



دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم
شاپا: ۶۲۳۹-۲۵۳۸



دوره ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، شماره پیاپی ۱۲

صاحب امتیاز: دانشگاه قم

مدیر مسئول: دکتر جلال رضائی نور

سر دبیر: دکتر پیمان اخوان

مدیر اجرایی: نرگس آقاخانی

اعضای هیات تحریریه به ترتیب حروف الفبا

دکتر پیمان اخوان استاد گروه مهندسی صنایع مجتمع دانشگاهی مدیریت و فناوری نرم دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.
akhavan@iust.ac.ir

دکتر رضا برادران کاظم زاده دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
rkazem@modares.ac.ir

دکتر رضا حسینی دانشیار گروه مهندسی صنایع مجتمع دانشگاهی مدیریت و فناوری نرم دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.
r_hosnavi@yahoo.com

دکتر جلال رضائی نور دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی صنایع دانشگاه قم، قم، ایران.
j.rezaee@qom.ac.ir

دکتر مصطفی زندیه، دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
m_zandieh@sbu.ac.ir

دکتر احمد غلامی دانشیار گروه ریاضی دانشکده علوم پایه دانشگاه قم، قم، ایران.
a.gholami@qom.ac.ir

دکتر محمد فتحیان استاد گروه تجارت الکترونیک دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
fathian@iust.ac.ir

دکتر علی اصغر فروغی دانشیار گروه ریاضی دانشکده علوم پایه دانشگاه قم، قم، ایران.
aa_foroughi@yahoo.com

دکتر محمد مهدوی مزده دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
mazdeh@iust.ac.ir

ویراستار: نرگس آقاخانی

حروفچین و صفحه آرا: محمدباقر مهرآبادی

طراح جلد: محمد حسن سمسارپور

داوران این شماره:

دکتر سید حامدموسوی راد، دکتر بهزاد لک، دکتر هوشنگ عاشقی اسکویی، دکتر محمد یآوری، دکتر سید بابک ابراهیمی،
دکتر قاسم مختاری، دکتر محمد حسن ملکی، دکتر علی سلمااس نیا، دکتر حجت اله حمیدی، دکتر محسن قره خانی، دکتر
مسعود باباخانی، دکتر مصطفی قاضی زاده

یادآوری:

دو فصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم، مقالات پژوهشی و مروری را در حوزه‌های مهندسی صنایع، مدیریت و فناوری اطلاعات و سایر زمینه‌های مرتبط در عرصه‌های نام برده را منتشر می‌سازد.

مسئولیت مطالب بر عهده نویسنده مقاله است.

نقل مطالب مقاله‌های فصلنامه با ذکر مأخذ آزاد است.

فصلنامه در ویرایش، اختصار و اصلاح مقاله‌ها آزاد است.

نشانی دوفصلنامه: ایران، قم، بلوار الغدیر، دانشگاه قم، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع.

تلفن: ۰۲۵۳۲۱۰۳۵۷۵، فاکس: ۰۲۵۳۲۸۵۴۴۹۹

نشانی الکترونیک: jemsc@Qom.ac.ir

نشانی پایگاه الکترونیکی: http://jemsc.qom.ac.ir

راهنمای شرایط تنظیم و ارسال مقالات

استاد و پژوهشگر گرامی خواهشمند است قبل از ارسال مقاله خود آیین‌نامه پیشگیری از سرقت و تقلب علمی در ذیل این صفحه را به طور دقیق مطالعه فرمایید. پس از مطالعه آیین‌نامه پیشگیری از تقلب علمی به روش ذیل مقاله را ارسال نمایید.

محورها و موضوعات نشریه را از سامانه نشریه دانلود کنید و مطمئن شوید مقاله شما مرتبط با یکی از موضوعات و محورهای نشریه است. شیوه‌نامه تدوین مقاله را از سامانه نشریه دانلود کنید و مقاله را دقیقاً بر اساس راهنمای تدوین شده، در این فرمت تنظیم و ارسال کنید. فقط و فقط دو فایل برای نشریه ارسال کنید، فایل مشخصات نویسندگان و فایل اصلی مقاله. نکته مهم این که در زمان بارگذاری فایل در سامانه، از شما خواسته می‌شود تصاویر و جدول‌ها را جداگانه ارسال کنید، لطفاً بدون توجه به این موضوع فقط دو فایل ذکر شده را ارسال کنید. فرمت فایل مشخصات نویسندگان را از سامانه نشریه دانلود کرده و اطلاعات را بر روی این فایل بارگذاری کنید.

آیین‌نامه پیشگیری از سرقت و تقلب علمی

ثبت مقاله در سامانه مدیریت مدیریت مهندسی و رایانش نرم با ارسال ایمیل به کلیه نویسندگان مقاله اطلاع داده خواهد شد؛ بدیهی است درج نام نویسندگان در مقاله به منزله نقش اساسی ایشان در تدوین مقاله است، لذا خواهشمند است نویسندگانی که در تدوین مقاله نقشی نداشته‌اند و از نام آنها سوءاستفاده شده است، مراتب را بلافاصله از طریق ایمیل دریافتی به نشریه اطلاع دهند. همه نویسندگان مقاله در مورد اصالت اثر مسئول هستند. بدیهی است حق ارزیابی موارد سرقت علمی برای نشریه محفوظ است. سرقت علمی شکل‌های گوناگونی دارد از جمله:

الف. ثبت مقاله دیگری به نام خود.

ب. درج نام نویسندگان و پژوهشگرانی که در مقاله نقشی نداشته‌اند.

ج. کپی برداری یا تکرار بخش‌های قابل توجهی از مقاله دیگر (حتی اگر مقاله کپی شده مربوط به یکی از نویسندگان مقاله جدید باشد).

د. طرح نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگران به نام خود.

ه. چاپ مکرر مقاله توسط نویسنده واحد در چند نشریه.

و. بیان نتایج نادرست و خلاف یافته‌های علمی یا تحریف نتایج حاصل از پژوهش.

ز. استفاده از داده‌های نامعتبر یا دستکاری شده در داده‌های پژوهش.
موارد سرقت علمی توسط مسئولان نشریه بررسی و برای حراست از اعتبار و زحمات دیگر پژوهشگران، بدون هیچ تساهل و چشم‌پوشی با توجه به میزان سرقت علمی به شرح ذیل برخورد قانونی می‌شود:

۱. مقاله رد خواهد شد و در صورت چاپ از روی سایت‌ها برداشته خواهد شد.
۲. اسامی همه نویسندگان مقاله در سیاه‌نامه نشریه دانشگاه قم قرار خواهد گرفت.
۳. از مراجع قضایی ذی‌صلاح پی‌گیری حقوقی خواهد شد.
۴. طی یک نامه رسمی پرونده سرقت علمی با سایر دانشگاه‌ها و نشریه‌های داخلی و خارجی مرتبط به اشتراک گذاشته خواهد شد.
۵. مراتب طی یک نامه رسمی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)، دانشگاه‌ها، موسسه‌ها، نشریه‌ها و هر محلی که نویسندگان از امتیاز چاپ این مقاله استفاده کرده‌اند، اطلاع داده خواهد شد.

سخن سردبیر

بنا بر تاکید اغلب متخصصین حوزه صنعت و اقتصاد، مسئله‌ای که امروز در فضای صنعت و کسب و کار ایران بیش از پیش احساس می‌شود کمبود نیرو، تخصص، سرمایه و حتی فناوری و زیرساخت‌ها نیست، بلکه عدم به کارگیری بهینه منابع ارزشمند موجود ملی به نحوی است که بیشترین ارزش افزوده را برای مردم ایجاد کند. اهمیت این مسئله برای کشور تا آنجاست که مقام معظم رهبری نیز در سال‌های اخیر استفاده بهره‌ور از منابع را بعنوان یکی از محورهای اصلی حصول به اقتصاد مقاومتی مورد تأکید قرار داده‌اند زیرا عدم به کارگیری بهینه منابع ملی موجب هدر رفتن انرژی فیزیکی و فکری نیروی انسانی شده و علاوه بر شکست در فعالیت‌های اقتصادی موجب خودباختگی و عدم اعتماد به نفس می‌شود. لذا به نظر می‌رسد امروزه تحقیقات در حوزه میان رشته‌ای مهندسی صنایع و مدیریت فناوری اطلاعات، با اتخاذ رویکرد سیستمی و ابزارهای متعدد و مؤثر آن در زمینه‌های متنوع، بیش از هر رشته علمی دیگری برای کشور ما دارای اولویت است زیرا این تحقیقات می‌تواند نقش بسیار مؤثری در افزایش بهره‌وری و موفقیت در فضای صنعت و کسب و کار کشور ایفا کند. از این رو، دانشگاه قم بعنوان یک مرکز علمی میان رشته‌ای با هدف ایجاد انگیزه بیشتر در اساتید و دانشجویان این رشته به انتشار مجله‌ای با عنوان "مدیریت مهندسی و رایانش نرم" در حوزه مهندسی صنایع و محاسبات نرم (نظیر منطق فازی، روشهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین و الگوریتمهای فراابتکاری و ...) اقدام کرده است. امید است این نشریه در کنار فعالیت‌های دیگر آموزشی و پژوهشی در آینده‌ای نزدیک با اخذ درجه علمی و پژوهشی ضمن ایجاد بستری برای انتشار تحقیقات "در مرز دانش" و "کاربردی" موجب همکاری و تعامل با نشاط‌تر بین مراکز دانشگاهی و صنعت و همچنین تمرکززدایی در فضای علمی کشور شود.

فهرست

- مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه ۹
غلامحسن شیردل، حسن رضاپور
- قطعه‌بندی جریان داده حسگرها در محیط‌های هوشمند فراگیر ۲۳
وحید قاسمی، محمد جوادیان، سجاد حیاتی
- تأثیر گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی بر میزان به کارگیری آن در سازمان‌ها ۴۱
حمیدرضا رضوانی، نرگس آقاخانی
- پیش بینی سرطان سینه با استفاده از روش خوشه‌بندی انتشار وابستگی با در نظر گرفتن وزن متغیرها ۶۹
سینا دامی، زینب حاتم چوری
- مدیریت و ارزیابی سبد پروژه‌های مستقل در شرایط عدم قطعیت و سازگاری پروژه‌ها ۸۳
هادی مختاری، زینب حبیبی
- روش پیشنهادی برای شناسایی خودکار گوشه‌ها در ردیف موسیقی سنتی ایرانی با رویکرد میکرو ۱۱۳
امیر وفائیان، کیوان برنا، حامد ساجدی، داریوش علیمحمدی، پویا سرایی
- تعیین ویژگی‌های مؤثر برای بیماری نوروپاتیک در بیماران دارای درد مزمن با استفاده از شبکه عصبی عمیق ۱۳۹
مبین شاطریان، محمد تشنه لب
- بهبود الگوریتم تشخیص نقشه برجستگی مبتنی بر CRF با استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر تجزیه ماتریس ۱۵۱
محمد شوریایی، محمد جواد فدائی‌اسلام
- تشخیص بیماری قلبی عروق کرونر با سیستم هوشمند ترکیبی بر اساس الگوریتم نهنگ، شبیه‌ساز تبرید و ماشین بردار پشتیبان ۱۶۷
زینب حسنی، مهین خسروی مشیزی
- خلاصه‌سازی چندسندی استخراجی مبتنی بر پرس‌وجوی متن با استفاده از تفسیر و استلزام متنی ۱۸۳
علی ناصراسدی
- بهینه‌سازی زمانبندی وظایف در محیط ابر با استفاده از ویرایش فازی الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات ۱۹۹
شبنم قرائیان، خسرو امیری زاده
- تشخیص وسایل نقلیه در محیط‌های ترکیبی ۲۱۷
محسن ولی‌زاده اصلی، محمد بادپیما، سحر خسروانی زاهدانی

مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه*

غلامحسین شیردل^۱
حسن رضاپور^۲

چکیده

مسائل شبکه جریان، شاخه حیاتی در تحقیق در عملیات هستند. این مسائل به حالت‌های متغیر زمانی و ایستا طبقه‌بندی می‌گردند. مسائل شبکه جریان در کاربردهای واقعی به صورت متغیر زمانی هستند زیرا هر جریان برای عبور از یک کمان باید یک مقدار زمان داده شده را اتخاذ کند. همچنین همه پارامترها در شبکه می‌توانند به جریان وابسته باشند. در این مقاله، مسئله تسریع روی کوتاهترین مسیر متغیر زمانی مطالعه شده است. در ابتدا کوتاهترین مسیر متغیر زمانی توضیح داده می‌شود. این مسئله یافتن مسیری از یک رأس مشخص شده (که مبدأ نامیده می‌شود) به سایر رئوس است به طوری که هزینه این مسیر کمترین شده و مجموع زمان‌های عبور و زمان‌های انتظار حداکثر T شود، که T یک عدد صحیح مثبت داده شده است. در ادامه مسئله تسریع برای یک مسئله کوتاهترین مسیر شرح داده شده است.

واژه‌های کلیدی: مسئله تسریع، کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۱۱.

Shirde181math@gmail.com

^۱ دانشیار گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران. (نویسنده مسئول)

hassan.rezapour@gmail.com

^۲ دکترای ریاضی کاربردی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران.

مقدمه

مسائل شبکه‌های جریان از پرکاربردترین مسائل در بهینه‌سازی هستند. شبکه‌های جریان را می‌توان به دو دسته ایستا و متغیر زمانی تقسیم‌بندی کرد. مباحث شبکه جریان ایستا شامل مسائل کوتاهترین مسیر، مینیمم هزینه و ماکسیمم جریان بطور گسترده‌ای بررسی شده‌اند (آهوجا و مگنانتی و اورلین، ۱۹۹۳). یک کلاس خاص از مسائل متغیر زمانی اولین بار توسط فورد و فولکرسن در سال ۱۹۵۸ معرفی شد که این کلاس خاص با نام شبکه جریان پویا در سال‌های بعد توسعه یافت (آرسن، ۱۹۸۹؛ هوپ، ۱۹۹۵؛ چابینی، ۱۹۹۸؛ گلانکر و نماسر، ۲۰۰۰؛ صالحی فتح‌آبادی و حسینی، ۲۰۱۰).

ما در این مقاله به بررسی مسئله کوتاهترین مسیر در شبکه‌های متغیر زمانی خواهیم پرداخت و مسئله تسریع را برای آن بیان خواهیم کرد. همچنین فرض می‌کنیم زمان‌های انتظار در رئوس بطور دلخواه قابل تغییر باشند. در مسئله تسریع فرض می‌کنیم بتوان با پرداخت یک هزینه اضافی، زمان عبور از یک یا چندین یا همه کمان‌ها را کاهش دهیم. البته با این کاهش که حداکثر مقدار آن از قبل مشخص شده است باید هزینه مربوطه را پرداخت کنیم. وجود مسئله تسریع در یک مسئله کوتاهترین مسیر متغیر زمانی، این امکان را فراهم می‌کند که بتوان به جواب بهتری دست یافت یا به دلیل این که زمان داده شده برای یافتن یک مسیر متغیر زمانی کافی نیست و به عبارتی مسئله نشدنی است، با کاهش زمان‌های عبور از کمان‌ها، امکان دستیابی به یک مسیر در زمان داده شده را فراهم سازیم. هر چند که شبکه متحمل هزینه‌های اضافی در قالب هزینه‌های تسریع خواهد شد. این مسئله در عمل کاربردهای فراوانی دارد. به عنوان مثال یک مسئله حمل و نقل را در نظر بگیرید که هدف ارسال مواد غذایی از محل تولید به عنوان مبدأ به شهرهای محل مصرف به عنوان مقصد می‌باشد. اگرچه هدف یافتن کوتاهترین مسیرها برای ارسال این کالاها به نقاط مشخص شده است، ولی ارسال این کالاها باید حداکثر در زمان مشخصی رخ دهد تا به موقع به دست توزیع‌کنندگان و مشتری‌ها برسد. همچنین می‌توان مسیرهای عبوری را به عنوان کمان‌ها در نظر گرفت که واضح است عبور از آن‌ها نیاز به مدت زمان مشخصی

مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه // ۱۱

دارد. تا این مرحله، مسئله قابل فرمول‌بندی به یک مسئله شبکه جریان متغیر زمانی است که هدف آن یافتن کوتاه‌ترین مسیرها از مبدأ به رئوس مشخص شده می‌باشد. اما اگر در این مسئله این امکان وجود داشته باشد یا حتی لازم باشد که برخی از مسیرها سریع‌تر طی شوند تا از فاسد شدن کالاها و مواد غذایی جلوگیری شود و در مدت زمان زودتری نسبت به پیش‌بینی قبلی به هدف برسند می‌توان شرایط جدیدی را روی مسئله اعمال کرد. البته واضح است در این قسمت باید هزینه برای ارسال سریع‌تر روی یک مسیر و یا بعبارت دیگر طی کردن یک مسیر در زمان کوتاه‌تر را پرداخت که این کار در مسائل حمل و نقل عملی است، چرا که این امکان وجود دارد در صورت ضرورت از ارسال هوایی با هزینه بیشتر استفاده کرد. با مطرح کردن این مسئله، موضوع شبکه‌های جریان متغیر زمانی مطرح خواهد شد که مسئله تسریع روی آن اعمال شده است.

پیشینه پژوهش

مسائل شبکه جریان متغیر زمانی به دلیل وجود کاربردهای عملی، بسیار مورد توجه محققان تحقیق در عملیات و بهینه‌سازی قرار گرفت به طوری که ارادا و رم در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱، کای و همکارانش در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۱ و نصرآبادی و همکارش در سال ۲۰۱۰ نتایج تحقیق‌های خود را منتشر کردند.

شیردل و رضاپور در سال ۲۰۱۵ به بیان مسئله کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی چندهدفه پرداختند. در این پژوهش، زمان‌های انتظار در رئوس، صفر در نظر گرفته شد و یک الگوریتم جدید برای یافتن جواب کارای مسئله ارائه گردید. آن‌ها در سال ۲۰۱۶ مسئله کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی فازی را نیز بررسی کردند و برای یافتن جواب بهینه مسئله، یک الگوریتم پیشنهاد کردند. مسئله مسیر با ظرفیت ماکزیمم در یک شبکه متغیر زمانی فازی که زمان‌های انتظار در رئوس میانی صفر فرض شده بود در سال ۲۰۱۶ توسط شیردل و رضاپور مطرح شد و آن‌ها برای حل این مسئله، یک الگوریتم با روش بازگشتی ارائه دادند.

روش‌شناسی پژوهش

کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی

فرض کنید $G(V, A, b, c)$ یک شبکه جهت‌دار و ساده متغیر زمانی باشد که در آن V بیانگر مجموعه رئوس و A بیانگر مجموعه کمان‌ها باشند بطوریکه $|A| = m, |V| = n$. همچنین برای هر کمان $(i, j) \in A$ زمان انتقال جریان و هزینه انتقال جریان روی این کمان به ترتیب به صورت $b(i, j, t)$ و $c(i, j, t)$ نشان داده می‌شود که در آن t لحظه خروج از رأس i می‌باشد. $b(i, j, t)$ و $c(i, j, t)$ هر دو توابعی وابسته به t هستند که t می‌تواند مقادیر $t = 0, 1, \dots, T$ را اتخاذ کند که در آن $T \geq 0$ یک عدد صحیح نامنفی داده شده است. بعبارت دیگر، $T \geq 0$ افق زمانی است که مجموع زمان‌های عبور از کمان‌ها و زمان‌های انتظار در رئوس، نباید از آن بیشتر شود. مدت زمان انتظار در رأس i را با $w(i)$ نشان داده و هزینه انتظار در رأس i در بازه زمانی t تا $t + 1$ را با $c(i, t)$ نمایش می‌دهیم که در صورت انتظار در یک رأس برای دست یافتن به نتیجه بهتر، باید این هزینه پرداخت شود. واضح است در صورتی که شبکه دارای حلقه یا کمان‌های موازی باشد به راحتی و با اعمال تغییرات ساده مورد نیاز، می‌توان آن را به یک شبکه ساده تبدیل کرد. یک مسیر از رأس i_1 به i_k را با $P(i_1 - i_2 - \dots - i_k)$ نمایش می‌دهیم.

تعریف ۱. زمان ورود به رأس i_l روی مسیر $P(i_1 - i_2 - \dots - i_k)$ را با $\alpha(i_l)$ نمایش می‌دهیم و داریم:

$$\alpha(i_l) = \alpha(i_{l-1}) + w(i_{l-1}) + b(i_{l-1}, i_l, \tau(i_{l-1})) \text{ for } 2 \leq l \leq k \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن $\tau(i_{l-1})$ زمان خروج از رأس i_{l-1} می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tau(i_{l-1}) = \alpha(i_{l-1}) + w(i_{l-1}) \text{ for } 2 \leq l \leq k \quad (\text{رابطه ۲})$$

همچنین، زمان ورود به رأس مبدأ صفر در نظر گرفته می‌شود.

تعریف ۲. زمان عبور روی مسیر $P(i_1 - i_2 - \dots - i_k)$ از رابطه $\alpha(i_k) = w(i_k) - \alpha(i_k)$ به دست می‌آید. یک مسیر دارای زمان حد کثر t است هرگاه زمان آن

مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه // ۱۳

کوچک‌تر یا مساوی با t باشد و یک مسیر دارای زمان دقیق t است هر گاه زمان آن دقیقاً برابر با t باشد.

تعریف ۳. هزینه یک مسیر برابر است با مجموع هزینه‌های انتقال کماتی و هزینه‌های انتظار در رئوس روی آن مسیر. به عبارت دیگر، مسیر $(i_1 - i_2 - \dots - i_k)$ را در نظر بگیرید. هزینه این مسیر را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

رابطه (۳)

$$\xi(P) = \xi(i_k) = \xi(i_{k-1}) + c(i_{k-1}, i_k, \tau(i_{k-1})) + \sum_{t'=0}^{w(i_k)} c(i_k, t' + \alpha(i_k))$$

که در آن: رابطه (۴)

$$\xi(i_1) = \sum_{t'=0}^{w(i_1)-1} c(i_1, t' + \alpha(i_1))$$

واضح است که یک مسیر $(i_1 - i_2 - \dots - i_k)$ با زمان حداکثر (دقیقاً) t یک کوتاه‌ترین مسیر از رأس i_1 به i_k با زمان حداکثر (دقیقاً) t می‌باشد هر گاه به ازای هر مسیر دیگری مانند P' از رأس i_1 به i_k با زمان حداکثر (دقیقاً) t داشته باشیم:

رابطه (۵)

$$\xi(P) \leq \xi(P')$$

مسئله کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی، یافتن کوتاه‌ترین مسیر از یک رأس مشخص s به نام مبدأ به یک رأس مشخص دیگر می‌باشد که در آن باید هزینه این مسیر نسبت به سایر مسیرهای موجود کمترین گردد و زمان این مسیر نیز از T بیشتر نباشد. در این مقاله ما فرض می‌کنیم روی زمان‌های انتظار در رئوس، هیچ محدودیتی وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر، روی هر رأس برای دستیابی به مسیر بهتر، هر مقدار دلخواه که بخواهیم بتوانیم توقف کنیم به این شرط که باید هزینه‌های انتظار مربوطه را پرداخت کنیم.

قضیه ۱. فرض کنید $d_A(j, t)$ هزینه کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی از رأس مبدأ s به رأس j با زمان دقیق t باشد به طوری که انتظار در رئوس دلخواه است، اگر چنین مسیری موجود نباشد قرار دهید: $d_A(j, t) = \infty$ ضمناً:

الف. اگر $t=0$ آنگاه: برای $s=j$ داریم: $d_A(j, t) = 0$.

همچنین برای $j \neq s$ داریم: $d_A(j, t) = \infty$.
 ب. اگر $s > j$ آنگاه:

$$d_A(j, t) = \min \left\{ d_A(j, t-1) + c(j, t-1), \min_{(i,j) \in A} \min_{\{u | u + b(i,j,u) = t\}} \{d_A(j, u) + c(i, j, u)\} \right\}$$

اثبات: قسمت الف قضیه با تعریف واضح است. قسمت ب قضیه را با استقرا روی t نشان خواهیم داد. اگر $t=1$ و $j=s$ حکم برقرار است. پس فرض می‌کنیم $t=1$ و $j \neq s$ ؛ ضمناً فرض می‌کنیم $b(s, j, 0) = 1$. در این شرایط حکم به صورت $d_A(j, t) = d_A(s, 0) + c(s, j, 0)$ برای همه t' که $t' < t$ برقرار باشد. نشان می‌دهیم حکم برای t نیز برقرار است. فرض کنید $d_A(j, t)$ متناهی باشد (چون در غیر اینصورت چیزی برای اثبات باقی نمی‌ماند و حکم برقرار است) و داشته باشیم:

$$d_A(j, t) = d_A(j, t-1) + c(j, t-1)$$

در این صورت با فرض استقرا مسیری از مبدأ تا رأس j با زمان $t-1$ وجود دارد که با یک واحد انتظار در رأس j و پرداخت هزینه $c(j, t-1)$ مسیر مطلوب حاصل می‌گردد. اگر $d_A(j, t)$ از قسمت ب قضیه حاصل شود یعنی داشته باشیم:

$$d_A(j, t) = d_A(j, u) + c(i, j, u) \text{ که } u + b(i, j, u) = t$$

چون $b(i, j, u) > 0$ پس $u < t$ لذا با فرض استقرا مسیری از مبدأ به رأس i با زمان u و با هزینه $d_A(j, u)$ وجود دارد که رأس i ماقبل رأس j است که با پرداخت $c(i, j, u)$ مسیری از مبدأ به رأس j با هزینه $d_A(j, t)$ حاصل می‌گردد. زمان این مسیر نیز برابر t است زیرا $u + b(i, j, u) = t$. در هر دو حالت در قسمت ب نشان دادیم مسیری از مبدأ به رأس j با زمان t و با هزینه $d_A(j, t)$ وجود دارد. ضمناً به راحتی و با استفاده از

مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه // ۱۵

برهان خلف می‌توان نشان داد که این مسیر کوتاه‌ترین مسیر موجود از مبدأ به رأس ذکر شده می‌باشد.

قضیه ۲. فرض کنید $d_A^*(j)$ هزینه کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی از رأس مبدأ s به رأس j با زمان حداکثر T با زمان‌های انتظار دلخواه در رئوس باشد آنگاه: $d_A^*(j) = \min_{0 \leq t \leq T} d_A(j, t)$.
اثبات: اثبات با استفاده از تعریف $d_A^*(j)$ و قضیه ۱ واضح است.

یافته‌های پژوهش

مسئله تسریع روی کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمانهای انتظار دلخواه

فرض کنید بخواهیم زمان عبور از کمان (i, j) را کاهش دهیم تا بتوانیم تسریع‌تر از کمان مذکور عبور کنیم و در نتیجه زمان کمتری برای یک مسیر بدست آوریم. این بحث را تسریع می‌نامیم. برای این کار برای هر کمان یک مقدار $\gamma(i, j, t)$ که حداکثر میزان کاهش را روی کمان (i, j) در لحظه خروج t از رأس i نشان می‌دهد، توسط مسئله به ما داده می‌شود. هزینه مرتبط با آن را با $c_\gamma(i, j, t)$ نشان می‌دهیم. اگر امکان ایجاد تسریع روی یک مسئله کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی وجود داشته باشد شاید به نتیجه بهتری دست یابیم و هزینه کوتاه‌تری برای رسیدن به یک رأس مشخص از مبدأ حاصل شود، زیرا متغیرهای جدید اضافه شده خود از نوع متغیرهای تصمیم هستند. ضمناً باید به این نکته ظریف هم دقت کرد که مدت زمان تسریع از مدت زمان انتقال روی یک کمان باید کمتر باشد. به عبارت دیگر، برای هر کمان $(i, j) \in A$ در صورت وجود تسریع داریم: $b(i, j, t) - \gamma(i, j, t) > 0$

برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه روی رئوس و وجود مسئله تسریع، قضایای زیر ایده اصلی حل این مسائل هستند:

قضیه ۳. فرض کنید $d_A^s(j, t)$ هزینه کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی از رأس مبدأ s به رأس j با زمان دقیق t باشد به طوری که انتظار در رئوس دلخواه است و مسئله تسریع روی

آن مطرح شده که در آن، در صورت وجود تسریع برای کمان $(i, j) \in A$ مدت زمان تسریع و هزینه آن به ترتیب با $\gamma(i, j, t)$ و $c_\gamma(i, j, t)$ مشخص شده‌اند، اگر چنین مسیری موجود نباشد قرار دهید: $d_A^s(j, t) = \infty$ ضمناً:
الف. اگر $t=0$ برای $j=0$ داریم: $d_A^s(j, t) = 0$ و برای $j \neq 0$ داریم: $d_A^s(j, t) = \infty$.
ب. اگر $t > 0$ آنگاه:

$$d_A^s(j, t) = \min \left\{ d_A^s(j, t-1) + c(j, t) - 1, \min_{(i,j) \in A} \min \{ u \mid u + b(i, j, u) = t \} \{ d_A^s(j, u) + c(i, j, u) + c_\gamma(i, j, u) \} \right\}$$

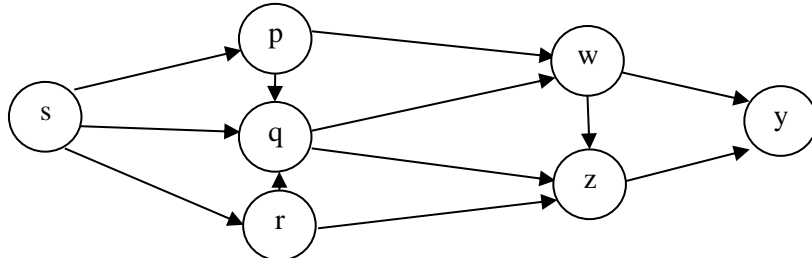
اثبات: کافی است در اثبات قضیه ۱، عبارت $b(i, j, t) - \gamma(i, j, u)$ را با $b(i, j, t)$ و عبارت $c(i, j, t) - c_\gamma(i, j, u)$ را با $c(i, j, t)$ جایگزین کنید تا این قضیه اثبات گردد.
قضیه ۴. فرض کنید $d_A^{s*}(j)$ هزینه کوتاه‌ترین مسیر متغیر زمانی از رأس مبدأ s به رأس j با زمان حداکثر T و با زمان‌های انتظار دلخواه در رئوس باشد به طوری که مسئله تسریع نیز مطرح شده است، در اینصورت داریم: $d_A^{s*}(j) = \min_{0 \leq t \leq T} d_A^s(j, t)$.
اثبات: اثبات با استفاده از تعریف $d_A^{s*}(j)$ و قضیه ۳ واضح است.

مثال های عددی

مثال ۱. شبکه جریان متغیر زمانی داده شده در شکل ۱ را در نظر بگیرید. فرض کنید $T=7$ و داده‌های مورد نیاز، شامل زمان‌های انتقال و هزینه‌های انتقال در جدول ۱ داده شده باشند. همچنین فرض کنید انتظار در رئوس دلخواه باشد و هزینه‌ای را بر شبکه تحمیل نکند، به عبارت دیگر:

$$\forall i \in V, \forall t = 1, 2, \dots, 7: c(i, t) = 0$$

مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه // ۱۷



شکل ۱. شبکه جریان متغیر زمانی

فرض کنید برای دو کمان (p,w) و (z,y) و برای هر t متعلق به افق زمانی داشته باشیم:

$$(b(z,y,t), c(z,y,t))=(2,3) \quad , \quad (b(p,w,t), c(p,w,t))=(1,2)$$

و همچنین سایر اطلاعات مورد نیاز در جدول ۱ داده شده باشند.

جدول ۱. زمان‌های انتقال و هزینه‌های انتقال برای شبکه شکل ۱

کمان t	(s,p)		(s,q)		(s,r)		(p,q)		(q,w)	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
$t=0$	۱	۳	۱	۳	۲	۴	۱	۱	۲	۲
$t=1$	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۳
$t=2$	۱	۴	۳	۳	۱	۳	۱	۳	۲	۲
$t=3$	۱	۵	۲	۱	۲	۲	۱	۴	۱	۳
$t=4$	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۲	۱
$t=5$	۱	۲	۳	۴	۱	۳	۲	۲	۱	۳
$t=6$	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۳	۳	۱
$t=7$	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۳	۱	۴
$t=8$	۳	۲	۲	۱	۱	۳	۴	۴	۳	۳
$t=9$	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۳	۶	۳	۲
$t=10$	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۵	۸	۴	۱
$t=11$	۱	۳	۱	۲	۲	۲	۴	۴	۵	۳
$t=12$	۲	۳	۱	۳	۲	۳	۳	۶	۶	۴
$t=13$	۱	۳	۳	۳	۱	۱	۳	۲	۴	۱
$t=14$	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۴	۳	۳	۳

کمان	(s,p)	(s,q)	(s,r)	(p,q)	(q,w)
$t=7$	۱ ۴	۱ ۵	۲ ۴	۶ ۵	۴ ۵

با به کار بردن قضایای ۱ و ۲ برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر از رأس مبدأ s به سایر رؤس، نتایج به دست آمده در جدول ۲ ارائه شده است:

جدول ۲. محاسبه کوتاهترین مسیرهای متغیر زمانی مثال ۱

$d_A(j)$	$j = s$	$j = p$	$j = q$	$j = r$	$j = w$	$j = z$	$j = y$
$t=0$	۰	∞	∞	∞	∞	∞	∞
$t=1$	۰	۳	۳	∞	∞	∞	∞
$t=2$	۰	۳	۲	۱	۵	۴	∞
$t=3$	۰	۱	۲	۱	۴	۲	∞
$t=4$	۰	۱	۲	۱	۴	۲	∞
$t=5$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۶
$t=6$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۴
$t=7$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۴
$d^*_A(j)$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۴

مثال ۲. شبکه جریان داده شده در مثال ۱ را در نظر بگیرید. فرض کنید افق زمانی همان $T=7$ باشد و سایر اطلاعات این مثال نیز مانند زمان‌های انتقال و هزینه‌های انتقال روی کمان‌ها، همان اطلاعات داده شده در مثال ۱ و جدول ۱ باشد. در این مثال می‌خواهیم مسئله تسریع را اعمال کنیم. فرض کنید سه کمان (w, z) ، (w, y) و (z, y) را برای اعمال مسئله تسریع در نظر بگیریم و داشته باشیم:

$$\begin{aligned} \forall t: c_\gamma(w, z, t) = 3 & \quad \text{و} & \quad \gamma(w, z, t) = 1 \\ \forall t: c_\gamma(w, y, t) = 2 & \quad \text{و} & \quad \gamma(w, y, t) = 2 \\ \forall t: c_\gamma(z, y, t) = 2 & \quad \text{و} & \quad \gamma(z, y, t) = 1 \end{aligned}$$

مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه // ۱۹

با به کار بردن قضایای ۳ و ۴ برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر از رأس مبدأ s به سایر رؤوس با اعمال تسریع روی سه کمان مذکور نتایج به صورت زیر در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳. محاسبه کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با اعمال مسئله تسریع برای مثال ۲

$d_A^s(j)$	$j = s$	$j = p$	$j = q$	$j = r$	$j = w$	$j = z$	$j = y$
$t = 0$	۰	∞	∞	∞	∞	∞	∞
$t = 1$	۰	۳	۳	∞	∞	∞	∞
$t = 2$	۰	۳	۲	۱	۵	۴	∞
$t = 3$	۰	۱	۲	۱	۴	۲	∞
$t = 4$	۰	۱	۲	۱	۴	۲	∞
$t = 5$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۶
$t = 6$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۴
$t = 7$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۳
$d_A^{s*}(j)$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با بررسی مثال‌های ۱ و ۲ که اختلاف آن‌ها در نتایج ستون پایانی است می‌توان به نتایج مهمی دست یافت. برای این که این مقایسه واضح شود سطرهای پایانی جداول ۲ و ۳ را در جدول ۴ مشاهده نمایید. در مثال اول که یک مسئله متغیر زمانی بود هزینه رسیدن به رأس پایانی برابر ۴ می‌باشد.

جدول ۴. مقایسه مثال‌های ۱ و ۲ و تأثیر اعمال مسئله تسریع

$d_A^*(j)$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۴
$d_A^{s*}(j)$	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۳

ضمناً در مثال ۱ در زمان‌های ۰ و ۱ و... و ۴ امکان رسیدن به رأس پایانی وجود ندارد، اما با اعمال مسئله تسریع روی همین شبکه جریان که مثال ۲ را به وجود آورد به این نتیجه دست می‌یابیم که

۲۰ // دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم

هزینه رسیدن به رأس پایانی یک واحد نسبت به مثال قبل کاهش یافته و به عدد ۳ رسید. همچنین، امکان رسیدن به رأس پایانی در زمان‌های ۳ و ۴ با پرداخت هزینه به ترتیب ۶ و ۴ میسر شد. این بررسی اهمیت وجود و اعمال یک مسئله تسریع را روی شبکه‌های جریان متغیر زمانی واضح می‌کند. مسئله تسریع باعث کوتاه‌تر شدن زمان عبور در شبکه می‌گردد. ضمناً این موقعیت را فراهم می‌کند که شاید رسیدن به یک رأس با هزینه کمتر و زمان کمتری امکان‌پذیر گردد و همچنین باعث می‌شود افق زمانی بهتری حاصل شود. به عبارت دیگر، موعد مقرر را با پرداخت هزینه تسریع مربوطه، به تعویق انداخت.

منابع

- Ahuja, R. K. & Magnanti, T. L. & Orlin, J. B. (1993). Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications. DC: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Ford, L. R. & Fulkerson, D. R. (1958). Constructing maximal dynamic flows from static flows, *Operations Research*, 6, 419-433.
- Aronson, J. (1989). A survey of dynamic network flows. *Annals of Operations Research*, 20, 1-66.
- Hoppe, B. (1995). Efficient Dynamic Network Flow Algorithms. Ph.D. Thesis, Cornell University.
- Chabini, L. (1998). Discrete dynamic shortest path problems in transportation applications: Complexity and algorithms with optimal run time. *Transportation Research Record*, 1645, 170-175.
- Glockner, G. & Nemhauser, G. (2000). A dynamic network flow problem with uncertain arc capacities: formulation and problem structure, *Operations Research*, 48 (2): 33-242.
- Salehi Fathabadi, H. & Hosseini, S.A. (2010). Maximum flow problem on dynamic generateve network flows with time-varying bounds. *Applied Mathematical Modeling*, 34, 2136-2147.
- Orda, A. & Rom, R. (1990). Shortest-path and minimum-delay algorithms in networks with time-dependent edge length. *Journal of the Association for Computing*, 37, 607-625.
- Orda, A. & Rom, R. (1991). Minimum weight paths in time-dependent networks. *Networks*, 21, 295-320.
- Cai, X. & Kloks, T. & Wong, C.k. (1997). Time-varying shortest path problems with constraints. *Networks*, 29, 141-149.
- Cai, X. & Sha, D. & Wong, C. K. (2001). Time-varying minimum cost flow problems. *European Journal of Operational Research*, 131, 352-374.
- Nasrabadi, E. & Hashemi, M. (2010). Minimum cost time-varying network flow problems. *Optimization Methods & Software*, 25 (3): 429-447.
- Shirdel, Gh. & Rezapour, H. (2015). K-Objective Time-Varying Shortest Path Problem with Zero Waiting Times at Vertices. *Trends in Applied Sciences Research*, 10 (5): 278-285.
- Shirdel, Gh. & Rezapour, H. (2016). the Arbitrary Waiting Times in the Time-Varying Shortest Path with Triangular Fuzzy Costs. *Advances and Applications in Mathematical Sciences*, 15, (2): 75-85.
- Shirdel, Gh. & Rezapour, H. (2016). Time-varying maximum capacity path problem with zero waiting times and fuzzy capacities, *SpringerPlus* 5, 981-990.

استناد به این مقاله: (DOI): JEMSC-1701-1049 (R1) شناسه دیجیتال

شیردل، غ.ح؛ رضاپور، ح. (۱۳۹۶). «مسئله تسریع در کوتاه‌ترین مسیرهای متغیر زمانی با زمان‌های انتظار دلخواه». *دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶ (۲)، ۹-۲۱.

قطعه‌بندی جریان داده حسگرها در محیط‌های هوشمند فراگیر*

وحید قاسمی^۱

محمد جوادیان^۲

سجاد حیاتی^۳

چکیده

در بسیاری از رویکردهای بازشناسی اعمال، ابتدا جریان داده ورودی قطعه‌بندی شده و سپس عمل مربوط به هر قطعه تشخیص داده می‌شود. در این رویکردها یک گام اولیه بسیار مهم، قطعه‌بندی جریان داده‌های حسگرها است. در این مقاله به این مسئله پرداخته و برای حل آن روش جدیدی را بر مبنای یک مسئله برنامه‌ریزی تفاضل محدب، پیشنهاد داده‌ایم. در روش پیشنهادی، برای هر رویداد حسگر در جریان داده‌ها، یک بردار ویژگی یا استفاده از رویکردی بیزی محاسبه شده و دنباله این بردارها در یک تابع هزینه تفاضل محدب به کار گرفته شده است. بردارهای ویژگی و تابع هزینه را با در نظر گرفتن مکاشفه‌هایی که مطابق با شرایط محیط‌های هوشمند فراگیر هستند، محاسبه کرده‌ایم. قطعات داده با کمینه‌سازی این تابع استخراج می‌گردند. در ارزیابی‌ها، از یک شبیه‌ساز خانه‌های هوشمند برای تولید جریان داده‌های حسگرها استفاده شده است. میزان خلوص قطعات و آنتروپی شرطی قطعه‌بندی، برای سنجش میزان کارایی روش پیشنهادی محاسبه گردیده‌اند. ارزیابی‌ها نشان می‌دهند که در مقایسه با تعدادی از رویکردهای موجود، روش پیشنهادی عملکرد قابل قبولی را از خود نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی محدب، جریان داده حسگرها، قطعه‌بندی، محیط‌های هوشمند فراگیر.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵.

^۱. استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول)

v.ghasemi@kut.ac.ir

^۲. استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

mo.javadian@kut.ac.ir

^۳. استادیار گروه مهندسی برق، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

sajadhayati@gmail.com

مقدمه

اصطلاح "محاسبات فراگیر"^۱ اولین بار توسط مارک ویزر^۲ مطرح شد. طبق این دیدگاه، پیش‌بینی شده بود که در آینده کامپیوترها به گونه‌ای به انسان خدمت خواهند کرد که اشخاص از حضور بدون مزاحمت این کامپیوترها در مکان‌هایی مانند لباس‌ها، اتومبیل‌ها و دیگر وسایل، هیچ اطلاعی نخواهند داشت (ویزر، ۱۹۹۱). محیط‌هایی را که از انواع ادوات محاسباتی (مانند انواع حسگرها، بازوهای حرکتی، پروتکل‌های ارتباطی بیسیم و سیم‌بندی شده و...) به منظور جمع‌آوری و پردازش داده‌ها استفاده کرده و با استنتاج بر روی این داده‌ها به صورت منفعل به کاربران خود خدماتی ارائه می‌دهند، محیط‌های فراگیرنده^۳ هوشمند می‌نامند. در چنین محیط‌هایی، داده‌ها با استفاده از حسگرها، میکروفون‌ها، دوربین‌های ویدئویی و... دریافت شده و به صورت جریانی از داده‌ها^۴ (یک سری زمانی) در دسترس قرار می‌گیرند. برای خلق چنین محیط‌هایی نیاز به استفاده از ابزارهای مختلفی از حوزه‌های بینایی ماشین، یادگیری ماشین، فناوری‌های بیسیم و تعامل کامپیوتر و انسان^۵ است تا محیط بتواند یادگیری داشته باشد و با نیازهای کاربران تطبیق یافته و به آنها پاسخ دهد.

به عنوان مثال، خانه‌های هوشمند^۶ که نمونه‌ای از محیط‌های فراگیر می‌باشند، در دهه گذشته به موضوعی جالب برای محققین تبدیل شده‌اند. یک خانه هوشمند محیطی خودکار است که از انواع مختلفی از حسگرها برای تشخیص اعمال ساکنین و ارائه خدمات به آنها استفاده می‌کند. عموماً این خانه‌ها می‌توانند برای نظارت و حمایت از افراد سالخورده یا افرادی با عارضه‌های جسمی یا روانی مورد استفاده قرار بگیرند. مثلاً می‌توانند اعمال با ریسک بالا یا اعمال غیرطبیعی ساکنین را شناسایی کنند یا به ساکنین خود، کارهایی را که باید انجام دهند یادآوری نمایند. از جمله دیگر کاربردها می‌توان به مراقبت‌های پزشکی، کاربردهای امنیتی و امداد و نجات (مثلاً شناسایی حرکات مشکوک در فرودگاه‌ها و معابر

¹ Ubiquitous Computing

² Mark Weiser

³ Pervasive Environments

⁴ Data Stream

⁵ Human Computer Interaction

⁶ Smart Homes

(کاهن و همکاران، ۲۰۰۸)، استفاده‌های صنعتی (مثلاً نظارت بر کارهای انجام شده توسط کارگران در خطوط تولید (کاسکیماکی و همکاران، ۲۰۰۹)، و اتوماسیون‌ها (مثلاً اتوماسیون کنترل دما، تهویه هوا و تهویه مطبوع (هاگراس و همکاران، ۲۰۰۴) اشاره نمود. برای آن که محیط بتواند به طور هوشمندانه به نیازهای کاربران پاسخ دهد، ابتدا باید بتواند اعمال آنان را بر مبنای جریان داده‌های دریافت شده از محیط فیزیکی بازشناسی کرده تا متناسب با این اعمال خدماتی را ارائه دهد. لذا مسئله تشخیص اعمال اشخاص به موضوعی جالب در توسعه محیط‌های فراگیرنده هوشمند تبدیل شده است.

تاکنون روش‌های متعددی برای بازشناسی اعمال در محیط‌های هوشمند مطرح شده‌اند. در بسیاری از این روش‌ها، ابتدا جریان داده ورودی به قطعاتی تقسیم‌بندی شده و سپس برای هر قطعه داده یک عمل بازشناسی می‌شود. این کار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا در این روش‌ها اگر در قطعات استخراج شده داده‌های اضافه (یا کم) وارد شوند، ممکن است عمل مربوط به آن قطعه به درستی تشخیص داده نشده و در نتیجه به نیازهای کاربران به درستی پاسخ داده نشود. لذا گام مهم اولیه، قطعه‌بندی^۱ کارآمد جریان داده تولید شده در محیط است به نحوی که در گام‌های بعدی برای هر قطعه از داده‌ها عمل انجام شده مربوطه بازشناسی گردد.

در این مقاله قصد داریم موضوع قطعه‌بندی جریان داده‌ها در محیط‌های فراگیر هوشمند را مورد مطالعه قرار داده و راهکاری را برای این مسئله ارائه نمائیم. با توجه به پیچیدگی زیاد این مسئله، مفروضات زیر را برای حل آن در نظر می‌گیریم:

- محیط تک کاربره است.
- اعمال به صورت ترتیبی انجام می‌گیرند.
- از حسگرهای با مقادیر گسسته (مانند حسگرهای دودویی) استفاده شده است و در صورت استفاده از حسگرهای پیوسته مقادیر آن‌ها را گسسته‌سازی می‌کنیم.

- با توجه به این که حسگرهای صدا و تصویر حریم خصوصی افراد را در محیط‌های خصوصی نقض می‌کنند، استفاده از این حسگرها مدنظر نخواهد بود.

- قصد داریم یک روش مبتنی بر داده برای این کار ارائه دهیم.

سایر قسمت‌های مقاله بدین شرح است: در بخش پیشینه پژوهش مروری بر کارهای انجام شده خواهیم داشت. در ادامه به بیان مسئله و نمادگذاری‌های مورد استفاده می‌پردازد. در بخش روش‌شناسی پژوهش به بیان رویکرد پیشنهادی پرداخته و نحوه استخراج ویژگی و قطعه‌بندی را شرح خواهیم داد. در نهایت نحوه پیاده‌سازی و نتایج ارزیابی‌ها آورده شده‌اند. در پایان، به جمع‌بندی رویکرد پیشنهادی خواهیم پرداخت.

پیشینه پژوهش

در بسیاری از رویکردهای بازشناسی اعمال در محیط‌های هوشمند فراگیر، قطعه‌بندی جریان داده‌ها به صورت دستی و توسط ناظر انسانی انجام گرفته و سپس با به کارگیری سازوکارهای مبتنی بر یادگیری ماشین و مهندسی دانش، عمل مربوط به هر قطعه بازشناسی می‌گردد. از جمله این کارها می‌توان به پژوهش‌های (فاهاد، خان و راجاراجان، ۲۰۱۵)، (لیاو، بی و ناجنت، ۲۰۱۰) و (لیاو، بی و ناجنت، ۲۰۱۱) اشاره کرد.

در حالت کلی، در مورد سایر روش‌ها می‌توان گفت که غیر از روش‌های بازشناسی اعمال مبتنی بر مدل‌های یادگیرنده گرافیکی مانند مدل‌های مخفی مارکوف (HMM^1) (سینگلا و کوک و اسمیتر اجکامپ، ۲۰۱۰)، مدل‌های مخفی مارکوف کوپل شده ($CHMM^2$) (وانگ و گو و تاو و چن و لو، ۲۰۱۱)، میدان‌های تصادفی شرطی (CRF^3) (ون کاسترن و انگلین، ۲۰۱۱) و انواع آن که قطعه‌بندی به صورت ضمنی و توأم با رده‌بندی صورت می‌گیرد، در سایر روش‌ها قبل از رده‌بندی، جریان داده حسگرها با توجه به معیارهایی قطعه‌بندی می‌گردد. در روش‌های مبتنی بر مدل‌های گرافیکی، داده‌های

¹ Hidden Markov Models

² Coupled HMM

³ Conditional Random Fields

حسگرها را به عنوان مشاهدات و اعمال را به عنوان متغیرهای مخفی در نظر می‌گیرند، سپس با استفاده از الگوریتم‌های استنتاج دنباله وضعیت‌های مخفی، مانند ویتربی^۱، اعمال را تخمین می‌زنند. از جمله روش‌های بازشناسی اعمال که قطعه‌بندی جریان داده را به صورت غیرضمنی قبل از رده‌بندی انجام می‌دهند می‌توان به (کریشن‌ان و کوک، ۲۰۱۴)، (یالا، فرگانی و فلری، ۲۰۱۷)، (وان، اوگرادی و اوهاره، ۲۰۱۵)، (چو و همکاران، ۲۰۱۵)، (اوکیو، چن و وانگ استریت، ۲۰۱۴) و (هوانگ و نوجنت، ۲۰۱۳) به شرح ذیل اشاره کرد.

در پژوهش کریشن‌ان و کوک (۲۰۱۴) سه رویکرد قطعه‌بندی جریان داده‌های حسگرها قبل از رده‌بندی استفاده شده است. این رویکردها عبارتند از: قطعه‌بندی با طول زمانی ثابت (پنجره‌های زمانی با طولانی ثابت)، قطعه‌بندی با تعداد ثابت رویدادها (پنجره‌هایی از تعداد رخدادها ثابت از فعالیت حسگرها) و قطعاتی با طول ثابت از رخدادهای حسگرها که وزن‌دهی شده‌اند. سپس، از این قطعات بردارهای ویژگی استخراج و برای بازشناسی اعمال مورد استفاده قرار می‌گیرند. در (یالا، فرگانی و فلری، ۲۰۱۷) رویکرد (کریشن‌ان و کوک، ۲۰۱۴) با معرفی یک ویژگی جدید برای بازشناسی اعمال مورد مطالعه قرار گرفته است. در رویکردهای فوق، از آنجا که طول قطعات ثابت در نظر گرفته می‌شود (چه مبتنی بر تعداد رویدادهای حسگرها و چه زمان) امکان حضور داده‌های نامرتب با یک عمل و در نهایت، افت کارایی رده‌بندها در بازشناسی اعمال وجود دارد.

در پژوهش وان، اوگرادی و اوهاره (۲۰۱۵) قطعه‌بندی جریان داده ورودی قبل از رده‌بندی، به صورت پویا انجام گرفته است. در این رویکرد قطعاتی با طول زمانی و تعداد رویدادهای حسگرهای متفاوت می‌توانند محاسبه گردند. در این رویکرد همبستگی و میزان ارتباط زمانی داده جدید با آخرین داده یک قطعه محاسبه می‌گردد. در صورتی که اختلاف زمانی بیشتر از یک حد آستانه بود یا همبستگی آن‌ها از یک حد آستانه کمتر بود، یک قطعه جدید تشکیل می‌شود و در غیر این صورت، داده جدید به قطعه قبلی افزوده می‌گردد.

هرچند، این رویکرد به صورت حریصانه عمل کرده و امکان اصلاح قطعات قبلی تشکیل شده با ورود داده‌های جدید در جریان داده حسگرها وجود ندارد، لذا می‌تواند منجر به نتایجی ناصحیح گردد.

در پژوهش چو، آن و هوانگ و لی (۲۰۱۵) از معیار فاصله جارو-وینکلر^۱ برای مقایسه زیردنباله‌هایی در جریان داده ورودی با قطعات داده از قبل تعیین شده در مجموعه آموزشی استفاده می‌گردد. بدین صورت که از ابتدای جریان داده‌ها، داده‌ها یکی پس از دیگری به یک قطعه اضافه می‌شوند و هر بار فاصله جارو-وینکلر قطعه با قطعات مجموعه آموزشی محاسبه می‌گردد. زمانی که این فاصله به حداکثر مقدار خود رسید، قطعه جدید از جریان ورودی جدا شده و رده‌بندی می‌گردد.

