1.79
روش پیشنهادی	bus	ΔT (%)	-21.23	-25.9
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.017	-0.02
		$\Delta Bit-rate$ (%)	0.023	0.039
	mobile	ΔT (%)	-21.89	-22.1
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.015	-0.02
		$\Delta Bit-rate$ (%)	0.072	0.027
	tempete	ΔT (%)	-22.75	-28.5
		$\Delta PSNR$ (dB)	-0.012	-0.02
		$\Delta Bit-rate$ (%)	0.032	0.032

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از نتایج شبیه‌سازی در بخش ۴ می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم پیشنهادی سریعتر از نرم‌افزار استاندارد JM18.4 است. به این دلیل که نرم‌افزار مرجع برای محاسبات RDO همه مدهای ممکن کدگذاری را بررسی کرده در حالی که با الگوریتم پیشنهادی تعداد مدهای ممکن جهت بررسی کاهش داده شد و با تشخیص سریع مدهای تخمین داخلی ۴×۴ در QP های پایین و ۱۶×۱۶ در QP های بالا بطور قابل ملاحظه‌ای سرعت کدگذاری افزایش یافت.

نتایج نشان داد که این روش می‌تواند به کاهش زمان محاسباتی تا ماکزیمم ۲۸/۲۹٪ با کاهش ناچیز در PSNR و افزایش نرخ بیت دست یابد. الگوریتم پیشنهادی در این مقاله ترکیب روشهای تصمیم‌د داخلی سریع روی بلوک‌های ۴×۴ و ۱۶×۱۶ با استفاده از پارامترهای کوتاه‌تیزه و استفاده از ماسک‌های جهت‌دار ساده و مدهای بلوک‌های همسایه در بلوک ۴×۴ می‌باشد که می‌تواند به بلوک‌های ۱۶×۱۶ نیز بسط داده شود. در این مقاله شبیه‌سازی بر روی تصاویر ویدیویی QCIF و CIF پیاده‌سازی شد و می‌تواند در سایر فرمت‌های ویدیویی چون HD نیز ادامه یابد.

منابع

1. Wiegand, T., Sullivan, G. J., Bjontegaard, G. J., Luthra, A. : 'Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard', IEEE Trans. On circuits and systems for video technology, 13, (7), pp. 560-576, 2003.
2. Ghanbari, M.: 'Standard codecs: image compression to advanced video coding', 3rd edition, The Institution of Engineering and Technology, 2011.
3. Kim, C. S., Li, Q., Kuo, C. C. J.: 'Fast Intra-Prediction Model Selection for H.264 Codec', SPIE International Symposium ITCOM, Orlando, Florida, pp. 99-110, 2003.
4. Pan, F., Lin, X., Rahardja, S., Lim, K. P., Li, Z. G., Wu, D., Wu, S.: 'Fast Mode Decision Algorithm for Intra-prediction in H.264/AVC Video Coding', IEEE Trans. On circuits and systems for video Tech., 15, (7), pp. 813-822, 2005.
5. Pan, F., Lin, X., Rahardja, S., Lim, K. P., Li, Z. G., Wu, D., Wu, S.: 'Fast Mode Decision for Intra Prediction', JVT-G013, 7th Meeting: Pattaya II, Thailand, 7-14 March 2003.
6. Pan, F., Lin, X., Rahardja, S., Lim, K. P., Li, Z. G.: 'A Directional Field Based Fast Intra-Mode Decision Algorithm for H.264 Video Coding', IEEE Inter. Conf. on Multimedia and Expo, 2, pp. 1147-1150, June 2004.
7. Ren, Z., Ye, C., Liu, M.: 'A Fast Intra Prediction Algorithm for H.264', IEEE Computer Society, First International Workshop on Education Technology and Computer Science, 2,(2), pp. 772 - 775, March 2009.
8. Kim, J., Jeong, J.: 'Fast Intra-Mode Decision in H.264 Video Coding Using Simple Directional Masks', Proc. of SPIE, 5960, pp 1071-1079, July 2005.
9. Garg, R., Jindal, M., Chauhan, M.: 'Statistics Based Fast Intra- Mode Detection', Proc. of SPIE, 5960, pp 2085-2091, July 2005.
10. Jeon, B., Lee, J.: 'Fast Mode Decision for H.264', IEEE Inter. Conf. on Multimedia and Expo, 2, pp. 1131-1134, June 2004.
11. Hsu, C. L., Ho, M. H., Hong, J. J.: 'An Efficient Algorithm for Intra-Prediction Mode Selection in H.264', IEEE 7th International Conference, pp. 778-781, October 2007.
12. Elyousfi, A.: 'Gravity direction-based ultra-fast intraprediction algorithm for H.264/AVC video coding', Journal Signal, Image and Video Processing, 7,(1), pp. 53-65, 2013.
13. Wu, C. Y., Su, P. C. : 'Fast Intra-Coding for H.264/AVC by Using Projection-Based Predicted Block Residuals', IEEE Transactions on Multimedia , 15, (5), pp. 1083-1093, 2013.
14. Shang, J., Ding, W., Shi, Y., Sun, Y. : 'Fast Intra Mode Decision Algorithm Based on Texture Direction Detection for H.264/AVC', IJMECS,1, (5), pp.70-77, 2011.
15. Richardson, Iain EG: 'H.264 and MPEG-4 Video Compression', West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., ISBN 0-470-84837-5, 2003.
16. Jafari, M., Kasaei, S.: 'Fast Intra- and Inter-Prediction Mode Decision in H.264 Advanced Video Coding', International Journal of Computer Science and Network Security, 8, (5), pp. 130-140, 2008.
17. Pan, L. j., Ho, Y. S.: 'A Fast Mode Decision Algorithm for H.264/AVC Intra Prediction', IEEE Workshop in Signal Processing Systems, pp. 704-709, October 2007.
18. Muniyappa, S. k.: 'Implementation of Complexity Reduction Algorithm for Intra Mode Selection', Master of science Thesis, University of Texas, Arlington, December 2011.
19. Joint Video Team Reference Software JM 18.4:
<http://iphone.hhi.de/suehring/tml/download>.

اصلاح توام نقص ابیراهی لنز دوربین و خطای خروج از مرکز تصویر با بهره‌گیری از مدل اصلاح شده زرنیک

*کامبیز رهبر **کریم فائز ***ابراهیم عطاران کاخکی

*دکتری کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران، ایران

**استاد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

***دانشیار، گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۰

چکیده

کاهش کیفیت تصویر در یک سامانه اپتیکی تابع پارامترهای متفاوتی می‌تواند باشد. برخی از این پارامترها عبارتند از: ابیراهی لنز، خطای رقمی‌سازی و خطای مونتاژ سامانه. در حوزه خطای مونتاژ معمولاً دو نوع خطای کلی در نظر گرفته می‌شود: (۱) عدم متعامد بودن پرده تصویر و محور اپتیکی که اغلب در قالب خطای prism از آن نام برده می‌شود. (۲) خطای عدم عبور محور اپتیکی لنز از مرکز تصویر که تحت عنوان خطای خروج از مرکز تصویر (de-centering) از آن یاد می‌شود. از این میان مقاله حاضر قصد دارد تا به مطالعه ابیراهی لنز پرداخته و نقص ابیراهی آن را تواماً با خطای خروج از مرکز اصلاح و جبران کند. برای این منظور ابیراهی‌های زاید در قالب مومنت‌های اصلاح شده زرنیک مبتنی بر چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم به صورت توابع مجزا روی فضای کارترین بازنویسی می‌گردند. سپس مومنت‌های بازنویسی شده به گونه‌ای اصلاح می‌گردند که با در نظر گرفتن خطای خروج از مرکز، تابع ابیراهی فاز را نیز مدل کنند. نهایتاً ضرایب مدل معرفی شده جهت تخمین در دو کلاس متقارن و نامتقارن دسته‌بندی می‌شوند. سپس این ضرایب با بهره‌گیری از آنالیز چندطیفی تخمین زده می‌شوند. جهت تخمین ضرایب جملات متقارن از آنالیز tri-coherence و برای ضرایب نامتقارن از آنالیز bi-coherence استفاده شده است. نتایج آزمایشگاهی دقت و بازدهی راه‌کار پیشنهادی را تایید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: تابع ابیراهی فاز، خطای خروج از مرکز تصویر، چندجمله‌ای زرنیک، چندجمله‌ای چبیشف، آنالیز چندطیفی

۱. مقدمه

شناخته می‌شود. از طرفی دیگر اگر پرتوهای نور را به عنوان سیگنال و لنز را به عنوان یک سیستم بپذیریم، کاملاً مشهود است که به واسطه تفاوت قطر در نواحی مختلف لنز و یا عدم یکنواختی چگالی مواد سازنده لنز، پرتوهای ورودی در این سیستم دچار تاخیرهای متفاوتی می‌شوند. بنابراین ابیراهی برای پرتوهایی که با هم وارد لنز می‌شوند علاوه بر انحراف در نقاط مختلف لنز، تحت تاثیر تاخیر هم قرار می

در شرایط ایده آل در اپتیک هندسی تمامی پرتوهایی که از یک نقطه از شیء هدف ساطع می‌شوند پرده تصویر را در یک نقطه قطع می‌کنند. در عمل این مهم اغلب حاصل نمی‌شود. انحراف از مسیر ایده آل برای پرتوهای ساطع شده و لمس نقطه دیگری روی پرده تصویر تحت عنوان ابیراهی^۱

سنجش ابیراهی نیازمند وجود یک آینه فارغ از ابیراهی در پشت سامانه اپتیکی هستند. دسته‌ای دوم از راهکارها پروسه تشخیص و تعیین ابیراهی را صرفاً بر اساس تصویر نقش بسته بر پرده تصویر صورت می‌دهند. این راهکارها نیازی به پرتوهای ویژه هندسی ندارند. هر چند این روش‌ها اغلب نتایج ضعیف تری را ارائه می‌دهند، اما به واسطه عدم نیاز به پرتوهای ویژه هندسی، امکان سنجش و تعیین ابیراهی را در شرایطی که امکان بهره‌گیری از پرتوهای یاد شده وجود نداشته باشد، فراهم می‌آورند.

روش‌های دسته دوم، می‌توانند در ۲ کلاس اصلی طبقه بندی شوند: (۱) روش‌های مبتنی بر مدل^۸ و (۲) روش‌های فارغ از مدل^۹. روش‌های فارغ از مدل تاثیر ابیراهی را مستقیماً در مدل سامانه بینایی وارد می‌کنند. بنابراین مدل سامانه بینایی به گونه‌ای اصلاح می‌گردد که تاثیر ابیراهی روی تصویر در نتایج آن تاثیری نداشته باشد. در مقابل، روش‌های مبتنی بر مدل به ارائه مدلی مستقل برای تابع ابیراهی پرداخته و مدل سامانه بینایی را تحت تاثیر آن قرار نمی‌دهند. به عبارتی دیگر فرض می‌کنند که تصویر حاصله از سامانه بینایی پس از اصلاح توسط مدل ابیراهی، فاقد هر گونه ابیراهی است و می‌تواند به عنوان تصویر ایده آل برای مدل سامانه بینایی مورد استفاده قرار گیرد. در هر صورت هر یک از کلاس‌های بیان شده دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. به عنوان نمونه هر چند روش‌های فارغ از مدل، با وارد کردن پارامترهای ابیراهی در مدل سامانه بینایی نیاز به کالیبراسیون مدل ابیراهی را کاهش می‌دهند، اما جملات اصلاح شده در مدل سامانه بینایی دیگر دارای تعبیر فیزیکی نخواهند بود. بعلاوه از آنجایی که مدل سامانه بینایی می‌تواند بصورت خطی تحقق یابد، وارد کردن پارامترهای ابیراهی، مدل سامانه بینایی را غیر خطی می‌کند که این مهم نیز از معایب این کلاس به شمار می‌آید. بنابراین پروسه کالیبراسیون باید به صورت غیر خطی جهت تخمین پارامترهای مدل اعمال شود. این مهم کاربرد هایی را که نیاز به کالیبراسیون بلادرنگ دارند به چالش می‌کشد.

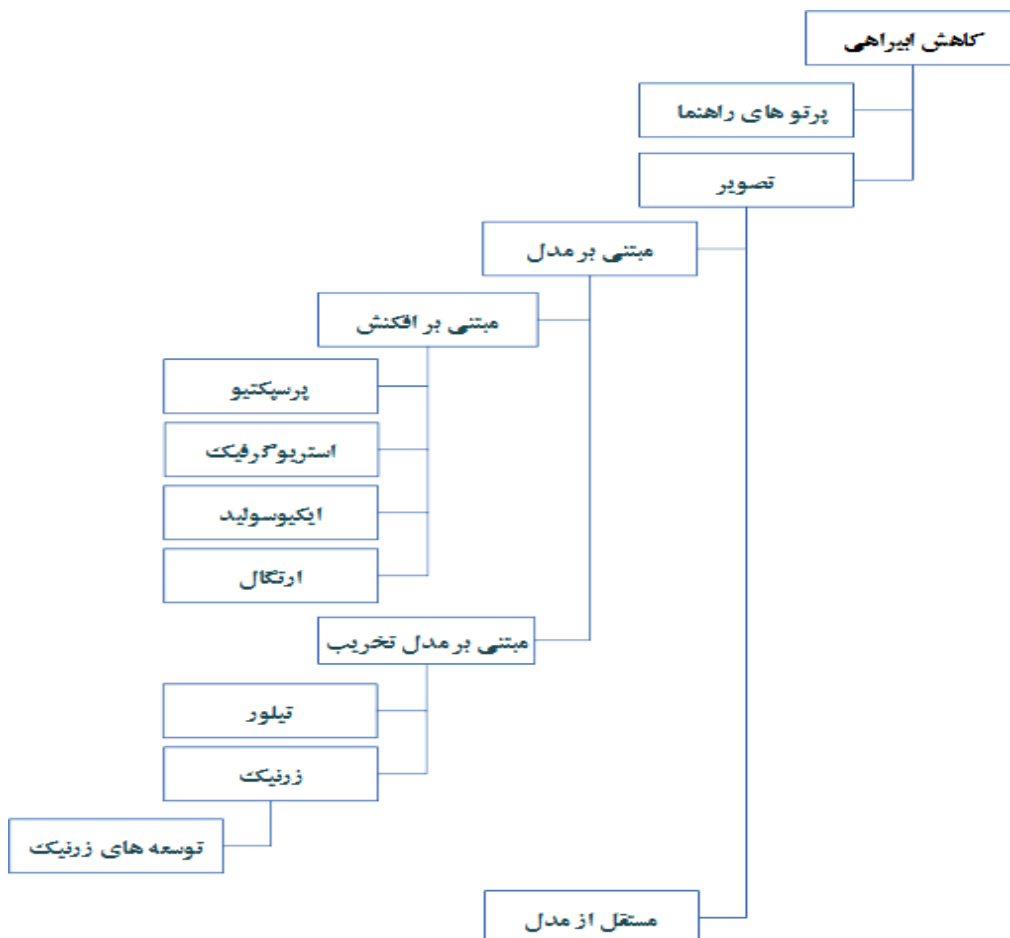
گیرد. بدینسان تابع ابیراهی موج تکرنگ را که تاخیرهای زمانی در آن منظور شده، تحت عنوان تابع ابیراهی فاز^۲ می‌شناسند. ابیراهی می‌تواند در دو کلاس کلی طبقه بندی شود: ابیراهی تکرنگ^۳ و ابیراهی رنگی^۴. ابیراهی رنگی به تفرق طول موج‌های مختلف و تغییرات شاخص انکساری^۵ با آن بر می‌گردد؛ در حالی که ابیراهی تکرنگ تنها برای یک طول موج نور رخ می‌دهد.

وجود ابیراهی در یک سامانه بینایی تاثیرات منفی زیادی به دنبال دارد. تاثیرات منفی متاثر از ابیراهی در یک سامانه اپتیکی در دو کلاس کلی قابل طرح هستند. کلاس اول مربوط به بررسی اثر ابیراهی در کاهش کیفیت تصویر حاصله می‌باشد. تصویر آلوده اغلب از ماتی محلی در نواحی مختلف خود رنج می‌برد. کلاس دوم مربوط به بزرگنمایی محلی در نواحی مختلف تصویر است که باعث کشیدگی و جمع شدگی محلی شده و موقعیت و ابعاد تصویر اشیاء را روی پرده تصویر تغییر می‌دهد. تاثیرات منفی، در کلاس اول تاثیرات نامطلوب ابیراهی معمولاً پروسه‌های پردازش تصویر را درگیر می‌کند؛ در حالی که در کلاس دوم، تاثیرات نامطلوبی روی پروسه‌های بینایی ماشین از جمله کالیبراسیون سامانه بینایی می‌گذارد.

کاهش ابیراهی راهکارهای مختلفی دارد. شکل ۱ دسته بندی این راهکارها را ارائه می‌دهد. دسته‌ای اول از این راهکارها بر استفاده از پرتوهای راهنمای ویژه ای متکی هستند. پرتوهای مماسی^۶ و پیکانی^۷ نمونه ای از این پرتوها هستند. پروسه تشخیص و تعیین ابیراهی توسط این پرتوها اغلب از این مهم بهره می‌برد که پرتوهای تست از نظر هندسی تنها برخی از ابیراهی‌ها را ظاهر می‌کنند. با تابش این پرتوها به داخل سامانه اپتیکی و سنجش میزان انحراف در بازتابش آنها، می‌توان ابیراهی را در یک سامانه تشخیص و میزان آن را تعیین کرد. بنابراین این راهکارها برای

-
- 2.Phase aberration function
 - 3.Monochromatic aberration
 - 4.Chromatic aberration
 - 5.Refraction
 - 6.Tangential rays
 - 7.Sagittal rays

-
- 8.Model based method
 - 9.Non-parametric methods



شکل ۱. دسته بندی راهکار های کاهش ابیراهی

برگرفته شده از دیدگاه اول، دیدگاه مبتنی بر انواع مدل‌های افکنش، چهار مدل کلی را برای افکنش معرفی می‌کنند که عبارتند از: (۱) پرسپکتیو^{۱۱}، (۲) استریوگرافیک^{۱۲}، (۳) ایکیوسولید^{۱۳} و (۴) ارتگنال^{۱۴}. در مدل‌های افکنش یاد شده تفاوت در نحوه مدل‌سازی رابطه هندسی بین ۳ پارامتر ϕ ، زاویه‌ای که پرتوی یک نقطه حقیقی ساطع شده از پرده شیئی پس از خروج از مردمک خروجی سامانه اپتیکی و در محل برخورد با پرده تصویر با محور اپتیکی می‌سازد، f فاصله کانونی، و r موقعیت شعاعی تصویر نقطه شیئی روی پرده تصویر می‌باشد. مدل نهایی ابیراهی از ترکیب خطی وزنی مدل‌های یاد شده حاصل می‌شود. به عنوان نمونه کار

در مقابل، روش‌های مبتنی بر مدل با مدل‌سازی مستقل ابیراهی می‌توانند ابیراهی را به صورت موثرتری مدل کنند. مدل‌سازی مستقل ابیراهی این امکان را فراهم می‌سازد که مدل سامانه بینایی بتواند به صورت خطی تحقق یابد. ضمناً امکان کنترل بیشتر خطای منتشر شده در نتایج مدل ابیراهی نیز میسر می‌گردد. در مقابل، مدل‌های مستقل نیاز به پروسه کالیبراسیون خاص خود دارند. در مدل‌های مستقل جملات می‌توانند تعبیر فیزیکی داشته باشند.

پروسه مدل‌سازی برای روش‌های مبتنی بر مدل، خود نشأت گرفته از دو دیدگاه متفاوت است. دیدگاه اول پروسه مدل‌سازی را بر پایه انواع مدل‌های افکنش^{۱۱} انجام می‌دهد. در حالی که دیدگاه دوم مبتنی بر انواع مختلف اثرات تخریب ابیراهی بر تصویر می‌باشد. روش‌های مبتنی بر مدل

- 11.Perspective
- 12.Stereographic
- 13.Equisolid
- 14.Orthogonal

- 10.Projection

بزرگنمایی متاثر از ابیراهی نیز می‌باشد. ایشان از این مهم بهره گرفته اند و برای یک بزرگنمایی مشخص، تابع ابیراهی را تخمین زده اند. احمد و همکاران [5] و همچنین هارتلی و کنگ [6] نیز از مدل یکسانی برای مدل‌سازی تابع ابیراهی بهره گرفته اند. تفاوت کار ایشان در نحوه تخمین پارامترها می‌باشد.

همان گونه که بیان گردید، برای بازنمایش و مدل‌سازی ابیراهی موج تک‌رنگ می‌توان از توسعه چندجمله‌ای‌ها بهره جست. هر چند بهره‌گیری از توسعه چندجمله‌ای زرنیک پیشتر در راهکارهای مبتنی بر پرتوهای راهنما مورد استفاده قرار گرفته است، اما بهره‌گیری از آنها تاکنون در راهکارهایی که صرفاً مبتنی بر تصویر نقش بسته بر پرده تصویر طراحی می‌شوند، بر اساس جستجوهای نگارنده صورت نگرفته است. بهره‌گیری از توسعه چندجمله‌ای زرنیک در مقام قیاس با بسط تیلور که در بسیاری از مقالات از آن بهره گرفته شده است [4-7] دارای ویژگی‌هایی است که به استناد آنها استفاده از آن می‌تواند موثرتر واقع گردد. ابتدا اینکه ضرایب زرنیک به صورت فرم کاملی از یک مجموعه متعامد روی دایره واحد تعریف می‌شوند. دوم اینکه چند جمله‌ای‌های زرنیک یک بازنمایش متعادل از ابیراهی را نشان می‌دهند. این بدان معنی است که چند جمله‌ای‌های زرنیک حاصل از ترکیب جملاتی از سری‌های توانی هستند که به گونه‌ای بهینه متعادل شده اند که واریانس را حول مردمک خروجی کمینه سازند [8] سوم اینکه ضریب هر جمله در توسعه چندجمله‌ای زرنیک خود نشان دهنده انحراف معیار استاندارد نسبت به آن جمله می‌باشد، که مجموع مربعات این ضرایب واریانس ابیراهی کل را نشان می‌دهد. چهارم اینکه برخلاف مدل‌های مبتنی بر بسط تیلور که نمی‌توانند بازنمایش مناسبی از ابیراهی و اعوجاج محلی باشند [9]، مدل برگرفته از چندجمله‌ای زرنیک برای بازنمایش ابیراهی و اعوجاج محلی نیازی به بخش بندی و تکه تکه سازی تصویر ندارد. و در آخر هر چند مدل تیلور برای لنزهای مرکب مناسب نیست [10]، مدل زرنیک در مدل‌سازی لنزهای مرکب می‌تواند بازدهی خود را حفظ کند. امروزه ابیراهی لنز با بهره‌گیری از روشهای مبتنی بر راهکارهای غیر متریک و مدل‌های خود کالیبره کننده اصلاح

اورخوف و همکاران [1] در این گروه قرار می‌گیرد. ویژگی مهم این دیدگاه امکان پوشش طیف وسیعی از ابیراهی‌ها، از جمله ابیراهی‌های مربوط به لنزهای ماکرو^{۱۵} تا ابیراهی‌های مربوط به لنزهای تله^{۱۶} می‌باشد. روش‌های مبتنی بر مدل برگرفته شده از دیدگاه دوم، دیدگاه مبتنی بر انواع اثرات ابیراهی روی تصویر، اغلب از بسط تیلور برای مدل‌سازی ابیراهی بهره می‌برند.

به عنوان نمونه گرامفون [2] و وینسنت و همکاران [3] در کارهای خود مدل دوربین پین هول^{۱۷} را به گونه‌ای با بهره‌گیری از هموگرافی معکوس پذیر^{۱۸} اصلاح کردند که ماتریس پارامترهای داخلی و خارجی دوربین^{۱۹}، کشیدگی‌های ناخواسته ناشی از بزرگنمایی محلی را در خود توصیف کند. بدین سان پارامترهای مدل اصلاح شده پین هول هر چند از ماهیت فیزیکی خود فاصله گرفتند ولی در مقابل پروسه کالیبراسیون دوربین بدون نیاز به کالیبراسیون مجزا برای استخراج پارامترهای ابیراهی قابل بهره برداری می‌باشد. آنها مدل جدید دوربین را مدل پین هول مجازی^{۲۰} نامیده اند. کار این دو در نحوه تعیین پارامترهای مدل با یکدیگر تفاوت دارد.

همچنین لین و همکاران [4] در کار خود به اصلاح ابیراهی مبتنی بر مدل پرداخته اند. ایشان تابع ابیراهی را به کمک بسط تیلور مدل کرده و پارامترهای آن را با بهره‌گیری از این حقیقت تخمین زده اند که میزان ابیراهی موثر در مرکز ابیراهی نسبت به دیگر نقاط به شدت کمتر است. بنابراین اگر مرکز ابیراهی مرکز تصویر فرض شود، انتظار داریم برای یک بزرگنمایی^{۲۱}، تفاوت مکانی نقاط الگوهای حول مرکز تنها برابر پارامتر بزرگنمایی باشد و از جابجایی ناشی از کشیدگی و جمع شدگی ابیراهی تأثیر نپذیرد، در حالی که این مهم برای نقاط الگوهای دیگر بخش‌های تصویر این گونه نیست و میزان جابجایی این نقاط علاوه بر پارامتر

15. Macro lenses

16. Tele lenses

17. Camera pinhole model

18. Invertible homography

19. Camera intrinsic and extrinsic matrix

20. Virtual pinhole model

21. Zoom

متقارن شود. بنابراین انتظار می‌رود که با وارد کردن خطای خروج از مرکز در مدل زرنیک، واریانس توزیع ابیراهی نسبت به توزیع جملات متقارن کاهش یافته و فرایند کالیبراسیون بتواند دقیقتر انجام گردد. در این راستا، ابیراهی‌های زایدل^{۲۹} در قالب مومنت‌های اصلاح شده زرنیک مبتنی بر چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم به صورت تابع مجزا روی فضای کارترین بازنویسی می‌گردند. سپس مومنت‌های بازنویسی شده به گونه‌ای اصلاح می‌گردند که با در نظر گرفتن خطای خروج از مرکز، تابع ابیراهی فاز را نیز مدل کنند. فرایند کالیبراسیون در این تحقیق برای ابیراهی‌های متقارن و نامتقارن تصویر به ترتیب با کمینه‌سازی متوسط همبستگی روی کامیولنت‌های تصویر با بهره‌گیری از آنالیز چند طیفی bi-coherence و tri-coherence صورت پذیرفته است.

دیگر بخش‌های مقاله به این صورت سازمان دهی شده اند: مدل ریاضی ابیراهی لنز در بخش ۲ توضیح داده شده است. پروسه کالیبراسیون در بخش ۳ شرح داده می‌شود. بخش ۴ میزان موثر بودن و دقت راه‌کار پیشنهادی را بررسی می‌کند. و بخش ۵ نتایج را در بر دارد.

۲. مدل ریاضی ابیراهی لنز

در ابیراهی موج تک‌رنگ^{۳۰}، $W(\rho, \theta)$ به مختصات شعاعی ρ و زاویه گردشی θ می‌تواند به صورت یک توسعه چندجمله‌ای در فرم زیر بازنمایش شود که در این رابطه c_n^m ها ضرایب توسعه زرنیک و Z_n^m چندجمله‌ای زرنیک می‌باشند.

$$W(\rho, \theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n c_n^m Z_n^m(\rho, \theta) \quad (1)$$

با توسعه چندجمله‌ای زرنیک تابع ابیراهی فاز می‌تواند در فرم زیر بازنویسی گردد:

$$W(\rho, \theta) = \quad (2)$$

29. Seidel aberration
30. Monochromatic wave aberration

می‌شود [2, 11-14]. این گروه از راه‌کارها، اغلب از بردارهای ویژگی در تصویر همانند خطوط مستقیم، دایره‌ها و نقاط ناپدید شدن^{۳۲} استفاده می‌کنند. عدم وجود برخی از بردارهای ویژگی یاد شده و یا کاهش شمار آنها در تصویر، برخی مواقع منجر به شکست فرآیند کالیبره کردن می‌شود. به همین واسطه و به دلیل وجود برخی از ویژگی‌های غیر خطی لنز، استفاده از آنالیز چند طیفی^{۳۳} در تشخیص و تعیین میزان ابیراهی توجیه پذیر است. اصلاح ابیراهی لنز با بهره‌گیری از آنالیز چند طیفی bi-coherence پیشتر معرفی شده است [15-17]. در استفاده از آنالیز چند طیفی خصوصیات منحصر به فردی وجود دارد. اول اینکه با بهره‌گیری از آنالیز چند طیفی، دیگر نیازی به پروسه تشخیص بردارهای ویژگی یاد شده نخواهد بود. و دوم اینکه پروسه کالیبراسیون تحت تاثیر شکست پروسه‌های استخراج بردارهای ویژگی قرار نمی‌گیرد.

روش پیشنهادی در این مقاله از مزایای مدل‌سازی به کمک توسعه ضرایب زرنیک بهره می‌برد. جملات زرنیک مد ۱ و ۲ قابلیت مدل‌سازی خطای prism را در خود دارند. به عبارتی دیگر جملات یاد شده می‌توانند عدم متعام بودن پرده تصویر و محور اپتیکی را به شکل موثری مدل کنند. با توجه به توزیع جملات زرنیک، مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک می‌تواند در دو کلاس کلی ابیراهی‌های متقارن مشتمل بر کوما^{۳۴} و اعوجاج^{۳۵} و ابیراهی‌های نامتقارن شامل ابیراهی کروی^{۳۶}، آستگماتیسم^{۳۷} و عدم تطبیق^{۳۸} صورت بپذیرد. زمانی که بواسطه خطای مونتاژ، خطای خروج از مرکز تصویر در سامانه اپتیکی ظاهر می‌شود، فرایند کالیبراسیون دیگر نمی‌تواند پارامترهای جملات متقارن را با دقت تعیین کند. چرا که وجود خطای خروج از مرکز تصویر در سامانه اپتیکی می‌تواند منجر به افزایش واریانس توزیع ابیراهی نسبت به توزیع جملات

22. Vanishing points
23. Poly-spectral analysis
24. Coma
25. Distortion
26. Spherical aberration
27. Astigmatism
28. Defocus

$$2 \sum_{\substack{m=1 \\ m \text{ odd}}}^n R_n^m(\rho) \cos(m\theta) \quad (۷)$$

$$= U_n(x), n \text{ odd}$$

$$R_n^0(\rho) + 2 \sum_{\substack{m=2 \\ m \text{ even}}}^n (-1)^{m/2} R_n^m(\rho) \sin(m\theta) \quad (۸)$$

$$= U_n(y), n \text{ even}$$

$$2 \sum_{\substack{m=1 \\ m \text{ odd}}}^n (-1)^{(m-1)/2} R_n^m(\rho) \cos(m\theta) \quad (۹)$$

$$= U_n(y), n \text{ odd}$$

در معادلات بالا U_n چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم مرتبه n ام می‌باشد. همچنین:

$$x = \rho \cos(\theta), y = \rho \sin(\theta) \quad (۱۰)$$

بنابراین هر تابع دلخواه می‌تواند به سادگی به کمک چندجمله‌ای چبیشف گسترش و از این رو در چندجمله‌ای زرنیک توسعه یابد. جدول ۱ بازنمایشی از چندجمله‌ای‌های زرنیک معادل ابیراهی زایدل را نشان می‌دهد. همچنین در این جدول برای هر نوع ابیراهی، توصیف آن به کمک چندجمله‌ای چبیشف نیز نشان داده شده است. شکل ۲ نیز توزیع ابیراهی‌های زایدل را با بهره‌گیری از چندجمله‌ای زرنیک نمایش می‌دهد.

برای جبران خروج از مرکز تصویر، مدل ارائه شده به کمک چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم معادل چندجمله‌ای زرنیک به گونه‌ای اصلاح می‌شود که بردار انتقال مرکز ابیراهی در آن لحاظ گردد. به عبارتی دیگر:

$$W(x, y) = \sum_j w_j \cdot {}^{ch}Z_j(x - x_0, y - y_0) + E(x, y) \quad (۱۱)$$

زایدل می‌باشد. ${}^{ch}Z_j(x - x_0, y - y_0)$ توزیع هر یک از ابیراهی‌های زایدل است که به مرکزیت (x_0, y_0) به کمک چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم بیان شده است. همچنین $E(x, y)$ نیز خطای باقیمانده مدل سازی می‌باشد.

$$\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n C_n^m \left[\sqrt{\frac{2(n+1)}{1+\delta_{m0}}} \right] R_n^m(\rho) \cos(m\theta)$$

در این رابطه نیز δ_{m0} تابع دلتای کرونگر، n و m اعداد صحیح مثبت هستند به گونه‌ای که $n - m \geq 0$

$$R_n^m(\rho) = \frac{\sum_{s=0}^{(n-m)/2} (-1)^s (n-s)!}{s! \left(\frac{n+m}{2} - s\right)! \left(\frac{n-m}{2} - s\right)!} \rho^{n-2s} \quad (۳)$$

همچنین یک تابع چندجمله‌ای با درجه m روی ρ شامل جملات $\rho^n, \rho^{n-2}, \dots, \rho^m$ است. C_n^m ها، ضرایب توسعه زرنیک به صورت زیر خواهند بود.

$$C_n^m = \left(\frac{1}{\pi}\right) \sqrt{2(n+1)(1+\delta_{m0})} \times \int_0^1 \int_0^{2\pi} W(\rho, \delta) R_n^m(\rho) \cos(m\theta) \rho d\rho d\theta \quad (۴)$$

در عمل برای بازنمایش تابع ابیراهی موج از تعداد محدود N از چندجمله‌ای‌های زرنیک استفاده می‌شود. بنابراین می‌توان تابع ابیراهی موج تکرنگ را به صورت زیر خلاصه کرد.

$$W(\rho, \theta) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^M C_n^m Z_n^m(\rho, \theta) + E(\rho, \theta) \quad (۵)$$

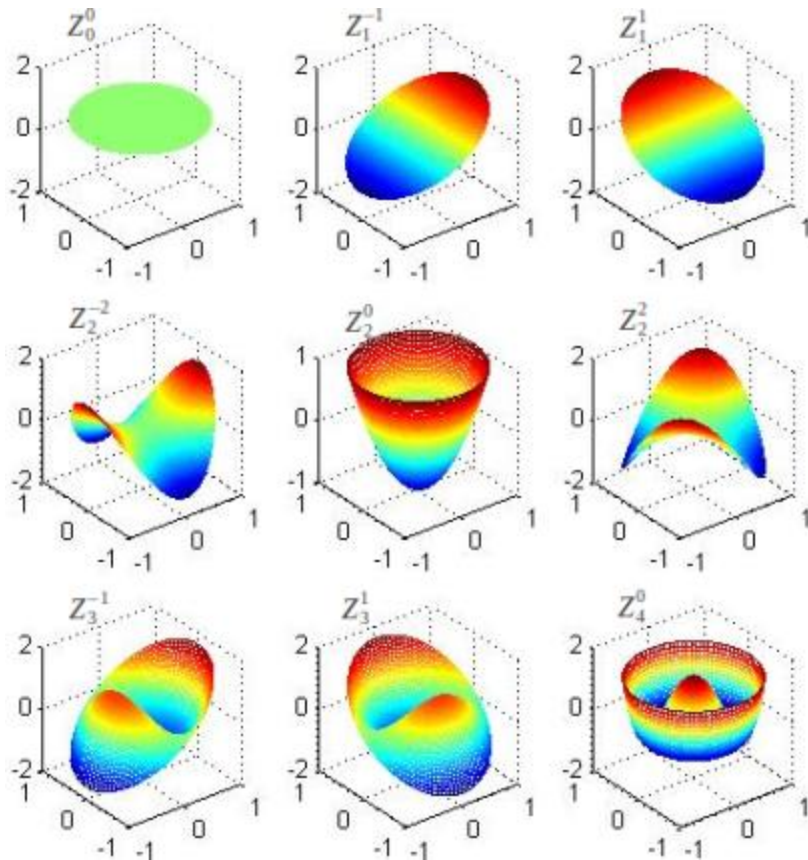
چندجمله‌ای زرنیک می‌تواند مبتنی بر چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم^{۳۱} به صورت توابع مجزا روی فضای کارترین تعریف گردد. شپارد و همکاران [18] نشان دادند که بین چندجمله‌ای دایروی زرنیک و چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم روابط زیر برقرار است:

$$R_n^0(\rho) + 2 \sum_{\substack{m=2 \\ m \text{ even}}}^n R_n^m(\rho) \cos(m\theta) = U_n(x), n \text{ even} \quad (۶)$$

اصلاح توام نقص ابیراهی لنز دوربین و خطای خروج از مرکز تصویر با بهره‌گیری از مدل اصلاح شده زرنیک

جدول ۱. توسعه چندجمله‌ای زرنیک برای ابیراهی زایدل در کنار توصیف آن به کمک چندجمله‌ای چیشف

چندجمله‌ای چیشف نوع $chZ_j(x, y)$ دوم	مفهوم	$Z_n^m(\rho, \theta)$	فرکانس (m)	مرتبه (n)	#
$U_0(x)$	مقدار ثابت (Piston)	۱	۰	۰	۰
$\frac{1}{2}U_1(x)$	x-کجی (Tilt)	$2\rho\sin(\theta)$	-۱	۱	۱
$\frac{1}{2}U_1(y)$	y-کجی	$2\rho\cos(\theta)$	۱	۱	۲
$\frac{1}{2}U_1(x) \cdot U_1(y)$	آستیگماتیسم (±۴۵ درجه)	$\sqrt{6}\rho^3\sin(2\theta)$	-۲	۲	۳
$\frac{1}{2}(U_2(x) + U_2(y))$	انحنای عرصه (Field curvature)، عدم تطبیق (Defocus)	$\sqrt{3}(2\rho^3 - 1)$	۰	۲	۴
$\frac{1}{4}(-U_2(x) + U_2(y))$	آستیگماتیسم (۰ یا ۹۰ درجه)	$\sqrt{6}\rho^3\cos(2\theta)$	۲	۲	۵
$\frac{3}{8}(U_1(x)U_2(y) + U_3(x)) + \frac{1}{8}(U_1(x))$	y-کوما (Coma)	$\sqrt{8}(3\rho^3 - 2\rho)\sin(\theta)$	-۱	۳	۷
$\frac{3}{8}(U_1(y)U_2(x) + U_3(y)) + \frac{1}{8}(U_1(y))$	x-کوما	$\sqrt{8}(3\rho^3 - 2\rho)\cos(\theta)$	۱	۳	۸
$\frac{3}{4}U_2(x)U_2(y) + \frac{3}{8}(U_4(x) + U_4(y) + U_2(x) + U_2(y)) + \frac{1}{4}(U_0(x))$	ابیراهی کروی (Spherical)، عدم تطبیق (Defocus)	$\sqrt{10}(4\rho^4 - 3\rho^2)\sin(4\theta)$	۰	۴	۱ ۲



شکل ۲. ابیراهی‌های زاید با بهره‌گیری از چندجمله‌ای زرنیک از چپ به راست و از بالا به پایین عبارتند از Z_0^0 : مقدار ثابت Z_1^{-1} : (Piston)، Z_1^1 : x -کجی (Tilt)، Z_2^{-2} : y -کجی، Z_2^0 : آستیگماتیسم (۴۵±درجه)، Z_2^2 : انحنای عرصه (Field curvature)، عدم تطبیق (Defocus)، Z_3^{-1} : آستیگماتیسم (۰ یا ۹۰ درجه)، Z_3^1 : y -کوما (Coma)، Z_4^0 : x -کوما، ابیراهی کروی (Spherical)، عدم تطبیق (Defocus)

۳. پروسه کالیبراسیون

شکل ۳ اجزای پایه یک سامانه اپتیکی متقارن را توضیح می‌دهد. در یک چنین سامانه ای، یک پرتو که از مردمک خروجی خارج می‌شود پرده تصویر را در مختصات (X', Y') قطع می‌کند. عموماً، این پرتو از نقطه ایده آل خود روی پرده تصویر نمی‌گذرد. این مهم در شکل ۴ به تصویر کشیده شده است. می‌توان در نظر گرفت که اگر نقطه انحراف در شرایط عمل $\vec{H} = H_x \hat{i} + H_y \hat{j}$ باشد و نقطه ایده‌آل در مختصات (h'_x, h'_y) ، آنگاه نقطه تقاطع با پرده تصویر در مختصات (X', Y') خواهد بود.

$$(X', Y') = (h'_x, h'_y) + (\epsilon_x, \epsilon_y) \quad (12)$$

با در نظر گرفتن تابع ابیراهی در مختصات کارتزین، ضرایب ϵ_x و ϵ_y می‌توانند به فرم تابع موج ابیراهی تک‌رنگ بصورت زیر تخمین زده شوند.

$$W(x, y) = \sum_j w_j \frac{ch}{\lambda} Z_j(x - x_0, y - y_0) \quad (13)$$

نسبت به مکان ایده آل خود روی پرده تصویر، با دیفرانسیل محلی جبهه ابیراهی موج تک‌رنگ در آن نقطه متناسب است، داریم:

بنابراین تابع هزینه زیر جهت استخراج پارامترهای مجهول مورد بحث پیشنهاد می‌گردد:

$$F(w_1, w_1, \dots, w_j, x_0, y_0) = \frac{1}{N \times M \sum_{f_h=1}^N \sum_{f_v=1}^M |\beta_{f_h f_v} - \beta'_{f_h f_v}|^2} \quad (16)$$

در این رابطه $\beta_{f_1 f_2}$ و $\beta'_{f_1 f_2}$ به ترتیب ماتریس‌های آنالیز چند طیفی تصویر مبدأ و تصویر اصلاح شده می‌باشند. همچنین، f_h و f_v مولفه‌های فرکانس افقی و عمودی تصویر می‌باشند. N و M نیز به ترتیب تعداد مولفه‌های افقی و عمودی فرکانس تصویر هستند.

با توجه به مطالب یاد شده الگوریتم کلی اصلاح ابیراهی تصویر به صورت شکل صفحه بعد پیشنهاد می‌شود

۴. نتایج آزمایشگاهی

جهت تحقیق میزان اعتبار راه‌کار پیشنهادی، دو تابع F_1 و F_2 به عنوان توابع ابیراهی در نظر گرفته شده است. سپس سعی گردیده توابع توزیع ابیراهی توسط چند جمله‌ای زرنیک و چند جمله‌ای اصلاح شده زرنیک به نحو مناسبی مدل شود و کیفیت دقت و بازدهی آنها مورد تحلیل قرار گیرد. وجه تمایز تابع F_1 با F_2 در تقارن آن دو می‌باشد. لازم به توضیح است که مرکز این دو تابع در مختصه $[0.2, 0.2]$ در دستگاه مختصات کارتیزین قرار دارد و مقدار آنها نیز در بازه $[-1, 1]$ بهنجار^{۳۲} شده است.

رابطه ۱۷ معادله اولین تابع ابیراهی پیش فرض (F_1) را بیان می‌کند. همچنین این تابع در شکل ۵-الف نشان داده شده است. شکل‌های ۵-ب و ۵-پ به ترتیب توابع ابیراهی تخمین زده شده را برای تابع ابیراهی F_1 به کمک چند جمله‌ای زرنیک و چند جمله‌ای اصلاح شده زرنیک نشان می‌دهند

$$\frac{\partial W(x, y)}{\partial y} = \frac{\epsilon_y(x, y)}{f} \quad (14)$$

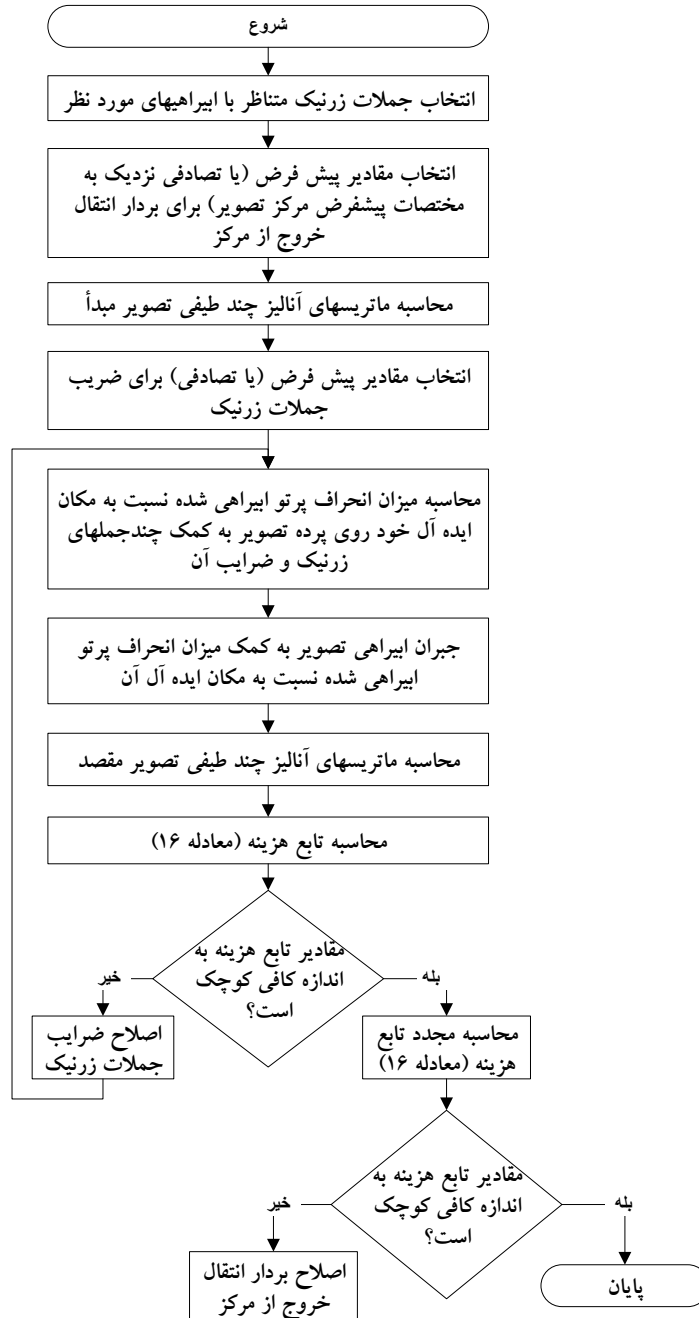
$$\frac{\partial W(x, y)}{\partial x} = \frac{\epsilon_x(x, y)}{f}$$

که f فاصله کانونی لنز می‌باشد. با مشتق‌گیری از معادله ۱۳ نسبت به x و y و جایگزین کردن آن در معادله ۱۴، رابطه ۱۵ نتیجه می‌شود.

$$\frac{\epsilon_y(x, y)}{f} = \sum_j w_j \frac{\partial^{ch} Z_j(x - x_0, y - y_0)}{\partial y} \quad (15)$$

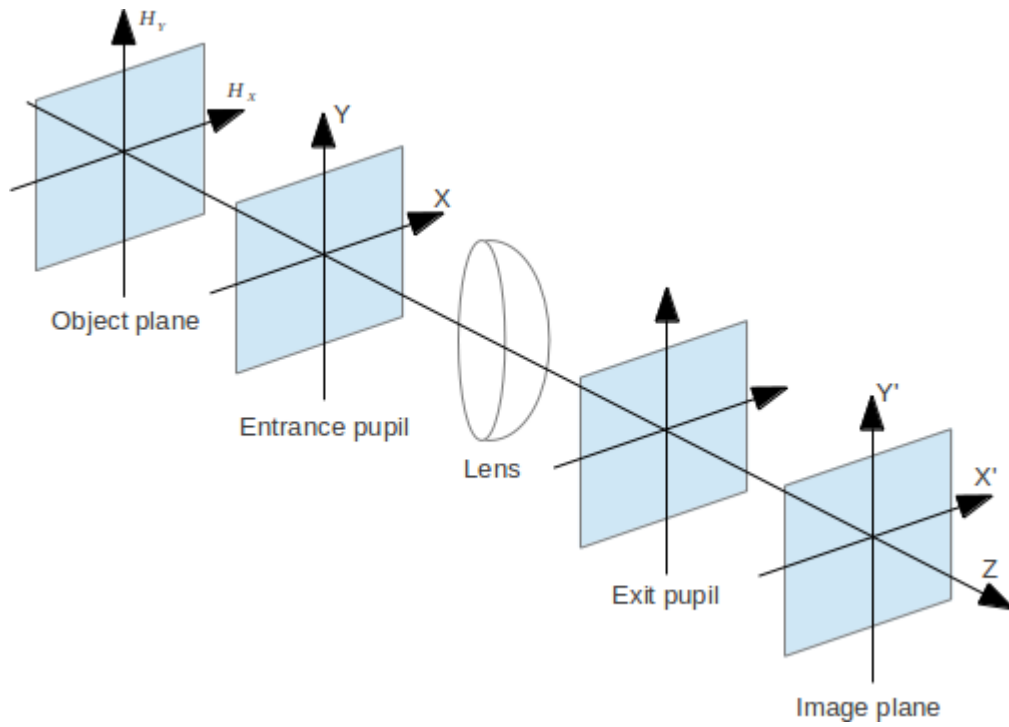
$$\frac{\epsilon_x(x, y)}{f} = \sum_j w_j \frac{\partial^{ch} Z_j(x - x_0, y - y_0)}{\partial x} \quad ($$

معادله ۱۵ مقادیر ابیراهی را در قالب ابیراهی زرنیک اصلاح شده توصیف می‌کند. ضرایب زرنیک اصلاح شده w_j می‌توانند با بهره‌گیری از آنالیز چند طیفی تخمین زده شوند. اجزای پرتو ابیراهی می‌توانند در دو کلاس کروماتیک و آستیگماتیک طبقه بندی شوند. از آنجایی که اجزای کروماتیک و آستیگماتیک کوپل همدیگر نیستند لذا نمی‌توانند برای متعادل کردن یکدیگر بکار روند. اجزای آستیگماتیک شامل ابیراهی کروی، آستیگماتیسم و عدم تطبیق بوده و ابیراهی کروماتیک مشتمل بر کوما و اعوجاج است. بعلاوه چند جمله‌ای های زرنیک نیز می‌توانند برای ابیراهی‌های متقارن (ابیراهی‌های کروماتیک) و همچنین ابیراهی‌های نامتقارن (ابیراهی‌های آستیگماتیک) در دو کلاس متقارن و نامتقارن دسته‌بندی شوند. از طرفی می‌دانیم که آنالیز چند طیفی tri-coherence ذاتا به سیگنال‌های متقارن حساس است و همچنین آنالیز چند طیفی bi-coherence به سیگنال‌های نامتقارن [19]. بنابراین بهره‌گیری از آنالیز چند طیفی tri-coherence و bi-coherence به ترتیب برای تخمین پارامترهای کلاس کلی ابیراهی‌های متقارن و نامتقارن قابل توجیه است. و انتظار می‌رود که مقادیر واقعی ابیراهی لنز را بتوان به گونه‌ای مناسب تر تخمین زده و متوسط همبستگی محاسبه شده را کمینه سازند.

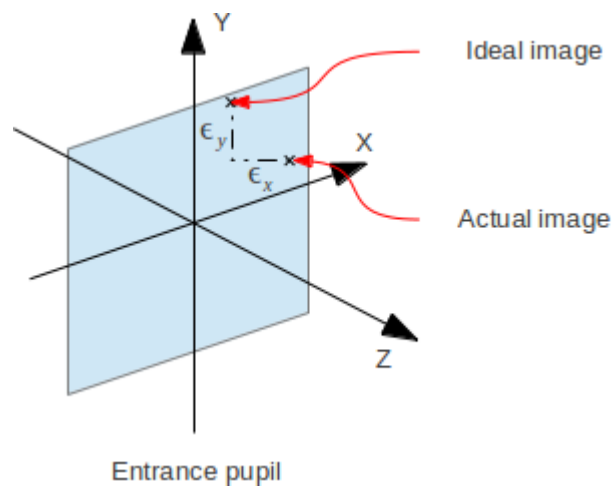


الگوریتم پیشنهادی اصلاح ابیراهی تصویر

اصلاح توام نقص ابیراهی لنز دوربین و خطای خروج از مرکز تصویر با بهره‌گیری از مدل اصلاح شده زرنیک



شکل ۳. اجزای پایه یک سامانه اپتیکی متقارن



شکل ۴. پرده تصویر و مختصه پرتویی ابیراهی یافته نسبت به شرایط ایده آل

۲.۷ برابری راه‌کار پیشنهادی دارد. بعلاوه جذر میانگین مربعات خطا نیز بهبود ۱.۴۹ برابری را نشان می‌دهد.

رابطه ۱۸ معادله دومین تابع ابراهمی پیش فرض (F_2) را بیان می‌کند. شکل ۶-الف ترسیم این تابع را نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل ۶-الف دیده می‌شود تقارن در توزیع ابراهمی این تابع ضعیف است. بنابراین انتظار می‌رود که بهره‌گیری از پروسه سنجش مرکز تصویر تأثیری در دقت نتایج نداشته باشد. شکل‌های ۶-ب و ۶-پ به ترتیب توابع ابراهمی تخمین زده شده را برای تابع ابراهمی F_2 به کمک چندجمله‌ای زرنیک و چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک نشان می‌دهند. همچنین شکل‌های ۶-ت و ۶-ث نیز به ترتیب خطای تخمین تابع ابراهمی F_2 را برای مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک و چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک نشان می‌دهند. مقایسه نمودار خطای باقیمانده توسط مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک و چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک (شکل‌های ۶-ت و ۶-ث) نشان می‌دهد که مدل‌سازی با بهره‌گیری از چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک توفیق‌چندانی در دقت نتایج نسبت به مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک ندارد. شکل ۶-ج، تابع نقطه گستر میزان توفیق مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک را نسبت به مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک نشان می‌دهد. مقایسه تابع نقطه گستر نمایش داده شده در شکل ۶-ج با تابع نقطه گستر نمایش داده شده در شکل ۵-ج نیز این مهم را یادآوری می‌کند. همچنین این مهم در جدول ۳ نیز قابل مشاهده می‌باشد. این جدول نتایج عددی در تخمین این تابع را به کمک چندجمله‌ای زرنیک و چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک بررسی می‌کند. مطالعه این جدول نشان می‌دهد که به دلیل نقش بالای جملات نامتقارن در تخمین ابراهمی کل، الزاما تعیین دقیق خروج از مرکز تصویر تأثیر بارزی در میزان دقت تخمین ابراهمی کل ندارد. این مهم با مقایسه بیشینه اندازه خطای باقیمانده در مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک اصلاح شده و چندجمله‌ای زرنیک قابل تحقیق است. همچنین مقایسه جذر میانگین مربعات خطا نیز در مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک اصلاح شده و چندجمله‌ای زرنیک این مهم را تأیید می‌کند.

$$F_2: (y - 0.2)^3 + (x - 0.2)^4 \quad (18)$$

(normalized between [-1,1])

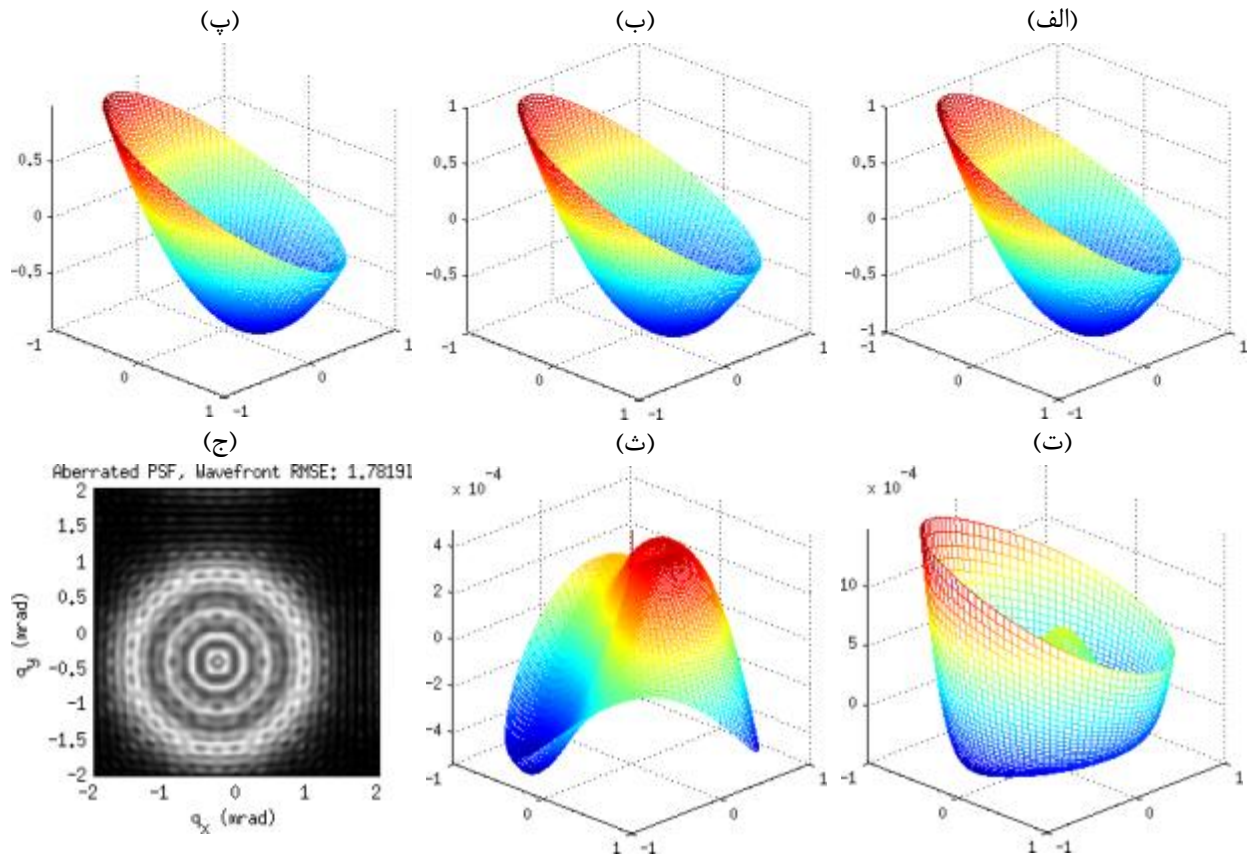
همچنین شکل‌های ۵-ت و ۵-ث نیز به ترتیب خطای تخمین تابع ابراهمی F_1 را برای مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک و چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک نشان می‌دهند. مقایسه نمودار خطای باقیمانده توسط مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک و چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک (شکل‌های ۵-ت و ۵-ث) نشان می‌دهد که به واسطه وجود بردار خروج از مرکز، مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک نتوانسته است تخمین مناسبی از تابع F_1 را ارائه کند. همان گونه که مشاهده می‌شود در تخمین به کمک چندجمله‌ای زرنیک به علت عدم تخمین مناسب پارامترهای مربوط به جملات متقارن، تقارن تابع هدف به درستی تخمین زده نشده است و این تقارن در نمودار خطای باقیمانده توسط مدل قابل رویت است. این در حالی است که در مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک تقارن یاد شده وجود ندارد. همچنین شکل ۵-ج تابع نقطه گستر^{۳۳} عدم توفیق مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای زرنیک را نسبت به مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک نشان می‌دهد. مطالعه این شکل نیز نشان از میزان مؤثر بودن جبران خروج از مرکز تصویر در مدل‌سازی ابراهمی به کمک چندجمله‌ای زرنیک دارد.

$$F_1: (y - 0.2)^2 + (x - 0.2)^2 \quad (17)$$

(normalized between [-1,1])

جدول ۲ نتایج عددی در تخمین تابع F_1 را بررسی می‌کند. مطالعه این جدول نشان می‌دهد که ضریب مد دوازده چندجمله‌ای زرنیک نزدیک به ۱۸ مرتبه کاهش یافته است. با در نظر گرفتن توزیع تابع ابراهمی پیش‌فرض (شکل ۵-الف) و همچنین توزیع جمله مد دوازدهم چندجمله‌ای زرنیک (شکل ۱)، این کاهش را می‌توان توفیق مدل‌سازی به کمک چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک در مدل‌سازی تابع ابراهمی مورد نظر دانست. چرا که طبق انتظار سهم بسیار کمتری به ابراهمی کروی و یا عدم تطبیق در نظر گرفته شده است. همچنین مقایسه بیشینه اندازه خطای باقیمانده در مدل‌سازی به کمک زرنیک اصلاح شده نشان از بهبود

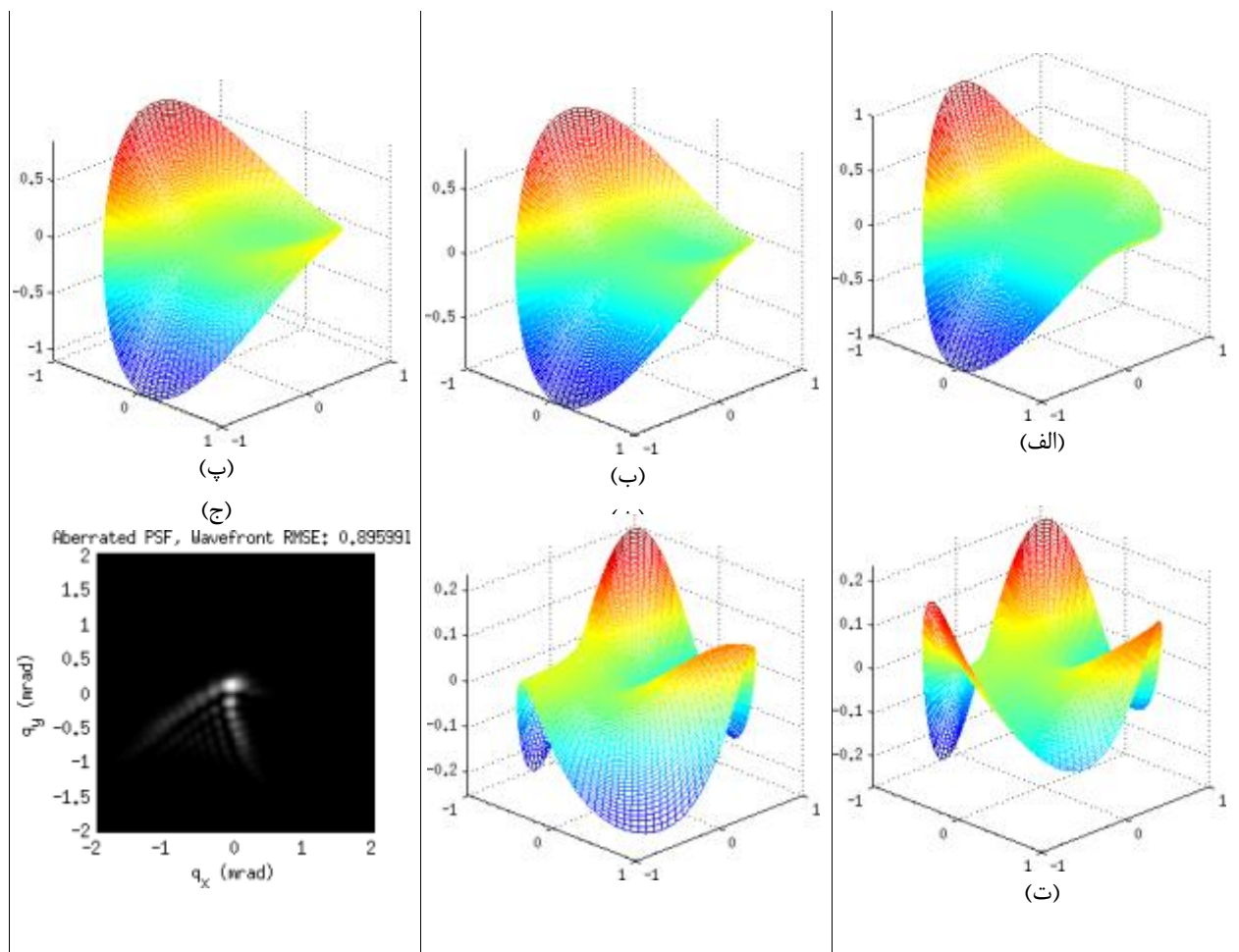
اصلاح توام نقص ابیراهی لنز دوربین و خطای خروج از مرکز تصویر با بهره‌گیری از مدل اصلاح شده زرنیک



شکل ۵. تحقیق میزان اعتبار راه‌کار پیشنهادی برای تابع F_1 (الف) تابع ابیراهی مفروض، (ب) تابع ابیراهی تخمین زده شده با چندجمله‌ای زرنیک، (پ) تابع ابیراهی تخمین زده شده با چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک، (ت) خطای مدل سازی با چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک، (ج) تابع نقطه گسترده‌تر عدم مدل‌سازی با چندجمله‌ای زرنیک نسبت به چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک

جدول ۱. مقایسه همی راه‌دار مبتنی بر زرنیک اصلاح شده با راه‌دار مبتنی بر زرنیک در مدل‌سازی تابع ابیراهی F_1

ضرایب زرنیک اصلاح شده	ضرایب زرنیک	مد #		
		مرتبه (n)	فرکانس (m)	
-۰.۵۲۳۰۴۰	-۰.۵۲۳۰۴۰	۰	۰	۰
-۰.۵۹۳۰۷۸	-۰.۴۳۰۸۵۲	۱	-۱	۱
۰.۱۴۰۲۸۳	-۰.۴۳۰۸۷۹	۱	۱	۲
-۰.۰۰۰۱۳۳	-۰.۰۰۰۰۱۹	۲	-۲	۳
۰.۶۲۱۶۱۲	۰.۶۲۲۰۲۳	۲	۰	۴
۰.۰۰۰۰۲۳	۰.۰۰۰۰۱۰	۲	۲	۵
-۰.۰۰۰۰۱۹۲	-۰.۰۰۰۰۲۰۷	۳	-۱	۷
۰.۰۰۰۰۵۳	-۰.۰۰۰۰۱۹۹	۳	۱	۸
۰.۰۰۰۰۳۱	۰.۰۰۰۰۵۶۲	۴	۰	۱۲
۰.۰۰۰۰۵۳۶	۰.۰۰۱۴۷۵	بیشینه اندازه خطای باقیمانده		
۰.۰۰۰۰۲۶۸	۰.۰۰۰۰۴۰۰	جذر میانگین مربعات خطا		



شکل ۶. تحقیق میزان اعتبار راه‌کار پیشنهادی برای تابع F_2 (الف)، تابع ابیراهی مفروض، (ب) تابع ابیراهی تخمین زده شده با چندجمله‌ای زرنیک، (پ) تابع ابیراهی تخمین زده شده با چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک، (ت) خطای مدل سازی با چندجمله‌ای زرنیک، (ث) خطای مدل سازی با چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک، (ج) تابع نقطه گستر عدم مدل سازی با چندجمله‌ای زرنیک نسبت به چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک.

۵. نتیجه‌گیری

سپس فرایند تخمین پارامترهای جملات متقارن و نامتقارن به ترتیب با بهره‌گیری از آنالیز $bi-$ و $tri-coherence$ صورت پذیرفته است. نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهند که در صورت وجود بردار خروج از مرکز، مدل سازی به کمک چندجمله‌ای اصلاح شده زرنیک بازدهی بالاتری را حاصل می‌کند. به گونه‌ای که در نمونه مورد سنجش، کاهش $1/49$ برابر جذر میانگین مربعات خطا در تخمین تابع ابیراهی فاز گزارش شده است.

در این مقاله به معرفی مدل جدیدی برای تخمین توأم تابع ابیراهی فاز و خطای خروج از مرکز تصویر پرداخته شد. برای این منظور ابیراهی‌های زاید در قالب مومنت‌های اصلاح شده زرنیک مبتنی بر چندجمله‌ای چبیشف نوع دوم به صورت توابع مجزا روی فضای کارترین بازنویسی گردیدند. سپس مومنت‌های بازنویسی شده به گونه‌ای مورد اصلاح قرار گرفتند که خطای خروج از مرکز تصویر نیز در آن لحاظ شود. جهت فرایند کالیبراسیون، جمله‌های مدل در قالب دو کلاس متقارن و نامتقارن تقسیم شدند.

جدول ۳. مقایسه کمی راه‌کار مبتنی بر زرنیک اصلاح شده با راه‌کار مبتنی بر زرنیک در مدل‌سازی تابع ابیراهی F_2

راه‌کار مبتنی بر زرنیک اصلاح شده	راه‌کار مبتنی بر زرنیک			
		فرکانس (m)	مرتبۀ (n)	#مد
-۰.۱۳۲۲۴۸	-۰.۱۳۲۲۴۸	۰	۰	۰
۰.۱۴۶۹۴۲	-۰.۲۰۲۰۱۹	-۱	۱	۱
۰.۳۲۹۱۲۴	۰.۲۸۹۹۷۴	۱	۱	۲
-۰.۱۴۳۴۲۱	۰.۳۰۳۶۲۹	-۲	۲	۳
۰.۰۳۷۶۴۳	۰.۰۵۲۶۷۰	۰	۲	۴
-۰.۲۸۶۷۶۴	-۰.۰۰۰۰۳۲	۲	۲	۵
۰.۰۵۹۹۱۲	-۰.۰۶۶۲۸۳	-۱	۳	۷
۰.۱۳۰۹۱۲	۰.۰۸۲۸۷۴	۱	۳	۸
-۰.۰۰۱۷۵۴	۰.۰۲۶۱۹۰	۰	۴	۱۲
۰.۲۵۱۰۹۷	۰.۲۶۹۵۶۴	بیشینه اندازه خطای باقیمانده		
۰.۰۵۸۱۵۳	۰.۰۵۱۵۴۹	جزر میانگین مربعات خطا		

منابع

1.V. Orekhov and B. Abidi, "Universal camera calibration with automatic distortion model selection," in *Image Processing, 2007.ICIP 2007.IEEE International Conference on*, 2007, p. VI - 397 - VI - 400.

2.R. G. V. Gioi, "Towards high-precision lens distortion correction," in *Image Processing (ICIP), 2010 17th IEEE International Conference on*, 2010, pp. 4237 - 4240.

3.C. Y. Vincent, "Multiview camera-calibration framework for nonparametric distortions removal," *Robotics, IEEE Transactions on*, vol. 21, no. 5, pp. 1004 - 1009, 2005.

4.C. Lin, S. Chang, and Y. Lay, "Automatic distortion measuring system with reticle positioning for enhanced accuracy," *Measurement*, 2008.

5.M. Ahmed, "Nonmetric calibration of camera lens distortion: differential methods and robust estimation," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 14, no. 8, pp. 1215 - 1230, 2005.

6.R. Hartley and S. B. Kang, "Parameter-free radial distortion correction with center of distortion estimation," *Pattern Analysis*

and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol. 29, no. 8, pp. 1309-1321, 2007.

7.S. Aritan, "Efficiency of non-linear lens distortion models in biomechanical analysis of human movement," *Measurement*, vol. 43, no. 6, pp. 739-746, 2010.

8.V. Mahajan, *Optical imaging and aberrations*. SPIE Press, 1998.

9.C. Ricolfe-Viala and Antonio-José Sánchez-Salmerón, "Correcting non-linear lens distortion in cameras without using a model," *Optics & Laser Technology*, vol. 42, no. 4, pp. 628-639, 2010.

10.B. Tordoff and D. W. Murray, "The impact of radial distortion on the self-calibration of rotating cameras," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 96, no. 1, pp. 17-34, 2004.

11.J.-P. Tardif, P. Sturm, M. Trudeau, and S. Roy, "Calibration of Cameras with Radially Symmetric Distortion," *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS ...*, vol. 31, no. 9, pp. 1552 - 1566, 2009.

12.J. Lin, M. Xing, D. Sha, D. Su, and T. Shen, "Distortion measurement of CCD imaging system with short focal length and

large-field objective,” *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 43, no. 10, pp. 1137-1144, Oct. 2005.

13.F. Devernay and O. Faugeras, “Straight lines have to be straight,” *Machine Vision and Applications*, vol. 13, no. 1, pp. 14-24, Aug. 2001.

14.C. Hughes, R. McFeely, P. Denny, M. Glavin, and E. Jones, “Equidistant fish-eye perspective with application in distortion centre estimation,” *Image and Vision Computing*, vol. 28, no. 3, pp. 538-551, Mar. 2010.

15.H. Farid and A. C. Popescu, “Blind removal of lens distortion,” *JOSA A*, vol. 18, no. 9, pp. 2072-2078, 2001.

16.W. Yu, “Image-based lens geometric distortion correction using minimization of

average bicoherence index,” *Pattern Recognition*, vol. 37, no. 6, pp. 1175-1187, 2004.

۱۷. رهبر، کامبیز؛ فائز، کریم؛ اصلاح نقص ابیراهی لنز دوربین با بهره‌گیری از مومنت‌های زرنیک، فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، سال دوم، شماره‌های ۵ و ۶، پاییز و زمستان ۱۳۸۹.

18.C. J. R. Sheppard, S. Campbell, and M. D. Hirschhorn, “Zernike expansion of separable functions of Cartesian coordinates” *Applied optics*, vol. 43, no. 20, pp. 3963-6, Jul. 2004.

19.J. Fackrell and S. McLaughlin, “Non-linearity detection for condition monitoring using higher order statistics,” *Proc. COMADEM'96*, 1996.

تولید نام‌های زیبا و معنادار ایرانی به کمک الگوریتم ژنتیک با تابع برازندگی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی

*امیرشهاب شاهمیری
**بهاره زمانی نظامی
***سعید شبیری
*دانشجو دکتری، مدیریت آموزش عالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران
**دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، تهران
***استادیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۰

چکیده

زبان‌های گفتاری جهان در طول هزاران سال تاریخ خود، روندی تکاملی را پیموده و به امروز رسیده‌اند. بر همین راه واژگان زبان‌های گوناگون و البته نام‌های متداول در فرهنگ‌ها و زبان‌های سراسر جهان نیز، به تکامل رسیده‌اند و این روند تکاملی را ادامه خواهند داد. برخی از این نام‌ها، با توجه به حس زیبایی‌شناسی افراد یک جامعه و ویژگی‌های آوایی زبانی، که بسته به زمان و مکان متغیر است، رواج بیشتری می‌یابند و تطور و گسترش بیشتری پیدا می‌کنند.

در این پژوهش با شناخت واژگان و نام‌های فارسی، مدلی پیشنهاد شده که بر پایه آن نام‌هایی نو، که همراه با داشتن معنایی درخور، از نظر زیبایی‌شناسی نیز نظر افراد گوناگون را برآورده سازد، تولید شود. ساخت واژگان تازه به کمک پردازش تکاملی (الگوریتم ژنتیک) انجام می‌شود که در آن، تابع برازندگی را (به جز در نسل نخست) یک شبکه عصبی مصنوعی از نوع پیشخور پس‌انتشار با دو لایه پنهان که تا ۸۹٪ مشابه انسان تخمین می‌زند، شبیه‌سازی می‌کند. بهترین نام تولید شده با این روش، رتبه ۵ را در میان ۲۵۲ نام جامعه اولیه به دست آورده است. بهترین نمونه‌های جامعه اولیه و داده‌های آموزشی و آزمایشی و نیز برآورد تابع برازندگی نسل نخست و سنجش زیبایی بهترین نام‌های تولید شده بدین روش، با تحلیل آماری نمونه‌های اخذ شده به کمک پرسش‌نامه انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: فرهنگ نام‌های ایرانی، هوش مصنوعی، واژه‌شناسی، نام‌شناسی، پرسپترون چندلایه.