در پژوهش اوکیو، چن و وانگ استریت (۲۰۱۴) رویکردی مبتنی بر دانش برای قطعه‌بندی داده‌های حسگرها با توجه به هستان‌شناسی اعمال پیشنهاد شده است. این رویکرد نیاز به روش‌های مهندسی دانش برای استخراج هستان‌شناسی‌های^۲ اعمال دارد. در پژوهش هوانگ و نوجنت (۲۰۱۳) نیز سه رویکرد مبتنی بر دانش برای قطعه‌بندی جریان داده حسگرها پیشنهاد شده است. در این رویکردها از ارتباط بین مکان، حسگرها، و اعمال ممکن در هر مکان، برای قطعه‌بندی جریان داده‌ها استفاده شده است. این رویکرد نیز نیاز به استخراج دانشی دقیق از محل رخداد اعمال و حسگرهایی که در هر عمل ممکن است فعال شوند دارد. یکی از ایرادات روش‌های مبتنی بر دانش آن است که ممکن است دانش استخراج شده به اندازه کافی عمومیت نداشته باشد و با تغییر کاربر یا محیط، قوانین طراحی نیز تغییر خواهند کرد.

از آنجا که روش‌های مبتنی بر دانش نیاز به استخراج دانش پیشین دقیق داشته و می‌توانند به اندازه کافی عمومیت نداشته باشند، در رویکرد پیشنهادی به دنبال آن خواهیم بود تا یک روش پویا (قطعات با طول متغیر) و مبتنی بر داده برای قطعه‌بندی جریان داده

¹ Jaro-Winkler Distant Measure

² Ontologies

ورودی ارائه دهیم. لازم به ذکر است که در ارزیابی‌ها، روش پیشنهادی را با رویکردهای وان، اوگرادی و اوهاره (۲۰۱۵) و چو و همکاران (۲۰۱۵) مقایسه می‌کنیم.

روش‌شناسی پژوهش

بیان مسئله و نشانه‌گذاری‌های مورد استفاده

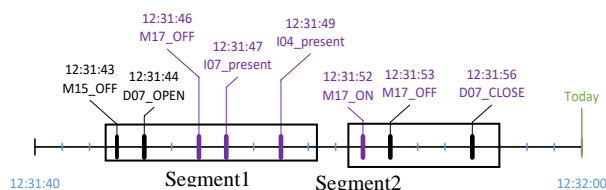
داده‌ها با حسگرهای مختلفی در محیط جمع‌آوری می‌شوند. یک رویداد حسگر به صورت زوج شناسه (ID) و مقدار حسگر فعال شده در نظر گرفته می‌شود. هر رویداد حسگر را می‌توان با یک مقدار عددی کدگذاری نمود. دامنه مقادیر حسگرها می‌تواند گسسته یا پیوسته باشد. در صورت استفاده از حسگرهای پیوسته می‌توان از یک روش بخش‌بندی برای گسسته‌سازی دامنه آن‌ها استفاده کرد. بنابراین، دامنه حسگرها را گسسته فرض می‌کنیم. دامنه حسگر i را با D_i نمایش می‌دهیم. جدول (۱) مثالی از شناسه حسگرها، نوع، دامنه و رویدادهای ممکن برای آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مثالی از شناسه، نوع، دامنه و رویدادهای ممکن برای حسگرها، پس از گسسته‌سازی دامنه

آن‌ها

ID	نوع حسگر	دامنه مقادیر حسگر	رویدادهای حسگر
M15	حرکتی	$D_{M01} = \{ "ON", "OFF" \}$	M01_ON, M01_OFF
T03	دما	$D_{T01} = \{ 1, 2, 3 \}$	T03_1, T03_2, T03_3
D07	سوئیچ	$D_{D07} = \{ "CLOSE", "OPEN" \}$	D07_CLOSE, D07_OPEN

جریان داده حسگرها دنباله‌ای از رویدادهای حسگرهاست که بر حسب زمان وقوع مرتب شده‌اند. این جریان داده حسگرها را دنباله یا جریان رویدادهای حسگرها نیز می‌نامیم. جریانی از داده‌های حسگرها، به طول T را با $x_{1:T} = x_1, \dots, x_t, \dots, x_T$ نشان می‌دهیم که در آن x_t ها رویدادهای حسگرها را نشان می‌دهند. در شکل ۱ جریانی از داده‌های حسگرها نمایش داده شده است.



شکل ۱. مثالی از جریان داده حسگرها و دو قطعه داده در آن

با توجه به نمادگذاری فوق، مسئله قطعه‌بندی جریان داده‌ها را به فرم زیر تعریف کرده و در ادامه از نمادگذاری‌های آن استفاده می‌کنیم:

تعریف ۱ (مسئله قطعه‌بندی). فرض کنید $x_{1:T}$ دنباله‌ای از T رویداد متوالی حسگرها باشد. یک بخش‌بندی از $x_{1:T}$ را با m تایی مرتب $\langle P_1, \dots, P_m \rangle$ نشان می‌دهیم، که در آن P_i قطعه i ام است و برای هر دو قطعه متوالی مثل P_k و P_{k+1} داریم: $\exists h, j, k \in \{1..T\}: P_k = x_{h:j}, P_{k+1} = x_{j+1:i}$ به طوری که هر قطعه داده مربوط به یک عمل متوالی کاربر باشد.

روش پیشنهادی

در این بخش، ابتدا به بیان نحوه استخراج بردارهای ویژگی برای رویدادهای حسگرها می‌پردازیم. سپس، نحوه قطعه‌بندی جریان داده حسگرها را با استفاده از یک مسئله برنامه‌ریزی تفاضل محدب بیان خواهیم کرد.

استخراج ویژگی

با داشتن n عمل مشخص، برای رویداد حسگر مثل $x_i \in S$ بردار ویژگی $b_i = (b_{i,1}, \dots, b_{i,j}, \dots, b_{i,n})$ محاسبه می‌گردد. در این بردار، $b_{i,j} \geq 0$ مقدار باور رویداد حسگر x_i در مورد عمل a_j است، به طوری که داریم: $\sum_{j=1}^n b_{i,j} = 1$. بردار ویژگی یک رویداد حسگر را به صورت تابعی از احتمال اعمال به شرط آن رویداد، و میزان تسطیح^۱ این توزیع، به شرح ذیل محاسبه می‌کنیم.

^۱ Flatness

مقدار باور $b_{i,j}$ را به طور مستقیم متناسب با احتمال پسین رخداد عمل a_j به شرط x_i در نظر می‌گیریم:

$$b_{i,j} \propto p(A = a_j | X = x_i) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، A و X متغیرهایی هستند که به ترتیب، شناسه‌های یک عمل و یک رویداد حسگر را اختیار می‌کنند.

در یک محیط هوشمند انتظار می‌رود که مقادیر $p(A = a_j | X)$ به ازای تعداد محدودی از رویداد حسگرها که مرتبط با عمل a_j هستند بالا، و برای بقیه رویدادها پایین باشد. زیرا افراد در هر عمل معمولاً با تعداد اندکی از اشیاء محیطی (و در نتیجه تعداد معدودی از حسگرها) سروکار دارند. بنابراین، انتظار می‌رود $p(A = a_j | X)$ مسطح نباشد. بر این اساس فرض زیر را تعریف می‌کنیم:

فرضیه ۱. (نامسطح بودن توزیع پسین اعمال). توزیع احتمال پسین اعمال به شرط رویدادهای حسگرها، یعنی $f(x) = p(A = a_j | x)$ نباید مسطح باشد. مشابه توابع توزیع احتمال، میزان تسطیح $p(A = a_j | x)$ را پس از نرمال‌سازی آن، می‌توان با مفهوم آنتروپی به صورت زیر بیان کرد:

$$R_j = - \sum_{k=1}^{|S|} \left(\bar{p}(A = a_j | X = x_k) \times \log \left(\bar{p}(A = a_j | X = x_k) \right) \right) \quad \text{رابطه ۲}$$

که در آن، $R_j \geq 0$ میزان تسطیح تابع $p(A = a_j | X)$ بوده و داریم:

$$\begin{aligned} & \bar{p}(A = a_j | X = x_k) \\ &= \frac{p(A = a_j | X = x_k)}{\sum_{k'=1}^{|S|} p(A = a_j | X = x_{k'})} \bar{p}(A = a_j | X = x_k) \\ &= \frac{p(A = a_j | X = x_k)}{\sum_{k'=1}^{|S|} p(A = a_j | X = x_{k'})} \end{aligned} \quad \text{رابطه ۳}$$

هر قدر $p(A = a_j | X)$ مسطح‌تر باشد، مقدار R_j بیشتر خواهد بود. لذا با توجه به

فرضیه ۱، $b_{i,j}$ را به طور عکس متناسب با R_j تعریف می‌کنیم. بنابراین، خواهیم داشت:

$$b_{i,j} \propto \frac{1}{R_j + \epsilon} \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن $\mathcal{E} \in \mathbb{R}^+$ مقدار کوچکی است که مانع از صفر شدن مخرج می گردد. از روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) داریم:

$$b_{i,j} = \frac{p(A = a_j | X = x_i)}{R_j + \mathcal{E}} \cdot Z_i \quad \text{رابطه ۵}$$

که در آن، Z_i ضریب نرمال سازی است که از رابطه (۶) محاسبه می گردد.

$$Z_i = \left(\sum_{k=1}^n \frac{p(A = a_k | X = x_i)}{R_k + \mathcal{E}} \right)^{-1} \quad \text{رابطه ۶}$$

لازم به ذکر است که $p(A = a_k | X = x_i)$ را می توان با روش هایی همچون MLE^1 یا MAP^2 محاسبه نمود.

قطعه بندی با استفاده از یک مسئله برنامه ریزی تفاضل محدب

به بیان بسیار ساده، برای قطعه بندی جریان داده ها قصد داریم بردارهای ویژگی مربوط به رویدادها را خوشه بندی کنیم. در انتها، هر خوشه بیانگر یک قطعه خواهد بود. این خوشه بندی با روش های کلاسیک تفاوت های عمده ای دارد. زیرا اولاً رویدادهای یک خوشه باید متوالی باشند. ثانیاً، دیگر ویژگی های محیط های فراگیر هوشمند باید برآورده شوند. سه ویژگی در این محیط ها را در نظر می گیریم: ۱- تعداد قطعات اعمال محدود است (زیرا هر کاربر تعداد اعمال محدودی را انجام می دهد و در نتیجه تعداد بخش های مربوط به اعمال محدود خواهد بود) ۲- رویدادهایی که با قطعیت بالایی مربوط به اعمال مختلف هستند باید در قطعات داده متفاوتی قرار بگیرند و ۳- مراکز خوشه ها باید عدم قطعیت پایینی داشته باشند. اگر مرکز خوشه ای که رویداد x_i در جریان ورودی متعلق به آن است را با M_i نشان دهیم، محدودیت های فوق را می توان در جدول (۲) خلاصه کرد. با این محدودیت ها قصد داریم مراکز خوشه ها (بردارهای M_i) را طوری محاسبه کنیم که اگر مرکز خوشه نظیر به دو رویداد متوالی با هم برابر باشند، آن گاه آن دو رویداد در یک قطعه قرار بگیرند.

¹ Maximum Likelihood Estimation
² Maximum A Posteriori Estimation

جدول ۲. محدودیت‌های مورد نظر برای خوشه‌بندی

ردیف	محدودیت
۱	هر قدر عدم قطعیت b_i کمتر باشد، M_i باید نزدیکتر به b_i باشد و هر قدر عدم قطعیت b_i بیشتر باشد، امکان دور شدن M_i از b_i نیز بیشتر باشد.
۲	۲- تعداد بخش‌های داده‌های مربوط به اعمال در جریان داده‌های حسگرها (یعنی $x_{1:T}$) محدود است. یعنی تعداد مراکز خوشه متفاوت باید محدود باشند.
۳	۳- رویدادهای هر خوشه باید متوالی باشند.
۴	۴- مراکز خوشه‌ها باید عدم قطعیت پایینی داشته باشند.

از آنجا که بردارهای ویژگی نرمال بوده، و مؤلفه‌های آن‌ها میزان باور به رخداد اعمال مختلف را نشان می‌دهد، می‌توان عدم قطعیت یک بردار باور (بردار ویژگی) را با آنتروپی آن بردار نشان داد. اگر عدم قطعیت یک بردار ویژگی را با تابع $u(\cdot)$ نشان دهیم، داریم:

$$u(b_i) = -\sum_{j=1}^n b_{i,j} * \log(b_{i,j}) \quad \text{رابطه (۷)}$$

محدودیت‌های جدول (۲) می‌توانند با هم ترکیب شده و یک تابع هدف تفاضل محدب را تشکیل دهند. با مینیمم‌سازی این تابع هدف، مراکز خوشه‌ها به دست می‌آیند. بدین منظور، حل مسئله بهینه‌سازی رابطه (۸) را پیشنهاد می‌دهیم.

$$M = \arg \min_{\bar{M}} \left(\sum_{i=1}^T \frac{1}{u(b_i)} \|b_i - \bar{M}_i\| + \lambda \sum_{i=1}^T \|\bar{M}_{i+1} - \bar{M}_i\| + \gamma \sum_{i=1}^T u(\bar{M}_i) \right) \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \bar{M}_{i,j} = 1 \\ \bar{M}_{i,j} \geq 0 \end{cases}, \forall i = 1, \dots, T \wedge j = 1, \dots, T$$

که در آن، $M_i \in \mathbb{R}^n$ و $\bar{M}_i \in \mathbb{R}^n$ به ترتیب سطرهای ماتریس‌های $M \in \mathbb{R}^{T \times n}$ و $\bar{M} \in \mathbb{R}^{T \times n}$ هستند. همچنین، $\lambda > 0$ و $\gamma > 0$ پارامترهای تنظیم^۱ می‌باشند که با استفاده از مجموعه آموزشی مقداردهی می‌شوند. از آنجا که جملات اول و دوم در رابطه (۸) محدب هستند و جمله سوم عبارتی مقعر است، با یک مسئله برنامه‌ریزی تفاضل محدب روبرو هستیم.

¹ Regularization Parameters

در رابطه (۸)، اولین عبارت، شرط اول از جدول (۲) را اعمال می‌کند. زیرا اگر عدم قطعیت کاهش داده شود، ضریب $\frac{1}{u(b_i)}$ افزایش می‌یابد. بنابراین، در فرآیند کمینه‌سازی، بردار M_i نزدیک به b_i تعیین می‌گردد تا مقدار اولین عبارت را تعدیل کند.

جمله دوم در رابطه (۸) محدودیت‌های دوم و سوم از جدول (۲) را اعمال می‌کند. در واقع، این عبارت مجموع نرم‌های l_2 بوده و بنابراین، منجر به پاسخ‌هایی می‌شود که در آن‌ها تعداد زیادی از M_i ‌های متوالی با هم برابر هستند. بنابراین، کمینه‌سازی این جمله نه تنها تعداد بخش‌ها را محدود می‌کند، بلکه موجب می‌شود تا رویدادهای متوالی در یک قطعه قرار بگیرند (زیرا در فرآیند بهینه‌سازی بردار M_i نظیر آن‌ها با هم برابر خواهد شد تا حداقل تفاضل به دست آید). باید توجه داشت که توازنی بین جمله اول و دوم رابطه (۸) وجود دارد. اولین جمله با T قطعه کمینه می‌شود در حالی که جمله دوم فقط با وجود یک قطعه از داده‌ها کمینه خواهد شد. این توازن با پارامتر λ کنترل می‌گردد.

به وضوح، جمله سوم رابطه (۸) موجب می‌شود تا مراکز خوشه‌ها به نحوی تعیین گردند که کمترین عدم قطعیت، یعنی کمترین آنتروپی، را داشته باشند. بنابراین، این جمله نیز مستقیماً چهارمین محدودیت جدول (۲) را اعمال خواهد کرد.

پس از محاسبه ماتریس M از رابطه (۸)، رویدادهای متوالی x_i و x_{i+1} در یک قطعه قرار می‌گیرند اگر رابطه $M_i = M_{i+1}$ برقرار باشد. برای حل این رابطه از روال محدب-مقعر (CCP²) (لیپ و بوید، ۲۰۱۶) استفاده می‌کنیم.

یافته‌های پژوهش

برای ایجاد جریان داده حسگرها در محیطی هوشمند، از یک شبیه‌ساز محیط‌های فراگیر هوشمند، به نام SDG³ (مندزواز کوز، هلال و کوک، ۲۰۰۹)، استفاده کردیم که از طریق صفحه اینترنتی آزمایشگاه خانه‌های هوشمند پروژه CASAS⁴ قابل دسترسی است. در شبیه‌سازی‌ها، جریانی از داده‌های حسگرها، شامل بیش از ۱۵۰۰ رویداد حسگر در یک خانه هوشمند، مربوط به ۵ عمل مختلف کاربر، تولید شده و سپس، قطعات صحیح داده به

¹ Norm

² Convex-Concave Procedure

³ Synthetic Data Generator

⁴ Center For Advanced Studies In Adaptive Systems

منظور ارزیابی روش پیشنهادی از جریان داده‌های حسگرها استخراج گردیدند. برای ارزیابی از معیارهای آنتروپی شرطی قطعه‌بندی و میزان خلوص، به شرح ذیل استفاده شد.

$$P_{Estimate} = \langle P_1^*, \dots, P_l^* \rangle \quad P_{GroundTruth} = \langle P_1, \dots, P_m \rangle$$

را قطعه‌بندی به روشی دلخواه در نظر بگیرید. برای ارزیابی کارایی $P_{Estimate}$ ، آنتروپی‌های شرطی ذیل را محاسبه کرده‌ایم:

$$H(P_{Estimate}|P_{GroundTruth}) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^l pr(P_i^*, P_j) \log(pr(P_i^*|P_j)) \quad \text{رابطه ۹}$$

$$H(P_{GroundTruth}|P_{Estimate}) = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m pr(P_i^*, P_j) \log(pr(P_j|P_i^*)) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

که در آنها $pr(\cdot)$ تابع چگالی احتمال می‌باشد. هر قدر مقادیر هر دو آنتروپی شرطی حاصل از روابط (۹) و (۱۰) کوچک‌تر باشند، نشان دهنده آن است که قطعه‌بندی با کارایی بالاتری انجام شده است (بینقام، ۲۰۱۰).

میزان خلوص^۱ قطعات نیز با رابطه (۱۱) محاسبه گردید (مانینگ و راقوان، ۲۰۱۰). این معیار بیان می‌کند که دنباله داده‌های استخراج شده تا چه میزان صرفاً داده‌های مربوط به یک قطعه (و نه قطعه دیگر) را در خود جای داده‌اند. خلوص بیشتر قطعات استخراج شده می‌تواند نشان دهنده کارایی بالاتر الگوریتم قطعه‌بندی مورد استفاده باشد.

$$Purity = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^l \max_j |P_i^* \cap P_j| \quad \text{رابطه ۱۱}$$

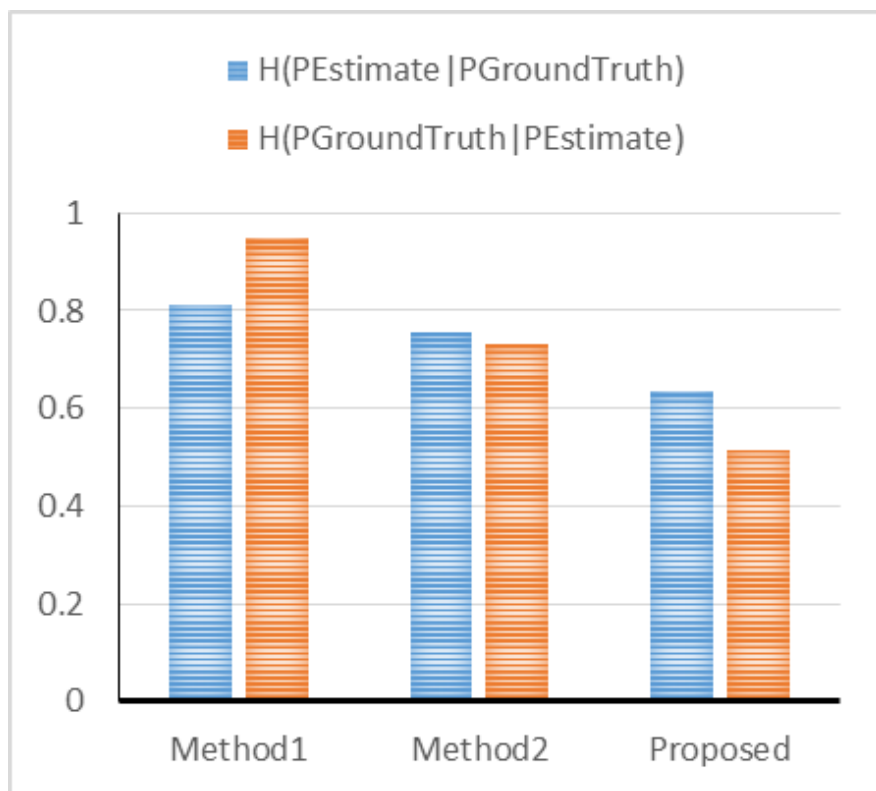
با استفاده از معیارهای فوق، روش پیشنهادی با رویکردهای وان، اوگرادی و اوهاره (۲۰۱۵) و چو و همکاران، (۲۰۱۵) مقایسه گردید. بدین منظور، رویکردهای وان، اوگرادی و اوهاره (۲۰۱۵) و چو و همکاران، (۲۰۱۵) به ترتیب Method1 و Method2 نامگذاری و پیاده‌سازی شدند.

نتایج در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود،

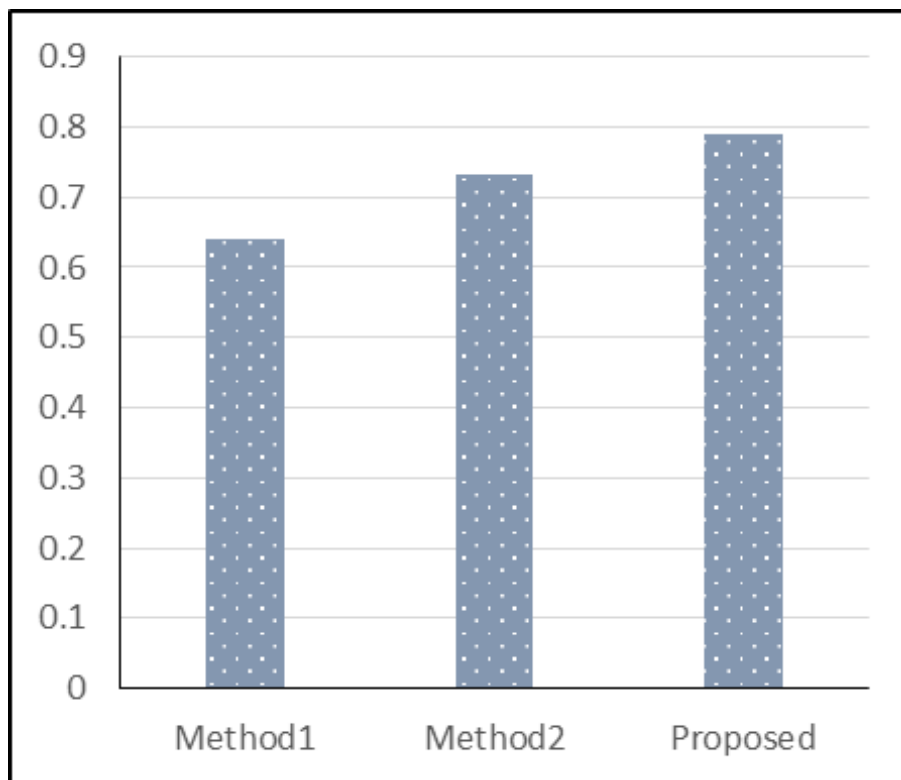
$$H(P_{Estimate}|P_{GroundTruth}) \approx 63/0$$

^۱ Purity

و $H(P_{Estimate}|P_{GroundTruth}) \approx 0.51$ کمتر از دو روش دیگر می‌باشد که بیانگر عملکرد بهتر رویکرد پیشنهادی است. همچنین، همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، در روش پیشنهادی میزان خلوص قطعات استخراج شده حدود 0.8 به دست آمده است که بهتر از دو روش دیگر می‌باشد.



شکل ۲. مقایسه آنتروپی‌های شرطی در $Method1$ ، $Method2$ و روش پیشنهادی ($Proposed$) که با استفاده از روابط (۹) و (۱۰) محاسبه شده‌اند



شکل ۳. مقایسه میزان خلوص قطعات در Method1، Method2 و روش پیشنهادی (Proposed)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله روشی بر مبنای یک مسئله بهینه‌سازی تفاضل محدب به منظور قطع‌بندی جریان داده‌های حسگرها در محیط‌های فراگیر هوشمند ارائه گردید. در رویکرد پیشنهادی، ابتدا بردارهای ویژگی به صورت تابعی از احتمال پسین رخداد اعمال به شرط مشاهده داده‌های حسگرها و میزان تسطیح این توزیع محاسبه شدند. سپس، با توصیف رسمی مکاشفه‌هایی که در محیط‌های هوشمند مصداق دارند، تابع هزینه‌ای محدب-مقعر طراحی گردید. نشان دادیم که با کمیته‌سازی این تابع می‌توان جریان داده‌های حسگرها را قطع‌بندی کرد. ارزیابی‌های ما مشخص کردند که روش قطع‌بندی پیشنهادی، آنتروپی شرطی کمتری نسبت به تعدادی از روش‌های موجود دارد. همچنین، میزان خلوص قطعات

استخراج شده بیشتر از روش‌های مورد مقایسه ارزیابی شد. بنابراین، می‌توان گفت که رویکرد پیشنهادی عملکردی امید بخش داشته است.

سپاسگزاری

از همکاری دانشگاه صنعتی کرمانشاه در انجام این تحقیق، کمال تشکر و قدردانی را داریم. این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۱۱۵۱/ط/پ/ص با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه صنعتی کرمانشاه انجام شده است.

منابع

- Bingham, E. (2010). Finding segmentations of sequences. In *Inductive Databases and Constraint-Based Data Mining* (pp. 177-197). Springer, New York, NY.
- Cho, H., An, J., Hong, I., & Lee, Y. (2015, May). Automatic Sensor Data Stream Segmentation for Real-time Activity Prediction in Smart Spaces. In *Proceedings of the 2015 Workshop on IoT challenges in Mobile and Industrial Systems* (pp. 13-18). ACM.
- Cohen, C. J., Scott, K. A., Huber, M. J., Rowe, S. C., & Morelli, F. (2008, October). Behavior recognition architecture for surveillance applications. In *2008 37th IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop* (pp. 1-8). IEEE.
- Fahad, L. G., Khan, A., & Rajarajan, M. (2015). Activity recognition in smart homes with self verification of assignments. *Neurocomputing*, 149, 1286-1298.
- Hagra, H., Callaghan, V., Colley, M., Clarke, G., Pounds-Cornish, A., & Duman, H. (2004). Creating an ambient-intelligence environment using embedded agents. *IEEE Intelligent Systems*, 19(6), 12-20
- Hong, X., & Nugent, C. D. (2013). Segmenting sensor data for activity monitoring in smart environments. *Personal and ubiquitous computing*, 17(3), 545-559.
- Koskimaki, H., Huikari, V., Siirtola, P., Laurinen, P., & Roning, J. (2009, June). Activity recognition using a wrist-worn inertial measurement unit: A case study for industrial assembly lines. In *2009 17th Mediterranean Conference on Control and Automation* (pp. 401-405). IEEE.
- Krishnan, N. C., & Cook, D. J. (2014). Activity recognition on streaming sensor data. *Pervasive and mobile computing*, 10, 138-154.
- Liao, J., Bi, Y., & Nugent, C. (2010, July). Activity recognition for Smart Homes using Dempster-Shafer theory of Evidence based on a revised lattice structure. In *2010 Sixth International Conference on Intelligent Environments* (pp. 46-51). IEEE.
- Liao, J., Bi, Y., & Nugent, C. (2011). Using the Dempster-Shafer theory of evidence with a revised lattice structure for activity recognition. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 15(1), 74-82
- Lipp, T., & Boyd, S. (2016). Variations and extension of the convex-concave procedure. *Optimization and Engineering*, 17(2), 263-287.
- Manning, C., Raghavan, P., & Schütze, H. (2010). Introduction to information retrieval. *Natural Language Engineering*, 16(1), 100-103.
- Mendez-Vazquez, A., Helal, A., & Cook, D. (2009, April). Simulating events to generate synthetic data for pervasive spaces. In *Workshop on Developing Shared Home Behavior Datasets to Advance HCI and Ubiquitous Computing Research*. Citeseer.
- Okeyo, G., Chen, L., Wang, H., & Sterritt, R. (2014). Dynamic sensor data segmentation for real-time knowledge-driven activity recognition. *Pervasive and Mobile Computing*, 10, 155-172.
- Singla, G., Cook, D. J., & Schmitter-Edgecombe, M. (2010). Recognizing independent and joint activities among multiple residents in smart environments. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 1(1), 57-63.
- van Kasteren, T. L., Englebienne, G., & Kröse, B. J. (2011). Human activity recognition from wireless sensor network data: Benchmark and software. In *Activity recognition in pervasive intelligent environments* (pp. 165-186). Atlantis Press.
- Wan, J., O'grady, M. J., & O'hare, G. M. (2015). Dynamic sensor event segmentation for real-time activity recognition in a smart home context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(2), 287-301.
- Wang, L., Gu, T., Tao, X., Chen, H., & Lu, J. (2011). Recognizing multi-user activities using wearable sensors in a smart home. *Pervasive and Mobile Computing*, 7(3), 287-298.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21 st Century. *Scientific american*, 265(3), 94-105.
- Yala, N., Fergani, B., & Fleury, A. (2017). Towards improving feature extraction and classification for activity recognition on streaming data. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 8(2), 177-189

استناد به این مقاله: DOI: 10.22091/jemsc.2018.1273

قاسمی، وحید، جوادیان، محمد، حیاتی، سجاد. (۱۳۹۷). «قطعه‌بندی جریان داده حسگرها در محیط‌های هوشمند

فراگیر». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶ (۲)، ۳۹-۲۳.

تأثیر گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی بر میزان به کارگیری آن در سازمانها*

(مورد مطالعه: شرکت‌های نشر و توزیع کتاب در ایران)

حمیدرضا رضوانی^۱

نرگس آقاخانی^۲

چکیده

سازمان‌ها برای ایجاد و حفظ عملکرد بهینه در بازار متلاطم و رقابتی امروز، به بازاریابی اینترنتی جهت کسب مزیت رقابتی گرایش پیدا کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت در بازاریابی اینترنتی حمایت مدیران عالی سازمان است. از آنجا که در خصوص ارتباط بین "نگرش حمایتی مدیران عالی" و "میزان استفاده از بازاریابی اینترنتی" تحقیقات محدودی انجام شده، این مقاله به دنبال شناسایی، دسته‌بندی و ارائه شاخص‌های اندازه‌گیری این دو متغیر در شرکت‌های نشر و توزیع کتاب است. روش تحقیق این مقاله از نوع توصیفی پیمایشی بوده و داده‌ها از طریق ارسال پرسشنامه الکترونیکی به مدیران عالی و بازاریابی شرکت‌های مورد مطالعه، گردآوری شده است. نتایج حاکی از این است که رابطه مثبت و وضعیتی بین این دو متغیر وجود دارد. به بیان دیگر، استفاده از بازاریابی اینترنتی در شرکت‌های تحت بررسی، رابطه قوی با گرایش مدیران ندارد و عوامل دیگری در این بین دخیل هستند. با این وجود، لزوم آگاهی از نگرش مدیران عالی منجر به اتخاذ تصمیمات مناسب در استفاده از منابع برای به کارگیری بازاریابی اینترنتی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: بازاریابی اینترنتی، شرکت‌های نشر و توزیع کتاب، گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی.

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳.

^۱. استادیار، گروه مدیریت کسب و کار دانشکده مدیریت دانشگاه مهرالبرز، تهران. (نویسنده مسئول) Rezvani@mehralborz.ac.ir

^۲. کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه مهرالبرز، تهران. aghakhani@mehralborz.ac.ir

مقدمه

امروزه تعدد انتخاب‌ها منحصر به بازار کالاهای مصرفی نمی‌شود و رقابت شدید بین تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان، مستلزم تمایز در تولید یا ارائه کالاها و خدمات است. پرواضح است که نوآوری صرف در تولید کالا و خدمات منجر به تمایز نخواهد شد چرا که هر راهکاری پس از مدت کوتاهی از سوی رقیبان تقلید می‌شود. در این میان مدیران عالی به دنبال بهبود تأثیرات سازمانی خود به واسطه استراتژی‌های سازمانی و نیز قابلیت‌هایی هستند که منجر به عملکرد بهتر می‌شوند. در نتیجه، گرایش به بازاریابی، استراتژی حیاتی یک سازمان در محیط کسب و کار پویای امروزی است (گلدمن و گرینستین، ۲۰۱۰). گرایش به بازاریابی یک مفهوم بازاریابی و نیز یک استراتژی مدیریتی است. در حقیقت، دانشمندان و محققین برجسته بر این باورند که گرایش به بازاریابی به توسعه دانش بازار، عملکرد بهتر و مزیت رقابتی کمک خواهد کرد (مختار، یوسف و احمد، ۲۰۱۴).

یکی از جدیدترین نوآوری‌ها در عرصه تجارت و کسب و کار، بکارگیری شبکه‌ها به ویژه اینترنت است. در ابتدا استفاده از رایانه در فعالیت‌های تجاری و اقتصادی، هزینه‌های بالا و مشکلات متعددی داشت و فقط معدود شرکت‌هایی که از توان مالی مناسبی برخوردار بودند از این فناوری استفاده می‌کردند. به مرور زمان و در نتیجه پیشرفت علوم رایانه علاوه بر پیشرفت‌ها و اختراعات جدید، کاهش چشمگیر هزینه‌های بکارگیری این فناوری از یک سو و مزایای متعدد ناشی از آن از سوی دیگر باعث شد که در حال حاضر بندرت بتوان شرکتی یافت که از این فناوری استفاده نکند. بدون تردید شرایطی که امروز بر بسیاری از سازمان‌ها در سطح دنیا و نیز ایران حاکم است تفاوت شگرفی با گذشته دارد. امروزه سازمان‌ها با چالش‌های متعددی روبه‌رو هستند. گرایش به سمت جهانی شدن، تغییر و تحولات فناورانه، مشتری‌گرایی، استفاده روزافزون از اینترنت، بازاریابی اینترنتی و عواملی نظیر این، شدت و تنوع رقابت بین سازمان‌ها را افزایش داده است. در واقع، اینترنت و بازاریابی اینترنتی برای شرکت‌ها در بسیاری از صنایع، به روش ایجاد درآمد و تعامل با

مشتریان و سهامداران، ارائه محصولات و خدمات و فروش الکترونیکی تبدیل شده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰).

بسیاری از محققان معتقدند مدیران ارشد نقش حیاتی در شکل‌گیری گرایش‌ها و دیدگاه‌های سازمانی ایفا می‌کنند. بنابراین، پیش از به کارگیری بازاریابی اینترنتی، آگاهی از نگرش و میزان گرایش مدیران سازمان به آن می‌تواند به اتخاذ تصمیمات مناسب برای صرف منابع برای به کارگیری بازاریابی اینترنتی کمک کند (شالتونی و وست، ۲۰۱۰). مرور ادبیات حاکی از این است که یک روش استاندارد و معتبر برای سنجش گرایش مدیران عالی به بازاریابی اینترنتی وجود ندارد. از این رو، هدف این مقاله تعیین شاخص‌های اندازه‌گیری گرایش مدیران سازمان‌ها به بازاریابی اینترنتی و به طور خاص آمیخته بازاریابی اینترنتی بوده و به دلیل عدم قطعیت ادبیات در زمینه رابطه گرایش شخصی مدیران با به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت، این تحقیق تلاش می‌کند به این پرسش پاسخ دهد که آیا رابطه‌ای بین گرایش مدیران شرکت‌های ایرانی به بازاریابی اینترنتی و به کارگیری آن در شرکت‌ها وجود دارد؟

پیشینه پژوهش

بازاریابی اینترنتی

اینترنت یکی از مهم‌ترین ابزارهای بازاریابی است که پتانسیل عظیمی برای ارائه محصولات و خدمات کسب و کار دارد. بعنوان مثال، اینترنت با تسهیل دسترسی به بازارهای بین‌المللی، افزایش نرخ و سرعت جهانی شدن، کاهش هزینه‌های مبادلات و ... می‌تواند به فروشندگان کمک شایانی کرده و ارتباطات و اثربخشی تبادل اطلاعات را بهبود بخشد (کانتینن و او جالا، ۲۰۱۰). اینترنت می‌تواند توسعه قابلیت‌های بازاریابی مثل ظرفیت تحقیقات بازار یا قابلیت ارتباط با مشتری را تسهیل کند (مورگان، ۲۰۱۲). تحقیقات نشان می‌دهد که قابلیت‌های بازاریابی مختلف به سازمان‌ها کمک می‌کند که عملکرد بهتری داشته باشند. این قابلیت‌های بازاریابی بر دو قسم بوده که به طور خاص در ارتباط با

فروشنندگان و توزیع کنندگان هستند. نوع اول قابلیت‌های بازاریابی در ارتباط با فرایند گردآوری و ارائه اطلاعات در خصوص بازارهای بین‌المللی و استفاده از آن برای تصمیم‌گیری‌های مناسب است. این قابلیت‌ها شامل استفاده از رویه‌های معمول برای گردآوری، پردازش و ارائه اطلاعات، توزیع اطلاعات بازار خارجی مرتبط و نیز توسعه استراتژی‌های سرمایه‌گذاری بازاریابی می‌شود. نوع دوم قابلیت‌های بازاریابی در ارتباط با استراتژی بازاریابی است که شامل توزیع، خدمات پس از فروش، ارتباطات بازاریابی، ارتباطات شبکه‌ای و فرایند فروش به مشتریان هدف است (بیانچی و متو، ۲۰۱۶).

بازاریابی اینترنتی به منزله دستیابی به اهداف بازاریابی از طریق استفاده از فناوری ارتباطات الکترونیکی تعریف شده است. قابلیت بازاریابی اینترنتی به توانایی سازمان در استفاده از اینترنت و سایر فناوری‌های اطلاعاتی برای تسهیل ارتباط با مشتریان اشاره می‌کند. این تعاملات موجب دستیابی مشتریان به اطلاعات و منابع سازمان می‌شود و به طور همزمان سازمان نیز به اطلاعات مشتریان دست می‌یابد. فناوری‌های بازاریابی اینترنتی فراتر از تبلیغات اینترنتی است و تمام فعالیت‌های مدیریت روابط مشتریان، فعالیت‌های فروش، خدمات پس از فروش و تحقیقات بازاریابی را دربرمی‌گیرد. بازاریابی اینترنتی به دو طریق خلق ارزش می‌کند: ۱- با برقراری ارتباط نزدیک با فرایندهای کسب و کار شرکت و ۲- با ایجاد امکان دسترسی مستقیم مشتریان به منابع شرکت (الگوهری، ۲۰۱۲). بازاریابی اینترنتی مزایای مختلفی دارد؛ مانند بازار جهان شمول، کارآمد در مقایسه با سایر کانال‌های بازاریابی، فرصت خدمات جدید براساس فناوری اینترنت، صرفه‌جویی در زمان، صرفه‌جویی در هزینه، امکان برقراری رابطه تعاملی و مستمر با مشتری، سهولت در انتخاب، امکان استفاده از متن و صوت و تصاویر متحرک، ارائه حجم بالایی از اطلاعات مفید، اطلاع از فرصت‌های جدید، به روز بودن و... (استفکو و همکاران، ۲۰۱۵).

جدول ۱. مروری بر ادبیات تجربی مرتبط با بازاریابی اینترنتی (مانیان و رونقی، ۱۳۹۴)

ردیف	محقق	سال نشر	حوزه تحقیق	نتایج
۱.	دعایی و بی‌غم	۱۳۹۴	امکان‌سنجی پیاده‌سازی بازاریابی الکترونیکی در بازار فرش استان فارس	امکان پیاده‌سازی استفاده از اینترنت در فعالیت‌های مرتبط با مشتری، کانال‌های فروش و توزیع و تحقیقات بازار در بازار فرش استان فارس وجود ندارد.
۲.	سید جوادین و همکاران	۱۳۹۰	استفاده از شبکه عصبی برای انتخاب راهبردهای بازاریابی	بررسی رابطه الگوی رفتار مصرف‌کننده و راهبرد بازاریابی با استفاده از شبکه عصبی که نتیجه این پژوهش سه الگوی رفتاری عقلایی، احساسی و هوشمند مصرف‌کنندگان است.
۳.	استفکو و همکاران	۲۰۱۵	بررسی نقش ابزارهای بازاریابی اینترنتی را در مؤسسه آموزش عالی	ارتباط معنی‌داری بین نگرش دانش‌آموزان به ضرورت استفاده از ابزارهای جدید بازاریابی اینترنتی و تصویر مورد انتظار دانشگاه مورد مطالعه وجود ندارد.
۴.	گریکاگوشا و همکاران	۲۰۱۵	بررسی هوشمندی بازاریابی اینترنتی توسط وب‌کاو	در هر سطح بازاریابی اینترنتی (راهبردی یا عملیاتی) به تکنیک‌های متفاوت داده‌کاو نیاز است
۵.	لاند	۲۰۱۴	بررسی آمیخته‌های بازاریابی در نسل جدید بازاریابی	در این پژوهش به صورت مروری به تبدیل آمیخته‌های بازاریابی سنتی به ابعاد ارزش‌زایی در فضای مجازی و مدرن اشاره کرده است و علاوه بر بازاریاب و خریدار به بعد سوم یعنی جامعه و تأثیر آن در فرایند بازاریابی مدرن پرداخته و مدلی برای آن ارائه داده است.

آمیخته بازاریابی (اینترنتی)

یکی از مسائل پیش روی برنامه‌ریزان بازاریابی جهت نیل به مزیت رقابتی پایدار، به ویژه در حوزه محصولات مصرفی با دوام با گستره عرضه و تقاضای فصلی، طراحی و توسعه آمیخته اثربخش بازاریابی است. رایج‌ترین تعریف آمیخته بازاریابی به منظور جایگاه‌یابی شایسته در بازار هدف، عبارت است از عرضه محصول مناسب در محل مناسب با قیمت مناسب و در زمان مناسب. در واقع آمیخته بازاریابی، مسیر عملکرد سازمان را با استفاده از مجموعه‌ای از متغیرهای قابل کنترل در محیطی که عوامل غیرقابل کنترل زیادی دارد، مشخص می‌کند. به بیان بهتر، متغیرهای تصمیم بازاریابی در قالب مدل‌های مختلف

آمیخته بازاریابی چارچوبی فراهم می‌کنند که بنگاه بوسیله آن‌ها برنامه‌هایی را برای فعالیت‌های بازاریابی خود توسعه می‌دهد. بدین ترتیب دو دسته کاربرد برای بکارگیری آمیخته بازاریابی متصور است؛ یکی تصمیم‌گیری در خصوص نحوه عرضه محصولات جدید به بازار و دیگری سنجش و ارزیابی استراتژی‌های بازاریابی موجود (خداداد حسینی، رضوانی، ۱۳۸۸). مفهوم آمیخته بازاریابی برای نخستین بار توسط نیل بوردن (۱۹۴۹) مطرح شد. ولی رایج‌ترین متغیرها در صورت‌بندی آمیخته بازاریابی (محصول، قیمت، ترویج و توزیع) توسط مک‌کارتی (۲۰۰۱) پیشنهاد و به ۴P معروف شدند. از زمان مک‌کارتی تاکنون تغییر شگرفی در مفهوم آمیخته بازاریابی ایجاد نشده و هنوز هم بسیاری از متون ۴P را به عنوان مفهوم اصلی و هماهنگی فرض می‌کنند که بسیاری از جنبه‌های دیگر بازاریابی حول آن سازماندهی می‌شوند. در جدول شماره ۲ روند رشد ۴P به ۱۵P نشان داده است. لازم به ذکر است که مبنای کار این مقاله آمیخته بازاریابی ۴P مک‌کارتی است.

جدول ۲. روند رشد ۴P به ۱۵P در طول زمان (خان و همکاران، ۲۰۱۳)

۴P مک‌کارتی (۱۹۶۰)	۵P جود (۱۹۸۷)	۶P کاتلر (۱۹۸۷)	۷P بومز و بیتنر (۱۹۸۰)	۸P (سیلوا و یاپا، ۲۰۰۹؛ لاولاک و رایت، ۲۰۰۱)	۱۵P بامگارتنر (۱۹۹۱)
1. Price	1. Price	1. Price	1. Price	1. Price	1. Price (قیمت)
2. Product	2. Product	2. Product	2. Product	2. Product	2. Product (محصول)
3. Promotion	3. Promotion	3. Promotion	3. Promotion	3. Placement	3. Promotion (ترویج)
4. Placement	4. Placement	4. Placement	4. Placement and Education	4. Promotion (ترویج و آموزش)	4. Placement (جایگاه)
5. People	5. People	5. Public relations	5. People	5. Process (پردازش)	5. People (افراد)
6. Politics	6. Politics	6. Politics	6. Physical evidence	6. Productivity and Quality (کیفیت و بهره‌وری)	6. Politics (سیاست‌ها)
7. Public relations			7. Process	7. People	7. Public relations (روابط عمومی)
8. Probe				8. Physical evidence (شواهد تجربی)	8. Probe
9. Partition					9. Partition (تفکیک)
10. Prioritize (اولویت‌بندی)					10. Prioritize (اولویت‌بندی)
11. Position (موقعیت)					11. Position (موقعیت)
12. Profit (منافع)					12. Profit (منافع)
13. Plan (طرح)					13. Plan (طرح)
14. Performance (عملکرد)					14. Performance (عملکرد)

۴P مک کارتی (۱۹۶۰)	۵P جود (۱۹۸۷)	۶P کاتلر (۱۹۸۷)	۷P بومز و بینر (۱۹۸۰)	۸P (سیلوا و یابا، ۲۰۰۹؛ ۱۵P بامگارتنر (۱۹۹۱)
15. Positive- implementations (اجرای مثبت)				

محصول چیزی است که برای ارضای نیاز یا خواسته‌ای به بازار عرضه می‌شود. در تصمیم‌گیری درباره محصول، بازاریاب‌ها نیاز دارند جنبه‌هایی مانند کیفیت، بسته‌بندی، ویژگی‌ها، برجسب، نام تجاری، خدمات همراه، برگشت و تحویل و عرضه محصول را بررسی کنند قیمت مقدار پولی است که مصرف‌کنندگان برای استفاده از کالا یا خدمت می‌پردازند. تصمیم‌های مربوط به قیمت‌گذاری آمیخته بازاریابی شامل تصمیم‌گیری در شیوه‌های قیمت‌گذاری، خط مشی‌های تعدیل و تغییر قیمت است. منظور از بعد پیشبرد یا ترفیع، ابزارهایی برای برقراری ارتباط با مشتریان است. این ابزارها از ترکیب تبلیغات، روابط عمومی و فروشندگی شخصی تشکیل می‌شود. تصمیم‌های توزیع محصول به دو گروه تصمیم‌گیری درباره کانال‌های توزیع و تصمیم‌گیری درباره توزیع فیزیکی تقسیم می‌شود. کانال‌های توزیع، مجموعه‌ای از مؤسسات وابسته به هم است که محصول تولیدی شرکت را به دست مصرف‌کننده می‌رسانند و شامل عمده‌فروش‌ها و خرده‌فروش‌ها هستند. توزیع فیزیکی کالا همان نگهداری، آماده‌سازی و نقل و انتقال کالا برای مشتریان در زمان و مکان مناسب است. ارکان اصلی ترکیب توزیع فیزیکی کالا شامل سفارش کالا، انبارداری، نگهداری موجودی کالا و حمل و نقل است (کریمی و خنیفر، ۱۳۹۶).

بسیاری از پژوهشگران و فعالان حوزه مدیریت بازاریابی تأکید دارند که اینترنت یک پلت‌فرم قوی برای بازاریابی الکترونیکی است که با آمیخته بازاریابی سروکار داشته و ویژگی‌های دسترسی، راحتی در به روزرسانی‌های جهانی، ساختار تعاملی روابط، ارائه اطلاعات در زمان وقوع و قابلیت شخصی‌سازی را داراست. شاید بتوان گفت امروزه سبک جدیدی از مدیریت آمیخته بازاریابی یکپارچه ظهور یافته است که با ایجاد وبسایت برای شرکت‌ها و نشان‌های تجاری توأم است (جهانیان و محمودصالحی، ۱۳۹۴ ص ۵۶).

بازاریابی در محیط اینترنت مستلزم تغییر رویکرد سنتی به رویکردی است که مبتنی بر هشت مسئله مهم است و باید در سطح استراتژیک در نظر گرفته شوند، این هشت مورد عبارتند از مخاطب، یکپارچه‌سازی، پشتیبانی بازاریابی، توسعه نشان تجاری، همکاری. همچنین کانستانتین در سال استراتژیک، ساختار سازمانی و بودجه پیشنهاد گسترش آمیخته بازاریابی به سطوح استراتژیک سازمان و کسب و کار را با مدل S۴ مطرح کرد. عناصر این مدل عبارتند از دامنه، در ارتباط با سطح استراتژیک، سایت، در ارتباط با سطح عملیاتی، هم‌افزایی در ارتباط با سطح سازمانی و سیستم در ارتباط با مسائل فنی است و مربوط به مدیریت پلت فرم، پایگاه داده‌ها و سیستم. به نظر گلد اسمیت‌های امنیتی است روند رو به رشد شخصی ایش سهم خدمات در بازاریابی محصولات منجر شده است، در سازی به افز بازاریابی اینترنتی سفارشی کردن محصولات، خدمات و تعامل و ارتباط بین ارائه دهنده، خدمت و مشتری بسیار مهم است و تأثیر مثبت بر کیفیت و ادراک از کیفیت دارد (جهانیان و محمودصالحی، ۱۳۹۴ ص ۵۹). جدول ۳ حوزه‌های به کارگیری بازاریابی اینترنتی را در هر یک از عناصر آمیخته بازاریابی نشان می‌دهد که در ادبیات تحقیق به آن‌ها اشاره شده و در طراحی ابزار این پژوهش نیز به کار رفته‌اند.

جدول ۳. حوزه‌های به کارگیری اینترنت در آمیخته بازاریابی

منابع	توضیحات	مؤلفه	بعد
(چنگ و تسای، ۲۰۱۱؛ وی‌شانگ و مینگ چون، ۲۰۱۰؛ شلتونی و وست، ۲۰۱۰؛ دومینیکی، ۲۰۰۹؛ گوردون و همکاران، ۲۰۰۷؛ شارما و جاگدیش، ۲۰۰۵؛ کیمیلولو، ۲۰۰۴)	نمایش / محصول مجازی	ارائه محصولات / خدمات	محصول
(هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ واراداراجان و یاداو، ۲۰۰۹؛ دومینیکی، ۲۰۰۹؛ چن، ۲۰۰۶؛ کالیانام و مک‌ایتیر، ۲۰۰۲)	انواع سفارشی سازی	شخصی سازی	

منابع	توضیحات	مؤلفه	بعد
(دمپسی و هو، ۲۰۱۰؛ بویل، ۲۰۰۷؛ چفی و همکاران، ۲۰۰۶؛ فیز و پرنر، ۲۰۰۲؛ کالیانام و مک‌ایتتیر، ۲۰۰۲)	مشارکت مشتریان در ایجاد ارزش برند از طریق اتاق‌های گفتگو و بازخورد	ساخت برند	سازمان
(چفی و همکاران، ۲۰۰۶؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ فیز و پرنر، ۲۰۰۲)	مشاوره آنلاین / نقش‌های جدید نیروی انسانی در محیط آنلاین / جایگزین‌های مجازی برای نیروی انسانی	خدمات پس از فروش	
(فرناندز و همکاران، ۲۰۱۰؛ هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ گوردون و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیمپروپولوس و چانیوتاکیس، ۲۰۰۵؛ آدام و همکاران، ۲۰۰۲)	جمع‌آوری اطلاعات در رابطه با محیط / دریافت نظرات مشتریان / جمع‌آوری داده‌های مشتریان از طریق وبسایت	تحقیقات بازار	
(وی‌شانگ و مینگ چون، ۲۰۱۰؛ هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ چفی و همکاران، ۲۰۰۶)	کانال‌های ارتباطی بسیار گسترده	روابط عمومی	
(الیس چادویک و دوهرتی، ۲۰۱۱؛ دمپسی و هو، ۲۰۱۰؛ شوکلا، ۲۰۱۰؛ استاوروسک، ۲۰۰۶؛ چیتندن و رتی، ۲۰۰۳)	بازاریابی ایمیلی توافقی / ویروسی	بازاریابی ایمیلی	
(یان، ۲۰۱۰؛ شلتونی و وست، ۲۰۱۰؛ هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ چفی و همکاران، ۲۰۰۶)	اسپانسری آنلاین / بازاریابی پورسانتی / لینک‌دهی	شراکت	
(ابونابوت و همکاران، ۲۰۱۲؛ چفی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کیمیلولو، ۲۰۰۴)		موتورهای جستجو	
(استاوروسک، ۲۰۰۶؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ کالیانام و مک‌ایتتیر، ۲۰۰۲)	پاپ‌آپ / بنر	تبلیغات در وبسایت	
(رهی، ۲۰۱۰؛ یان، ۲۰۱۰؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ کیمیلولو، ۲۰۰۴)	تغییرات گسترده در کانال‌های توزیع	ارتباط با تأمین‌کنندگان	

منابع	توضیحات	مؤلفه	بعد
(رهی، ۲۰۱۰؛ یان، ۲۰۱۰؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ کیمیلولو، ۲۰۰۴)	تغییرات گسترده در کانال‌های توزیع	ارتباط با توزیع کنندگان و واسطه‌ها	قیمت گذاری
(دومینیکی، ۲۰۰۹؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴)		ارتباط با نیروی فروش سازمان	
(کهاگیاس و همکاران، ۲۰۱۰؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ فیس و پرنر، ۲۰۰۲)		دریافت سفارش	
(نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ آدام و همکاران، ۲۰۰۲)		پردازش سفارش	
(فرناندز و همکاران، ۲۰۱۰؛ دومینیکی، ۲۰۰۹؛ جفی و همکاران، ۲۰۰۶)	امکان دانلود محصولات	تحویل محصول/ خدمت	
(کهاگیاس و همکاران، ۲۰۱۰؛ شلتونی و وست، ۲۰۱۰؛ چن، ۲۰۰۶؛ شارما و جاگدیش، ۲۰۰۵)		دریافت وجه	
(هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴؛ آدام و همکاران، ۲۰۰۲)		تعیین بازار هدف	
(هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ شارما و جاگدیش، ۲۰۰۵؛ آدام و همکاران، ۲۰۰۲)	حذف واسطه‌ها/ فروش محصولات دیجیتال	فروش مستقیم	
(برسانلی و همکاران، ۲۰۰۹؛ دومینیکی، ۲۰۰۹؛ لیمپروپولوس و چانیوتوکیس، ۲۰۰۵؛ نورزالیئا و نورجایا، ۲۰۰۴)	قیمت‌گذاری رقابتی به دلیل افزایش شفافیت/تعیین حساسیت مشتریان/ کسب اطلاعات از قیمت‌های رقبا	تحقیقات بازار	
(هریستوسکا و میرچسکا، ۲۰۱۰؛ استاوروسک، ۲۰۰۶؛ کیمیلولو، ۲۰۰۴)	قیمت‌گذاری پویا	حراج	

بر این اساس فرضیه اول به صورت زیر است:

فرضیه ۱: متغیرهای چهار بعد آمیخته بازاریابی شامل محصول، ترویج، توزیع و قیمتگذاری، متغیر گرایش به بازاریابی اینترنتی در مدیران را تبیین می‌کند.

سطوح به کارگیری بازاریابی اینترنتی

وولا و همکاران (۲۰۱۲) به طور صریح اظهار داشتند که اثربخشی عملکرد ارتباط مثبت و منطقی با اتخاذ نوآوری دارد. در این راستا، محققین معتقدند استفاده از کسب و کار الکترونیکی مزایای استراتژیکی برای سازمان به همراه دارد. علاوه بر این، شواهد تجربی حاکی از این است که کسب و کار الکترونیکی رابطه مثبتی با کسب مزیت رقابتی دارد (شیخ و همکاران، ۲۰۱۶). شرکت‌هایی که بیشتر روی فعالیت‌های بازاریابی متمرکز هستند تا عملکرد خود را ارتقاء دهند، با بکارگیری بازاریابی الکترونیکی برای کسب مزیت رقابتی در برابر رقبای خود، کاهش هزینه‌های توزیع، بهبود کارایی زنجیره تأمین، تعامل نزدیک با خریداران و انجام تحقیقات بازار برای توسعه محصول یا جذب مشتریان جدید و نیز حفظ مشتریان فعلی گام بر می‌دارند (طالقانی و همکاران، ۲۰۱۳). سطوح بکارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت‌های مختلف متفاوت است. به گونه‌ای که چفی و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند سطوح به کارگیری می‌تواند از مرحله حضور ابتدایی در قالب بروشورافزار آغاز شود و تا سطوح بالاتر ادامه پیدا کند. به همین ترتیب، هنسن نیز به نقل از شلتونی، به کارگیری بازاریابی اینترنتی را به سه سطح تقسیم می‌کند که حاکی از مرحله انتشار (ارتباط یکطرفه)، مرحله پایگاه داده و فرمها (تعامل ساده شامل تجارت الکترونیکی) و مرحله شخصی‌سازی (تعامل پیچیده) بوده و در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. سطوح به کارگیری بازاریابی اینترنتی (شلتونی و وست، ۲۰۱۰ ص ۱۰۹۸)

سطح	ارتباطی (ابتدایی)	مبادله ای (متوسط)	تبدیلی (پیشرفته)
توضیح	توسعه ساده‌ی واحد ارتباطات بازاریابی	فعالیت‌های بازاریابی، شروع به استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی می‌کند.	سازمان از استراتژی بازاریابی اینترنتی برای اجرای استراتژی‌های سازمانی استفاده می‌کند.

سطح	ارتباطی (ابتدایی)	مبادله ای (متوسط)	تبدیلی (پیشرفته)
مثال	ایجاد یک وبسایت ایستا برای ارائه اطلاعات مربوط به محصولات و شرکت یا دریافت درخواست‌های مشتریان با استفاده از فرم‌های آنلاین	فروش محصولات و دریافت مبلغ از طریق وبسایت، خدمات آنلاین به مشتریان، انجام تحقیقات بازار به صورت آنلاین	امکان تعیین و سفارش محصولات به صورت سفارشی برای هر مشتری به صورت آنلاین
ویژگی‌ها	تعامل محدود، بدون استراتژی بازاریابی اینترنتی، عدم تخصیص منابع به فعالیت‌های بازاریابی اینترنتی	تعامل پیچیده تر و شخصی شده، آغاز شکل‌گیری و تکامل استراتژی بازاریابی اینترنتی، تخصیص برخی منابع مالی و کارکنان متخصص	تعامل در سطح بالا، وجود یک استراتژی بازاریابی اینترنتی مشخص، تخصیص منابع کافی برای انجام فعالیت‌های بازاریابی اینترنتی

با این وجود نمی‌توان مرز روشنی بین سطوح مختلف به کارگیری بازاریابی اینترنتی تعیین کرد. به علاوه، توسعه فعالیت‌های بازاریابی اینترنتی در شرکت‌ها الزاماً به صورت مرحله‌ای و متوالی نیست (شلتونی و وست، ۲۰۱۰). بررسی وبسایت‌های اعضای نمونه در این تحقیق نیز نشان می‌دهد این موضوع خصوصاً در مورد نمونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق صادق است. شلتونی و وست (۲۰۱۰) برای اندازه‌گیری میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت‌ها، چهار مؤلفه را به کار برده‌اند که در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. مؤلفه‌های اندازه‌گیری میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی

مؤلفه	منبع
استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی (مثل وبسایت و ایمیل) برای برقراری ارتباط با مشتریان	سرینواسان و همکاران، ۲۰۰۲
استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی برای پشتیبانی از فعالیت‌های تجاری سنتی (آفلاین) شرکت	سرینواسان و همکاران، ۲۰۰۲
استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی برای انجام مبادلات تجاری	سرینواسان و همکاران، ۲۰۰۲
استفاده از یک پایگاه داده کامپیوتری مشتریان برای انجام فعالیت‌های بازاریابی	شلتونی و وست، ۲۰۱۰

در این مقاله از مؤلفه‌های جدول ۵ برای اندازه‌گیری میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت استفاده می‌شود با این تفاوت که با طراحی پرسش‌هایی تلاش شده این مؤلفه‌ها به طور دقیق‌تر اندازه‌گیری شده و به نوعی اعتبار مقیاس‌های به کار رفته در مطالعه شلتونی و وست نیز در این تحقیق مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

فرضیه ۲: متغیرهای استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی برای برقراری ارتباط با مشتریان، استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی برای پشتیبانی از فعالیت‌های تجاری سنتی (آفلاین) شرکت، استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی برای انجام مبادلات تجاری و استفاده از یک پایگاه داده کامپیوتری مشتریان برای انجام فعالیت‌های بازاریابی، متغیر میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت را تبیین می‌کنند.

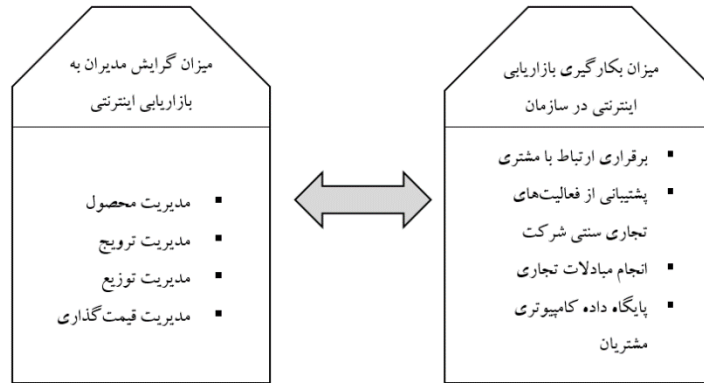
مدل‌های مبتنی بر نگرش برای تصمیم‌گیری در خصوص اتخاذ تکنولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها به دنبال شناسایی شاخص‌های رفتاری مثل نگرش، تأثیرات اجتماعی و شرایط تسهیل‌گر برای تصمیمات مرتبط اتخاذ تکنولوژی است. تئوری اقدام منطقی (TRA¹) فیشرین و آیژن (۱۹۷۵)، تئوری رفتار برنامه‌ریزی شده (TPB²) آیژن (۱۹۹۱) و مدل پذیرش تکنولوژی (TAM³) دیویس (۱۹۸۹) سه مدل تصمیم‌گیری هستند که به طور گسترده در مطالعات مرتبط با پذیرش تکنولوژی خصوصاً پذیرش فناوری اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند (اوکه و همکاران، ۲۰۱۴).

افرادی که نگرش مثبت دارند تمایل بیشتری برای ریسک‌پذیری داشته و بهترین نتایج را در نظر می‌گیرند. مدل TAM معتقد است همه متغیرهای بیرونی اثرگذار بر رفتار، تحت تأثیر درک کاربر از "سهولت استفاده از تکنولوژی" و "مفید بودن قرار دارند. این مدل برای تبیین چرایی به کارگیری تکنولوژی‌های سنتی (مثل صفحه‌گسترده‌ها، ایمیل، نرم‌افزارها و... توسط افراد در محیط سازمان طراحی شد. برخی محققین تلاش کردند نگرش را هم وارد TAM کنند. نگرش، یک گرایش روانی است که به شکل ارزیابی یک موضوع با درجاتی از مطلوبیت یا عدم مطلوبیت بیان می‌شود. یافته‌های تجربی متفاوتی در

¹ Theory of Reasoned Action
² Theory of Planned Behavior
³ Technology Adoption Model

مورد رابطه نگرش با به کارگیری تکنولوژی وجود دارد. از یک سو دیویس و همکاران در نسخه نهایی TAM نگرش را لحاظ نکردند زیرا اثر واسطه‌ای ضعیفی در رابطه اعتقاد و به کارگیری داشت. تحقیقات تجربی هم تأیید کردند نگرش مستقیماً بر به کارگیری تکنولوژی تأثیر ندارد و اعتبار TAM بدون وجود نگرش هم ثابت شد. ونکاتش و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود نشان دادند ابعاد نگرشی تنها در نبود برخی ابعاد شناختی (عملکرد و انتظار از تلاش) روی پذیرش IT اثر معنادار دارند (چان و همکاران، ۲۰۰۷). اما از سوی دیگر، چوان و همکارانش (۲۰۰۲) استفاده از اینترنت توسط افراد را بررسی کردند و نتیجه گرفتند نگرش بر قصد به کارگیری اثر گذار است. مون و کیم (۲۰۰۰) نیز نشان دادند نگرش بر قصد و قصد بر به کارگیری تکنولوژی تأثیر می‌گذارد. استول و لی (۲۰۰۳) هم رابطه مثبتی بین نگرش و قصد و در نهایت قصد با به کارگیری نرم‌افزارهای آموزشی آنلاین را تأیید کردند (الگوهری، ۲۰۱۱). تئوری‌های کلاسیک نوآوری برآمده از ادبیاتی است که صرفاً روی به کارگیری نوآوری توسط افراد تمرکز دارد. به همین دلیل این تئوری‌ها نمی‌توانند در مورد نوآوری‌های پیچیده مربوط به سازمان، مثل اینترنت، به خوبی به کار روند، خصوصاً زمانی که واحد به کارگیری سازمان است و نه افراد. به همین دلیل، از منظر نگرش به بازاریابی اینترنتی مطالعات معدودی به بررسی به کارگیری تکنولوژی پرداخته‌اند (شلتونی و وست، ۲۰۱۰ ص ۱۰۹۹). علاوه بر این، شلتونی و وست (۲۰۱۰) نیز صرفاً "گرایش سازمانی به بازاریابی اینترنتی" را اندازه‌گیری کرده‌اند. بنابراین در خصوص رابطه بین "نگرش فردی مدیران و میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در سازمان" نتایج شفاف‌ی وجود ندارد.

فرضیه ۳: بین میزان گرایش مدیران شرکت به استفاده از بازاریابی اینترنتی و میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در آن شرکت رابطه معناداری وجود دارد.
مدل مفهومی تحقیق حاضر در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل شماره ۱. مدل مفهومی تحقیق

روش‌شناسی پژوهش

از آنجا که کتاب به دو شکل آنلاین و آفلاین به فروش می‌رسد، جامعه آماری تحقیق حاضر شامل کلیه مدیران عالی یا بازاریابی شرکت‌های حقیقی و مجازی منتشرکننده و توزیع‌کننده کتاب است. همچنین، افراد مطلع پاسخ‌دهنده به پرسشنامه‌ها شامل مدیران عالی و مدیران بازاریابی این شرکت‌هاست چرا که ایشان مسئول تصمیمات مربوط به بازاریابی هستند. از آنجا که اسامی ناشرین فعلی فعال در ایران در یک پایگاه داده واحد ثبت نشده است، با جستجو از منابع مختلف، فهرستی شامل بیش از ۵۰۰۰ ناشر تهیه شده و با فرض فعال بودن کلیه این شرکت‌ها، نمونه مورد نیاز برای پژوهش حاضر حدود ۳۶۰ شرکت نشر بدست آمد که برای اطمینان از جمع‌آوری داده‌های کافی، تعداد ۵۰۰ نمونه در دسترس در نظر گرفته شده است. نمونه مورد مطالعه شامل ناشرین کتب مختلف و با سطوح مختلف به کارگیری اینترنت در فعالیتهای بازاریابی است. فرمول محاسبه تعداد نمونه به صورت زیر است (رضوانی، ۱۳۹۰ ص ۱۲۳):

$$n = \frac{N(Z_{\alpha/2})^2 S^2}{(N-1)d^2 + N(Z_{\alpha/2})^2 S^2} = \frac{5000 \times 96/100 \times 5/100}{(5000-1) \times 5/100 + (96/100 \times 5/100)} = 356/4 \quad (\text{معادله ۱})$$

آیزن و فیشین (۱۹۸۰) معتقدند که افراد می‌توانند مستقیماً نگرش خود را ابراز کنند. در تمامی تحقیقات مشابه نیز برای اندازه‌گیری گرایش، از پرسشنامه استفاده شده است (شلتونی و وست، ۲۰۱۰؛ گالوپ و همکاران، ۲۰۱۴؛ کارپن و همکاران، ۲۰۱۵؛

ونگیاچوراپات و همکاران، ۲۰۱۵؛ ویل، ۲۰۱۶، بیدا و همکاران، ۲۰۱۷). بر این اساس، در این مقاله از پرسشنامه‌ای شامل سه بخش استفاده شده است. در بخش اول، سوالات جمعیت‌شناختی مطرح شده است. در بخش دوم سوالات مربوط به میزان گرایش افراد به استفاده از اینترنت برای انجام فعالیت‌های مربوط به هر یک از چهار بعد آمیخته بازاریابی گنجانده شده است. در این بخش از پاسخگویان خواسته شده در طیف ۷ تایی لیکرت (از ۰ = بسیار کم تا ۷ = بسیار زیاد) پاسخ دهند. بخش سوم پرسشنامه شامل سؤالاتی در رابطه با میزان فعلی به کارگیری اینترنت در فعالیت‌های بازاریابی شرکت است. در این بخش، این پرسش‌ها به صورت دو و چند گزینه‌ای و طیفی و با توجه به سطوح به کارگیری بازاریابی اینترنتی (جدول ۴) و مؤلفه‌های استخراج شده از مطالعه شلتونی و وست (۲۰۱۰) طراحی شده‌اند که جدول ۵ ارائه شده است. پرسشنامه پس از اصلاح بر اساس نظرات خبرگان دانشگاهی و کسب و کار، به صورت آزمایشی بین ۴۰ تن از اعضای نمونه توزیع شد و پس از اصلاحات، نتیجه پیش‌آزمون حاکی از تأیید پایایی ابزار طراحی شده بود (جدول ۶). پرسشنامه‌های نهایی به صورت الکترونیکی طراحی و برای اعضای نمونه ارسال شد. از آنجا که موضوع مقاله در ارتباط با بازاریابی اینترنتی است، پرسشنامه اینترنتی می‌تواند تصویر خوبی ایجاد کند. پس از پیگیری‌های ایمیلی و تلفنی، در نهایت از بین ۵۰۰ پرسشنامه ارسالی، ۳۷۸ پرسشنامه پر شد که از این میان ۳۵۱ پرسشنامه قابل استفاده بود و برای تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت که بیش از ۹۷٪ نمونه مورد نیاز است و نسبت به نرخ پاسخگویی رایج در ادبیات علوم انسانی (الگوهری، ۲۰۱۱ ص ۷) کاملاً مناسب است. برای بررسی روایی فرضیات و سازه‌های به کار رفته در ابزار پژوهش، از مدل معادلات ساختاری در نرم‌افزار AMOS18 استفاده شده است. اگرچه برای استفاده از مدل معادلات ساختاری نمونه باید به اندازه کافی بزرگ باشد اما در مرور ادبیات اندازه قطعی تعیین نشده است و غالباً بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ نمونه را متوسط و بیشتر از ۲۰۰ مورد را اندازه نمونه بزرگ میدانند (الگوهری، ۲۰۱۱ ص ۹). بنابراین اندازه نمونه این تحقیق برای استفاده از مدل معادلات ساختاری مناسب به نظر می‌رسد.

جدول ۶. پایایی ابزار پژوهش

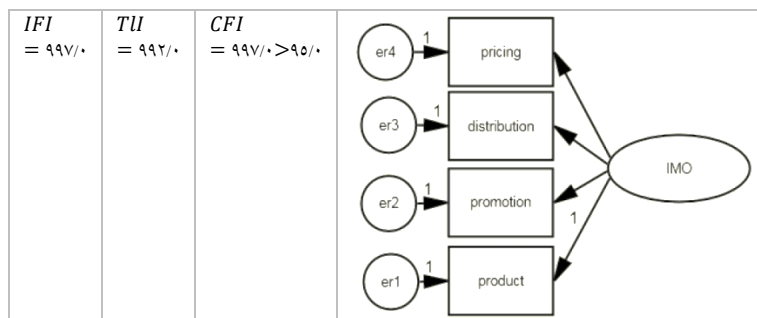
متغیر	آلفای کرونباخ	متغیر	آلفای کرونباخ
محصول	۰/۹۷۶	برقراری ارتباط با مشتریان	۰/۸۰۸
ترویج	۰/۹۶	پشتیبانی از فعالیتهای تجاری شرکت	۰/۹۱۲
توزیع	۰/۹۶۵	انجام مبادلات تجاری	۰/۷۲۴
قیمت‌گذاری	۰/۹۱۹	پایگاه داده‌ی کامپیوتری مشتریان	۰/۸۷۸
کلیه آیت‌های پرسشنامه (پیش‌آزمون): ۰/۹۸۵		کلیه آیت‌های پرسشنامه (داده‌های نهایی): ۰/۹۸۶	

یافته‌های پژوهش

از میان ۳۷۸ پرسشنامه بازگشتی، ۲۲ پرسشنامه مربوط به مدیران فروش و سایر مدیران بود که به همراه ۵ پرسشنامه ناقص از مطالعه حذف شدند. در نتیجه ۳۵۱ پرسشنامه مناسب در دست بود که ۱۸۶ مورد مربوط به مدیران شرکت (۵۳٪)، ۱۴۱ مورد مربوط به مدیران بازاریابی (۴۰/۲٪) و ۲۴ مورد مربوط به مدیران یا مسئولین واحد بازاریابی اینترنتی (۶/۸٪) بود و از این میان ۲۶۵ نفر (۷۵٪) از این افراد بیش از ۵ سال سابقه فعالیت در حوزه بازاریابی داشتند. بنابراین، هدف مورد نظر در خصوص رابطه اعضای نمونه با این حوزه حاصل شده است. ۷۱/۳٪ از مدیران اذعان داشتند که بیشتر از حد متوسط (بیشتر از متوسط، زیاد و خیلی زیاد) در امور شخصی خود از اینترنت استفاده می‌کنند. از آنجا که فرضیات اول و دوم مستقل از یکدیگر هستند، چند مدل معادلات ساختاری نیز خواهیم داشت. برای آزمون فرضیه اول مدلی شامل چهار بعد آمیخته بازاریابی در شکل شماره ترسیم شده است. در این مدل خطاهای مربوط به اندازه‌گیری متغیرها با er نشان داده شده‌اند.

مقادیر RMSEA بین ۰/۰۸ تا ۰/۱ حاکی از برازش قابل قبول داده‌ها در مدل است. معمولاً مقادیر کمتر از ۰/۰۷ نشان از برازش خوب داده‌ها دارد (سلیمی و همکاران، ۲۰۱۷). مهمترین شاخص‌های برازش این مدل نشان می‌دهند که مدل ۱ حاکی از برازش خوبی از داده‌هاست.

$X^2 = 230.5$	$df = 2$	$X^2/df < 3$	$P. Level = 0.730 > 0.05$
$RMSEA = 0.670 > 0.70$	$GFI = 993/0$	$AGFI = 964/0$	$NFI = 988/0$



شکل شماره ۲. مدل ۱: مدل معادلات ساختاری مربوط به میزان گرایش به بازاریابی اینترنتی

جدول ۷. نتایج مربوط به روابط تبیین‌کنندگی در مدل معادلات ساختاری ۱

	Regression Weights				<i>SRWs</i> ¹	<i>SMCs</i> ²
	<i>Es</i> ³	<i>SE</i>	<i>CR</i>	<i>P</i>	<i>Es</i>	<i>Es</i>
<i>Product</i> ← <i>IMO</i>	۱				۰/۹۳۸	۰/۸۸۱
<i>Promotion</i> ← <i>IMO</i>	۰/۸۰۳	۰/۰۳	۲۶/۷۵۷	***	۰/۸۷۹	۰/۷۷۳
<i>Distribution</i> ← <i>IMO</i>	۰/۸۵۱	۱/۰۳	۲۷/۷۹۴	***	۰/۸۹۲	۰/۷۹۵
<i>Pricing</i> ← <i>IMO</i>	۰/۷۷۶	۰/۰۳	۲۵/۵۷۲	***	۰/۸۶۴	۰/۷۴۷

¹Standardized Regression Weights, ²Squared Multiple Correlations, ³Estimate

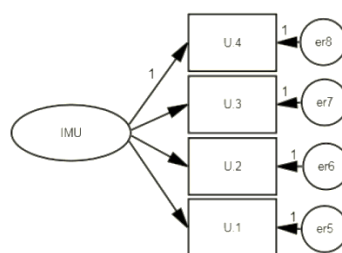
همانطور که در جدول ۷ نشان داده شده است، کلیه مقادیر بحرانی (CR) خارج از بازه $± ۱.۹۶$ قرار دارند و بنابراین روابط مربوط به ابعاد چهارگانه آمیخته بازاریابی با گرایش به بازاریابی اینترنتی معنادار هستند. به علاوه، علامت *** نشان می‌دهد این روابط در سطح اطمینان بسیار بالای ۰/۹۹۹ یعنی ($p < ۰.۰۱/۰$) معنادار هستند. همچنین ستون خطاهای استاندارد (SE) نشان می‌دهد که هر متغیر تا چه حد پیشگوی خوبی برای متغیر پنهان است. هرچه این مقدار کوچک‌تر باشد می‌توان گفت کارایی متغیر پیشگو بیشتر است. اوزان رگرسیونی استاندارد شده ضرایب رابطه بین متغیرها را نشان می‌دهد که می‌تواند به طور مستقیم برای تحلیل رابطه بین هر متغیر مستقل و هر متغیر وابسته به کار رود (صادقپور و مرادی، ۱۳۸۹ ص ۲۷۰). در این جدول، بزرگترین ضریب مربوط به رابطه گرایش به بازاریابی اینترنتی مربوط به بعد محصول (۰/۹۳۸) و پس از آن به ترتیب توزیع، ترویج و قیمت گذاری است. ستون آخر این جدول نشان می‌دهد ۸۸٪ از واریانس بعد محصول بیان می‌شود و بنابراین ۱۲٪ از آن مربوط به خطاها است. همچنین ۷۷٪، ۷۹٪ و ۷۴٪ از واریانس

تأثیر گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی بر میزان به کارگیری آن در سازمان‌ها // ۵۹

ابعاد ترویج، توزیع و قیمت‌گذاری در مدل تبیین می‌شود و باقی واریانس‌ها توسط خطاها بیان می‌شوند. بنابراین یافته‌ها، فرضیه اول تأیید می‌شود.

برای بررسی فرضیه دوم، مدل دیگری شامل چهار مؤلفه شلتونی و وست (۲۰۱۰) به عنوان تبیین‌کننده‌های متغیر میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت ترسیم شده است (شکل ۳). خطاهای مربوط به این متغیرها با er نشان داده شده است.

$X^2 = ۵۷۲/۲$	$df = ۲$	$X^2/df < ۳$	$P. Level = ۲۷۶/۰ > ۰/۰۵$
$RMSEA = ۰/۲۹/۰ < ۰/۰۵/۰$	$GFI = ۹۹۶/۰$	$AGFI = ۹۸۲/۰$	$NFI = ۹۹۶/۰$
$RFI = ۹۸۷/۰$	$IFI = ۹۹۹/۰$	$TU = ۹۹۷/۰$	$CFI = ۹۹۹/۰ > ۹۵/۰$



شکل شماره ۳. مدل ۲: مدل معادلات ساختاری برای میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی

مهم‌ترین شاخص‌های برازش این مدل نشان می‌دهند که مدل ۲ از برازش خوبی برخوردار است.

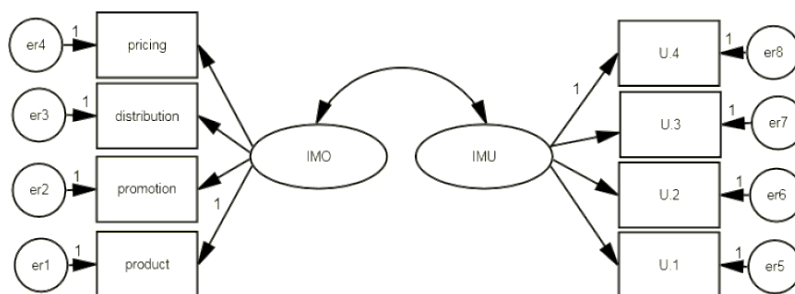
جدول ۸. نتایج مربوط به روابط تبیین‌کنندگی در مدل معادلات ساختاری ۲

	Regression Weights				SRWs	SMCs
	E_s	SE	CR	P	E_s	E_s
$U.1 \leftarrow IMU$	۱/۱۰۵	۰/۰۵۸	۱۹/۱۴۷	***	۰/۹۴۳	۰/۸۸۸
$U.2 \leftarrow IMU$	۰/۹۰۰	۰/۰۵۸	۱۵/۵۹۸	***	۰/۷۲۹	۰/۵۳۲
$U.3 \leftarrow IMU$	۰/۲۴۳	۰/۰۵۰	۴/۸۵۷	***	۰/۲۶۵	۰/۰۷۰
$U.4 \leftarrow IMU$	۱				۰/۸۴۵	۰/۷۱۵

همانطور که در جدول ۸ نشان داده شده است، کلیه مقادیر بحرانی (CR) خارج از بازه $\pm ۱/۹۶$ قرار دارند و بنابراین روابط مربوط به ابعاد چهارگانه آمیخته بازاریابی با بکارگیری بازاریابی اینترنتی معنادار هستند. به علاوه، علامت *** نشان می‌دهد این روابط

در سطح اطمینان بسیار بالای ۰/۹۹۹ یعنی ($p < ۰۰۱/۰$) معنادار هستند. متغیر "استفاده از منابع بازاریابی اینترنتی برای ارتباط با مشتریان (UI) بیشترین رابطه مثبت را با میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی دارد (۰/۹۴۳) و پس از آن به ترتیب متغیرهای "استفاده از پایگاه داده کامپیوتری مشتریان (U4)", "پشتیبانی از فعالیت‌های آفلاین (U.2)" و انجام مبادلات تجاری (U.3) قرار دارند. ستون آخر این جدول نشان می‌دهد که ۸۸٪ از واریانس متغیر U1 بیان می‌شود و بنابراین ۱۲٪ از آن مربوط به خطاها است. همچنین ۷۱٪ و ۵۳٪ از واریانس متغیرهای U4 و U2 در مدل تبیین می‌شوند و باقی واریانس‌ها توسط خطاها بیان می‌شوند. تنها ۷٪ از واریانس متغیر U3 در مدل بیان شده و بقیه آن مربوط به خطاهاست. بنا بر این یافته‌ها، فرضیه دوم تأیید می‌شود.

برای بررسی فرضیه سوم، مدلی شامل دو مدل ۱ و ۲ و رابطه میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی و میزان گرایش به آن تشکیل شده است که در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل شماره ۴. مدل ۳: مدل معادلات ساختاری برای فرضیه سوم

مهم‌ترین شاخص‌های برازش این مدل نشان می‌دهند که مدل ۲ از برازش خوبی برخوردار است.

$X^2 = ۰.۴۲/۲۴$	$df = ۱۹$	$X^2/df < ۳$	$P. Level = ۱۹۵/۰ > ۰.۵/۰$
$RMSEA = ۰.۲۸/۰ < ۰.۵/۰$	$GFI = ۹۸۳/۰$	$AGFI = ۹۶۸/۰$	$NFI = ۹۸۷/۰$
$RFI = ۹۸۱/۰$	$IFI = ۹۹۷/۰$	$TU = ۹۹۶/۰$	$CFI = ۹۹۷/۰ > ۹۵/۰$

تأثیر گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی بر میزان به کارگیری آن در سازمان‌ها // ۶۱

جدول ۹. نتایج مربوط به روابط تبیین‌کنندگی در مدل معادلات ساختاری ۳

	Regression Weights			SRWs ¹	SMCs ²
	Es ³	SE	P	Es	Es
Product ← IMO	۱			۰/۹۳۹	۰/۸۸۱
Promotion ← IMO	۰/۸۰۲	۰/۰۳	***	۰/۸۷۹	۰/۷۷۳
Distribution ← IMO	۰/۸۵۰	۰/۰۳۱	***	۰/۸۹۱	۰/۷۹۵
Pricing ← IMO	۰/۷۷۶	۰/۰۳	***	۰/۸۶۴	۰/۷۴۷
U.1 ← IMU	۱/۱۱۲	۰/۰۵۸	***	۰/۹۴۶	۰/۸۹۴
U.2 ← IMU	۰/۹۰۰	۰/۰۵۸	***	۰/۷۲۷	۰/۵۲۸
U.3 ← IMU	۰/۲۴۵	۰/۰۵۰	***	۰/۲۶۶	۰/۰۷۱
U.4 ← IMU	۱			۰/۸۴۳	۰/۷۱۰

جدول ۱۰. نتایج مربوط به روابط دوسویه در مدل شماره ۳

	Covariances				Correlations
	Es^2	SE	CR	P	Es
IMU \leftrightarrow IMO	۰/۵۱۱	۰/۲۳۰	۲/۲۲۰	۰/۰۲۶	۰/۱۲۸

همانطور که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود، رابطه بین میزان گرایش به بازاریابی اینترنتی و میزان به کارگیری آن در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار است ($p = ۰.۰۲۶ < ۰.۰۵$) بنابراین فرضیه سوم تأیید می‌شود. اما ضریب همبستگی بین این دو متغیر مقدار کوچک ۰/۱۲۸ است که نشان‌دهنده رابطه مثبت ضعیف است. شایان ذکر است که با توجه به پرازندگی مناسب مدل‌های ارائه شده و معناداری روابط تبیین کننده، روایی سازه‌های این تحقیق تأیید می‌شود.

علیرغم این که برخی محققین انتقاداتی به اعتبار آمیخته بازاریابی سنتی وارد دانسته‌اند، اما هنوز ساختار بنیادی چهار عنصر، اعتبار خود را دارد و با جرح و تعدیلاتی که روی آن صورت گرفته است همچنان در قلب تصمیمات عملیاتی بازاریابی قرار دارد. تأیید فرضیه اول این پژوهش حاکی از این است که چهار بعد سنتی آمیخته بازاریابی تبیین کننده خوبی برای گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی در شرکت هستند. به عبارت دیگر، آمیخته سنتی بازاریابی در محیط اینترنت نیز معتبر است. خطاهای استاندارد کوچک در مدل برآوردی نیز مؤید کارایی ابعاد چهارگانه در پیشگویی میزان گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی است. تحقیقات بسیار کمی به اندازه‌گیری گرایش به بازاریابی اینترنتی پرداخته‌اند. شلتونی و وست (۲۰۱۰) نگرش نسبت به بازاریابی اینترنتی را با دوازده پرسش کلی در دو بعد فلسفی و رفتاری سنجیدند. گرچه ابزار پژوهش آن‌ها از نظر پایایی و اعتبار در سطح مناسبی قرار دارد، اما آن‌ها گرایش سازمانی به بازاریابی اینترنتی را از طریق نظرسنجی از مدیران اندازه‌گیری کرده‌اند در حالی که در این تحقیق نگرش فردی مدیران به عنوان افراد تصمیم‌گیرنده در خصوص بازاریابی اینترنتی در سازمان سنجیده شده است. علاوه بر این، آمیخته بازاریابی به عنوان ابزار بنیادی بازاریابی، چارچوب مفیدی است که بر تنظیم

استراتژی تأثیرگذار است و سازمان از طریق آن می‌تواند خود را با رقبای فعلی خود مقایسه کند و از طرفی می‌تواند گزینه‌های مختلفی برای استراتژی خود به طور عام و برای استفاده از اینترنت در بازاریابی به طور خاص پیدا کند.

در تحقیقات پیشین مدل‌های متعددی برای به کارگیری نوآوری به طور عام و تکنولوژی به طور خاص توسط محققین معرفی شده است. با این حال، تئوری‌های کلاسیک نوآوری، برآمده از ادبیاتی است که صرفاً روی به کارگیری نوآوری توسط افراد متمرکز دارد. به همین دلیل این تئوری‌ها نمی‌توانند در مورد نوآوری‌های پیچیده مربوط به سازمان مثل اینترنت، به خوبی به کار روند، خصوصاً زمانی که واحد به کارگیری سازمان است و نه افراد (شلتونی و وست، ۲۰۱۰ ص ۱۰۹۹). الگوهری (۲۰۱۱) میزان به کارگیری را با استفاده از تعداد ابزارهای بازاریابی الکترونیکی که شرکت از آن‌ها استفاده می‌کند، اندازه‌گیری کرده است و این در حالی است که بازاریابی الکترونیکی را در معنای گسترده در نظر گرفته‌اند که اینترنت یکی از ابزارهای آن است. در حالی که این مقاله به دلیل قدرت اینترنت و رواج آن به عنوان ابزار اصلی بازاریابی الکترونیکی، صرفاً روی آن متمرکز شده است. ثانیاً تفاوت سطوح مختلف به کارگیری بازاریابی الکترونیکی در تعداد ابزارهای الکترونیکی مورد استفاده منعکس نمی‌شود و نمی‌توان بین دو شرکت که به یک "تعداد" اما به "شدت"‌های مختلف از ابزارهای بازاریابی الکترونیکی استفاده می‌کنند تمایزی قائل شد. شلتونی و وست (۲۰۱۰) از چهار مؤلفه برای اندازه‌گیری میزان به کارگیری تکنولوژی توسط سازمان استفاده کردند که آن‌ها را مستقیماً با نظرسنجی از مدیران سنجیده‌اند. در این تحقیق مؤلفه‌های به کار رفته در مطالعه آن‌ها با استفاده از پرسش‌های دیگری اندازه‌گیری شده است تا به دقت اندازه‌گیری اضافه شود. تحلیل داده‌ها، اعتبار این متغیرها را تأیید کرده است.

ادبیات رفتاری حاکی از این است که نتایج حاصل از حضور شرکت در اینترنت، ارتباط نزدیکی با میزان تعهد مدیران ارشد به کسب و کار الکترونیکی و به طور خاص به بازاریابی اینترنتی دارد (برگا و همکاران، ۲۰۰۷ ص ۱۳۹) و از دیدگاه استراتژی بازاریابی،

مهمترین عامل موفقیت به کارگیری بازاریابی اینترنتی، حمایت مدیران عالی سازمان است (احمد و همکاران، ۲۰۰۶ ص ۲۰۲). شلتونی و وست (۲۰۱۰) رابطه مثبت قوی (ضریب همبستگی = ۰/۸) بین گرایش به بازاریابی اینترنتی و به کارگیری آن گزارش کردند. با این وجود، آن‌ها تأثیر گرایش سازمان به بازاریابی اینترنتی را بر به کارگیری آن در سازمان بررسی کردند. در این مقاله، رابطه گرایش شخصی مدیران به بازاریابی اینترنتی با به کارگیری بازاریابی اینترنتی در سازمان متبوع آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. گرچه رابطه معنادار مثبتی بین میزان گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی با میزان به کارگیری آن در شرکت به دست آمد، اما شدت این رابطه ضعیف است (ضریب همبستگی = ۰/۱۲۸). با توجه به این که اعضای جامعه را تصمیم‌گیرندگان حوزه بازاریابی شرکت‌های مورد مطالعه تشکیل می‌دهند، این نتیجه جالب توجه را می‌توان به دخالت عوامل متعدد در مسیر به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت‌ها نسبت داد. در واقع به نظر می‌رسد برای به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت‌های مورد مطالعه، گرایش مدیران ارشد به آن عامل تعیین‌کننده‌ای نیست و نمی‌توان با اطمینان در مورد میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در سازمانی که تصمیم‌گیرندگان آن گرایش زیادی به بازاریابی اینترنتی دارند و بالعکس قضاوت کرد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مطالعه‌ای که انجام شد حاکی از این است که می‌توان از طریق اندازه‌گیری گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی در ابعاد چهارگانه آمیخته بازاریابی شامل مدیریت محصول، ترویج، توزیع و قیمتگذاری، گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی را اندازه‌گیری کرد. شرکت‌ها به صورت جدی به ارزیابی گرایش به بازاریابی اینترنتی نیاز دارند چرا که این ارزیابی به آن‌ها کمک می‌کند جایگاه فعلی خود را بشناسند و برای پر کردن شکاف بین وضعیت فعلی و وضعیت مطلوبی که می‌خواهند با به کارگیری بازاریابی اینترنتی به آن دست پیدا کنند، استراتژی‌ها و تاکتیک‌های مناسبی پیدا کنند. بنابراین، پیش از به کارگیری بازاریابی اینترنتی، استفاده از این ابزار برای آگاهی از نگرش و میزان گرایش مدیران

سازمان به بازاریابی اینترنتی میتواند به اتخاذ تصمیمات مناسب برای صرف منابع برای به کارگیری بازاریابی اینترنتی کمک کند. علاوه بر این، محققان نگرش را به عنوان یک عامل اثرگذار بر به کارگیری تکنولوژی، وارد مدل‌های پذیرش تکنولوژی کرده‌اند. این ابزار برای محققان در اندازه‌گیری عامل نگرش به بازاریابی اینترنتی برای استفاده در مدل‌های پذیرش تکنولوژی در سطح سازمانی مفید است. به علاوه، ابزار شلتونی و وست (۲۰۱۰) به همراه پرسش‌های به کار رفته در این تحقیق می‌تواند در اندازه‌گیری میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی به سازمان‌ها و محققان کمک کند.

در این مقاله، رابطه مثبت ضعیف بین میزان گرایش مدیران شرکت به بازاریابی اینترنتی و سطح به کارگیری آن تأیید شد. گرچه از دیدگاه استراتژی بازاریابی، مهمترین عامل موفقیت به کارگیری بازاریابی اینترنتی، حمایت مدیران عالی سازمان است و با این که اغلب مدیران اعلام کردند در امور شخصی خود تا حد زیادی از اینترنت استفاده می‌کنند، اما رابطه ضعیف گرایش آن‌ها با میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی در شرکت نشان می‌دهد که ادبیات این حوزه نیازمند تلاش علمی برای شناسایی عواملی است که در این رابطه و در به کارگیری بازاریابی اینترنتی در سازمان‌های ایرانی بیش از گرایش مدیران تأثیرگذارند.

در خصوص محدودیت‌ها و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی می‌توان گفت، این تحقیق روی استفاده از اینترنت در بازاریابی تمرکز کرده و سایر تکنولوژی‌های نوین مورد استفاده در بازاریابی الکترونیکی را وارد مطالعه نکرده است و این در حالی است که بازاریابی الکترونیکی در واقع حوزه‌های گسترده‌تری را پوشش می‌دهد که به عنوان مثال می‌توان استفاده از بازاریابی موبایل را نام برد که رو به افزایش است. با این وجود، به دلیل نسبتاً نو بودن این نوع بازاریابی در ایران، این مورد در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته است اما از رویکرد این تحقیق می‌توان برای مطالعه این نوع بازاریابی نیز استفاده کرد. همچنین این تحقیق تمایزی بین سازمان‌های حقیقی و مجازی قائل نشده است که می‌توان با استفاده از رویکرد این تحقیق اختلاف این دو گروه را در رابطه با بازاریابی اینترنتی بررسی

کرد. به علاوه، در این تحقیق از آمیخته چهار عنصری بازاریابی استفاده شده است در حالی که دیدگاه‌های مختلفی در رابطه با اعتبار آمیخته سنتی در محیط اینترنت وجود دارد و محققان آتی می‌توانند مدل تحقیق حاضر را با استفاده از دیگر انواع آمیخته بازاریابی بازسازی کرده و آزمون کنند. در رابطه با میزان به کارگیری بازاریابی اینترنتی از مؤلفه‌های شلتونی و وست (۲۰۱۰) استفاده شده است. پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه از متغیرهای دیگری برای ارزیابی میزان به کارگیری تکنولوژی در سطح فردی و سازمانی استفاده کرده‌اند که می‌توان فرضیات این تحقیق را با سایر متغیرهای موجود در ادبیات آزمون کرد. این تحقیق در صنعت نشر و توزیع کتاب انجام شد زیرا محصولات و خدمات این صنعت به دلیل ویژگی‌های خاص خود به خوبی قابل تبدیل یا عرضه در محیط دیجیتال هستند. اما بسیاری از محصولات و خدمات در دیگر صنایع را نمی‌توان به سادگی در محیط اینترنت عرضه کرد و این موضوع روی استفاده از تکنولوژی‌های نوین از جمله اینترنت، در بازاریابی این نوع محصولات و خدمات تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. اجرای این تحقیق در سایر صنایع و در رابطه با محصولات و خدمات مختلف می‌تواند به تعمیم‌پذیری نتایج این تحقیق کمک شایانی نماید.

منابع

- جهانیان، س. محمودصالحی، م. (۱۳۹۴). استخراج مولفه‌های آمیخته بازاریابی اینترنتی: یک طرح پژوهش ترکیبی. پژوهش‌های مدیریت در ایران (مدرس علوم انسانی). دوره ۱۹، شماره ۳، صص ۷۵-۵۵.
- خدادادحسینی، س.ح. رضوانی، م. مدلسازی آمیخته بازاریابی فازی (مطالعه موردی صنعت باتری خودروهایی شخصی). فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۵۱، تابستان ۱۳۸۸. صص ۲۷۷-۲۴۱.
- رضوانی، حمیدرضا. (۱۳۹۰) روش تحقیق در مدیریت. تهران، کتاب مهربان نشر.
- سعیدی، ن. نوروزنژاد، ا. زنده‌باد، س. ۱۳۹۰. ارزیابی و رتبه‌بندی ابعاد بازاریابی اینترنتی صنعت فرش کشور. فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره‌های ۲۵ و ۲۶، تابستان و پاییز ۱۳۹۰، صص ۱۸۵-۱۶۹.
- صادق‌پور، بهرام. و مرادی، وهاب. (۱۳۸۹) تحلیل آماری با نرم‌افزارهای SPSS18 و AMOS18 بابلسر، انتشارات دانشگاه مازندران
- کریمی، م. خنیفر، ح. (۲۰۱۷). بررسی تطبیقی تصمیمات آمیخته بازاریابی از دیدگاه اسلام و غرب. مدیریت فرهنگ سازمانی، ۱۵(۱)، ۲۲۵-۲۴۷.
- مانیان، ا. رونقی، م.ح. (۱۳۹۴). ارائه چارچوب جامع پیاده‌سازی بازاریابی اینترنتی با استفاده از روش فراترکیب. نشریه مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، دوره ۷، شماره ۴، صص ۹۲۰-۹۰۱.
- Abou-Nabout, N., Skiera, B., Stepanchuk, T., and Gerstmeier, E. (2012). An analysis of the profitability of fee-based compensation plans for search engine marketing. *International Journal of Research in Marketing*, doi:10.1016/j.ijresmar.2011.07.002
- Adam, S., Deans, K.R., Mulye, S., and Palihawadana, D. (2002) E-marketing in perspective: A three country comparison of business use of the internet. *Marketing Intelligence & Planning*, 20(4/5), 243-251.
- Ahmed, A.M., Eid, R., and Trueman, M. (2006) B2B international internet marketing: A benchmarking exercise. *Benchmarking*, 13(1/2), 200-213.
- Bianchi, C., & Mathews, S. (2016). Internet marketing and export market growth in Chile. *Journal of Business Research*, 69(2), 426-434.
- Bieda, A., Hirschfeld, G., Schönfeld, P., Brailovskaia, J., Zhang, X. C., & Margraf, J. (2017). Universal happiness? Cross-cultural measurement invariance of scales assessing positive mental health. *Psychological assessment*, 29(4), 408.
- Borden, N. H. (1964); "The Concept of the Marketing Mix", *Journal of Advertising Research*, June, Vol. 4, pp.2-7.
- Boyle, E. (2007) A process model of brand co-creation: brand management and research implications. *Journal of Product & Brand Management*, 16(2), 122-131.
- Braga, A., Couto, J.P., Natário, M.M., and Tiago, M.T.B. (March, 2007) International reality of internet use as marketing tool. *Journal of American Academy of Business, Cambridge*, 11(1), 138-144.
- Bressanelli, M., Caimi, L., Domenighini, S., Gelatti, U., Levaggi, R., Orizio, G., Schulz, P., and Zani, C. (2009) Marketing and pricing strategies of online pharmacies. *Health Policy*, 92, 187-196.
- Chaffey, D., Ellis-Chadwick, F., Johnston, K., and Mayer, R. (2006) *Internet Marketing: strategy, implementation and practice*(3rd Ed). England, Prentice-Hall.
- Chaffey, D., Mayer, R., Johnston, K., & Chadwick, F. (2006). *Internet marketing: Strategy, implementation, and practice*. Harlow: Prentice Hall.
- Chen, C-Y.(2006) The comparison of structure differences between internet marketing and traditional marketing. *Int. J. Management and Enterprise Development*, 3(4), 397-417.
- Cheng, Y.-T., and Tsai, Y.-C.(2011) Analyzing key performance indicators (KPIs) for E-commerce and Internet marketing of elderly products: A review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. doi:10.1016/j.archger.2011.05.024
- Chittenden, L., and Rettie, R. (March, 2003) An evaluation of e-mail marketing and factors affecting response. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 11(3), 203-217.
- Dempsey, M., and Ho, J.Y.C (2010) Viral marketing: Motivations to forward online content. *Journal of Business Research*, 63, 1000-1006.
- Dominici, G. (September, 2009) From marketing mix to e-marketing mix: A literature overview and classification. *International Journal of Business and Management*, 4(9), 17-24.
- El-Gohary, H. (2011) Factors affecting E-Marketing adoption and implementation in tourism firms: An empirical investigation of Egyptian small tourism organisations. *Tourism Management*. doi:0.1016/j.tourman.2011.1.0.013
- Ellis-Chadwick, F., and Doherty, NF. (2011) Web advertising: The role of e-mail marketing. *Journal of Business Research*. doi:10.1016/j.jbusres.2011.01.005
- Fernandes, T., Martins Silva, M., and Proen, J. (2010) The impact of the Internet upon bank marketing. *Journal of Financial Services Marketing*, 15(2), 160-175.
- Fiss, G. & Perner, P. (2002) Intelligent e-marketing with web mining, personalization and user-adapted interfaces. In P. Perner (Ed.), *Data Mining in E-Commerce, Medicine, and Knowledge Management*, Springer Verlag, Inai 2394.
- Galupo, M. P., Davis, K. S., Gryniewicz, A. L., & Mitchell, R. C. (2014). Conceptualization of sexual orientation identity among sexual minorities: Patterns across sexual and gender identity. *Journal of Bisexuality*, 14(3-4), 433-456.
- Goldman, A., & Grinstein, A. (2010). Stages in the development of market orientation publication activity. *European Journal of Marketing*, 44, 1384-1409.

- Gordon, G., Purchase, Sh., and Singh, T. (Spring, 2007) B2B e-marketing strategies of multinational corporations: Empirical evidence from United States and Australia. *Mid- American Journal of Business*, 22(1), 31-44.
- Hristovska, M., and Mircheska, I. (2010) The internet marketing – A challenge for fast tourism development. *Proceedings of Tourism & Hospitality Management Conference*, 1086-1099.
- Kalyanam, K., & McIntyre, Sh. (Fall, 2002) The e-marketing mix: A contribution of the e-tailing wars. *Journal of Academy of Marketing Science*, 30(4), 487-499.
- Karpen, I. O., Bove, L. L., Lukas, B. A., & Zypur, M. J. (2015). Service-dominant orientation: measurement and impact on performance outcomes. *Journal of Retailing*, 91(1), 89-108.
- Kehagias, J.D., Rigopoulou, I.D., and Tsiotsou, R.H. (2010) Tracing customer orientation and marketing capabilities through retailers' websites: A strategic approach to internet marketing. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 18(2), 79-94.
- Khan, M. T., Ahmed, S., Khan, N. A., & Tanvir, S. (2013). Marketing Mix and Growth of Ps (A Conceptual Review Paper). Editors-in-Chief, 125.
- Kimilöglü, H. (2004) The "E-Literature": A Framework for Understanding the Accumulated Knowledge about Internet Marketing. *Academy of Marketing Science Review*, (6), 1-36.
- Kontinen, T., & Ojala, A. (2010). Internationalization pathways of family SMEs: Psychic distance as a focal point. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 17(3), 437-454.
- Lympelopoulou, C., and Chaniotakis, I.E. (2005) Factors affecting acceptance of the internet as a marketing-intelligence tool among employees of Greek bank branches. *International Journal of Bank Marketing*, 23(6), 484-505.
- McCarthy, J. (2001, 13th ed.); *Basic Marketing: A managerial approach*, Irwin, Homewood IL.
- Mokhtar, S. S. M., Yusoff, R. Z., & Ahmad, A. (2014). Key elements of market orientation on Malaysian SMEs performance. *International Journal of Business and Society*, 15, 49-64.
- Morgan, N. A. (2012). Marketing and business performance. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40(1), 102-119.
- Norzalita, A.A. and Norjaya M.Y. (2004) The influence of market orientation on marketing competency and the effect of internet-marketing integration. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 16(2), 3-19.
- Oke, A., Walumbwa, F., Yan, T., Idiagbon-Oke, M., & A. Ojode, L. (2014). Linking economic status with technology adoption in three emerging economies of Sub-Saharan Africa. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(1), 49-68.
- Rhee, E.(2010) Multi-channel management in direct marketing retailing: Traditional call center versus Internet channel. *Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management*, 17, 70 – 77. doi: 10.1057/dbm.2010.6.
- Salimi, G., Mehrvarz, M., & Paziresh, R. (2017). THE ROLE OF SOCIAL CAPITAL IN PROMOTING ENTREPRENEURIAL READINESS OF ENGINEERING STUDENTS AT SHIRAZ UNIVERSITY. *Majallah-i Amuzih-i Muhandisi-i Iran*, 19(73), 1.
- Shaltoni, A. M., & West, D. C. (2010). The measurement of e-marketing orientation (EMO) in business-to-business markets. *Industrial Marketing Management*, 39(7), 1097-1102.
- Shaltoni, A-M., and West, D.C. (2010) The measurement of e-marketing orientation (EMO) in business-to-business markets. *Industrial Marketing Management*, (39), 1097-1102.
- Sharma, A., and Jagdish, N.Sh. (2005) International e-marketing: pportunities and issues. *International Marketing Review*, 22(6), 611-622.
- Sheikh, A. A., Shahzad, A., & Ishak, A. B. K. (2016). The mediating impact of e-marketing adoption on export performance of firms: A conceptual study. *Journal of Technology and Operations Management*, 11(1), 48-58.
- Shukla, T. (2010) Factors affecting Internet Marketing campaigns with reference to viral and permission marketing. *The IUP Journal of Management Research*, IX(1), 26-37.
- Stavrovski, B. (September, 2006) Optimality principles and posterior information as decision making factors in internet marketing. *Journal of American Academy of Business, Cambridge*, 9(2), 21-26.
- Stefko, R., Fedorko, R. & Basic, R. (2015). The role of e-marketing tools in constructing the image of a higher education institution, *Social and Behavioral Sciences*, 175: 431– 438.
- Taleghani, M., Akhlagh, E. M., Akbar, A., & Sani, M. (2013). Impact of Electronic Marketing on the Performance of Pistachio-Exporting Companies in Iran. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(6), 211–217.
- Varadarajan, R., and Yadav, M.S. (2009) Marketing Strategy in an Internet-Enabled Environment: A Retrospective on the First Ten Years of JIM and a Prospective on the Next Ten Years. *Journal of Interactive Marketing*, 23, 11–22.
- Veale, J. F. (2016). Factorial Validity and Invariance Assessment of a Short Version of the Recalled Childhood Gender Identity/Role Questionnaire. *Archives of sexual behavior*, 45(3), 537-550.
- Vongiatrapat, N., Li, F., & Harmer, P. (2015). A Confirmatory Investigation of the Dimensionality of the Task and Ego Orientation in Sport Questionnaire in a Thai College Student Sample with Cross-Validation. *วารสารมหาวิทยาลัยบูรพา*, ๑๑(๑), ๑๑๓-๑๑๕.
- Voola, R., Casimir, G., Carlson, J., & Agnihotri, M. A. (2012). The effects of market orientation, technological opportunism, and e-business adoption on performance: A moderated mediation analysis. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 20(2), 136146.
- Wei-Shang, F., and Ming-Chun, T. (November 2010) Factors driving website success – the key role of Internet customisation and the influence of website design quality and Internet marketing strategy. *Total Quality Management*, 21(11), 1141–1159.
- Yan, R. (2010) Cooperative advertising, pricing strategy and firm performance in the e-marketing age. *Journal of the Academic Marketing Science*, 38, 510-519. doi: 10.1007/s1174 7-009-0171-z.