۱. مقدمه

روشن است که لفظی آهنگین و خوش‌نوا با مفهومی زیبا و پسندیده که بیش از هر واژه دیگری طی زندگانی شخص تکرار و در گوشش طنین‌افکن می‌شود، القای مثبتی را در پی دارد و بر منش و رفتار فرد تاثیر خواهد گذاشت. پژوهش در فرهنگ نام‌گزینی مردم ایران نشان می‌دهد که آنان در گزینش نام نیک برای فرزندان خود نیز از ذوق هنرمندانه و حس زیباشناسی بی‌همتایی برخوردار هستند و ایرانیان بر

نام‌ها مهم‌ترین عامل برای بازشناسی اشخاص، اشیا و مفاهیم در فکر ما هستند. ما محیط پیرامون خود را به یاری نام‌ها می‌شناسیم و درک می‌کنیم. نام‌هایی عام که مفاهیم کلی چون درخت، فلز، جانور و غیره را در ذهن ما تداعی می‌کنند و نام‌های خاص که موجب دسته‌بندی و شناسایی موجودات و رویدادها در یاد ما می‌شوند.

خوش‌آوایی و گوش‌نوازی نام‌ها نیز تکیه می‌کنند [۱].

طبق نظرسنجی که طی فرایند انجام همین پژوهش صورت گرفته، جامعه آماری هدف، هنگام گزینش نام برای فرزندان، نزدیک به ۳۰٪ به خوش‌آوایی و ۷۰٪ معنای نام اهمیت می‌دهند.

اما نام‌های ایرانی نیز همچون خود فرهنگ ایرانی، در طول تاریخ دستخوش دگرگونی، پیشرفت و تکامل شده‌اند تا به شیوه امروزی درآمده‌اند و بر شناسنامه ایرانیان می‌نشینند. برای نمونه، نام/واژه وهومنگه (vohumanangha) به معنای (دارنده) اندیشه نیک در زبان اوستایی به وهومن (vohuman) در پهلوی تبدیل شده و امروزه به شکل هومن و بهمن به کار می‌رود. یا ارتخشتره (artaxshathra) اوستایی، به معنای پادشاهی/ شهر مقدس، به ارتخشر (artaxsher) پهلوی تبدیل شده و امروزه به شکل اردشیر خوانده می‌شود. با همین روند ان‌اهیته (an-ahita) اوستایی به معنای پاک (ضد ناپاک) به آناهیتا، آناهید و ناهید امروزی تبدیل شده است [۳ و ۲]. همچنین طی هزاران سال، با بهره‌گیری از گنجینه واژگان ایرانی و وندهای آن، انبوهی از نام‌های ترکیبی زیبا و با معنا ساخته و در اختیار مردمان ایران و جهان قرار گرفته است، نام‌هایی مانند بهنام، مهسا، شیرین، مهنوش و فرزاد.

این روند دگرگونی و تولید نام‌های تازه در زبان‌های ایرانی هرگز از حرکت باز نایستاده و در آینده نیز متوقف نخواهد شد و از آن‌جا که روند تکاملی آن از قواعد خاص مرتبط با زبان‌شناسی و دستور، و نیز آواشناسی واژگان ایرانی، پیروی می‌کند و همچنین از آن‌جا که معیار و مقدار زیبایی نام‌های کهن و نوپدید توسط ایرانیان را به سادگی می‌توان از تعداد گزینش این نام‌ها توسط ایشان بازشناخت، به نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از برخی روش‌های هوش مصنوعی، مانند پردازش تکاملی^۱ و الگوریتم ژنتیک^۲ و نیز آگاهی کافی از دانش زبان‌شناسی و دگرگونی تاریخی واژگان، می‌توان این روند تکاملی را شبیه‌سازی کرده، به واژگان جدیدی دست یافت.

در ادامه این بخش، پس از بیان اهداف پروژه، پیشینه پژوهش‌ها و کارهای انجام شده مرتبط با این پروژه بررسی می‌شود. سپس در بخش دوم، ویژگی‌های واژگان و نام‌های

فارسی و شیوه واژه‌سازی و روش آمیزش و ترکیب واژگان با یکدیگر برای ساخت نام‌ها در این زبان به کوتاهی معرفی خواهد شد. بخش سوم مدل طراحی شده برای انجام این پژوهش را نمایش خواهد داد و در بخش چهارم روش کار و اجرای پروژه، مشتمل بر تشکیل پایگاه داده نام‌ها و چگونگی استخراج ویژگی از آن و کارکرد الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی^۳ به کار رفته در این پروژه و نیز تحلیل و ارزیابی نتایج کار شرح داده خواهد شد. در فصل پنجم جمع‌بندی و پیشنهاد کارهای آینده ارائه می‌شود. دو پرسش‌نامه از نام‌های اولیه و تولیدی نیز پیوست شده است.

۱-۱- هدف پژوهش

نخستین هدف این پژوهش، آزمون و سنجش کارآمدی روش‌ها و ابزارهای هوش مصنوعی برای انجام پروژه‌ها و حل مسایل علوم انسانی و به‌ویژه زبان‌شناسی و ادبیات بوده است. به انجام رسیدن این پروژه ما را بیشتر متقاعد می‌کند که تحلیل و یافتن پاسخ مسایل پیچیده علوم گوناگون، به کمک روش‌های نوین هوشمند امکان‌پذیر است. دیگر هدف این پروژه نیز تولید نام‌های زیبا و معنادار در زبان فارسی و ارائه آن به جامعه برای به‌کارگیری در نام‌گذاری افراد، شرکت‌ها و مواردی از این دست بوده است.

۱-۲- پیشینه پژوهش

تاکنون پژوهش‌های عملی و نظری بسیاری برای پردازش زبان فارسی به کمک روش‌های هوش مصنوعی انجام پذیرفته است. برای نمونه، شاهمیری و همکاران، در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ سراینندگان اشعار فارسی را به کمک روش‌های یادگیری ماشین با دقت درستی ۹۴ تا ۱۰۰٪ شناسایی و تعیین کردند [۵ و ۴]. با شبکه‌های عصبی مصنوعی توانسته‌اند ۸۰ تا ۱۰۰٪ از غلط‌های تایپی در متن فارسی را تصحیح کنند [۶] و نیز ریشه زبانی واژگان فارسی را از عربی با دقت ۹۲٪ تشخیص دهند [۷]. در سال ۱۳۸۸، اصفهانی و همکاران سیستمی را برای شناسایی و طبقه‌بندی نام افراد، مکان‌ها، سازمان‌ها و ... ارائه و برای آموزش آن یک بردار ویژگی استخراج کردند و به میانگین دقت ۹۶٪ دست یافتند [۸]. آرمین و شمس‌فرد در سال ۱۳۸۹ الگوریتمی را برای ریشه واژگان و تبدیل واژگان محاوره‌ای به رسمی با

۶ [۲۰] و لغت‌نامه دهخدا [۲۱] نیز به نام‌های ایرانی پرداخته‌اند، که نام‌های به‌کار گرفته شده در این پژوهش، با آنها نیز مقارنه شده است.

۲- ویژگی نام‌ها و واژگان ایرانی

هر چیز مادی یا مفهومی با نام آن شناخته می‌شود. نام‌ها نشانگر همه مفاهیم شناخته شده برای ما، فارغ از زمان و مکان یا وابسته به آن هستند. اما نام‌ها و واژگان هر زبان، به آن زبان وابسته‌اند. پس برای ایجاد نام در یک زبان باید چگونگی و ساختار نام و واژه را در آن زبان شناخت. فرهنگ بریتانیکا نام‌ها را در ۹ طبقه جای می‌دهد [۳۴]:

- ۱) نام‌های شخصی
 - ۲) نام‌های شبه‌شخصی (مانند نام حیوانات)
 - ۳) نام جای‌ها یا مکان‌ها
 - ۴) نام‌هایی که به اشیای بدون تشخیص انسانی داده شده، اما همچنان برجسته و چشم‌گیر است (مانند سرزمین مقدس)
 - ۵) نام‌های گروه‌های اجتماعی و قومیت‌ها و سازمان‌ها
 - ۶) نام آثار هنری
 - ۷) نام برندها یا کالاهای تجاری
 - ۸) نام حوادث یا دوره‌های تاریخی
 - ۹) نام‌های ذهنی و تجربی که تعیین عینی یا تشخیص مشخصی ندارند، مانند مشایبان، بی‌دینان.
- یک نام ممکن است هم‌زمان در دو یا چند طبقه از طبقات یاد شده قرار گیرد.

نام‌های شخصی همان شیوه تکاملی و انتقالی و تطوری را می‌پیمایند که دیگر اجزای زبانی و واژه‌های روزمره طی می‌کنند. آنها ممکن است به تدریج از یک فرهنگ، جذب فرهنگی دیگر شوند؛ چنان‌که انبوه نام‌های ایرانی به زبان‌های ترکی، عربی و اروپایی راه یافته و از این زبان‌ها نیز نام‌های بسیار پذیرفته است.

پیدایش نام‌های ترکیب‌شده با پسوند در فرهنگ ایرانی نیز پدیده‌ای به نسبت نوین است و از آن‌جا که سطح دانش و فهم زبانی مردم افزایش یافته، پیشوندها یا پسوندهای خوش‌معنا و زیبا همچون شکیب، مهر، آریا و جم رایج شده است. گفتنی است که وقتی سخن از نام‌های ایرانی می‌شود، منظور

به‌کارگیری روش ان‌گرام‌ها پیشنهاد کردند [۹]. در سال ۱۳۹۱، ریاحی و همکاران از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی RBF برای تهیه یک سیستم خلاصه‌سازی متن فارسی استفاده کردند [۱۰]. بآبادی و همکاران برای یافتن ریشه واژگان فارسی، به‌همراه پیشوندها و پسوندهای آن، قواعد استنتاج و شبکه عصبی RBF را به‌کار بردند [۱۱]. زاهدی و همکاران برخی از روش‌های ریشه‌یابی واژگان فارسی را (مانند ریشه‌یاب‌های آماری، مبتنی بر ساختار و چندفازه)، برای شناخت تاثیر آنها بر سیستم‌های بازیابی اطلاعات متنی بررسی کردند [۱۲].

از سوی دیگر، تاکنون پژوهش‌ها و کتاب‌های بسیاری در زمینه نام‌های ایرانی به‌انجام رسیده است. برای نمونه، پورپارسی، آوا و معنای واژگان نام‌های ایرانی از پارسی باستان، اوستایی و پهلوی دوره‌های مادی، هخامنشی، اشکانی و ساسانی را بررسی کرد [۱۳]. حمیدآبادی و آوانگاری، ریشه زبانی، معنا و جنسیت نزدیک به ۱۰ هزار نام ایرانی را ارائه کرد [۱]. زاهدی‌نیا و کاظمی، آوانگاری، ریشه زبانی، معنا و جنسیت نام‌های ایرانی را در دو لیست جداگانه، با نمایش ریشه‌های فارسی، عربی، ترکی، کردی، لاتین، پهلوی، اوستایی، مازندرانی، یونانی، عبری، سانسکریت، سغدی، فارسی، ترکمنی، ارمنی و لری، گرد آوردند [۱۴]. همچنین مبشر آوانگاری، ریشه زبانی، معنا و جنسیت نام‌ها و نیز اسامی اسطوره‌ای و اسامی ایرانی، عربی و قومیت‌های گوناگون را برشمرد [۱۵]. زنگنه نیز آوانگاری، ریشه زبانی، معنا و جنسیت نام‌های ایرانی را بررسی کرد [۱۶]. انصاری و افتخار، آوانگاری، ریشه زبانی، معنا و جنسیت نام‌های ایرانی و همچنین نام‌هایی که می‌توانند به‌عنوان نام خانوادگی یا نام شرکت‌های تجاری به‌کار روند را تعیین کردند [۱۷]. بهنیا نیز ریشه زبانی، معنا و جنسیت هر نام را به‌همراه فراوانی هر یک در میان تعداد کل مردان یا زنان و همچنین مجموع فراوانی نام‌هایی که با هر یک از حروف الفبا آغاز می‌شوند، ارائه کرد که البته، تعداد نام‌ها کم، محدود و بسیار قدیمی است و نام‌های امروزی و جدید را در بر ندارد [۱۸]. اکبری بیرقی هم دایره‌المعارف نام‌های ایرانی را به‌همراه آوانگاری، ریشه زبانی و معنای واژگان را ارائه کرده است [۱۹]. به‌جز منابعی که ذکر شد، فرهنگ معین، در بخش اعلام (جلد ۵ و

نام‌هایی است که در گستره فرهنگی ایران شکل گرفته و نهاده می‌شود که این حوزه فرهنگی به مراتب و گسترده‌تر از حوزه جغرافیایی ایران است [۱۵].

۲-۱- نام و معنای آن

دانشی که به بررسی نام‌ها و وجوه آن می‌پردازد، نام‌شناسی^۴ یا علم‌الاعلام خوانده می‌شود [۳۴]. موضوع این دانش بسیار گسترده است زیرا حوزه مطالعاتی آن به همه عرصه‌هایی که به نام و نیز به قلمرویی که به‌طور نظری در برگیرنده همه زبان‌ها، عرصه‌های جغرافیایی و فرهنگی و عصرهای تاریخی است، مربوط می‌شود. برای مقاصد اجرایی، برخی تقسیم‌بندی‌های موضوعی (از نظر زبانی، جغرافیایی، تاریخی و ...) ضرورت دارد.

امروزه یکی از مهم‌ترین عناصر در گزینش نام، توجه به معنای نام و مفاهیم مرتبط با آن است و این امر ناشی از افزایش آگاهی‌های زبانی و کسب دانش زبان ادبی است. ورود نام‌هایی با معانی زیبا به قلمرو نام‌های ایرانی، مانند فرزانه به معنای صاحب خرد و اندیشه، ترانه به معنای کلام آهنگین، تیراژه به معنای رنگین‌کمان و ده‌ها نام خوش‌معنای دیگر پی‌آمد همین آگاهی است.

گزینش نام فرزندان توسط ایرانیان به چند عامل بستگی داشته است، از جمله: پایگاه فرهنگی، اجتماعی و قومی والدین و نیز جنسیت فرزند [۱۵].

لازم به ذکر است، فرهنگ و زبان‌های ایرانی، بر خلاف بیشتر زبان‌ها و فرهنگ‌های دیگر، از دوره باستان، از دیدگاه فرهنگی و اجتماعی تفاوتی میان مرد و زن قایل نمی‌شده و با وجود آن‌که در زبان‌های بسیار کهن ایرانی نیز مانند بسیاری از زبان‌های امروز جهان (مانند فرانسه، عربی، اسپانیایی و ...) جنسیت در واژگان نقش داشته و نام‌ها و برخی کلمات مذکر یا مؤنث بوده‌اند [۲۲]، این تمایز کم‌کم در زبان‌های ایرانی از میان رفته است و امروزه هم بسیاری نام‌های ایرانی را هم برای دختران و هم برای پسران برمی‌گزینند و تنها نرمی یا سختی کلامی یا معنایی و یا گاه تاریخچه آن نام (مانند مه‌رو، نرگس و آزاده برای دختران و گرشاسپ، شیروژن و رستم برای پسران) تا حدودی جنسیت آن را تعیین می‌کند. از این‌رو در این پروژه،

جنسیت نام‌ها در نظر گرفته نشده است. در این‌جا باید خاطرنشان کرد که در زبان‌ها و گویش‌های ایرانی (کردی، گیلکی، خراسانی و ...) کمتر نامی بدون مفهوم و معنای روشن وجود دارد و اگر در بررسی‌های ادبی به نام‌هایی برمی‌خوریم که به‌ظاهر دارای معنا نیستند، ممکن است مفهوم آنها در گذر تاریخ گم‌شده و از یاد رفته باشد [۱۵]. در این پژوهش نیز نام‌هایی برای درج در پایگاه داده نام‌ها برگزیده شده‌اند که از معنای آنها اطمینان کافی وجود داشت.

۲-۲- نام از نظر ساختاری

تحول و تکامل زبانی نام‌ها امری پیچیده است. در نظام زبانی هندواروپایی باستان هر فرد یک نام داشت که ممکن بود به دو صورت باشد: مرکب یا بسیط. نام‌های بسیط اصولاً به کسانی داده می‌شد که اعضای فرودست قبیله بودند. بهره‌گیری از نام‌های مرکب در ایران امروز امری نامتداول نیست، اما ایرانیان امروزی نام‌های ساده خوش‌صوت با موسیقی کلامی و نیز خوش‌معنا را ترجیح می‌دهند. با این حال تعداد نام‌های مرکب اندک نیست و ساختار دستوری نام‌های مرکب بسیار متنوع است، از جمله [۱۵]:

- ترکیب دو اسم: روان‌مهر، آریامهر، آذرسام، آذرکیش، آذرنوش.
- ترکیب اسم و صفت: مهرافزا، گلشن‌آرا، پاریاب، جهان‌بخش.
- ترکیب اسم و حرف: افسانه (ه: ابراز‌ساز)، چوبک (ک تصغیر)، فریبا (آ: صفت مشبه (اسم‌ساز)).
- ترکیب اسم و صفت مفعولی: شهداد، کوه‌زاد، فرادید.
- ترکیب اسم و یای نسبت: فرهی، رهی.
- ترکیب اسم و پسوند: الوند، فرازند.

۲-۳- ریشه زبانی نام‌های ایرانی

یک زبان از دو بخش اصلی واژگان و دستورزبان تشکیل می‌شود. زبان فارسی یکی از زبان‌های آریایی^۵ یا هندواروپایی^۶ است آریایی واژه‌ای است که آن را پژوهشگران آلمانی و ایرانی به‌کار می‌برند؛ زیرا منشا آن از اقوام آریایی ساکن در ایران بوده است و هندواروپایی را

نیشته‌های باستانی، در مورد زبان‌های ایرانی باستان، میانه و نو اتفاق نظر وجود دارد.

زبان اوستایی به همراه فارسی باستان تنها زبان‌های ایرانی باستان هستند که از خود نوشته به جای گذاشته‌اند. فارسی باستان در اسناد سیاسی زمان حکومت هخامنشیان به کار رفته و در حقیقت نشان‌دهنده دست‌کم یک گویش از گویش‌های ناحیه پارس و یکی از گویش‌های جنوب‌غربی ایران است. اوستایی نیز در کتاب مقدس ایرانیان باستان، یعنی اوستا، و برخی متون دیگر، موجود و با زبان سنسکریت بسیار همانند است.

زبان‌های ایرانی نو هم با فروپاشی شاهنشاهی ساسانی شکل گرفتند. فارسی دری (مادر فارسی امروزی)، کردی، بلوچی، پشتو، آسی، تاتی، تاجیکی، از مهم‌ترین زبان‌های ایرانی نو هستند [۲۵].

در طول زمان، واژگان فارسی، همچون واژگان دیگر زبان‌های جهان، دگرگون شده‌اند و به تکامل رسیده‌اند و البته به بسیاری از دیگر زبان‌های جهان راه یافته‌اند.

جدول ۱ روند دگرگونی برخی از واژگان ایرانی و رسوخ آن در برخی از زبان‌ها را نشان می‌دهد.

۲-۵- واژه‌سازی در زبان فارسی

بزرگ‌ترین واحد هر زبان، جمله مستقل و کوچک‌ترین آن واج است. واحدهای زبان از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین دارای سلسله مراتب زیر است: واج (واژ یا حرف)، تکواژ (واژک)، واژه، گروه، جمله و جمله مستقل [۲۶] که البته در این پژوهش تنها به سه عنصر نخست توجه می‌شود.

صرف یا ساخت‌واژه^۹ بخشی از دستور است که چگونگی ساخت واژه در زبان مورد نظر را تحلیل می‌کند [۲۷].

واج: کوچک‌ترین واحد سخن است که تنها صوت دارد، اما معنا ندارد و در عین حال سبب تمایز معنایی می‌شود. تعداد واج‌ها در فارسی ۲۳ همخوان (صامت) و ۶ واکه (مصوت) است [۲۸]. در این پژوهش (برای هماهنگی با نمادهای به کار گرفته شده در برنامه‌نویسی الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی) در آوانگاری از حروف ساده لاتین استفاده شده و نه نمادهای استاندارد جهانی (جدول ۴ را ببینید).

زبان‌شناسان انگلیسی (به پیشنهاد فرانتس بوپ^۷ در سال ۱۸۱۶) ترجیح می‌دهند، زیرا گستره این زبان‌ها از هندوستان تا اروپا را در بر گرفته است. البته برخی زبان‌شناسان آلمانی ادعا دارند که این زبان‌ها از هند تا ایسلند، که زبانی ژرمنی است، کاربرد دارند و از این‌رو باید آنها را هندوژرمنی^۸ خواند و برخی نیز آریایی را برابر با شاخه هندوایرانی می‌دانند [۲۳].

۲-۴- زبان‌های آریایی

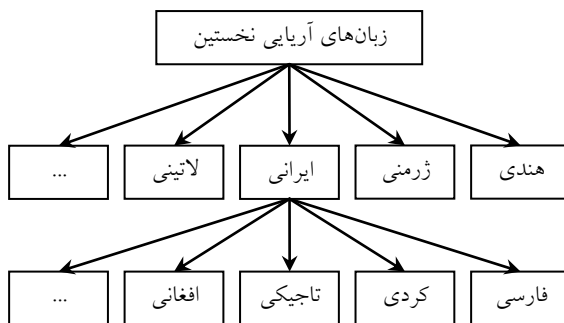
آریایی یا هندواروپایی به خانواده بزرگی از زبان‌ها گفته می‌شود. این خانواده شامل تقریباً همه زبان‌های فلات ایران، شبه‌قاره هند و اروپا می‌شود. در پانصد سال گذشته کوچ اروپاییان به قاره‌های آمریکا، استرالیا و آفریقا، دامنه این زبان‌ها را به آن‌جا نیز گسترش داده است. البته در گذشته زبان مردم آسیای صغیر (آذربایجان، ترکیه و گرجستان)، آسیای مرکزی (ترکمنستان، ازبکستان، و ...) و چین غربی (ایالت سین‌کیانگ) نیز آریایی بوده اما ورود قبایل ترک‌زبان از حدود ۱۵۰۰ تا ۷۰۰ سال پیش، موجب از میان رفتن زبان‌های محلی آن‌جا (مانند آذری و تاتی) شده است [۲۴]. شکل ۱، طبقه‌بندی زبان‌های آریایی امروز و زبان‌های ایرانی را نشان می‌دهد.

۲-۴- زبان‌های ایرانی

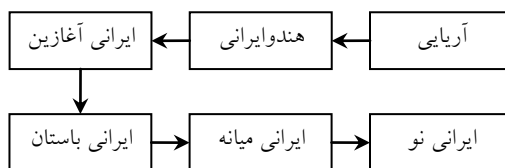
زبان‌های شناخته‌شده ایرانی را با توجه به معیارهای اولیه برون‌زبانی، به‌طور قراردادی به سه دوره تقسیم کرده‌اند که عبارتند از: ایرانی باستان (تا سده‌های چهارم و سوم پ.م)، ایرانی میانه (تا سده‌های هشتم و نهم م.) و ایرانی نو (تا امروز) [۲۵].

البته در زنجیره دگرگونی و پیشرفت زبان‌ها از آریایی تا فارسی امروز، زبان فارسی روندی همچو زنجیره شکل ۲ را پیموده است.

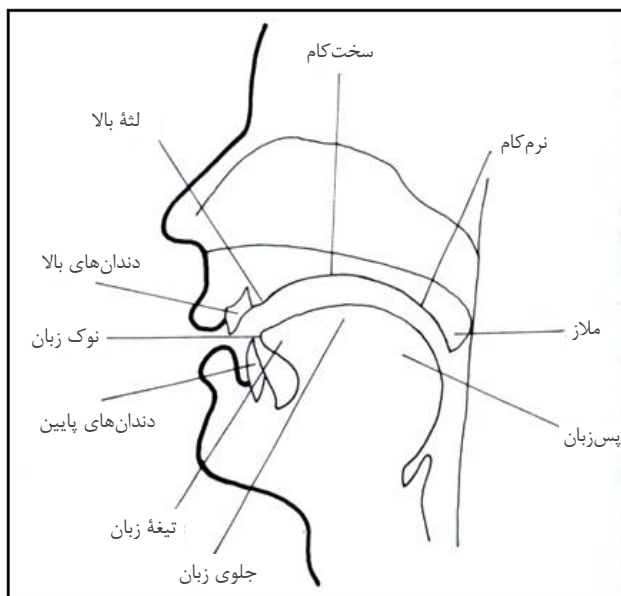
هرچند در این زنجیره، طبقه‌بندی زبان‌های آریایی تا ایرانی آغازین مورد توافق همه زبان‌شناسان نیست و برخی هر سه را در حقیقت یکی می‌دانند که دیگر زبان‌های آریایی نیز از آن ریشه می‌گیرند. اما با توجه به اسناد موجود و کتیبه‌ها و



شکل (۱) طبقه‌بندی زبان‌های آریایی [۲۴]



شکل (۲) روند تحول زبان‌های ایران تا به امروز [۲۵]



شکل (۳) بخش‌های گوناگون دهان و زبان در رابطه با ساخت آوا [۲۷].

جدول ۱) برخی نام‌های ایرانی و مشتقات آنها در زبان‌های دیگر [۳ و ۲۴]. (آوانگاری بر پایه جدول ۵)

زبان	واژه
فارسی امروزی	خسرو
فارسی باستان	مهر / میترا
اوستایی	ستاره / اختر
سانسکریت	پری
پهلوی	پرديس
لاتین	pairi-daeza
یونانی	pairika
آلمانی	pairikA
انگلیسی	stArem
معرب	stArem/staro
	naksatra/tAras
	mitrah/mitrA
	miθra
	hu-sravah
	suSravas
	mitr/mihr
	husruv/xusraw
	mitre
	caesar
	mitrhe
	kaisar
	mithra
	kaiser
	mithras
	caesar
	اصطر(لاب)
	مهر
	کسری / قیصر
	فردوس

تشکیل شده، دارای یک تکیه است و در آغاز و پایان آن یک درنگ (سکوت) وجود دارد.

۲) **ساخت صرفی:** واژه از یک یا چند واژک تشکیل شده و در سلسله مراتب واحدهای دستوری زبان در ساختمان گروه به کار می‌رود.

۳) **معنایی:** واژه عبارتست از یک واحد معنایی که بر یک یا چند مفهوم منفرد دلالت دارد.

۴) **نگارشی:** دارای وحدت املایی است، یعنی پیش و پس از آن فاصله گذاشته می‌شود [۲۸].

در این پژوهش به ترتیب، دیدگاه‌های معنایی و ساخت صرفی و آوایی بیشتر مدنظر قرار گرفته‌اند.

همچنین می‌توان واژه را به دو گونه ساده و غیرساده تقسیم کرد. واژه ساده تنها یک تکواژ و واژه غیرساده بیش از یک تکواژ دارد [۲۸]. در این پروژه تنها نام‌های ۲ و ۳ تکواژی برای درج در پایگاه داده نام‌ها برگزیده شده‌اند.

گفتنی است که واژه در زبان فارسی از ترکیب تکواژها و وندها و دیگر اجزا ساخته می‌شود و بدین ترتیب با وجود محدودیت تکواژها، تعداد واژگان زبان فارسی بی‌نهایت است. اما برای مثال، زبان عربی به هیچ وجه چنین توانی را ندارد و ریشه واژگان ثلاثی و رباعی آن در قالب وزن‌های محدودی صرف و واژگان محدودی ساخته می‌شود [۳۰].

از دیدگاه محل تولید آوای زبان و برخورد آن با دیگر عضوهای دهان، زبان را می‌توان به شش بخش تقسیم کرد [۲۹]:

- ۱) نوک زبان که پشت دندان‌های پایین جای می‌گیرد.
- ۲) تیغه زبان که زیر ناحیه لثه بالا جای می‌گیرد.
- ۳) جلوی زبان که زیر ناحیه سخت کام جای می‌گیرد.
- ۴) مرکز زبان که زیر ناحیه مرکزی سخت کام جای می‌گیرد.

- ۵) پشت زبان که زیر نرم کام جای می‌گیرد.
- ۶) ریشه زبان که زیر ملاز جای دارد و تا دیواره جلویی حلق ادامه می‌یابد.

شکل ۳ ساختمان زبان در دهان را نمایش می‌دهد. شناخت ساختار سیستم تولید آوا در دهان کمک می‌کند تا چگونگی تغییر و تبدیل واج‌های تشکیل‌دهنده واژگان زبان‌ها را بهتر بشناسیم..

تکواژ: از یک یا چند واج ساخته می‌شود و کوچک‌ترین واحد معنادار در زبان است؛ مانند: من مداد خرید م.

واژه: از یک یا چند تکواژ ساخته می‌شود و استقلال نحوی، جدایی‌پذیری و یکپارچگی دارد. گل، گلاب، گلاب‌گیر و گلاب‌پاش همگی واژه‌ای مستقل هستند [۲۶].

واژه را می‌توان از چهار دیدگاه تعریف کرد:

- ۱) **آوایی:** واژه یک ساخت آوایی است که از چند هجا

جدول ۲) گردش‌های مجاز برخی واژه‌های فارسی به‌کار گرفته شده در این پژوهش به‌همراه نمونه [۲۰۲،۳].

واکه‌ها (مصوت‌ها)	آ (a)	آ (A)	اِ (e)	ای (i)	اُ (o)	او (u)	حذف واکه آغاز یا آخر
آ (a)	×	پَد: پاد	وَهیشْت: بهشت	ارت‌وَهیشْت: اردی‌بهشت	اهورامزدا: هرمز درگ: دروغ	انوشیروان: نوشیروان	
آ (A)	ماه: مَه	×	کارمانیا: کرمان	-	-	-	آناهیتا: ناهید
اِ (e)	اِراک: آراک	-	×	انوشه‌روان: انوشیروان	ومان: گُمان	-	اسپید: سپید
ای (i)	اژدی‌دهاک: ضَحاک	-	وَهیشْت: بهشت	×	بیرون: بُرون	-	سامی: سام
اُ (o)	وُهومن: بَهمَن	-	-	-	×	رُج: روز	-
او (u)	بورزآخو: بَرزخ	-	-	-	اهورامزدا: هُرمز	×	مغو: مغ
سه (a/e) پایانی	فرزانه: فرزانِه	انوشه: انوشا	-	-	-	-	فرزانه: فرزانه

جدول ۳) دسته‌بندی همخوان‌های فارسی بر پایه شیوه و محل تولید آوا در دهان [۲۷].

چاکنایی	لثوی و کامی		دندان‌لثوی و کامی	دندان‌لب و دندان‌دانی	دولبی	محل تولید نحوه تولید
	کامی/لازی	کامی				
	ک/گ	خ	ت/د	ب/پ	انفجاری	
	س/ز	ش/ژ	و/ف		سایشی	
	ج/چ				انفجاری/سایشی	
			ر		لرزشی	
	ی		ل		روان	
			ن	م	غنه‌ای	

۲-۶- جابه‌جایی واژه‌ها در زبان فارسی

گردش واژه‌ها (مصوت‌ها) ^{۱۰} از ویژگی‌های زبان‌های آریایی است که توسط یاکوب‌گریم ^{۱۱} در سال ۱۸۲۲ معرفی شد. گردش واژه‌ها عبارت از جابه‌جا شدن مصوت‌ها در ریشه‌ها، پسوندها، پیشوندها، میانوندها و اجزای صرفی واژگان است. اگر مصوت‌های کوتاه و بلند مانند a و A جابه‌جا شوند (مانند ماه و مه)، گردش را گردش کمی و اگر مصوت‌های گوناگون مانند a, e و o جابه‌جا شوند (مانند

مادر و mother)، این گردش را گردش کیفی می‌گویند [۲۹].

در زبان‌های هندوایرانی در زمینه آوایی سه گونه دگرگونی ویژه رخ می‌دهد که آنها را از دیگر زبان‌های هندواروپایی متمایز می‌سازد [۲۳]:

(۱) تغییرات و تفاوت‌های کیفی (باز یا بسته و پیشین یا پسین بودن واژه)

(۲) جایگزینی واژه میانی خنثی در هجای فاقد تکیه (ə)

با واکه نامعین یا کسره کوتاه (e)

۳) دگرگونی گروه واج‌های س (s) هندواروپایی به گروه واج‌های ش (š) هندوایرانی، در صورتی که پس از e و o و همخوان‌های کناری و پسکامی درآیند.

جدول ۲ برخی از گردش‌های مجاز در واکه‌های زبان‌های ایرانی را (که در این پژوهش نیز به‌عنوان دگرگونی مجاز برای جهش ژنتیکی در الگوریتم ژنتیک به‌کار رفته است) نمایش می‌دهد. یادآور می‌شود که شمار واکه‌ها و نیز دایره جابه‌جایی‌های آنها، در طول تاریخ زبان‌های ایرانی، بسیار فراتر از این موارد بوده است. در زبان فارسی همه همخوان‌ها، به‌جز چند آوا (مانند: نچ)، برون‌سو هستند و بسته به شیوه و محل تولید آوا در دهان دسته‌بندی می‌شوند. جدول ۳ این تقسیم‌بندی را نشان می‌دهد.

همخوان‌های موجود در زبان فارسی نیز مانند واکه‌های آن، در طول زمان بسیار به یکدیگر تبدیل شده‌اند [۱۵ و ۲۵]. جدول ۳ در بخش جهش ژنتیکی این پژوهش به‌کار گرفته شده؛ به‌این ترتیب که در صورت وقوع جهش که بر پایه یک تابع تصادفی تعیین می‌شود، حروف داخل هر خانه با احتمال ۲ برابر نسبت به حروف سطر یا ستون همسایه بالا، پایین، چپ یا راست و ۴ برابر همسایه‌های مورب خود به یکدیگر تبدیل می‌شوند. برای نمونه:

$$P(\text{ش} \rightarrow \text{ک}) = 4P(\text{غ} \rightarrow \text{ک}) = 2P(\text{گ} \rightarrow \text{ک})$$

گفتنی است که در زبان ایرانیان گاهی واکه‌ها و همخوان‌ها به یکدیگر تبدیل شده‌اند (مانند میزد به میز و خسرو به خسرو) اما در این پروژه از این‌گونه تبدیلات صرف‌نظر شده است.

۳- مدل‌سازی

برای پیاده‌سازی و به‌انجام رسانیدن این پروژه، مدلی طراحی شد که سه فاز اصلی را در بر دارد. در فاز نخست و سوم، کار به‌صورت پژوهش میدانی و تحلیل اطلاعات، و در فاز دوم، به‌صورت شبیه‌سازی کامپیوتری انجام شده است. (ر.ک. بخش ۴)

همان‌گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، پس از به‌دست آوردن دانش مورد نیاز برای شناخت واژگان و نام‌های ایرانی، در فاز نخست پایگاه داده‌ای نام تشکیل و با توجه به نظر

افراد جامعه آماری و برخی ملاحظات زبان‌شناسانه هرس می‌گردد. ویژگی‌هایی که بتوان به آنها مقادیر کمی اختصاص داد نیز در این فاز از نام‌ها برکشیده می‌شود.

سپس در فاز دوم همزمان با تنظیم و آموزش شبکه عصبی، نخستین نسل از نام‌ها تولید خواهد شد که برازندگی این نام‌ها و نام‌های نسل‌های بعدی را همان شبکه عصبی تعیین می‌کند.

پس از تولید نام‌ها به‌تعداد کافی دلخواه، در فاز سوم بهترین نام‌های تولیدشده به همان افراد جامعه آماری اولیه برای رتبه‌بندی واگذار شد تا درستی کارکرد روش سنجیده، و تحلیل و ارزیابی مناسب انجام پذیرد.

۴- روش کار

در این بخش به شرح عملکرد بخش‌های تعریف‌شده در مدل شکل ۴ می‌پردازیم.

۴-۱- ساخت پایگاه نام‌های آغازین

برای ساخت و تکمیل پایگاه داده‌ای از نام‌های ایرانی، با بررسی کتاب‌های بسیار (که در بخش پیشینه پژوهش بدان‌ها اشاره شده است) مرجع [۱] به‌عنوان منبع اصلی و دیگر منابع برای مقارنه و تقابل برگزیده شدند.

از این مجموعه، ۵۰۰ نام به‌شیوه‌ای نیمه‌تصادفی از کتاب انتخاب شد. نیمه‌تصادفی از این جهت که از هر برگ کتاب یک یا دو نام برگزیده شد؛ مشروط بر این که برخی شرایط ابتدایی مورد نیاز پژوهش به‌شرح زیر را دارا باشد:

(۱) نام ریشه ایرانی داشته باشد.

(۲) نام فقط از ۲ تکواژ فارسی ترکیب شده باشد، مانند

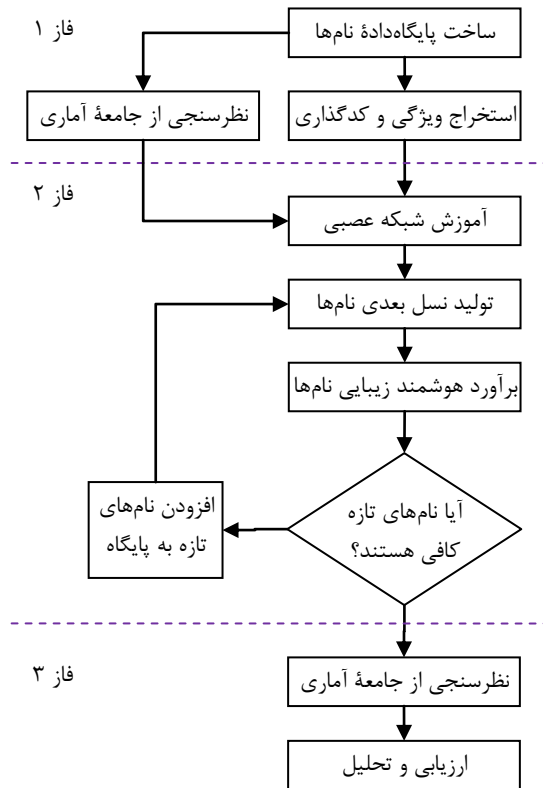
مهتاب: مه + تاب.

(۳) نام دارای ۲ یا ۳ هجا (سیلاب) باشد، مانند فرزانه: فر

+ زا + نه.

(۴) نام دارای معنای روشن و مشخص باشد.

پس از گردآوری نام‌های انتخاب شده با شرایط بالا، با مراجعه به سایت سازمان ثبت احوال کشور (شهریور ۱۳۹۰)، تعداد ثبت هر یک از نام‌ها در این سازمان، که به‌نوعی نشان‌دهنده میزان تمایل یا استقبال مردم از این نام‌هاست، در پایگاه نام‌ها درج شد.