شناسه دیجیتال (DOI): JEMSC-1708-1056 (R2)

استناد به این مقاله:

رضوانی، ح.ر؛ آقاخانی، ن. (۱۳۹۶). «تأثیر گرایش مدیران به بازاریابی اینترنتی بر میزان به کارگیری آن در سازمان‌ها». *دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶(۲)، ۴۱-۶۸.

پیش بینی سرطان سینه با استفاده از روش خوشه‌بندی انتشار وابستگی با در نظر گرفتن وزن متغیرها*

سینا دامی^۱

زینب حاتم چوری^۲

چکیده

با استفاده از ابزارهای داده‌کاوی در حوزه تشخیص پزشکی محدودیت‌هایی همچون هزینه‌های بالای برخی از آزمایشات یا زمان‌بر بودن آن‌ها مرتفع می‌گردد. به علاوه، وجود خطا در برخی از آزمایشات موجب شده تا روش‌های دسته‌بندی مورد استقبال پژوهشگران قرار گیرد. در همین راستا، پژوهش جاری با تکیه بر ترکیب روش‌های خوشه‌بندی و دسته‌بندی، روش جدیدی را برای تشخیص بدخیمی سرطان سینه ارائه نموده است که در آن عمل ترکیب با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری تکرار شونده و الگوریتم خوشه‌بندی انتشار وابستگی انجام می‌شود. این روش با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری وزن‌هایی را برای متغیرها تولید نموده و بر اساس الگوریتم انتشار وابستگی، خوشه‌های موزون تشکیل می‌دهد. سپس شماره خوشه‌ها به عنوان یک متغیر جدید به داده‌ها افزوده شده و در مرحله بعد، الگوریتم دسته‌بندی روی مجموعه داده اصلاح شده حاوی داده‌های اصلی و شماره خوشه‌ها اجرا می‌گردد. با توجه به شاخص دقت، تولید اوزان تا رسیدن به بیشترین دقت ممکن ادامه می‌یابد. طبق آزمایشات عددی انجام شده در این پژوهش، ترکیب الگوریتم خوشه‌بندی انتشار وابستگی با میانگین دقت ۹۸/۳۶ دارای بیشترین دقت بوده است. به علاوه، آزمون فرض ویلکاکسون برتری شبکه عصبی ترکیبی را نسبت به سایر روش‌ها مورد تأیید قرار داده است.

کلمات کلیدی: آزمون فرض ویلکاکسون، خوشه‌بندی، سرطان سینه، شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵.

^۱ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

dami@wtiau.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

zeinab.hatam.ch@gmail.com

مقدمه

بطور کلی سرطان یا چنگار، تقسیم نامتقارن و از کنترل خارج شده سلول‌های بدن است که منشأ آن نامعلوم بوده و از نظر محققان ممکن است به دلایل ژنتیکی و اختلال در هسته سلول باشد. سرطان سینه نوعی از این بیماری است که از بافت سینه شروع می‌شود و علائم آن ممکن است به صورت یک توده در سینه، تغییر شکل در سینه، گودی پوست، ترشح مایع یا پوسته شدن باشد. در بیمارانی که سلول‌های سرطانی در بدن آن‌ها چنگ‌اندازی کرده باشد علائمی از قبیل درد استخوان، غدد لنفاوی متورم، تنگی نفس یا زردی وجود دارد. تشخیص سرطان سینه با انجام نمونه‌برداری از توده مربوطه تأیید می‌شود. پس از تشخیص سرطان، آزمایش‌های بیشتری انجام می‌شوند تا مشخص شود که آیا سرطان به قسمت‌های دیگر بدن نیز سرایت کرده است یا خیر؟ و چه درمان‌هایی ممکن است نسبت به بیماری واکنش نشان دهند.

طبق گزارشات صندوق جهانی پژوهش سرطان سینه، شایع‌ترین نوع سرطان در میان زنان با تعدادی بالغ بر ۱/۷ میلیون تشخیص در سال ۲۰۱۲ می‌باشد. بطور متوسط ۳۷/۳٪ از مبتلایان این بیماری بطور کامل سلامت خود را باز یافته‌اند که بیشتر این موفقیت مرهون تشخیص زودهنگام و نیز تشخیص صحیح شدت بدخیمی توده سرطانی می‌باشد. از همین رو، تشخیص شدت بدخیمی یک توده سرطانی و در این میان سرطان سینه که مبحث اصلی این پژوهش خواهد بود بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، توسعه مدل‌هایی با دقت قابل قبول و عملکرد مناسب همچنان موضوع اصلی بسیاری از پژوهش‌ها می‌باشد.

پیشینه پژوهش

در ادبیات موضوعی مرتبط با این حوزه تحقیقات بسیار زیادی انجام شده است. این پژوهش‌ها برخی بر روی کشف عوامل مؤثر در بیماری‌ها متمرکز بوده و برخی دیگر نیز مدل‌های پیش‌بینی را برای آن‌ها به کار گرفته‌اند. بطور کلی، داده‌کاوی به دو صورت در پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- رویکردهای توصیفی، که در آن‌ها با استفاده از روش‌های توصیفی در داده‌کاوی (خوشه‌بندی، قواعد انجمنی و...) اقدام به مشخص نمودن تأثیر عوامل بر روی یکدیگر نموده و متغیرهای اثرگذار در بیماری‌ها را تعیین می‌کنند. این رویکرد معمولاً در پیشگیری از بیماری‌ها مؤثر است.
- رویکردهای پیش‌گویانه، که در آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های پیش‌بینی و دسته‌بندی اقدام به ساخت مدل‌هایی جهت تعیین نوع بیماری یا درجه بدخیمی نموده و علاوه بر آن در برخی موارد این روش‌ها را جایگزین برخی آزمایشات زمان‌بر/ هزینه‌بر می‌نمایند.

تشخیص صحیح و به موقع، از مهم‌ترین عوامل موفقیت در درمان سرطان سینه است. به عنوان مثال، یکی از روش‌های تشخیصی سرطان سینه آزمون ایمنوهستوشیمی بوده که در برخی موارد از تشخیص صحیح بیماری عاجز است. این حقیقت باعث شده است تا روش‌هایی همچون داده‌کاوی در حوزه‌های تشخیصی مذکور توسعه یابد. در حوزه استفاده از ماشین بردار پشتیبان برای تشخیص سرطان سینه، برخی از پژوهشگران با استفاده از ماشین بردار پشتیبان تصاویر مربوط به سلول‌های سرطانی را پردازش نموده و بر این اساس یک مدل دسته‌بندی برای تعیین سلول‌های سرطانی ارائه نمودند. وانگ و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی دیگر، با استفاده از ماشین بردار پشتیبان داده‌های مربوط به ماموگرافی را برای تعیین توده بدخیم استفاده نموده و به دقت ۹۲/۹۹٪ دست یافتند. سامپیا و همکاران (۲۰۱۶) با ترکیب الگوریتم نزدیکترین همسایگان و ماشین بردار پشتیبان سرطان سینه را پیش‌بینی نمودند. در رویکرد مذکور، از یک تکنیک حساس به هزینه استفاده شده است که در آن نرخ خطای تشخیص سالم بودن فرد در صورتی که واقعاً مبتلا باشد مقدار بیشتری در نظر گرفته شده است. روش پیشنهادی آن‌ها نسبت به روش‌های سنتی دقت بالاتری را نشان داده است (روحی و جعفری، ۲۰۱۶). در بررسی‌های دیگر نیز یک روش مجموعه فعال برای افزایش سرعت ماشین بردار پشتیبان ارائه گردید و سپس این روش را بر روی داده‌های

مربوط به سرطان سینه پیاده‌سازی نمودند. نتایج مربوطه نشان از برتری روش پیشنهادی و افزایش سرعت در آموزش آن داشته است (سولام و همکاران ۲۰۱۰).

در سال ۲۰۱۶ پژوهشی در زمینه تشخیص توده از روی آزمایشات ماموگرافی انجام گرفته است که در نهایت به دقت ۸۱٪ دست یافته است (آرولا و همکاران، ۲۰۱۶). در همان سال پژوهشی با موضوع دسته‌بندی و تشخیص عوامل مؤثر به منظور انتخاب مشخصه انجام داده است و در این پژوهش ۹ عامل از بین ۱۷ متغیر موجود به عنوان عوامل مؤثر انتخاب شده و دسته‌بندی با استفاده از آن‌ها تا دقت ۹۶/۷٪ گزارش شده است (جیا و وانگ، ۲۰۱۶). در پژوهشی دیگر با استفاده از شبکه عصبی پیش‌خور در تحلیل عوامل ژنتیکی مؤثر در سرطان سینه به دقت ۹۴/۲٪ و ایجاد ۱۱/۳٪ بهبود نسبت به روش‌های پیشین دست یافته است (نوشاد و همکاران، ۲۰۱۶).

برخی از محققین با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم K-means یک روش خوشه‌بندی - دسته‌بندی ارائه نموده‌اند. در این تحقیق داده‌ها در ابتدا خوشه‌بندی شده و سپس برای هر خوشه یک دسته‌بند مورد استفاده قرار گرفته است. روش مذکور با افزایش دقت و سرعت همگرایی همراه بوده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴).

عده‌ای از پژوهشگران با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم کلونی مورچگان توانستند به بهبود دقت نسبت به حالت سنتی دست یابند. این پژوهشگران علت استفاده از الگوریتم کلونی را تنظیم پارامترهای ماشین بردار پشتیبان از قبیل پارامتر جریمه و تابع کرنل اعلام نموده‌اند (میشرا و همکاران، ۲۰۱۵).

برخی از پژوهشگران به صورت هم‌زمان از الگوریتم درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان در پژوهش خود استفاده نموده‌اند (سیواکامی، ۲۰۱۵).

برخی از پژوهشگران با استفاده از نقشه‌های خودسازمانده برای تعیین نقاط مشکوک و انجام عمل دسته‌بندی از طریق دادن مراکز خوشه به ماشین بردار پشتیبان به دقت بالاتری دست یافته‌اند (قیومی، ۱۳۹۲).

در همین راستا، این تحقیق با موزون در نظر گرفتن داده‌ها و همچنین استفاده از ترکیب روش خوشه‌بندی انتشار وابستگی و الگوریتم‌های دسته‌بندی موجود در ادبیات موضوع قصد دارد روش جدیدی را برای پیش‌بینی سرطان سینه مورد استفاده قرار دهد. همین مسئله، ایده اصلی این تحقیق خواهد بود. در این رابطه، برخی از متغیرهای موجود در مجموعه داده که در مدلسازی به کار گرفته می‌شوند عبارتند از: ضخامت توده، یکنواختی اندازه سلول‌های سرطانی، یکنواختی شکل سلول‌های سرطانی، چسبندگی حاشیه‌ای، عادی بودن هستک، میتوز و... خواهد بود. رویکرد مورد بحث در بهبود شاخص‌های عملکرد دسته‌بندی دو روش مذکور را ترکیب خواهد نمود.

ترکیب الگوریتم خوشه‌بندی انتشار وابستگی و روش‌های دسته‌بندی، انعطاف‌پذیری مدل ساخته شده را بالا برده و می‌تواند منجر به افزایش دقت شود. به علاوه، به نظر می‌رسد از بین عواملی همچون سن، نوع رژیم غذایی، عوامل ارثی و... یک یا چند متغیر بیشترین تأثیر را روی بدخیمی توده خواهند داشت. این پژوهش ترکیبی از تحقیق توصیفی و تجربی خواهد بود. به طوری که در بخش‌های اولیه تحقیق یک مطالعه پیمایشی روی تحقیقات گذشته صورت گرفته و پس از آن با استفاده از تحلیل نتایج حاصل از حل مدل، در مورد عملکرد آن نتیجه‌گیری خواهد شد. در این راستا، در ابتدا جمع‌آوری و پیش‌پردازش داده‌ها صورت گرفته و سپس مدل ترکیبی پیشنهادی بر روی آن پیاده‌سازی می‌شود و در نهایت نیز دقت مدل پیشگو با استفاده از شاخص‌های مناسب اندازه‌گیری خواهد شد.

روش‌شناسی پژوهش

روش پیشنهادی، با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری، وزن‌هایی را برای متغیرها در نظر گرفته و عمل دسته‌بندی را به صورت موزون انجام می‌دهد. وزن‌دهی به داده‌ها می‌تواند ضمن بهبود دقت نهایی مدل، در تشخیص عوامل مؤثر در ابتلا به سرطان سینه نیز مؤثر باشد. در این راستا، گام‌های مربوط به متدولوژی تحقیق که در زیربخش‌های بعدی به صورت دقیق‌تر مورد بحث قرار می‌گیرد مطابق با مراحل زیر خواهد بود:

۱) جمع‌آوری داده‌ها

- (۲) پیش پردازش داده‌ها
- (۳) پیش‌بینی مقادیر مفقوده
- (۴) تشخیص داده‌های پرت
- (۵) الگوریتم ترکیبی پیشنهادی
- (۶) شاخص‌های عملکرد

جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق متعلق به پایگاه داده UCI Repository در دانشگاه کالیفرنیا به آدرس <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets> می‌باشد که مربوط به بیماری سرطان سینه بوده و شامل ۶۹۹ مشاهده است که هر یک دارای ۱۰ مشخصه (صفت) می‌باشند. خروجی مربوط به این مجموعه داده به صورت صفر و یک است که مقدار صفر به معنای عدم وجود بیماری یا خوش‌خیم بودن توده مشاهده شده در عکسبرداری‌های پزشکی است و مقدار ۱ نیز به معنای بدخیم بودن توده می‌باشد. این مجموعه توسط گروه آنکولوژی دانشگاه علوم پزشکی الجوبلیانا در کشور یوگوسلاوی جمع‌آوری شده و در دسترس پژوهشگران قرار گرفته است.

پیش‌پردازش داده‌ها

پیش‌پردازش داده‌ها در دو بخش انجام خواهد شد. بخش اول شامل تکمیل مقادیر مفقوده و بخش دوم نیز دربرگیرنده تشخیص مقادیر پرت و حذف آن‌ها است که می‌تواند روی نتایج نهایی اثرگذار باشد.

پیش‌بینی مقادیر مفقوده

بطور کلی روش‌های پرکردن مقادیر مفقوده عبارتند از:

- حذف داده
- در نظر گرفتن یک مقدار سراسری برای همه مقادیر مفقوده

- استفاده از مقدار میانگین متغیر برای همه مقادیر مفقوده
- استفاده از مقدار میانه داده‌ها برای مقادیر مفقوده
- تعیین مقادیر مفقوده با استفاده از روش‌های یادگیری: در این روش‌ها متغیری که مقدار آن مفقود شده است به عنوان متغیر وابسته انتخاب شده و سایر متغیرها نیز نقش متغیر مستقل را خواهند داشت. سپس با استفاده از یک روش یادگیری مثل رگرسیون خطی (که خطر بیش برآزش آن را تهدید نمی‌کند) مقدار مفقوده پیش‌بینی می‌شود.

روش پنجم از چهار روش دیگر دقیق‌تر است. زیرا داده‌های پرت، نامتقارن بودن توزیع داده‌ها و... که به شدت بر روی روش‌های ۱ تا ۳ اثرگذار است، در روش پنجم تأثیر کمتری را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، استفاده از روش پنجم خطر بیش‌برآزش را نیز خواهد داشت. زیرا استفاده از یک روش پیچیده (مثلاً شبکه عصبی با تعداد زیادی لایه پنهان) ممکن است روی داده‌های آموزش کاملاً منطبق شود ولی در فاز تست مدل دقت و صحت بسیار پایینی داشته باشد. معمولاً برای غلبه بر خطر بیش‌برآزش از مدل‌های پیچیده غیر خطی استفاده نمی‌شود. به همین دلیل به منظور تخمین مقادیر مفقوده از رگرسیون خطی چندگانه استفاده خواهد شد.

تشخیص داده‌های پرت

داده‌های پرت معمولاً به داده‌هایی اطلاق می‌گردد که در یک مجموعه نسبت به سایر اعضا بسیار کوچک‌تر یا بزرگ‌تر باشند. وجود این داده‌ها می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار داده و در واقع صحت نتایج حاصل را خدشه‌دار کند. بنابراین لازم است چنین مواردی مورد تحلیل قرار گرفته و در صورت وجود از میان داده‌ها حذف شوند.

برخی از روش‌های موجود در حوزه تشخیص داده‌های پرت به صورت زیر است:

- آزمون گرابز
- روش بونفرونی
- روش خوشه‌بندی

- شبکه عصبی
- ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه. بطور کلی این روش برای حل مسئله‌ای است که در آن یک دسته به عنوان دسته هدف موجود بوده و بقیه دسته‌ها به عنوان داده‌های پرت شناخته می‌شوند. مقصود اصلی این روش عبارت است از یافتن یک مرز در اطراف داده‌های مربوط به دسته هدف که با استفاده از آن داده‌های پرت شناسایی شوند.

الگوریتم ترکیبی پیشنهادی

مدل ترکیبی خوشه‌بندی-دسته‌بندی پیشنهادی شامل استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی انتشار وابستگی، الگوریتم ابتکاری وزن‌دهی و ترکیب آن‌ها با روش‌های دسته‌بندی همچون ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی می‌باشد. به همین منظور، گام‌های زیر پس از پیش‌پردازش داده‌ها برای ساخت مدل طی خواهد شد:

- ۱) الگوریتم ابتکاری پیشنهادی جمعیتی از اوزان را تولید می‌کند.
- ۲) مجموعه داده مربوط به بیماری سرطان سینه با ضرب اوزان تولید شده، موزون گردیده و برای انجام عمل خوشه‌بندی در حافظه قرار می‌گیرد. الگوریتم خوشه‌بندی انتشار وابستگی بر روی مجموعه داده موزون اجرا شده و خوشه‌های به دست آمده برای هر یک از داده‌ها ذخیره‌سازی می‌شود. الگوریتم خوشه‌بندی انتشار وابستگی، نوعی از روش‌های یادگیری بدون نظارت است که بر پایه عبور پیام میان داده‌ها توسعه یافته است. برخلاف سایر روش‌های خوشه‌بندی موجود در ادبیات موضوع، الگوریتم انتشار وابستگی نیاز به تعیین تعداد خوشه‌ها ندارد و در تکرارهای متوالی تعداد خوشه‌ها را به صورت خودکار تعیین می‌کند. به عبارت بهتر، الگوریتم مذکور مشابه الگوریتم k-medoids داده‌های نمونه را می‌یابد که در واقع نماینده خوشه‌ها هستند.

۳) خوشه‌های حاصل شده به عنوان یک متغیر جدید به مجموعه داده افزوده می‌شود. پس از انجام این کار، تعداد مشخصه‌های موجود برابر با ۱۱ خواهد بود. با انجام این عمل، یک مجموعه داده اصلاح شده ایجاد گردیده و در حافظه ذخیره‌سازی خواهد شد.

۴) الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی به صورت جداگانه روی مجموعه داده اصلاح شده اجرا می‌شود. در این مرحله با استفاده از روش اعتبارسنجی متقاطع ۱۰-لایه مجموعه‌های آموزش و تست انتخاب شده‌اند که ۹۰٪ داده‌ها را برای آموزش و ۱۰٪ را برای تست به کار می‌گیرند.

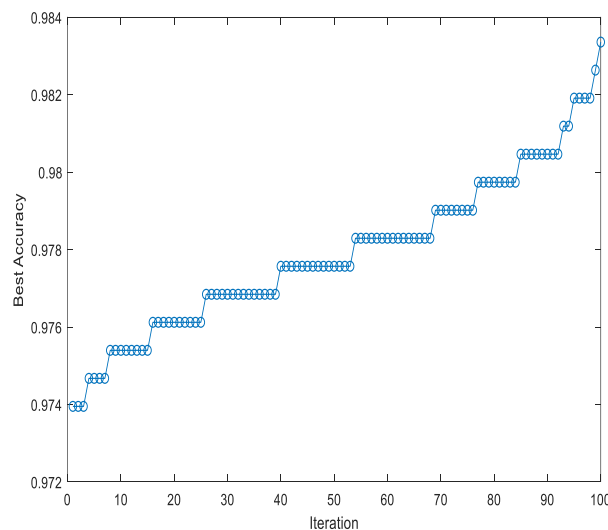
۵) شاخص دقت برای سنجش عملکرد مدل محاسبه شده و سپس در حافظه ذخیره می‌شود. در صورتی که شاخص دقت نسبت به تکرارهای پیشین برتر باشد، وزن تولید شده جایگزین وزن پیشین می‌شود.

۶) در صورتی که شرط توقف برقرار باشد، الگوریتم متوقف می‌شود. در غیر این صورت، به گام (۱) باز می‌گردیم.

در واقع، مدل ترکیبی پیشنهادی در تکرارهای متوالی سعی می‌کند بهترین اوزان را که منجر به بهبود دقت عملکرد می‌شود تولید نموده و از این طریق دقت نهایی مدل دسته‌بند را بهبود دهد.

در این رابطه، اندازه جمعیت در الگوریتم ابتکاری وزن‌دهی برابر با ۱۰ در نظر گرفته شده و پس از ۱۰۰ تکرار، بهترین اوزان که منجر به ایجاد بهترین دقت شده‌اند ذخیره‌سازی گردیده و مقدار دقت نهایی نیز ثبت شده است. شایان ذکر است که در هر تکرار از الگوریتم، دقت ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی محاسبه شده و میانگین آن به عنوان دقت نهایی الگوریتم مدنظر قرار گرفته است که در واقع، میانگین دقت ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی توسط الگوریتم وزن‌دهی حداکثرسازی می‌شود. بنابراین در هر اجرای الگوریتم، تعداد ۱۰۰۰ وزن تولید شده و عمل خوشه‌بندی بر روی داده‌های موزون بر اساس آن‌ها انجام می‌شود. در مرحله بعد، داده‌های اصلی به همراه شماره خوشه‌ها وارد مدل

دسته‌بندی شده و میانگین دقت محاسبه می‌گردد. الگوریتم در هر تکرار به گونه‌ای سعی در بهبود اوزان تولید شده می‌نماید که میانگین دقت در هر تکرار بهبود یابد. در هر تکرار از الگوریتم، بهترین دقت به دست آمده از ۱۰ وزن تولید شده ذخیره‌سازی شده و این عمل برای ۱۰۰ تکرار انجام می‌شود. در نهایت، پس از پایان الگوریتم، بهترین دقت به دست آمده به عنوان دقت نهایی گزارش می‌شود. بهبود دقت مدل بر حسب تکرارهای متوالی الگوریتم در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. میانگین دقت مدل پیشنهادی در تکرارهای متوالی الگوریتم

یافته‌های پژوهش

پس از اجرای مدل به تعداد ۱۰۰ مرتبه، نتایج حاصل بر پایه شاخص دقت به صورت جدول (۱) خلاصه‌سازی شده است.

شاخص‌های عملکرد

برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی و همچنین مقایسه با روش‌های سنتی از شاخص‌های متفاوتی می‌توان استفاده نمود. برای تشریح بیشتر نمادگذاری زیر را در نظر بگیرید:

T: تعداد کل داده‌ها.

TP: تعداد افراد بیماری که توسط سیستم به درستی بیمار معرفی شده‌اند.

FP: تعداد افراد سالمی که توسط سیستم به اشتباه بیمار تشخیص داده شده‌اند.

TN: تعداد افراد سالمی که توسط سیستم به درستی سالم معرفی شده‌اند.

FN: تعداد افراد بیماری که توسط سیستم به اشتباه سالم تشخیص داده شده‌اند.

در این صورت شاخص دقت برای ارزیابی دسته‌بندی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

دقت: نشان‌دهنده تعداد کل داده‌هایی به درستی دسته‌بندی شده‌اند به کل داده‌های موجود.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{T} \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول ۱. دقت حاصل از حل مدل پیشنهادی و مدل مرسوم (%).

ردیف	مدل پیشنهادی		مدل مرسوم (بدون خوشه‌بندی)	
	ماشین بردار پشتیبان	شبکه عصبی	ماشین بردار پشتیبان	شبکه عصبی
۱	۹۸/۱۱	۹۸/۵۵	۸۸/۴۲	۹۶/۲۳
۲	۹۷/۹۹	۹۸/۴۹	۸۸/۴۲	۹۶/۰۹
۳	۹۸/۰۹	۹۸/۱۳	۸۷/۹۹	۹۴/۴۹
۴	۹۸/۰۹	۹۸/۴۹	۸۸/۷۱	۹۶/۰۹
۵	۹۸/۱۱	۹۸/۴۹	۸۸/۲۷	۹۵/۹۵
۶	۹۸/۲۷	۹۷/۹۵	۸۸/۴۲	۹۶/۶۷
۷	۹۸/۸۹	۹۸/۴۴	۸۸/۵۶	۹۶/۰۹
۸	۹۸/۱۱	۹۸/۱۱	۸۸/۲۷	۹۵/۵۰
۹	۹۸/۲۲	۹۸/۴۹	۸۸/۴۲	۹۶/۵۲
۱۰	۹۸/۱۱	۹۸/۴۹	۸۷/۹۹	۹۵/۲۲
میانگین	۹۸/۲۰	۹۸/۳۶	۸۸/۳۵	۹۵/۸۹

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به منظور مقایسه دو روش مدل پیشنهادی و مرسوم، از آزمون رتبه علامت ویلکاکسون استفاده می‌شود. در نهایت، برای رتبه‌بندی روش‌های مورد استفاده از شبکه

غلبه^۱ استفاده شده است که در آن، برای هر زوج روش یک یال جهت دار به سمت روش برتر ترسیم می شود. در نهایت، روشی که بیشترین تعداد یال های ورودی را داشته باشد به عنوان روش برتر شناسایی می شود.

طبق آزمایشات عددی انجام شده در این پژوهش، ترکیب الگوریتم خوشه بندی انتشار وابستگی با میانگین دقت ۹۸/۳۶ دارای بیشترین دقت بوده است. به علاوه، آزمون فرض ویلکاکسون برتری شبکه عصبی ترکیبی را نسبت به سایر روش ها مورد تأیید قرار داده است.

در راستای مدل توسعه یافته در این پژوهش، یک مورد به عنوان پیشنهاد آتی مطرح می گردد:

یکی از چالش های موجود در حوزه دسته بندی، ساخت روش هایی است که بتوانند ساختارهای غیر خطی را تفکیک نموده و از این طریق عمل دسته بندی را با دقت بالاتری انجام دهند. معمولاً برای افزایش انعطاف دسته بندها و بهبود دقت از نگاشت های غیر خطی استفاده می شود. در همین مورد استفاده از محور مختصات قطبی برای بهبود عملکرد مدل های دسته بند پیشنهاد می گردد. به این صورت که داده ها به محور مختصات قطبی نگاشت شوند و سپس عمل دسته بندی بر روی آن ها صورت پذیرد.

^۱ Dominance Network

منابع

- Arevalo J, González FA, Ramos-Pollán R, Oliveira JL, Lopez MA. (2016). Representation learning for mammography mass lesion classification with convolutional neural networks. *Computer methods and programs in biomedicine*. 127, 248-57.
- De Sampaio WB, Silva AC, de Paiva AC, Gattass M. (2015). Detection of masses in mammograms with adaption to breast density using genetic algorithm, phylogenetic trees, LBP and SVM. *Expert Systems with Applications*. 42(22), 8911-28.
- Ghayomi Zade. A. (2013). Clustering and Diagnosis of Breast Cancer via Thermal Images Using a Combination of SVM and SOM Neural Network. *ijbd*. 2013; 5 (4), 13-22
- Hassanien AE, Moftah HM, Azar AT, Shoman M. (2014). MRI breast cancer diagnosis hybrid approach using adaptive ant-based segmentation and multilayer perceptron neural networks classifier. *Applied Soft Computing*. 14, 62-71.
- He, X., Wang, Z., Jin, C., Zheng, Y., Xue, X. (2012). A simplified multi-class support vector machine with reduced dual optimization, *Pattern Recognition Letters*, 33, 71-82.
- Jiao Z, Gao X, Wang Y, Li J. (2016). A deep feature based framework for breast masses classification. *Neurocomputing*. 197, 221-31
- Mishra G, Ananth V, Shelke K, Sehgal D, Valadi J. (2015). Hybrid ACO Chaos-Assisted Support Vector Machines for Classification of Medical Datasets. In *Proceedings of Fourth International Conference on Soft Computing for Problem Solving 2015*. Springer India. 91-101
- Naush J, González FA, Ramos-Pollán R, Oliveira JL, Lopez MA. (2016). Representation learning for mammography mass lesion classification with convolutional neural networks. *Computer methods and programs in biomedicine*. 127, 248-57.
- Naushad SM, Ramaiah MJ, Pavithrakumari M, Jayapriya J, Hussain T, Alrokayan SA, Gottumukkala SR, Digumarti R, Kutala VK. (2016). Artificial neural network-based exploration of gene-nutrient interactions in folate and xenobiotic metabolic pathways that modulate susceptibility to breast cancer. *Gene*. 580(2), 159-68.
- Rouhi R, Jafari M. (2016). Classification of benign and malignant breast tumors based on hybrid level set segmentation. *Expert Systems with Applications*. 46, 45-59.
- Sivakami K. (2015). Mining Big Data: Breast Cancer Prediction using DT-SVM Hybrid Model.
- Sweilam NH, Tharwat AA, Moniem NA. (2010). Support vector machine for diagnosis cancer disease: A comparative study. *Egyptian Informatics Journal*. 11(2), 81-92.
- Wang P, Hu X, Li Y, Liu Q, Zhu X. (2016). Automatic cell nuclei segmentation and classification of breast cancer histopathology images. *Signal Processing*. 122, 1-3.
- World Health Organization. (2014) "Cancer Fact sheet N°297".
- Zheng B, Yoon SW, Lam SS. (2014). Breast cancer diagnosis based on feature extraction using a hybrid of K-means and support vector machine algorithms. *Expert Systems with Applications*. 41(4), 1476-82.
- Zheng-Feng LI, Guang-Jin XU, Jia-Jun WA, Guo-Rong DU, Wen-Sheng CA, Xue-Guang SH. (2016). Outlier Detection for Multivariate Calibration in Near Infrared Spectroscopic Analysis by Model Diagnostics. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*. 44(2), 305-9.

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2018.1274

استناد به این مقاله:

دامی، سینا، حاتم چوری، زینب. (۱۳۹۷). «پیش بینی سرطان سینه با استفاده از روش خوشه‌بندی انتشار وابستگی با در نظر گرفتن وزن متغیرها». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶(۲)، ۸۱-۶۹

مدیریت و ارزیابی سبد پروژه‌های مستقل در شرایط عدم قطعیت و سازگاری پروژه‌ها*

هادی مختاری^۱

زینب حبیبی^۲

چکیده

در این تحقیق به بررسی و پیشنهاد رویکردهایی جهت انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت پرداخته می‌شود. این بررسی در حالتی است که پروژه‌های مورد بررسی مستقل هستند و ماهیتاً امکان انتخاب چند گزینه، به عنوان سبدهای از پروژه‌ها، بصورت همزمان وجود دارد. معیار محدودکننده سرمایه‌گذار در انتخاب سبدهای بزرگ‌تر، محدودیت در بودجه و سرمایه در دسترس است که تعیین می‌کند کدام پروژه‌ها اقتصادی بوده و قابل انتخاب هستند. ولی تغییرپذیری و نوسان در مطلوبیت اقتصادی پروژه‌ها که ناشی از عدم قطعیت‌های بیرونی است، عامل مهمی است که باید در این ارزیابی‌ها لحاظ شود. در این تحقیق دو رویکرد متفاوت جهت ارزیابی اقتصادی سبد پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت پیشنهاد می‌شود. رویکرد اول بر مبنای تابع توزیع نرمال و با معیار کمترین ضریب تغییرات طراحی شده، درحالی که رویکرد دوم بر اساس اصلاح بودجه در دسترس و با معیار بیشترین امید ریاضی عمل می‌کند. در انتها نتایج رویکردهای پیشنهاد شده بر اساس نمونه مسائل ارائه شده، مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقتصادی، بحران اقتصادی، ریسک و عدم قطعیت، سبد پروژه‌ها

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۱.

^۱. استادیار مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سراسری کاشان، کاشان، ایران (نویسنده مسئول) mokhtari_ie@kashanu.ac.ir

^۲. دانشجوی مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سراسری کاشان، کاشان، ایران zeinabhabibi@yahoo.com

مقدمه

تصمیم عبارت است از این که داده‌ها و اطلاعات موجود در مورد موضوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و از ترکیب مناسب آن‌ها بهترین راه حل حاصل شود (اسکونژاد، ۱۳۹۳). در اکثر سازمان‌ها مشکلاتی وجود دارد که در صورتی که در قالب یک فرآیند به آن پرداخته نشود و جهت رفع آن اقدامی صورت نگیرد به احتمال قوی مجدداً و در چند مرحله تشدید شده و در مراحل حاد منجر به ایجاد بحران در سازمان می‌گردد. لذا به همین علت کلیه سازمان‌ها جهت حل مشکلات از روش‌های سیستماتیک تصمیم‌گیری استفاده می‌نمایند. به طور کلی تصمیم‌گیری یک فرآیند ذهنی است که تمام افراد بشر در سراسر زندگی خود با آن سر و کار دارند. فرآیند تصمیم‌گیری در پرتو نگرش‌ها، شخصیت، دانش و بینش فرد صورت می‌گیرد و این عوامل بر یکدیگر تأثیر متقابل دارند. در مدیریت معاصر تصمیم‌گیری به عنوان فرآیند حل یک مسئله تعریف شده است و اغلب به تصمیم‌گیری، «حل مسئله» نیز گفته می‌شود. بطور کلی، در فرآیند حل مسئله شش مرحله اساسی وجود دارد (احمدپور داریانی، ۱۳۸۷) که عبارتند از (۱) تجزیه و تحلیل محیط (۲) تشخیص حل مسئله (۳) شناخت حل مسئله (۴) فرضیه‌سازی (۵) ایجاد راه‌های مختلف حل مسئله (۶) تصمیم‌انتخاب بهترین راهکارها. تصمیم‌گیری از اجزای جدایی‌ناپذیر مدیریت به شمار می‌آید و در همه وظایف مدیریت به نحوی جلوه گر است. در تعیین خط‌مشی‌های سازمان، در تدوین هدف‌ها، طراحی سازمان، انتخاب، ارزیابی و در تمامی اعمال مدیریت تصمیم‌گیری جزء اصلی و رکن اساسی است. در هر نوع تصمیم‌گیری دو عامل اساسی وجود دارد (الوانی، ۱۳۸۵):

۱. ارزش نتایج حاصل از اتخاذ تصمیم و اجرای آن یا به عبارتی ارزش مورد انتظار شخص.
۲. شانس و احتمالی که در صورت اقدام، برای نیل به نتایج احتمالی مطلوب وجود خواهد داشت.

مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی اخذ تصمیم و تجزیه و تحلیل فعالیت‌های مدیریتی وجود دارد ولی بطور کلی می‌توان آن‌ها را در چهار دسته تقسیم‌بندی کرد (الوانی، ۱۳۸۵) که عبارتند از (۱) مدل‌های کلامی: در مدل‌های کلامی؛ مدل بصورت نوشتار و در قالب عبارت و جملات بیان و تشریح می‌شود. (۲) مدل‌های ترسیمی: در این مدل‌ها روابط بین متغیرها بصورت نمودار و اشکال ترسیم می‌گردد مانند نمودار تجزیه و تحلیل نقطه سر به سر که در تصمیم‌گیری مربوط به تولید بسیار کاربرد دارد. (۳) مدل‌های تجسمی: در این مدل‌ها وضعیت فیزیکی موضوع در مقیاس معین مجسم می‌گردد مانند ماکت یک ساختمان یا یک کارخانه یا سالن استقرار اتومبیل. (۴) مدل‌های ریاضی: مدل‌های ریاضی روابط ریاضی بین متغیرها را نشان می‌دهند مانند فرمول تعیین تعداد کالا در نقطه سر به سر نوعی مدل ریاضی به شمار می‌آید. طبقه‌بندی تصمیم‌ها کار مدیر و تحلیل‌گر را در انتخاب مدل‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری و شیوه‌های اخذ تصمیم ساده می‌سازد. بطور کلی در این طبقه‌بندی سه گروه قرار می‌گیرند (اسکونزاد، ۱۳۹۳؛ سلطانی، ۱۳۷۸):

۱. تصمیم‌گیری تحت شرایط اطمینان کامل: زمانی که تصمیم‌گیرنده با اطمینان کامل می‌داند که نتیجه یا نتایج حاصل از هر حالت ممکن چیست و در چه شرایطی اتفاق خواهد افتاد. از نظر تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان کامل قرار دارد.
۲. تصمیم‌گیری در شرایط ریسک: وقتی تصمیم‌گیرنده با اطمینان کامل نمی‌داند که نتایج حاصل از هر حالت چیست ولی احتمال وقوع آن‌ها را می‌داند در تحت شرایط ریسک و با مخاطره تصمیم می‌گیرد.
۳. تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان: هنگامی که تصمیم‌گیرنده احتمال وقوع نتایج حاصل از حالات ممکن را نمی‌داند؛ او در شرایط عدم اطمینان تصمیم‌گیری می‌کند. تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان یکی از پیچیده‌ترین انواع آن بوده و راهکار مناسبی را می‌طلبد. از آنجا که موضوع این تحقیق ارایه چهارچوب تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان است، در ادامه به بررسی بیشتر این حالت می‌پردازیم.

امروزه ضروری است که برای مواجهه هر چه بیشتر با شرایط واقعی از روش‌ها و رویکردهای توسعه یافته‌تر بهره برد. این روش‌ها نگاهی جامع‌تر به موضوعاتی مانند تعدد آینده‌ها، تعدد اهداف، تغییر طرز تلقی نسبت به ریسک، و از همه مهم‌تر عوامل اجتناب‌ناپذیر دارند. از آنجا که سازمان به جای «یک آینده محتمل» با طیفی از «آینده‌های شدنی» مواجه می‌شود «عدم قطعیت» بر مسئله سایه می‌اندازد. اگر بتوان تک تک آینده‌ها یک احتمال منطقی و معقول برآورد کرد، آنگاه انتخاب از بین مجموعه سیاست‌ها یا راهکارها سر راست می‌شود. تصمیم‌گیرنده کافی است که در بین آن‌ها مطلوب‌ترین را انتخاب کرده و از انتخاب منطقی خود راضی بوده و از آن دفاع کند. به طور کلی، ارکان اساسی و متغیرهای کلیدی تعریف‌کننده یک فضای تصمیم عبارتند از: مجموعه‌ای از سیاست‌ها، راهکارها، اقدام‌ها یا گزینه‌ها که تصمیم‌گیرنده و برنامه‌ریز باید از بین آنها انتخاب کند. در هر تصمیم‌گیری هوشمندانه‌ای باید با تمرکز بر ارکان فوق‌مبنائی منطقی و عقلانی برای تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری و نهایتاً تدوین و اجرای اقدام‌ها و برنامه‌ها فراهم شود. هر چقدر اطلاعات درباره فضای تصمیم کمتر باشد عدم قطعیت‌ها نیز بیشتر و عمیق‌تر می‌شود. مثلاً اگر عملاً هیچ برآوردی درباره توزیع احتمال بر روی وضعیت‌های آینده میسر نباشد تصمیم‌گیری در شرایط «عدم قطعیت عمیق» مطرح می‌شود. به طور کلی «عدم قطعیت عمیق» زمانی وجود دارد که تحلیل‌گران مدل‌های مناسب برای نشان دادن چگونگی تولید مجموعه وضعیت‌های آینده، مجموعه سیاست‌ها، و روابط بین آن‌ها را نمی‌دانند یا نمی‌توانند درباره آن‌ها به توافق برسند (سید حسینی، ۱۳۹۳). همانطور که قبلاً مطرح شد، تصمیم‌گیری صحیح یکی از راه‌های حفظ سازمان و جلوگیری از بحران‌های احتمالی آتی است. مفهوم کلی بحران اشاره به وضعیتی است که در اثر بروز یک حادثه غیرمترقبه دگرگون می‌شود. این حادثه ممکن است یک رویداد بالقوه یا بالفعل باشد (درگی، ۱۳۸۹). سه عامل مهم در تعریف و تشخیص بحران از دیدگاه روش تصمیم‌گیری نقش عمده دارند که عبارتند از تهدید، زمان و غافلگیری. همچنین کرولین و ورتیسکی (۱۹۷۷) برای

تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی مدلی را ارائه نموده است. بنظر وی ماهیت تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی با مسائل زیر در ارتباط است:

۱. در شرایط بحرانی، از قوه درک و توان ذهنی و شعوری تصمیم‌گیرنده کاسته می‌شود.

۲. در شرایط بحرانی اطلاعات تحریف می‌شود.

۳. شرایط بحرانی موجب آشفتگی و اختلال در تصمیم‌گیری گروهی می‌شود.

۴. اجبار به اطاعت از دستورات و مقررات موجود، موجب تشدید بحران می‌شود.

۵. عدم آمادگی برای تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی بروز می‌کند.

از طرف دیگر از آنجا که در شرایط بحرانی مشکلات اجرا بیشتر خود را نشان می‌دهد بنابراین شناخت وضعیت بحرانی و مشکلات آن ضروری است. در این جهت اولاً در شرایط بحرانی، اجرای دقیق و سریع تصمیمات ضروری است. ثانیاً، اجراء تصمیمات نیاز به مساعدت و پشتیبانی تمامی واحدهای سازمانی یا دولتی دارد. ثالثاً، ممکن است بهترین تصمیم با اجرای نادرست مواجه گردد و نهایتاً، معمولاً در سازمان‌های بزرگ و دولت، تعداد واحدهای اجرایی زیاد و بعضاً موازی هستند و در هر واحد اجرایی، امکان، موقعیت، قدرت و توان برای اینکه آن واحد بر حسب نظر و اختیار خود عمل کند نیز وجود دارد. بدین دلایل، توصیه‌ها و دستوراتی برای رویارویی و دفع بحران و همچنین افزایش کیفیت تصمیم‌گیری و اجرای بهتر در زیر آورده می‌شود (کارولین و ورتیسکی، ۱۹۷۷):

۱. باید از رسیدن به یک توافق زودرس و بی‌موقع در تصمیم‌گیری جلوگیری کرد.

۲. باید از تحریف اطلاعات جلوگیری نمود.

۳. باید از تصمیم‌گیری غلط در گروه جلوگیری کرد.

۴. انعطاف‌پذیری بیشتری در دستورات و دستورالعمل‌ها بوجود آورد.

۵. برای تصمیم‌گیری آمادگی داشت.

۶. مانع از شکست در اجرای تصمیمات شد.

از جمله بحران‌هایی که اکثر سازمان‌ها با آن مواجه هستند ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت است که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.

پیشینه پژوهش

گستره عدم قطعیت در پروژه‌ها قابل ملاحظه است و بسیاری از فعالیت‌های مدیریت پروژه از همان مراحل اولیه دوره عمر پروژه، به تبیین و تصمیم‌گیری در مورد مجموعه اقدامات ممکن در برابر عدم قطعیت‌های پروژه می‌پردازد. بخشی از موارد عدم قطعیت در پروژه‌ها، به امکان تغییر در معیارهای عملکرد پروژه مانند هزینه، زمان یا کیفیت باز می‌گردد. همچنین می‌توان، عدم قطعیت را به چهار ناحیه زیر طبقه‌بندی کرد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۵):

۱. عدم قطعیت در مبانی و برآوردهای پروژه
۲. عدم قطعیت در طراحی و تدارکات پروژه
۳. عدم قطعیت در اهداف پروژه و اولویت‌های آن‌ها
۴. عدم قطعیت در روابط بین نهادهای حاضر در پروژه

کیفیت و دقت برآوردها به مواردی چون تجربه و مهارت کسانی که آن‌ها را تهیه کرده‌اند، چگونگی و زمان انجام این برآوردها و منابع و فرضیاتی که این برآوردها بر آن استوارند وابسته است. برآوردهایی مانند زمان، هزینه و کیفیت حوزه مشهودی از عدم قطعیت در پروژه‌ها هستند. به عنوان مثال، ممکن است در مورد زمان و منابع لازم برای اتمام فعالیت خاصی اطمینان وجود نداشته باشد. دلایل این نوع عدم قطعیت می‌تواند شامل عوامل متعددی از جمله موارد زیر باشد (عالم‌تبریز و حمزه‌ای، ۱۳۹۰):

- نبود مشخصات صریح از آن چه مورد نیاز است
- نبود تجربه در خصوص برخی از فعالیت‌ها
- پیچیدگی از دید تعداد عوامل مؤثر و تعداد وابستگی‌های بین فعالیت‌ها
- امکان وقوع رویداد یا شرایطی که فعالیت مورد نظر را متأثر سازد

طبیعت و مشخصات اقلام تحویلی پروژه و فرایند تعریف و تولید آن‌ها، در مراحل اولیه دوره عمر پروژه، زمینه‌ساز عدم قطعیت‌های بنیادی هستند. اصولاً بیشتر این عدم قطعیت‌ها ریشه در مراحل پیش از اجرای پروژه دارد که از تعجیل در مشخص کردن کاری که باید انجام شود، ناشی می‌شود. هرگاه در تعریف پروژه در مورد اهداف و اولویت‌دهی بین آن‌ها عدم قطعیت وجود داشته و موازنه قابل قبولی وجود نداشته باشد، مشکلات عمده‌ای به وجود می‌آید. روابط بین نهادهای مختلف حاضر در پروژه، حتی اگر به نظر خیلی ساده برسند، می‌تواند بسیار پیچیده و حائز اهمیت باشند. تضاد و عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف پروژه می‌تواند منجر به ایجاد عدم قطعیت با منشأهای زیر گردد:

- محدوده و ویژگی مسئولیت‌ها.
- نوع درک و استنباط از نقش‌ها و مسئولیت‌ها.
- ارتباط‌ها در پروژه.
- ظرفیت و توانایی نهادهای حاضر در پروژه.
- توقع‌ها و انتظارات غیررسمی به جای قراردادهای رسمی.
- روش‌های ایجاد هماهنگی و کنترل.

ریسک در پروژه‌ها از تأثیر عدم قطعیت بر اهداف به وجود می‌آید. برخی ریسک‌ها زیان‌بار هستند که می‌توان آن‌ها را «تهدید» نامید. ولی برخی دیگر از ریسک‌ها، می‌توانند در رسیدن به اهداف ما را کمک نمایند که آن‌ها را می‌توان «فرصت» اتلاق کرد (پورحیدری و اخلاقی یزدی نژاد، ۱۳۸۸). درک ارتباط بین تهدیدها و فرصت‌ها، بویژه در امور پروژه‌ها و مدیریت ریسک پروژه‌ها حائز اهمیت خاصی است. برخی افراد ادعا می‌کنند فرصت‌ها به خودی خود وجود ندارند، بلکه تنها نتیجه عدم حضور تهدیدهای شناخته شده هستند. هدف مدیریت ریسک این است که خود به عنوان عامل تغییر عمل نموده، موقعیت مبهم فعلی را اداره کرده و روشی کنترل شده و مدیریت‌پذیر را برای این مسئله در اختیار تیم مدیریت بگذارد. مدیریت ریسک در بخش‌های متنوع و مختلفی

کاربرد دارد. از امور مالی و اعتباری تا سایر فعالیت‌های تجاری ردپایی از مدیریت ریسک به چشم می‌خورد. در پروژه‌ها، این مدیریت باید از سوی تمامی نهادهای حاضر شامل کارفرما، مشاور و پیمانکار اعمال شود. در حقیقت، مدیریت ریسک در سازمان‌ها شبیه به رانندگی با یک ماشین است که نیازمند ابزارهایی هستند که نگاه رو به جلو داشته و آینده مبهم و غبارآلود را بررسی و جستجو نموده تا بتوانند موانع محتمل (تهدید) و (میان‌برها) فرصت‌ها را شناسایی کنند و به راننده امکان تصحیح مسیر را در زمان مقتضی بدهند تا از بحران‌ها جلوگیری کرده و در عین حال، حرکت به سمت مقصد مطلوب را تسهیل نمایند (پورحیدری و اخلاقی یزدی نژاد، ۱۳۸۸).

بدیهی است به کارگیری یک فرایند مشترک در پرداختن همزمان به هر دو نوع ریسک، با عنوان مدیریت یکپارچه ریسک، مزایای متعددی دارد. همچنین به تجربه ثابت شده است که یک فرایند واحد که به دو موضوع می‌پردازد، از دو فرایند مجزا مؤثرتر خواهد بود. به این ترتیب، منظور از فرایند مدیریت ریسک ارائه ضوابطی است که به چارچوب‌های ساختارمند رفتار و مواجهه با مسئله ریسک را در هر دو بعد فرصت و تهدید در پروژه‌ها ارائه کرده و منجر به کسب موفقیت بیشتر در پروژه‌ها گردد. از طرفی در واقعیت ارتباط تنگاتنگی با مباحث مدیریت سازمان و مدیریت ریسک و بحران وجود دارد (نصیبی، ۱۳۹۴).

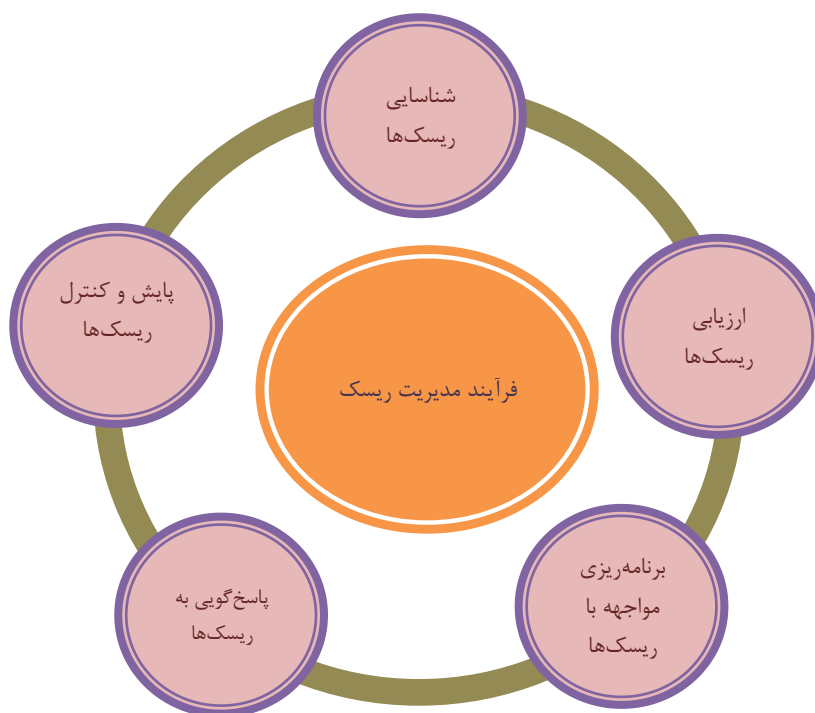
فرایندهای مدیریت ریسک را به صورت زیر می‌توان دسته‌بندی کرد (PMBOK، ۲۰۱۳):

(۱) برنامه‌ریزی مدیریت ریسک: برنامه‌ریزی مدیریت ریسک اولین مرحله از فرایند مدیریت ریسک است و به عنوان قدم آغازین پیش از ورود به سایر مراحل که به صورت چرخشی تکرار می‌شوند. برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، فرایند تصمیم‌گیری در رابطه با رویکرد و نحوه هدایت فعالیت‌های مدیریت ریسک در یک پروژه است. در این مرحله، سطح و نوع مدیریت ریسک، متناسب با ریسک پروژه و اهمیت پروژه برای سازمان، منابع مورد نیاز برای فعالیت‌های مدیریت ریسک و مبانی مواجهه با ریسک‌ها مشخص می‌گردد. (۲) شناسایی ریسک‌ها: پس از آن که اقدامات مقدماتی برای شروع فرایند

مدیریت ریسک به صورت کامل انجام شد، پروژه می‌تواند وارد قدم اول در چرخه فرایند مدیریت ریسک، یعنی شناسایی ریسک شود. در این مرحله، ریسک‌های پروژه اهم از تهدید و فرصت، با به کارگیری روش‌ها و ابزارهایی خاص شناسایی، تشریح و مستند می‌شوند. (۳) ارزیابی کیفی ریسک: از آنجا که تعداد ریسک‌های شناسایی شده در پروژه متعدد و بررسی تمام آن‌ها زمان بر و پرهزینه است، از این رو، برای مدیریت منطقی، ابتدا باید آن‌ها را اولویت‌بندی کرد. در مرحله ارزیابی کیفی، اولویت ریسک‌ها بر اساس احتمال وقوع و تأثیر آن‌ها بر اهداف پروژه تعیین می‌شود تا ریسک‌های مهم‌تر را در معرض دید مدیریت قرار دهد و در نتیجه، نواحی و ابعاد پرمخاطره و حساس‌تر پروژه مورد توجه و دقت کافی برای اقدام‌های بعدی قرار گیرند. (۴) ارزیابی کمی ریسک: پس از اولویت‌بندی ریسک‌ها، در مرحله ارزیابی کیفی، می‌توان در مورد ریسک‌هایی با اولویت بالا ارزیابی کمی انجام داد. ارزیابی کمی ریسک به معنای تحلیل عددی تأثیر دسته جمعی مجموعه ریسک‌های مهم پروژه بر اهداف آن است. (۵) برنامه‌ریزی پاسخ‌گویی به ریسک: بدیهی است که فرایند مدیریت ریسک نمی‌تواند پس از ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده متوقف شود. به همین دلیل، مرحله بعدی در فرایند مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری درباره نحوه پاسخ‌گویی به ریسک‌های شناسایی شده و اولویت‌بندی شده، است. (۶) پایش و کنترل ریسک: آخرین مرحله از فرایند مدیریت ریسک که در مرحله اجرایی پروژه کاربرد دارد، زمانی است که پاسخ‌های اتخاذ شده ریسک در برنامه مدیریت پروژه گنجانده شده و به منظور یافتن ریسک‌های جدید یا تغییرات در ریسک‌ها و پاسخ‌های مربوط، پروژه در حین اجرا تحت مراقبت و پایش مداوم و مستمر قرار می‌گیرد. شکل (۱) مراحل کلی مدیریت ریسک را نمایش می‌دهد.