شکل ۴) مدل ارایه شده برای تولید نام

است که یا پارامترهای زیبایی‌شناسی ایرانیان نسبت به این نام‌ها استخراج، تدوین و در پروژه به صورت محاسبه‌پذیر اعمال شود؛ که البته این کار، کاری بسیار دشوار است و پژوهشی چندجانبه را می‌طلبد، و یا این‌که چکیده نظر آنان به روشی انتزاعی در پروژه منظور شود. بدین منظور، ۲۵۲ نام برگزیده، در قالب ۶ فرم، هر یک با ۴۲ نام تقسیم شد و فرم‌ها در طول سال ۹۰ در جامعه آماری ویژه‌ای (حدود ۳۰۰ تن، اغلب از میان دانشجویان، استادان و شاغلان دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند) توزیع و پس از تکمیل، گردآوری شد (نمونه پرسش‌نامه در پیوست ۱). از این رو روشن است که تابع برازندگی بیشتر نظرات این جامعه آماری را تخمین خواهد زد. از آن‌جا که زیبایی از دو دیدگاه معنایی و آوایی بر انتخاب یک نام در اندیشه ایرانیان تاثیر می‌گذارد، از جامعه آماری درخواست شد تا در دو ستون جداگانه به زیبایی آوایی و معنایی هر یک از نام‌ها نمره‌ای بین صفر تا ۱۰ را اختصاص دهند.

سپس نام‌ها بر اساس فیلد فراوانی نام به صورت صعودی مرتب شدند و رتبه آنها به عنوان میزان برازندگی آنان در نظر گرفته شد و بر این اساس، همان‌گونه که در جدول ۴ نمایش داده شده است، با یک تابع ساده، ۲۵۲ نام به صورت تصادفی انتخاب گردید. بدین ترتیب نام‌های با رتبه پایین‌تر احتمال انتخاب بالاتر داشته‌اند (مینا بالاترین و راوک پایین‌ترین احتمال انتخاب).

نام‌های برگزیده، هم به عنوان اعضای جمعیت اولیه در الگوریتم ژنتیک و هم به عنوان ورودی آموزشی شبکه عصبی برای به دست آوردن تابع برازندگی الگوریتم به کار خواهند رفت.

۴-۲- تهیه پرسش‌نامه و نظرسنجی از جامعه آماری

از آن‌جا که سیستم ارایه‌شده در این پروژه باید بتواند نظر زیبایی‌شناسانه مردم را نسبت به نام‌ها شبیه‌سازی کند، لازم

تولید نام‌های زیبا و معنادار ایرانی به کمک الگوریتم ژنتیک با تابع برازندگی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی

جدول ۴) نام‌های استخراج شده از پایگاه نام‌های اولیه، به همراه فراوانی آنها در پایگاه وب سازمان ثبت احوال کشور و رتبه آن

ردیف	نام	فراوانی	ردیف	نام	فراوانی
۱	راوک	۲۷	۱
۲	ایرمان	۲۹	۲	بهرام	۱۱۷۴۱
۳	تیما	۳۵	۳	مژگان	۱۲۲۶۲
۴	کامکار	۳۸	۴	فرهاد	۱۶۵۷۸
۵	تیراژه	۴۱	۵	پریسا	۱۶۶۰۰
۶	رایمند	۴۵	۶	افسانه	۱۷۰۴۵
۷	بهناد	۵۲	۷	امید	۲۰۵۶۲
۸	آپامه	۵۷	۸	فرشته	۲۰۶۳۵
۹	راتا	۵۹	۹	فرزانه	۲۱۶۳۸
...	۱۰	مینا	۲۱۸۶۵

همچنین از ایشان درخواست شد تا درجه اهمیت زیبایی آوایی و معنایی را در هنگام گزینش نام به درصد مشخص کنند.

میانگین نمرات تخصیص یافته، به عنوان بردار هدف برای آموزش شبکه عصبی و همچنین به عنوان میزان شایستگی در تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک (نسل یکم) به کار گرفته می‌شود.

۳-۴- استخراج ویژگی

جدا از طراحی و تنظیم تابع ارزیابی، مهم‌ترین مساله در الگوریتم ژنتیک، تدوین نقشه ژن‌ها و چگونگی تولید نسل

تازه است.

در الگوریتم ژنتیک ژن‌ها باید در ساختاری استاندارد قرار گیرند و محل گسست دو ژن و تولید نمونه جدید^{۱۲} به درستی تعیین شود [۳۲].

از این رو لازم آمد تا هر واژه آوانگاری، و نیز محل‌های مجاز برای انجام عمل گسست و ترکیب ژن‌ها تعیین شود. تعیین درست مکان گسست و ترکیب ژن‌ها، معنادار بودن واژه تولید شده را تضمین می‌کند.

جدول ۵ به ترتیب آوانگاری (فونتیک) معادل هر یک از واژه‌ها (مصوت‌ها) حروف همخوان (صامت) زبان فارسی به کار گرفته شده در این پروژه را نمایش می‌دهد.

جدول ۵) آوانگاری واژه‌ها و همخوان‌های زبان فارسی

ردیف	آوا	نماد	نمونه	نگارش
۱	اَ	a	بد	bad
۲	اِ	e	دل	del
۳	اُ	o	بت	bot
۴	اَ	A	پا	pA
۵	ای	i	سی	Si
۶	او	u	بو	bu
۷	آو / آو	w	روشن	rwSan
۸	آ / او / ای / ئ / اَ	&	آرشیدا	&ArSidA
۹	ب	b	بانو	bAnu
۱۰	پ	p	پوری	puri
۱۱	ت (ط)	t	تارا	tArA
۱۲	ج	j	جاوید	jAvid
۱۳	چ	c	چاوش	cAvoS
۱۴	خ	x	خسرو	xosrw
۱۵	د	d	دانا	dAnA
۱۶	ر	r	رامبد	rAmbod
۱۷	ز (ذ)	z	زیبا	zibA
۱۸	ژ	Z	ژاله	Zale
۱۹	س (ث)	s (θ)	سمن	saman
۲۰	ش	S	شیوا	SivA
۲۱	غ (ق)	q	قباد	qobAd
۲۲	ف	f	فرزین	farzin
۲۳	ک	k	کارن	kAren
۲۴	گ	g	گلناز	golnAz
۲۵	ل	l	لاله	lAle
۲۶	م	m	مینا	mina
۲۷	ن	n	نرگس	narges
۲۸	و	v	وارش	vAraS
۲۹	ه	h	هامون	hAmun
۳۰	ی	y	یکتا	yektA

محل گسست و ترکیب ژن‌ها در الگوریتم ژنتیک انجام شده، اما تفکیک هجایی نام‌ها برای استفاده در شبکه عصبی به منظور تعیین میزان استفاده هر نوع هجا و در نتیجه شبیه‌سازی زیبایی‌شناسی هجاها در آن، انجام پذیرفته است. در ادامه، برای تعیین بردار برازندگی هر نمونه در الگوریتم ژنتیک و نیز خروجی هر نمونه در شبکه عصبی، فیلدهای میانگین درجه زیبایی هر نمونه از دیدگاه آوایی و معنایی به همراه تعداد ثبت‌نام‌ها در سازمان ثبت احوال کشور [۳۵]، به پایگاه نام‌ها افزوده شدند. برای آن که مقایسه این فیلدها امکان‌پذیر باشد و نیز برای آن که ورودی‌های بردار هدف Y شبکه عصبی مقادیری نرمال داشته باشند، این میانگین‌ها به کمک رابطه زیر به مقادیری در بازه $(+1)$ و (-1) نگاشت شدند.

$$y = \frac{x - \text{mid}(\bar{X})}{(\max(\bar{X}) - \min(\bar{X}))/2}$$

رابطه (۱)

در رابطه (۱)، متغیر X مقدار فیلد میانگین امتیازات آوایی، معنایی یا ثبت‌احوال و بردار X نشانگر کل مقادیر این فیلدها و Y خروجی نگاشت شده هر یک از آنهاست.

سرانجام برای بررسی و مقایسه اختلاف نظر جامعه آماری این پژوهش (که پرسش‌نامه نام‌ها میان آنان توزیع شده) با میزان درخواست‌های ثبت‌شده در پایگاه وب سازمان ثبت احوال (که به نوعی استقبال عمومی از آن نام‌ها را نشان می‌دهد)، میانگین این عامل‌ها از رابطه زیر محاسبه شد:

$$t = |(v + m)/2|$$

رابطه (۲)

که در این رابطه v میانگین امتیاز آوایی نگاشت‌شده، m میانگین امتیاز معنایی نگاشت‌شده، و t میانگین کل آنهاست. جدول ۹ نمونه‌هایی از این مقادیر را برای چند نام نمایش می‌دهد.

البته فیلد تفاضل، با میانگین $0/79$ و انحراف معیار $0/45$ همبستگی خاصی را میان امتیازات آوایی و معنایی تخصیص یافته از سوی جامعه آماری در دانشگاه پرنده، و آمار ثبت‌شده در سازمان ثبت احوال کشور نشان نمی‌دهد.

البته از آن‌جاکه آوای حروف $ح$ ، $ص$ ، $ض$ ، $ط$ ، $ظ$ ، $ع$ و $ق$ در زبان فارسی وجود ندارند، در این جدول نادیده گرفته شده‌اند و حروف $ث$ و $ذ$ نیز امروزه به صورت $س$ و $ز$ خوانده می‌شوند.

البته در آوانگاری این پروژه، مانند روش معمول زبان‌شناسی فارسی، از واژه W به عنوان یک واج واحد چشم‌پوشی شده است.

بدین ترتیب پایگاه داده نام‌ها به همراه آوای آنها به تفکیک هجایی نام مربوطه و همچنین به تفکیک واژگان مجرد و وندهای تشکیل‌دهنده واژه از نظر معنایی، ساخته شد. جدول ۶ برخی از واژگان را در این پایگاه داده نمایش می‌دهد. در این جدول، فیلد بار که بار منفی معنای بخش پیشوندی نام را نشان می‌دهد، برای این درج شده که هنگام آمیزش دو نام، معنای منفی یا مثبت پیشوند را (مانند بیتا، ناهید، انوشه و ...) بتوان در نظر گرفت. در حقیقت بدین وسیله نام‌ها به سه گونه یا نژاد تقسیم‌بندی شده‌اند که (۱) نشانگر بار مثبت، (۰) نشانگر بار خنثی، و (۱-) نشانگر بار منفی بخش معنایی نخست نام بوده و در این پژوهش آمیزش گونه سوم با دو گونه دیگر مجاز نبوده است.

از آن‌جاکه در این پژوهش نام‌های ایرانی باید از نظر آوایی بررسی شوند، بر پایه روش به کار رفته در عروض قافیه اشعار فارسی [۳۱]، هجاهای تشکیل‌دهنده هر یک از نام‌ها نیز تجزیه شدند. جدول ۷ نمادها و چگونگی این روش را نشان می‌دهد. همچنین در این پایگاه برای کوتاه‌نویسی و سادگی کار، نمادهای x ، y و Z (بزرگ و کوچک) منظور شده و هجاهای بلند و کشیده نیز برابر در نظر گرفته شده‌اند. در این جدول C نماد حروف همخوان، v نماد واکه‌های کوتاه و V نماد واکه‌های بلند است.

البته دو هجای $CVCCC$ و $cVCCC$ (مانند سانتر و لوستر) به دلیل کمبود کاربرد در فارسی، نادیده گرفته شده است. بر پایه این هجابندی، فیلدهای جدیدی به پایگاه داده‌ای نام‌ها افزوده شد که در جدول ۸ نمایش داده شده است. نکته مهم آن‌که در این پژوهش، همان‌گونه که گفته شد، تفکیک معنایی واژگان تشکیل‌دهنده نام‌ها، برای تعیین

جدول ۶) پایگاه نام‌ها، به‌همراه آوانگاری و تفکیک آوایی و معنایی آنها.

ردیف	نام	معنا	آوانگاری	هجای ۱ هجای ۲ هجای ۳	معنای ۱	معنای ۲	معنای ۳	بار
۱	اردشیر	پادشاهی پاک / کشور مقدس	&ardeSir	de &ar	Sir	&ard	Sir	1
۲	اردوان	نگهبان راستی / پاسدار درستکاران	&ardavAn	da &ar	vAn	&ard	vAn	1
۳	ارژنگ	جادویی / زینت / نقش و نگار	&rZang	Zang &r	Zang	&ar	Zang	0
۴	البرز	از همه سو بلند / سراسر گسترده	&alborz	borz &al	borz	&al	borz	0
۵	الوند	دارای تندی و تیزی / تندمند	&alvand	vand &al	vand	&al	vand	0
۶	اندیشه	از همه سو نگریستن / فکر	&andiSe	di &an	Se	&an	diS	0
۷	انوشه	بی‌مرگ / جاودان	&anuSe	nu &a	Se	&a	nuS	-1
۸	ایزدیار	آنکه خدا باووست / دوست خدا	&izadyAr	zad &i	yAr	&izad	yAr	1
۹	آرشیدا	فروغ آریایی / خورشید ایران	&ArSidA	Si &Ar	dA	&Ar	Sid	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

جدول ۷) انواع هجا در زبان فارسی [۳۱].

ردیف	نماد هجا	نماد در	نمونه
۱	CV	X	نه، به، تو
۲	CVC	Y	تر، دل، گل
۳	CVCC	Z	سرد، مهر، دزد
۴	cV	X	با، سی، رو
۵	cVc	Y	سال، میز، دود
۶	cVcc	Z	پارس، سیرک، دوخت

جدول ۸) آوانگاری عروضی نام‌ها

ردیف	نام	آوا	آوای ۱ هجای ۱	آوای ۲ هجای ۲	آوای ۳ هجای ۳	آوای ۴ هجای ۴	نماد	نماد
۱	اردشیر	cvccvcVc	cv	cVc	y	x	Y	Y
۲	اردوان	cvccvcVc	cv	cVc	y	x	Y	Y
۳	ارژنگ	cvccvcc	cvc	cvcc	y	z		
۴	البرز	cvccvcc	cvc	cvcc	y	z		
۵	الوند	cvccvcc	cvc	cvcc	y	z		
۶	اندیشه	cvccVcv	cvc	cV	y	X	x	X
۷	انوشه	cvcVcv	cv	cV	x	X	x	X
۸	ایزدیار	cVcvcVc	cV	cVc	X	y	Y	Y
۹	آرشیدا	cVccVcV	cVc	cV	Y	X	X	X
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

جدول ۹) امتیازات آوایی و معنایی و فراوانی نام‌ها در پایگاه وب سازمان ثبت احوال کشور و مقادیر نگاشت شده معادل آنها

نام	معنایی آوایی پایگاه وب سازمان ثبت	معنایی آوایی سازمان ثبت (نگاشت شده)	میانگین امتیازات
اردشیر	۳,۹	۵,۳۴	۰,۱۱۳۳۲۴۱۷۴
اردوان	۴,۱۶	۵,۲۲	۰,۰۷۳۳ ۲۹۶۸
ارژنگ	۳,۳۲	۴,۲۸	۱۸۸۱ ۰,۲۴۰۰
البرز	۴,۲۲	۵,۲۸	۰,۰۹۳۳ ۲۹۱۷
الوند	۳,۸	۴,۲	۱۹۶ ۰,۲۶۶۷
اندیشه	۴,۰۴	۵,۶۶	۶۷۰ ۰,۲۲۰۰
انوشه	۳,۶۴	۵,۹۸	۹۴۰ ۰,۳۲۶۷
ایزدیار	۳,۵۶	۶,۲۸	۷۰ ۰,۴۲۶۷
آرشیدا	۵,۵	۷	۳۳۱ ۰,۶۶۶۷
⋮	⋮	⋮	⋮

۴-۴- شبکه عصبی به عنوان تابع برازندگی

برای دستیابی به بهترین نتیجه، انواع شبکه‌های عصبی موجود در جعبه ابزار شبکه عصبی متلب نگارش ۷/۸^{۱۳} با مجموعه‌های ورودی‌های گوناگون آزموده شدند که سرانجام با توجه به این تجربیات و نیز توانمندی‌ها و ویژگی‌های انواع شبکه‌های عصبی [۲۹]، شبکه عصبی پیش‌خور پسانتشار^{۱۴} با ۲ لایه پنهان، هر لایه با نرون‌هایی به تعداد ۲ برابر بردار ورودی، و یک نرون خروجی دوقطبی، و تابع آموزش از پسانتشار لونبرگ-مارکوارت^{۱۵} (TRAINLM) و تابع فعالیت تانژانت هایپربولیک سیگموئید (TANSIG) در همه لایه‌ها (شکل ۵) به بهترین نتیجه رسید و برگزیده شد. این شبکه در حقیقت یک شبکه پرسپترون چندلایه^{۱۶} است که به طور نظری ثابت در صورت داشتن دست کم یک لایه میانی و تابع تبدیل سیگموئید و یک تابع تبدیل خطی در لایه خروجی، می‌تواند همه توابع دلخواه را تقریب بزند؛ مشروط بر آن که دارای نرون‌های کافی در لایه میانی باشد. البته محدودیت‌های شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه دو مورد است: نخست این که تابع‌های مورد تقریب، باید پیوسته باشند و دوم، شمار نرون‌های لایه پنهان را نمی‌توان نامحدود برگزید [۳۶ و ۳۷].

۳-۴-۱- بردارهای ورودی و هدف

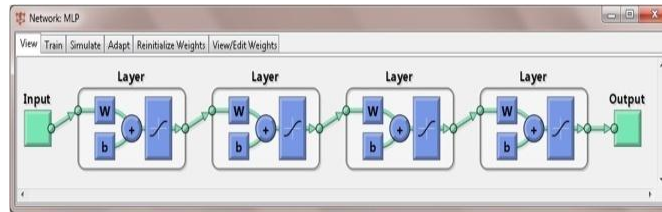
برای دستیابی به بهترین نتیجه، ورودی‌ها به صورت‌های گوناگون (به کمک برنامه مبدل در محیط ویژوال بیسیک) به کدهای ورودی شبکه عصبی تبدیل و آزموده شد که برخی از موثرترین آنها در ادامه معرفی می‌شود.

۴-۴-۲- بردار خروجی

همان گونه که پیشتر توضیح داده شد، میانگین نظرات جامعه آماری در مورد زیبایی نام‌ها، به عنوان مقادیر بردار هدف (خروجی) شبکه عصبی در نظر گرفته شدند که البته برای افزایش دقت و درستی شبکه، این مقادیر بر پایه رابطه (۱) در بازه (+۱ و -۱) نگاشت شدند.

۴-۴-۳- ورودی به صورت نوع هجا

برای تشخیص این که کدام هجاهای زبان فارسی از دیدگاه جامعه آماری زیباتر بوده است، آن گونه که در جدول ۶ و ۸ نمایش داده شده، هر نوع هجا بنابر قاعده هجاهای فارسی، منطبق با علم عروض ادبی [۳۱]، تفکیک شد و به انواع آن که در جدول ۷ نگاشت شده، کدی تخصیص یافت که حاصله در جدول ۱۰ موجود است.



شکل ۵) نمای کلی شبکه عصبی به کار رفته در پروژه

جدول ۱۰) کد ورودی معادل هر یک از هجاهای فارسی به شبکه

ردیف	نماد هجا	نماد در	کد (دوقطبی)
۱	cv	x	-1 -1 -1 -1 -1
۲	cvc	y	-1 -1 -1 -1 +1
۳	cvcc	z	-1 -1 -1 +1 -1
۴	cV	X	-1 -1 +1 -1 -1
۵	cVc	Y	-1 +1 -1 -1 -1
۶	cVcc	Z	+1 -1 -1 -1 -1

جدول ۱۱) مبنای واکه‌های فارسی

ردیف	آوا	نماد	کد (دوقطبی)
۱	اَ	a	-1 -1 -1 -1 -1 +1
۲	اِ	e	-1 -1 -1 -1 +1 - 1
۳	اُ	o	-1 -1 -1 +1 -1 - 1
۴	آ	A	-1 -1 +1 -1 -1 - 1
۵	ای	i	-1 +1 -1 -1 -1 - 1
۶	او	u	+1 -1 -1 -1 -1 - 1

پس از آموزش و آزمایش متوالی شبکه عصبی با چنین ورودی‌هایی که نمونه‌های آموزشی و آزمایش آن به‌طور متوالی و تصادفی از ۲۵۲ نام پایگاه اولیه انتخاب می‌شد، میانگین اختلاف خروجی شبکه با خروجی‌های واقعی (هدف) به حدود ۰/۷۲ در بازه (+۱ و -۱) یا به عبارت بهتر خطای ۰/۳۶ (دقت ۰/۶۴) رسید که با توجه به کمینه بودن ورودی‌ها نتیجه چندان بدی هم به‌شمار نمی‌رود.

این شبکه نه تنها ارزش یک نوع هجا، که ارزش توالی آنها را نیز نشان می‌دهد. برای نمونه، شبکه‌ای با این ورودی‌ها می‌تواند بین دو ترکیب مانند xx و Xx (یا cvcV و CVcV)، مانند ساره و رسا، تمایز قایل شود، اما نمی‌تواند نوع واکه‌ها و همخوان‌های کوتاه و بلند آن را تشخیص دهد. ورودی این شبکه برای حداکثر ۴ هجا (۲۴ گره ورودی) تنظیم شد و گره‌های هجاهای خالی با مقدار (-1) پر شدند.

۴-۴-۴- ورودی بر پایه نحوه تولید حرف در هجا

در روشی دیگر، برای افزایش دقت شبکه، ورودی‌ها بر پایه نحوه تولید همخوان‌ها منطبق با جدول ۳ و واکه‌ها منطبق با جدول ۵ تنظیم شد که کد معادل آنها در جدول ۱۱ و ۱۲ نمایش داده شده است.

گفتنی است که کدهای بر پایه شانزده مندرج در جدول ۸ تنها برای سادگی نمایش داده شده و در عمل به صورت

دودویی-دوقطبی ۱۴ بیتی (رقومی) به شبکه عصبی وارد گشته است. این کدها، برای افزایش کارایی شبکه عصبی، به گونه‌ای تنظیم شده که هر سطر یا ستون در جدول ۳ یک بیت (رقم) با خانه همسایه‌اش اختلاف داشته باشد. جدول ۱۳ مبنای این کدگذاری را نشان می‌دهد که مرکز آن در جدول ۳، فیلد روان- لثوی و کامی قرار گرفته است. دو رقم کم‌ارزش در کدهای جدول ۱۲ نشانگر ردیف و ۲ رقم پرارزش نشانگر ستون هر فیلد است.

جدول ۱۲) کد معادل هر یک از نحوه/محل‌های تولید واکه‌های جدول ۳

ردیف	نحوه - محل تولید	کد (بر پایه ۱۶)
۱	انفجاری - دولبی	0F0F
۲	انفجاری - دندانی	0C0F
۳	انفجاری - کامی	100F
۴	انفجاری - ملازی	300F
۵	انفجاری - چاکنایی	700F
۶	سایشی - لب و دندانی	0E0E
۷	سایشی - لثوی	080E
۸	سایشی - لثوی و کامی	000E
۹	سایشی - ملازی	300E
۱۰	سایشی - چاکنایی	700E
۱۱	انفجاری/سایشی - لثوی و کامی	000C
۱۲	لرزشی - دندانی	0C08
۱۳	روان - دندانی	0C00
۱۴	روان - کامی	1000
۱۵	غنه‌ای - دولبی	0F10
۱۶	غنه‌ای - دندانی	0C10

جدول ۱۳) مبنای کدگذاری جدول ۸

ردیف	کد باینری	کد (بر پایه ۱۶)
۱	0001111	0F
۲	0001110	0E
۳	0001100	0C
۴	0001000	08
۵	0000000	00
۶	0010000	10
۷	0110000	30
۸	1110000	70

آموزش و آزمایش ترکیبات مختلف شبکه عصبی انجام پذیرفت. اما در بهترین ترکیب شبکه، میانگین خطای ۱۴٪ (دقت ۸۶٪) به دست آمد که هرچند دقتی مطلوب به شمار می‌آید، اما از ورودی بر پایه نحوه تولید حروف کمتر است. عدم افزایش دقت شبکه با چنین ورودی‌هایی ممکن است به دلیل کمبود نمونه‌ها، ترکیب نادرست شبکه یا کدهای ورودی، بالا بودن بار شبکه (به ازای یک نام ۷ واجی، ۲۰۳ گره ورودی) یا دلایل دیگر بوده باشد که به هر ترتیب امکان برطرف ساختن این مشکلات فراهم نشد.

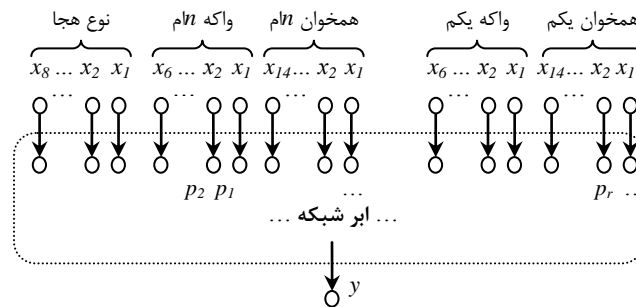
۴-۴-۶- ورودی ترکیبی

از میان آزمایش‌های گوناگون دیگر، دو روش ورودی به صورت نوع هجا و بر پایه نحوه تولید حروف با یکدیگر ترکیب شد و در نتیجه دقت شبکه به حدود ۸۹٪ رسید. این شبکه که طرح کلی آن در شکل ۶ نمایش داده شده، به عنوان راه‌حل نهایی برگزیده شد.

پس از آموزش و آزمایش متوالی شبکه عصبی با چنین ورودی‌هایی، میانگین اختلاف خروجی شبکه با خروجی‌های واقعی (هدف) به حدود ۰/۲۵ در بازه (۱+ و ۱-)، یعنی خطای ۱۲/۵٪ (دقت ۸۷/۵٪) رسید که دقتی مطلوب به شمار می‌رود.

۴-۴-۵- ورودی به صورت واج

ورود نام‌ها بر پایه نحوه تولید حروف، دقت شبکه را بسیار افزایش داد، اما این ورودی هم‌چنان نمی‌تواند تفاوت برخی از حروف را بازشناسی کند. برای نمونه، کدهای دو نام دارا و تارا هیچ تفاوتی با یکدیگر ندارد؛ هرچند که ممکن است زیبایی آوایی آنها از دید افراد متفاوت باشد. از این رو به نظر می‌رسید که تهیه ورودی شبکه به تفکیک واج‌های هر نام، دقت کار را افزایش دهد. در این روش نیز به هر یک از ۲۹ واج فارسی (۲۳ همخوان و ۶ واکه) مندرج در جدول ۵، کدی یکتا اختصاص یافت و



شکل ۶) تولید نام‌های جدید به کمک الگوریتم ژنتیک

جدول ۱۴) نسبت واکه‌ها با یکدیگر برای محاسبه احتمال دگرگونی آنها با استفاده از رابطه ۳

واکه‌ها	آ (a)	آ (A)	اِ (e)	ای (i)	اُ (o)	او (u)	حذف واکه
آ (a)	-	x	y	z	z	z	x
آ (A)	x	-	z	z	z	z	x
اِ (e)	y	z	-	x	z	z	x
ای (i)	z	z	x	-	z	z	x
اُ (o)	z	z	z	z	-	x	y
او (u)	z	z	z	z	x	-	y
ه (a/e)	x	x	-	x	z	z	x

۴-۵- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک به کار رفته در این پروژه نسبتاً ساده بوده است. بدین ترتیب که بر نام‌هایی که از ۲ تا ۴ تکواژ تشکیل شده‌اند، فاز بازتولید (تولید مثل) صفر تا ۲ بار (بر اساس برازندگی) اعمال شده و بر هر یک از تکواژها نیز صفر تا ۲ بار جهش (با مقدار احتمال قابل تنظیم) رخ داده است. در زیر این روند برای نام‌های تولیدی سایمان، سورین و بینوش نمایش داده شده است:

$$\begin{aligned} & \left\{ \begin{array}{l} sAyna = sAy + nA \\ human = hu + man \end{array} \right\} \\ & \xrightarrow{\text{cross over}} \{sAy + man\} \\ & \xrightarrow{\text{mutation}} \{sAy + mAn\} \\ & \xrightarrow{\text{output}} sAymAn \\ & \left\{ \begin{array}{l} surenA = suren + A \\ \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{mutation}} \{surin + A\} \\ & \xrightarrow{\text{mutation}} \{surin + \emptyset\} \\ & \xrightarrow{\text{output}} surin \\ & \left\{ \begin{array}{l} bitA = bi + tA \\ anuSe = a + nuS + e \end{array} \right\} \\ & \xrightarrow{\text{cross over}} \{bi + nuS + e\} \\ & \xrightarrow{\text{mutation}} \{bi + nush + \emptyset\} \\ & \xrightarrow{\text{output}} binuS \end{aligned}$$

از آنجا که در طول تاریخ، تعداد دگرگونی هر یک از واژه‌ها و همخوان‌ها به یکدیگر، به طور مساوی رخ نداده است، احتمال رخداد جهش و نیز احتمال رخداد دگرگونی یک واژه به واژه دیگر (مانند a به e)، بر پایه جدول ۲ به فرم جدول ۱۴ به وسیله رابطه ۳ محاسبه می‌شود. اما می‌توان برای به دست آورد مقادیر حقیقی‌تر، پردازشی گسترده‌تر بر سیر تطور واژگان زبان فارسی انجام داد؛ که البته از موضوع این پژوهش بیرون بوده است. در آزمون این طرح، صدها نام تازه پدید آمد که هر یک از آنها برای دریافت مقدار تابع برازندگی به شبکه عصبی وارد و به پایگاه داده (جمعیت) افزوده می‌شد.

۴-۶- نظرسنجی نام‌های جدید از جامعه آماری

پس از تولید انبوه نام‌های جدید، ۴۰ نام که بالاترین رتبه (برازندگی) را توسط شبکه عصبی دریافت کرده بودند، در

قالب پرسش‌نامه‌ای مانند پرسش‌نامه نمونه‌های اولیه (مندرج در پیوست ۱) به همان جامعه آماری ارایه و نظرات آنان درباره نام‌های جدید گردآوری و از دیدگاه آماری پردازش شد.

۴-۷- تحلیل و ارزیابی

از میان نام‌های برگزیده، نزدیک به ۳۵٪ از نام‌های تولید شده، از نام‌های شناخته شده توسط سازمان ثبت احوال کشور و حتی ۳٪ از نام‌ها در جامعه اولیه موجود بوده‌اند که این امر می‌تواند نشان از درستی روش باشد. برای ۴۰ نام برتر، وجود نام در پایگاه وب سازمان ثبت احوال کشور به همراه تعداد تکرار آن و نیز میانگین امتیازات آوایی و معنایی جامعه آماری به هر نام جدول ۱۴ درج شده است.

میانگین نظرات جامعه آماری در مورد هر نام تازه، نسبت به خروجی شبکه عصبی (برازندگی) همان نام، که در بازه (۱ و ۰) نگاشت شده، اختلافی با میانگین ۰/۲۳ و انحراف معیار ۰/۱۲ را نشان می‌دهد که نشانگر همبستگی مناسبی بین این دو عامل است.

همچنین از این ۴۰ نام، نامی که بالاترین امتیاز را در میان اعضای جامعه دریافت کرده (آرتینا)، رتبه ۵ را در میان ۲۵۲ نام پایگاه آغازین که توسط همان افراد ارزش‌دهی شده، کسب کرده که جایگاهی بسیار درخور توجه است. چهلمین نام جدید (جمداد) نیز رتبه ۲۰۱ را به خود اختصاص داده است. رتبه نام‌های جدید نیز در پایگاه نام‌های آغازین، در جدول ۱۵ نمایش داده شده است.

۵- جمع‌بندی و کارهای آینده

در این پژوهش، با شناخت روند دگرگونی و تکامل نام‌ها و واژگان ایرانی در طول تاریخ، و شبیه‌سازی هوشمند این روند، نام‌های جدید معنادار و به نسبت زیبایی به کمک الگوریتم ژنتیک تولید شد. زیبایی آوایی و معنایی نام‌هایی که نقش جامعه آغازین الگوریتم ژنتیک را داشتند، توسط یک جامعه آماری که بیشترین افرادش در دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند اشتغال داشته‌اند، تعیین شد. این نام‌ها یک شبکه عصبی مصنوعی پیشخور پس‌انتشار را که توانست تا ۸۹٪ نظرات جامعه آماری را شبیه‌سازی کند، آموزش

- دادند تا آن شبکه نقش تابع برزندگی را برای به‌دست آوردن میزان زیبایی آوایی نام‌ها در الگوریتم ژنتیک، ایفا کند. جامعه آغازین در الگوریتم ژنتیک را مجموعه‌ای از نام‌های ایرانی مرکب از ۲ یا ۳ بن‌واژه تشکیل می‌دادند که محل گسست/پیوست ژن‌ها و احتمال و چگونگی رخداد جهش ژنتیکی بر پایه قواعد زبان‌شناسی زبان‌های ایرانی تدوین شد. بهترین نام‌های تولید شده بدین روش، رتبه‌های ۵، ۷ و ۸ را در میان ۲۵۲ نام پایگاه نام‌های آغازین به‌دست آورده‌اند.
- پیشنهاد برای بهبود و افزایش کارایی پژوهش:
- ۱- نام‌های جامعه آغازین افزایش یابد.
 - ۲- پژوهش بر دیگر واژگان فارسی (نه فقط نام‌ها) انجام شود.
 - ۳- دیگر روش‌های هوش مصنوعی و دیگر انواع شبکه عصبی آزموده شود.
 - ۴- پژوهشی جامع در زمینه چگونگی دگرگونی تاریخی واژه‌ها و همخوان‌ها به یکدیگر انجام پذیرد.

جدول (۱۵) ۴۰ نام برتر تولید شده توسط الگوریتم ژنتیک و برگزیده توسط شبکه عصبی

ردیف	نام	معنا	آوانگاری	فراوانی در سایت ثبت	امتیاز معنایی	امتیاز آوایی	به در پایگاه نام
۱	اردکام	دارای زندگی و سرنوشت مقدس	&ardakAm	۴	۶/۷۸	۴/۹۷	۷۰
۲	آتراب	آب و آتش	AtrAb	-	۵/۲۵	۳/۷۵	۱۸۰
۳	آتراس	دارای اسب آتشین	AtrAs	-	۴/۷۲	۴/۰۶	۱۸۶
۴	آترین	آتشین	Atrin	۳۱۸	۶/۱۹	۶	۶۱
۵	آرتینا	پاک و مقدس	&ArtinA	۲۹۶	۷/۷۸	۶/۸۸	۵
۶	آردیشا	دارای بینش و نگرش آریایی	ArdiSA	-	۵/۷۲	۴/۸۸	۱۲۰
۷	آرشید	فروغ آریایی / ایرانی درخشان	&ArSid	-	۷/۳۴	۵/۹۱	۳۱
۸	آرمن	دارای اندیشه آریایی	&Arman	-	۶/۱۳	۵/۶۶	۶۷
۹	آرنگ	ایرانی اصیل / دارای روی سپید	Arang	۲۶	۶/۷۲	۵/۲۵	۶۳
۱۰	آروان	نگهبان ایران / پاسدار ایرانیان اصیل	&ArvAn	۳۳	۶/۶۶	۵/۹۷	۵۰
۱۱	باروش	لطیف مانند باران	bAroS	-	۶/۷۸	۴/۶۹	۸۱
۱۲	بردین	دارای دین و عقیده والا	bardin	-	۵/۹۱	۵/۲۸	۹۲
۱۳	بهزیدا	نقش و نگار ظریف و نیکو	behzidA	-	۵/۶۹	۳/۹۷	۱۵۱
۱۴	بهفام	خوش آب و رنگ / زیبا	behfAm	۷	۶/۱۹	۵/۰۳	۹۰
۱۵	بینوش	جاودان / بی‌مرگ	binuS	-	۶/۸۱	۴/۷۵	۷۵
۱۶	پارسینا	فرد پارسا و درستکار / ایرانی اصیل	pArsinA	۲۹	۷/۱۶	۶/۱۹	۲۸
۱۷	تارین	درخشان همچو ستاره	tArin	-	۶/۳۱	۵/۷۸	۶۱
۱۸	جمداد	داده فروغ / عدالت روشن	jamdAd	-	۴/۸۴	۳/۳۸	۲۰۱
۱۹	دلسین	شجاع / دارای دلی قرص و درخشان	delsin	-	۵/۹۴	۴/۳۱	۱۲۶
۲۰	رخشید	دارای چهره درخشان	roxSid	۲۳	۶/۰۶	۴/۳۱	۱۲۱
۲۱	رستاهید	رهاننده از ناپاکی و پلیدی	rastAhid	-	۶/۵	۳/۷۸	۱۲۵
۲۲	روژوان	نگهبان روز / خورشید	roZvAn	-	۶/۰۹	۵/۳۱	۸۵
۲۳	سایمان	اندیشه درخشان	sAymAn	-	۶/۷۸	۵/۵	۶۰
۲۴	سورین	نیرومند / توانا	surin	۲۱۵	۶/۹۷	۵/۹۷	۴۰

۱۲۹	۴/۲۵	۵/۹۴	-	SerAn	شیرین	شران	۲۵
۶۲	۵/۵۹	۶/۴۴	-	SahsA	مانند پادشاهان	شهسا	۲۶
۱۴۰	۴/۳۱	۵/۵۹	-	Sahfar	دارای شکوه پادشاهان	شہفر	۲۷
۱۰۳	۴/۸۴	۶/۱۹	-	SahkAme	دارای بخت شاهان / نیک بخت	شہکامہ	۲۸
۱۳۷	۴/۴۱	۵/۵۹	-	SirA	شیرین	شیرا	۲۹
۶۰	۵/۰۶	۷/۱۹	-	farlAn	بلند مرتبه/ دارای جایگاه شکوهمند	فرلان	۳۰
۱۸۶	۳/۲۸	۵/۶۳	-	kurAn	تابش خورشید / آفتاب	کوران	۳۱
۳۰	۶/۳۱	۶/۹۷	۷	keyArAm	دارای رفتار باوقار همچون پادشاهان	کیارام	۳۲
۱۲۰	۵/۰۶	۵/۵	-	goltin	باغبان / دارنده گل‌های بسیار	گل‌تین	۳۳
۷	۷/۴۴	۷/۱۳	۱۴۷۶	mahbod	نگهبان ماه / سرور و والا	مہبد	۳۴
۸	۷/۱۹	۷/۳۴	۲۷۷۹	mehrAd	والا ترین جوانمرد	مہراد	۳۵
۱۰۵	۴/۷۵	۶/۲۲	۱۳	mahforuz	درخشان همچو ماه	مہ‌فروز	۳۶
۶۵	۵/۴۷	۶/۴۱	-	nuS&ArA	فراهم آورنده آسایش و شادی	نوش آرا	۳۷
۶۲	۵/۴۴	۶/۵۹	۷۴	hurAd	جوانمرد نیک	هوراد	۳۸
۱۰۸	۴/۵	۶/۳۸	-	humin	خوش معنا / دارای معنویت خوب	هومین	۳۹
۱۴۷	۳/۵	۶/۲۵	-	vistam	دارای دانش و توانایی	ویستم	۴۰

برق و الکترونیک ایران، سال پنجم، شماره یکم، بهار و تابستان ۱۳۸۷، ص ۱۶-۲۹.