تاکنون تعداد متنوعی از شاخص‌های ارزیابی در شرایط ریسک و عدم قطعیت در ادبیات پیشنهاد شده است که هر کدام با مبانی و ویژگی‌ها و مفروضات خاص خود به ارزیابی مسائل می‌پردازند. به عنوان مثال شاخص میانگین-واریانس (مارکوییز، ۱۹۵۹)، میانگین-شبه واریانس (مارکوییز، ۱۹۵۹)، انحراف مطلق میانگین MAD (کانو و یامازاکی،

(۱۹۹۱)، شبه انحراف مطلق میانگین (اسپرانزا، ۱۹۹۳)، ابزار شبیه‌سازی مونت کارلو (مایر، پترسون و واندرواید، ۱۹۷۷ و پانادرو، درینگ، کایزیز، ژوآن و فیتو، ۲۰۱۷)، همبستگی (دوشی، کومار و یرامیلی، ۲۰۱۷)، رویکرد استوار (کارا، ایزمن و وبر، ۲۰۱۷ و زیدوناس، هاساپیس، سولیس، و سامیتاس، ۲۰۱۷ و مینن و روعه، ۲۰۱۷)، برنامه‌ریزی ریاضی (گوجار و ریتز، ۲۰۱۰، نوزیک، ترن کویست و زوو، ۲۰۰۴، خنجرپناه و پیشوایی، ۲۰۱۸، برونو، احمد، شاپرو و استریت، ۲۰۱۶) و به همین ترتیب سایر معیارها (راچو، اورتوبلی، استویانو، فابزی و بیگ‌لووا، ۲۰۰۸).



شکل ۱. نمای کلی از فرآیند مدیریت ریسک

تمایز این تحقیق نسبت به معیارهای قبلی در ارائه دو رویکرد جدید است که هر کدام دارای ویژگی‌های خاص خود بوده و در شرایط مفروض خود کاربرد دارند. ویژگی‌ها و مفروضات این دو رویکرد به صورت زیر می‌باشد: ارزیابی سببی از پروژه‌ها، شرایط وجود

پروژه‌های سازگار، سبدهای پروژه مستقل، استفاده از شاخص‌های آماری امید ریاضی و واریانس برای سبد پروژه به جای پروژه‌ها.

روش‌شناسی پژوهش

ارزیابی اقتصادی طرح‌ها شاخه‌ای از علم تصمیم‌گیری است که در آن هدف استفاده از روش‌های مختلف ریاضی و اقتصادی است در راستای ارزیابی و مقایسه اقتصادی امکانات و فرصت‌های سرمایه‌گذاری است. هدف در این علم ساده‌سازی مقایسه اقتصادی پروژه‌هاست که مدیران، مهندسان و کارشناسان از آن به عنوان ابزاری جهت انتخاب بهترین گزینه‌های پیش‌رو استفاده نمایند. یک تعریف از ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها عبارت است از تحلیل اقتصادی میزان تفاوت مورد انتظار که مابین گزینه‌های ممکن از لحاظ فنی وجود دارد. اصطلاح پیش‌بینی نشان‌دهنده توجه مطالعات امکان‌سنجی به آینده و تصمیمات اقتصادی آینده است. مسئولیت مهم مدیران در سازمان‌ها تدوین استراتژی کسب و کار و تصمیم‌گیری اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت آتی است به نحوی که رشد سودآوری مجموعه تضمین گردد. در این شرایط مسلم است که تصمیم نادرست بر سلامت مالی و اقتصادی بنگاه اثر نامطلوب گذاشته و منجر به کاهش عمر بنگاه می‌شود. سرمایه‌گذاران در طول فعالیت خود با پیشنهادهای مختلفی برای سرمایه‌گذاری مواجه می‌شوند. فرآیند ارزیابی این پروژه‌ها با بررسی اولیه و تجزیه و تحلیل نتایج ممکن آن‌ها آغاز می‌شود. در این فرآیند کلیه پروژه‌ها با معیارهای مشخصی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و از میان آن‌ها تنها پروژه‌هایی که شاخص‌های مورد نظر را تأمین می‌کنند به عنوان گزینه‌های انتخاب نهایی تعیین می‌گردند.

اما یکی از دغدغه‌هایی که در اکثر پروژه‌ها موجب کاهش مطلوبیت اقتصادی و آسیب‌پذیری پروژه‌ها می‌شود، وجود عدم قطعیت و ریسک در محیط و عوامل پیرامونی پروژه‌ها است. به دلیل وجود عدم قطعیت‌ها و ریسک نمی‌توان به نتیجه و خروجی ارزیابی پروژه‌ها هرچه که باشد، اطمینان قطعی داشت. در عمل، آنچه که پیش‌بینی می‌شود و آنچه تحقق می‌یابد لزوماً یکسان نیستند. عدم قطعیت در پروژه‌ها به شرایطی گفته می‌شود که در

آن رفتار و خصوصیات یک سیستم را نمی‌توان با استفاده از داده‌ها و اطلاعات موجود از بعد کمی و کیفی توصیف و پیش‌بینی نمود. در این حالت احتمالات مربوط به وقایع و رخدادها قابل محاسبه و تخمین نیستند. با اینکه تصمیم‌گیرنده ممکن است از تمامی حالات ممکن اطلاع داشته باشد ولی روشی جهت تعیین احتمال وقوع آن‌ها در دسترس نیست یا تنها برای تعداد محدودی از رخدادها در دسترس است. در حالت ریسک، تمام گزینه‌ها و رخدادها ممکن نتایج مشخص بوده و علاوه بر این احتمال رخداد آن‌ها نیز بصورت فراوانی مشخص و در دسترس است. به عنوان یک رویکرد متداول در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، داده‌ها و اطلاعات مالی را قطعی در نظر می‌گیرند. در حالی که در اکثر موارد عدم قطعیت و ریسک از عوامل موثر بر کیفیت برآوردها و ارزیابی‌ها بوده و نقش بسزا و تعیین‌کننده‌ای دارند. لذا در عمل نمی‌توان پارامترها را با اطمینان بالا قطعی فرض کرد و نتایج حاصل از این‌گونه امکان‌سنجی‌ها می‌تواند نتایج آسیب‌پذیر و غیرقابل جبرانی را در پی داشته باشد. لذا بایستی عوامل مربوط به عدم قطعیت و ریسک را نیز در مدل‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها لحاظ نمود.

با توجه به اهمیت در نظر گرفتن ریسک در پروژه‌ها، لزوم بکارگیری مدیریت ریسک به عنوان فرایندی در شناسایی، تجزیه و تحلیل و پاسخ به ریسک احساس می‌شود، تا با بهره‌گیری از آن بتوان به اهداف پروژه مثل بالا بردن ارزش اقتصادی و کاهش ریسک‌های متغیر، بالا بردن درصد اطمینان در سرمایه‌گذاری به وسیله شناخت ریسک‌های مربوطه و چگونگی انتخاب پروژه‌ها برای حفظ ارزش و رسیدن به اهداف هر پروژه دست یافت. با توجه به اهمیت ملاک سودده یا زیان‌ده بودن پروژه‌ها شناخت ریسک‌های سرمایه‌گذاری و آنالیز و تجزیه آن‌ها با استفاده از روش‌هایی برای یافتن بهترین پروژه ضروری به نظر می‌رسد. لذا در ادامه به بررسی و پیشنهاد رویکردهایی جهت انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت پرداخته می‌شود. این بررسی در دو حالت امکان‌پذیر است: (۱) پروژه‌های مورد بررسی وابسته هستند. وابستگی پروژه‌ها به این معناست که با انتخاب یکی از پروژه‌هایی که کاندید انتخاب هستند، منطقاً امکان

انتخاب گزینه‌های دیگر وجود نداشته و اصطلاحاً پروژه‌ها ناسازگار هستند، و (۲) پروژه‌های مورد بررسی مستقل هستند و ماهیتاً امکان انتخاب چند گزینه بصورت همزمان وجود دارد. ولیکن تنها معیار محدود کننده سرمایه گذار، محدودیت در بودجه و سرمایه در دسترس است که تعیین می‌نماید کدام پروژه‌ها اقتصادی بوده و قابل انتخاب هستند. حالت اول در اکثر منابع اقتصاد مهندسی و ارزیابی اقتصادی طرح‌ها با عنوان اقتصاد مهندسی احتمالی مطرح و بررسی شده است. در این تحقیق ضمن مرور حالت اول، قصد داریم رویکردهای مناسبی برای حالت دوم پیشنهاد و بررسی نماییم. قبل از ارائه رویکردها، ابتدا نمادها و پارامترهایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، معرفی می‌شوند.

نمادها و پارامترها

تعداد پروژه‌های مستقل در دسترس	n
اندیس معرف پروژه	i
اندیس معرف سبد پروژه	j
تعداد حالات احتمالی رخداد پروژه i ام	S_i
احتمال رخداد حالت S ام پروژه i ام	p_{iS}
متغیر سرمایه مورد نیاز پروژه i ام	B_i
سرمایه مورد نیاز پروژه i ام در حالت احتمالی S ام	B_S^i
متغیر ارزش فعلی خالص پروژه i ام	NPW_i
ارزش فعلی خالص پروژه i ام در حالت احتمالی S ام	NPW_S^i
متوسط سرمایه مورد نیاز پروژه i ام	$E[B_i]$
انحراف معیار سرمایه مورد نیاز پروژه i ام	$\sigma[B_i]$
متوسط NPW پروژه i ام	$E[NPW_i]$
انحراف معیار NPW پروژه i ام	$\sigma[NPW_i]$
تعداد پروژه‌های موجود در سبد j ام	N_j
متغیر سرمایه مورد نیاز سبد j ام	B^j
متغیر NPW سبد j ام	NPW^j
متوسط سرمایه مورد نیاز سبد j ام	μ_j^B
متوسط NPW سبد j ام	μ_j^{NPW}
انحراف معیار سرمایه مورد نیاز سبد j ام	σ_j^B
انحراف معیار NPW سبد j ام	σ_j^{NPW}
متوسط سرمایه مورد نیاز پروژه i ام در سبد j ام	μ_{ij}^B

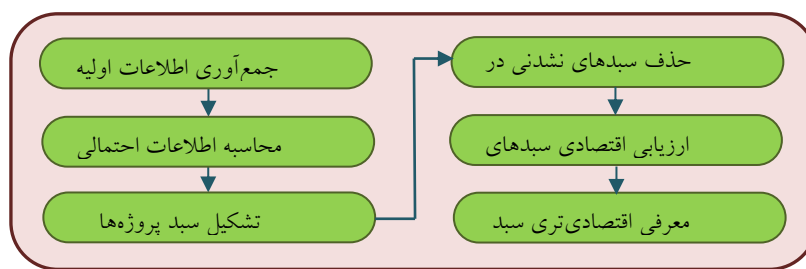
متوسط NPW پروژه i ام در سبد J ام	μ_{ij}^{NPW}
انحراف معیار سرمایه مورد نیاز پروژه i ام در سبد J ام	σ_{ij}^B
انحراف معیار NPW پروژه i ام در سبد J ام	σ_{ij}^{NPW}
بودجه در دسترس	B
بودجه اصلاح شده	B_{new}

پروژه‌های مستقل (سازگار)

دو پروژه را زمانی مستقل گویند که فرآیند مالی دو پروژه تأثیری بر هم نداشته باشد و انتخاب یک پروژه باعث انتخاب یا عدم انتخاب پروژه دیگر نگردد (اسکونژاد، ۱۳۹۳). باید توجه داشت که هیچ سازمانی به علت محدودیت بودجه خود، قادر به سرمایه‌گذاری در کلیه پروژه‌های پیشنهادی نیست. بودجه یک سازمان جهت سرمایه‌گذاری در پروژه‌های موجود، معمولاً کمتر از مجموع سرمایه‌های اولیه مورد نیاز برای پروژه‌های مذکور می‌باشد. بنابراین شناخت روش‌های تخصیص سرمایه به پروژه‌های موجود جهت سرمایه‌گذاری و نهایتاً انتخاب تعدادی از پروژه‌های مذکور که از یک طرف حداکثر سقف بودجه سازمان را رعایت نموده و از طرف دیگر بیشترین ارزش اقتصادی را ایجاد می‌نمایند، از اهمیت زیادی برخوردار است. اهمیت این تخصیص زمانی بیشتر می‌گردد که شرایط و پارامترهای اقتصادی پروژه‌ها با عدم قطعیت مواجه بوده و تصمیم‌گیری سازمان را دچار ریسک نموده و آینده سازمان را دچار آسیب‌پذیری می‌نماید. در چنین شرایطی پروژه‌ها را بر اساس میزان سرمایه اولیه مورد نیاز گروه‌بندی نموده و سبدهای پروژه شکل می‌گیرد. هر سبد از تعدادی پروژه مستقل تشکیل می‌گردد و در نهایت ارزیابی اقتصادی بین سبدها صورت گرفته و در نهایت یک سبد از پروژه‌ها به عنوان اقتصادی‌ترین ترکیب از پروژه‌ها که کمترین میزان ریسک را متوجه سازمان می‌کند، انتخاب می‌شود. در این راستا، ابتدا لیست پروژه‌ها به همراه برآوردی از سرمایه مورد نیاز و ارزش فعلی خالص (NPW^1) جریان نقدی آن‌ها در قالب جدول اطلاعات پروژه دریافت می‌شود. این جدول حالت‌های مختلف احتمالی برای رخداد پروژه‌های موجود را بر اساس نواسانات احتمالی

¹ Net Present Worth

در جریان نقدی^۱ پروژه‌ها تعیین می‌نماید. در مرحله اول از پردازش اطلاعات اولیه، متوسط و انحراف معیار سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک پروژه‌ها بر اساس مفاهیم آماری امید ریاضی و واریانس تعیین می‌گردد. پس از این مرحله، سبد پروژه‌ها بر اساس گروه‌بندی پروژه‌های مستقل موجود انجام می‌گیرد. در این مرحله تمام حالات ممکن از گروه‌بندی پروژه‌ها صورت می‌گیرد. با فرض داشتن n پروژه مستقل، تعداد سبدهای ممکن با لحاظ نمودن سبد تهی (عدم انتخاب هیچکدام از پروژه‌ها^۲) برابر 2^n و بدون احتساب آن برابر $2^n - 1$ خواهد بود. در این مرحله تعدادی سبد در اختیار داریم که نسبت به هم ناسازگار بوده و هدف انتخاب تنها یکی از آنهاست به نحوی که با حداقل ریسک، بیشترین ارزش اقتصادی را برای سازمان ایجاد نماید. در این راستا، متوسط و انحراف معیار سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک سبدها بر اساس مفاهیم آماری امید ریاضی و واریانس تعیین می‌گردد. در این مرحله اطلاعات لازم جهت انتخاب اقتصادی‌ترین سبد فراهم می‌باشد و می‌بایست دو فرآیند زیر صورت گیرد: (۱) انتخاب سبدهای شدنی از لحاظ بودجه در دسترس و حذف باقیمانده سبدها از ارزیابی و (۲) انتخاب اقتصادی‌ترین سبد از بین سبدهای انتخاب شده. در این راستا، در این مقاله دو رویکرد متفاوت در قالب دو الگوریتم پیشنهاد می‌شود. فرآیند کلی رویکرد پیشنهادی در شکل (۲) نمایش داده شده است.



شکل ۲. نمایی از فرآیند کلی ارزیابی پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت

¹ Cash Flow

² Do Nothing

رویگرد اول که با عنوان الگوریتم اول معرفی شده است، فرآیند انتخاب سبدها را با فرض نرمال بودن جریان نقدی و سرمایه مورد نیاز بررسی می‌نماید. در این الگوریتم، سبدهایی قابلیت انتخاب دارند که با حداکثر ریسک α سرمایه مورد نیازشان از سرمایه در دسترس سازمان فراتر رفته و بودجه سازمان، امکان عملیاتی کردن آنها را حداقل در $100(1 - \alpha)$ درصد اوقات دارد. بدین ترتیب در این رویکرد، تنها سبدهایی کفایت لازم برای بررسی اقتصادی را دارند که بحران و ریسک اقتصادی سازمان را به 100α درصد محدود نمایند. لازم به ذکر است که پارامتر ریسک α در الگوریتم پیشنهادی بصورت $0 \leq \alpha \leq 1$ قابل تعریف بوده و انتخاب آن در اختیار کاربر (سرمایه‌گذاران و مدیران سازمان‌ها) است. هرچقدر مقدار α نزدیک به ۱ تعریف شود، سازمان ریسک بیشتری را می‌پذیرد و در نقطه مقابل، هرچقدر مقدار α نزدیک به صفر انتخاب شود، سازمان با احتیاط بیشتری سبدها را ارزیابی می‌نماید و تنها سبدهای با ریسک کمتر را در چارچوب ارزیابی اقتصادی خود قرار داده و بقیه را از ارزیابی‌ها خارج می‌کند. در این مرحله، در میان سبدهای باقیمانده، سبدهی به عنوان اقتصادی‌ترین ترکیب از پروژه‌ها انتخاب می‌شود، که بیشترین ارزش اقتصادی (بیشترین متوسط NPW) و در عین حال کمترین تغییرات و ریسک در ارزش اقتصادی (کمترین انحراف معیار NPW) را دارا باشد. در این راستا از معیار ضریب تغییرات^۱ $CV_j = \sigma_j / \mu_j$ استفاده می‌شود. هر چه متوسط ارزش اقتصادی پروژه‌های یک سبد μ_j بیشتر باشد، آن سبد مطلوبیت اقتصادی بیشتری داشته و لذا ضریب تغییرات آن کاهش یافته و سبد احتمال انتخاب بیشتری خواهد داشت. همچنین از طرف دیگر، هرچقدر انحراف معیار ارزش اقتصادی پروژه‌های یک سبد σ_j کمتر باشد، ریسک اقتصادی آن سبد کمتر بوده و لذا ضریب تغییرات کاهش یافته و سبد احتمال انتخاب بیشتری خواهد داشت. قدم‌های این رویکرد در قالب الگوریتم اول در ادامه مشاهده می‌شود.

^۱ Coefficient of Variations (CV)

قدم‌های الگوریتم پیشنهادی اول (تابع توزیع و معیار حداقل ضریب تغییرات):

قدم (۱) دریافت جدول اطلاعات پروژه

قدم (۲) محاسبه امید ریاضی سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک پروژه‌ها:

$$E[NPW_i] = \sum_{s=1}^{S_i} p_{is} NPW_s^i \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$E[B_i] = \sum_{s=1}^{S_i} p_{is} B_s^i \quad \text{رابطه (۲)}$$

قدم (۳) محاسبه انحراف معیار سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک پروژه‌ها:

$$\sigma[NPW_i] = [E[NPW_i^2] - (E[NPW_i])^2]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\sigma[B_i] = [E[B_i^2] - (E[B_i])^2]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

قدم (۴) تشکیل سبد پروژه‌ها جهت ارزیابی اقتصادی

قدم (۵) محاسبه امید ریاضی سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک سبدها:

$$\mu_j^B = \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{ij}^B, \quad \mu_j^{NPW} = \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{ij}^{NPW} \quad \text{رابطه (۵)}$$

قدم (۶) محاسبه انحراف معیار سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک سبدها:

$$\sigma_j^B = \left[\sum_{i=1}^{N_j} (\sigma_{ij}^B)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad \sigma_j^{NPW} = \left[\sum_{i=1}^{N_j} (\sigma_{ij}^{NPW})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

قدم (۷) انتخاب سبدهایی با حداکثر ریسک α از طریق رابطه احتمال زیر:

$$p(B^j \geq B) \leq \alpha = p\left(Z \geq \frac{B - \mu_j^B}{\sigma_j^B}\right) \leq \alpha = p\left(Z \leq \frac{B - \mu_j^B}{\sigma_j^B}\right) \geq 1 - \alpha \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در این رابطه Z متغیر تصادفی نرمال استاندارد است. در این قدم، سبدهایی انتخاب می‌شوند که در رابطه فوق صدق کنند و احتمال این که سرمایه مورد نیاز آنها از سرمایه در دسترس سرمایه گذار (B) بیشتر شود حداکثر α باشد.

قدم (۸) ارزیابی اقتصادی سبدهای انتخاب شده در قدم ۷ از طریق انتخاب سبد با حداقل

ضریب تغییرات CV_j :

$$CV_j = \frac{\sigma_j}{\mu_j} \quad \text{رابطه (۸)}$$

اما رویکرد دوم پس از تشکیل سبد پروژه‌ها و محاسبه اطلاعات آنها، به این صورت است که جهت انتخاب سبدهای شدنی از لحاظ بودجه در دسترس و حذف باقیمانده سبدها، بودجه در دسترس سازمان بصورت زیر اصلاح می‌گردد:

$$B_{new} = (1 + \alpha)B \quad \forall 0 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{رابطه ۹}$$

در این رابطه اگر $\alpha \geq 0$ باشد، پارامتر α تعیین‌کننده میزان ریسکی است که سازمان در ارزیابی سبدها، پذیرفته است و اگر $\alpha < 0$ باشد، در این صورت α تعیین‌کننده میزان اطمینانی است که سازمان در ارزیابی سبدها درخواست می‌نماید. در این صورت ملاک باقی ماندن سبدها در ارزیابی اقتصادی این است که آیا مقدار متوسط سرمایه مورد نیاز آنها کوچکتر یا مساوی B_{new} است یا خیر. اگر $B_{new} \geq B$ باشد به این معنا است که سازمان، سبدهایی را که متوسط سرمایه مورد نیاز آنها به اندازه 100α درصد بیشتر از بودجه در دسترس است، هم می‌پذیرد. این حالت بیانگر رویکرد متهورانه یک سازمان است. در صورتی که اگر $B_{new} < B$ باشد، به این معنا است که سازمان تنها سبدهایی را می‌پذیرد که متوسط سرمایه مورد نیاز آنها حداقل به اندازه 100α درصد کمتر از بودجه در دسترس باشند. این حالت بیانگر رویکرد ریسک‌گریزی سازمان است. در نهایت پس از حذف سبدهای نشدنی، انتخاب اقتصادی‌ترین سبد از بین سبدهای باقیمانده بر اساس حداکثر امید ریاضی ارزش اقتصادی پروژه‌های موجود در سبدها انجام می‌شود. به عبارت دیگر، از میان سبدهای باقیمانده، سبدی انتخاب می‌شود که بیشترین مقدار متوسط ارزش فعلی خالص را دارا باشد. قدم‌های این رویکرد در قالب الگوریتم دوم در ادامه مشاهده می‌شود.

قدم‌های الگوریتم پیشنهادی دوم: (بودجه‌ی اصلاح شده و معیار حداکثر امید ریاضی)

قدم (۱) دریافت جدول اطلاعات پروژه

قدم (۲) محاسبه امید ریاضی سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک پروژه‌ها:

$$E[NPW_i] = \sum_{s=1}^{S_i} p_{is} NPW_s^i \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$E[B_i] = \sum_{s=1}^{S_i} p_{is} B_s^i \quad \text{رابطه ۱۱}$$

قدم (۳) تشکیل سبد پروژه‌ها جهت ارزیابی اقتصادی

قدم (۴) محاسبه امید ریاضی سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک سبدها:

$$\mu_j^B = \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{ij}^B, \quad \mu_j^{NPW} = \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{ij}^{NPW} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

قدم (۵) محاسبه بودجه اصلاح شده از طریق ضریب ریسک یا اطمینان α از طریق رابطه

زیر:

$$B_{new} = (1 + \alpha)B \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در این رابطه، داریم:

$$\text{If } \alpha \geq 0 \quad \alpha \text{ ضریب ریسک است} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

$$\text{If } \alpha < 0 \quad \alpha \text{ ضریب اطمینان است}$$

قدم (۶) انتخاب سبدهای شدنی از لحاظ بودجه در دسترس و حذف سایر سبدها با معیار:

$$\mu_j^B \leq B_{new} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

قدم (۷) انتخاب اقتصادی‌ترین سبد شدنی که بیشترین مقدار متوسط ارزش فعلی خالص

μ_j^{NPW} را داراست.

یافته‌های پژوهش

در این بخش، در راستای تحلیل رویکردهای پیشنهادی و نمایش کاربرد آن‌ها در ارزیابی طرح‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت، به بررسی دو نمونه مسئله پرداخته می‌شود. به این منظور، دو الگوریتم پیشنهاد شده در بخش قبلی، در محیط نرم‌افزار Matlab 2010a برنامه‌نویسی شد. نمونه اول که در این تحقیق در نظر گرفته شده است شامل سه پروژه با عناوین X، Y و Z است. اطلاعات مربوط به این سه پروژه شامل حالت‌های مختلف برآورد شده برای سرمایه اولیه مورد نیاز و همچنین ارزش اقتصادی NPW برآورد شده در هر حالت در جدول (۱) ارائه شده است. به عنوان نمونه پروژه X به دلیل عدم قطعیت موجود در برآوردها و نوسانات جریان نقدی پیش‌بینی شده، به احتمال ۰/۴ مبلغ ۸۰۰ واحد پولی سرمایه نیاز دارد که با این سرمایه‌گذاری پیش‌بینی می‌شود که ۱۰۰۰۰ واحد پولی ارزش اقتصادی حاصل از این سرمایه‌گذاری عاید سازمان شود. علاوه

بر این، پیش‌بینی شده است در شرایط عدم قطعیت، به احتمال ۰/۴ سرمایه و ارزش اقتصادی این پروژه به ترتیب برابر ۷۰۰ و ۱۲۰۰۰ واحد پولی و همچنین به احتمال ۰/۲، برابر ۷۰۰ و ۱۳۵۰۰ واحد پولی باشد. بدیهی است انتخاب پروژه‌ها در چنین شرایطی ریسک اقتصادی ناشی از سرمایه‌گذاری غیراقتصادی را متوجه سازمان و تصمیم‌گیران می‌نماید. در این نمونه مسئله، بودجه در دسترس سازمان جهت سرمایه‌گذاری و تخصیص به پروژه‌ها برابر $B = 3000$ و همچنین ضریب ریسک در ارزیابی‌های اقتصادی سه پروژه برابر $\alpha = 0/2$ در نظر گرفته شده است. برای این مسئله، امید ریاضی و انحراف معیار سرمایه مورد نیاز و NPW تک تک پروژه‌ها در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است. امید ریاضی و انحراف معیار NPW پروژه‌ها، برآوردی کلی از میزان ارزش اقتصادی پروژه‌ها را در اختیار قرار می‌دهد. همچنین امید ریاضی و انحراف معیار سرمایه مورد نیاز، رنجی از سرمایه مورد نیاز پروژه‌ها را در تخمین می‌زند. نحوه انجام این محاسبات در زیر ارائه شده است.

$$E[NPW_X] = 0.4 \times 10000 + 0.4 \times 12000 + 0.2 \times 13500 = 11500$$

$$E[NPW_Y] = 0.6 \times 15000 + 0.2 \times 20000 + 0.2 \times 18000 = 14600$$

$$E[NPW_Z] = 0.25 \times 10000 + 0.5 \times 15000 + 0.25 \times 14500 = 13625$$

$$E[B_X] = 0.4 \times 800 + 0.4 \times 700 + 0.2 \times 700 = 740$$

$$E[B_Y] = 0.6 \times 1200 + 0.2 \times 1000 + 0.2 \times 1150 = 1150$$

$$E[B_Z] = 0.25 \times 1800 + 0.5 \times 2200 + 0.25 \times 1500 = 1925$$

$$\sigma[NPW_X] = [E[NPW_X^2] - (E[NPW_X])^2]^{\frac{1}{2}} = 1341.64$$

$$\sigma[NPW_Y] = [E[NPW_Y^2] - (E[NPW_Y])^2]^{\frac{1}{2}} = 2576.82$$

$$\sigma[NPW_Z] = [E[NPW_Z^2] - (E[NPW_Z])^2]^{\frac{1}{2}} = 2102.83$$

$$\sigma[B_X] = [E[B_X^2] - (E[B_X])^2]^{\frac{1}{2}} = 48.99$$

$$\sigma[B_Y] = [E[B_Y^2] - (E[B_Y])^2]^{\frac{1}{2}} = 77.46$$

$$\sigma[B_Z] = [E[B_Z^2] - (E[B_Z])^2]^{\frac{1}{2}} = 294.75$$

پس از این مرحله، سبدهای پروژه‌ها بر اساس تعداد حالت‌های گروه‌بندی سه پروژه انجام می‌شود. از آنجا که به تعداد $n = 3$ پروژه داریم، لذا بدون در نظر گرفتن سبب تهی، به سبب پروژه بصورت ستون دوم جدول (۴) ایجاد می‌شود. علاوه بر این، جدول (۴) اطلاعات مربوط به امید ریاضی و انحراف معیار NPW و سرمایه مورد نیاز سبدها را که بر اساس روابط (۵) و (۶) محاسبه شده‌اند، نمایش می‌دهد.

تعداد ۲ = ۳

دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم

مدیریت و ارزیابی سبد پروژه‌های مستقل در شرایط عدم قطعیت و سازگاری // ۱۰۳

جدول ۱. اطلاعات اولیه سه پروژه (نمونه مسئله اول)

پروژه	حالت	احتمال	NPW	سرمایه مورد نیاز
X	۱	۰/۴	۱۰۰۰۰	۸۰۰
	۲	۰/۴	۱۲۰۰۰	۷۰۰
	۳	۰/۲	۱۳۵۰۰	۷۰۰
Y	۱	۰/۶	۱۵۰۰۰	۱۲۰۰
	۲	۰/۲	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰
	۳	۰/۲	۱۸۰۰۰	۱۱۵۰
Z	۱	۰/۲۵	۱۰۰۰۰	۱۸۰۰
	۲	۰/۵	۱۵۰۰۰	۲۲۰۰
	۳	۰/۲۵	۱۴۵۰۰	۱۵۰۰

جدول ۲. متوسط ارزش فعلی خالص و سرمایه مورد نیاز پروژه‌ها (نمونه مسئله اول)

پروژه	حالت	احتمال	امید ریاضی <i>NPW</i>	امید ریاضی سرمایه مورد نیاز
X	۱	۰/۴	۱۱۵۰۰	۷۴۰
	۲	۰/۴		
	۳	۰/۲		
Y	۱	۰/۶	۱۴۶۰۰	۱۱۵۰
	۲	۰/۲		
	۳	۰/۲		
Z	۱	۰/۲۵	۱۳۶۲۵	۱۹۲۵
	۲	۰/۵		
	۳	۰/۲۵		

جدول ۳. انحراف معیار ارزش فعلی خالص و سرمایه مورد نیاز پروژه‌ها (نمونه مسئله اول)

پروژه	حالت	احتمال	انحراف معیار <i>NPW</i>	انحراف معیار سرمایه مورد نیاز
X	۱	۰/۴	۱۳۴۱/۶۴	۴۸/۹۹
	۲	۰/۴		
	۳	۰/۲		
Y	۱	۰/۶	۲۵۷۶/۸۲	۷۷/۴۶
	۲	۰/۲		
	۳	۰/۲		
Z	۱	۰/۲۵	۲۱۰۲/۸۳	۲۹۴/۷۵
	۲	۰/۵		
	۳	۰/۲۵		

جدول ۴. اطلاعات سرمایه مورد نیاز و ارزش فعلی خالص سبد پروژه‌ها (نمونه مسئله اول)

شماره سبد پروژه	لیست پروژه‌های سبد	امید ریاضی <i>NPW</i> سبد	انحراف معیار <i>NPW</i> سبد	امید ریاضی سرمایه مورد نیاز سبد	انحراف معیار سرمایه مورد نیاز سبد
۱	X	۱۱۵۰۰	۱۳۴۱/۶۴	۷۴۰	۴۸/۹۹
۲	Y	۱۴۶۰۰	۲۵۷۶/۸۲	۱۱۵۰	۷۷/۴۶
۳	Z	۱۳۶۲۵	۲۱۰۲/۸۳	۱۹۲۵	۲۹۴/۷۵
۴	XY	۲۶۱۰۰	۲۹۰۵/۱۷	۱۸۹۰	۹۱/۶۵
۵	XZ	۲۵۱۲۵	۲۴۹۴/۳۷	۲۶۶۵	۲۹۸/۷۹
۶	YZ	۲۸۲۲۵	۳۳۲۵/۹۴	۳۰۷۵	۳۰۴/۷۵
۷	XYZ	۶۹۷۲۵	۳۵۸۶/۳۵	۳۸۱۵	۳۰۸/۶۷

در این مرحله اطلاعات لازم جهت انتخاب اقتصادی‌ترین سبد فراهم بوده و باید دو فرآیند زیر صورت گیرد: (۱) انتخاب سبدهای شدنی از لحاظ بودجه در دسترس و حذف باقیمانده سبدها از ارزیابی و (۲) انتخاب اقتصادی‌ترین سبد از بین سبدهای انتخاب شده. در این راستا، دو الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق، متفاوت عمل می‌نمایند. لذا در ابتدا الگوریتم اول که بر مبنای تابع توزیع و با معیار حداقل ضریب تغییرات عمل می‌کند را بررسی می‌نماییم. به این منظور ستون سوم جدول (۵) احتمال اینکه سرمایه مورد نیاز پروژه‌های سبد از سرمایه در دسترس $B = 3000$ بیشتر باشد را محاسبه می‌نمایند. اگر این احتمال با ملاحظه شرایط عدم قطعیت موجود، از مقدار ضریب ریسک $\alpha = 2/0$ بیشتر باشد، ریسک و خطر کسری بودجه سازمان در مرحله اجرا اجتناب‌ناپذیر است و لذا آن سبد گزینه مناسبی نبوده و بایستی از میان گزینه‌های قابل بررسی حذف گردد. همانطور که در جدول ملاحظه می‌شود، این مسئله برای سبدهای ۶ و ۷ صادق بوده و لذا از ارزیابی اقتصادی خارج می‌گردند. در جدول (۶) رقابت بین سبدهای باقیمانده بر اساس معیار حداقل ضریب تغییرات صورت گرفته و در نهایت سبد شماره ۵ با کمترین ضریب تغییرات به عنوان اقتصادی‌ترین گزینه انتخاب شده است. این انتخاب بدین معناست که پروژه‌های X و Z تنها سطح ریسکی حداکثر به اندازه $\alpha = 2/0$ به سازمان تحمیل نموده و از طرف دیگر بیشترین ارزش اقتصادی را برای سازمان تأمین می‌نمایند.

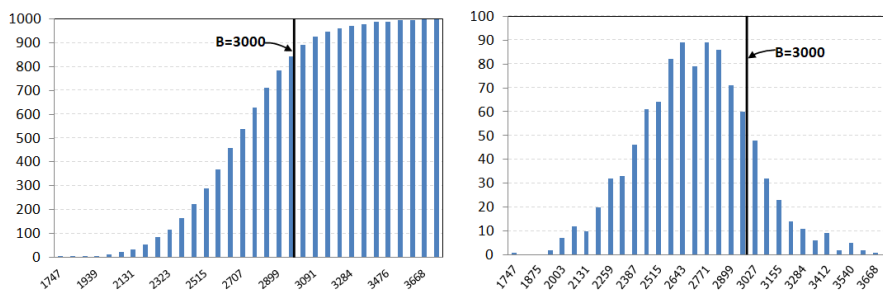
جدول ۵. انتخاب سبد پروژه‌ها شدنی توسط رویکرد اول (نمونه مسئله اول)

انتخاب سبد	نقض سرمایه در دسترس	$p\left(Z \leq \frac{B - \mu_j^B}{\sigma_j^B}\right)$	لیست پروژه‌های سبد	شماره سبد پروژه
✓	خیر	۱/۰۰	X	۱
✓	خیر	۱/۰۰	Y	۲
✓	خیر	۱/۰۰	Z	۳
✓	خیر	۱/۰۰	XY	۴
✓	خیر	۱/۰۰	XZ	۵
x	بله	۸/۶۹e-06	YZ	۶
x	بله	۰/۰۰	XYZ	۷

جدول ۶. ارزیابی اقتصادی سبدهای شدنی توسط معیار حداقل ضریب تغییرات (نمونه مسئله اول)

شماره سبد پروژه	لیست پروژه‌های سبد	$CV_j = \frac{\sigma_j}{\mu_j}$	حداقل CV_j
۱	X	۰/۰۰۳۲	
۲	Y	۰/۰۰۳۵	
۳	Z	۰/۰۰۳۴	
۴	XY	۰/۰۰۲۱	
۵	XZ	۰/۰۰۲۰	✓

در این قسمت در راستای ارزیابی ریسک سبد پروژه انتخاب شده، از تکنیک شبیه‌سازی نتایج استفاده می‌شود. بدین منظور سبد انتخاب شده توسط الگوریتم که شامل پروژه‌های X و Z است در ۱۰۰۰ سناریو شبیه‌سازی شد و دو تابع توزیع چگالی احتمال و توزیع تجمعی احتمال برای ارزش فعلی خالص این سبد به همراه سرمایه مورد نیاز جهت عملیاتی شدن آن، به عنوان متغیرهای تصادفی مسئله ارزیابی اقتصادی در شرایط عدم قطعیت مدل‌سازی شدند. شکل (۳) توابع مدل‌سازی شده را برای سرمایه مورد نیاز B^j نمایش می‌دهد.



شکل ۳. توابع توزیع چگالی و تجمعی احتمال سرمایه مورد نیاز سبد XZ

در این صورت، در سناریوهایی که سرمایه مورد نیاز این سبد از سرمایه در دسترس سازمان یعنی $B = 3000$ فراتر می‌رود، سازمان در معرض ریسک کسری بودجه قرار می‌گیرد. بر اساس سناریوهای شبیه‌سازی شده، تعداد این حالات ۱۲۷ سناریو از ۱۰۰۰ سناریو است که نشان می‌دهد سبد انتخاب شده، ریسک نشدنی بودن سرمایه‌گذاری

مدیریت و ارزیابی سبد پروژه‌های مستقل در شرایط عدم قطعیت و سازگاری // ۱۰۷

سازمان را در حد ۰/۱۲۷ محدود کرده و ریسک قابل قبول یعنی $\alpha = ۲/۰$ را نقض نمی‌کند. لذا همانطور که الگوریتم نیز تعیین نمود، این سبد قابلیت ارزیابی اقتصادی را به لحاظ ریسکی که به سازمان اعمال می‌کند داراست.

اما بر اساس الگوریتم دوم که بر مبنای بودجه اصلاح شده و معیار حداکثر امید ریاضی عمل می‌نماید، ابتدا بودجه در دسترس بر اساس ضریب α بصورت زیر اصلاح می‌گردد.

$$B_{new} = (1 + \alpha)B = (1 + 0.2) \times 3000 = 3600$$

در اینصورت سبدهایی حائز شرایط لازم جهت حضور در ارزیابی اقتصادی خواهند بود که امید ریاضی سرمایه مورد نیاز آن‌ها از بودجه اصلاح شده B_{new} بیشتر نباشد. جدول (۷) وضعیت سبدها را از این منظر نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، سبدهای ۱ تا ۶ حائز شرایط لازم بوده ولی سبد ۷ ریسک مواجهه با کسری بودجه را متوجه سازمان نموده و نمی‌تواند در ارزیابی اقتصادی مشارکت داشته باشد، لذا این سبد شدنی نبوده و از ارزیابی‌ها حذف می‌گردد. در این مرحله، در میان سبدهای باقیمانده در جدول (۸)، سبد ۶ با بیشترین مقدار امید ریاضی ارزش اقتصادی NPW ، به عنوان اقتصادی‌ترین سبد انتخاب می‌شود.

جدول ۷. انتخاب سبد پروژه‌ها شدنی توسط رویکرد دوم (نمونه مسئله اول)

شماره سبد پروژه	لیست پروژه‌های سبد	امید ریاضی سرمایه مورد نیاز سبد	نقض سرمایه در دسترس	انتخاب سبدهای شدنی
۱	X	۷۴۰	خیر	✓
۲	Y	۱۱۵۰	خیر	✓
۳	Z	۱۹۲۵	خیر	✓
۴	XY	۱۸۹۰	خیر	✓
۵	XZ	۲۶۶۵	خیر	✓
۶	YZ	۳۰۷۵	خیر	✓
۷	XYZ	۳۸۱۵	بله	×

جدول ۸. ارزیابی اقتصادی سبدهای شدنی توسط معیار حداکثر امید ریاضی (نمونه مسئله اول)

شماره سبد پروژه	لیست پروژه‌های سبد	امید ریاضی سبد	انتخاب اقتصادی‌ترین سبد شدنی
۱	X	۱۱۵۰۰	
۲	Y	۱۴۶۰۰	
۳	Z	۱۳۶۲۵	
۴	XY	۲۶۱۰۰	
۵	XZ	۲۵۱۲۵	
۶	YZ	۲۸۲۲۵	✓

علاوه بر نمونه مسئله اول که سه پروژه را مورد بررسی قرار می‌دهد، نمونه مسئله دیگری با تعداد ۱۰ پروژه در ادامه بررسی خواهد شد. در این مسئله بودجه در دسترس برابر $B = 9000$ با ضریب $\alpha = 2/0$ فرض شده است. اطلاعات بیشتر این مسئله در جدول (۹) ارائه شده است. از آنجاکه به تعداد $n = 10$ پروژه در این مسئله مورد ارزیابی قرار

می‌گیرند، لذا به تعداد^{۱۰} سبد قابل تشکیل است. مسئله مذکور توسط برنامه نوشته شده در محیط نرم‌افزار Matlab اجرا شد و نتایج ثبت گردیدند. از آنجاکه تعداد سبدها در این مسئله زیاد بوده و ابعاد این مسئله در حد مسائل بزرگ قرار می‌گیرد، لذا جزئیات محاسبات در این مجال قابل ارائه نیست و تنها خلاصه‌ای از نتایج در جدول (۱۰) ارائه شده است. در این جدول اطلاعات مربوط به تعداد سبدهای شدنی در دو الگوریتم، رنج ارزش اقتصادی NPW سبدهای شدنی و در نهایت ترکیب پروژه‌های اقتصادی‌ترین سبد انتخاب شده توسط هر دو الگوریتم ارائه شده است.

جدول ۹. اطلاعات اولیه ۱۰ پروژه (نمونه مسئله دوم)

پروژه	حالت	احتمال	NPW	سرمایه مورد نیاز
۱	۱	۰/۴	۱۰۰۰۰	۱۸۰۰
	۲	۰/۴	۱۲۰۰۰	۱۷۰۰
	۳	۰/۱	۱۳۵۰۰	۱۰۰۰
	۴	۰/۱	۱۴۰۰۰	۷۵۰
۲	۱	۰/۴	۱۵۰۰۰	۱۲۰۰
	۲	۰/۲۵	۱۰۰۰۰	۱۸۰۰
	۳	۰/۲۵	۱۲۰۰۰	۲۰۰۰

مدیریت و ارزیابی سبد پروژه‌های مستقل در شرایط عدم قطعیت و سازگاری // ۱۰۹

پروژه	حالت	احتمال	NPW	سرمایه مورد نیاز
	۴	۰/۱	۱۲۵۰۰	۱۰۰۰
۳	۱	۰/۲	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰
	۲	۰/۲	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰
	۳	۰/۲	۱۰۰۰۰	۱۸۰۰
	۴	۰/۲	۱۰۰۰۰	۸۰۰
۴	۱	۰/۱۵	۸۰۰۰	۱۸۰۰
	۲	۰/۲۵	۹۰۰۰	۱۶۰۰
	۳	۰/۳	۸۰۰۰	۱۸۰۰
	۴	۰/۳	۷۰۰۰	۲۰۰۰
۵	۱	۰/۸۵	۸۵۰۰	۱۹۰۰
	۲	۰/۰۵	۷۵۰۰	۲۱۰۰
	۳	۰/۰۵	۶۵۰۰	۲۳۰۰
	۴	۰/۰۵	۷۰۰۰	۱۹۰۰
۶	۱	۰/۱	۹۵۵۰	۱۰۵۰
	۲	۰/۱	۹۵۵۰	۱۱۵۰
	۳	۰/۱	۹۵۵۰	۱۲۵۰
	۴	۰/۷	۹۵۵۰	۱۳۵۰
۷	۱	۰/۰۵	۱۰۵۵۰	۱۰۰۰
	۲	۰/۰۵	۱۰۵۵۰	۲۰۰۰
	۳	۰/۰۵	۱۰۵۵۰	۲۰۰۰
	۴	۰/۸۵	۱۰۵۵۰	۱۰۰۰
۸	۱	۰/۶۵	۵۵۵۰	۱۱۵۰
	۲	۰/۱۵	۵۵۵۰	۱۰۵۰
	۳	۰/۱۰	۵۵۵۰	۱۲۵۰
	۴	۰/۱۰	۶۰۵۰	۱۴۵۰
۹	۱	۰/۲۵	۵۵۰	۸۵۰
	۲	۰/۲۵	۵۵۰	۱۱۵۰
	۳	۰/۲۵	۵۵۰	۱۳۵۰
	۴	۰/۲۵	۵۰	۹۵۰
۱۰	۱	۰/۲	۵۰۵۰	۲۸۵۰
	۲	۰/۲	۴۰۵۰	۲۵۵۰
	۳	۰/۲	۶۰۵۰	۲۷۵۰
	۴	۰/۴	۷۵۵۰	۲۹۵۰

جدول ۱۰. خلاصه نتایج محاسبات (نمونه مسئله دوم)

الگوریتم	تعداد کل سبدها	تعداد سبدهای شدنی	بیشترین NPW در بین سبدهای شدنی	کمترین NPW در بین سبدهای شدنی	ترکیب پروژه‌های اقتصادی ترین سبد
الگوریتم اول (تابع توزیع و معیار حداقل ضریب)	۱۰۲۳	۵۶۲	۵۷۲۲۵	۴۲۵	پروژه‌های ۶ تا ۸
الگوریتم دوم (بودجه)	۱۰۲۳	۸۲۷	۶۵۵۰۰	۴۲۵	پروژه‌های ۱ تا ۸

دوره ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، شماره پیاپی ۱۲
دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

سرمایه‌گذاری مناسب یکی از عوامل تأثیرگذار برای رشد و توسعه اقتصادی سازمان‌ها محسوب می‌شود. از آنجا که تصمیم‌گیری اقتصادی برای دستیابی به راه‌حلی است که قرار است در آینده مورد استفاده قرار گیرند، لذا به طور طبیعی مبتنی بر وقایعی هستند که در آینده اتفاق می‌افتند. این در حالی است که همواره آینده با دو عامل ریسک و عدم قطعیت مواجه می‌باشد و عدم توجه به این عوامل، ممکن است سازمان را تا مرز بحران‌های اقتصادی و مالی پیش برد. با توجه به ریسک‌گریز بودن صاحبان سرمایه و همچنین فضای مملو از نوسان و ریسک در محیط‌های سرمایه‌گذاری، مدیران و تصمیم‌گیران نیاز به ابزارهایی دارند که بتوانند با تصویر درستی از آینده، درباره سرمایه‌گذاری و مسیر حرکت آتی سازمان تصمیم‌گیری کنند. لذا با توجه به اهمیت شناخت ریسک‌های سرمایه‌گذاری و تجزیه و تحلیل آن‌ها، استفاده از روش‌های سیستماتیک برای یافتن بهترین سرمایه‌گذاری در شرایط ریسک و عدم قطعیت، ضروری به نظر می‌رسد. این در حالی است که ابزارهای سنتی ارزیابی پروژه‌ها شرایط عدم قطعیت و ریسک‌های موجود را در نظر نمی‌گیرند.

در این مقاله به بررسی و پیشنهاد رویکردهایی جهت انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت پرداخته شد. این بررسی در حالتی است که پروژه‌های مورد بررسی مستقل هستند و امکان انتخاب سبکی از پروژه‌ها، وجود دارد. دو رویکرد متفاوت جهت ارزیابی اقتصادی سبد پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت پیشنهاد شد. رویکرد اول فرآیند انتخاب سبدها را با فرض نرمال بودن جریان نقدی و سرمایه مورد نیاز بررسی می‌نماید. در این الگوریتم، سبدهایی قابلیت انتخاب دارند که با حداکثر ریسک α سرمایه مورد نیازشان از سرمایه در دسترس سازمان فراتر رود. در میان سبدهای باقیمانده، سبکی به عنوان اقتصادی‌ترین ترکیب از پروژه‌ها انتخاب می‌شود، که بیشترین ارزش اقتصادی و در عین حال کمترین تغییرات و ریسک در ارزش اقتصادی را دارا باشد. اما در رویکرد دوم پس از تشکیل سبد پروژه‌ها، جهت انتخاب سبدهای شدنی از لحاظ بودجه در

دسترس و حذف باقیمانده سبدها، بودجه در دسترس سازمان بصورتی اصلاح می‌گردد که اگر ضریب رابطه $\alpha \geq 0$ باشد، پارامتر α تعیین‌کننده میزان ریسکی است که سازمان در ارزیابی سبدها، پذیرفته است و اگر $\alpha < 0$ باشد، در اینصورت α تعیین‌کننده میزان اطمینانی است که سازمان در ارزیابی سبدها درخواست می‌نماید. در اینصورت ملاک باقی ماندن سبدها در ارزیابی اقتصادی این است که آیا مقدار متوسط سرمایه مورد نیاز آن‌ها از بودجه اصلاح شده بیشتر نشود. در نهایت پس از حذف سبدهای نشدنی، انتخاب اقتصادی‌ترین سبد از بین سبدهای باقیمانده بر اساس حداکثر امید ریاضی ارزش اقتصادی سبدها انجام می‌شود. نتایج دو رویکرد پیشنهادی با دو نمونه مسئله بطور مفصل مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گرفت.

به عنوان تحقیقات آتی می‌توان پیشنهاد نمود که مسئله ارزیابی اقتصادی سبد پروژه‌ها در شرایط ریسک و عدم قطعیت را با استفاده از رویکردهای بهینه‌سازی ریاضی همانند برنامه‌ریزی خطی مدلسازی و حل نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود تحقیق حاضر را در شرایطی که جریان نقدی پروژه‌ها علاوه بر نوسانات ناشی از عدم قطعیت، در معرض تورم اقتصادی نیز قرار داشته و به این لحاظ سازمان دچار ریسک در سرمایه‌گذاری است، بررسی و تحلیل شود.