۱.۷. ش. شاهمیری، م. ر. صفابخش و ر. دژکام، تعیین ریشه زبانی واژگان فارسی و عربی به کمک شبکه عصبی مصنوعی، دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی انجمن کامپیوتر ایران (CSICC 2007)، تهران، ۱۳۸۵.

۱.۸. ج. اصفهانی، س. راحتی قوچانی و ن. جهانگیری، استخراج ویژگی برای یک سیستم شناسایی و طبقه‌بندی اسامی فارسی، پانزدهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، ۱۳۸۸.

۱.۹. نادیه سجادی و مهرانوش شمس‌فرد، تبدیل متن محاوره‌ای فارسی به رسمی به کمک N-gram، شانزدهمین

کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، ۱۳۸۹.

۱.۱۰. ن. ریاحی، ف. غزالی و م. ع. غزالی، سامانه خلاصه‌ساز متن‌های فارسی با رویکرد ترکیبی شبکه عصبی RBF و الگوریتم ژنتیک، هجدهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، ۱۳۹۱.

۱.۱۱. ا. بابادی، پ. غیاث‌نژاد عمران و غ. قاسم‌ثانی، استفاده از

منابع

۱. مهدی حمیدا، فرهنگ نام‌ها، کلک آزادگان، چاپ سوم، ۱۳۸۶.
۲. جهانگیر اوشیدری، دانشنامه مزدیسنا، نشر مرکز، چاپ سوم، ۱۳۸۳.
۳. حسین شهیدی مازندرانی، فرهنگ شاهنامه (نام کسان و جای‌ها)، نشر بلخ، چاپ نخست، ۱۳۷۷.
۴. ش. شاهمیری، ر. دژکام و س. شیری، شناسایی اشعار شاهنامه فردوسی به کمک شبکه عصبی مصنوعی، نشریه انجمن کامپیوتر ایران (JCSE 2007)، مجلد ۴، شماره ۳ (الف) پاییز ۱۳۸۵، ص ۱۷-۲۶.
۵. ش. شاهمیری و م. ر. مطش بروجردی، تعیین شاعر به کمک روش‌های یادگیری ماشین، سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش (IKT 2007)، مشهد، ۱۳۸۵.
۶. ش. شاهمیری، م. ر. صفابخش و ر. دژکام، تصحیح خودکار غلط‌های تایپی فارسی به کمک شبکه عصبی مصنوعی ترکیبی، نشریه علمی پژوهشی انجمن مهندسين

- یادگیری ماشین در ریشه‌یابی کلمات فارسی، هجدهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، ۱۳۹۱.
۱۲. م. ص. زاهدی، ا. بزرگی و ک. فاتحی، بررسی ریشه‌یاب‌های واژگان زبان فارسی و تاثیر آنها در کارایی سیستم‌های بازیابی اطلاعات متنی، نخستین کنفرانس بین‌المللی پردازش زبان و خط فارسی، سمنان، ۱۳۹۱.
۱۳. مهربان‌گشتاسپ پورپارسی، گنجینه نام‌های ایرانی، انتشارات فروهر، چا دوم، ۱۳۶۲.
۱۴. ع. زاهدی‌نیا و ک. کاظمی، فرهنگ نام ایرانیان، انتشارات ترانه، چاپ چهارم، ۱۳۸۶.
۱۵. سودابه مبشر، ایرانیان فرزندان خود را چه می‌نامند؟ (فرهنگ جامع نام‌های ایرانی)، نشر پارسه، چاپ پنجم، ۱۳۸۹.
۱۶. پری زنگنه، آوای نام‌ها از ایران‌زمین، کتاب‌سرا، چاپ نهم، ۱۳۸۸.
۱۷. م. انصاری و س. افتخار، فرهنگ نام سخن، نشر سخن، ۱۳۸۴.
۱۸. ع. بهنیا، پژوهشی در نام‌های ایرانیان معاصر، انتشارات مهدیه، چاپ دوم، ۱۳۶۳.
۱۹. م. ر. اکبری بیرقی، دایره‌المعارف نامه نشر اردیبهشت، ۱۳۷۱.
۲۰. علی‌اکبر دهخدا، لغت‌نامه، لوح فشرده.
۲۱. محمد معین، فرهنگ فارسی معین، لوح فشرده.
۲۲. فرهنگ واژه‌های اوستا، احسان بهرامی، نشر بلخ، چاپ یکم، ۱۳۶۹.
۲۳. کریستین بارتلمه، تاریخچه واج‌های ایرانی، ترجمه واهه دومانیان، انتشارات پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، چاپ نخست، ۱۳۸۴.
۲۴. منوچهر آریان‌پور کاشانی، فرهنگ ریشه‌های هندواروپایی زبان فارسی، انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان، چاپ نخست، ۱۳۸۴.
- نخست، ۱۳۸۴.
۲۵. رودریگر اشمیت، راهنمای زبان‌های ایرانی، ترجمه آرمان بختیاری و همکاران، جلد ۱ و ۲، انتشارات ققنوس، چاپ نخست، ۱۳۸۲.
۲۶. تقی وحیدیان کامیار و غلامرضا عمران، دستور زبان فارسی (۱)، انتشارات سمت، چاپ یازدهم، ۱۳۸۷.
۲۷. یدالله ثمره، آواشناسی زبان فارسی، آواها و ساخت آوایی هجا، مرکز نشر دانشگاهی، ویرایش دوم، چاپ نهم، ۱۳۸۳.
۲۸. ایران کلباسی، ساخت اشتقاقی واژه در فارسی امروز، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، چاپ سوم، ۱۳۸۷.
۲۹. محسن ابوالقاسمی، تاریخ زبان فارسی، انتشارات سمت، چاپ نخست، ۱۳۷۳.
۳۰. ضیاء‌الدین هاجری، فرهنگ وندهای زبان فارسی، انتشارات آوای نور، چاپ یکم، ۱۳۷۷.
۳۱. تقی وحیدیان کامیار، عبدالحسین زرین‌کوب و حمید زرین‌کوب، ادبیات فارسی (قافیه و عروض - نقد ادبی)، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ چهارم، ۱۳۷۷.
۳۲. جی. راسل و پ. نورویگ، هوش مصنوعی: مفاهیم بنیادین، ترجمه س. راحتی، م. بهداد و ح. تیموری، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ دهم، ۱۳۸۹.
34. <http://www.britannica.com>
35. <http://www.sabteahval.ir>
36. G. Cybenko, Approximation by Superpositions of a Sigmoidal Function, Mathematics of Control, Signals and Systems, vol. 2, 1989.
37. k. M. Hornik, M. Stinchcombe and H. White, Multilayer FeedForward Networks are Universal Approximators, Neural Networks, vol. 2, 1989.

پیوست (۱) نمونه‌ای از فرم‌های نام‌های جامعه آغازین، فرستاده شده برای جامعه آماری

ردیف	نام	معنا	زیبایی معنایی	زیبایی آوایی
۱	اردشیر	پادشاهی مقدس / سرزمین		
۲	اردوان	پاسدار راستی / نگهبان		
۳	ارژنگ	جادویی / زینت / نقش و نگار		
۴	البرز	کوه بلند و بزرگ / از همه سو		
۵	الوند	دارای تندی و تیزی / تندمند		
۶	اندیشه	فکر / خرد / بررسی همه جانبه		
۷	ایزدیار	آن که خداوند یار اوست / دوست		
۸	آرشیدا	خورشید آریایی / ایرانی درخشان		
۹	بهنام	خوشنام / دارای نام نیک		
۱۰	بیژن	شجاع / جنگ جو		
۱۱	پردیس	فردوس / بهشت / بستان		
۱۲	پرگل	برگ گل		
۱۳	پولاد	فولاد / آهن آبدیده		
۱۴	تهمتن	دارنده تن نیرومند و بی همتا /		
۱۵	خجسته	فرخنده / مبارک / نیک		
۱۶	دادبه	عادل / صاحب بهترین عدل		
۱۷	دریا	دریا		
۱۸	رستا	رهنده / کامیاب / رستگار		
۱۹	رودابه	داده بهشت / دارای فرزند تابان		
۲۰	روزبه	بهروز / نیکبخت		
۲۱	سپیده	سحرگاه / نخستین پرتو خورشید		
۲۲	سمن	یاسمن / چهره سفید و لطیف		
۲۳	سوگند	قسم / پیمان		
۲۴	شیوا	فصیح / بلیغ / رسا		
۲۵	فرانک	پروانه		
۲۶	فرزانه	عاقل / حکیم / دانا		
۲۷	فرناز	دارای ناز زیبا / برازنده		
۲۸	فرنگی	دارای گیسوان نرم و فراوان		
۲۹	فرهود	درست دین / راست آیین		
۳۰	فروتین	متواضع / افتاده		
۳۱	کیهان	جهان / هستی / گیتی		
۳۲	گلفام	به رنگ گل / گلگون		
۳۳	مروارید	جواهر گرانبها / سنگ قیمتی		
۳۴	منوچهر	بهشت روی / دارای چهره مینوی		
۳۵	منیژه	بانوی دوست داشتنی		
۳۶	مهتاب	پرتو و نور ماه		
۳۷	مهرآرا	آراینده مهر		
۳۸	مینا	آبگینه / پرنده زیبای سخنگو		

		وجود / زندگی / آفرینش / دارایی	هستی	۳۹
		دارای تاثیر	همایون	۴۰
		غوغا / معرکه / آشوب	هنگامه	۴۱
		اندیشه نیک / نیک منش	هومن	۴۲

واژنامه

1. Evolutionary computing
2. Genetic Algorithm (GA)
3. Artificial Neural Network (ANN)
4. onomastics
5. Aryan
6. Indo-European
7. Frantz Bopp
8. Indo-German
9. morphology
10. vowel gradation / ablaut
11. Jakob Ludwig Carl Grimm
12. cross-over
13. Matlab Toolbox Ver. 7.8
14. feed-forward back-propagation
15. Levenberg-Marquardt
16. Multi-Layer Perceptron (MLP)

ارائه الگوریتمی مبتنی بر یادگیری جمعی به منظور یادگیری رتبه‌بندی در بازیابی اطلاعات

*الهام قنبری **آزاده شاکری

*دانشجو دکتری، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران

**استادیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۲۴

چکیده

یادگیری رتبه‌بندی که یکی از روش‌های یادگیری ماشین برای مدل کردن رتبه‌بندی است، امروزه کاربردهای بسیاری به خصوص در بازیابی اطلاعات، پردازش زبان طبیعی و داده‌کاوی دارد. فعالیت یادگیری رتبه‌بندی را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. یکی سیستم یادگیری مورد استفاده و دیگری سیستم رتبه‌بندی. در سیستم یادگیری، یک مدل رتبه‌بندی بر اساس داده‌های ورودی ساخته می‌شود. در بخش سیستم رتبه‌بندی، از این مدل ساخته شده برای پیش‌بینی رتبه‌بندی استفاده می‌شود. در این مقاله یک الگوریتم مبتنی بر یادگیری جمعی به منظور یادگیری رتبه‌بندی اسناد پیشنهاد می‌شود که به صورت تکراری یادگیرهای ضعیفی بر روی درصدی از داده‌های آموزشی که توزیع آنها بر اساس یادگیر قبلی تغییر یافته است، می‌سازد و جمعی از یادگیرهای ضعیف را برای رتبه‌بندی تولید می‌کند. این الگوریتم سعی می‌کند با ساختن رتبه‌بند بر روی درصدی از داده‌ها، دقت را افزایش و زمان آموزش را کاهش دهد. با ارزیابی بر روی مجموعه داده LETOR3 دیده می‌شود که الگوریتم پیشنهادی بهتر از الگوریتم‌های دیگری در این زمینه که مبتنی بر یادگیری جمعی هستند، عمل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: یادگیری در ایجاد رتبه‌بندی، یادگیری رتبه‌بندی در بازیابی اطلاعات، یادگیری ماشین، یادگیری جمعی

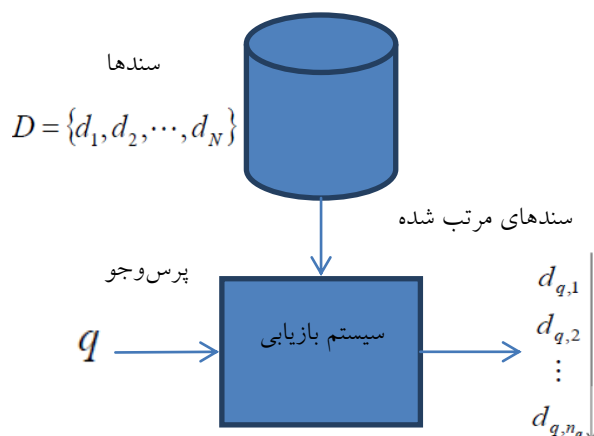
۱- مقدمه

۲. تجمیع رتبه‌بندی^۲: برای یک درخواست وارد شده، از چندین لیست مرتب شده از پیشنهادات استفاده کرده و یک لیست مرتب شده جدید از پیشنهادات ارائه می‌شود.

بازیابی اطلاعات جزو مسائل دسته اول، یعنی ایجاد رتبه‌بندی محسوب می‌شود. در بازیابی اطلاعات، با ورود هر پرس و جوی q از طرف کاربر، سیستم بازیابی اسنادی که

مسائل رتبه‌بندی امروزه در پژوهش‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و کاربردهای متنوعی به خصوص در بازیابی اطلاعات و موتورهای جستجو دارند. مسائل رتبه‌بندی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد [1]

۱. ایجاد رتبه‌بندی^۱: برای یک درخواست وارد شده، یک لیست مرتب‌شده از پیشنهادات مبتنی بر خصوصیات آن درخواست ارائه می‌شود.



شکل ۱: مراحل بازیابی اطلاعات [1]

در یادگیری رتبه‌بندی، بخش ایجاد رتبه‌بندی از اهمیت بیشتری برخوردار است، به گونه‌ای که اکثر مطالعات انجام شده در این بخش صورت گرفته است و اکثر الگوریتم‌های پیشنهادی مبتنی بر یادگیری با نظارت^۳ هستند.

الگوریتم‌هایی که تا کنون برای یادگیری رتبه‌بندی ارائه شده‌اند، به سه بخش روش‌های مبتنی بر نقطه^۴، مبتنی بر جفت^۵ و مبتنی بر لیست^۶ تقسیم می‌شوند [1]. روش‌های مبتنی بر نقطه و جفت، مسائل رتبه‌بندی را با تغییر در نحوه داده‌ها به مسائل دسته‌بندی تبدیل می‌کنند، در حالی که روش‌های مبتنی بر لیست، بدون تغییری در داده‌های ورودی، با استفاده از بهینه کردن یک تابع هدف سعی در رتبه‌بندی پرس‌وجوی جدید می‌نمایند.

در این مقاله الگوریتمی جدید در بخش ایجاد رتبه‌بندی ارائه شده است. این الگوریتم در دسته روش‌های مبتنی بر لیست قرار می‌گیرد و سعی می‌کند با کمینه کردن حد بالایی از خطای ایجاد شده به وسیله تعریف تابع هدف، به دقت بالا در رتبه‌بندی دست پیدا کند. الگوریتم جدید مشابه الگوریتم AdaRank0 [2] به صورت تکراری یادگیرهایی ضعیف بر روی داده‌های آموزشی که توزیع آنها بر اساس یادگیر قبلی تغییر یافته است، می‌سازد تا بتواند در مجموع

مرتبط با پرس‌وجو هستند را از مجموعه D استخراج می‌کند. منظور از اسناد مرتبط، سندهایی هستند که شامل کلمات موجود در پرس‌وجو می‌باشند. بعد از استخراج این اسناد، سیستم بازیابی آن‌ها را رتبه‌بندی می‌کند و درصدی از اسناد با رتبه بالا را به عنوان خروجی به کاربر نشان می‌دهد. مراحل عنوان شده در شکل ۱ دیده می‌شود.

سیستم بازیابی عنوان شده، به چند طریق می‌تواند شبیه‌سازی شود. یک روش استفاده از روش‌های سنتی بازیابی اطلاعات که به روش‌های غیر یادگیری معروفند، مانند BM25 و یا مدل‌های زبانی می‌باشد و روش دیگر که امروزه مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای رتبه‌بندی است. روش‌های دسته دوم سعی می‌کنند بر اساس مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی که نشان دهنده رتبه‌بندی مجموعه‌ای از درخواست‌ها است، یک مدل رتبه‌بندی برای مرتب‌سازی درخواست‌های جدید ارائه کنند. این روش‌ها تحت عنوان یادگیری رتبه‌بندی دسته‌بندی می‌شوند. برای یادگیری رتبه‌بندی دو تعریف وجود دارد. در تعریف عام، هر روش موجود در یادگیری ماشین برای رتبه‌بندی را یادگیری رتبه‌بندی می‌نامند [1]. در تعریف خاص، هر روش یادگیری ماشین که برای ساختن یک مدل رتبه‌بندی به منظور ایجاد رتبه‌بندی و یا تجمیع آن مورد استفاده قرار گیرد را یادگیری رتبه‌بندی می‌نامند [1].

3. Supervised learning

4. Pointwise

5. Pairwise

6. Listwise

ویژگی‌های X_i استخراج می‌شود. به عبارتی داده‌های آموزشی به شکل $S = \{X_i, y_i\}_{i=1}^m$ تغییر می‌یابد. در انتها بر اساس این داده‌ها مدل رتبه‌بندی ساخته می‌شود. در سیستم رتبه‌بندی، بر اساس مدل ساخته شده، مجموعه مستندات مرتبط D_{m+1} در پاسخ به برای پرس‌وجوی جدید q_{m+1} رتبه‌بندی می‌شوند.

در بخش یادگیری، اکثر الگوریتم‌های یادگیری ماشین که در دسته‌بندی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توانند در یادگیری رتبه‌بندی مورد استفاده واقع شوند. یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌های یادگیری در رتبه‌بندی که در هر سه دسته الگوریتم‌های مبتنی بر نقطه، جفت و لیست کاربرد دارد، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری جمعی است؛ یعنی برای دسته‌بندی داده‌ها از چندین دسته‌بند و ترکیب آنها استفاده می‌کنند. این الگوریتم‌ها به علت بهره‌گیری از چندین دسته‌بند، در اکثر مواقع نتایج دقیق‌تر و مقاوم‌تری تولید می‌کنند، لذا استفاده از این الگوریتم‌ها در یادگیری رتبه‌بندی مورد توجه واقع شده است.

در ادامه به معرفی برخی از الگوریتم‌های مهم در یادگیری رتبه‌بندی در هر سه دسته موجود (مبتنی بر نقطه، جفت و لیست) با تمرکز بر روی یادگیری جمعی پرداخته می‌شود.

۲-۱- روش‌های مبتنی بر نقطه

یکی از ساده‌ترین روش‌ها در رتبه‌بندی اسناد مرتبط به پرس‌وجو، استفاده مستقیم از روش‌های موجود در یادگیری ماشین است. این روش‌ها، تحت عنوان روش‌های مبتنی بر نقطه شناخته می‌شوند. در این دسته روش‌ها، مسائل رتبه‌بندی به مسائل دسته‌بندی و یا رگرسیون تبدیل می‌شوند. خوبی این روش در این است که روش‌های شناخته شده بسیاری در زمینه دسته‌بندی و رگرسیون موجود است که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از نقاط ضعف این روش‌ها در این است که فرض گروه‌بندی اسناد برای یک پرس‌وجو نادیده گرفته می‌شود. به عبارتی در این روش‌ها هدف تشخیص درجه ارتباط هر سند به پرس‌وجو مستقل از اسناد دیگر است.

در [6] مسائل رتبه‌بندی به صورت دسته‌بندی چندکلاسه در نظر گرفته شده است و الگوریتم $McRank$ بر این مبنا

تابع خطا را کمینه کند. ایده جدید روش ارائه شده در این مقاله این است که در ساخت یادگیرهای ضعیف، از تمام مجموعه پرس‌وجو و مستندات مرتبط به آنها استفاده نمی‌شود، بلکه درصدی از آنها که وزن بالاتری دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از درصدی از داده‌ها علاوه بر این که باعث افزایش دقت می‌شود، سبب می‌شود زمان اجرای الگوریتم به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کند و نیاز نباشد در هر تکرار، یادگیری بر روی تمام پرس‌وجوها انجام شود. با بررسی انجام شده بر روی هفت مجموعه داده در LETOR3 [3] دیده می‌شود که الگوریتم پیشنهادی هم از لحاظ دقت و هم از لحاظ سرعت نسبت به الگوریتم‌های قبلی بهتر عمل می‌کند.

در ادامه مقاله در بخش دوم ابتدا مروری بر روی الگوریتم‌های یادگیری رتبه‌بندی انجام می‌شود، سپس در بخش سوم و چهارم الگوریتم پیشنهادی به همراه نتایج پیاده‌سازی و ارزیابی این الگوریتم ارائه می‌شود. در بخش پنجم نتیجه‌گیری و کارهای آتی ارائه خواهند شد.

۲- مروری بر کارهای گذشته

فعالیت یادگیری رتبه‌بندی به دو سیستم یادگیری و سیستم رتبه‌بندی تقسیم می‌شود [1] در سیستم یادگیری، با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از پرس‌وجوها و اسناد مرتبط به آنها، یک مدل رتبه‌بند ساخته می‌شود و در سیستم رتبه‌بندی از این مدل برای رتبه‌بندی اسناد برای پرس‌وجوهای جدید بهره برده می‌شود.

در سیستم یادگیری، مجموعه پرس‌وجوهای Q و اسناد D به صورت داده آموزشی به شکل $S = \{(q_i, D_i), y_i\}_{i=1}^m$ وارد سیستم می‌شوند. به عبارتی هر پرس‌وجوی $q_i \in \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ به همراه اسناد مرتبط محسوب می‌گردد. در این رابطه y_i برابر با درجه ارتباط اسناد D_i به پرس‌وجوی q_i است، که در ساده‌ترین حالت این ارتباط به صورت برچسب "مرتبط" یا "نامرتبط" مشخص می‌گردد. در این مرحله برای ساخت یک مدل یادگیر، از زوج پرس‌وجو و اسناد مرتبط (q_i, D_i) بردار

حاشیه‌های متفاوت برای هر همسایه و بیشینه کردن مجموع این حاشیه‌ها.

۲-۲- روش‌های مبتنی بر جفت

در روش‌های مبتنی بر جفت، هدف یافتن ترتیب بین هر دو سند برای یک پرس‌وجو است. این روش‌ها بین هر جفت سند با دادن امتیاز بیشتر به سندی که مرتبط‌تر است، اسناد را رتبه‌بندی می‌کنند. برای مثال فرض کنید برای یک پرس‌وجو، سه سند d_1 ، d_2 و d_3 موجود باشد. در این روش‌ها ترتیب دو به دو اسناد مشخص می‌شود. اگر این ترتیب به صورت $d_1 > d_2$ ، $d_1 > d_3$ و $d_2 < d_3$ تشخیص داده شود، رتبه‌بندی نهایی به صورت $d_1 > d_3 > d_2$ بدست می‌آید.

در الگوریتم‌های مبتنی بر جفت، رایج‌ترین تابع خطا به صورت ترتیب نادرست دو به دو اسناد در نظر گرفته می‌شود. یکی از اولین الگوریتم‌های موجود در این زمینه برای یادگیری رتبه‌بندی، RankingSVM است. [8] در این الگوریتم برای دو به دو اسناد یک دسته‌بند بر اساس ماشین بردار پشتیبان ساخته می‌شود. سپس از این دسته‌بندها برای رتبه‌بندی اسناد به صورت جفت بهره برده می‌شود.

الگوریتم RankNet با بهره‌گیری از یک تابع احتمالی ساده به نام آنتروپی متقابل^{۱۱} برای محاسبه تابع خطا و استفاده از گرادیان در امتداد نزولی^{۱۲} سعی می‌کند تا یک مدل بهینه مبتنی بر شبکه عصبی طراحی می‌کند [9]. این الگوریتم به عنوان اولین الگوریتم مبتنی بر یادگیری رتبه‌بندی مورد استفاده موتورهای جستجو واقع شده است.

الگوریتم LambdaRank مشابه با الگوریتم RankNet تعریف می‌شود که از شبکه عصبی برای ساخت مدل رتبه‌بند خود استفاده می‌کند. این الگوریتم گرادیان تابع خطا را با عنوان تابع Lambda تعریف می‌کند. این تابع بر اساس تغییر رتبه اسناد در یک لیست مرتب به منظور بهینه کردن کارایی رتبه‌بند تعریف می‌شود. به عبارتی این روش برای بهینه کردن تابع lambda از شبکه عصبی بهره می‌برد [10]

ارائه شده است. در این الگوریتم اسناد به صورت منفرد در کلاس‌های مختلف که در ساده‌ترین حالت دو کلاس "مرتبط" و "نامرتبط" می‌باشد، قرار می‌گیرند. در این الگوریتم از معیار DCG برای ارزیابی استفاده می‌شود، به این صورت که دسته‌بند مناسب، دارای امتیاز بالای DCG خواهد بود. در این روش از ایده امید ریاضی برای تبدیل احتمال کلاس‌ها به امتیاز رتبه‌بندی استفاده می‌شود. احتمالات برای هر کلاس توسط الگوریتم درخت بوستینگ در امتداد گرادیان محاسبه می‌گردد.

در [7] مطالعه بر روی دسته‌بندی به منظور تخصیص امتیازدهی مناسب به هر شی ورودی انجام گرفته است. از این امتیازدهی می‌توان برای رتبه‌بندی نیز استفاده نمود. این الگوریتم با نام Prank، الگوریتمی برخط است که رتبه‌بند خود را براساس مدل‌های موازی پرسپترون^۷ می‌سازد. هر مدل توانایی جدا نمودن امتیازات دو همسایگی را از یکدیگر دارا می‌باشد. تعداد همسایگی‌ها در این روش همان تعداد درجه ارتباط اسناد است، که در ساده‌ترین حالت اسناد در دو همسایگی مرتبط یا نامرتبط قرار می‌گیرند.

الگوریتم MART الگوریتم دیگری در این حوزه از خانواده الگوریتم‌های یادگیری جمعی است، که خروجی آن یک ترکیب خطی وزن‌دار از مجموعه درخت‌های رگرسیون می‌باشد. هر درخت رگرسیون با هدف کمینه کردن تابع خطا در امتداد کاهش گرادیان ساخته می‌شود [11].

الگوریتم OC SVM^۸ یک روش مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان با حاشیه^۹ بزرگ برای دسته‌بندی ترتیبی است [4]. در این الگوریتم سعی می‌شود ابرصفحاتی^{۱۰} به صورت موازی برای جداسازی امتیازدهی همسایه‌ها یاد گرفته شود. هر همسایگی به صورت یک درجه ارتباط بین اسناد در نظر گرفته می‌شود. برای تعریف حاشیه مناسب بین همسایگی‌ها، دو روش در نظر گرفته شده است: یکی در نظر گرفتن حاشیه مساوی برای امتیازدهی به همسایه‌ها و بیشینه کردن این حاشیه و دیگری در نظر گرفتن

7. Perceptron

8. Ordinal Classification SVM

9. Margin

10. Hyperplanes

11. CrossEntropy

12. Gradient Descent

ترتیب هدف پیش‌بینی ارتباط تک سند و پیش‌بینی ترتیب بین جفت اسناد است، کل اسناد مرتبط به یک پرس‌وجو به عنوان داده آموزشی محسوب می‌شود. لذا این روش‌ها به سوی بهینه‌سازی مستقیم یکی از معیارهای بازیابی اطلاعات بر روی تمام پرس‌وجوها می‌روند. از این جهت به الگوریتم‌های موجود در این روش‌ها، الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌گویند. البته این روش‌ها مشکلات خاص خود را دارد، به این علت که اکثر معیارهای ارزیابی، توابعی ناپیوسته هستند. به همین دلیل در این دسته از روش‌ها سعی می‌شود تا تخمینی از این توابع ارائه شود و بهینه‌سازی بر روی آن صورت گیرد.

یکی از مهمترین الگوریتم‌های این دسته، الگوریتم SVM MAP [16] است که از بهینه‌سازی مستقیم معیار MAP برای ساخت مدل یادگیری استفاده می‌کند، به این صورت که با استفاده از تابع HINGE حد بالایی از خطا را که بر اساس معیار MAP محاسبه شده است بهینه می‌کند. برای بهینه‌سازی این تابع خطای جدید از الگوریتم یادگیری ماشین بردار پشتیبان بهره برده می‌شود. این ایده می‌تواند گسترش پیدا کند، به گونه‌ای که برای هر حد بالایی از خطایی که با استفاده از معیارهای بازیابی اطلاعات ایجاد شود می‌توان از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان استفاده نمود. الگوریتم SoftRank الگوریتم دیگری است که یک راه تخمینی (نرم) برای محاسبه توزیع رتبه‌بندی ارائه می‌دهد. به این صورت که امتیاز اسناد را به صورت یک متغیر تصادفی از نوع گوسی در نظر می‌گیرد. توزیع این امتیازات برای هر سند به عنوان مبنایی برای تعریف معیارهای بازیابی اطلاعات به صورت احتمالی می‌شود، به گونه‌ای که با استفاده از این توزیع می‌توان به طور تخمینی معیارهایی مانند NDCG را محاسبه کرد [17]. خوبی این روش در این است که در اکثر معیارهای ارزیابی که توانایی بهینه‌سازی مستقیم را ندارند، می‌توان از این روش استفاده نمود.

الگوریتم ListNet [18] از یک مدل مبتنی بر شبکه عصبی و معیار KL به عنوان تابع خطا برای ساخت مدل رتبه‌بندی استفاده می‌کند، به این صورت که در ابتدا احتمال جایگشت‌های رتبه‌بندی و یا به عبارتی احتمال k تای برتر یک لیست از اشیا محاسبه می‌شود و سپس با بهره‌گیری از

الگوریتم LambdaMART در راستای الگوریتم LambdaRank ارائه شد. این الگوریتم به جای ساخت مدل رتبه‌بند از طریق شبکه عصبی، از روش درختان بوستینگ و یا به عبارتی از الگوریتم MART بهره می‌برد [12]. کارایی و دقت این روش در مقایسه با روش LambdaRank بالاتر است.

[13] با استفاده از درخت بوستینگ در امتداد گرادین سعی می‌کند در هر مرحله درختی بسازد که کمترین خطا را از نظر مشخص کردن ترتیب بین دو سند داشته باشد. سپس این مدل به صورت خطی با مدل‌های قبلی ترکیب می‌شود. در مرحله بعد از مدل ساخته شده برای یافتن ترتیب مجدد بین اسناد استفاده می‌شود و تابع خطا محاسبه می‌شود. این روند به صورت تکراری صورت می‌گیرد تا در نهایت مدل رتبه‌بند نهایی ساخته شود.

الگوریتم دیگر، الگوریتم RankBoost است [14] که مبتنی بر روش بوستینگ عمل می‌کند. این الگوریتم در هر مرحله سعی می‌کند رتبه‌بند ضعیفی بسازد که کمترین خطا را از نظر تشخیص نادرست ترتیب بین جفت اسناد داشته باشد. بدین منظور در هر مرحله وزن اسناد را به صورت دوبه دو تغییر می‌دهد. سپس با ترکیب این رتبه‌بندها، مدل کلی ساخته می‌شود. رتبه‌بند ضعیف در هر مرحله می‌تواند بر اساس انتخاب مقدار بهترین ویژگی و یا انتخاب حدی بر روی ویژگی‌ها منظور شود.

الگوریتم Ranking Forest الگوریتمی است که برای رتبه‌بندی ارائه شده است و نوعی از الگوریتم یادگیری جمعی است که نتایج مجموعه‌ای از درختان تصادفی را با هم ترکیب می‌کند. این الگوریتم عمل نمونه‌گیری برای ساخت رتبه‌بند را به صورت بگینگ انجام می‌دهد تا ارتباط بین دو درخت رتبه‌بند را کاهش دهد [15].

چهار الگوریتم انتهایی، الگوریتم‌هایی هستند که در دسته الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری جمعی قرار می‌گیرند.

۲-۳ - روش‌های مبتنی بر لیست

در روش‌های مبتنی بر لیست، رتبه‌بندی اسناد برای هر پرس‌وجو به صورت کامل انجام می‌پذیرد. در این روش بر خلاف روش‌های مبتنی بر نقطه و مبتنی بر جفت که به

استفاده می‌شود، به جای استفاده از کل داده‌های آموزشی، از درصدی از آنها، مثلاً از ۲۰٪ داده‌های آموزشی که وزن بالاتری دارند، استفاده می‌شود. این پارامتر با R نشان داده می‌شود و درصد انتخاب تصادفی داده‌ها را بیان می‌کند. این ویژگی سبب می‌شود رتبه‌بندی‌های جدید تمرکز خود را بیشتر بر روی داده‌های با وزن بالاتر قرار دهند (داده‌هایی که به درستی رتبه‌بندی نشده‌اند) و لذا دقت را بالاتر خواهد برد. در الگوریتم AdaRank در ساخت هر رتبه‌بندی ضعیف از همه داده‌های ورودی استفاده می‌شود و این علاوه بر زمان‌بر بودن الگوریتم، سبب می‌شود قابلیت یادگیری محلی از بین برود.

روش پیشنهادی مشابه الگوریتم AdaRank مبتنی بر لیست است، لذا داده‌های ورودی آن به صورت برداری از ویژگی‌ها و لیست مرتب شده متناظر با آنها به صورت $S = \{x_i, y_i\}_{i=1}^m$ خواهد بود. هدف ساخت یک تابع رتبه‌بندی $f(x)$ است که بتواند یک لیست مرتب شده π بر حسب ویژگی‌های x (ویژگی‌های استخراج شده از پرس‌و-جوی q و مستند d مرتب شده برای آن) به وجود آورد. برای بررسی ارزیابی این لیست ایجاد شده یک تابع $E(\pi, y)$ تعریف می‌شود. تابع رتبه‌بندی باید دقت را بر روی تابع ارزیابی بیشینه کند که این مستلزم کمینه کردن تابع خطا است که در معادله ۱ تعریف می‌شود.

معادله (۱) (لیست تمام معادلات در پیوست شماره ۱ ذکر شده است)

تابع $E(\pi, y)$ نشان دهنده ارزیابی لیست مرتب شده π تولید شده توسط تابع یادگیری و لیست اصلی y برای هر عضو از داده آموزشی است. پس $L(f)$ به عنوان تابع خطا روی مجموعه داده ورودی محسوب می‌شود.

حل این تابع خطا با روش‌های بهینه‌سازی مستقیم امکان‌پذیر نخواهد بود، زیرا تابع E در این روش که می‌تواند معیار MAP و یا NDCG باشد ناپیوسته و مشتق ناپذیر است، لذا سعی می‌شود تا حد بالای آن کمینه شود. بدین منظور مشابه [2] از معادله ۲ برای پیدا کردن این حد استفاده می‌شود. پس مسئله بهینه‌سازی، تبدیل به معادله ۳ می‌شود، یعنی به جای بهینه کردن تابع خطا $L(f)$ از حد بالای آن استفاده می‌شود.

این احتمال و با استفاده از روش KL، تفاوت بین لیست رتبه‌بندی ساخته شده از طریق یادگیری و لیست رتبه‌بندی واقعی محاسبه می‌شود و با روش گرادینان نزولی لیست بهینه بدست می‌آید.

الگوریتم بعدی AdaRank است [2] این الگوریتم مبتنی بر بوستینگ است، به این صورت که به صورت تکراری یادگیرهای ضعیفی بر روی داده‌های آموزشی که توزیع آنها بر اساس یادگیر قبلی تغییر یافته است، می‌سازد و جمعی از یادگیرهای ضعیف را برای رتبه‌بندی تولید می‌کند. یادگیر ضعیف در هر مرحله با انتخاب یک ویژگی که با هدف کمینه کردن تابع خطا (مبتنی بر یکی از معیارهای MAP یا NDCG) صورت می‌گیرد ساخته می‌شود. تفاوت این روش با روش‌های جمعی دسته‌بندی، استفاده از معیارهای ارزیابی به عنوان تابع خطا و روش انتخاب تابع یادگیر ضعیف است.

۳- الگوریتم پیشنهادی

در بین الگوریتم‌های مبتنی بر نقطه، جفت و لیست الگوریتم‌های موجود در دسته مبتنی بر لیست کارایی بهتری دارند. در این مقاله با الهام از الگوریتم‌های موجود در این دسته و با بهره‌گیری از یادگیری جمعی، الگوریتمی ارائه خواهد شد که سعی در یادگیری رتبه‌بندی مستندات دارد.

این الگوریتم الهام گرفته از الگوریتم AdaBoost [19] مبتنی بر بوستینگ و الگوریتم R-AdaBoost [20] می‌باشد. در الگوریتم پیشنهادی مشابه الگوریتم AdaBoost به صورت تکراری یادگیرهای ضعیفی بر روی داده‌های آموزشی که توزیع آنها بر اساس یادگیر قبلی تغییر یافته است، ساخته می‌شود، با این تفاوت که در الگوریتم AdaBoost سعی در ساخت دسته بند است، ولی در الگوریتم پیشنهادی هدف ساخت یک تابع رتبه‌بندی است که بتواند مستندات را در پاسخ به یک پرس‌وجوی خاص مرتب کند. در نهایت با ترکیب این یادگیرهای ضعیف یک تابع رتبه‌بندی ساخته می‌شود.

در مرحله ساخت رتبه‌بندی‌های ضعیف، مشابه الگوریتم R-AdaBoost که در ساخت دسته‌بندی‌هایش از درصدی از داده‌ها

معادله (۲) و (۳)

الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم AdaRank در این است که به جای اینکه در هر تکرار از تمام نمونه‌های آموزشی در ساخت رتبه‌بند ضعیف بهره گرفته شود، تنها از $R\%$ از نمونه‌ها که وزن بالاتری دارند استفاده خواهد شد. این انتخاب سبب می‌شود تا تمرکز بر روی نمونه‌هایی قرار بگیرد که تا کنون درست رتبه‌بندی نشده‌اند و ضمن کاهش زمان یادگیری، دقت را نیز بالا می‌برد.

الگوریتم پیشنهادی به صورت تکراری سعی در حل این مسئله جدید بهینه‌سازی می‌کند. با ورود نمونه‌های آموزشی و تعداد تکرارها (T)، الگوریتم مشابه الگوریتم AdaRank در هر تکرار یک رتبه‌بند ضعیف $h_t(t = 1, \dots, T)$ می‌سازد و با ترکیب خطی این رتبه‌بندها مدل مرتب‌سازی $f(x)$ را به وجود می‌آورد. تفاوت

Input: $\hat{S} = \{x_i, y_i\}_{i=1}^m$ and parameters E and T
 Set the Randomness Level R
 Initialize $P_1(i) = 1/m$
 For $t = 1, \dots, T$
 • Create weak ranker f_t with weighted distribution P_t from the top R percent of the training data S
 • Choose α_t

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{\sum_{i=1}^m P_t(i) \{1 + E(\pi_i, y_i)\}}{\sum_{i=1}^m P_t(i) \{1 - E(\pi_i, y_i)\}}$$

 • Create f_t

$$f_t(x) = \sum_{k=1}^t \alpha_k f_k(x)$$

 • Update P_{t+1}

$$P_{t+1}(i) = \frac{\exp \{-E(\pi_i, y_i)\}}{\sum_{j=1}^m \exp \{-E(\pi_j, y_j)\}}$$

 End For
 Output ranking model: $f(x) = f_T(x)$

شکل ۲: الگوریتم پیشنهادی

مجموعه داده GOV. از ترکیب نتایج جستجو در سه حوزه وب شامل Topic Distillation(TD)، HomePage، Finding(HP) و Named Page Finding(NP) تشکیل شده است که در طی سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ از مجموعه TREC جمع‌آوری شده است. تعداد پرس‌وجوها در هر زیرمجموعه متفاوت است، ولی به طور کلی این مجموعه شامل ۳۵۰ پرس‌وجو است. تعداد ویژگی‌های استخراج شده از این مجموعه داده برابر با ۶۴ ویژگی است.

۴-۲- معیارهای ارزیابی

معیارهایی که کارایی مدل رتبه‌بند را مورد ارزیابی قرار می‌دهند، به صورت مقایسه بین لیست مرتب خروجی از مدل با لیست مرتب شده واقعی موجود عمل می‌کنند. در زمینه بازیابی اطلاعات، معیارهای ارزیابی متفاوتی از جمله $NDCG^{13}$ ، DCG^{14} ، MAP^{15} مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله از سه معیار $P@n$ و $NDCG$ و MAP استفاده می‌شود. علت انتخاب این معیارها، گستردگی استفاده از آنها در بین پژوهشگران این زمینه است. وقتی یک پرس‌وجوی q_i و مجموعه سندهای D_i تخصیص داده شده به آن به همراه لیست رتبه‌بندی π_i و برچسب Y_i وارد می‌شود، می‌توان معیار DCG برای این پرس‌وجو در موقعیت k ام آن را به صورت معادله ۵ تعریف کرد [21].

معادله (۵)

(۱)

که در آن $G(0)$ یک تابع بهره و $D(0)$ تابع تخفیف بر اساس موقعیت است و نیز $\pi_i(j)$ نشان دهنده موقعیت مستند $d_{i,j}$ در رتبه‌بندی π_i است. نرمال شده این معیار به نام $NDCG$ شناخته می‌شود.

معادله (۶)

در ادامه، به منظور بهینه کردن تابع خطا که حد بالایی از معیاری از MAP و یا NDCG تعریف می‌شود، توزیع داده‌های آموزشی P_t تغییر می‌کند. در ابتدا همه نمونه‌ها دارای وزن یکسان هستند. در هر تکرار وزن نمونه‌هایی که توسط تابع $f(x)$ به درستی مرتب نشده است، افزایش می‌یابد، و در نتیجه یادگیری در تکرار بعد تمرکز خود را بر روی ایجاد یک یادگیر ضعیف به منظور رتبه‌بندی نمونه‌های دشوارتر قرار می‌دهد. معیار ارزیابی این تابع یادگیر نیز کمینه کردن تابع خطا است. در هر مرحله به منظور ترکیب این توابع یادگیر ضعیف، به هر کدام از آنها یک وزن α_t اختصاص داده می‌شود که نشان دهنده درجه اهمیت این تابع یادگیر است. پس روش ترکیب این توابع یادگیر برای ساخت یک مدل رتبه‌بندی، جمع وزن دار است.

معادله (۴)

۴-۳ پیاده سازی و ارزیابی

در این بخش به ارزیابی الگوریتم پیشنهادی پرداخته خواهد شد. در ابتدا تنظیمات لازم برای پیاده‌سازی، شامل مجموعه داده مورد استفاده و معیار ارزیابی بیان می‌شود و سپس نتایج آزمایشات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱- مجموعه داده‌ها

برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی مجموعه داده LETOR نسخه ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد. مجموعه داده LETOR [30] از داده‌های TREC توسط محققان ماکروسافت بدست آمده است. بیشتر روش‌های یادگیری رتبه‌بندی از این مجموعه داده برای ارزیابی کارایی روش-هایشان استفاده می‌کنند. برای ساخت نسخه سوم این مجموعه داده از دو مجموعه داده [21] OHSUMED و GOV. استفاده شده است. در مجموعه داده OHSUMED، ۱۰۶ پرس‌وجو موجود است که در حدود ۱۵۲ مستند به هر کدام از آنها تخصیص داده شده است. از این مجموعه داده در کل ۴۵ ویژگی استخراج شده است.

13. Normalized Discounted Cumulative Gain

14. Discounted Cumulative Gain

15. Mean Average Precision

می‌شود. این مقایسه به خوبی نشان می‌دهد که برای رسیدن به MAP بالا نیازی به استفاده صد درصد داده‌ها نیست و با داشتن درصدی از آنها می‌توان در کنار کاهش چشم‌گیر زمان به جواب خوبی رسید.

با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی مجموعه داده OHSUMED در ۵ تکرار، نتایج P@n و MAP برای هر تکه محاسبه شد. این نتایج در جدول ۱ دیده می‌شود. در جدول ۲، نتایج الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم پایه آن یعنی AdaRank آمده است. در این جدول دیده می‌شود که MAP الگوریتم پیشنهادی بر روی این مجموعه داده برابر با ۰,۴۵۲۸ است که در مقایسه با الگوریتم پایه آن که برابر با ۰,۴۳۶۶ بوده است، رشدی برابر با ۳,۵ درصد داشته است. روند رشد الگوریتم پیشنهادی در مورد دقت نیز مشاهده می‌شود.

همین روند در مورد معیار NDCG هم صورت گرفت، به این صورت که با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی مجموعه داده OHSUMED در ۵ تکرار نتایج NDCG@K برای هر دسته ذخیره شد. این نتایج در جدول ۳ دیده می‌شود نتایج این جدول نشان می‌دهد که در این معیار نیز الگوریتم پیشنهادی به خوبی عمل کرده و توانسته است برتری مطلق بر الگوریتم AdaRank پیدا کند. نتایج موجود در جدول ۴ به خوبی گواه این مطلب است. همان‌طور که در مورد مجموعه داده OHSUMED عنوان شد، نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی به خوبی توانسته است در معیارهای MAP، P@K و NDCG@K برتری نسبت به نتایج الگوریتم AdaRank داشته باشد. در نتیجه می‌توان گفت این ایده که در هر یادگیری به جای انتخاب همه داده‌ها، بر روی درصدی از آنها که وزن بالاتری دارند، آموزش صورت بگیرد، می‌تواند ما را به نتایج بهتری برساند.

علاوه بر مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم پایه AdaRank، الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های دیگر یادگیری رتبه‌بندی که مبتنی بر یادگیری جمعی هستند نیز مورد مقایسه قرار گرفت. به طور خاص الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های مطرح دیگری به نام‌های RankBoost

که در آن $DCG_{max}^{-1}(k)$ به عنوان عامل هنجارسازی معرفی می‌شود و بیشینه DCG در حالتی است که مستندات در بهترین ترتیب مناسب مرتب شده باشند. متوسط دقت به صورت معادله ۷ تعریف می‌شود [23]

معادله (۷)

که در آن $y_{i,j}$ نشان دهنده سطح ارتباط سند $d_{i,j}$ است که دو مقدار ۰ یا ۱ را به خود اختصاص می‌دهد. $P(j)$ که به آن دقت تا موقعیت سند $d_{i,j}$ برای پرس‌وجوی q_i می‌گویند به صورت معادله ۸ تعریف می‌شود.

معادله (۸)

که در آن $\pi_i(j)$ نشان دهنده موقعیت سند $d_{i,j}$ در رتبه‌بندی π_i است. برای محاسبه MAP میانگین AP روی مجموعه تمام پرس‌وجوها محاسبه می‌شود [23].

معیار P@n که نشان دهنده دقت در n سند بالا است، توسط معادله ۸ تعریف می‌شود که به جای J پارامتر n جایگزین می‌شود.

۴-۳- نتایج

برای ارزیابی الگوریتم‌ها از اعتبارسنجی متقاطع پنج دسته‌ای^{۱۶} استفاده شده است، به این ترتیب که داده‌ها در هر مجموعه داده به ۵ قسمت تقسیم شد و سه دسته برای آموزش، یکی برای اعتبارسنجی و دیگری برای تست استفاده شد. برای ارزیابی نتایج، از تمام ویژگی‌های موجود در مجموعه داده‌ها استفاده شد. این ویژگی‌ها به صورت هنجار شده می‌باشد.

در ابتدا به طور کامل نتایج پیاده‌سازی برای مجموعه داده OHSUMED نشان داده می‌شود و سپس نتایج برای مجموعه داده GOV. مورد بررسی قرار می‌گیرد. این نتایج هم به صورت کلی برای این مجموعه داده و هم به صورت مجزا برای ۶ زیرمجموعه آن ارائه خواهد شد.

در انتها هم مقایسه‌ای از نظر انتخاب درصد نمونه‌های مورد نظر برای آموزش یادگیرهای ضعیف (R) بر روی مجموعه داده‌ها و نیز بررسی تاثیر زمانی اجرای این الگوریتم انجام

[14] و [15] MART [11] از نظر مقایسه قرار گرفت. نتایج این مقایسه در شکل ۳ نشان دهنده شده است. معیار MAP بر روی مجموعه داده OHSUMED مورد

جدول ۱: نتایج MAP و Precision الگوریتم پیشنهادی در مجموعه داده OHSUMED

	P@1	P@3	P@5	P@10	MAP
Fold1	۰,۶۳۶۴	۰,۵۳۰۳	۰,۴۷۲۷	۰,۳۸۱۸	۰,۳۵۷۶
Fold2	۰,۷۱۴۳	۰,۵۷۱۴	۰,۵۳۳۳	۰,۵۰۴۸	۰,۴۵۲۹
Fold3	۰,۷۶۱۹	۰,۶۶۷۰	۰,۶۷۵۲	۰,۵۵۷۱	۰,۴۷۲۵
Fold4	۰,۷۱۴۳	۰,۶۳۴۹	۰,۶۰۹۵	۰,۵۷۶۲	۰,۵۱۸۹
Fold5	۰,۷۱۴۳	۰,۶۸۲۵	۰,۶۳۸۱	۰,۵۷۱۴	۰,۴۶۲۳
Avg.	۰,۷۰۸۲	۰,۶۱۷۲	۰,۵۸۵۸	۰,۵۱۸۳	۰,۴۵۲۸

جدول ۲: مقایسه نتایج MAP و Precision الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم AdaRank در مجموعه داده OHSUMED

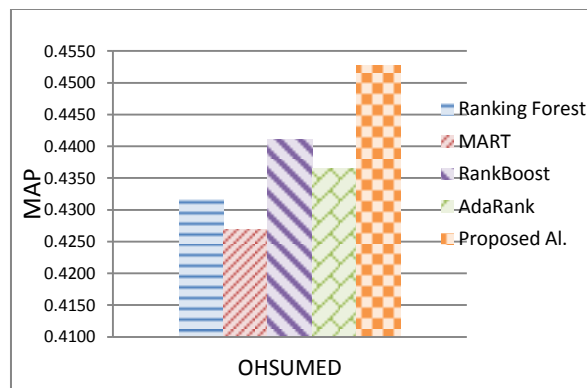
	P@1	P@3	P@5	P@10	MAP
AdaRank	۰,۵۶ ۸۴	۰,۵۴ ۶۱	۰,۵۰ ۵۳	۰,۴۸ ۶۲	۰,۴۳ ۶۶
Proposed algorithm	۰,۷۰ ۸۲	۰,۶۱ ۷۲	۰,۵۸ ۵۸	۰,۵۱ ۸۳	۰,۴۵ ۲۸

جدول ۳: نتایج NDCG الگوریتم پیشنهادی در مجموعه داده OHSUMED

	@1	@3	@5	@10
Fold1	۰,۴۸۴۸	۰,۴۲۷۳	۰,۳۹۸۰	۰,۳۷۹۷
Fold2	۰,۵۸۷۳	۰,۴۸۸۸	۰,۴۸۶۴	۰,۴۶۸۹
Fold3	۰,۶۱۹۰	۰,۵۱۸۱	۰,۵۱۴۶	۰,۴۶۰۵
Fold4	۰,۶۱۹۰	۰,۵۱۳۴	۰,۴۹۸۰	۰,۴۸۸۵
Fold5	۰,۶۱۹۰	۰,۵۹۱۲	۰,۵۴۷۷	۰,۵۰۵۴
Avg.	۰,۵۸۵۸	۰,۵۰۷۸	۰,۴۸۸۹	۰,۴۶۰۶

جدول ۴: مقایسه نتایج NDCG الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم AdaRank در مجموعه داده OHSUMED

	@1	@3	@5	@10
AdaRank	۰,۴۷۳ ۱	۰,۴۴۶ ۰	۰,۴۲۱ ۱	۰,۴۲۶ ۳
Proposed algorithm	۰,۵۸۵ ۸	۰,۵۰۷ ۸	۰,۴۸۸ ۹	۰,۴۶۰ ۶



شکل ۳: مقایسه نتایج MAP الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها در OHSUMED

الگوریتم‌ها به MAP بالاتری دست یافته است. مجموعه داده GOV. از ۶ زیر مجموعه تشکیل شده است. برای بررسی دقیق‌تر، نتایج برای این زیر مجموعه داده‌ها نیز به تفکیک بیان خواهد شد. بدین منظور در گام بعدی آزمایشات، برای هر شش زیر مجموعه داده معرفی شده، کارایی الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های پایه یادگیری جمعی در یادگیری رتبه‌بندی (RankingForest و MART و RankBoost و AdaRank) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج آن نظر معیار MAP در جدول ۸ نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که در همه این زیر مجموعه داده‌ها، الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم پایه خود، یعنی AdaRank بهتر عمل کرده و به MAP بالاتری رسیده است. این روند در مقایسه با الگوریتم MART نیز مشاهده می‌شود. در مقایسه با الگوریتم‌های RankBoost و RankingForest، به جز دو مجموعه داده TD2004 و NP2003، الگوریتم پیشنهادی همچنان MAP بالاتری بدست آورده است. لذا برای ادامه کار کارایی این الگوریتم‌ها بر روی دو مجموعه مورد بحث بالا از نظر معیار NDCG هم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در جدول ۹ معیار NDCG@K برای مجموعه داده TD2004 از منظر الگوریتم RankBoost و AdaRank و الگوریتم پیشنهادی مشاهده می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی در مجموعه داده OHSUMED به MAP بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها دست یافته است. در گام بعدی آزمایشات، این روند در مورد مجموعه داده GOV. نیز صورت پذیرفت. با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی این مجموعه داده نتایج P@n و MAP با الگوریتم پایه AdaRank مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بدست آمده در جدول ۵ نشان می‌دهد که روند رشد الگوریتم پیشنهادی در مورد این مجموعه داده نیز وجود دارد. همین روند در مورد معیار NDCG هم صورت گرفت و نتایج ارائه شده در جدول ۶ نشان دهنده برتری الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم AdaRank است.

نتایج بدست آمده در این مجموعه داده نیز نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی به خوبی توانسته است در معیارهای MAP، P@K و NDCG@K برتری نسبت به نتایج الگوریتم پایه AdaRank داشته باشد.

در نهایت برای بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی، مقایسه‌ای بین این الگوریتم با الگوریتم‌های دیگر یادگیری رتبه‌بندی که مبتنی بر یادگیری جمعی هستند از نظر معیار MAP صورت گرفت. نتایج برای مجموعه داده استاندارد LETOR3 که از دو مجموعه داده OHSUMED و GOV. است، در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۷ دیده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی در مجموعه داده OHSUMED و GOV. نسبت به دیگر

جدول ۵: مقایسه نتایج MAP و Precision الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم AdaRank در مجموعه داده GOV.

	P@1	P@3	P@5	P@10	MAP
AdaRank	۰,۴۹۵ ۰	۰,۲۷۵ ۱	۰,۱۹۹ ۳	۰,۱۳۰ ۵	۰,۵۱۸ ۵
Proposed algorithm	۰,۵۱۶ ۷	۰,۲۸۱ ۱	۰,۲۰۳ ۳	۰,۱۴۸ ۲	۰,۵۳۶ ۹

جدول ۶: مقایسه نتایج NDCG الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم AdaRank در مجموعه داده GOV.

	@1	@3	@5	@10
AdaRank	۰,۵۰۳۳	۰,۵۵۴۸	۰,۵۶۵۸	۰,۵۸۰۰
Proposed Algorithm	۰,۵۱۶۷	۰,۵۶۶۸	۰,۵۷۹۶	۰,۵۸۹۴

جدول ۷: مقایسه نتایج MAP الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها به صورت تجمیع در مجموعه داده LETOR 3

	OHSUMED	GOV
Ranking Forest	۰,۴۳۱۶	۰,۵۲۰۹
MART	۰,۴۲۶۹	۰,۴۵۷۸
RankBoost	۰,۴۴۱۱	۰,۴۹۸۸
AdaRank	۰,۴۳۶۶	۰,۵۱۸۵
Proposed Algorithm	۰,۴۵۲۸	۰,۵۳۶۹

جدول ۸: مقایسه نتایج MAP الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها در زیر مجموعه داده‌های GOV.

	Ranking Forest	MART	RankBoost	AdaRank	Proposed Algorithm
TD2003	۰,۲۲۰۵	۰,۱۸۷۷	۰,۲۲۳۵	۰,۲۴۵۲	۰,۲۵۱۲
TD2004	۰,۲۵۷۲	۰,۱۸۷۶	۰,۲۱۷۸	۰,۱۹۱۴	۰,۲۰۰۴
NP2003	۰,۶۹۵۵	۰,۶۲۲۳	۰,۶۴۹۵	۰,۶۱۸۲	۰,۶۳۸۳
NP2004	۰,۵۸۸۰	۰,۵۱۸۸	۰,۵۵۵۹	۰,۶۰۰۸	۰,۶۵۳۱
HP2003	۰,۷۳۶۹	۰,۷۳۰۹	۰,۷۲۰۴	۰,۷۳۲۳	۰,۷۴۳۴
HP2004	۰,۶۲۷۴	۰,۴۹۹۵	۰,۶۲۵۹	۰,۷۲۲۹	۰,۷۳۵۲

جدول ۹: مقایسه نتایج NDCG الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها در مجموعه داده TD2004

	@1	@3	@5	@10
RankBoost	۰,۴۴۰ ۰	۰,۳۵۷ ۵	۰,۳۲۲ ۸	۰,۳۰۶۳
AdaRank	۰,۳۶۰ ۰	۰,۳۳۹ ۰	۰,۳۰۷ ۰	۰,۲۸۲۳
Proposed Algorithm	۰,۴۰۰ ۰	۰,۳۶۲ ۲	۰,۳۳۱ ۴	۰,۳۱۲۲

جدول ۱۰: مقایسه نتایج NDCG الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها در مجموعه داده NP2003

	@1	@3	@5	@10
RankBoost	۰,۵۴۰۰	۰,۶۳۴۴	۰,۶۷۸۴	۰,۶۹۶۴
AdaRank	۰,۵۰۶۷	۰,۶۰۶۵	۰,۶۴۴۵	۰,۶۷۰۲
Proposed Algorithm	۰,۵۲۶۷	۰,۶۱۸۱	۰,۶۷۰۰	۰,۶۸۸۸

شایان ذکر است که این روند زیاد دور از انتظار نیست. زیرا همان‌طور که در [24] نیز عنوان شده است، ماهیت این زیرمجموعه‌ها به علت تعداد کم بودن پرس‌وجوها با سایر زیرمجموعه‌ها متفاوت است.

علاوه بر این در تحلیلی که بر روی مجموعه داده استاندارد LETOR3 انجام گرفت، عنوان شد که دو مجموعه داده TD2004 و NP2003 دارای رفتار یکسانی برای تمام الگوریتم‌ها نمی‌باشند. به عبارتی مابقی مجموعه داده‌ها رفتار مشابهی از نظر روند رشد در مورد الگوریتم‌ها نشان می‌دهند و در بازه نزدیک قرار می‌گیرند، ولی این دو مجموعه داده دارای اختلاف MAP بالایی هستند [25].

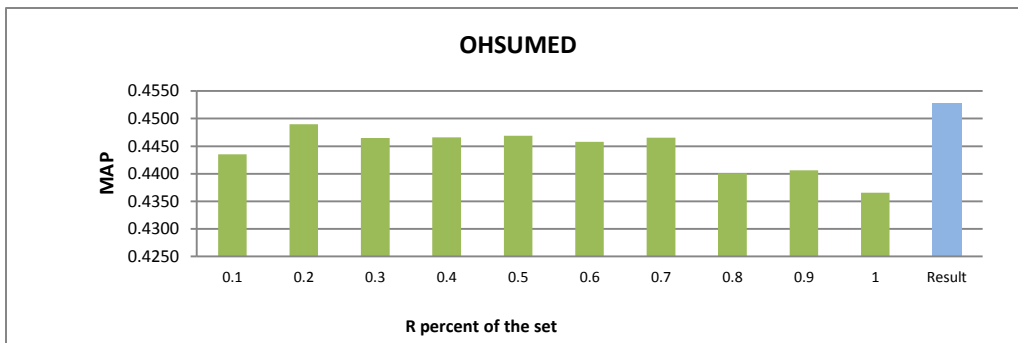
پس همان‌طور که در جدول ۷ و ۸ دیده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی اگر چه بر روی دو زیرمجموعه موفق نبوده است، اما بر روی مجموعه داده LETOR 3 به صورت تجمیع، به بالاترین MAP نسبت به سایر الگوریتم‌ها دست یافته است.

فاز بعدی، بررسی انتخاب معیار R در مجموعه داده‌ها است. بدین منظور در مجموعه داده‌ها، ابتدا آزمایش‌ها بر روی کل مجموعه داده‌ها با Rهایی با فاصله 0.1 انجام شد و سپس برای هر مجموعه داده و با استفاده از مجموعه داده Validation بهترین R انتخاب شد. نتایج در شکل‌های ۴ تا ۱۰ دیده می‌شود.

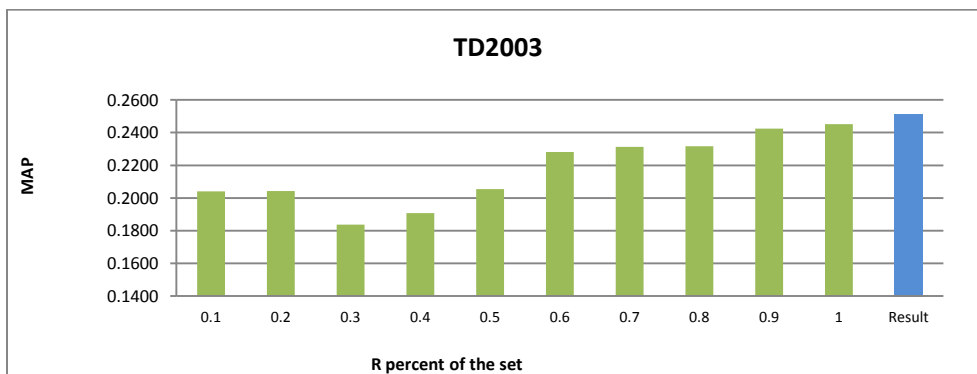
در این مجموعه داده دیده می‌شود که همان‌طور که MAP الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم AdaRank بیشتر است، در معیار NDCG@k هم باز الگوریتم پیشنهادی توانسته به خوبی با این الگوریتم رقابت کند. در مورد الگوریتم RankBoost مشاهده می‌شود که در معیار NDCG، الگوریتم پیشنهادی توانسته است به کارایی بهتری دست پیدا کند و به جز در NDCG@1 در بقیه برتری با الگوریتم پیشنهادی بوده است. پس در این مجموعه داده، اگر چه الگوریتم پیشنهادی در MAP نسبت به RankBoost بالاتر قرار نگرفت، ولی در معیار NDCG توانست به خوبی با الگوریتم RankBoost رقابت کند.

همین آزمایش در مورد مجموعه داده NP2003 هم انجام شده است که نتایج در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود.

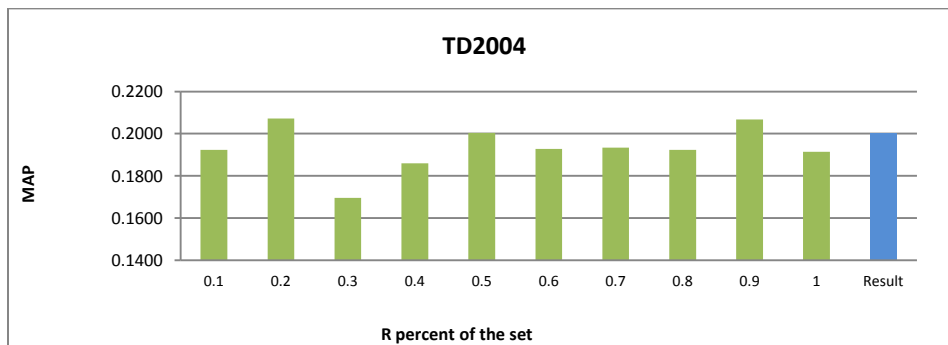
در این مجموعه داده مشاهده می‌شود که همان‌طور که MAP الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم AdaRank بیشتر است، در معیار NDCG@k هم باز الگوریتم پیشنهادی توانسته به خوبی با این الگوریتم رقابت کند. در مورد الگوریتم RankBoost مشاهده می‌شود که در معیار NDCG، باز هم نتوانسته با الگوریتم RankBoost رقابت کند. البته مشاهده می‌شود که این اختلاف بسیار کم است.



شکل ۴: نتایج Rهای متفاوت در مجموعه داده OHSUMED

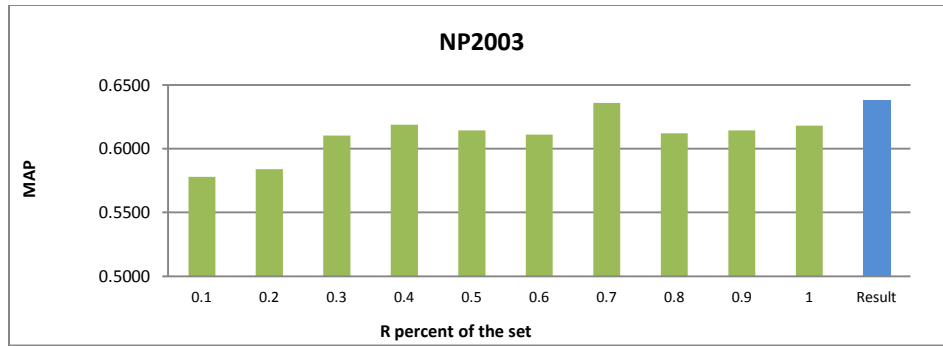


شکل ۵: نتایج Rهای متفاوت در مجموعه داده TD2003

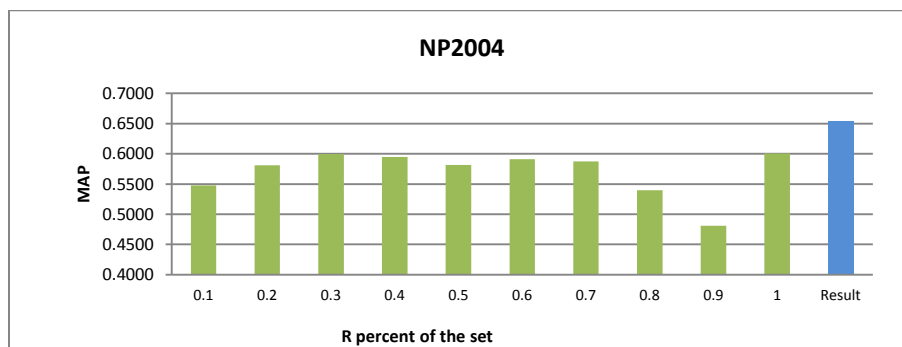


شکل ۶: نتایج Rهای متفاوت در مجموعه داده TD2004

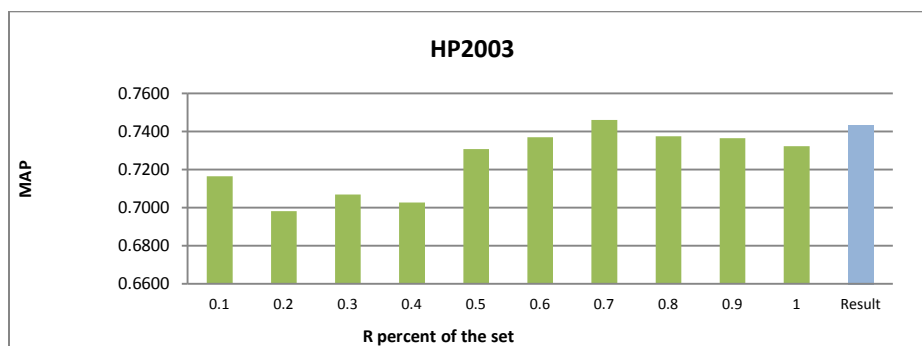
ارائه الگوریتمی مبتنی بر یادگیری جمعی به منظور یادگیری رتبه‌بندی در بازیابی اطلاعات



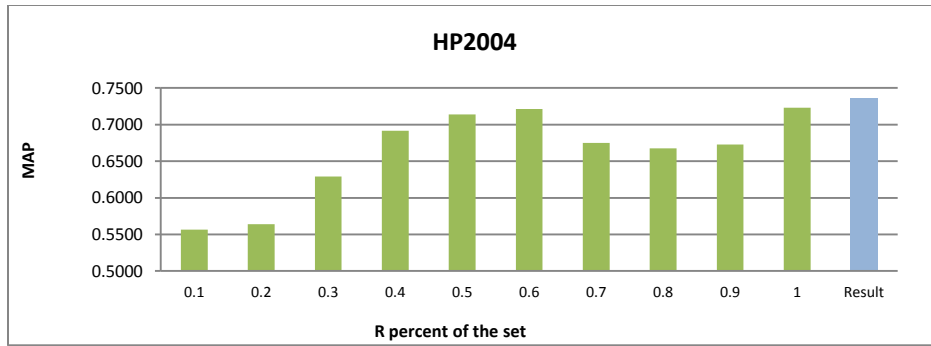
شکل ۷: نتایج Rهای متفاوت در مجموعه داده NP2003



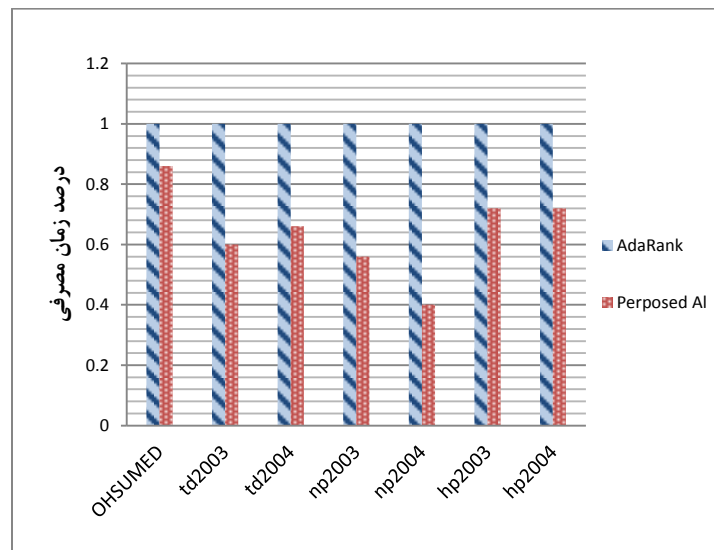
شکل ۸: نتایج Rهای متفاوت در مجموعه داده NP2004



شکل ۹: نتایج Rهای متفاوت در مجموعه داده HP2003



شکل ۱۰: نتایج متفاوت در مجموعه داده HP2004



شکل ۱۱: مقایسه نسبت هزینه زمانی الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم AdaRank

این نتیجه از این جهت مطلوب است که در روش‌های جستجو، کار بر روی حجم عظیمی از داده‌ها بسیار سنگین و وقت‌گیر خواهد بود.

برای نمونه در شکل ۱۱ نسبت زمان مصرفی الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم AdaRank دیده می‌شود. برای نمونه اگر مجموعه داده NP2004 توسط الگوریتم AdaRank زمانی برابر با ۱ واحد مصرف کند، این زمان توسط الگوریتم پیشنهادی حدود ۰,۴ خواهد بود. برای نمایش بهتر، نسبت زمان الگوریتم پیشنهادی به الگوریتم AdaRank مد نظر قرار گرفته است

همان‌طور که در مجموعه داده OHSUMED دیده می‌شود، برای بدست آوردن MAP بالا استفاده از $R=1$ یعنی ساخت تابع یادگیر بر روی کل مجموعه داده‌ها نیاز نیست و تنها بهره‌گیری از درصد کمتری از داده‌ها MAP را افزایش خواهد داد.

از این نمودارها دو نتیجه بسیار مهم گرفته می‌شود، یکی این که برای بدست آوردن MAP بالا نیاز نیست کل داده‌ها مورد استفاده قرار بگیرد و می‌توان در هر مرحله مطابق الگوریتم پیشنهادی بهترین داده‌ها نگه داشته شوند و الگوریتم بر روی آنها کار را به جلو ببرد.

این الگوریتم‌ها به علت بهره‌گیری از چندین دسته‌بندی، در اکثر مواقع نتایج دقیق‌تر و مقاوم‌تری تولید می‌کنند. لذا استفاده از این الگوریتم‌ها در یادگیری رتبه‌بندی مورد توجه واقع شده است.

مبتنی بر الگوریتم‌های موجود در دسته لیست، الگوریتم پیشنهادی ارائه شد که این الگوریتم به صورت تکراری یادگیرهای ضعیفی بر روی داده‌های آموزشی که توزیع آنها بر اساس یادگیر قبلی تغییر یافته است، ساخته می‌شود و جمعی از یادگیرهای ضعیف را برای دسته‌بندی تولید می‌کند. در مرحله ساخت رتبه‌بندیهای ضعیف به جای استفاده از کل داده‌های آموزشی، از درصدی از آنها استفاده می‌شود. با بررسی این الگوریتم بر روی مجموعه داده LETOR3 مشاهده می‌شود که این الگوریتم با ساختن رتبه‌بندی بر روی درصدی از داده‌ها، سبب افزایش دقت و کاهش زمان می‌شود. هدف اصلی ارائه این الگوریتم نیز رسیدن به زمان کمتر در حین نگه داشتن دقت بالا بود. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم پایه AdaRank بر روی مجموعه داده LETOR3 به MAP و NDCG بالاتری دست یافته است.

مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های RankBoost، Ranking Forest و MART که جزو الگوریتم‌های رتبه‌بندی مبتنی بر یادگیری جمعی هستند، نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی اگر چه در برخی از زیرمجموعه‌های GOV. مانند TD2003 و NP2003 به MAP بالاتری دست نیافته است، ولی توانسته است میانگین MAP بدست آمده برای مجموعه GOV. را نسبت به الگوریتم‌های دیگر افزایش دهد. همین روند رو به رشد در مجموعه داده OHSUMED دیده می‌شود.

پس به طور کلی می‌تواند عنوان کرد که الگوریتم پیشنهادی ضمن کاهش زمان توانسته به MAP بالاتری در مجموعه داده LETOR3 دست پیدا کند. از جمله کارهایی که در آینده می‌توان انجام داد این است که بتوان روشی برای انتخاب هوشمندانه پارامتر R ایجاد کرد. علاوه بر آن می‌توان این روش را در مورد الگوریتم‌های دیگر در زمینه یادگیری رتبه‌بندی هم اعمال کرد و نتایج را بررسی نمود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود در اکثر این مجموعه داده‌ها، به عنوان نمونه در مجموعه داده OHSUMED، اگر از همه مجموعه داده استفاده شود، نه تنها جواب خوبی حاصل نمی‌شود، بلکه MAP پایین‌تری به دست می‌آید، در حالی که انتخاب مثلاً ۲۰٪ داده‌ها جواب مناسبی را بدست خواهد آورد. علت می‌تواند این باشد که اگر از تمام داده‌ها در ساخت یادگیر ضعیف استفاده شود، با وجود وزن‌دار بودن باز هم تمرکز بر روی تمام داده‌ها قرار می‌گیرد، ولی اگر از درصدی از داده‌ها استفاده شود، این تمرکز بر روی همان درصد در ساخت یادگیر خواهد بود.