منابع

- Oskoonejad, M. (2013). Engineering economics: Economical evaluation of industrial projects. Tehran: Amirkabir University of Technology Press. (in persian)
- Alvani, S. M. (2005). General Management. Tehran: Ney Press. (in persian)
- Poorheidari, O & akhlaghi yazzinejad, E. (2008). Investigation of Advanced Evaluation Methods: Risk Analysis and Inflation Analysis In Long-Term Projects, *Journal of Economics Research*, 9(4), 37-56.
- Soltani, G. (1999). Engineering Economics. Shiraz: Shiraz University Press. (in persian)
- Jafari, M & ebnerasool, S. A & didevar, F. (2005). Role of Knowledge Management and Information Technology in Project Risk Management, *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*. 17(5), 31-37. (in persian)
- Entrepreneurship, 101 techniques for creative problem solving, Tehran: Amirkabir University Press. (in persian)
- Seyed Hoseini, S. M. (2013). Advanced Engineering Economics and Decision Making Analysis, Tehran: Iran University of Science and Technology Press. (in persian)
- Dorgi, P. (2009). Tehran: How to Manage Business in Economic Crisis, Rasa Books Institute. (in persian)
- Alam Tabriz, A & Hamzei, E. (2000). Evaluation and Analysis of Project Risks using Integrated Approach of PMBOK Risk Management and RFMEA Technique, *Industrial Engineering Studies*, 9(23), 1-19. (in persian)
- Nasibi, M. & Modiri, M. & Nekoei, M. A. & Hasanavi, R. & Noori, M. (2014). Establishment of Information Interactive Model and Stakeholders Activities of Crisis Management in Industry using Concurrent Engineering, Iran Khodro Case Study, *Crisis Management*, 4(2), 23-36. (in persian)
- A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide, (2013), Project Management Institute, 5th Edition.
- Bruno, S., Ahmed, S., Shapiro, A., & Street, A. (2016). Risk neutral and risk averse approaches to multistage renewable investment planning under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 250(3), 979-989.
- Doshi, H., Kumar, P., & Yerramilli, V. (2017). Uncertainty, Capital Investment, and Risk Management. *Management Science*.
- Gutjahr, W. J., & Reiter, P. (2010). Bi-objective project portfolio selection and staff assignment under uncertainty. *Optimization*, 59(3), 417-445.
- Kara, G., Özmen, A., & Weber, G. W. (2017). Stability advances in robust portfolio optimization under parallelepiped uncertainty. *Central European Journal of Operations Research*, 1-21.
- Khanjarpanah, H., & Pishvaei, M. S. (2018). A fuzzy robust programming approach to multi-objective portfolio optimisation problem under uncertainty. *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 12(1), 45-65.
- Konno, H., & Yamazaki, H. (1991). Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. *Management science*, 37(5), 519-531.
- Maier, S. F., Peterson, D. W., & Vander Weide, J. H. (1977). A monte carlo investigation of characteristics of optimal geometric mean portfolios. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 12(2), 215-233.
- Markowitz, H. (1959), Portfolio Selection; Efficient Diversification of Investment. New York: Wiley.
- Meinen, P., & Roehe, O. (2017). On measuring uncertainty and its impact on investment: cross-country evidence from the euro area. *European Economic Review*, 92, 161-179.
- Nozick, L. K., Turnquist, M. A., & Xu, N. (2004). Managing portfolios of projects under uncertainty. *Annals of Operations Research*, 132(1-4), 243-256.
- Panadero, J., Doering, J., Kizys, R., Juan, A. A., & Fito, A. (2018). A variable neighborhood search simheuristic for project portfolio selection under uncertainty. *Journal of Heuristics*, 1-23.
- Rachev, S., Ortobelli, S., Stoyanov, S., Fabozzi, F., Biglova, A. (2008). Desirable Properties of an Ideal Risk Measure in Portfolio Theory. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 11, 19-54.
- Smart, Caroline, and Ilan Vertisky, (1977), Design for Crisis Decision Units, in *Administrative Science Quarterly*, 22, pp. 638-67.
- Speranza, M. G. (1993), Linear Programming Models for Portfolio Optimization. *Finance*, 14, 107-123.
- Xidonas, P., Hassapis, C., Soulis, J., & Samitas, A. (2017). Robust minimum variance portfolio optimization modelling under scenario uncertainty. *Economic Modelling*, 64, 60-71.

شناسه دیجیتال (DOI): JEMSC-1709-1060 (R3)

استناد به این مقاله:

مختاری، ه؛ حبیبی، ز. (۱۳۹۶). «مدیریت و ارزیابی سبد پروژه‌های مستقل در شرایط عدم قطعیت و سازگاری پروژه‌ها». دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم، ۶ (۲)، ۱۱۲-۸۳.

روش پیشنهادی برای شناسایی خودکار گوشه‌ها در ردیف موسیقی سنتی ایرانی با رویکرد میکرو*

امیر وفائیان^۱

کیوان برنا^۲

حامد ساجدی^۳

داریوش علیمحمدی^۴

پویا سرایی^۵

چکیده

طراحی سامانه‌ای که بتواند به طور خودکار دستگاه‌ها و گوشه‌های موسیقی سنتی ایرانی را تشخیص دهد، مدتی است که توجه پژوهشگران ایرانی را در حوزه بازیابی اطلاعات موسیقایی به خود جلب کرده است. از آنجا که در این پژوهش‌ها، به طور عمده به دسته‌بندی خودکار پنج دستگاه اصلی پرداخته‌اند و نه تفکیک گوشه‌ها از یکدیگر، پژوهش حاضر با هدف ارائه الگوریتم و روشی برای شناسایی خودکار گوشه‌ها در ردیف دستگاهی موسیقی سنتی ایرانی انجام شده است. از این رو، پس از معرفی دو رویکرد اساسی در شناسایی خودکار دستگاه و گوشه، روش شناسایی و الگوریتم‌های به کار رفته در برخی از پژوهش‌های مرتبط آمده است. سپس، الگوریتم و روشی برای شناسایی خودکار گوشه‌های ردیف دستگاهی موسیقی سنتی ایرانی بر اساس رویکرد میکرو ارائه شده است. در روش پیشنهادی، در درجه نخست تلاش برای شناسایی نغمه‌های یک قطعه موسیقی سنتی ایرانی، به عنوان مرحله اولیه و مهم در شناسایی گوشه‌ها و بهبود پارامترهای آن بوده است. پس از این مرحله، با تعریف سیر ملودی جمله معرف گوشه‌ها و بررسی میزان شباهت آن به کل قطعه، می‌توان گوشه موردنظر را شناسایی کرد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم شناسایی گوشه، بازیابی اطلاعات موسیقایی، ردیف دستگاهی موسیقی سنتی ایرانی، شناسایی خودکار موسیقی، گوشه.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵.

amirvafa@gmail.com

^۱ دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

borna@khu.ac.ir

^۲ استادیار، گروه علوم کامپیوتر، دانشکده علوم ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

sadjedi@shahed.ac.ir

^۳ استادیار، گروه برق و الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

^۴ استادیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

webliographer@gmail.com

pooya_saraee@yahoo.com

^۵ استادیار، گروه موسیقی، دانشکده هنر، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

مقدمه

تقریباً همه استادان و اهل فن، ردیف موسیقی سنتی ایرانی را الفبای آهنگسازی ایرانی دانسته و آن را به هنرجویان و نوازندگانی که قصد دارند این نوع موسیقی را به طور جدی دنبال کنند، آموزش می‌دهند. از این رو، افرادی که قصد دارند به صورت حرفه‌ای موسیقی سنتی ایرانی را فراگیرند، لازم است به طور دقیق و عمیق با دستگاه‌ها و گوشه‌های ردیف موسیقی سنتی ایرانی آشنا شوند. از این رو، سیستمی که بتواند دستگاه‌ها و گوشه‌ها را بر اساس ویژگی‌های اساسی موسیقایی ایرانی تشخیص دهد، انگیزه اصلی برای انجام چنین پژوهش‌هایی بوده است.

هفت دستگاه موسیقی ایرانی در کنار پنج آواز، اساس و پایه موسیقی در ایران بوده و می‌توان آن را موسیقی رسمی کشور دانست. امروزه، چکیده و برآیند فرهنگی این نوع موسیقی، در قالب ردیف موسیقی دستگاهی، به معنای رپرتوار مجموعه^۱ تجلی یافته است (بهنام‌نیا، ۱۳۸۹: ۵). به عبارت دیگر، در کنار هفت دستگاه، ردیف موسیقی کنونی ایران دارای پنج آواز نیز هست که از آن‌ها با عنوان ملحقات یا متعلقات نیز یاد شده است. از دستگاه شور، چهار شعبه یا آواز به نام‌های ابوعطا، افشاری، بیات ترک و دشتی منشعب می‌شود. از دستگاه همایون هم آواز بیات اصفهان منشعب می‌شود (فخرالدینی، ۱۳۹۲: ۹۹). لازم به ذکر است که در تقسیم‌بندی دستگاه‌ها و آوازها از نظر تعداد و مرز بین آن‌ها، بین نظریه پردازان و موسیقی‌دان‌ها اتفاق نظر وجود ندارد.^۲

^۱ Repertoire

^۲ در تقسیم‌بندی تعداد دستگاه‌ها و آوازها اتفاق نظر وجود ندارد. در این بین می‌توان حداقل سه دیدگاه مختلف را مطرح کرد. افرادی چون روح‌الله خالقی و مرتضی حنانه (حنانه، ۱۳۶۷، ص ۱۲ و ۴۳) قائل به دسته‌بندی هفت دستگاه و پنج آواز در ردیف موسیقی سنتی ایرانی هستند و این دیدگاه امروزه نیز متداول و رایج شده و در ردیف اساتیدی چون حسینقلی، میرزا عبدالله و درویش‌خان نیز به کار رفته است. با این حال، اساتیدی نیز دسته‌بندی غیر از دسته‌بندی فوق قائل هستند. مثلاً علی‌نقی وزیری، موسیقی سنتی ایرانی را در پنج دستگاه خلاصه می‌کند. عده‌ای دیگر (از جمله دکتر هرمز فرمت) نیز، قائل به آواز و شعبه‌های فرعی دستگاه‌ها نبوده و هر یک از مقام‌های ابوعطا، بیات ترک، افشاری، دشتی و بیات اصفهان را دستگاهی مستقل به‌شمار می‌آوردند. از این رو، تعداد دستگاه‌ها را دوازده ذکر کرده‌اند.

اصطلاح دستگاه در موسیقی ایرانی را می‌توان با واژه گام دیاتونیک یا بالفعل^۱ در موسیقی غربی، راگا یا راگ^۲ در موسیقی هندی و نیز واژه مقام (مقام^۳ در موسیقی ترکی و مکام^۴ در موسیقی عربی) مترادف دانست. در تعریف موسیقی غربی، توالی هشت نغمه (نت) پیایی که دارای نسبت فواصل معینی از یکدیگر هستند را گام می‌گویند. برای ساده کردن مفهوم دستگاه در موسیقی ایرانی، همین تعریف را برای هفت دستگاه اصلی موسیقی ایرانی (ماهور، شور، سه‌گانه، چهارگاه، همایون، نوا و راست‌پنجگاه) نیز به کار برده‌اند، با این تفاوت که در موسیقی سنتی ایرانی، در اغلب گوشه‌های ردیف (ملودی‌های کوتاه)، به جای هشت نغمه، توالی ۴ یا ۵ نغمه در نظر گرفته می‌شود؛ اما در تعریف دقیق‌تر، دستگاه عبارت است از یک سیکل یا چرخه چندمدی که از یک مد (مقام) شروع و به همان مد ختم می‌شود و در مسیر خود از مدهای (مقام‌های) متعددی عبور می‌کند (اسعدی، ۱۳۸۲: ۵۲؛ مبانی نظری موسیقی ایرانی، ۱۳۸۸: ۳۴).

امروزه در موسیقی ایرانی، اصطلاح مقام معادل مفهوم مد استفاده می‌شود. مدها طی قرن‌ها و بر اساس زیبایی‌شناختی جمعی فرهنگ خاصی شکل گرفته‌اند. وقتی به یک یا چند نغمه در یک گام بالفعل، اهمیت بیشتری نسبت به دیگر نغمه‌ها در همان گام می‌دهیم، می‌توان گفت که یک مد ساخته‌ایم. به عبارت دیگر، با داشتن الف. یک گام بالفعل یا اشل صوتی (متشکل از یک یا دو دانگ^۵)، ب. یک نظام سلسله‌مراتب درجه‌ها (یا کارکرد درجات) و ج. یک یا چند سرمشق یا الگوی لحنی یا ملودیک خاص (ملودی مدل) که در قطعات و گوشه‌های مختلف تکرار می‌شوند، می‌توان یک مد به وجود آورد. بعضی موسیقی‌های دنیا فقط یکی از این سه عنصر را برجسته می‌کنند؛ در حالی که در موسیقی ایرانی، برای به وجود آوردن مقام، تقریباً هر یک از این سه عنصر مهم هستند (مبانی نظری موسیقی ایرانی، ۱۳۸۸: ۳۰، ۳۱ و ۳۶ و اسعدی، ۱۳۸۲: ۴۷).

¹ Diatonic Scale

² Raga/Raag

³ Mugam

⁴ Maqam

⁵ Tetra chord

شکل گیری موسیقی ایرانی از خرد به کلان است. بدین معنی که مجموع چند نغمه، یک انگاره (فیگور)^۱ را می‌سازند و چند انگاره یک جمله^۲ را، جمله‌ها گوشه‌ها را و گوشه‌ها دستگاه را. از این رو، با کنار هم و در ارتباط با هم قرار دادن چند جمله، گوشه پدید می‌آید (طلایی، ۱۳۹۴: ۱۲-۱۳). هر یک از دوازده دستگاه و آواز موسیقی ایرانی، از گوشه‌های متعددی تشکیل شده است که با نظمی خاص در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. مثلاً برخی از گوشه‌های مهم دستگاه شور عبارت‌اند از: شهناز، قرچه، حسینی و رضوی. در واقع، گوشه‌ها کوچک‌ترین و در عین حال، اساسی‌ترین جزء هویت‌دار ثبت شده از ردیف موسیقی ایرانی به حساب می‌آیند و می‌توان آن‌ها را مدهای نسبتاً کوتاه یا مترادف با ملودی مدل^۳ دانست. هر گوشه، آهنگ مستقلی است که به گرد یک نغمه معین شکل می‌گیرد که شاهد آن گوشه نامیده می‌شود. چنانچه تعدادی از این گوشه‌ها که از لحاظ اشل و ترتیب فواصل صوتی با یکدیگر مشابه‌اند، بر اساس نظم خاص پشت سر هم قرار گیرند، مجموعه آن‌ها یک دستگاه را به وجود می‌آورد (صفوت و کارن، ۱۳۹۱: ۱۳۵).

بنابراین، این آهنگ‌ها یا گوشه‌ها معمولاً به ترتیب از پائین به بالا، پشت سر هم چیده می‌شوند. بدین معنا که نغمه شاهد به تدریج از طرف بم به طرف زیر جابجا می‌شود. آهنگی که وسعت صوتی آن از همه پایین‌تر است به عنوان اولین آهنگ قرار می‌گیرد و «درآمد» نامیده می‌شود. مثلاً در درآمد و گوشه‌های اولیه دستگاه شور، نغمه سل به عنوان نغمه شاهد و نخستین درجه تسلسل خواهد بود. سپس آهنگ‌ها و گوشه‌های دیگر به دنبال درآمد یا درآمدها قرار گرفته و به ترتیب ردیف می‌شوند و «دستگاه» یا «مقام» شور را به وجود می‌آورند. در هر یک از این گوشه‌ها، به تدریج و معمولاً به ترتیب، نغمه شاهد از درجه اول بر روی درجات بالاتر (دوم، سوم و بالاتر) انتقال داده می‌شود و در انتهای دستگاه، دوباره به درجه اول بازگشت (فرود) پیدا می‌کند (صفوت و کارن، ۱۳۹۱: ۱۳۵).

^۱ به انگاره اصلی در موسیقی کلاسیک غربی، که کوچک‌ترین واحد دارای مفهوم در موسیقی است، «موتیف» (Motif یا motive) نیز گفته می‌شود.

^۲ Phrase

^۳ Melody Model

به دیگر سخن، در ردیف‌نوازی روش کلی این است که گردش ملودی ابتدا در منطقه پائین (حضیض) یا درآمد با محوریت «مایه» یا «تنالیت^۱» اصلی (معمولاً درجه اول گام) شروع می‌شود و بعد با گوشه‌های دیگر درجات گام به ترتیب پله پله بالا رفته و بسط و پرورش می‌یابد و به درجه هشتم (اوج) می‌رسد و سپس به «مایه اصلی» فرود می‌آید. گوشه‌ها هم معمولاً بعد از گردش لازم به «مایه اصلی» فرود می‌آیند تا وحدت و یگانگی دستگاه با مایه اصلی حفظ شود (فخرالدینی، ۱۳۹۲: ۳۰).

دو رویکرد اساسی در شناسایی خودکار دستگاه و گوشه در موسیقی سنتی ایرانی

تفاوت گوشه‌ها با یکدیگر، به تفاوت آن‌ها در هر یک از سه مؤلفه مد اشاره دارد. بدین معنا که گوشه‌ها حداقل در یکی از سه مؤلفه اشل صوتی، نقش درجات و یا الگوهای (فرمول‌های) ملودیک با یکدیگر تفاوت دارند. می‌توان برای این مؤلفه‌ها، سلسله‌مراتبی قائل شد که در آن اشل صوتی بیشترین اهمیت و الگوهای ملودیک از کمترین اهمیت برخوردارند. از این رو است که گوشه‌هایی که دارای اشل صوتی مشترکی هستند، گام یا دستگاه مجزایی را تشکیل می‌دهند. گوشه‌هایی که دارای اشل صوتی یکسانی هستند، نقش درجات آن‌ها با یکدیگر متفاوت خواهد بود. مثلاً تفاوت گوشه شهناز، رضوی و حسینی با یکدیگر (که هر سه در دستگاه شور و دارای اشل صوتی یکسانی هستند)، در این است که نغمه شاهد آن‌ها متفاوت بوده و در مایه شور سل، به ترتیب نغمه‌های دو، فا و سل نقش نغمه شاهد را ایفا می‌کنند.

به منظور بررسی الگوی لحنی و ملودیک در هر گوشه، طلایی (۱۳۹۴: ۴۱-۳۶) به تجزیه و تحلیل ردیف میرزا عبدالله (۱۲۲۲-۱۲۹۷ ش.) که در حال حاضر رایج‌ترین ردیف آموزشی برای سازها بوده و نزدیک به ۲۵۰ گوشه دارد، پرداخته است. بر این اساس، یک گوشه کامل را به ترتیب به جمله‌ها و بخش‌های آغازین، معرف، گسترشی، تکمیلی، پایانی

و ختم قابل تجزیه و تفکیک می‌داند. در این تبیین از آناتومی گوشه، جمله معرف مهم‌ترین بخش گوشه است. این ویژگی انحصاری می‌تواند الگویی ریتمیک باشد، مثل کرشمه؛ یا ملودی‌های خاصی باشد، مثل لیلی و مجنون یا غم‌انگیز یا می‌تواند تحریر خاصی باشد، مثل جوادخانی.

بر این اساس و با بررسی پژوهش‌های مشابه، می‌توان دو رویکرد اساسی در شناسایی خودکار دستگاه و گوشه در موسیقی سنتی ایرانی متصور شد: پژوهش‌هایی که صرفاً بر اساس اشل صوتی و فواصل در پنج دستگاه اصلی، سعی در تفکیک و شناسایی خودکار این دستگاه‌ها از یکدیگر داشته‌اند (رویکرد ماکرو^۱). می‌توان گفت که عمده پژوهش‌هایی که تاکنون منتشر شده‌اند، این رویکرد را انتخاب کرده‌اند. رویکرد دوم، شناسایی خودکار گوشه‌های مختلف در ردیف دستگاهی و قطعات ساخته‌شده در موسیقی سنتی ایرانی است (رویکرد میکرو^۲). تا حدود زیادی می‌توان برای گوشه‌ها اصالت قائل بود و از آنجا که ملودی مدل اصلی در هر گوشه، در جمله معرف آن گوشه تجلی می‌یابد، بر اساس جمله معرف هر گوشه که در یکی از سه حالت سیر ملودی، الگویی ریتمیک یا تحریر، مختص و متمایزند، می‌توان آن‌ها را از یکدیگر بازشناخت.

در این پژوهش سعی شده پس از بررسی روش‌شناسی و الگوریتم‌های ارائه شده در دیگر پژوهش‌های مرتبط با شناسایی خودکار دستگاه‌ها، الگوریتم و روش پیشنهادی برای شناسایی خودکار گوشه‌های ردیف دستگاهی موسیقی ایرانی ارائه شود.

پیشینه پژوهش

روش‌شناسی پژوهش‌های مرتبط

از حیث معرفت‌شناسی، بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه شناسایی خودکار گوشه‌ها و دستگاه‌ها در موسیقی سنتی ایرانی را می‌توان عینی‌گرا دانست. این پژوهش‌ها در تفسیر نتایج، تابع رویکرد استقرایی بوده و از نظر امکان استفاده از نتایج، عموماً کاربردی به

¹ Macro Approach

² Micro Approach

حساب می‌آیند؛ زیرا یافته‌های آن را می‌توان در توسعه فناوری شناسایی خودکار موسیقی سنتی ایرانی مؤثر دانست. راهبرد حاکم بر آن‌ها، روش شناسی پژوهش در عملیات است. پژوهش در عملیات، به زبان ساده، رفتار پدیده‌ها و سامانه‌ها را مطالعه می‌کند تا بتواند تغییرات آن‌ها را برنامه‌ریزی و کنترل کند. رویکرد غالب پژوهش‌ها نیز از نوع کمی بوده و ناظر بر استفاده از قوانین علمی برای تصمیم‌گیری است. باید توجه داشت که انتخاب ویژگی‌های صوتی که بتواند منجر به دسته‌بندی خودکار دستگاه‌ها و گوشه‌ها شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

الگوریتم و فرایند اجرا در پژوهش‌های مرتبط

پیش فرض پژوهش‌ها در تشخیص هوشمند یا خودکار دستگاه، اساساً این بوده است که هر نغمه موسیقی، فرکانس خاص خود را داشته و از طرف دیگر، امکان ارائه الگوی منحصر به فرد برای هر یک از دستگاه‌های موسیقی سنتی ایرانی (بر اساس فواصل فرکانسی منحصر به فرد در هر دستگاه) وجود دارد.

الگوریتم‌هایی که معمولاً در شناسایی خودکار موسیقی غربی به کار گرفته می‌شوند، به دلیل ماهیت متفاوت آن با موسیقی شرقی به طور عام و موسیقی ایرانی به طور خاص، عموماً قابل تعمیم نیستند و از این رو، شاید نتوان نتایج آن را به موسیقی سنتی ایرانی تعمیم داد. برای مثال، برخی الگوریتم‌های نظارت شده یادگیری ماشین^۱، مانند پرسپترون چندلایه^۲، نزدیک‌ترین مجاور^۳ و ماشین‌های بردار پشتیبان که معمولاً در دسته‌بندی سبک (ژانر) موسیقی غربی از آن‌ها استفاده می‌شود، برای شناسایی خودکار دستگاه‌ها و گوشه‌ها در موسیقی ایرانی نتایج مطلوبی نخواهد داشت.

فرایند و الگوریتم اجرای پژوهش‌های حوزه شناسایی و دسته‌بندی خودکار دستگاه‌های موسیقی سنتی ایرانی، معمولاً بین پنج تا هفت مرحله انجام شده است که بر اساس ترتیب زمانی، به برخی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود:

¹ Supervised Machine Learning Algorithms

² Multi-layer perceptron (MLP)

³ k-nearest neighbor (KNN) classifier

دارابی (۱۳۸۲): ۱. دریافت سیگنال قطعه موسیقی، پنجره‌بندی و اعمال تبدیل فوریه سریع بر روی هر پنجره به منظور به دست آوردن طیف و محتوای فرکانسی سیگنال ورودی. ۲. نگاشت طیف فرکانسی به بازه فرکانسی یک اکتاو از طریق جمع جبری تمامی داده‌ها ۳. تحلیل دامنه طیف و به دست آوردن فرکانس قله‌های اصلی^۱ (فرکانس‌های غالب به کار رفته در قطعه به عنوان نغمه‌های اصلی) و حذف داده‌های حشو^۲ و فرکانس قله‌هایی که از یک حد و آستانه انرژی کمتر است ۴. مرتب کردن و قراردادن نغمه‌ها و قله‌های اصلی در آرایه‌ای به نام توالی ملودیک ۵. ساختن آرایه فواصل فرکانسی بر اساس فواصل قله‌های طیف اکتاو به دست آمده ۶. تطبیق آرایه نرمال شده با آرایه‌های بانک اطلاعاتی تعریف شده^۳ برای دستگاه موسیقی، جهت نسبت دادن آرایه به دست آمده از قطعه به نزدیک‌ترین دستگاه. به عبارت دیگر، ابتدا آرایه‌ای عددی از فواصل موسیقی یک قطعه موسیقی استخراج و سپس با هر یک از آرایه‌های دستگاه‌ها مقایسه شده است. نزدیک‌ترین و شبیه‌ترین آرایه به یکی از این دستگاه‌ها، به عنوان خروجی موردنظر (نام یکی از دستگاه‌ها) در نظر گرفته شده است.

گواهیان جهرمی (۱۳۸۹): ۱. محاسبه اسپکتروگرام (تبدیل CQT)^۴ برای سیگنال صوتی، با توجه به رزولوشن مورد نیاز برای موسیقی سنتی ایرانی (ده بین برای هر نغمه ربع پرده‌ای) ۲. تبدیل ماتریس اسپکتروگرام (از مرحله قبل) به بردار از طریق یک مرحله کاهش بعد (زمان): در این مرحله تنها بین‌های فرکانسی^۵ و درصد حضور هر یک از آن‌ها در اسپکتروگرام نشان داده شده است، بدون آن که هیچ‌گونه وابستگی به زمان و تغییرات آن داشته باشد ۳. تنظیم پیچ یا نواک^۶: تعیین نوع کوک و اختلاف آن با کوک دیپازن. در این مرحله، پس از استخراج پیک‌های بردار، با تعیین پیچ مرجع (بر اساس کوک دیپازن)، بین‌های فرکانسی در موقعیت‌های تعریف شده، برای فواصل تعدیل شده قرار گرفته است.

¹ Peak detection

² Redundant Data

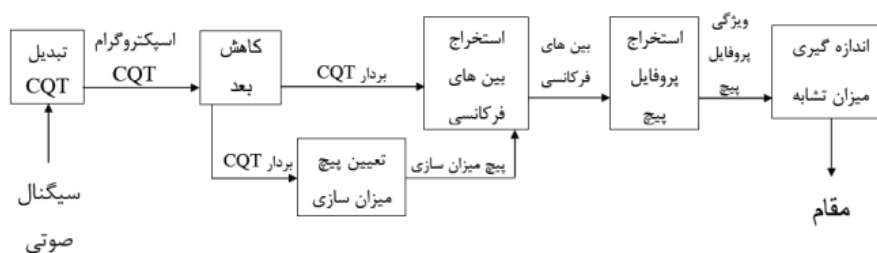
³ Array comparator

⁴ Constant Q-Transform

⁵ Bins

⁶ Tuning Pitch

به عبارت دیگر، پس از تعیین میزان اختلاف با پیچ استاندارد، همه بین‌های فرکانسی، به میزان مشخص تغییر موقعیت داده شده است ۴. استخراج آن دسته از بین‌های فرکانسی که احتمال بیشتری در تشکیل گام/دستگاه قطعه دارند از بردار CQT. در این مرحله همچنین، از تکنیک فیلترینگ ساده بر روی بردار انجام گرفته است تا از تداخل نغمه‌های مجاور و میزان نویزی بودن سیگنال کاسته شود ۵. تشکیل پروفایل پیچ بر اساس بین‌های فرکانسی استخراج شده از مرحله قبل به منظور بررسی خواص مشابه در کلاس‌های (دستگاه‌های) مختلف موسیقی ایرانی ۶. محاسبه میزان شباهت بین پروفایل پیچ استخراج شده با هر یک از چهار الگوی فواصل گام در موسیقی ایرانی، به منظور ارزیابی کارایی تشخیص دستگاه با استفاده از فاصله مینکفسکی^۱.



شکل ۱. الگوریتم کلی تشخیص مقام برای موسیقی ایرانی (گواهیان جهرمی، ۱۳۸۹: ۷۴؛ با الگو گرفتن از مقاله (Zhu, Y. & Kankanhalli, M.S, 2006)

محمودان (۱۳۹۰): ۱. انتخاب ۲۰ قله برتر که بیانگر فرکانس‌های غالب قطعه است: استفاده از ویژگی نواک در مرحله پیش‌پردازش ۲. اعمال فرکانس‌های نظیر به قله‌های به دست آمده از مرحله قبل در قالب ماتریس ورودی با ابعاد $۱۳۵ * ۲۰$ (به عنوان داده‌های آموزش شبکه) ۳. آموزش داده‌ها با استفاده از مدل توابع پایه شعاعی ۴. تفکیک داده‌های آموزشی و آزمون (به نسبت ۷۰ به ۳۰ درصد) و ارزیابی شبکه بر روی داده‌های آزمون ۵. دسته‌بندی و تشخیص دستگاه ماهور از غیر ماهور.

بیات (۱۳۹۲): ۱. اعمال تبدیل فوریه سریع بر روی طیف کل سیگنال ورودی به منظور به دست آوردن دیدی کلی نسبت به قطعه مورد بررسی ۲. پنجره‌بندی قطعات به طول ۱۰۰

¹ Minkowski Distance

میلی ثانیه و اعمال تبدیل فوریه سریع (محاسبه تخمین طیف پریودوگرام) بر روی هر پنجره، جهت محاسبه فرکانس نغمه‌ها در هر پنجره ۳. ذخیره‌سازی فرکانس نغمه‌های به دست آمده از هر پنجره زمانی در سطرهای یک ماتریس ۴. حذف نغمه‌های تکراری پشت سر هم (به عنوان ریز که در فراوانی تعداد کل نغمه‌ها لازم است یک نغمه در نظر گرفته شود) و ذخیره آن در بردار جدید ۵. محاسبه میانگین بردار و مرتب‌سازی نغمه‌ها برحسب تعداد (فراوانی) از بزرگ به کوچک ۶. مقایسه چهار یا پنج نغمه اول قطعه (که بیشترین فراوانی را داشته‌اند) با تراکورد یا پنتاکوردهای نظیر هر گوشه (بر اساس مبانی نظری موسیقی ردیف ایرانی) یا از طریق شناسایی قله به روش شابلون‌گذاری ۷. شناسایی گوشه و دستگاه با استفاده از روش حداقل فاصله و نیز روش شبکه عصبی (تشکیل بردار ویژگی بر اساس الف. بردار پنتاکورد و در نظر گرفتن تنها پنج نغمه پرتکرار در هر قطعه ب. بردار فراوانی برای کلیه نغمه‌های به کار رفته در قطعه موسیقی).

عبدالله‌زادگان (۱۳۹۳): ۱. استخراج (و به دست آوردن) پوش دامنه تمام نغمه‌های بالقوه دو اکتاو برای ساز تار (۳۶ نغمه: از نغمه $F3$ با فرکانس ۱۸۰ هرتز تا نغمه $F5$ با فرکانس ۶۹۶ هرتز. بر این اساس، هر یک از این ۳۶ نغمه، به عنوان یک ویژگی صوتی در نظر گرفته شده است) بر اساس کوک دیاپازن، به منظور یافتن فرکانس و مشخص کردن محل ضربه خوردن مضراب بر روی سیم (یافتن فازهای حمله در طول یک قطعه موسیقی، چرا که قله‌های حاصل از لحظه ضربه خوردن مضراب، می‌تواند بیانگر زمان و فرکانس نغمه‌های نواخته شده در یک قطعه از موسیقی باشد) ۲. پنجره‌بندی سیگنال حول نقاط به دست آمده از پوش دامنه، به طوری که در یک پنجره، مرحله حمله و آزادسازی مربوط به نواخته شدن یک نغمه را در بر می‌گیرد ۳. یافتن فرکانس پایه (غالب) در هر یک از پنجره‌ها ۴. اعمال تابع خودهمبستگی بر روی هر یک از پنجره‌ها به منظور محاسبه هرچه دقیق‌تر فرکانس‌های پایه نغمه‌ها در طول قطعه ۵. استخراج گام و دستگاه: بر اساس فواصل توالی نغمه‌های به دست آمده از مرحله قبل در یک قطعه موسیقی نواخته شده (و در نظر گرفتن نغمه‌ای که از بین ۳۶ نغمه به تعداد بیشتری در قطعه ظاهر شده به عنوان نغمه شاهد)،

گام و دستگاه موسیقی تشکیل شده و سپس میزان شباهت آن با بردار فرکانسی هر یک از پنج گام اصلی دستگاه‌ها مقایسه شده است.

پیوندی (۱۳۹۴): ۱. تقسیم ۳۰ ثانیه اول سیگنال موسیقی، به پنجره‌هایی با طول ۳۰ میلی ثانیه (به تبعیت از پایگاه داده GTZAN) ۲. استخراج چهار ویژگی (ضرایب کپسترال مل، نرخ عبور از صفر، رول طیفی و شار طیفی) در هر پنجره به طور مجزا ۳. تشکیل بردار ویژگی ۴. آموزش هر یک از هفت دستگاه موسیقی ایرانی یا ده سبک موسیقی غربی بر اساس مدل مخفی مارکوف^۱ ۵. استفاده از الگوریتم Baum-Welch جهت یافتن مدل بهینه ۶. ارزیابی سیستم با استفاده از روش اعتبارسنجی ده تکه‌ای^۲.

عبدلی (۲۰۱۱): ۱. مرحله پیش‌پردازش، شامل الف. حذف نویز و فرکانس‌های غیرمرتبط: پس از تبدیل برخی قطعات از نوار کاست خوانندگان قدیمی موسیقی سنتی ایرانی به فرمت دیجیتالی، با استفاده از الگوریتم SWIPE نویزهای سفید^۳ که به آن‌ها غیرنواک^۴ گفته می‌شود، از نواک‌ها و نغمه‌های اصلی قطعه تفکیک شده‌اند ب. شناسایی نواک ج. اعمال الگوریتم خوشه‌بندی کسری برای حذف فرکانس‌های زائد در آواز^۵. نگاهت نغمه‌ها به یک اکتاو^۶ و سپس تبدیل فواصل فرکانسی به مقیاس سنت: به منظور سهولت فرایند دسته‌بندی و شناسایی دستگاه‌ها ۳. مرحله پس از خوشه‌بندی^۷: با استفاده از فاصله ماهالانویس^۸، نقاط اکتاو مرجع، به نغمه مربوطه نسبت داده شده‌اند ۴. استفاده از

¹ Hidden Markov model (HMM)

² 10-fold Cross Validation

³ White Noises

⁴ Unpitch

^۵. یکی از چالش‌های این پژوهش، انتخاب قطعات آوازی (به جای قطعات سازی) بوده است؛ چرا که ادا کردن و تولید نغمات با نواک و فرکانس معین در آواز، سخت‌تر از ساز است. عبدلی در پژوهش خود نشان داده که خواننده از لحظه‌ای که شروع به ادا کردن نغمه می‌کند تا لحظه‌ای که می‌خواهد به فرکانس مورد نظر برسد، چند میلی‌ثانیه زمان می‌برد. به عبارت دیگر، در این چند میلی‌ثانیه، فرکانس‌هایی غیر از نغمه اصلی ایجاد می‌شوند که ضروری است حذف یا نادیده گرفته شوند. از طرف دیگر و به همین منوال، در انتهای هر نغمه نیز فرکانس‌های غیرمرتبط تولید می‌شوند. از این رو، برای حذف این فرکانس‌های زائد (حشو)، از روش خوشه‌بندی کسری^۵ استفاده شده است (عبدلی، ۲۰۱۱، ص ۲۷۶).

⁶ Folding Notes

⁷ Post-Clustering

⁸ Mahalanobis Distance

فازبند^۱ یا طبقه‌بند جهت مدیریت عدم قطعیت بین هر یک از فواصل نغمات مستخرج از داده‌ها (قطعات اجراشده) و داده‌های نظری: بر این اساس، ابتدا مرز هر یک از نغمات مشخص شده (در این پژوهش ۶۷ سنت در نظر گرفته شده است) و سپس با استفاده از «مقیاس شباهت فازی»، میزان شباهت بین الگوی برگرفته از مبانی نظری (که در این پژوهش با عنوان نمونه اولیه ذکر شده) و الگوهای ناشناخته (اطلاعات مستخرج از فایل‌های صوتی قطعات) محاسبه شده است. شناسایی دستگاه بر اساس بیشترین شباهت بین مجموعه‌های فازی فاصله نوع دوم قطعه موسیقی^۲ و الگوی نظری فواصل آن دستگاه.

عباسی لایق؛ حقی‌پور و نجفی سارم (۲۰۱۳): ۱. بخش‌بندی و جداسازی ۲۰ ثانیه اول فایل صوتی هر یک از گوشه‌ها^۳. ۲. نرمال‌سازی^۴ این فایل‌های ۲۰ ثانیه‌ای، به منظور یکدست کردن و همگن ساختن^۵ داده‌های ورودی برای طبقه‌بند^۶. ۳. کاهش تعداد نمونه^۷ با ضرب چهار ۴. محاسبه مقادیر هر یک از چهار ویژگی صوتی با طول پنجره ۳ ثانیه و ایجاد بردار ویژگی^۷. ۵. استفاده از پنجره همینگ^۷ با ۹۰ درصد همپوشانی پنجره‌ها^۶. ۶. اعمال طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان بر روی بردار ویژگی.

بیگ‌زاده و بلالی کوچ اصفهانی (۲۰۱۶): ۱. استخراج ویژگی نواک و طیف فرکانسی قطعه نواخته شده با استفاده از تبدیل فوریه سریع^۲. نرمال‌سازی داده‌ها در بازه (۱، -۱). ۳. تقسیم بازه فرکانسی به فواصل بیست‌تایی^۴. تخصیص بیشترین مقدار هر یک از فواصل به عنوان نماینده آن فاصله^۵. آموزش شبکه عصبی بر روی نتایج (خروجی) به دست آمده از تحلیل تبدیل فوریه سریع با روش پرسپترون چندلایه. روش و الگوریتم به کار رفته در این پژوهش، مشابه پژوهش محمودان (۱۳۹۰) است و به نظر می‌رسد از آن الگو گرفته است.

¹ Fuzzifier

² IT2FSs

³ Segmentation

⁴ Normalization

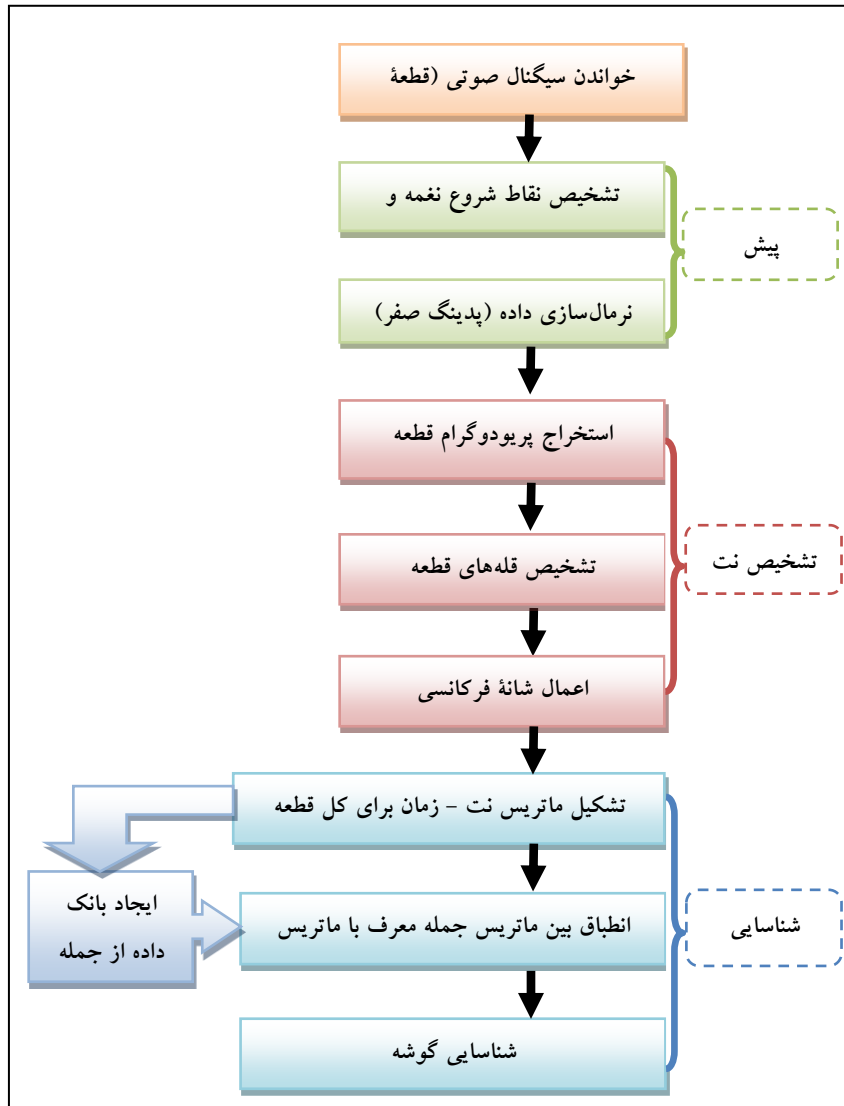
⁵ Homogenize

⁶ Down sampling

⁷ Hamming

روش شناسایی پژوهش

همان‌طور که اشاره شد، تقریباً تمامی پژوهش‌های انجام شده برای شناسایی خودکار موسیقی سنتی ایرانی، بر اساس رویکرد ماکرو بوده و تنها اشل صوتی و فواصل را برای تشخیص و تفکیک پنج دستگاه اصلی از یکدیگر ملاک قرار داده‌اند. در این پژوهش، سعی شده با استفاده از رویکرد میکرو و تشخیص جمله معرف در هر گوشه، امکان شناسایی خودکار گوشه‌های مختلف در ردیف دستگاهی فراهم شود. بر این اساس، در ادامه به ارائه روش و الگوریتم پیشنهادی (شکل ۱) می‌پردازیم.



شکل ۲. الگوریتم پیشنهادی برای شناسایی گوشه‌ها در موسیقی سنتی ایرانی

- در این روش، ابتدا سیگنال موسیقی مورد نظر پنجره‌بندی شده و سپس در هر پنجره زمانی، نغمه نواخته شده شناسایی و تشخیص داده می‌شود. پس از این مرحله، ماتریس نت-زمان برای سیگنال کل قطعه موسیقی را تشکیل می‌دهیم. گام بعدی، تشکیل ماتریس نت-زمان برای جمله معرف سیگنال موسیقی مورد نظر است. سپس، با شیفت دادن ماتریس نت-

زمان جمله معرف بر روی ماتریس نت-زمان کل قطعه موسیقی و تطبیق این دو ماتریس، گوشه مورد بررسی تشخیص داده خواهد شد؛ بدین صورت که اگر ماتریس نت-زمان برای جمله معرف یک گوشه، با بخشی از ماتریس نت-زمان کل قطعه تطبیق یابد، نشان‌دهنده این است که این قطعه مربوط به همان گوشه است و اگر تطبیق داده نشود، این قطعه مربوط به آن گوشه نیست. به همین ترتیب، برای همه گوشه‌های مورد نظر، یک ماتریس نت-زمان برای جمله معرف تشکیل می‌دهیم و آن‌ها را در یک بانک داده^۱ از جملات معرف، ذخیره می‌کنیم.

روش پیشنهادی برای تشخیص نغمه و شناسایی گوشه

الگوریتم پیشنهادی را می‌توان روی گوشه‌های اصلی دستگاه شور (برای مثال درآمد اول شور و پنج گوشه اوج، شهناز، مقدمه قرچه، قرچه و رضوی) و روی سازهای سنتی ایرانی، مانند تار، سه‌تار، سنتور، بربط، کمانچه و نی اعمال کرده و میزان دقت و خطا در تفکیک هر یک از این شش گوشه از یکدیگر را بررسی کرد؛ انتخاب دستگاه شور از آن جهت است که بر اساس گفته بسیاری از اساتید و توافق جمعی موسیقی‌دانان ایرانی، شور را می‌توان دستگاه مادر در موسیقی سنتی ایرانی نامید (دستگاه‌های موسیقی ایرانی، ۲۰۱۶؛ فرهنگ، ۱۳۹۱: ۵۳؛ نعل، ۱۳۹۳: ۷۸؛ فخرالدینی، ۱۳۹۴: ۱۲۶) و از مجموع تصانیف و آهنگ‌هایی که تاکنون در موسیقی سنتی ایرانی ساخته شده است، به جرأت می‌توان گفت که بیش از یک‌سوم از آن‌ها در دستگاه شور بوده است^۲. چنانچه جداسازی در این گوشه‌ها به درستی جواب دهد، به راحتی می‌توان نتایج آن را به سایر دستگاه‌ها و گوشه‌ها نیز تعمیم داد.

از طرف دیگر، اساس شناسایی گوشه در مرحله اول به نغمه‌های آن گوشه بستگی دارد و اگر شناسایی نغمه‌های اصلی و نواک به درستی و با دقت قابل قبول انجام نشود، به

^۱ Database

^۲ همچنین بنا به اظهار نعل (۱۳۹۳، ص ۷۸)، بیشترین اجراها طی دهه‌های ۱۳۵۰ و ۱۳۶۰ شمسی مربوط به مجموعه دستگاه شور و متعلقات آن بوده است.

طور یقین، نتایج تشخیص گوشه و دستگاه نیز مطلوب نخواهد بود. از این رو، در این پژوهش به طور ویژه‌ای به این مرحله توجه شده است. در ادامه، مراحل و فرایند انجام تشخیص نغمه و سپس روش پیشنهادی برای شناسایی خودکار گوشه گوشه‌ها از یکدیگر، به تفصیل توضیح داده می‌شود.

مرحله اول در تشخیص نغمه، خواندن سیگنال موسیقی موردنظر است؛ به این منظور از تابع *audioread* یا *miraudio* در نرم‌افزار متلب استفاده می‌شود. در مرحله بعد، فریم‌بندی سیگنال موسیقی انجام می‌شود. برای محاسبه طول پنجره در موسیقی، لازم است سریع‌ترین نغمه‌ای که معمولاً در سازهای غیرکوبه‌ای نواخته می‌شود را ملاک قرار داد تا حیثاً در بررسی و شناسایی نغمه‌های اصلی در یک قطعه موسیقی، هیچ موردی از دست نرفته و از نظر دور نماند. از آنجا که کوتاه‌ترین نغمه در موسیقی، از نظر کشش و ارزش زمانی، مربوط به چهارلاچنگ بوده و مدت زمان کشش آن حدود ۶۴ میلی‌ثانیه (یا حدود یک شانزدهم ثانیه) است^۱، این عدد مبنای انتخاب طول پنجره زمانی ($T_{window}=64ms$) قرار می‌گیرد. چنانچه فرکانس نمونه‌برداری ثابتی در کل قطعه موسیقی اعمال و انتخاب شود، تعداد نمونه‌های سیگنال در هر پنجره نیز ثابت و عدد مشخصی خواهد بود. با توجه به این که مقدار فرکانس نمونه‌برداری (F_s) برای بیشتر قطعات ضبط شده ۴۴۱۰۰ هرتز است؛ بنابراین تعداد ۲۸۲۲ نمونه در هر پنجره زمانی قرار دارد ($N_{window}=2822$). تجربه نشان می‌دهد که برای شناسایی نغمه و گوشه، بهتر است بر روی فریم‌ها، تابعی اعمال نشود که همان تابع پنجره مستطیلی خواهد بود.

از طرف دیگر، برای این که هیچ اتفاقی در نغمه از دست نرود و هرگونه تغییر احتمالی (چه به لحاظ حرکت از نغمه‌ای به نغمه دیگر و چه به لحاظ تغییر در سرعت اجرا) مدنظر قرار گیرد، میزان همپوشانی^۲ پنجره‌ها ۹۰ درصد انتخاب شده است که در این حالت،

^۱ مدت زمان یک شانزدهم ثانیه تقریبی بوده و در حالتی است که مترونم (سرعت یا تمپو) نغمه سیاه برابر ۶۰ ضربه در هر دقیقه در نظر گرفته شود. آنچه مسلم است این که فاصله زمانی و سرعت توالی نغمه‌ها در عمل و هنگام نوازندگی، هر چقدر هم سریع نواخته شوند، کمتر از این مقدار نخواهد بود.

^۲ Overlap

میزان گام یا پرش^۱ برای هر پنجره برابر با $6/4$ میلی ثانیه (یا $0/064$ ثانیه) خواهد بود. بر این اساس، تعداد نمونه‌ها در هر گام برابر با 282 نمونه خواهد بود. همچنین، تعداد کل پنجره‌ها در یک قطعه موسیقی (N_w)، از تفاضل تعداد کل نمونه‌ها در آن قطعه موسیقی با 282 ، تقسیم بر 282 به دست خواهد آمد.

اما در یک قطعه موسیقی ساخته شده، از کشش‌های زمانی مختلف (مانند سیاه، چنگ، دولاچنگک و غیره) استفاده می‌شود و از این رو، انتخاب طول پنجره با فواصل زمانی یکسان معقول و منطقی به نظر نمی‌رسد؛ بنابراین، روش پنجره‌بندی با طول یکسان بدون توجه به کشش‌ها و فواصل زمانی واقعی در موسیقی بوده و روشی کورکورانه و ناکارآمد است؛ به عبارت دیگر، پژوهش‌های مشابهی که به تبعیت از حوزه‌های دیگر و موضوعات غیرموسیقایی، پنجره‌بندی سیگنال موسیقی را با طول و فواصل یکسان انجام داده‌اند، به ماهیت متغیر بودن کشش نغمه‌ها توجه نداشته‌اند. این روش در بیشتر سیگنال‌های غیرموسیقایی کارآمد بوده است، ولی در سیگنال‌های موسیقی باید به دنبال محل نواختن هر نت و لحظه شروع هر نغمه باشیم. از این رو، در این پژوهش از روش تشخیص شروع نغمه^۲ استفاده شده است.

در این پژوهش نیز به منظور تشخیص نقاط قله^۳ و تشکیل ماتریس نت-زمان، ابتدا از روش اول یعنی پنجره‌بندی سیگنال موسیقی با طول یکسان (64 میلی ثانیه در هر فریم) استفاده شد و نتایج خوبی حاصل نشد؛ بنابراین، از روش تشخیص شروع نغمه و قطعه‌بندی سیگنال^۴، با توجه به زمان و لحظه ضربه خوردن مضراب استفاده شد. روش قطعه‌بندی را می‌توان نوعی فریم‌بندی دانست؛ با این تفاوت که در قطعه‌بندی طول فریم‌ها یکسان نیست و با توجه به زمان و لحظه ضربه خوردن مضراب تعیین می‌شود. به عبارت دیگر، شروع فریم، لحظه ضربه خوردن مضراب و پایان آن لحظه ضربه خوردن مضراب بعدی است. برای یافتن لحظه‌های ضربه خوردن مضراب، از تابع Mironset که برگرفته از جعبه‌ابزار

1 Step
2 Onset detection
3 Peaks
4 Segmentation

MIRToolbox در نرم افزار متلب است، استفاده شد. سپس برای قطعه بندی سیگنال بر اساس زمان ضربه خوردن مضراب، از تابع Mirsegment استفاده شد. از مرحله قطعه بندی سیگنال موسیقی به بعد، در کلیه مراحل تحلیل ها روی هر پنجره (قطعه^۱) به صورت جداگانه اعمال و اجرا شده است و نه کل قطعه موسیقی.

پیش از مرحله تحلیل فرکانسی بر روی سیگنال، لازم است داده ها را نرمال سازی کرد. برای این منظور، با استفاده از روش زیرسازی صفر (یا پدینگ صفر^۲)، با اضافه کردن نه نقطه صفر به انتهای سیگنال، تعداد نمونه ها را ده برابر کرده تا هر نمونه، نشان دهنده یک هرتز تغییرات باشد و نه ده هرتز. این نقاط در شکل تبدیل فوریه تأثیری نداشته و فقط تعداد نمونه ها را افزایش می دهند. این مرحله دقت پرلودوگرام (که نوعی از تبدیل فوریه است) را بیشتر می کند، به طوری که هر گام (پرش) در تبدیل فوریه، به جای این که ۱۰ هرتز را نشان دهد، ۱ هرتز را نشان می دهد. برای مثال، فرض کنید که یک قله در ۷۸ هرتز داشته باشیم و تبدیل فوریه هر ۱۰ هرتز تغییرات را نشان دهد. پس ما تغییرات فرکانسی در ۷۰ هرتز و ۸۰ هرتز را خواهیم داشت؛ ولی چون گام ما ۱۰ هرتز است، از روی قله ۷۸ هرتز عبور کرده و نتوانسته ایم آن را تشخیص دهیم؛ در صورتی که دقت ۱ هرتز باشد، تغییرات در هر ۱ هرتز داده شده و می توان قله ۷۸ هرتز را نیز شناسایی کرد.

گام بعدی، تحلیل فرکانسی فریم های سیگنال موسیقی است. بدین منظور، برای به دست آوردن رزولوشن فرکانسی و شکل تخمین طیف بهتر، بهتر است به جای تبدیل فوریه سریع، از سیگنال پرلودوگرام استفاده شود تا از چگالی طیف توان سیگنال، تخمینی به دست آید. طیف توان سیگنال به صورت زیر تعریف می شود:

$$S(w) = 1/N[x(n) \sum_{n=0}^{\infty} x(n) e^{-i\omega t}] \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن w نشان دهنده فرکانس مربوطه بوده و $x(n)$ نیز سیگنال مورد نظر است.

همچنین، N تعداد کل نمونه های سیگنال را نشان می دهد.

1. Segment
2. Zero padding

روش پیشنهادی برای شناسایی خودکار گوشه‌ها در ردیف موسیقی سنتی ایرانی با ۱۳۱

در مرحله سوم، لازم است فرکانس‌هایی که دامنه آن‌ها حداکثر است (نقاط قله)، در هر پنجره شناسایی شوند. فرکانس این نقاط، معمولاً همان نواک نغمه‌ها (یا نام نغمه‌ها) هستند. برای این منظور، الگوریتم تشخیص قله به شرح زیر دنبال شده است:

۱- محاسبه تفاضل مرتبه اول تبدیل فوریه سیگنال گسسته ورودی:

$$d(n) = \text{Diff}(fft(x(n))) = fft(x(n)) - fft(x(n-1)) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن $x(n)$ سیگنال گسسته ورودی، diff نشان‌دهنده دیفرانسیل و fft هم نماد تبدیل فوریه است.

۲- محاسبه حاصل ضرب نقاط متوالی تابع به دست آمده در مرحله قبلی:

$$m(n) = d(n) \times d(n-1) \quad \text{رابطه (۳)}$$

۳- محاسبه نقاطی (n هایی) که در آن تابع منفی است که با تابع علامت قابل انجام است:

$$s(n) = \text{sign}(m(n)) \quad \text{رابطه (۴)}$$

۴- نقاطی که تابع علامت منفی شده است، در تبدیل فوریه سیگنال همان فرکانس‌هایی هستند که در آن‌ها قله سیگنال اتفاق افتاده است.