نتیجه مهم دیگری که از این آزمایش‌ها بدست آمد این بود که بهتر است به جای اینکه از $R\%$ مشخص از مجموعه داده‌ها استفاده شود، در هر مرحله از آزمایش بر حسب مجموعه اعتبار سنجی این R انتخاب و بر طبق آن الگوریتم ادامه یابد. مشاهده می‌شود که در اکثر این مجموعه داده‌ها، نتایج (Result1) به MAP بالاتری دست پیدا کرده است. این نتایج حاصل از انتخاب R مناسب برای هر قسمت از مجموعه داده است.

۵- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

مسئله رتبه‌بندی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و کاربردهای متنوعی در بازیابی اطلاعات، موتورهای جستجو و پردازش زبان دارد و لذا امروزه مورد توجه بسیار از پژوهشگران واقع شده است. یکی از مباحث جدید در رتبه‌بندی، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای یادگیری رتبه‌بندی است، به این صورت که با استفاده از یک سری داده آموزشی که نشان دهنده رتبه‌بندی یک سری اشیا است، سعی شود یک مدل رتبه‌بندی برای مرتب‌سازی اشیا جدید ارائه شود که به بهترین نحوه ممکن آنها را رتبه‌بندی کند. اکثر الگوریتم‌های یادگیری ماشین که در دسته‌بندی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توانند در یادگیری رتبه‌بندی مورد استفاده واقع شوند. دسته‌ای از این الگوریتم‌ها، الگوریتم‌هایی هستند که مبتنی بر یادگیری جمعی هستند، یعنی برای دسته‌بندی داده‌ها از چندین دسته‌بندی و ترکیب آنها استفاده می‌کنند.

پیوست شماره ۱: معادلات ذکر شده در متن مقاله

$L(f) = \sum_{i=1}^m (E(\pi_i^*, y_i) - E(\pi_i, y_i))$ $= \sum_{i=1}^m (1 - E(\pi_i, y_i))$	معادله ۱
$\exp(-x) \geq 1 - x \Rightarrow$	معادله ۲
$\sum_{i=1}^m \exp(-E(\pi_i, y_i)) \geq \sum_{i=1}^m (1 - E(\pi_i, y_i))$	معادله ۳
$f_t(x) = \sum_{k=1}^t \alpha_k f_k(x)$	معادله ۴
$DCG(k) = \sum_{j:\pi_i(j) \leq k} G(j)D(\pi_i(j))$	معادله ۵
$NDCG(k) = DCG_{\max}^{-1}(k) \sum_{j:\pi_i(j) \leq k} G(j)D(\pi_i(j))$	معادله ۶
$AP = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} P(j) \cdot y_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n_i} y_{i,j}}$	معادله ۷
$P(j) = \frac{\sum_{k:\pi_i(k) \leq \pi_i(j)} y_{i,k}}{\pi_i(j)}$	معادله ۸

منابع

1.Hang Li, Learning to Rank for Information Retrieval and Natural Language Processing, Synthesis Lectures on Human Language Technologies, Morgan & Claypool Publishers, 2011.
 2.Jun Xu and Hang Li, Adarank: a boosting algorithm for information retrieval. In Proceedings of the 30th annual international ACM SIGIR conference on Research and

development in information retrieval, pages 391–398, 2007.

3.Tao Qin, Tie-Yan Liu, Jun Xu, and Hang Li, LETOR: A benchmark collection for research on learning to rank for information retrieval, Information Retrieval, vol. 13(4), pages 346–374, 2010.

4.AmnonShashua and Anat Levin, Ranking with large margin principle: Two approaches, In Advances in Neural Information Processing Systems 15(NIPS 2002), pages 937-944, 2002.

5. Koby Crammer and Yoram Singer, Pranking with ranking, In Advances in Neural Information Processing Systems 14(NIPS 2001), pages 641–647, 2001.
6. Ping Li, Christopher Burges, and Qiang Wu, Mcrank: Learning to rank using multiple classification and gradient boosting, In Advances in Neural Information Processing Systems 20(NIPS 2008), pages 897–904, 2008.
7. Koby Crammer and Yoram Singer, Pranking with ranking, In Advances in Neural Information Processing Systems 14(NIPS 2001), pages 641–647, 2001.
8. Ralf Herbrich, Thore Graepel, and Klaus Obermayer, Large Margin rank boundaries for ordinal regression, Advances in Large Margin Classifiers, pages 115–132, 2000.
9. Chris Burges, Tal Shaked, Erin Renshaw, Ari Lazier, Matt Deeds, Nicole Hamilton, and Greg Hullender, Learning to rank using gradient descent. In Proceedings of the 22nd international conference on Machine learning, pages 89–96, 2005.
10. Christopher J.C. Burges, R. Ragno, and Q.V. Le. Learning to rank with nonsmooth cost functions. In Advances in Neural Information Processing Systems 18(NIPS 2006), pages 395–402, 2006.
11. Jerome .H. Friedman, Greedy function approximation: A gradient boosting machine, The Annals of Statistics, vol. 29, pages 1189–1232, 2001.
12. Qiang Wu, Christopher J. C. Burges, Krysta Marie Svore, and Jianfeng Gao, Adapting boosting for information retrieval measures. Information Retrieval, vol. 13(3), pages 254–270, 2010.
13. Zhaohui Zheng, Hongyuan Zha, Tong Zhang, Olivier Chapelle, Keke Chen and Gordon Sun, A general boosting method and its application to learning ranking functions for web search. In Advances in Neural Information Processing Systems 20(NIPS 2008), pages 1697–1704, 2008.
14. Yoav Freund, Raj D. Iyer, Robert E. Schapire, and Yoram Singer, An efficient boosting algorithm for combining preferences. The Journal of Machine Learning Research, vol. 4, pages 933–969, 2003.
15. Stéphan Clémenton, Marine Depecker, Nicolas Vayatis, Ranking Forests, The Journal of Machine Learning Research, vol. 14, pages 39–73, 2013.
16. Yisong Yue, Thomas Finley, Filip Radlinski and Thorsten Joachims, A support vector method for optimizing average precision, In Proceedings of the 30th annual international ACM SIGIR conference, pages 271–278, 2007
17. Michael Taylor, John Guiver, Stephen Robertson, and Tom Minka, Sofrank: optimizing non-smooth rank metrics. In Proceedings of the international conference on Web search and web data mining, pages 77–86, 2008.
18. Zhe Cao, Tao Qin, Tie-Yan Liu, Ming-Feng Tsai and Hang Li, Learning to rank: from pairwise approach to listwise approach. In Proceedings of the 24th international conference on Machine learning, pages 129–136, 2007.
19. Y. Freund and R. E. Schapire, A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting, Journal of Computer and System Sciences, vol. 55(1), pages 119–139, 1997.
20. Binxuan SUN, Jiarong LUO, Shuangbao SHU and Nan YU, Approaches to Combine Techniques Used by Ensemble Learning Methods, Journal of Computational Information Systems, vol. 8(1), pages 305–312, 2012.
21. William R. Hersh, Chris Buckley, T. J. Leone and David H. Hickam, OHSUMED: an interactive retrieval evaluation and new large test collection for research, In Proceedings of the 17rd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pages 192–201, 1994.

22. Kalervo Järvelin and Jaana Kekäläinen, In evaluation methods for retrieving highly relevant documents, In Proceedings of the 23rd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pages 41–48, 2000.
23. Ellen M. Voorhees and Donna Harman, TREC: Experiment and Evaluation in Information Retrieval, MIT, 2005.
24. Jun Xu, Tie-Yan Liu, Min Lu, Hang Li, Wei-Ying Ma: Directly optimizing

- evaluation measures in learning to rank, In Proceedings of the 31st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pages 107-114, 2008.
25. Guilherme de Castro Mendes Gomes, Vitor Campos de Oliveira, Jussara M. Almeida, Marcos André Gonçalves: Is Learning to Rank Worth it? A Statistical Analysis of Learning to Rank Methods in the

بررسی عوامل زمینه‌ساز استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه

حسین مومیوند

کارشناس ارشد، مدیریت فناوری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۳

چکیده

در این تحقیق عوامل زمینه‌ساز استقرار مدیریت دانش به صورت مطالعه موردی در شرکت مخابرات استان کرمانشاه طی انجام نظر سنجی‌های میدانی از کارکنان مربوطه مورد بررسی قرار گرفته است. پس از شناسایی عوامل زمینه‌ساز مدیریت دانش، رابطه بین هر یک از عوامل فرهنگ سازمانی، نظام فرآیندهای دانش و نظام فناوری اطلاعات با مدیریت دانش ضمن استفاده از نتایج بدست آمده و با به کارگیری برنامه آماری SPSS مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفته است. شرکت مخابرات استان کرمانشاه دارای تعداد ۳۷۰ نفر بوده که از بین این جامعه، نمونه آماری مورد بررسی ۷۷ نفر می‌باشد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بین نظام فناوری اطلاعات، فرهنگ سازمانی، نظام فرآیندهای دانش با استقرار مدیریت دانش در حد قابل قبولی همبستگی وجود دارد که ضریب همبستگی (R) هر یک به ترتیب برابر ۰/۸۵۴، ۰/۹۱۵ و ۰/۸۱۲ می‌باشد. بین میزان تأثیر هر یک از متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه تفاوت وجود دارد، طوری که به ترتیب نظام فرآیندهای دانش، نظام فناوری اطلاعات و فرهنگ سازمانی در استقرار مدیریت دانش در رتبه اول، دوم و سوم قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت دانش، فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات

۱ - مقدمه

موفقیت آن‌ها شناخته شده است (پیروی، ۱۳۸۶). دانش به عنوان منبعی برای بقای سازمانها ضروری است و شرط موفقیت سازمانها دستیابی به دانش و فهم عمیق در تمامی سطوح است. بنابراین مدیریت سازمانها باید با تکیه بر دانایی برتر، امکان اتخاذ تصمیمات معقول تر و موضوعات مهم و بهبود عملکرد مبتنی بر دانش را پیدا کنند (پروبت^۳، ۱۳۸۵).

امروزه یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین سرمایه‌های هر سازمانی، دانش است. دانش یک نیرو محرکه برای رشد سازمانی است (آن^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). پیتر دراکر در کتاب خود تحت عنوان جامعه پسا سرمایه داری عنوان می‌کند که دانش مهم‌ترین منابع است (رادینگ^۲، ۱۳۸۳). دانش در سازمان های مدرن، مهم‌ترین عامل در مزیت رقابتی و

1. Ahn & Park & Gung
2. Rading

3. probst

استفاده قرارگیرد. در عصر کنونی که عصر دانایی نام گرفته، بایستی با به کارگیری دانش از شیوه‌های مختلف به مزیت های رقابتی پایدار دست یافت و در راه استفاده بهینه از منابع در اختیار سازمان، گام نهاد. (مارتنسون^۶، ۱۳۸۰)

در گذشته ای نه چندان دور، قدرت و مزیت رقابتی یک سازمان یا یک جامعه انسانی، دسترسی بیشتر به منابع مادی محسوب می شد. اما اکنون شرایط به کلی متحول شده و در حال حاضر اصلی ترین مزیت رقابتی برای سازمان ها توان آنها در مدیریت دانش محسوب می شود (خوانساری، ۱۳۴۸). در واقع «مدیریت دانایی» مقوله ای مهم تر از خود دانایی محسوب می شود که در سازمان ها به دنبال آن است تا نحوه چگونگی تبدیل اطلاعات و دانسته های فردی و سازمانی را به دانش و مهارت های فردی و گروهی تبیین و روشن کند (گلاسر^۷، ۲۰۰۳، اورمزدی، ۱۳۸۶). مدیریت دانش یک راه حل کلیدی جهت ایجاد مزیت رقابتی مستمر برای سازمان های کسب و کار می باشد. (آرچیولی^۸، و ون یون^۹، ۲۰۰۹).

مدیریت دانش شیوه شناسایی، در اختیار گرفتن، سازماندهی و پردازش اطلاعات، جهت خلق دانش می باشد که پس از آن توزیع می شود و سپس در دسترس دیگران قرار می گیرد تا برای خلق دانش بیشتر استفاده شود (رادینگ، ۱۳۸۳).

با برنامه ریزی و استفاده از نظام های نوین مانند مدیریت دانش، اگر نتوان به تمامی اهداف، کارآیی کارکنان، افزایش سطح دانش سازمانی، به روز شدن دانش، افزایش توانایی حل مسائل و مشکلات سازمانی و دهها هدف مورد نظر رسید، لاقول می توان بخشی از آنها را محقق ساخت، ولی برای استقرار مدیریت دانش، به فراهم سازی بستر های فکری و فرهنگی، مهارتی و آموزشی، کانون های دانش و فراهم آوردن بستر های تکنولوژیک نیاز است و توجه به زیر ساخت های دانش حائز اهمیت می باشد. اساس یا بنیان های لازم برای ایجاد یک نظام، سازمان یا سازه را زیر ساخت می گویند (حسن زاده، ۱۳۸۶).

با توجه به تغییر و تحولات روزمره و پیشرفت علوم و فنون و فن آوری و برای جلوگیری از اتلاف منابع، بکارگیری مدیریت دانش در سازمانها از اهمیت ویژه ای برخوردار است و اجرای آن نیاز به برنامه و مطالعه دقیق دارد (بهیان و همکاران، ۱۳۸۴).

عصر کنونی دوره تحولات شتابنده و غیر قابل پیش بینی است. وضعیت مدیریت در جامعه ما بیانگر عدم توازن میان پیچیدگی های روزافزون سازمانها و عدم توانایی های این سازمانها در پیش بینی و مقابله با این تحولات و پیچیدگی هاست. سازمانها برای مقابله با تهدیدات محیطی و استفاده از فرصت های احتمالی، ناچارند ظرفیتها و توانمندی های درونی خود را بشناسند، نقاط ضعف را ترمیم نموده و به تقویت نقاط قوت بپردازند. مسائل و مشکلات مدیریت آن چنان پیچیده و درهم شده است که تشخیص مشکل به آسانی میسر نیست و ماهیت انسانی سازمانها و پیچیده بودن رفتارهای کارکنان، این پیچیدگی را مضاعف نموده است. در چنین شرایطی سازمان هایی موفق و کامیاب هستند که ضمن کسب دانش و آگاهی وسیع از عوامل محیطی برای حفظ بقاء و حیات خود، بتوانند زمینه رشد و پویایی و افزایش عملکرد سازمان را بهبود و ارتقاء بخشند (رحیمی و نجفی، ۱۳۸۶). یکی از راه های تحقق این امر مقوله مدیریت دانش^۴ است.

مدیریت دانش عبارت است از فرآیند های ایجاد، جمع آوری، سازماندهی، انتشار، پالایش دائمی و بهره برداری از دانش. مدیریت دانش در یک سازمان متشکل از راهبردها و فرآیندهایی است که قادرند نیازهای دانش کل سازمان، مشتریان و کارکنان را برآورده سازند (کرمانی القریشی، ۱۳۸۴). مدیریت دانش از اواخر دهه ۱۹۷۰ مطرح گردید. مدیریت دانش به دنبال تصرف دانش، خرد و تجربیات با ارزش افزوده کارکنان و نیز پیاده سازی، بازیابی و نگهداری دانش، به عنوان دارایی های سازمان است. به گفته پیتز دراکر^۵ «راز موفقیت سازمانها در قرن ۲۱، همان مدیریت دانش است». مدیریت دانش سازمانی می تواند از طریق توسعه منابع انسانی به عنوان یک مزیت رقابتی مورد

6. Martentsoon
7. Glasser
8. Ardichvili
9. Wonyoon

4. Knowledge Management
5. Peter Druker

که چه عواملی زمینه‌ساز استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه در سال ۹۲-۱۳۹۱ می‌باشد.

با گذر از انقلاب صنعتی و ورود به هزاره جدید، مهمترین متغیر رشد همه‌جانبه سازمان‌ها دانش است. امروزه دانش یک سرمایه تلقی می‌شود. سازمان توسعه و همکاری اقتصادی^۱، بر اقتصاد دانش‌محور و نقش دانش در پیشرفت های اقتصادی در هزاره سوم تاکید کرده است.

تجربه چندین دهه سازمان‌ها گواه است که مدیریت دانش در کشور های پیشرفته در بخش خصوصی بیشتر از بخش دولتی مورد توجه قرار گرفته است، اما در کشور ایران هم در بخش دولتی و هم در بخش خصوصی از آن غفلت شده است، به همین دلیل دولت جمهوری اسلامی ایران، توسعه مبتنی بر دانایی (دانش‌محور) را یکی از محور های اساسی برنامه چهارم توسعه کشور قرار داده است. در بخش اول قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی (۱۳۸۳) نیز به رشد اقتصاد ملی دانایی‌محور و بخش چهارم به توسعه مبتنی بر دانایی اختصاص یافته است. برای دستیابی به توسعه مبتنی بر دانایی، مدیریت دانش یک رکن است.

چنانچه دانش به طور اصولی مدیریت نشود و دانش فردی به دانش جمعی تبدیل نگردد نمی‌توان آن را به عنوان رکن توسعه قلمداد نمود (حسن زاده، ۱۳۸۶). اکنون، مناسب ترین فرصت برای توجه جدی به مدیریت دانش و استقرار آن در بخش دولتی است. پیاده‌سازی مدیریت دانش در هر سازمان مستلزم وجود زمینه‌هایی است که این زمینه‌ها اعم از اینکه فنی، علمی یا فرهنگی باشند بایستی به وجود آیند.

مبانی زیر ساخت مدیریت دانش، شامل نظام فناوری اطلاعات، فرآیند های دانش و فرهنگ سازمانی است که این مبانی به استفاده کامل از دانش منجر می‌شود. با توجه به اهمیت مدیریت دانش و فواید و مزایای فراوان استفاده از آن در سازمان های کشور، این تحقیق سعی بر آن دارد تا جهت توسعه و ارتقای عملکرد شرکت مخابرات استان کرمانشاه عوامل زمینه‌ساز ای استقرار مدیریت دانش در آن سازمان را مورد بررسی قرار داده و پیشنهاد های مناسبی را جهت بکارگیری آن به منظور ارتقاء توانمندی های سازمان ارائه

زیر ساخت دانش ساز و کاری است که سازمان از طریق آن دانش را مدیریت می‌کند و افراد در بخش‌های متفاوت آن، دانش خود را از طریق این زیر ساخت تسهیم می‌کنند به طوری که اعضاء بتوانند از آن دانش به طور کاملاً مؤثر استفاده نمایند. مبانی زیر ساخت مدیریت دانش عبارتند از: فرآیند های دانش، فناوری اطلاعات و فرهنگ سازمانی. متأسفانه به غم نمونه‌های بسیار در جهان کار، تعداد کمی از سازمان‌ها و شرکت‌ها و موسسات آموزشی به چالش توسعه استراتژی‌ها برای مدیریت دانش و استقرار آن پرداخته‌اند.

هر چند در حال حاضر سازمان‌های بسیاری در زمینه توسعه دانش در سطوح مختلف سرمایه‌گذاری کرده و موفق بوده‌اند، اما سازمان‌های بسیار زیادی نیز با شکست مواجه شده‌اند. فقدان ساز و کار های صحیح ارزیابی و پیاده‌سازی مدیریت دانش، این سرمایه‌گذاری را در ذهن مدیران تنها به یک هزینه اضافی تبدیل کرده است. از این رو سازمانها باید محیطی را برای اشتراک، انتقال و تقابل دانش در میان اعضای خود به وجود آورند و افراد را در جهت با مفهوم کردن تعاملاتشان آموزش دهند و سعی در ایجاد بستر سازی و شناسایی عوامل زمینه‌ساز جهت استقرار مدیریت دانش در سازمان نمایند (فایرستون و مک‌ال روی، ۱۳۸۷). از جمله عوامل زمینه‌ساز می‌توان فرهنگ سازمانی، فرآیند های دانش و فناوری اطلاعات را نام برد. به عنوان مطالعه موردی بررسی عوامل زمینه‌ساز استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه یک نیاز اساسی و مبرم می‌باشد که در این پژوهش مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

امروزه اغلب صاحب نظران معتقدند که شرکت مخابرات به عنوان اصلی‌ترین نهاد ارتباطات و فناوری اطلاعات، در جامعه به منظور مقابله با چالش های هزاره جدید، ناگزیر از ایجاد فرهنگ تسهیم دانش و بهره‌گیری از راهبرد کارآمد مدیریت دانش می‌باشد.

با توجه به اینکه مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه، هنوز نتوانسته است جایگاه خود را بیابد لذا بستر سازی و شناسایی عوامل زمینه‌ساز برای استقرار مدیریت دانش در این سازمان لازم و ضروری به نظر می‌رسد. به این ترتیب مسأله اساسی این پژوهش پاسخ به این سوال است

۴ - تبیین تفاوت اثرگذاری فرهنگ سازمانی، نظام فرایندهای دانش و نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه. از نظر مکانی نیز، این تحقیق در شرکت مخابرات استان کرمانشاه که یکی از شرکت‌های زیر مجموعه شرکت مخابرات ایران است، اجرا می‌گردد.

۳- مفاهیم واصطلاحات

فرآیندهای دانش: منظور از فرآیندها در مدیریت دانش، جمع آوری و سازماندهی دانش سازمانی و بهره برداری از این سرمایه‌های دانشی است (اورمزدی، ۱۳۸۶).

فرهنگ سازمانی: سیستمی از درک مشترک اعضا نسبت به سازمان می‌باشد و همین ویژگی سازمان را از سایر سازمان‌های دیگر متمایز می‌کند. در این سیستم اعضا درک یکسان و مشترکی از سازمان دارند (رابینز^{۱۱}، ۱۳۸۵).

فناوری اطلاعات: فناوری اطلاعات شامل محدوده‌ی وسیعی از اختراعات و رسانه‌های ارتباطی است که سیستم‌های اطلاعاتی و افراد را به یکدیگر مرتبط می‌کنند و عبارتند از: پست صدا - پست الکترونیکی، کنفرانس صوتی، کنفرانس ویدیویی، اینترنت، نرم افزارها، سخت افزارها و مانند آن. سیستم‌های اطلاعات و فناوری اطلاعات غالباً در هم پیچیده هستند و معمولاً برای اشاره به آنها، اصطلاح فناوری اطلاعاتی را به کار می‌برند (تی سنگ^{۱۲}، ۲۰۰۲).

مدیریت دانش: شیوه شناسایی، در اختیار گرفتن، سازماندهی و پردازش اطلاعات جهت خلق دانش می‌باشد که پس از آن توزیع می‌شود و سپس در دسترس دیگران قرار می‌گیرد تا برای خلق دانش بیشتر استفاده شود (رادینگ^{۱۳}، ۱۳۸۳).

۴- روش تحقیق

با توجه به مطالب بیان شده این تحقیق از لحاظ تقسیم بندی بر مبنای هدف از نوع کاربردی بوده و برای انجام آن از روش نظری/کاربردی (توصیفی-پیمایشی) استفاده شده است. در زمینه جنبه‌های عملی مرتبط با موضوع و بررسی

نماید. همچنین از طریق این تحقیق می‌توان به معرفی مزایا و منافع استقرار مدیریت دانش در سازمان‌ها پرداخت و توجه و انگیزه لازم را برای استفاده از آن در سازمان‌ها جلب نموده و با به کار بستن یافته‌هایی که از این تحقیق به دست خواهد آمد بسیاری از مشکلات سازمان را بر طرف ساخت و سایر شرکت‌های مخابرات استان‌های دیگر نیز می‌توانند از نتایج آن استفاده نمایند. لذا تحقیق حاضر از این جهت دارای کارکرد کاربردی می‌باشد. این تحقیق همچنین می‌تواند به شناخت و درک بیشتر مفهوم مدیریت دانش، زیرساخت‌های آن، فرآیندها، و چرخه‌ی مدیریت دانش و سایر موارد مربوط به آن منجر شود که از این نظر می‌تواند به نهادینه کردن مدیریت دانش کمک نماید.

۲- اهداف تحقیق

از موارد مهم اهداف اصلی انجام این تحقیق می‌توان به شناسایی عوامل زمینه ساز مدیریت دانش و لزوم اجرای نظام مدیریت دانش و فواید حاصل از آن در شرکت مخابرات استان کرمانشاه دانست. علاوه بر این در شرکت مخابرات استان کرمانشاه که اهمیت دانش و سرمایه‌های دانشی در آن نهفته نیز مشهود می‌باشد، متأسفانه تا کنون برغم اینکه در سایر جوانب سرآمد شرکت‌های مخابرات سایر استان‌ها می‌باشد، در مقوله مدیریت دانش گامی برنداشته است و در ابتدای راه است. لذا نیاز است به این مقوله به صورت جدی پرداخته شود و دانش سازمانی را نیز جزئی از سرمایه‌های حیاتی و با ارزش خود قلمداد نماید و در صدد حفظ، نگهداری، ارتقاء کشف و انتشار دانش خود باشد. همچنین اهداف فرعی نیز در این تحقیق به شرح زیر مورد انتظار است.

- ۱ - تبیین ارتباط بین نظام فرایندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه.
- ۲ - تبیین ارتباط بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه.
- ۳ - تبیین ارتباط بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه.

11. Robbins

12. Tsang

13. Rading

• با توجه به این که تحقیق حاضر در سطح کارکنان شرکت مخابرات استان کرمانشاه انجام شده است، پاسخگویی به سوالات پرسشنامه نوعاً با محدودیت‌ها و مشکلات خاص خود همراه بود.

• ویژگی‌های شخصیتی متفاوت کارکنان و تأثیر این ویژگی‌ها در تکمیل پرسشنامه.

• خستگی، مشغله کاری و بی‌انگیزه بودن افراد در هنگام پاسخ دادن به سوالات و تکمیل پرسشنامه.

۶- روش نمونه‌گیری و نمونه آماری تحقیق

در این تحقیق از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده می‌گردد و از آنجا که چارچوب جامعه آماری ما محدود و در دسترس می‌باشد، حجم نمونه آن متناسب با تعداد افراد جامعه با استفاده از فرمول کوکران محاسبه می‌شود.

$$n = \frac{N \times z^2 \alpha/2 \times p \times q}{\epsilon^2 \times (N - 1) + z^2 \alpha/2 \times p \times q}$$

فرمول

حجم نمونه

$$n = \frac{370 \times (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5}{(0.1)^2 \times 369 + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5} \approx 77$$

حجم نمونه تعیین شده با استفاده از فرمول یاد شده ۷۷ می‌باشد.

۷- ابزار جمع‌آوری اطلاعات

در این تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه استفاده شده است. پرسشنامه به عنوان یکی از متداول‌ترین ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات در تحقیقات پیمایشی، عبارتست از مجموعه‌ای از پرسش‌های هدف‌دار که با بهره‌گیری از مقیاس‌های گوناگون، نظر، دیدگاه و بینش یک فرد پاسخگو را مورد سنجش قرار می‌دهد.

پرسشنامه این تحقیق که به صورت حضوری توزیع گردید شامل ۴۴ سوال می‌باشد.

برای مقیاس‌بندی پاسخ سوالات پرسشنامه در این تحقیق از طیف لیکرت استفاده شده است.

فرضیات از توزیع پرسشنامه و جمع‌آوری اطلاعات در جامعه آماری مورد نظر و توصیف نظرات استفاده شده است.

۵- جامعه آماری تحقیق

جامعه آماری عبارتست از کلیه افراد، وقایع یا چیزهایی که محقق می‌خواهد به تحقیق درمورد آنها بپردازد، به طوری که حداقل دریک صفت مورد نظر مشترک باشند (سکاران، ۱۳۸۱، ۲۹۶). با توجه به قلمرو مکانی تحقیق شرکت مخابرات استان کرمانشاه، جامعه آماری شامل کارکنان دارای مدرک تحصیلی فوق دیپلم به بالای این شرکت می‌باشد که با استعلام از معاونت اداری و برنامه ریزی این شرکت، تعداد آنها برابر با ۳۷۰ نفر می‌باشد. ترکیب جنسی، سنی، سطح تحصیلات و سابقه کار پاسخ‌دهندگان به شرح زیر است:

○ زنان ۱۳٪ نمونه مورد نظر و مردان ۸۷٪ نمونه مورد نظر را تشکیل داده‌اند.

○ از نظر سن بیشترین درصد فراوانی (۶۲/۳۳ درصد) مربوط به گروه سنی ۴۱-۵۰ و کمترین درصد فراوانی (۳/۸۹ درصد) مربوط به گروه سنی ۲۰-۳۰ سال می‌باشد.

○ از نظر سطح تحصیلات بیشترین درصد فراوانی (۵۳/۲۴ درصد) مربوط به دارندگان مدرک لیسانس و کمترین فراوانی (۱۸/۱۸ درصد) مربوط به دارندگان مدرک فوق لیسانس می‌باشد.

○ از نظر سابقه کار بیشترین درصد فراوانی (۶۶/۲۳ درصد)، مربوط به افرادی است که بین ۲۱-۳۰ سال سابقه دارند و کمترین درصد فراوانی (۹/۱۰ درصد) مربوط به افرادی است که بین ۱-۱۰ سال سابقه داشته‌اند.

همچنین محدودیت‌های در رابطه با انجام تحقیق به شرح زیر قابل ذکر است:

• عدم آشنایی بسیاری از کارکنان با موضوع مدیریت دانش و همچنین عدم آشنایی بعضی از آنان با معنی و منظور برخی از گویه‌ها.

جدول ۱: نحوه امتیاز دهی به پاسخ‌ها ۱

گزینه‌ها	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
امتیازات	۱	۲	۳	۴	۵

جدول ۲: آلفای کرونباخ برای قابلیت اعتماد با استفاده از نرم افزار SPSS

تعداد	آلفای کرونباخ
۴۴	۰/۸۷۸

پاسخ‌گویان سوالات را درک کرده‌اند و مشکلی در پرسشنامه نیست، پرسشنامه نهایی جهت اجرا در جامعه آماری تهیه گردید.

۱۰- پایایی

یکی از ویژگی‌های ابزار اندازه‌گیری (که در این تحقیق پرسشنامه است) پایایی آن است. مفهوم یادشده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تاچه اندازه نتایج یکسانی بدست می‌دهد.

برای محاسبه ضریب قابلیت پایایی، شیوه‌های مختلفی بکار برده می‌شود که از آن جمله می‌توان به اجرای دوباره (باز آزمایی)، روش موازی (همتا) روش تصنیف (دو نیمه کردن عبارت پرسشنامه و محاسبه همبستگی نمرات دو دسته) و روش آلفای کرونباخ اشاره کرد.

در این تحقیق برای اندازه‌گیری پایایی (اعتبار) ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه)، از روش آلفای کرونباخ استفاده شد که با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه می‌گردد. هرچه قدر درصد بدست آمده به ۱۰۰ درصد نزدیکتر باشد، بیانگر قابلیت اعتماد بیشتر پرسشنامه است. قابل ذکر است که ضریب الفای کمتر از ۶۰ درصد معمولاً ضعیف تلقی می‌شود، دامنه ۷۰ درصد قابل قبول و بیش از ۸۰ درصد خوب تلقی می‌گردد. البته هرچند ضریب اعتماد به عدد یک نزدیکتر باشد، بهتر است (سکاران، ۱۳۸۱، ۳۸۵). آلفای کرونباخ با استفاده از نرم افزار SPSS در جدول (۲) نشان داده شده است. مطابق جدول (۲) آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۷۸، است که ضریب پایایی بسیار خوبی است که این خود مبین پایایی تحقیق است.

این طیف یک مقیاس فاصله‌ای است که از تعدادی عبارت و گزینه‌های جوابیه تشکیل شده است. از طریق این مقیاس می‌توان حساسیت، نگرش، تعلق، باور و احساسات پاسخگو را تعیین کرد (خاکی، ۱۳۷۸: ۲۵۸). نحوه امتیاز دهی به پاسخ‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

۸- معرفی متغیرهای پژوهش

در این پژوهش عوامل زمینه‌ساز به عنوان متغیرمستقل و استقرار مدیریت دانش متغیر وابسته می‌باشد. متغیرهای مربوط به عوامل زمینه‌ساز استقرار مدیریت دانش شامل: فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی و فناوری اطلاعات می‌باشند.

۹- روایی

چون در این تحقیق، ابزار جمع‌آوری اطلاعات و اندازه‌گیری متغیرها، پرسشنامه است، روایی پرسشنامه از اهمیت خاصی برخوردار است. طرح پرسش‌های درست با عباراتی که ابهام آن به حداقل ممکن برسد، شرط اساسی برای روایی پرسشنامه است (بست ۲۳۵، ۱۳۷۱). بنابراین برای افزایش روایی ابزار پژوهش در این تحقیق در ابتدا متغیرهای تحقیق شناسایی و براساس آنها، پرسشنامه تهیه شد. بعد از تهیه پرسشنامه اولیه، با اساتید راهنما و مشاور، مشورت گردید و پس از دریافت نظرات و پیشنهادات اصلاحی، سوالاتی که نقص داشتند مورد اصلاح و بازبینی قرار گرفتند و سوالات نامناسب حذف و سوالات دیگری جایگزین آنها شد و در بین تعدادی از افراد جامعه آماری توزیع و جمع‌آوری شد. بدین وسیله روایی پرسشنامه مشخص گردید و بارها اصلاحاتی در آن صورت گرفت در نهایت پس از اطمینان از این که

جدول ۳: آزمون نرمال بودن و نرمال نبودن براساس آماره کولموگروف اسمیرنوف متغیرهای فرهنگ سازمانی، فناوری اطلاعات، فرآیندهای دانش و مدیریت دانش

فرهنگ سازمانی	فناوری اطلاعات	فرآیندهای دانش	مدیریت دانش
۳/۸۹۴	۲/۳۹۳	۰/۷۶۷	۰/۹۰۰
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۹۷	۰/۳۹۳

جدول ۴: ضریب همبستگی بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات کرمانشاه

متغیرها	تعداد N	ضریب همبستگی R	سطح معناداری
فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش	۷۷	۰/۸۵۴	۰/۰۱

۱۲- تجزیه و تحلیل رابطه بین نظام فرآیندهای دانش

و استقرار مدیریت دانش

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نظرات پاسخ‌دهندگان پیرامون وجود رابطه معنادار بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه، که براساس آزمون فرض ضریب همبستگی اسپیرمن انجام شده است، نشان می‌دهد که:

$$H_0 : r \leq 50$$

$$H_1 : r > 50$$

H_0 = بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه در حد متوسط رابطه وجود دارد.

H_1 = بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه بیش از حد متوسط رابطه وجود دارد.

بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه همبستگی قابل قبولی وجود دارد (جدول، ۴). با توجه سطح معناداری ۰/۰۱ یا همان سطح اطمینان ۰/۹۹، نتایج پاسخ دهندگان نشان می‌دهد که رابطه معنادار بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه وجود دارد.

۱۱- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از اجرای آزمون (پرسشنامه پژوهشی) به دو صورت توصیفی و تحلیلی (آماراستنباطی) صورت گرفته است. در پژوهش حاضر برای بررسی رابطه بین متغیرهای مستقل (نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی و نظام فناوری اطلاعات) و متغیر وابسته (مدیریت دانش)، از روش ضریب همبستگی اسپیرمن و برای بررسی نقش تعیین‌کنندگی و تفاوت تأثیر مؤلفه‌های مدیریت دانش در استقرار مدیریت دانش، از آزمون کروسکال - والیس استفاده گردید. برای بررسی فرضیات پژوهش از نرم افزار SPSS استفاده شده و تحلیل‌های مربوطه صورت گرفته است.

یکی از پیش فرض‌های اساسی در تجزیه تحلیل داده‌ها و بررسی فرضیات پژوهش، بررسی فرض نرمال بودن یا نرمال نبودن توزیع داده‌های تحقیق است، لذا از روش کولموگروف اسمیرنوف برای تعیین وضعیت نرمال بودن یا نبودن استفاده شد. مطابق جدول (۳) توزیع متغیرهای مدیریت دانش و فرآیندهای دانش نرمال است اما توزیع متغیرهای فناوری اطلاعات و فرهنگ سازمانی در سطح معنی داری (۰/۰۱) نرمال نیست. اگر مقدار معنی داری آزمون کمتر از ۰/۰۵ باشد متغیر نرمال نیست و اگر بیشتر از ۰/۰۵ باشد متغیر نرمال است.

تحلیل آماری نتایج حاصل از تعداد ۷۷ نفر پاسخ دهندگان حاکی از آن است که در سطح معناداری ۰/۰۱ یا همان سطح اطمینان ۰/۹۹، رابطه قابل قبولی بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه وجود دارد (جدول، ۶).

۱۵- تجزیه و تحلیل رابطه بین فرهنگ سازمانی، نظام فرآیندهای دانش و نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت-دانش

برای مقایسه تأثیر هر یک از متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه، از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس که معادل آنالیز واریانس در مبحث پارامتری است، استفاده شد. تحلیل نتایج براساس آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس نشان می‌دهد که:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

H_0 = میزان تأثیر هر یک از متغیرهای (نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات) در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه برابر است.

H_1 = میزان تأثیر هر یک از متغیرهای (نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات) در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه نیست.

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از نظرات پاسخ دهندگان پیرامون میزان تأثیر هر یک از متغیرهای (نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات) در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه براساس آزمون کروسکال - والیس مطابق جدول (۷) نشان می‌دهد که مقدار معنی داری آزمون برابر صفر است و چون این مقدار از ۰/۰۵ کمتر است در نتیجه فرض برابری میانگین تأثیر متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات) در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه در سطح خطای ۰/۰۵ مورد تأیید نیست. این مطلب بدان معنی است که اختلاف معناداری در بین میانگین نظرات پاسخ دهندگان پیرامون میزان تأثیر هر

۱۳- تجزیه و تحلیل فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از نظرات پاسخ دهندگان پیرامون وجود رابطه معنادار بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه، که براساس آزمون فرض ضریب همبستگی اسپیرمن انجام شده است، نشان می‌دهد که:

$$H_0 : r \leq 50$$

$$H_1 : r > 50$$

H_0 = بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه در حد متوسط رابطه وجود دارد.