۵- با اعمال آستانه مناسب روی دامنه تبدیل فوریه، فرکانس‌هایی که دامنه آن‌ها از آستانه بیشتر باشد، به عنوان نغمه‌های اصلی یا هارمونیک‌های آن‌ها شناسایی می‌شوند. در مرحله آخر، باید دقت داشت که تنها نقاط حداکثری (ماکزیمم) انتخاب شوند. از این رو، فرکانس‌های به دست آمده از مرحله پنج، با نقاط مجاورشان مقایسه شده و در صورت بزرگ‌تر بودن نسبت به آن‌ها، به عنوان نقطه قله در نظر گرفته می‌شوند (بیات، ۱۳۹۲: ۵۶-۵۷).

پس از شناسایی تمامی نقاط قله، در نهایت سه قله برتر به دست آمده در یک بردار ذخیره می‌شوند. این بردار، با هر ستون ماتریس استاندارد سه سطری، شامل فرکانس هر نغمه و هارمونیک‌های آن، مقایسه می‌شود. اگر سه عنصر از بردار ذخیره شده، در هر یک

از ستون‌های ماتریس استاندارد حضور داشته باشد، نغمه مربوط به آن ستون علامت زده می‌شود.

همان‌طور که گفته شد، تنها تعداد معین و مشخصی از نواک‌ها، در محدوده بسامد بین ۱۶ تا ۷ هزار هرتز در موسیقی استفاده می‌شود، به طوری که تعداد نواک‌هایی که برای کلیه قطعات موسیقی غربی در یک ارکستر بزرگ استفاده می‌شود، حدود ۹۰ نغمه است. طی بررسی انجام شده^۱، تعداد نغمه‌هایی که برای نواختن این شش گوشه اصلی دستگاه شور با سازهای سنتی ایرانی استفاده می‌شود، حدود ۱۶ نغمه است (از نغمه F_3 تا G_5). با توجه به این که هر شش گوشه در دستگاه شور قرار دارند، نسبت فواصل همه این گوشه‌ها یکسان است.

با فرض این که در همه این قطعات، بیش از ۱۶ نغمه مشخص استفاده نشده و با کوک استاندارد دیپازن نواخته شوند، می‌توان تشخیص فرکانس را به این مقادیر محدود کرد که هر یک مبین نغمه‌ای خاص است؛ بنابراین، با تشکیل فیلتر نغمه‌ها، امکان تشخیص نغمه مورد نظر فراهم می‌آید؛ به این معنا که این بار با شناخت بردار قله‌ها، یعنی فرکانس اصلی و هارمونیک‌های آن که با توجه به فرکانس استاندارد نغمه‌ها به دست آمده است، وجود این قله‌ها در روی طیف سیگنال بررسی می‌شوند و اگر دامنه آن‌ها از یک مقدار آستانه مشخص بیشتر باشد، دلیل بر وجود نغمه خاص است. به عبارت دیگر، در این روش فیلتری در حوزه فرکانس ساخته شده است که با قرار دادن آن روی طیف سیگنال، می‌توان از بودن یا نبودن یک نغمه مطلع شد. این فیلتر بر اساس فرکانس نواک نغمه و دو هارمونیک اصلی آن ساخته می‌شود. در این حالت نیز بر روی پنجره‌های زمانی مشخص فرکانس هر نغمه استاندارد و هارمونیک‌های دوم و سوم آن، فیلتر فرکانسی را ایجاد کرد.

^۱ در رساله دکتری، با عنوان: «شناسایی خودکار دستگاه شور در موسیقی سنتی ایرانی بر پایه تک‌نوازی سازهای تار، سه‌تار، سنتور و بربط». اساتید راهنما: دکتر کیوان برنا و دکتر حامد ساجدی. اساتید مشاور: دکتر داریوش علی‌محمدی و دکتر پویا سرایی. گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه خوارزمی.

از این رو، روند کار به این ترتیب است که برای هر نغمه، یک فیلتر خاص در نظر گرفته و در ستون یک ماتریس، ذخیره می‌شود. سپس، این ماتریس (که هر ستون آن حاوی پنجره فرکانسی یا فیلتر هر نغمه است) در طیف سیگنال ضرب می‌شود. اگر میانگین حاصل ضرب هر ستون از یک حدی بیشتر باشد، نشان‌دهنده وجود نغمهٔ مربوط به همان فیلتر است.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش برای تشخیص نغمه، انواع روش‌ها برای تشکیل فیلتر فرکانسی انجام شد، یعنی فیلتر فرکانسی با یک فرکانس اصلی و دو هامونیک بعدی، فیلتر فرکانسی با یک فرکانس اصلی و ۳ هامونیک بعدی، فیلتر فرکانسی با یک فرکانس اصلی و ۴ هامونیک بعدی، تشخیص ۴ تا از این ۵ فرکانس و غیره که بهترین نتیجه برای تشخیص نغمه، مربوط به فیلتر فرکانسی با یک فرکانس اصلی و دو هامونیک بعدی تشخیص داده شد.

با توجه به این که در شش گوشهٔ مورد بررسی ۱۶ نغمه بکار رفته است، برای هر نغمه یک ماتریس نغمه (در مجموع ۱۶ ماتریس نغمه) تشکیل می‌دهیم. این ماتریس به گونه‌ای عمل می‌کند که خود نغمه و دو هامونیک بعدی آن را در نظر گرفته، بقیه طیف را در نظر نمی‌گیرد و تنها در همین فرکانس‌ها به دنبال قله می‌گردد. برای افزایش کارایی فیلتر فرکانسی، پهنای آن متناسب با مرتبه هامونیک تنظیم می‌شود. به این منظور یک بازه $0/01 \pm$ برای هر فرکانس و هامونیک‌ها در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، اندازه این فیلتر در فرکانس‌های کم‌تر و در فرکانس‌های زیر بزرگ‌تر خواهد بود؛ زیرا دامنه نغمه‌ها و بازه فرکانسی آن‌ها، در فرکانس‌های پایین، کوچک‌تر و در فرکانس‌های بالا، بزرگ‌تر است. برای مثال اگر فرکانس نغمهٔ سل را 200 ± 2 (Hz) در نظر گرفته می‌شود. برای هامونیک دوم آن که دو برابر بازه $2 \pm$ (Hz) در نظر گرفته می‌شود. برای هامونیک سوم نیز بازه 6 ± 600 تشکیل خواهد شد.

مرحله چهارم، تشکیل ماتریس نت-زمان است. این ماتریس نشان‌دهنده ترتیب نواختن نغمه‌ها و زمان نواخته شده برای هر نغمه است؛ همانند آنچه در موقع نواختن یک قطعه موسیقی اتفاق می‌افتد. در واقع، یک قطعه موسیقی شامل فرایندی دوجهی از زمان و فرکانس است که در آن توالی فرکانس‌های معینی، بر اساس یک زمان‌بندی از پیش تعیین شده‌ای، نواخته و اجرا می‌شوند.

برای تشکیل ماتریس نت-زمان لازم است به برخی نکات توجه شود. اول این که، سکوت بعد از هر نغمه، جزء زمان همان نغمه در نظر گرفته شود. دوم این که اگر نغمه‌ای تنها در یک پنجره زمانی تشخیص داده شد و در پنجره‌های قبل و بعد از آن تشخیص داده نشد، به عنوان نویز در نظر گرفته شود؛ چرا که با توجه به مقدار گام پنجره تعریف شده (۶/۴ میلی‌ثانیه)، امکان ندارد که یک نغمه به تنهایی در این زمان کوتاه نواخته شود. نکته سوم این که وقتی در یک پنجره تلاقی دو نغمه مختلف اتفاق می‌افتد، دیگر نباید زمان را برای نغمه قبلی محاسبه کرد و همان‌جا که نغمه بعدی شروع شد، حتی اگر نغمه قبلی ادامه داشته باشد، باید این پنجره به عنوان پایان نغمه قبلی و شروع نغمه جدید در نظر گرفته شود؛ چرا که به دلیل داشتن طنین ساز، هر نغمه ممکن است تا زدن نغمه بعدی میرا نشده باشد. از این رو، لازم است این نکات را در تشکیل ماتریس نت-زمان لحاظ کرده و در نظر گرفت. برای تشخیص نغمه‌های یک قطعه موسیقی به منظور شناسایی دستگاه یا گام در موسیقی، ذکر این نکته ضروری است که درجه‌ها و فواصل بین آن‌ها، در یک بازه تکرارپذیر (مانند اکتاو یا دانگ) اهمیت دارد. به عبارت دیگر، تنها نام نغمه نواخته شده اهمیت دارد و نه شماره اکتاو نغمه. از این رو، لازم است تا نغمه‌های یکسانی که در اکتاوهای مختلف نواخته می‌شوند را به یک نغمه و در یک اکتاو مشخص کاهش داد. برای مثال اگر نغمه فا در سه اکتاو مختلف سوم، چهارم و پنجم نواخته شوند، در شناسایی نغمه به طور جداگانه بررسی نشده و همه آن‌ها را نغمه فا در نظر می‌گیریم؛ بنابراین، قبل از تشکیل ماتریس نت-زمان، همه نغمه‌های همسان که تنها در اکتاو با هم تفاوت دارند را

یکی در نظر می‌گیریم. بدین ترتیب ماتریس نت-زمان خلاصه‌تر شده و میزان محاسبات نیز کاهش می‌یابد.

در مرحله پنجم، ماتریس نت-زمان برای جمله معرف هر گوشه تشکیل می‌شود. این ماتریس را به دو طریق می‌توان تشکیل داد: روش اول، تشکیل این ماتریس بر اساس نغمه‌نگاری یکی از ردیف‌های رایج (برای مثال، ردیف میرزا عبدالله) است. روش دوم، تشکیل چنین ماتریسی با استفاده از قطعه نواخته شده و جداسازی آن از روی خود قطعه است. در صورتی که شش گوشه اصلی دستگاه شور انتخاب شوند، بر همین اساس نیز لازم است شش ماتریس نت-زمان برای جمله معرف هر یک از گوشه‌ها، به طور جداگانه ایجاد و آن‌ها را در یک بانک داده، ذخیره و نگهداری کرد.

در مرحله آخر، با شیفت دادن و لغزاندن ماتریس نت-زمان جمله معرف بر روی ماتریس نت-زمان کل قطعه، میزان تطبیق بین این دو ماتریس به دست آورده شده است؛ در صورتی که ماتریس جمله معرف هر یک از گوشه‌ها، در قسمتی با سیگنال اصلی تطبیق داشته باشد، می‌توان آن قطعه را به گوشه مربوطه نسبت داد. به منظور تطبیق بین دو ماتریس جمله معرف و قطعه موسیقی، از فرمول عکس خطای میانگین مربعات^۱ استفاده شده است.

$$\text{رابطه (۵)} \quad \frac{1}{(X - X_m)^2}$$

که در آن X نشان‌دهنده ماتریس نت-زمان قطعه موسیقی، X_m بیانگر ماتریس نت-زمان جمله معرف است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نکته بسیار مهمی که در دیگر پژوهش‌های مرتبط مورد غفلت واقع شده و در نهایت منجر به افزایش میزان خطای تشخیص خودکار و تفکیک دستگاه‌ها از یکدیگر شده است، تلاش برای شناسایی دستگاه‌ها تنها بر اساس میزان اشل صوتی آن‌ها بوده است. به عبارت دیگر، از میان هر یک از سه مؤلفه مد برای تفکیک گوشه‌ها از یکدیگر، یعنی اشل صوتی،

^۱ MSE (Mean Squared Error)

نقش درجات یا الگوهای ملودیک، تنها مؤلفه اول، یعنی اشکل صوتی مورد بررسی قرار گرفته است.

این درحالی است که اشکل صوتی و گام بالفعل بیشتر دستگاه‌های موسیقی سنتی ایرانی، در یکی از دانگ‌های اول یا دوم با یکدیگر اشتراک دارند. به عبارت دیگر، فواصل گام‌ها در دستگاه‌های موسیقی سنتی، بسیار به یکدیگر شبیه و نزدیک هستند و این خود مانعی جدی برای تفکیک دستگاه‌ها از یکدیگر است. از این رو، با اندکی تغییر در فواصل یک گام می‌توان به دستگاه دیگری انتقال یافت. برای مثال، چنانچه درجه سوم دستگاه شور را نیم‌پرده افزایش دهیم، بدون هیچ تغییر دیگری در دیگر درجات این گام، به دستگاه جدید همایون و آواز اصفهان خواهیم رسید؛ یا با کاهش ربع‌پرده در درجه سوم گام شور، دستگاه سه‌گاه ایجاد خواهد شد. نتایج پژوهش عبدلی (۲۰۱۱: ۲۷۹) نیز مؤید این مسئله است؛ به نحوی که بیشترین شباهت، بین دو دستگاه ماهور و چهارگاه (۷۳ درصد شباهت) و کمترین شباهت بین چهارگاه و سه‌گاه (با ۴۳ درصد شباهت) است. شباهت کلی فواصل دستگاه‌ها به یکدیگر نیز ۸۵ درصد عنوان شده است که رقم قابل توجهی است. همچنین، عبدالله‌زادگان (۱۳۹۳: ۴۴) در پژوهش خود، میزان شباهت بین پنج دستگاه اصلی موسیقی ایرانی را بررسی کرده است. نتایج این پژوهش نشان داد که همه دستگاه‌ها بالای ۴۳ درصد به یکدیگر شباهت دارند^۱.

از این رو، با روش‌هایی که تاکنون برای شناسایی خودکار دستگاه‌ها ارائه شده، تمایز نه تنها گوشه‌هایی که در یک مایه یا دستگاه قرار دارند امکان‌پذیر نیست؛ بلکه تفکیک کامل دستگاه‌ها از یکدیگر صرفاً بر اساس اشکل صوتی آن‌ها نیز ممکن نیست. ضمن این که، همان‌طور که گفته شد، تقسیم‌بندی دستگاه‌ها از اصالت لازم برخوردار نبوده و در این خصوص بین نظریه‌پردازان و موسیقی‌دان‌ها، از نظر تعداد دستگاه و مرز بین آن‌ها، اتفاق نظر وجود ندارد.

^۱ مثلاً میزان شباهت دستگاه ماهور به چهارگاه ۷۳ درصد، همایون به چهارگاه ۶۳ درصد، ماهور و سه‌گاه ۶۰ درصد، شور و همایون ۵۹ درصد و... عنوان شده است.

به باور پژوهشگر، جمله معرف هر گوشه می‌تواند معیار درست و مناسبی برای شناسایی خودکار و اندازه‌گیری وجه افتراق گوشه‌ها از یکدیگر باشد. به واسطه شناسایی جمله معرف در هر گوشه، امکان تفکیک گوشه‌هایی که در یک دستگاه یا گام قرار دارند فراهم خواهد آمد؛ مسئله‌ای که تاکنون در هیچ پژوهش مشابه دیگری به آن نپرداخته‌اند. از طرف دیگر، به واسطه دسته‌بندی و تشخیص گوشه‌ها از یکدیگر، دستگاه مربوط به آن را نیز می‌توان شناسایی کرد.

در روش پیشنهادی این پژوهش، در درجه نخست تلاش بر بهبود پارامترهای شناسایی نغمه بوده است. پس از شناسایی نغمه‌های یک قطعه موسیقی، با استفاده از رویکرد میکرو، یک گوشه را می‌توان به جمله‌های (انگاره‌های) تشکیل دهنده آن تجزیه کرد و سپس با تعریف و بررسی سیر ملودی مهم‌ترین جمله آن، یعنی جمله معرف و ذخیره آن در یک بانک داده، به انطباق جمله معرف با کل قطعه پرداخت. قطعه‌ای که بیشترین انطباق را با جمله معرف آن گوشه داشته باشد، به‌عنوان گوشه مورد نظر شناسایی خواهد شد.

از این رو، انجام پژوهش‌هایی با رویکرد میکرو که در آن تأکید بر شناسایی خودکار گوشه‌های اصلی از طریق بررسی سیر ملودی جمله‌های معرف هر گوشه است و همچنین، یافتن روش‌هایی به‌منظور بهبود عملکرد سامانه‌ها در تشخیص نغمه، نقش درجات و تنالیت، به‌عنوان جهت‌گیری آینده پژوهش‌ها پیشنهاد می‌شود.

منابع

- Abbasi Layegh, M., Haghypour, S. & Najafi Sarem, Y. (2013). Classification of the Radif of Mirza Abdollah a canonic repertoire of Persian music using SVM method. *Gazi University Journal of Science, Part A: Engineering and Innovation*, Vol. 1, Issue 4: 57-66.
- Abdoli S. (2011). Iranian traditional music Dastgah classification, *12th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2011)*, 275-280.
- Abdollahzadegan, S. (2014). *Automatic classification of Iranian traditional music based on scale (Dastgah)*. Supervisor: Shahram Jafari. Master's Dissertation, Department of Electrical Engineering, Shiraz University, Shiraz. (In Persian)
- Asadi, H. (2004). Theoretical foundations of Persian classical music: Dastgah as a multi-modal cycle. *Mahoor Music Quarterly*, 6 (22): 43-56. (In Persian)
- Bayat, H. (2013). *Classification and Identification of scale (Dastgah) in Iranian music*. Supervisor: Hamed Sajedi. Master's Dissertation, Department of Electronic and Electrical Engineering, Shahed University, Tehran. (In Persian)
- Behnamnia, B. (2010). *Structural study of the Gushes in Nava scale in Mirza Abdollah's repertoire*. Supervisor: Hamidreza Ardalan. Master's Dissertation, Iranian Music Performance, Faculty of Music, University of Art, Tehran. (In Persian)
- Beigzadeh, B. & Belali Koochesfahani, M. (2016). Classification of Iranian traditional musical modes (Dastgāh) with artificial neural network. *Journal of Theoretical and Applied Vibration and Acoustics*, Vol. 2, Issue 2: 107-118.
- Darabi, N. (2003). *Producing and analyzing music digital signals: designing Nava scale programming language to produce music pieces and automatic recognition of scales (Dastgahs) for Persian music*, Bachelor's Dissertation, Department of Electrical Engineering, Khaje Nasir Toosi University of Technology, Tehran. (In Persian)
- *Dastgah, Iranian Music* (2016). Wikipedia, the free encyclopedia. 28th January. Available via: <https://en.wikipedia.org/wiki/Dastgah>
- Fakhraddini, F. (2013). *Analysis and description of Radifs (repertoires) in Iranian Music*. Tehran: Moin and Music Museum of Iran Publishing Co. (In Persian)
- Fakhraddini, F. (2015). *Iranian Music Harmony*. Tehran: Moin Publishing Co. (In Persian)
- Farhat, H. (1990). *The Dastgah Concept in Persian Music*. Translator: Mehdi Poormohammad. Tehran: Part publication. (In Persian)
- Gavahian Jahromi, E. (2010). *Persian Music Classification using Pitch Profile Feature*. Supervisor: Hossein Marvi. Advisor: Ali Soleimani. Master's Dissertation, Faculty of Electrical and Robotic Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood. (In Persian)
- Hannaneh, M. (1988). *Lost Scales: A research on the foundations and concepts of Iranian music*. Soroush Publishing Co. (In Persian)
- Mahmoodan, S. (2012). *Automatic classification of audio signals using artificial neural network*. Supervisor: Ayoob Banooshi. Master's Dissertation in Audio Engineering, Department of Broadcasting, IRIB University, Tehran. (In Persian)
- Nettle, B. (2014). *The Radif of Persian Music: Studies of Structure and Cultural Context*. Translator: Ali Shadkam. Tehran: Sooremehr Publishing Co. (In Persian)
- Peivandi, J. (2015). *Design an efficient System to Detect Traditional Iranian Music style*. Supervisor: Hadi Soltanzadeh. Master's Dissertation in Artificial Intelligence, Faculty of Electrical and Computer Engineerin, Semnan University, Semnan. (In Persian)
- Safvat, D. and Caron, N. (2012). *Iranian National Music*. Translator: Soussan Salimzadeh. Tehran: Aras Publishing Co. (In Persian)
- Talai, D. (2015). *Radif analysis: based on the Notation of Mirza Abdollah's Radif with Annotated visual description*. Tehran: Ney Publishing Co. (In Persian)
- *Theoretical Fundamentals of Iranian music* (2009). Hossein Alizadeh [et. al]. Tehran: Mahoor Institute of Culture and Arts. (In Persian)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2018.1268

استناد به این مقاله:

وفائیان، امیر، بُرنا، کیوان، ساجدی، حامد، علیمحمدی، داریوش، سرایی، پویا. (۱۳۹۷). «روش پیشنهادی برای شناسایی خودکار گوشه‌ها در ردیف موسیقی سنتی ایرانی با رویکرد میکرو». مدیریت مهندسی و رایانش نرم، ۶ (۲)، ۱۳۸-۱۱۳.

دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم/دوره ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، شماره پیاپی ۱۲

صفحات ۱۵۰-۱۳۹

(DOI): 10.22091/jemsc.2018.1276

JEMSC.QOM 

مدیریت مهندسی و رایانش نرم ۱۳۹۴

تعیین ویژگی‌های مؤثر برای بیماری نوروپاتی‌ک در بیماران دارای درد مزمن با استفاده از شبکه عصبی عمیق*

مبین شاطریان^۱

محمد تشنه لب^۲

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین ویژگی‌های مؤثر بالینی در بیماران نوروپاتی‌ک دارای درد مزمن می‌باشد. این نوع بیماری بر اثر عواملی مختلف چون جنگ، تصادفات، حوادث ورزشی صورت می‌پذیرد. در این پژوهش، پرسشنامه درد مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا واقع در بیمارستان تخصصی و فوق تخصصی خاتم الانبیاء (ص) تهران مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از شبکه عصبی عمیق و نزدیک‌ترین همسایگی و الگوریتم ژنتیک لیست ویژگی‌ها با دقت اندازه‌گیری ۷۵ درصد به دست آمده است. پرسشنامه مک‌گیل به عنوان بهترین ویژگی‌های مؤثر در بیماری نوروپاتی‌ک برای بیماران با درد مزمن تعیین شده است.

کلمات کلیدی: پرسشنامه مک‌گیل درد مزمن، شبکه عصبی عمیق، کلینیک درد، نوروپاتی‌ک.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۶.

۱. کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

mobin.shaterian@srbiau.ac.ir

teshnehlab@kntu.ac.ir

۲. استاد گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

مقدمه

به طور کلی درد را می‌توان به دو دسته درد مزمن و درد حاد تقسیم‌بندی کرد. دردهای مزمن به دردهایی گفته می‌شود که بیشتر از سه ماه بیمار با آنها درگیر هستند (محمدزاده و همکاران، ۲۰۱۳). تعیین دقیق افراد مبتلا به درد دشوار است ولی با این حال تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ میلیون نفر در آمریکا از درد مزمن و بازگشت‌پذیر رنج می‌برند (تروک و ورکین، ۲۰۰۴). درد مزمن علائمی چون درد سوزشی، درد مبهم، درد ضربان‌دار و درد تهوع‌آور دارد. این نوع درد امکان دارد به صورت دوره‌ای، مداوم یا ترکیبی از هر دو باشد. درد مزمن کیفیت زندگی را کاهش می‌دهد و باعث تضعیف توانایی‌های کارکردی می‌گردد. همچنین، سلامت روح و روابط اجتماعی و وضعیت مالی فرد را تضعیف می‌سازند (اشتون و استات، ۱۹۹۹). طبق تحقیقات محمدزاده و همکارانش در سال ۲۰۱۳، برآورد شیوع درد مزمن در شهر تهران ۲۵/۵ درصد است. این درد در افراد متأهل، خانه‌دار، بازنشسته و مستمری‌بگیر بیشتر بوده و با سن و وضعیت تحصیلی و افسردگی و اضطراب آنها ارتباط مستقیم دارد (محمدزاده و همکاران، ۲۰۱۳). تخمین زده می‌شود برای درمان دردهای مزمن در نوجوانان کشور انگلستان سالانه حدود ۸۰۰۰ یورو برای هر فرد هزینه شود (اسلید و همکاران، ۲۰۰۵). طبق آزمایشی که در شهر تهران روی ۲۳۴۵۷ نفر صورت پذیرفت، درد مزمن در بزرگسالان شیوع قابل توجهی دارد. شیوع درد مزمن در بزرگسالان در تهران در حدود ۲۴ درصد گزارش شده است که درد مزمن کمر و درد مزمن زانو شایع‌تر از بقیه بوده است (۱۲/۴ درصد و ۱۱/۲ درصد). در این تحقیق عوامل اصلی درد مزمن اضطراب و افزایش سن معرفی شده‌اند (محمدزاده و همکاران، ۲۰۱۵). یکی از عوامل مؤثر در ایجاد درد مزمن، تصادفات رانندگی است. در ایران تصادفات رانندگی به صورت بسیار گسترده‌ای صورت می‌پذیرد به طوری که در ده ماهه اول سال ۱۳۹۴ تعداد ۲۶۷۳۴۰ نفر دچار مصدومیت رانندگی در ایران شده‌اند (سازمان پزشکی قانونی، ۱۳۹۵). در نوروز سال ۱۳۹۵ تصادفات رانندگی ۲۰۰۰ میلیارد خسارت به کشور وارد کرد (خبرگزاری ایلنا، ۱۳۹۵).

درد نوروپاتیک: به صورت کلی می‌توان درد را به دسته‌های بزرگ درد نوروپاتیک، درد عضلانی-اسکلتی و درد احشایی و درد روانی دسته‌بندی نمود. درد نوروپاتیک به دلیل آسیب طناب نخاعی و مغزی ایجاد می‌شود. در این نوع درد، مغز تصور نادرستی از سیگنال‌های دریافتی پیرامون ناحیه آسیب دیده کسب می‌کند و باعث می‌شود که بیمار درد را زیر نواحی آسیب دیده احساس کند. در این نوع بیماری، بیمار از کلماتی چون سوزش، سیخ‌زنی، سوزنی برای درد نوروپاتیک استفاده می‌کند (MSKTC، ۲۰۱۶). به طور کلی دردها را می‌توان در جدول (۱) دسته‌بندی نمود. در جدول (۱) «سایر دردها» به دردهای ناشی از «درد های روانی» نیز تأکید دارد.

جدول ۱. طبقه‌بندی نوع درد در آسیب طناب نخاعی

نوع درد	زیر نوع درد
درد نوسیسپتو	درد اسکلتی-عضلانی
درد نوسیسپتو	درد احشایی
درد نوسیسپتو	سایر دردهای نوسیسپتو
درد نوروپاتیک	در سطح آسیب نخاعی
درد نوروپاتیک	اسامی بخش‌های سطح ۳
درد نوروپاتیک	زیر سطح آسیب نخاعی
درد نوروپاتیک	زیر سطح آسیب نخاعی
سایر دردها	
دردهای ناشناخته	

روند درمان در کلینک های درد: در کلینک‌های درد، به منظور شناسایی نوع درد، هنگام ورود بیمار پرسشنامه‌ای از هر بیمار به کمک پرسنل بیمارستان تهیه می‌گردد. این پرسشنامه ابعاد مختلف پزشکی را برای کلیه امور درد در برمی‌گیرد و از ویژگی‌های متعددی برخوردار است و همچنین ویژگی‌های بسیاری در مورد درد بیمار را جمع‌آوری می‌کند. هدف از این پرسشنامه توصیف جامع درد بیمار، درمان‌های صورت پذیرفته و داروهای مصرف شده و نیز ابعاد روانپزشکی می‌باشد.

پس از تهیه چنین فرم‌هایی، بیمار توسط پزشک متخصص درد معاینه می‌گردد و موارد شهودی و رفتاری بیمار بررسی می‌شود، سپس پزشک به دسته‌بندی بیماری می‌پردازد و بنا به نوع درد، درمان‌های مشخصی را پیگیری می‌کند.

هدف از این مقاله تعیین ویژگی‌های مؤثر بیماری نوروپاتی‌ک برای تشخیص بهتر این بیماری می‌باشد. پرسشنامه درد مورد استفاده در بیمارستان خاتم‌النبیاء پرسشنامه وسیعی است و سیزده صفحه دارد. با جمع‌آوری داده‌ها و استفاده از روش‌های هوش مصنوعی به شناخت این ویژگی‌های مؤثر پرداختیم.

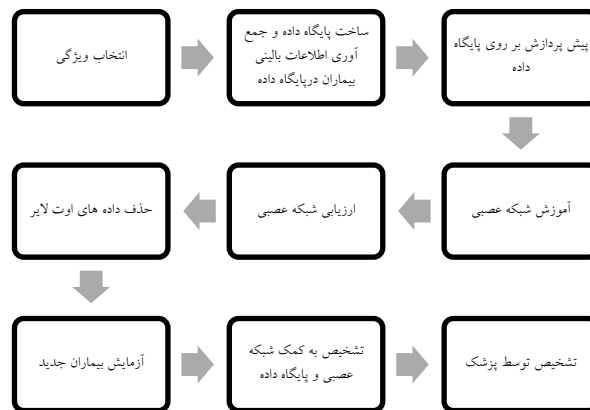
در کاری مشابه، ابزاری برای تشخیص صحیح نوع درد در بیماران آسیب طناب نخاعی، از تئوری تصمیم‌بیزین برای تشخیص استفاده شده است (ورنا و همکاران، ۲۰۱۴). تعداد داده این مجموعه از ۴۸ بیمار به دست آمده است. مجموعه داده‌ها شامل فرم‌های کاغذی از کلینیک Long Beach VA است که توسط متخصصین این زمینه برای درد طبقه‌بندی شده است. با استفاده از نرم‌افزار وکا به عنوان ابزار یادگیری ماشین بر روی ۴۸ بیمار فرضیه مورد نظرشان را ارزیابی کرده‌اند. محل دردی که توسط بیمار علامت‌گذاری شده است، تأثیر مهمی در طبقه‌بندی نوع درد دارد. این سیستم با سیستم تصویربرداری انفورماتیک به منظور پشتیبانی مطالعات کلینیکی برای درمان آسیب طناب نخاعی مرتبط با درد نوروپاتی‌ک به عنوان روش جایگزین زخم جراحی تهاجمی استفاده شده است. از ویژگی‌هایی همچون مکان درد و درماتوم تحت پوشش در نواحی درد و منطقه درد متصل است یا خیر و شرح درد (زمان، شدت و غیره) استفاده شده است. نتایج با استفاده از الگوریتم شبکه بیزین و نایو بیز و استفاده از ابزار وکا به دست آمده و در جدول ۲ نشان داده شده است (ورنا و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۲. دقت تصمیم‌گیری روی داده‌ها پس از اعمال دو الگوریتم بیزین و نایو

مجموعه‌ها	Bayses Network	Naïve Bayses
مجموعه اول	٪۷۸	٪۶۳
مجموعه دوم	٪۹۰	٪۶۰

گام‌های اساسی برای طراحی سیستم تشخیص پزشکی با شبکه‌های عصبی

روند کلی کار برای طراحی شبکه عصبی برای کلینیک‌های بالینی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. روند کلی طراحی شبکه عصبی برای سیستم‌های بالینی

به منظور ساخت شبکه عصبی اطلاعات بیماران در یک بیماری خاص جمع‌آوری می‌گردد. مرحله بعدی انتخاب ویژگی‌های مؤثر در تصمیم‌گیری یا تشخیص بیماری است. این ویژگی‌ها (مثل علائم بالینی، نتایج آزمایشگاه‌ها و...) باعث تمایز طبقه‌بندی بین بیماران می‌گردد. انتخاب ویژگی، ابزار و روش‌های گوناگونی دارد. هدف از این کار حذف وابستگی‌ها و تعیین ویژگی‌های مهم و حذف ویژگی‌های غیرمؤثر می‌باشد لذا این امر باید در مراحل اولیه صورت پذیرد. در مرحله بعد پس از این که پایگاه داده ساخته شد، داده‌ها به نحوی اعتبارسنجی و داده‌های پرت پاکسازی می‌شوند. پس از آموزش و اعتبارسنجی شبکه می‌تواند برای پیش‌بینی تشخیص و طبقه‌بندی شروع به کار گردد. در نهایت پیش‌بینی تشخیص توسط یک متخصص بالینی ارزیابی می‌گردد. مراحل اصلی به طور خلاصه مطابق با شکل ۱ عبارتند از (آماتو و همکاران (۲۰۱۵):

- انتخاب ویژگی

- ساخت پایگاه داده
 - تمیزسازی داده و پیش‌پردازش
- آموزش و اعتبارسنجی داده‌های پایگاه داده با شبکه عصبی
 - ساختار و نوع شبکه
 - الگوریتم آموزش
 - رویکردهای مقاوم بر پایه شبکه عصبی
- آزمودن در محیط بالینی

روش‌شناسی پژوهش

جمع‌آوری داده‌ها

با کمک مرکز علوم و اعصاب شفا واقع در بیمارستان تخصصی و فوق تخصصی خاتم‌الانبیاء(ص) تهران، حدود ۳۰۰ پرونده اسکن شده کاغذی برای پژوهش در مورد پرسشنامه درد این مرکز به صورت کدهای عددی مورد پژوهش قرار گرفت. تعداد ۲۵۳ بیمار با ۳۷۴ ویژگی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌هایی که مقدار آن‌ها تعیین نشده بود به صورت تصادفی در بازه حداقل و حداکثری مقداردهی شده است. به منظور استفاده در روش‌های هوشمند، تمامی داده‌ها به صورت عددی و نرمال درآمدند.

لیست ویژگی‌های مورد بررسی در سایت بیمارستان خاتم‌الانبیاء قرار گرفته است (بیمارستان خاتم‌الانبیاء، ۱۳۹۵). تمامی ویژگی‌ها به صورت فیلدهای تک ویژگی درآمده و به صورت عددی کدگذاری شده‌اند و هر مکان از درد به صورت یک ویژگی در نظر گرفته شده است. ۲۱۱ عدد از داده‌ها از بیمار دریافت شده است و ۱۶۳ داده از پزشک به دست آمده است. در مجموع ۳۷۴ ویژگی به صورت عددی کدگذاری و نرمال‌سازی شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

در این تحقیق تعداد ۱۳۳ بیمار مورد نظر هستند که اصلی‌ترین بیماری آن‌ها نوروپاتی‌ک بوده است (۵۲ درصد). بیماران دارای میانگین سنی ۵۵ سال می‌باشند، بیشترین سن ۸۶ سال و کمترین سن ۱۳ سال است. از آن‌جا که داده‌ها از پرسشنامه‌های کاغذی تهیه

تعیین ویژگی‌های مؤثر برای بیماری نوروباتیک در بیماران دارای درد مزمن با ۱۴۵ ///

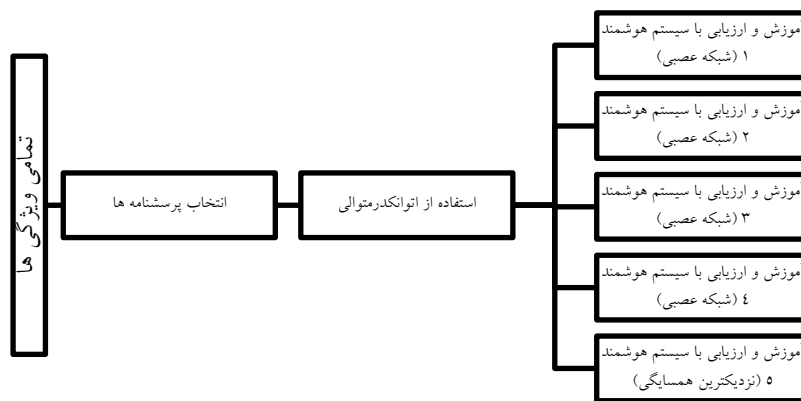
شده است دارای نوین فراوانی هستند. در مقاله حیدرآبادی و همکاران (۱۳۹۶) به تفصیل در مورد ایرادات فرم‌های کاغذی صحبت شده است.

استفاده از اتوانکدر با انتخاب دستی ویژگی‌ها به منظور یافتن بهترین ویژگی‌ها

از آنجا که تعداد ویژگی‌ها برای تشخیص بیماری انبوه است، می‌توان با استفاده از روش کدکننده خودکار تعداد ویژگی‌ها را کاهش داد و سپس با سیستم‌های هوشمند، از داده‌های کاهش داده شده برای تشخیص استفاده نمود. در این روش، دسته ویژگی‌های زیر را به صورت دستی از مجموعه داده‌ها انتخاب کرده‌ایم:

- تمام پرسشنامه
- پرسشنامه مک گیل
- پرسشنامه پر شده توسط پزشک با پرسشنامه ۱۲SF
- پرسشنامه پر شده توسط بیمار
- مکان درد بیمار و پزشک و درماتوم
- پرسشنامه PDI و HADS

با استفاده از شکل ۲ و با کمک اتوانکدر و استفاده از روش‌های هوشمندی چون شبکه عصبی با آموزش گرادینان و آموزش لونبرگ هارکوآرت و نزدیک‌ترین همسایگی که در جدول ۵ نشان داده شده است، پرسشنامه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابعاد پرسشنامه‌ها را با استفاده از اتوانکدرهای مختلف تغییر دادیم. ۵ تا از بهترین نتایج به دست آمده در جدول ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۲. شمای کلی اتوانکدر با انتخاب دستی ویژگی‌ها

یافته‌های پژوهش

نتایج به دست آمده در جدول ۳ قرار گرفته است. ستون «لایه‌های اتوانکدر» ابعاد فعلی ویژگی را ابتدا افزایش و سپس به بعد جدید تبدیل می‌کند و پس از آن را بعدهای آن کاهش می‌دهد و به ابعاد پایین تبدیل می‌کنند.

جدول ۳. نتایج به دست آمده با یک ویژگی

نام ویژگی	لایه‌های اتوانکدر	شبکه عصبی گرادیان	شبکه عصبی گرادیان	شبکه عصبی لونیبرگ مارکوآرت	شبکه عصبی گرادیان	نزدیک‌ترین همسایگی
پرسشنامه مک‌گیل	۳۰-۴۰-۳۰-۱۵	۵۴/۸۳	۵۵/۷	۶۳/۱۶	۵۳/۰۷	۵۹/۲۱
پرسشنامه بیمار	۱۰۰-۱۵۰-۱۰-۲۵-۵۰	۵۰/۸۸	۵۰/۴۴	۴۷/۳۷	۵۰/۴۴	۶۳/۱۶
پرسشنامه پزشکی	۳۰۰-۲۰۰-۱۰۰-۱۵۰-۱۰-۲۵-۵۰	۵۰	۵۰	۵۵/۲۶	۵۰	۶۳/۱۶
پرسشنامه مک‌گیل	۳۰-۴۰-۳۰-۵-۱۵	۵۵/۲۶	۵۲/۱۹	۵۷/۴۶	۵۱/۷۵	۶۱/۸۴

جدول ۴. روش‌های سیستم‌های هوشمند برای تشخیص نتایج اتوانکدر

اطلاعات سیستم	شماره سیستم هوشمند
شبکه عصبی با آموزش گرادیان نزولی دو لایه ۶ و ۱۰ با نرخ آموزش ۲ صدم تابع لایه اول tansig تابع لایه دوم tansig و خروجی خطی	۱
شبکه عصبی با آموزش گرادیان نزولی و مومنتوم دو لایه ۴ و ۱۰ با نرخ آموزش ۲ صدم تابع لایه اول tansig تابع لایه دوم tansig و خروجی خطی	۲
شبکه عصبی با آموزش لونیبرگ مارکوآرت دو لایه ۳ و ۵ با آموزش ۳ صدم تابع لایه اول logsig و تابع لایه دوم logsig و خروجی خطی	۳
شبکه عصبی با آموزش گرادیان نزولی دو لایه ۷ و ۱۱ با نرخ آموزش ۵ صدم تابع لایه اول tansig تابع لایه دوم logsig و خروجی خطی	۴

۵ نزدیک ترین همسایگی با نرم اقلیدسی و تعداد همسایگی یکی بیشتر تعداد ویژگی‌ها می‌باشد.

همانطور که ملاحظه می‌کنید بالاترین دقت مرتبط با پرسشنامه مگ گیل است که ویژگی‌ها را به ۱۵ ویژگی تقلیل می‌دهد و با ۶۳ درصد بالاترین دقت را ارائه می‌دهد.

استفاده ویژگی‌ها به صورت تصادفی و الگوریتم ژنتیک

در این بخش پرسشنامه‌ها را بر اساس شهرت پزشکی آن‌ها مورد استفاده قرار دادیم. در ادامه ویژگی‌ها را با الگوریتم‌های تصادفی و الگوریتم‌های ژنتیک انتخاب می‌کنیم و سپس ویژگی‌های انتخاب شده را به اتوانکدرهای مختلف می‌دهیم و در نهایت نتایج را برای دسته‌بندی به شبکه عصبی با آموزش گرادیان و لوبنرگ مارکوآرت و نزدیک‌ترین همسایگی انتقال می‌دهیم. این کار را نزدیک به هزار بار با انتخاب‌های مختلف و لایه‌های مختلف اتوانکدر اجرا کردیم. بهترین ۵ نتیجه در جدول ۵ نمایش داده شده است.

جدول ۵. خلاصه چهار روش جستجو برای بیماری نوروپاتی

روش	سیستم هوشمند	ساختار	دقت ارزیابی
انتخاب تصادفی ویژگی‌ها	نزدیک‌ترین همسایگی	انتخاب ۴۴ ویژگی	۷۳٪
انتخاب تصادفی ویژگی‌ها برای اتوانکدر	نزدیک‌ترین همسایگی	انتخاب ۱۵۸ ویژگی و استفاده از اتوانکدر ۱۵۸-۷۹-۵۲-۳۹-۳۱-۱۵-	۷۳٪
استفاده از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی	شبکه عصبی	۱۸۸	۷۳٪
استفاده از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی و اتوانکدر	نزدیک‌ترین همسایگی	۱۹۲-۹۶-۶۴	۷۵٪

به طور کلی، بهترین دقت به دست آمده مرتبط با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی‌ها و استفاده از اتوانکدر برای کاهش ابعاد و استفاده از نزدیک‌ترین همسایگی

برای دسته‌بندی بیماری نوروپاتی‌ک با دقت ۷۵ درصد می‌باشد. در جدول ۵ ردیف اول با استفاده از انتخاب الگوریتم تصادفی ۴۴ ویژگی مختلف را انتخاب کرده است و سپس با کلاستر نزدیک‌ترین همسایگی به ۷۳ درصد دقت رسیده است. در ردیف دوم ابتدا ۱۵۸ ویژگی مختلف با الگوریتم‌های تصادفی انتخاب شدند و با کمک اتوانکدر ابعاد آن‌ها از ۱۵۸ به ۷۹ سپس با اتوانکدر دیگری به ۵۲ و با انکدر دیگری به ۳۹ و بعد به ۳۱ و در نهایت به ۱۵ بعد تقلیل یافته است و در نهایت با استفاده از نزدیک‌ترین همسایگی دقت ۷۳ درصد به دست آمده است. در ردیف سوم با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۱۸۸ ویژگی انتخاب شده و سپس با شبکه عصبی به دقت ۷۳ درصد دست یافته است. در ردیف چهارم با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۶۴ ویژگی انتخاب شد و با اتوانکدر ابعاد آن به ۹۶ ویژگی و سپس به ۱۹۲ ویژگی افزایش داشت. در نهایت با دسته‌بندی‌کننده نزدیک‌ترین همسایگی به دقت ۷۵ درصد دست یافتیم.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به آمار بالای تصادفات در ایران و مجروح شدن هم‌وطنان در تصادفات و همچنین آسیب‌هایی که به جانبازان در جنگ وارد شده است، درمان این دسته از بیماران امری حیات به نظر می‌رسد. تشخیص و طبقه‌بندی نوع درد بیماران امری پیچیده و جزء مسائلی است که پزشکان از سالیان دور با آن درگیر بوده‌اند. تعیین ویژگی‌های پراهمیت برای طبقه‌بندی نوع درد کمک شایانی برای پزشکان و درمان از راه دور و در پی آن، کاهش زمان درمان این بیماران محسوب می‌شود. لازم به ذکر است که طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی نوع درد به هیچ عنوان جایگزین پزشک نخواهد شد و تنها باعث بررسی پرونده پزشک در مدت زمان کوتاه و اطمینان‌بخشی برای تصمیمات پزشکی است. متأسفانه این موضوع به دلیل پیچیدگی‌های بسیار، کمتر مورد توجه محققین هوش مصنوعی قرار گرفته است و مقالاتی که چنین سیستم‌هایی را پیاده‌سازی کرده باشند بسیار کم و اندک شمار هستند. همچنین، مراکز پزشکی از دادن مجموعه داده امتناع بسیاری می‌ورزند و کمتر حاضر به همکاری برای ساخت چنین سیستم‌هایی می‌باشند.

با توجه به نتایج به دست آمده برای بیماری نوروپاتی، به نظر می‌رسد که استفاده از پرسشنامه استاندارد و جهانی مگ گیل نتایج خیلی بهتری نسبت به جمع‌آوری اطلاعات مختلف از بیمار ارائه می‌دهد. این پرسشنامه با این که تعداد سوالات کمتری نسبت به پرسشنامه کامل درد دارد ولی اطلاعات بهتری از بیمار در اختیار سیستم تشخیص هوشمند قرار می‌دهد. همچنین، از آنجا که این پرسشنامه جهانی است، تهیه داده‌ها از کشورهای مختلف و کلینک‌های درد متفاوت را امکان‌پذیر می‌سازد.

عدم آزادی اطلاعات پزشکی، عدم جمع‌آوری داده‌ها به صورت عددی در مراکز درمانی و ترس از افشای اشتباهات پزشکی باعث شده است که داده‌های پزشکی به سختی در اختیار محققین علوم مختلف قرار بگیرند. همچنین، جمع‌آوری داده‌ها از نسخه‌های اسکن شده و دست‌نوشته‌های پزشکی با نویز و دردسرهای فراوانی روبه‌رو است. لذا توصیه می‌گردد هنگام جمع‌آوری داده‌ها نخست از ابزار دیجیتالی مانند پرتال، وبسایت، فرم‌های اینترنتی، اپلیکشن‌ها و ربات‌های شبکه‌های اجتماعی استفاده شود. همچنین، استفاده از داده‌های پزشکی حجیم لزوماً دربرگیرنده اطلاعات مفید نیستند و همان‌طور که در این پژوهش اشاره شد، استفاده از پرسشنامه مگ گیل که پرسشنامه به نسبت کوچک ولی با اعتبار جهانی است بهتر از ۳۷۴ ویژگی می‌باشد و همچنین می‌توان تعداد داده‌های بیشتری از بیماران تهیه نمود و سیستم هوشمند قدرتمندتری را ایجاد کرد.

سپاسگزاری

با تشکر از دکتر نصراله نصر حیدرآبادی که در این تحقیق همکاری‌های فراوانی نمودند.

با تشکر از دکتر لاله حاکمی پزشک متخصص درد.

با سپاس از مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا.

با سپاس از بیمارستان تخصصی و فوق تخصصی خاتم‌الانبیاء (ص) تهران.

منابع

- D. C. Turk, R. H. Dworkin. (2001). What should be the core outcomes in chronic pain clinical trials? M. A. Ashburn, P. S. Staats. (1999). Management of chronic pain, The Lancet, 353(67), 1865-69
- F. Amato, A. López, E. M. Peña-Méndez, P. Vañhara, A. Hampl, J. Havel. (2013). Artificial neural networks in medical diagnosis, J. Appl. Biomed. 11(3), 47-58.
- F. Mohammadzadeh et.al, (2013). Epidemiology of Chronic Pain in Tehran Small Area Estimation of its Prevalence in Tehran Neighborhoods by Bayesian Approach (Urban HEART-2 study), Iran. J. Epidemiol, 9.
- F. Mohammadzadeh et.al, (2015). A Fairly Comprehensive Survey of Chronic Pain in Iranian Population: Prevalence, Risk Factors, and Impact on Daily Life. Health Scope 4(3).
- <http://www.ilna.ir/fa/tiny/news-357698>
- http://www.khatamhospital.org/librarybooks.php?n_branch=&idfield=113.
- <http://www.lmo.ir/index.aspx?siteid=1&pageid=2370>
- M. Sleed, C. Eccleston, J. Beecham, M. Knapp, A. Jordan. (2005). The economic impact of chronic pain in adolescence: Methodological considerations and a preliminary costs-of-illness study. Pain. 11(1-3), 183-190.
- MSKTC Experts, (2010). Available at: <http://www.msktc.org/sci/factsheets/pain#Top>.
- NASR HEYDARABADI, NASROLAH, SAFDARI REZA*, GHAZI SAEEDI MARJAN, RAHMAN ARASH, HAKEMI LALEH, KOLIVAND PIRHOSSEIN, SHATERIAN MOBIN, (2016). THE IMPORTANCE OF AUTOMATED SYSTEMS FOR INFORMATION GATHERING AND DECISION MAKING SUPPORT FOR THE PAIN MANAGEMENT IN PATIENT WITH SPINAL CORD INJURY, NEUROSCIENCE JOURNAL OF SHEFAYE KHATAM, 4(3), 81-90
- S. K. Verma, S. Chun, B. J. Liu. (2014). A web-based neurological pain classifier tool utilizing Bayesian decision theory for pain classification in spinal cord injury patients.

استناد به این مقاله:

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2018.1276

شاطریان، مبین، تشنه لب، محمد. (۱۳۹۷). «تعیین ویژگی‌های مؤثر برای بیماری نوروپاتی در بیماران دارای درد مزمن با استفاده از شبکه عصبی عمیق». مدیریت مهندسی و رایانش نرم، ۶ (۲)، ۱۵۰-۱۳۹.

بهبود الگوریتم تشخیص نقشه برجستگی مبتنی بر CRF با استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر تجزیه ماتریس*

محمد شوریابی^۱

محمد جواد فدائی اسلام^۲

چکیده

با توجه به این که نقشه برجستگی تصویر می‌تواند در الگوریتم‌های مانند بخش‌بندی، فشرده‌سازی و بازیابی تصویر کاربرد داشته باشد، ارائه یک مدل کارآمد برای تشخیص برجستگی مورد توجه محققین قرار گرفته است. علیرغم این که تاکنون کارهای زیادی در این زمینه انجام شده است، اما تاکنون یک مدل مؤثر و کارآمد که بتواند با محاسبات کم نقشه برجستگی تصویر را آشکار کند، ارائه نشده است. برای این منظور، ما یک الگوریتم ساده و تحت نظارت برای شناسایی نقشه برجستگی با استفاده از میدان تصادفی شرطی (CRF) و نشانه‌های برجستگی پیشنهاد می‌کنیم. در روش پیشنهادی برای آموزش CRF از ویژگی‌های کنتراست محلی، مرکز سوگیری و پس‌زمینه‌ای استفاده شده است، علاوه بر این سه ویژگی برای کارایی بهتر، ویژگی جدیدی مبتنی بر تجزیه ماتریس به کار گرفته شده است. در ادامه CRF با توجه به ویژگی‌های ۲۰ تصویر که به تصویر ورودی نزدیک هستند، آموزش می‌بیند. در نهایت برجستگی تصویر ورودی با توجه به وزن‌های محاسبه شده در مرحله آموزش، نشانه‌های برجستگی تصویر ورودی و مبنای درستی محاسبه می‌شود. روش پیشنهادی در دقت و سرعت اجرای الگوریتم نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد.

کلمات کلیدی: ابر پیکسل، تشخیص برجستگی، میدان تصادفی شرطی، نشانه‌های برجستگی.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۶.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران (نویسنده مسئول)

m.shouryabi@semnan.ac.ir

fadaei@semnan.ac.ir

^۲ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

مقدمه

صحنه‌هایی که ما در زندگی روزمره با آن‌ها مواجه می‌شویم، معمولاً توسط عوامل مختلفی دستخوش تغییر می‌شوند. ظرفیت سیستم بینایی برای پردازش این تغییرات و اطلاعات صحنه در هر لحظه محدود است. توجه بینایی مکانیزی است که نواحی مهم و چشم‌گیر را در یک صحنه مشخص کرده، آن‌ها را برای پردازش‌های سطح بالاتر همچون شناسایی هدف آماده می‌کند. در حقیقت توجه بینایی باعث شده تا انسان در محیط اطرافش بی‌درنگ به جستجو و شناسایی اشیاء مختلف و مورد علاقه‌اش بپردازد. توجه بینایی را می‌توان یکی از ابزارهای ابتدایی برای طراحی سیستم مصنوعی چشم انسان در نظر گرفت به گونه‌ای که توسط این سازوکار می‌توان نواحی مورد توجه را نسبت به بقیه نواحی با وضوح بیشتری مشاهده نمود و نواحی اطراف آن را به عنوان ورودی‌های غیرضروری در درک تصویر بیان کرد (رولز و دکو، ۲۰۰۶). توجه بینایی به ویژه در ۲۵ سال اخیر بسیار مورد اهمیت قرار گرفته و مدل‌های متنوعی از آن نیز در حوزه‌های مختلف ارائه شده است. محققین زیادی جهت ارائه یک مدل محاسباتی برای طراحی این سازوکار تلاش کرده‌اند. این مدل‌ها بسته به ویژگی‌های به کار گرفته در آن‌ها به دو نوع بالا به پایین^۱ و پایین به بالا^۲ معروفند. مدل‌های بالا به پایین هدف محور می‌باشند که دارای پردازش اطلاعات سطح بالای تصاویر که برگرفته از دانش قبلی در رابطه با صحنه‌اند مانند بازشناسی شی، طبقه‌بندی صحنه و شناسایی هدف می‌باشند. در سوی دیگر، توجه پایین به بالا برگرفته از ویژگی‌های اولیه تصویر مانند رنگ، روشنایی و جهت می‌باشد که به آن پردازش محرک محور می‌گویند.