H_1 = بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه بیش از حد متوسط رابطه وجود دارد.

تحلیل آماری نتایج حاصل از تعداد ۷۷ نفر پاسخ دهندگان حاکی از آن است که در سطح معناداری ۰/۰۱ یا همان سطح اطمینان ۰/۹۹، رابطه بسیار خوبی بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه وجود دارد (جدول، ۵).

۱۴- تجزیه و تحلیل رابطه بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نظرات پاسخ دهندگان پیرامون وجود رابطه معنادار بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه، که براساس آزمون فرض ضریب همبستگی اسپیرمن انجام شده است، نشان می‌دهد که:

$$H_0 : r \leq 50$$

$$H_1 : r > 50$$

H_0 = بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه در حد متوسط رابطه وجود دارد.

H_1 = بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه بیش از حد متوسط رابطه وجود دارد.

یک از متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه وجود دارد. مقادیر میانگین رتبه‌ای بدست آمده از آزمون کروسکال - والیس، برای متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات به ترتیب برابر ۴۹/۶۵، ۱۳۴/۰۶ و ۱۶۴/۲۹ است (جدول، ۸). یعنی این که میزان تأثیر هر یک از متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه برابر نیست.

جدول ۵: ضریب همبستگی بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات کرمانشاه

متغیرها	تعداد N	ضریب همبستگی R	سطح معناداری Sig. (2-tailed)
فرهنگ سازمانی و مدیریت دانش	۷۷	۰/۹۱۵	۰/۰۱

جدول ۶: ضریب همبستگی بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات کرمانشاه

متغیرها	تعداد N	ضریب همبستگی R	سطح معناداری
نظام فناوری اطلاعات و مدیریت دانش	۷۷	۰/۸۱۲	۰/۰۱

جدول ۷ - مقادیر آزمون کروسکال - والیس برای مقایسه تأثیر هر یک از متغیرهای نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه

مقدار k_2	درجه آزادی	مقدار معنی داری
۱۳۰/۷۵۱	۲	۰/۰۰

جدول ۸ - مقادیر میانگین رتبه‌ای متغیرهای مستقل نظام فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی، نظام فناوری اطلاعات در استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه در آزمون کروسکال - والیس

میانگین رتبه	متغیرهای مستقل
۴۹/۶۵	فرآیندهای دانش
۱۳۴/۰۶	فناوری اطلاعات
۱۶۴/۲۹	فرهنگ سازمانی

۱۶- نتیجه گیری

۱- بین نظام فرآیندهای دانش و استقرار مدیریت دانش همبستگی قابل قبولی ($r = / ۸۵۴$) وجود دارد. وجود فرآیندهای دانش می تواند زمینه استقرار مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه را فراهم نماید و هرچه پردازش و تبادل دانش در این شرکت بهتر صورت بگیرد زمینه استقرار مدیریت دانش در آن نیز بیشتر فراهم می شود.

۲ - بین فرهنگ سازمانی و استقرار مدیریت دانش، همبستگی بسیار خوبی ($r = / ۹۱۵$) وجود دارد. یعنی وجود فرهنگ سازمانی در شرکت مخابرات استان کرمانشاه می تواند زمینه استقرار مدیریت دانش در آن شرکت را فراهم نماید.

۳ - همچنین بین نظام فناوری اطلاعات و استقرار مدیریت دانش، همبستگی قابل قبولی ($r = / ۸۱۲$) وجود دارد. یعنی وجود نظام فناوری اطلاعات در شرکت مخابرات استان کرمانشاه می تواند زمینه استقرار مدیریت دانش در آن شرکت را فراهم نماید.

۴ - مقادیر میانگین رتبه ای بدست آمده در آزمون کروسکال - والیس برای هر یک از متغیرهای فرآیندهای دانش، فرهنگ سازمانی و فناوری اطلاعات به ترتیب برابر ۴۹/۶۵، ۱۳۴/۰۶ و ۱۶۴/۲۹ است.

منابع

۱. بهیان، مینا. (۱۳۸۴). تحلیلی بر میزان استفاده و تاثیر انواع آموزش ها در ارتقای دانش و مهارت کارکنان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.
۲. پروبست، گیلبرت، روب، استفان، مهداد و کای. (۱۳۸۵). مدیریت دانش، ترجمه علی حسینی خواه، تهران: نشر یسپرون.
۳. پیروی، فرزاد. (۱۳۸۶). طراحی سیستم مدیریت دانش با استفاده از تکنولوژی سیستم های چند عاملی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
۴. حسن زاده، محمد. (۱۳۸۶). مدیریت دانش، مفاهیم وزیر ساخت ها، تهران نشر کتابدار.
۵. حسن زاده، محمد. (۱۳۸۵). بررسی زیر ساخت مدیریت

مقادیر میانگین رتبه ای متغیر های مذکور نشان دهنده میزان تأثیر هر یک از این متغیرها می باشد. بنابراین تأثیر سه متغیر فرآیندهای دانش، فناوری اطلاعات و فرهنگ سازمانی متفاوت است. نظام فرآیندهای دانش، بیشترین تأثیر و فرهنگ سازمانی، کمترین تأثیر را در استقرار و پیاده سازی مدیریت دانش در شرکت مخابرات استان کرمانشاه دارد.

۱۷- پیشنهادات

با توجه به اهمیت و ضرورت موضوع پیشنهاد می شود:

- ۱- تحقیق درباره این موضوع در سایر شرکت های مخابرات نیز صورت گیرد تا محدودیت تعمیم نتایج مرتفع گردد.
- ۲ - تأثیرات برنامه های مدیریت دانش بر عملکرد شرکت بررسی شود.
- ۳- چار چوبی جهت پیاده سازی مدیریت دانش در شرکت های مخابرات ارائه شود.
- ۴- مدل مناسبی جهت اجرای چرخه مدیریت دانش در شرکت های مخابرات طراحی شود.
- ۵- چالش های موجود در سر راه شرکت های مخابرات برای پیاده سازی مدیریت دانش بررسی شود.
- ۶- در انجام تحقیقات مشابه به محدودیت ها و مشکلات مطرح شده توجه شود.

- دانش در دولت جمهوری اسلامی ایران، پایان نامه دکتری علوم کتابداری و اطلاع رسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۶. حسن زاده، محمد. (۱۳۸۴). مدیریت اطلاعات و مدیریت دانش: رویکردی مقایسه ای، مجله اطلاع شناسی، شماره ۱۲، ص ۷.
 ۷. حسن زاده، محمد. (۱۳۸۳ الف). نقش کتابداران و اطلاع رسانی در مدیریت دانش سازمان ها. فصلنامه کتاب شماره ۵۹، ص ۱۰۳.
 ۸. خوانساری، جیران. (۱۳۸۴). بررسی وضعیت مدیریت دانش در کتابخانه های تخصصی امور برق وزارت نیرو و ارائه الگوی پیشنهادی، پایان نامه دکتری کتابداری و اطلاع رسانی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۹. رادینگ، آ.ن. (۱۳۸۳) مدیریت دانش، ترجمه محمد حسین لطیفی، چاپ اول، تهران: انتشارات سمت .
۱۰. رحیمی، حمید و نجفی، محمد. (۱۳۸۶). مدیریت دانش در سازمان های آموزشی، تهران: انتشارات جاودانه، جنگل.
۱۱. فایرستون، ژوزف و مک الروی، مارک. (۱۳۸۷). مباحث کلیدی در مدیریت دانش جدید، ترجمه احمد جعفر نژاد خدیجه سفیری، تهران: موسسه ی کتاب مهربان نشر، ص ۱۸-۴.
۱۲. کرمانی القریشی، محمد رضا. (۱۳۸۳). امکان سنجی استقرار مدیریت دانش در صنعت فولاد کشور. مورد مطالعه: شرکت ذوب آهن اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان .
۱۳. مارتنسون، ماریا. (۱۳۸۰). بررسی نقادانه مدیریت دانش به عنوان ابزار مدیریت. ترجمه م، مجدم، ماهنامه تدبیر، شماره ۱۱، ص ۱۰۳-۸۶.
۱۴. رادینگ، آ.ن. (۱۳۸۳) مدیریت دانش، ترجمه محمد حسین لطیفی، چاپ اول، تهران: انتشارات سمت.
15. Ahn, Y., Park, S. and Jung, Y. (2009). A case study on knowledge management of Busan Metropolitan City. *Advances in Developing Human Resources*, San Francisco. Vol.11, pp. 388-391.
16. Ardichvili, A. , Yoon, S. and Won Yoon, A. (2009). Designing integrative knowledge management system: Theoretical considerations and practical application. *Advances in Developing Human Resources*, San Francisco. Vol,11, pp. 30-34.
17. Earl, M.J. and Scott, I.A. (2007). What is a chief knowledge officer? *Sloan Management Review*, Vol.11, No. 2, pp. 431- 442.
18. Hahn, J. and Wang, T. (2009). Knowledge management systems and organizational knowledge processing. *Challenges: A Field Experiment*. Krannert Graduate School of Management, Purdue University.
19. Martensson, M. (2000). A critical review of knowledge management as a management tool. *Journal of Knowledge Management*, Vol,4.No,3, pp. 68-89.
20. Yang, J. and Wan, C. (2003). Advancing organizational effectiveness and knowledge management implementation tourism management, *Journal of Management*, , Vol3.No 7. pp. 10-22.

راهنمای نگارش

مقالات فصلنامه علمی - پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

ج- چکیده: متنی حاوی حداکثر ۲۰۰ واژه که بیانگر نکات اصلی مقاله باشد.

د- کلید واژگان: شامل حداکثر ۵ واژه اصلی که بتواند در نمایه‌گذاری مقاله، ویژگی‌های آن را توصیف کند.

ه- بدنه مقاله: شامل مقدمه، تبیین مسئله اصلی تحقیق، روش کاربردی برای حل مسئله و نتایج آن. این بخش باید چنان کامل باشد که خواننده با مطالعه آن به اقتناع علمی دست یابد از سویی لازم است نگارندگان از تطویل کلام بپرهیزند و بخشهای غیر ضروری را از مقاله حذف کنند.

و- مراجع: شامل همه کتابها، مقاله‌ها، گزارشها و صفحه‌های وب مورد استناد در مقاله.

یادآوری ۱: شکلها، جدولها و مراجع باید به ترتیبی که در متن آمده‌اند شماره‌گذاری شود. (عنوان شکل در زیر آن و عنوان جدول در بالای آن ذکر می‌شود).

یادآوری ۲: شیوه نگارش مراجع و ارجاع به آن در متن، مطابق استاندارد نشریات IEEE است.

یادآوری ۳: در مقاله‌های فارسی لازم است همه اصطلاحها، اسامی و اعداد کاربردی در متن مقاله، جدولها و شکلها به زبان فارسی نوشته شود و در صورت نیاز معادل فارسی آن در زیرنویس صفحه آورده شود. مبنای انتخاب معادل فارسی، مصوبات فرهنگستان زبان و ادب فارسی است.

یادآوری ۴: شیوه نگارش فارسی فصلنامه براساس «دستور خط فارسی» مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی است و نگارندگان لازم است اصول نگارش آن را در مقاله رعایت کنند.

۵- مقاله‌های دریافتی به هر دو زبان فارسی و انگلیسی قابل پذیرش است. فصلنامه شماره‌های ویژه‌ای را به مقاله‌های انگلیسی زبان اختصاص خواهد داد. به هر حال همه مقاله‌ها (خواه فارسی، خواه انگلیسی) باید دارای چکیده دو زبانه باشد.

۶- لازم است نگارندگان مقاله خود را در محیط MS-Word به صورت دو ستونه، با فاصله خطوط ۱ (Single) و با قلم بی-لوتوس (B Lotus) ۱۱ (برای مقاله فارسی) و Times New Roman ۱۱ (برای مقاله انگلیسی) و با رعایت حاشیه بالا ۳ سانتی‌متر، پایین ۱ سانتی‌متر، چپ ۲٫۵ سانتی‌متر، راست ۲٫۵ سانتی‌متر و با توجه به نکات بند ۴، آماده و به دفتر نشریه

فصلنامه علمی-پژوهشی «فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران»، نشریه‌ای علمی است که با هدف ایجاد ارتباط میان پژوهشگران و اندیشمندان عرصه فناوری اطلاعات و اعتلای سطح دانش نظری این حوزه علمی منتشر می‌شود. این فصلنامه در پی آن است که زمینه‌ای مناسب را برای ارائه آخرین یافته‌های علمی محققان در حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات در داخل و خارج از ایران پدید آورد.

فصلنامه پذیرای مقاله‌هایی است که حاصل پژوهشهای اصیل نظری، کاربردی و توسعه‌ای در زمینه‌های تخصصی فناوری اطلاعات و فناوری ارتباطات باشد، از این رو از همه پژوهشگران و متخصصان دعوت می‌شود تا نتایج تحقیقات خود را برای انتشار به فصلنامه ارسال کنند. در این خصوص اشاره به نکات زیر ضروری است.

۱- مقاله‌های ارسالی به فصلنامه باید دربرگیرنده نتایج نو در هر یک از حوزه‌های تخصصی فصلنامه باشد و نباید قبلاً در هیچ نشریه دیگری به چاپ رسیده یا به طور همزمان به سایر نشریه‌های داخلی و خارجی برای داوری ارسال شده باشد. شایان ذکر است انتشار مقاله کاملی که خلاصه نتایج آن پیشتر در مجامع علمی ارائه و چاپ شده باشد، بلامانع است.

۲- مقاله‌های ارسالی به فصلنامه باید حاوی مطالب جدید و واجد نتایج، روشها، مفاهیم، کاربردها یا ترکیبی از این موارد باشد.

۳- فصلنامه از مقاله‌های مروری، تحلیلی و توصیفی (با دعوت از صاحب‌نظران برجسته) و نیز نامه به سردبیر (در نقد، تحلیل و تشریح مقاله‌ای خاص) استقبال می‌کند.

۴- مقاله‌ها باید بتوانند اطلاعات کافی را به خواننده منتقل کنند، از این رو لازم است حاوی بخشهای زیر باشند:

الف - عنوان مقاله: گویای اصلی‌ترین نکته و یافته مقاله (طول عنوان نباید از ۱۵ واژه بیشتر باشد).

ب - مشخصات نویسندگان: شامل نام و نام خانوادگی، شغل، وابستگی سازمانی، نشانی پستی و الکترونیکی.

۸- هر مقاله پس از بررسی سردبیر به سه داور ارسال می‌شود. جمع‌بندی نظریات داوران برعهده سردبیر فصلنامه است. فصلنامه حق پذیرش، ویرایش یا رد مقاله‌ها را برای خود محفوظ می‌دارد.

۹- فصلنامه متعهد می‌شود در ازای چاپ هر مقاله، تعداد پنج نسخه از بازچاپ مقاله (یا پنج نسخه از مجله) را برای نویسنده عهده‌دار مکاتبات ارسال کند. ضمناً دسترسی به نسخه الکترونیکی مقاله برای همه نویسندگان مقاله امکان‌پذیر خواهد بود.

ارسال کنند. (در ضمن در صورت امکان، PDF آن را نیز ارسال شود).

یادآوری: ضروری است نشانی کامل پستی و الکترونیکی و نیز شماره تلفن نویسنده عهده‌دار مکاتبات (Corresponding Author) در مقاله ارسالی معلوم باشد تا امکان ایجاد ارتباط با نگارندگان فراهم آید.

۷- حق نشر مقاله‌ها برای فصلنامه محفوظ است؛ از این رو ضروری است نویسنده عهده‌دار مکاتبات به نمایندگی از همه نویسندگان «مجوز حق انتقال نشر» را امضا کند، در غیر این صورت فصلنامه از چاپ مقاله پذیرفته شده معذور است.

معرفی انجمن فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

اهداف

- انجمن فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران در سال ۱۳۸۳ با اهداف زیر تشکیل گردید:
- ایجاد ارتباط با پژوهشگران و افراد خیره در حوزه‌های مرتبط با فناوری اطلاعات (IT)، فناوری ارتباطات (CT) و فراهم نمودن زمینه‌های شناسایی و همکاری مشترک بین آنها.
 - همکاری با نهادهای اجرائی، علمی و پژوهشی مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات، اقدام در جهت پیوند و همکاری دستگاههای اجرائی با مجموعه‌های علمی - تحقیقاتی.
 - توسعه فرهنگ استفاده مطلوب از توانمندیهای فناوری اطلاعات و ارتباطات.
 - ارزیابی و تحلیل عوامل رشد کشورهای مشابه دیگر و استفاده مطلوب از تجربیات دیگران در توسعه کشور در حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات.

برنامه‌ها

- انجمن به منظور تحقق اهداف خود، برنامه‌های زیر را در اولویت فعالیت‌هایش قرار داده است.
- ایجاد و تقویت ارتباط علمی، پژوهشی و آموزشی در سطوح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی.
 - برگزاری همایشهای علمی در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی.
 - ایجاد تسهیلات برای نشر نتایج آخرین دستاوردهای علمی و پژوهشی مرتبط با نیازهای کشور در حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات (انتشار کتب و نشریات علمی).
 - برگزاری کارگاههای تخصصی در حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات.

برنامه‌ریزی فعالیتها

- انتشار خبرنامه انجمن
- تشکیل کمیته‌های تخصصی به منظور تحقق اهداف انجمن
- اقدامات وسیع برای معرفی انجمن در همایشهای علمی، سازمانهای اجرائی و دانشگاهها
- انتشار نشریه علمی - پژوهشی ICT
- همکاری در برگزاری همایشهای علمی از قبیل چهارمین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش (IKT)
- تشکیل جلسات با مسئولین مملکتی ذیربط جهت شناساندن اهداف انجمن و مشخص شدن نحوه همکاری

کمیته‌های تخصصی انجمن

- کمیته پذیرش و اطلاع‌رسانی
- کمیته آموزش
- کمیته پژوهش
- کمیته مالی و پشتیبانی
- کمیته ارتباط صنعت دانشگاه
- کمیته جامعه اطلاعاتی

از کلیه اندیشمندان، اساتید دانشگاه، پژوهشگران و سایر علاقه‌مندان در حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات دعوت می‌شود با عضویت در انجمن، ما را در تحقق اهداف والای آن یاری نمایند.

نشانی دبیرخانه: تهران - خیابان حافظ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - ساختمان ابوریحان - طبقه ششم - اتاق ۶۱۲

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۵۸۵۶، تلفکس: ۰۲۱-۶۶۴۹۵۴۳۳

اعضای حقوقی انجمن در سال ۹۲	
<ul style="list-style-type: none"> عصر ارتباطات و انتقال داده‌های سپاهان <p>امیر صفوی شماره عضویت: ۹۲۴۸۶۵۱۸۴</p>	<ul style="list-style-type: none"> موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی نوین <p>مجید میرزا محمدی شماره عضویت: ۹۲۴۴۵۳۱۸۵</p>
<ul style="list-style-type: none"> جامع علمی و کاربردی خانه کارگر استان اردبیل <p>ودود مبینی شماره عضویت: ۹۲۴۴۵۳۱۸۶</p>	
اعضای پیوسته انجمن در سال ۹۲	
انجمن فناوری اطلاعات و امیر شهاب شاهمیری - ارتباطات شماره عضویت: ۸۹۱۲۱۳۵۴۰	سید مهدی حاتمیان - وزارت فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران شماره عضویت: ۸۹۱۲۱۲۵۴۳
شیرین گیلکی - جهاد دانشگاهی شماره عضویت: ۹۰۳۲۱۵۵۸۹	فریدون عبدی - دانشگاه افسری امام علی (ع) شماره عضویت: ۹۱۳۲۱۳۶۷۰
نرگس رضایی ملک - شرکت هوای فشرده ایمن شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۶۶۸۴	محمد نوری مطلق - شماره عضویت: ۹۲۱۵۸۶۶۸۶
احمد استیری - شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۶۶۸۶	محمدآبادی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهدالهام میرزایی شماره عضویت: ۹۲۱۵۱۶۶۸۶
ساسان عظیمی - دفتر مطالعه و نوآوری شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۳۷۰۵	زهرا عزیزی - شرکت ایزایران شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۳۷۰۶
غلامحسین قاسمی - دانشکده برق و کامپیوتر، دانشکده فنی قائن شماره عضویت: ۹۲۱۵۶۳۷۰۷	مه‌ریزی - موسسه آموزش عالی علمی زهرا ملا محمدعلیان کاربردی هلال ایران شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۳۷۰۸
رباب قاسم شریبانی - شرکت مهندسی مشاور نیروی آذربایجان (منا) شماره عضویت: ۹۲۱۴۱۵۷۰۹	سید رئوف خیامی - دانشگاه صنعتی شیراز شماره عضویت: ۹۲۱۷۱۳۷۱۰
سجاد رضائیان - دانشگاه صنعتی شیراز شماره عضویت: ۹۲۱۷۳۳۷۱۱	پانید علیپور اقدم - شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۵۷۱۲
پریسا پورحسن - شماره عضویت: ۹۲۱۱۲۳۷۱۳	سامان سیادتی - شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۳۷۱۴
عرفانه غروی - شماره عضویت: ۹۲۱۷۱۳۷۱۵	کامبیز رضایی - پردیس شهید رجایی فارس شماره عضویت: ۹۲۱۷۱۳۷۱۶
ایمان قاصدیان - بانک تجارت استان فارس شماره عضویت: ۹۲۱۷۱۶۷۱۷	شریفی - دانشگاه علوم پزشکی شیراز مژگان شیال شماره عضویت: ۹۲۱۷۱۳۷۱۸
سید هادی موسوی - دانشگاه صنعتی بیرجند شماره عضویت: ۹۲۱۵۶۳۷۱۹	نوبری - دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه دل‌بابک زنده تهران شماره عضویت: ۹۲۱۲۱۳۷۲۰

سهبیل افراز- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل شماره عضویت : ۹۲۱۴۵۳۷۲۱	عبدالله مهدوی- دانشگاه علوم پزشکی اردبیل شماره عضویت : ۹۲۱۴۵۳۷۲۲
فاطمه حورعلی- شماره عضویت : ۹۲۱۵۷۳۷۳۳	علی موثق- شماره عضویت : ۹۲۱۲۱۳۷۲۴
محمد رضا کنعانی- اداره کل حفاظت محیط زیست استان مازندران شماره عضویت : ۹۲۱۱۵۳۷۲۵	لیلا انصاری فرد- شماره عضویت : ۹۲۱۴۵۳۷۲۶
اعضای دانشجویی انجمن در سال ۹۲	
محسن گلبنده- شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۳۳	فراهانی-دانشگاه صنعتی شریف الهام درمنکی شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۳۴
الهه پوریان- شماره عضویت :	شاهرخ بحتوئی شماره عضویت : ۹۲۳۷۱۳۶۳۵
محمد کاظم حیدری- شماره عضویت : ۹۲۳۷۱۳۶۳۶	پیمان غلامی- دانشگاه آزاد اسلامی اراک شماره عضویت : ۹۲۳۸۶۳۶۳۷
نژاد سهیلا بارچی شماره عضویت : ۹۲۳۳۴۳۶۳۸	میثم افتخاری- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک شماره عضویت : ۹۲۳۸۶۳۶۳۹
آیت قلندری- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک شماره عضویت : ۹۲۳۶۶۳۶۴۰	موسوی- مدرسه راهنمایی فرزنانگان ۲ وجیهه لوح شماره عضویت : ۹۲۳۳۱۳۶۴۱
آبادی-دانشگاه قم ملکزهره گلی شماره عضویت : ۹۲۳۳۳۳۶۴۲	بیدگلی- پردیس فنی دانشگاه تهران علی بلالی شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۴۳
محمد مهدی فیروزی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۴۴	مسعود نجفی- دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد اصفهان شماره عضویت : ۹۲۳۷۷۳۶۴۵
سپهر قاسمی- پردیس دانشکده فنی دانشگاه تهران شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۴۶	سالار محتاج- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۴۷
لیلا آذری- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۴۸	زنجان- دانشگاه صنعتی امیرکبیر محمد دریایی شماره عضویت : ۹۲۳۶۱۳۶۴۹
محسن مرادی- دانشگاه صنعتی مالک اشتر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۵۰	امیر اسماعیلی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۵۱
آتنا کاویان- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۵۲	آزاده پیرحیاتی- دانشگاه آزاد اسلامی همدان شماره عضویت : ۹۲۳۶۶۳۶۵۳
ناهید فتوحی- دانشگاه سلمان فارسی کازرون شماره عضویت : ۹۲۳۷۱۳۶۵۴	بابالی- وزارت فناوری اطلاعات و ارتباطات میراسماعیل میرنی مازندران شماره عضویت : ۹۲۳۱۱۳۶۵۵
ندا بینش شماره عضویت : ۹۲۳۲۳۳۶۵۶	محمد مهدی محصولی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۵۷

خواه- دانشگاه علوم پزشکی شیراز مهدی شرف شماره عضویت : ۹۲۳۷۱۳۶۵۸	حمیدرضا زارعیان- بانک تات شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۵۹
عباس خسروانی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۶۰	بابایی فاطمه حاجی شماره عضویت : ۹۲۳۵۱۳۶۶۱
رامین ساروقی- دانشگاه سلمان فارسی کازرون شماره عضویت : ۹۲۳۷۱۳۶۶۲	جم- دانشگاه تبریز معصومه رضائی شماره عضویت : ۹۲۳۸۷۳۶۶۳
بهرام هدایتی شماره عضویت : ۹۲۳۷۳۳۶۶۵	اصغر ترکی- فولاد مبارکه اصفهان شماره عضویت : ۹۲۳۳۱۳۶۶۶
فاطمه قنبریان شماره عضویت : ۹۲۳۷۱۳۶۶۶	محمد ضیاءالدینی- دانشگاه باهنر شماره عضویت : ۹۲۳۳۴۳۶۶۷
خلجی فاطمه کیماسی شماره عضویت : ۹۲۳۳۷۳۶۶۸	وحید ظهیرپور- دانشگاه علم و صنعت ایران شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۶۹
داریوش سرخه- دانشگاه آزاد اسلامی شوش شماره عضویت : ۹۲۳۶۴۳۶۷۰	محسن رضانی شماره عضویت : ۹۲۳۸۷۳۶۷۱
فرزانه کرمی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۷۲	محسن یعقوبی سورکی شماره عضویت : ۹۲۳۱۵۳۶۷۳
امیرحسین خانیکی شماره عضویت : ۹۲۳۵۱۳۶۷۴	محمدی علیرضا ملک شماره عضویت : ۹۲۳۳۸۳۶۷۵
رضا سالارمهر- دانشگاه صنعتی امیرکبیر شماره عضویت : ۹۲۳۲۱۳۶۷۶	فاطمه مجیدی- دانشگاه جامع علمی کاربردی خانه کارگر شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۷۷
میثم معمربور- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۷۸	تپراقویوسف عطائی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۷۹
سلیمان نظیری- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۰	خواه- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شبنم وطن شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۱
امید تقوایی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۲	جمادی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی فریده نعمتی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۳
مجتبی لاله- شورای اسلامی شهر اردبیل شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۴	هاجر کوثرزاده- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۵
میلاد راستگو- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۶	میلاد مددپور- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۷
سحر ولی نژادروح بخش- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۸	گلناز هاشمی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۸۹
رضا فرجی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۰	بهاءالدین کاوه پور- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۱
مریم قاسمی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی	فاطمه جعفرزاده- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی

شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۳	شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۲
توحید فرهادی- دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۵	زینب تیزپر- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۴
جواد مؤذنی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۷	محمد وجدانی- دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۶
حجت همپایی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۹	سید مسعود سجادی- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۶۹۸
سجاد آخربین- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۷۰۱	عباسی- موسسه غیرانتفاعی مقدس برحامد بیرون اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۷۰۰
زاده- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی مینا عالی شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۷۰۳	زاده- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی مهدی بیک شماره عضویت : ۹۲۳۴۵۳۷۰۲
اعضای وابسته انجمن در سال ۹۲	
الهه قنبریان شماره عضویت : ۹۲۲۷۱۶۳۸۴	سعید صفوی شماره عضویت : ۹۱۵۲۱۵۳۴۸
نقی زندیان اجیرلو- موسسه غیرانتفاعی مقدس اردبیلی شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۸۶	علیرضا ابریشمی شیرازی شماره عضویت : ۹۲۲۷۱۶۳۸۵
حمید نصیری شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۸۸	سید عباس پیغمبرزاده- هنرستان غیرانتفاعی ایران مهارت شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۸۷
حسین رهبرفر شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۹۰	جعفر زاهدی اول شماره عضویت : ۹۲۲۵۷۳۳۸۹
مهدی جانفشار- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۹۲	محمد رضا سید پیروی شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۹۱
سمیرا نجفی شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۹۴	توحید ابراهیمی- اداره کل راه و شهرسازی اردبیل شماره عضویت : ۹۲۲۴۵۳۳۹۳

An Investigation into the Provider Factors of Knowledge Management in the Kermanshah province Communication Company

Hossein Moomivand¹

MS, Islamic Azad University - Science and Research Branch, Tehran

Abstract

The required factors have been investigated to apply knowledge management by carrying out the field study using staff opinions of Kermanshah Telecommunication Company in this research. After indicating the required factors of applying knowledge management, relationship between each factor of knowledge process system, organizational culture and information technology system with the knowledge management have been analyzed statistically by the obtained results using SPSS program. Kermanshah Telecommunication Company has a population of 370 staff that a sample of 77 staff has been used. It has been found that there are acceptable correlation between knowledge process system, organizational culture and information technology system with the knowledge management which correlation coefficient (R) of each relationship is 0.854, 0.915 and 0.812 respectively. There are some different between the effects of knowledge process system, organizational culture and information technology system on the applying knowledge management as the effects organizational culture, information technology system and knowledge process system are in the first, second and third step respectively.

Keywords: knowledge management, knowledge processes, organizational culture, IT system

1. Corresponding author(hos5431@yahoo.com)

A New Algorithm Based on Ensemble Learning for Learning to Rank in Information Retrieval

* Elham Ghanbari, ** Azadeh Shakery¹

*Phd Student, College of Engineering, Tehran University, Tehran

**Assistant Professor, College of Engineering, Tehran University, Tehran

Abstract:

Learning to rank refers to machine learning techniques for training a model in a ranking task. Learning to rank has been shown to be useful in many applications of information retrieval, natural language processing, and data mining. Learning to rank can be described by two systems: a learning system and a ranking system. The learning system takes training data as input and constructs a ranking model. The ranking system then makes use of the learned ranking model for ranking prediction. In this paper, a new learning algorithm based on ensemble learning for learning ranking models in information retrieval is proposed. This algorithm iteratively constructs weak learners using a fraction of the training data whose weight distribution is determined based on previous weak learners. The proposed algorithm combines the weak rankers to achieve the final ranking model. This algorithm constructs a ranking model on a fraction of the training data to increase the accuracy and reduce the learning time. Experimental results based on Letor.3 benchmark dataset shows that the proposed algorithm significantly outperforms other ensemble learning algorithms.

Key words: learning to rank, learning to rank for information retrieval, Machine learning, ensemble learning

1. Corresponding author(shakery@ut.ac.ir)

Intelligent Production of New Beautiful and Meaningful Iranian Names using Genetic Algorithm with Artificial Neural Network-Based Fitness function

* Amir Shahab Shahmiri¹, ** Bahareh Zamani Nezami, *** Saied Shiry

*Doctoral, Higher Education Management, Islamic Azad University - Science and Research Branch, Tehran

** MSc , Industry Engineering, Islamic Azad University - Parand Branch, Tehran

***Assistant Professor, Amirkabir University of Technology, Tehran

Abstract:

Spoken languages around the world have wended an evolutionary flow, during the past thousands of years. On such a way, words and also common names in different cultures and languages have evolved and will continue their way. Some of these names have more popularity and spread out the society, according to the aesthetic sense of individuals and their phonetic features which are variable depend on geographical places and time.

In this paper we propose a model which can produce new Iranian names which have meaning and acceptable degree of beautiness in comparison with human opinion. The procedure of name production is based on evolutionary processing (genetic algorithm) and the fitness function is simulated by a feed-forward back-propagation neural network (except in first generation) with two hidden layers which can examine human opinion up to 89%. The best generated name gains rank 5 among 252 names of initial population. Training and test data, the best samples of initial population, examination of fitness function (for first generation) and also determination of beautiness degree of the best final generated names have done by using a statistical analysis on questionnaires data.

Key words: The Encyclopedia of Iranian Names, Artificial Intelligence, Etymology, Namology, Multi-Layered Perceptron

1. Corresponding author(amir@shahmiri.ir)

Blind Correction of Camera Lens Aberration and De-Centering Error Using Modified Zernike Model

* Kambiz Rahbar¹, ** Karim Faez, *** Ebrahim Attaran Kakhki

*Computer Doctoral, Islamic Azad University, Tehran

** Full Professor, Amir Kabir University, Tehran

***Associate Professor, Islamic Azad University, Mashhad

Abstract:

Reduction of the quality of the image formed by an optical system is a function of different parameters such as lens aberrations, CCD digitization errors, and the errors of system assembling. Assembling errors usually consist of two types: 1) the prism error, which is the error of non-orthogonality of the optical axis and the image plane 2) the de-centering error, which is error of not passing the lens optical axis through the center of the image plane. This paper attempts to correct the blind of the lens aberration and the de-centering error. To this end, Seidel aberrations are rewritten in the form of the modified Zernike moments based on the second kind Chebyshev polynomials as discrete functions on the Cartesian space. Then, the modified moments reformulated to model de-centered phase aberration function by considering the de-centering error. Finally, the model parameters are divided into two classes of symmetric and asymmetric ones. Then, these parameters are estimated through poly-spectral analysis, i.e., bi-coherence and tri-coherence analysis, respectively. Experimental results confirm the accuracy and efficiency of the proposed solution.

Key words: Phase aberration function, Image de-centering error, Zernike polynomials, Chebyshev polynomials, Poly-spectral analysis

1. Corresponding author(k.rahbar@srbiau.ac.ir)

A New Algorithm for Fastintra-Frame Modes Selection in H.264/AvC Video Coding

*Mahnaz Nejadali¹, **Mehdi Jafari, ***Majid Mohammadi

*MS, Islamic Azad University, Tehran

**Assistant Professor, Islamic Azad University, Kerman

***Associate Professor, Shahid Beheshti University, Tehran

Abstract:

By the increasing of video communication in portable and functional devices, encoders design with low complexity and high performance are required. H.264 / AVC standard offers higher compression efficiency than previous standards. But this standard by employing several powerful coding techniques, considerably increased complexity at the encoder. This paper presents a new algorithm to reduce the complexity of the H.264/AVC encoder.

The proposed method uses simple directional masks, neighboring blocks modes and detection of 4×4 and/or 16×16 intra estimation modes with determination of quantization parameters for fast mode selection in Intra-Frame Modes prediction. Experimental results show that the proposed method reduces maximum 29% of the encoding time, while has little effect on visual quality and PSNR.

Key words: Video Coding, H.264/AVC, Prediction, Intra-Frame, RDO

1. Corresponding author(m.nejadali@gmail.com)

Classifying Two Class data using Hyper Rectangle Parallel to the Coordinate Axes

* zahra Moslehi¹, ** Maziar Palhang

*Phd Student, Isfahan University of Technology, Isfahan

** Associate Professor, Isfahan University of Technology, Isfahan

Abstract:

One of the machine learning tasks is supervised learning. In supervised learning we infer a function from labeled training data. The goal of supervised learning algorithms is learning a good hypothesis that minimizes the sum of the errors. A wide range of supervised algorithms is available such as decision trees, SVM, and KNN methods. In this paper we focus on decision tree algorithms. When we use the decision tree algorithms, the data is partitioned by axis-aligned hyper planes. The geometric concept of decision tree algorithms is relative to separability problems in computational geometry. One of the famous problems in separability concept is computing the maximum bichromatic discrepancy problem. There exists an $O(n \log n)$ -time algorithm to compute the maximum bichromatic discrepancy in d dimensions. This problem is closely relative to decision trees in machine learning. We implement this problem in 1, 2, 3 and d dimension. Also, we implement the C4.5 algorithm. The experiments showed that results of this algorithm and C4.5 algorithm are comparable.

Key words: Machine learning, classification, decision trees, computational geometry, separability, Hyper rectangle.

1. Corresponding author(z.moslehi@ec.iut.ac.ir)

Contents

**Iranian Journal of
Information Technology & Communication**
No. 25-26, Vol.7, September-March 2016

- **Classifying Two Class data using Hyper Rectangle Parallel to the Coordinate Axes** 1
zahra Moslehi, Maziar Palhang
 - **A New Algorithm for Fastintra-Frame Modes Selection in H.264/Avc Video Coding** 15
Mahnaz Nejadali, Mehdi Jafari, Majid Mohammadi
 - **Blind Correction of Camera Lens Aberration and De-Centering Error Using Modified Zernike Model** 27
Kambiz Rahbar, Karim Faez, Ebrahim Attaran Kakhki
 - **Intelligent Production of New Beautiful and Meaningful Iranian Names using Genetic Algorithm with Artificial Neural Network-Based Fitness function** 43
Amir Shahab Shahmiri, Bahareh Zamani Nezami, Saied Shiry
 - **A New Algorithm Based on Ensemble Learning for Learning to Rank in Information Retrieval** 67
Elham Ghanbari, Azadeh Shakery
 - **An Investigation into the Provider Factors of Knowledge Management in the Kermanshah province Communication Company** 87
Hossein Moomivand
 - **Instruction for Authors** 99
 - **Abstracts in English** 107
-