نگاه رایج این است که توجهات بالا به پایین و محرک محور، با یکدیگر ترکیب شوند تا رفتار توجهی ما را هدایت کنند. یک مدل و روش ترکیبی بایستی قادر به توضیح این امر باشد که چه موقع و چگونه به یک مورد بینایی محیط اطراف توجه شده، یا به علت وجود علائم برجسته یک عامل محرک دیگر، از آن صرف‌نظر می‌شود. بیشتر مدل‌های

¹ Top-down² Bottom-up

توجه، وابسته به عامل پایین به بالا است و واژه نواحی برجسته^۱ به این مدل‌ها اطلاق می‌شود و وجود اکثریت، در این حوزه به دلیل وجود روش‌های استاندارد و سادگی پیاده‌سازی آن‌ها می‌باشد (برجی و ایتی، ۲۰۱۳).

طی دهه‌های اخیر، محققان پژوهش‌های زیادی پیرامون تعامل مکانیزم توجه بینایی و مدل‌های محاسباتی آن انجام داده‌اند. تحقیقات تشخیص برجستگی در پیش از سال‌های ۲۰۱۰، در مرحله پیشرفت‌های بنیادی قرار دارند و توجه رشته‌های مختلف از جمله روانشناسی شناختی، علوم اعصاب و بینایی کامپیوتری را به خود جلب کرده است. شاید اولین تلاش توسط Treisman در سال ۱۹۸۰ بود که منجر به پیدایش نظریه یکپارچگی ویژگی شد. بر اساس این نظریه، اکثر نواحی برجسته صحنه‌های طبیعی در زمانی که چشم مشاهده‌گر به صحنه دوخته شده است در ویژگی‌های سطح پایین نظیر رنگ، روشنایی و جهت نسبت به بقیه نواحی دارای تمایز می‌باشند (اکاتی و ابراهیمی مقدم و هراتی، ۱۳۹۴). به دنبال این نظریه، Itti و همکاران (ایتی و کوچ و نیبور، ۱۹۹۸) یک مدل مرکز-پیرامون چند مقیاسی را ارائه می‌کنند که در آن به منظور تشخیص برجستگی، رنگ، شدت و جهت‌گیری با مقیاس‌های مختلف با هم ادغام می‌شوند. Bruce و همکاران (براک و تسوتوسوس، ۲۰۰۶) برای محاسبه برجستگی از اندازه‌گیری مقدار اطلاعاتی شانون در زمینه محلی استفاده می‌کنند. (آچانتا و حمامی و استرادا و استرانک، ۲۰۰۹)، روش فرکانس تنظیم شده مبتنی بر رنگ و درخشندگی را ارائه می‌نمایند، در این روش مقدار برجستگی توسط تفاوت رنگ و با توجه به میانگین ارزش پیکسلی محاسبه می‌شود. (هو و ژانگ، ۲۰۰۷) و (گو و ما و ژانگ، ۲۰۰۸) برای تشخیص برجستگی بصری از تجزیه و تحلیل طیف فوریه استفاده می‌کنند.

از سال ۲۰۱۰، به منظور تشخیص برجستگی، مدل‌های پیشرفته‌تر و به ویژه مدل‌های مبتنی بر گراف مطرح شده‌اند که به طور کلی دقت کلی تشخیص را بهبود می‌بخشند. (ژیانگ و ژانگ و لو و یانگ و یانگ، ۲۰۱۳) یک مدل گراف دو حلقه‌ای ایجاد نموده‌اند

¹ Salient Region

که در آن مقادیر برجستگی در مناطق مختلف تصویر با احتمالات جذب مارکوف محاسبه می‌شود. (لی، لی، وانگ، ایرل و فنگ، ۲۰۱۳)، برای غلبه بر تأثیر منفی الگوهای تصویر با مقیاس کوچک و کنتراست بالا، یک رویکرد چند لایه را پیشنهاد کردند که به وسیله مدل درختی سلسله مراتبی موجب بهبود تشخیص برجستگی می‌شود. (پرازی و کراهنبل و پریچ و هورنونگ، ۲۰۱۲)، محاسبات کنتراست و برجستگی را در چارچوب فیلترینگ گاوسی با ابعاد بالا هماهنگ می‌کنند. (وی و ون و ژو و سان، ۲۰۱۲) از دانش اولیه پس زمینه‌ها و فاصله جغرافیایی برای محاسبه برجستگی بصری استفاده می‌نمایند. (یانگ و ژانگ و لو و روان و یانگ، ۲۰۱۳) برای استخراج نمایش‌های پیش زمینه در نقشه برجستگی نهایی، از رتبه‌بندی چند منظوره مبتنی بر گراف استفاده می‌کنند و در این رتبه‌بندی از چهار مرز تصویر به عنوان دانش اولیه پس زمینه استفاده می‌شود.

اگر شروع بررسی‌ها در مورد برجستگی تصویر را سال ۱۹۸۰ در نظر بگیریم، هر چه به سمت جلو پیش می‌رویم، معمولاً برای تشخیص برجستگی تصویر از رویکردهای یادگیری تحت نظارت استفاده شده است. در مطالعه (یانگ و یانگ، ۲۰۱۷) در تمایز برجستگی بصری از یادگیری مشترک میدان تصادفی شرطی^۱ (CRF) استفاده شده است. (لو و ماهادوان و وسکونکوس، ۲۰۱۴)، فرآیند انتشار مبتنی بر گراف را برای یادگیری بذره‌های بهینه^۲ تصویر و تمایز میان شی و پس زمینه اعمال کردند. (لو و ماهادوان و وسکونکوس، ۲۰۱۴)، برای تجمیع نقشه‌های برجستگی مدل‌های مختلف، مدل CRF را آموزش می‌دهند که نه تنها از نقشه‌های برجستگی منحصر به فرد بلکه از تعاملات بین پیکسل‌های مختلف نیز بهره می‌برد. در مطالعه (تونگ و لو و روان و یانگ، ۲۰۱۵)، از چند نمونه از نقشه برجستگی ضعیف به عنوان مجموعه آموزشی ماشین‌های بردار منبع^۳ (SVM) و متعاقباً از آن‌ها برای ایجاد یک نقشه برجسته قوی استفاده می‌کنند.

¹ Conditional Random Fields

² optimal seeds

³ supply vector machines

پیشینه پژوهش

در بخش حاضر به معرفی دو مدل که در روش پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، می‌پردازیم.

رویکرد CRF مبتنی بر سوپر پیکسل برای تشخیص برجستگی

(کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) یک الگوریتم ساده و جدید تحت نظارت برای شناسایی نقشه برجستگی با استفاده از میدان‌های تصادفی شرطی و نشانه‌های برجستگی (کنتراست محلی^۱، مرکز سوگیری^۲ و پس‌زمینه‌ای^۳) پیشنهاد می‌کنند. آن‌ها معتقداند بیشتر رویکردهای CRF موجود، مدل‌های گرافیکی احتمالی را با گراف پیکسل همسایگی ۸-گانه شبکه‌ای شکل تنظیم می‌کنند، در حالی که بررسی گراف سطح ابرپیکسل آن‌ها نه تنها می‌تواند مدل را ساده کند، بلکه باعث می‌شود هر پیچ ابرپیکسل، همسایگی و اطلاعات مرزی بیشتری داشته باشد که برای یادگیری و نتیجه‌گیری در مدل گراف مفید است. علاوه بر این، به ظاهر عنصر ابرپیکسل برای سیستم بصری انسان مناسب‌تر است. اساس کار این مقاله به شرح زیر است:

- برای تشخیص منطقه برجسته، یک گراف مبتنی بر ابرپیکسل برای میدان تصادفی شرطی ایجاد می‌شود.
- در رابطه با هر تصویر ورودی، تعدادی تصویر که نزدیک به تصویر ورودی می‌باشد، توسط الگوریتم gist (اولیوا و تورالبا، ۲۰۰۱) انتخاب می‌شود، سپس یک مدل میدان تصادفی شرطی خاص توسط این تصاویر که به تصویر ورودی نزدیک هستند، آموزش می‌بیند.
- (اولیوا و تورالبا، ۲۰۰۱) در بخش اول از الگوریتم SLIC برای تجزیه به ابرپیکسل استفاده می‌کنند^۴. اما در بخش دوم با توجه به این که به طور کلی شبکه چشم انسان با دو

نوع سلول بصری شناخته شده و پر می شود: یعنی مخروطی و میله‌ای و سلول‌های مخروطی می‌توانند به انسان کمک کنند که یک دید با جزئیات در مورد نواحی مورد علاقه به دست آورد و سلول‌های میله‌ای یک دید کلی را در چندین میلی ثانیه اول ارائه می‌دهند و پس از آن انسان می‌تواند توسط تجربه بدون هیچ درنگی برترین ناحیه جذاب را برآورد کند. بنابراین با توجه به مواردی که بیان شد (اولیوا و تورالبا، ۲۰۰۱) معتقد بودند که علاوه بر دید اولیه، مسئله تجربه را هم باید به گونه‌ای در روش پیشنهادی خود وارد کنند. برای این منظور یک سری کاندیدا را که صحنه مشابهی با تصویر پرس جو دارند را با استفاده از ویژگی gist پیدا می‌کنند. کاندیداهای انتخاب شده را برای هر تصویر برای آموزش یک مدل مجزا وارد CRF می‌کنند.

تشخیص شیء برجسته از طریق تجزیه ماتریس ساختار یافته

(پنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷) یک روش جدید برای تجزیه ماتریس‌ها به منظور یافتن نواحی برجسته ابداع نموده‌اند. (پنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷) در ابتدا با توجه به روش SLIC تصویر را به ابرپیکسل تبدیل می‌کنند. سپس از هر ابرپیکسل ۵۳ ویژگی استخراج می‌کنند و ماتریس F را با ابعاد $N \times 53$ (تعداد ابرپیکسل‌هاست) تشکیل می‌دهند. سپس ساختار درختی را به همراه اطلاعات اولیه‌ای از میزان برجستگی نواحی به مسئله اضافه می‌کنند. (پنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷) در این مقاله سعی دارند موضوع رتبه پایین، اطلاعات مربوط به همسایگی و اطلاعات اولیه مربوط به نقشه برجستگی را به نوعی با هم ترکیب نمایند. آن‌ها از رابطه (۱) برای انجام موارد بیان شده (موضوع رتبه پایین، اطلاعات همسایگی و اطلاعات اولیه نقشه برجستگی) بهره می‌گیرند. در این مقاله، نقشه برجستگی تصویر (F) از تجزیه ماتریسی به L (ماتریس مرتبه پایین) که نشان‌دهنده پیش زمینه تصویر و S (ماتریس پراکنده) که نشان‌دهنده شیء برجسته می‌باشد، محاسبه می‌شود (شکل ۱).

$$\min_{L,S} \psi(L) + \alpha\Omega(S) + \beta\theta(L,S)$$

$$\text{s. t.} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$F = L + S$$

در این رابطه Ψ نشان‌دهنده رتبه ماتریس L ، تابع Ω در بردارنده یک ساختار درختی است که در آن اطلاعاتی از میزان اهمیت هر ناحیه وجود دارد و Θ یا تنظیم لاپلاسی باعث افزایش شکاف بین اشیا برجسته و پس‌زمینه در فضای ویژگی می‌شود.

روش پژوهش

روش میدان تصادفی شرطی در سال ۲۰۰۱ توسط (لافرتی و مک کالم و پیرا، ۲۰۰۱) ارائه شد، CRFها مدل‌های احتمالی برای برجسب‌زنی داده‌های متوالی می‌باشند (لافرتی و مک کالم و پیرا، ۲۰۰۱). میدان تصادفی شرطی که ما در این مقاله پیشنهاد می‌کنیم، برگرفته از مقاله (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) می‌باشد، CRF پیشنهادی در واقع مدلی احتمالی برای محاسبه $P(A|F)$ می‌باشد که در آن $A = \{a_x\}$ مجموعه برجسب‌ها و $F = \{f_1, f_2, f_3\}$ نشانه‌های برجستگی می‌باشد. CRF پیشنهاد شده به صورت معادله (۲) تعریف می‌شود.

$$P(A|F) = \frac{1}{Z} \exp\{-E(A|F)\} \quad \text{رابطه ۲}$$

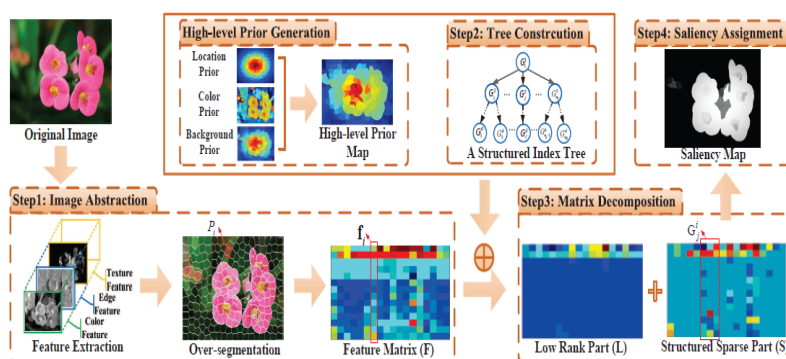
که در آن Z ثابت نرمال‌سازی به نام تابع افراز و $E(A|F)$ تابع انرژی می‌باشد. (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) سعی کردند نشانه‌های برجستگی و سیستم همسایگی را در تابع انرژی مورد نظر ایجاد کنند. بنابراین تابع انرژی را به صورت صورت رابطه (۳) تعریف کردند.

$$E(E|A) = \sum_{x \in S} \sum_{i=1}^m \lambda_i V_i(a_x, f_i) + \sum_{x \in S, x' \in N(x)} N(a_x, a_{x'}, F) \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن V_i و N به ترتیب پتانسیل وابستگی و اثر متقابل (تعامل) نامیده می‌شوند. به‌طور ویژه، پتانسیل وابستگی در ناحیه x ، تابعی از تمام ویژگی مشاهده شده (نشانه برجستگی) F و همین‌طور برجسب A می‌باشد. در واقع این تابع تأثیر نشانه‌های برجستگی را روی برجسب برجستگی (برجسته بودن یا نبودن) نشان می‌دهد. (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) پتانسیل وابستگی را به صورت $V_i(a_x, f_i) = f_{ix} a_x$ تشکیل می‌دهند که در آن مقدار نشانه برجستگی i در ابریکسل x و a_x برابر مبنای درستی برجستگی می‌باشد. پتانسیل وابستگی فقط به گره (ناحیه x) وابسته است در حالی که پتانسیل تعامل ارتباط بین دو ناحیه x و همسایه آن x' را در نظر می‌گیرد. پتانسیل تعامل توسط (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود.

$$N(a_x, a_{x'}, F) = 1(a_x \neq a_{x'}) \exp(-\beta \|F_x - F_{x'}\|) \quad (\text{رابطه ۴})$$

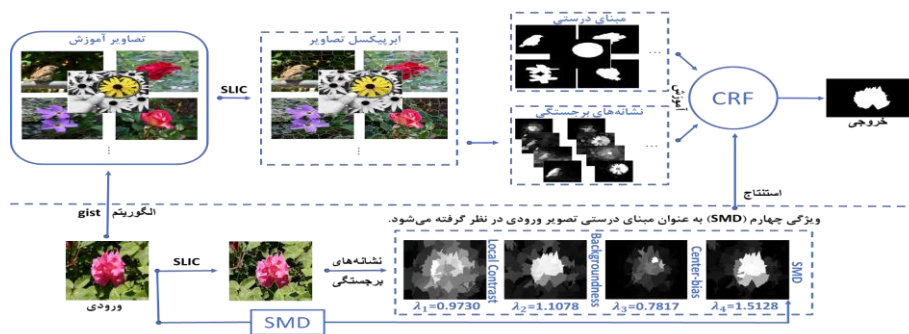
λ_i موجود در رابطه (۳) وزن (ضریب تأثیر) هر نشانه برجستگی را نشان می‌دهد. مقادیر λ_i با توجه به داده‌های آموزش محاسبه می‌شوند. (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) برای قسمت آموزش CRF، تعداد ۲۰ تصویر را که نزدیک به تصویر ورودی می‌باشد را از کل دیتاست توسط الگوریتم gist به دست می‌آورند. سپس هر کدام از تصاویر توسط الگوریتم SLIC ناحیه‌بندی می‌شوند. تفاوت روش ما با روش پیشنهادی (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) در این است که آن‌ها از سه نشانه‌ی برجستگی کنتراست محلی، مرکز سوگیری و پس‌زمینه‌ای برای هر ناحیه از تصاویر آموزش استفاده می‌کنند، در حالی که ما علاوه بر نشانه‌های برجستگی بیان شده خروجی روش پیشنهادی Peng و همکاران را به عنوان ویژگی چهارم به سیستم مورد نظر می‌دهیم. با توجه به ۲۰ تصویری که برای آموزش در نظر گرفته شده و موجود بودن مبنای درستی و نشانه‌های برجستگی هر تصویر، مقادیر λ_i برای هر نشانه برجستگی مشخص می‌شود.



شکل ۱. نمایشی از روش پیشنهادی در (بنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷)

هر نشانه برجستگی که بهتر باشد، ضریب λ مربوط به آن بیشتر خواهد بود. پس از محاسبه λ_i ها، مشخص می‌شود هر ویژگی تا چه اندازه برای تشخیص ناحیه برجسته مفید بوده است. باید به این نکته توجه داشت که در مرحله آموزش مقدار مبنای درستی هر تصویر مشخص است اما در مرحله آزمایش مقدار مبنای درستی تصویر ورودی مشخص نیست، Qiu و همکاران مقدار a_x را به صورت تصادفی تولید می‌کنند، اما پیشنهادی که ما

برای این قسمت از الگوریتم داریم، این است که با توجه به این که CRF به هر یک از نشانه‌های برجستگی موجود وزنی را اختصاص می‌دهد، بنابراین ما ویژگی که وزن بیشتری دارد را به عنوان مبنای درستی تصویر ورودی در نظر بگیریم. در قسمت استنتاج با توجه به وزن‌های محاسبه شده در قسمت آموزش، نشانه‌های برجستگی موجود برای تصویر ورودی و همچنین مقدار مبنای درستی که نحوه محاسبه آن ذکر شد، برجستگی تصویر ورودی محاسبه می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲. چارچوب مدل برجستگی پیشنهادی

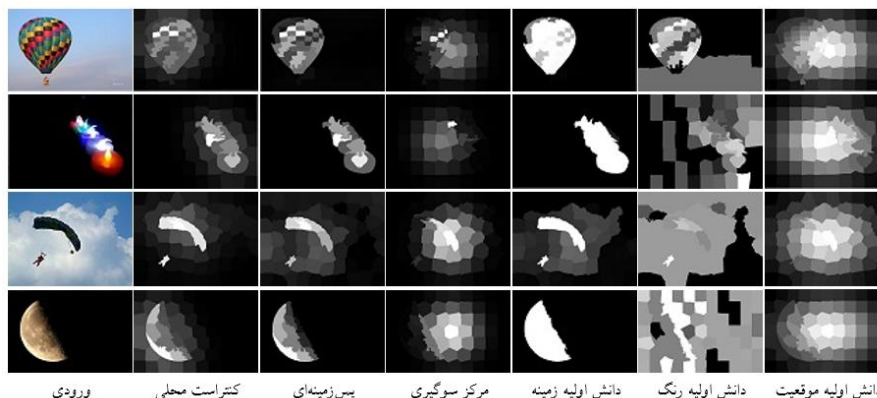
در ادامه این کار ما سعی کردیم، روش پیشنهادی را با ترکیب ویژگی‌های دو مقاله Qiu و همکاران (کنتراست محلی، مرکز سوگیری و پس‌زمینه‌ای) و Peng و همکاران (دانش اولیه موقعیت^۱، دانش اولیه رنگ^۲، دانش اولیه زمینه^۳) بهبود ببخشیم (شکل ۳). به طور کلی، ترکیب ویژگی‌های مختلف برای استفاده در یک الگوریتم که همه از آن بهره‌مند شوند، مشکل است. اگرچه چند آزمایش یکپارچه‌سازی انجام شده است (ژیانگ و وانگ و یوان و لیو و ژنگ، ۲۰۱۳)، (فو و گونگ و یانگ و ژو و گو، ۲۰۱۳)، اما این الگوریتم‌ها به طور خاص، با توجه به دارا بودن تعداد زیادی از ویژگی‌ها، بسیار بزرگ و ناکارآمد طراحی شده‌اند. ما ترکیب‌های مختلف ویژگی‌ها را در روش پیشنهادی بررسی کردیم و بهترین عملکرد در استفاده از چهار ویژگی کنتراست محلی، پس‌زمینه‌ای، دانش

¹ Location Prior

² Color Prior

³ Background Prior

اولیه موقعیت و زمینه به دست آمد (روش پیشنهادی ۲). اما نتایج حاصل از این ترکیب به خوبی نتایج روش پیشنهادی اول نیست.



شکل ۳. ویژگی‌های مورد استفاده در (اویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) و (پنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷)

نتایج پیاده‌سازی

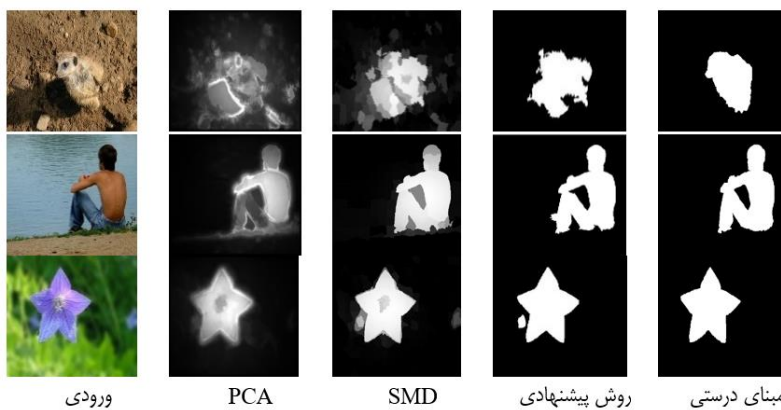
برای نشان دادن اثربخشی روش تشخیص برجستگی پیشنهادی، روش خود را با روش‌های تشخیص برجستگی مختلف مقایسه می‌کنیم. مدل پیشنهادی با مدل‌های تشخیص برجستگی PCA (مارگولین و تال و ژنلیک مانور، ۲۰۱۳)، CB (ژیانگ و وانگ و یوان و لیو و ژنگ لی، ۲۰۱۱)، wCtr (ژو و لیانگ و وی و سان، ۲۰۱۴)، SMD (پنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷) و همچنین روش پیشنهادی Qiu و همکاران که اساس کار ما هم همین روش می‌باشد، بر روی پایگاه داده MSRA-10K که شامل ۱۰۰۰۰ تصویر است و اخیراً در پژوهش‌های فراوانی استفاده شده است، مقایسه می‌گردد. مقایسه بصری نقشه‌های برجستگی مدل پیشنهادی نسبت به مدل‌های دیگر در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید، نقشه برجستگی حاصل از مدل پیشنهادی ما، به مبنای درستی تصویر مورد نظر نزدیک‌تر می‌باشد اما به منظور ارزیابی دقیق‌تر روش پیشنهادی به سراغ معیارهای ارزیابی می‌رویم.

روش‌های مختلفی برای ارزیابی کمی نقشه‌های برجستگی پیشنهاد شده‌اند. اساس ارزیابی باید نزدیکی بین نقشه برجستگی مشتق شده و نقشه مرجع را تعیین کند. در این مقاله برای ارزیابی روش پیشنهادی از معیارهای میانگین خطای مطلق (MAE) و F-measure استفاده می‌کنیم. معیار F-measure از مقادیر دقت و حساسیت محاسبه می‌شود که در پژوهش‌های اخیر، زیاد مورد استفاده قرار گرفته است. در اغلب موارد معیارهای دقت و حساسیت ارزیابی جامعی از کیفیت نقشه برجستگی ارائه نمی‌کنند. به همین دلیل، معیار F-measure میانگین وزنی دو معیار دقت و حساسیت با وزن نامنفی β^2 پیشنهاد می‌شود.

$$F_{\beta} = \frac{(1 + \beta^2) \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\beta^2 \times \text{Precision} + \text{Recall}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن β^2 پیرو [۲۷-۳۰]، مقدار ۰/۳ تنظیم می‌شود. آستانه طوری تعیین می‌شود که منجر به بهترین F_{β} می‌شود. معیار F-measure تأثیر تعیین پیکسل‌های غیربرجسته و همچنین اهمیت تشخیص کامل را در نظر نمی‌گیرد. به همین دلیل برای پرداختن به این مسائل از معیار MAE استفاده می‌کنیم (ژاو و اوایانگ و لی و وانگ، ۲۰۱۵). با توجه به نقشه برجستگی S و مبنای درستی باینری G، MAE به عنوان میانگین خطای قدر مطلق بین S و G تعریف می‌شود (پنگ و لی و لیانگ و هو و ژیونگ، ۲۰۱۷):

$$\text{MAE} = \text{mean}(|S - G|) \quad \text{رابطه (۶)}$$



شکل ۴. مقایسه بصری مدل پیشنهادی با سایر مدل‌ها

با توجه به معیارهای که در این بخش بیان شد، همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید، روش پیشنهادی اول نسبت به سایر روش‌ها بهتر عمل کرده است و این حاکی از کارایی مناسب آن نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. برای مقایسه روش پیشنهادی خود از نظر زمان اجرا با سایر روش‌ها به خصوص روش پیشنهادی (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) که اساس کار ما نیز این روش می‌باشد، ما با توجه به این که کد مربوط به روش پیشنهادی (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) را در اختیار نداشتیم، تصمیم گرفتیم میانگین زمانی روش پیشنهادی خود را با روش‌های که (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) با روش پیشنهادیشان مقایسه کرده بودند، مقایسه کنیم. جدول ۲ میانگین زمانی اجرای الگوریتم برای هر تصویر را در سیستمی با مشخصات (Intel(R) Xeon(R) CPU E5640 @ 2.67GHz و 20.00 GB (RAM) نشان می‌دهد و جدول ۳ میانگین زمانی می‌باشد که Qiu و همکاران برای هر تصویر در مقاله خود بیان کرده‌اند. با مقایسه این دو جدول به راحتی می‌توان متوجه شد که حتی اگر سیستم مورد استفاده توسط ما و (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) را یکسان در نظر بگیریم، الگوریتم پیشنهادی ما با وجود کارایی مناسب، زمان اجرای پایین‌تری را نیز دارا می‌باشد. اما همان‌طور که واضح است به راحتی با مقایسه جدول ۲ و ۳ می‌توان متوجه شد که سیستم مورد استفاده ما ضعیف‌تر می‌باشد. بنابراین، با وجود این که ما علاوه بر ویژگی‌های (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) ویژگی چهارمی را هم به مدل پیشنهادی اضافه کردیم، اما باز هم به زمان اجرا بسیار مناسبی نسبت به مقاله پایه خود دست پیدا کرده‌ایم.

جدول ۱. معیار MAE و WfB برای هر مدل

روش‌ها	MAE	WfB
روش پیشنهادی ۱	۰/۰۸۱۴	۰/۷۹۸۳
روش پیشنهادی ۲	۰/۰۹۸۲	۰/۷۰۰۲
SMD	۰/۱۰۴۶	۰/۷۰۵۰
Qiu و همکاران	۰/۰۸۶۰	۰/۷۰۹۵
CB	۰/۲۰۸۱	۰/۴۳۲۶
PCA	۰/۱۸۵۳	۰/۴۸۳۰
wCtr	۰/۱۲۱۱	۰/۶۶۵۴

جدول ۲. میانگین زمان اجرای روش‌های مختلف

روش‌ها	زمان (ثانیه)
روش پیشنهادی ۱	۰/۹۳
روش پیشنهادی ۲	۵/۴۶
SMD	۳/۲۸
PCA	۶/۰۰
CB	۲/۶۰
wCtr	۰/۵۱۲

جدول ۳. میانگین زمان اجرای روش‌های مختلف توسط Qiu و همکاران

روش‌ها	زمان (ثانیه)
Qiu و همکاران	۱۷/۱۳
PCA	۲/۳۴
CB	۱/۷۹
wCtr	۰/۳۱

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله با توجه به روش پیشنهادی (کویو و گاو و هان، ۲۰۱۷) و همچنین Peng و همکاران، روش جدیدی برای شناسایی نواحی برجسته ارائه شد که در این روش، CRF با استفاده از ویژگی‌های کنتراست محلی، مرکز سوگیری، پس‌زمینه‌ای و خروجی SMD آموزش می‌بیند، در قسمت آموزش از ۲۰ تصویر که نزدیک به تصویر ورودی می‌باشد، استفاده شده است. برای آموزش CRF اطلاعات ۲۰ تصویر که این اطلاعات شامل ویژگی‌ها (نشانه‌های برجستگی) و مبنای درستی می‌باشد، استفاده شد. سپس با توجه به وزن‌های محاسبه شده در قسمت آموزش، نشانه‌های برجستگی موجود برای تصویر ورودی و همچنین مقدار مبنای درستی که نحوه محاسبه آن ذکر شد، برجستگی تصویر ورودی محاسبه شد. در ادامه سعی شد ترکیبی از ویژگی‌های مختلف به عنوان نشانه‌های برجستگی در روش پیشنهادی استفاده شود. الگوریتم پیشنهادی به وسیله‌ی معیارهای ارزیابی MAE و Wfb و در پایگاه MSRA-10K با روش‌های دیگر مقایسه شد. نتایج حاصله بیانگر دقت و

۱۶۴ // دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم

سرعت مناسب روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد.

منابع

- Rolls, E. T., & Deco, G. (2006). Attention in natural scenes: neurophysiological and computational bases. *Neural networks*, 19(9), 1383-1394.
- Borji, A., & Itti, L. (2013). State-of-the-art in visual attention modeling. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 35(1), 185-207.
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, (11), 1254-1259.
- Bruce, N., & Tsotsos, J. (2006). Saliency based on information maximization. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 155-162).
- Achanta, R., Hemami, S., Estrada, F., & Süsstrunk, S. (2009). Frequency-tuned salient region detection. In *IEEE international conference on computer vision and pattern recognition (CVPR 2009)* (No. CONF, pp. 1597-1604).
- Hou, X., & Zhang, L. (2007, June). Saliency detection: A spectral residual approach. In *2007 IEEE Conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1-8). IEEE.
- Guo, C., Ma, Q., & Zhang, L. (2008, June). Spatio-temporal saliency detection using phase spectrum of quaternion fourier transform. In *2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1-8). IEEE.
- Jiang, B., Zhang, L., Lu, H., Yang, C., & Yang, M. H. (2013). Saliency detection via absorbing markov chain. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 1665-1672).
- Li, A., Li, C., Wang, X., Eberl, S., Feng, D. D., & Fulham, M. (2013, November). Automated segmentation of prostate MR images using prior knowledge enhanced random walker. In *2013 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)* (pp. 1-7). IEEE.
- Perazzi, F., Krähenbühl, P., Pritch, Y., & Hornung, A. (2012, June). Saliency filters: Contrast based filtering for salient region detection. In *2012 IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 733-740). IEEE.
- Wei, Y., Wen, F., Zhu, W., & Sun, J. (2012, October). Geodesic saliency using background priors. In *European conference on computer vision* (pp. 29-42). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Yang, C., Zhang, L., Lu, H., Ruan, X., & Yang, M. H. (2013). Saliency detection via graph-based manifold ranking. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 3166-3173).
- Yang, J., & Yang, M. H. (2017). Top-down visual saliency via joint CRF and dictionary learning. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(3), 576-588.
- Lu, S., Mahadevan, V., & Vasconcelos, N. (2014). Learning optimal seeds for diffusion-based salient object detection. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2790-2797).
- Lu, S., Mahadevan, V., & Vasconcelos, N. (2014). Learning optimal seeds for diffusion-based salient object detection. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2790-2797).
- Tong, N., Lu, H., Ruan, X., & Yang, M. H. (2015). Salient object detection via bootstrap learning. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1884-1892).
- Qiu, W., Gao, X., & Han, B. (2017). A superpixel-based CRF saliency detection approach. *Neurocomputing*, 244, 19-32.
- Oliva, A., & Torralba, A. (2001). Modeling the shape of the scene: A holistic representation of the spatial envelope. *International journal of computer vision*, 42(3), 145-175.
- Peng, H., Li, B., Ling, H., Hu, W., Xiong, W., & Maybank, S. J. (2017). Salient object detection via structured matrix decomposition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(4), 818-832.
- Lafferty, J., McCallum, A., & Pereira, F. C. (2001). Conditional random fields: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data.
- Jiang, H., Wang, J., Yuan, Z., Wu, Y., Zheng, N., & Li, S. (2013). Salient object detection: A discriminative regional feature integration approach. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2083-2090).

- Fu, K., Gong, C., Yang, J., Zhou, Y., & Gu, I. Y. H. (2013). Superpixel based color contrast and color distribution driven salient object detection. *Signal Processing: Image Communication*, 28(10), 1448-1463.
- Margolin, R., Tal, A., & Zelnik-Manor, L. (2013). What makes a patch distinct?. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1139-1146).
- Jiang, H., Wang, J., Yuan, Z., Liu, T., Zheng, N., & Li, S. (2011, September). Automatic salient object segmentation based on context and shape prior. In *BMVC* (Vol. 6, No. 7, p. 9).
- Zhu, W., Liang, S., Wei, Y., & Sun, J. (2014). Saliency optimization from robust background detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2814-2821).
- Li, Y., Hou, X., Koch, C., Rehg, J. M., & Yuille, A. L. (2014). The secrets of salient object segmentation. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 280-287).
- Sun, J., Lu, H., & Liu, X. (2015). Saliency region detection based on Markov absorption probabilities. *IEEE Transactions on Image Processing*, 24(5), 1639-1649.
- Wang, L., Lu, H., Ruan, X., & Yang, M. H. (2015). Deep networks for saliency detection via local estimation and global search. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 3183-3192).
- Zhao, R., Ouyang, W., Li, H., & Wang, X. (2015). Saliency detection by multi-context deep learning. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1265-1274).

استناد به این مقاله:

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2018.1275

شوریایی، محمد، فدائی اسلام، محمد جواد. (۱۳۹۷). «بهبود الگوریتم تشخیص نقشه برجستگی مبتنی بر CRF با استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر تجزیه ماتریس». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶(۲)، ۱۶۶-۱۵۱.

تشخیص بیماری قلبی عروق کرونر با سیستم هوشمند ترکیبی بر اساس الگوریتم نهنگ، شبیه‌ساز تبرید و ماشین بردار پشتیبان*

زینب حسنی^۱

مهین خسروی مشیزی^۲

چکیده

در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های یادگیری ماشین به طور گسترده در تشخیص و درمان به موقع بیماری‌ها نقش بسزایی را ایفا می‌کنند. علاوه بر این، تشخیص بیماری در مراحل آغازین آن، در بهبود بیماری و کاهش هزینه‌های درمانی بیمار بسیار مؤثر است. بیماری قلبی یکی از دلایل اصلی مرگ در جهان شناخته شده است. مطالعات زیادی برای تشخیص بیماری و طراحی سیستم هوشمند و کارا انجام شده است. در این مقاله، الگوریتم ترکیبی نهنگ و شبیه‌ساز تبرید برای شناسایی عوامل مؤثر در تشخیص بیماری ارائه شده است و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی مؤثر بیماری لحاظ شده است. رویکرد پیشنهادی با مجموعه داده بیماری قلبی کلیولند در پایگاه داده UCI ارزیابی شده است. الگوریتم پیشنهادی با صحت ۸۷/۷۸ درصد با تعداد ویژگی کمتر توانسته بیماری را تشخیص دهد. نتایج حاصل برتری روش پیشنهادی را نشان می‌دهد و همچنین رویکرد پیشنهادی می‌تواند پزشکان را در تشخیص درست و در مراحل اولیه بیماری یاری رساند.

کلمات کلیدی: الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ (WOA)، الگوریتم ترکیبی، الگوریتم شبیه‌ساز تبرید (SA)، بیماری قلبی عروق کرونر، ماشین بردار پشتیبان (SVM).

* تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۶.

hassani@kub.ac.ir

^۱. مربی گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و علوم پایه، دانشگاه کوثر، بجنورد، ایران (نویسنده مسئول)

^۲. دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و علوم پایه، دانشگاه کوثر، بجنورد، ایران

mahin.khosravi2324@gmail.com

مقدمه

در طول تاریخ بیماری‌ها بزرگترین تهدید برای بشر بشمار می‌روند. در این بین بیماری قلبی از اهمیت بیشتری در مطالعات پزشکی برخوردار است. بیماری قلبی یکی از شایع‌ترین انواع بیماری‌ها است که بیشترین آمار مرگ و میر را به خود اختصاص داده است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). بیماری قلبی عروقی کرونری یکی از شایع‌ترین نوع بیماری‌های قلبی است که بیشترین آمار مرگ و میر را به خود اختصاص داده است. در این بیماری سرخرگ‌های تاجی تنگ و باریک می‌شوند (استنوسیس) و عضلات قلب از رسیدن خون و اکسیژن کافی محروم می‌شوند. در این صورت ممکن است در حالت استراحت مشکلی برای فرد رخ ندهد اما وقتی که قلب مجبور باشد کار بیشتری را انجام دهد، سرخرگ‌ها نمی‌توانند به این عضلات خون و اکسیژن کافی برسانند و در نتیجه فرد دچار درد سینه و آئزین قلبی می‌شود و در حالت‌های وخیم‌تر اگر به علت مسدود شدن سرخرگ تاجی توسط یک لخته خون، جلوی خون‌رسانی آن گرفته شده باشد، قسمتی از عضلات قلب دیگر به آن خون نمی‌رسد و در نتیجه فرد خواهد مرد و به سکنه قلبی می‌انجامد (باچان و همکاران، ۲۰۱۷). چندین روش تشخیص بیماری قلبی کرونری وجود دارد مثل تست ورزش، الکتروکاردیوگرافی و آنژیوگرافی که بهترین روش تشخیص آن آنژیوگرافی است. روش‌های گفته شده محدودیت‌هایی دارد، عدم دقت کافی در تشخیص که این باعث می‌شود پزشکان ترغیب در استفاده از روش مبتنی بر رایانه شوند (دولت آبادی و همکاران، ۲۰۱۷).

مطالعات گسترده‌ای برای پیش‌بینی و تشخیص بیماری قلبی توسط پژوهشگران صورت گرفته است. خمفیل و بانجینگ (۲۰۱۰) برای تشخیص بیماری قلبی درخت تصمیم‌گیری، با لجستیک رگرسیون و شبکه عصبی را مطالعه کرده‌اند که شبکه عصبی با صحت ۸۰/۲ درصد بالاترین عملکرد را برای تشخیص بیماری داشته است. خسرویان و آیت (۲۰۱۵) برای پیش‌بینی بیماری عروق کرونری قلب شبکه عصبی را مطالعه کرده‌اند. آن‌ها در مطالعه خود نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی احتمالی، عملکرد بهتری نسبت به

سایر شبکه‌های عصبی در تشخیص بیماری دارد. پوریه و همکاران (۲۰۱۷) طبقه‌بندی بیزین، درخت تصمیم، الگوریتم نزدیکترین همسایه KNN، ماشین بردار پشتیبان SVM، شبکه عصبی MLP و RBF برای پیش‌بینی بیماری قلبی را بررسی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که ماشین بردار پشتیبان SVM ۸۴/۱۵ درصد بالاترین صحت را داشته است. در ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) درخت تصمیم C4.5، ماشین بردار پشتیبان SVM، طبقه‌بندی بیزین و AdaBoost مطالعه شده است. عملکرد تصادفی جنگل C4.5 با صحت ۸۹/۶ درصد، SVM با صحت ۸۹/۲ درصد، طبقه‌بند Bayes با صحت ۸۵/۲ درصد، AdaBoost با صحت ۸۲/۸ درصد برای پیش‌بینی بیماری قلبی و عروقی به دست آمده است.

در این مقاله، الگوریتم ترکیبی نهنگ و شبیه‌ساز تبرید برای تشخیص بیماری قلبی کرونر معرفی شده است و از ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی مؤثر داده بیماری استفاده شده است. در ادامه، در بخش دوم ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم نهنگ و شبیه‌ساز تبرید شرح داده می‌شود. روش پیشنهادی و یافته‌ها به ترتیب در بخش‌های سوم و چهارم ارائه می‌شود، در پایان مقاله نیز نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

در این مقاله، شناسایی عوامل مؤثر بر بیماری قلبی کرونری با الگوریتم ترکیبی نهنگ و شبیه‌ساز تبرید مطالعه شده است. از ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی بیماری قلبی کرونر با هدف تشخیص صحیح بیماری استفاده شده است. برای ارزیابی روش پیشنهادی مجموعه داده‌های بیماری قلبی کرونری با ۱۳ ویژگی از ۲۷۰ نمونه در پایگاه داده استاندارد UCI انتخاب شده است. در ادامه به معرفی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ، شبیه‌ساز تبرید پرداخته می‌شود.

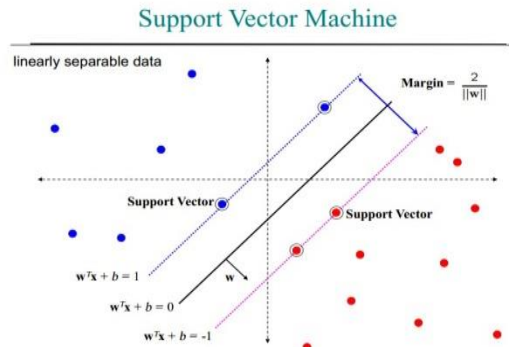
الگوریتم ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان (SVM) یکی از الگوریتم‌های یادگیری تحت نظارت در یادگیری ماشین است که در سال ۱۹۶۳ توسط واپنیک ارائه شده است (واپنیک، ۱۹۹۵؛

بورجس، ۱۹۹۸). ماشین بردار پشتیبان را می‌توان برای طبقه‌بندی اشیاء یا تشخیص الگو برای کلاس‌های خاص لحاظ کرد که دو کلاس $\{+1 \text{ و } -1\}$ را با استفاده از یک مرز خطی از هم جدا می‌کند. تعدادی از نقاط آموزشی که فاصله کمتری تا مرز تصمیم‌گیری دارند به عنوان ماشین بردار پشتیبان تعریف شده و برای محاسبه مرز تصمیم‌گیری دو کلاس متمایز، از تکنیک حاشیه بهینه استفاده می‌شود (واپنیک و چرووننکیس، ۱۹۹۱). در این تکنیک، مرز خطی بین دو کلاس به نحوی محاسبه می‌شود که نمونه‌های کلاس $+1$ در یک طرف و نمونه‌های کلاس -1 در طرف دیگر وجود دارند. همچنین مرز تصمیم‌گیری باید طوری باشد که فاصله نزدیک‌ترین نمونه آموزشی هر دو کلاس نسبت به مرز حداکثر شود. شکل ۱ نحوه قرار گرفتن صفحات در ماشین بردار پشتیبان را نشان می‌دهد. ماشین بردار پشتیبان به منظور طبقه‌بندی داده‌ها با پیچیدگی بالا، داده‌ها را به وسیله تابع کرنل (φ) به فضای با ابعاد خیلی بالاتر می‌برد. تابع کرنل داده‌ها را از فضای ورودی به فضای با ابعاد بالاتر به گونه‌ای تصویر می‌کند که امکان جداسازی خطی داده‌ها در آن فضا وجود داشته باشد. سپس داده‌های آموزشی انتقال داده شده توسط یک فراصفحه بهینه در آن فضا جداسازی می‌کند. در واقع، بدون هیچ تغییری در ماهیت مسئله بهینه‌سازی با بکارگیری تابع انتقال φ داده‌ها به فضایی با ابعاد بالاتر نگاشت می‌شوند تا در این فضا سطح تصمیم‌گیری به صورت خطی تعیین شود (کومان و کوپریوا، ۲۰۰۶). در این مطالعه از کرنل RBF در طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است.

$$K(x, x_j) = e^{-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

دلیل این امر توان این تابع کرنل در آنالیز داده‌ها با ابعاد بالا در مقایسه با سایر کرنل‌ها می‌باشد.



شکل ۱. قرار گرفتن صفحات در ماشین بردار پشتیبان

الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ

الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ (WOA) یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری است که توسط میرجلیلی در سال ۲۰۱۶ پیشنهاد شده است (میرجلیلی و لوئیس، ۲۰۱۶). این الگوریتم از مکانیزم شکار نهنگ‌ها الهام گرفته است که نهنگ‌ها می‌توانند موقعیت طعمه‌ها را به خوبی تشخیص دهند و آن‌ها را محاصره کنند. در الگوریتم، موقعیت مکانی دور زدن و حرکت مارپیچی و مکانیزم‌های شکار تصادفی نهنگ شبیه‌سازی شده است. این مدل شامل سه مرحله محاصره شکار، حمله جابجایی و جستجوی شکار است.

محاصره شکار: از آنجا که موقعیت طراحی بهینه در فضای جستجو در ابتدا معلوم

نیست، الگوریتم WOA فرض می‌کند که بهترین راه‌حل نامزد فعلی، طعمه هدف است یا نزدیک به حالت بهینه است. پس از آن که بهترین عامل جستجو تعریف شد، عامل‌های دیگر جستجو به این ترتیب سعی می‌کنند موقعیت‌های خود را نسبت به بهترین عامل جستجو بروزرسانی کنند. این رفتار با معادلات زیر نشان داده شده است (میرجلیلی و لوئیس، ۲۰۱۶):

$$D = |C \cdot \vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot D \quad \text{رابطه ۳}$$

t تکرار اخیر را نشان می‌دهد، A^{\rightarrow} و C^{\rightarrow} بردار ضرایب هستند، X^* بردار موقعیت بهترین راه‌حلی است که تاکنون به دست آمده، X^{\rightarrow} بردار موقعیت، $\| \text{مقدار قدرمطلق} \|$ است و ضرب درایه به درایه است. لازم به ذکر است که اگر یک راه حل بهتر وجود داشته باشد، X^* باید در هر تکرار بروزرسانی شود.

بردارها \vec{A} و C^{\rightarrow} به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

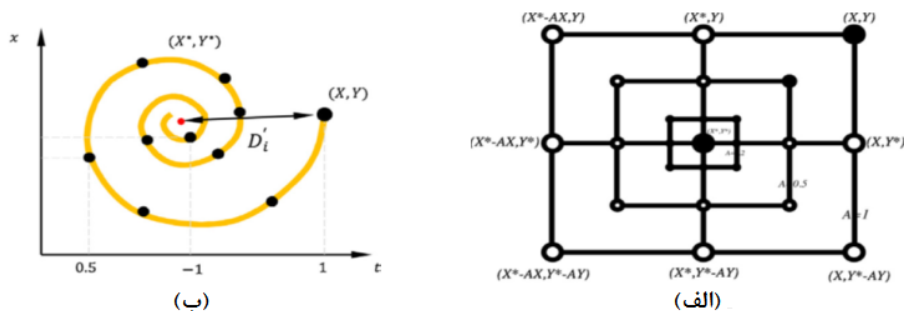
$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r} - \vec{a} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که a در طول تکرارها (در هر دو مرحله اکتشاف و بهره‌برداری) به طور خطی از ۲ به ۰ کاهش می‌یابد و r برداری تصادفی در [۰، ۱] است.

حمله جابجایی: این مرحله، مرحله بهره‌برداری الگوریتم فراابتکاری است. به منظور مدل‌سازی ریاضیاتی رفتار حمله جابجایی نهنگ‌ها، دو رویکرد به شرح زیر طراحی شده است:

مکانیزم محاصره انقباضی: این رفتار با کاهش مقدار \vec{a} در رابطه (۴) به دست می‌آید. توجه داشته باشید که محدوده نوسان \vec{A} نیز توسط \vec{a} کاهش می‌یابد.



شکل ۲. جستجو در فضای دوبعدی (الف)، جستجو در فضای سه‌بعدی (ب)

به عبارت دیگر، \vec{A} یک مقدار تصادفی در فاصله $[-a, a]$ است که در آن a در طول تکرار از ۲ به ۰ کاهش می‌یابد. با قرار دادن مقادیر تصادفی برای \vec{A} در $[-1, 1]$ ، موقعیت جدیدی از یک عامل جستجو می‌تواند در هر نقطه بین موقعیت اصلی عامل و موقعیت

بهترین عامل فعلی تعریف شود. شکل ۲ (الف) موقعیت‌های احتمالی را از (X, Y) تا (X^*, Y^*) نشان می‌دهد که می‌تواند به وسیله $0 \leq A \leq 1$ در یک فضای دو بعدی به دست آید.

به روز رسانی موقعیت حلزونی: همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، ابتدا فاصله بین نهنگ قرار گرفته در مختصات (X, Y) و طعمه موجود در (X^*, Y^*) محاسبه می‌شود. سپس یک معادله مارپیچی بین موقعیت نهنگ و شکار ایجاد می‌شود تا حرکت حلزونی شکل نهنگ تقلید کند که در رابطه (۶) نمایش داده شده است.

$$\vec{X}(t+1) = D' \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) \quad (\text{رابطه ۶})$$

که $|\vec{X}(t) - \vec{X}^*(t)| = D'$ به فاصله $\vec{X}^*(t)$ تا طعمه اشاره دارد (بهترین راه‌حل به دست آمده تاکنون)، b مقداری ثابت برای تعریف شکل مارپیچ لگاریتمی است، (l) عددی تصادفی در بازه $[-1, 1]$ است و $(.)$ عمل ضرب درایه به درایه است.

لازم به ذکر است که نهنگ‌ها، حول طعمه در امتداد یک دایره انقباضی و هم‌زمان در مسیر مارپیچی شکلی به شنا در می‌آیند. جهت مدلسازی این رفتار هم‌زمان، فرض شده است که نهنگ‌ها با احتمال ۵۰ درصد از بین مکانیزم محاصره انقباضی یا مدل مارپیچی یکی را انتخاب می‌کنند تا موقعیت نهنگ‌ها در طول بهینه‌سازی بروزرسانی شود. مدل ریاضی به این صورت است:

$$\vec{X}(t+1) = \begin{cases} \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} & \text{if } p < 0.5 \\ \vec{D}' \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) & \text{if } p \geq 0.5 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن p عددی تصادفی است.

جستجوی شکار: علاوه بر روش حمله جابجایی، نهنگ طعمه را به صورت تصادفی جستجو می‌کند که می‌تواند برای جستجوی شکار (مرحله اکتشاف) به کار رود. در حقیقت نهنگ بر اساس \vec{A} همان روش بر مبنای تغییر بردار موقعیت یکدیگر، جستجو را به صورت تصادفی انجام می‌دهد. بنابراین، \vec{A} را با مقادیر تصادفی بزرگتر از ۱ یا کمتر از ۱- به کار می‌بریم تا عامل جستجو را وادار به دور شدن از یک نهنگ مرجع کنیم. در مقایسه با مرحله بهره‌برداری، برای بروزرسانی موقعیت یک عامل جستجو در مرحله اکتشافی، به جای یافتن

بهترین عامل جستجو تاکنون، از یک عامل جستجوی انتخاب شده به صورت تصادفی استفاده می‌کنیم. این مکانیزم بر اکتشاف تأکید دارد و به الگوریتم Woa اجازه می‌دهد یک جستجو سراسری را انجام دهد.

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_{rand} - \vec{X}| \quad \text{رابطه ۸}$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_{rand} - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad \text{رابطه ۹}$$

\vec{X}_{rand} یک بردار موقعیت تصادفی (یک نهنگ تصادفی) است که از جمعیت فعلی انتخاب شده است.

```

Generate Initial Population X i (i = 1, 2, ..., n)
Calculate the fitness of each solution
X * = the best search agent
while (t < Max_Iteration)
    for each solution
        Update a, A, C, l, and p
        Update a, A, C, l, and p
        if 1 (p < 0.5)
            if 2 (|A| < + 1)
                Update the position of the current solution by Eq. (3)
            else if 2 (|A| > + 1)
                Select a random search agent ()
        Update the position of the current search agent by the Eq. (9)
    end if 2
    else if 1 (p ≥ 0.5)
        Update the position of the current search by the Eq. (6)
    end if 1
end for
Check if any solution goes beyond the search space and amend it
Calculate the fitness of each solution
Update X* if there is a better solution t = t + 1
end while
return X*
```

شکل ۳. شبه کد الگوریتم نهنگ

الگوریتم شبیه‌سازی تبرید

الگوریتم شبیه‌سازی تبرید (SA)، الگوریتم شبیه‌سازی فرآیند ساده و اثربخش در حل مسائل بهینه‌سازی است. منشأ الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده، کارهای کریک پاتریک، کرنی و همکارانشان در سال‌های ۱۹۸۳ و ۱۹۸۵ است (پاتریک و همکاران، ۱۹۸۳). آن‌ها برای حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی، روشی مبتنی بر تکنیک تبرید شبیه‌سازی پیشنهاد کردند.

الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده برای حل یک مسئله بهینه‌سازی، ابتدا از یک جواب اولیه شروع می‌کند و سپس در یک حلقه تکرار به جواب‌های همسایه حرکت می‌کند. اگر جواب همسایه بهتر از حالت فعلی باشد، الگوریتم آن را به عنوان جواب فعلی قرار می‌دهد، در غیر این صورت الگوریتم آن جواب را با احتمال $P = e^{-\theta/T}$ که احتمال بولترمن نامیده می‌شود به عنوان جواب فعلی می‌پذیرد که θ تفاوت بین تابع هدف جواب فعلی و جواب همسایه و T یک پارامتر به نام دما است. در هر دما، چندین تکرار اجرا می‌شود و سپس دما به آرامی کاهش پیدا می‌کند. در گام‌های اول دما خیلی بالا قرار داده می‌شود تا احتمال پذیرش بیشتری برای جواب‌های بدتر وجود داشته باشد. با کاهش تدریجی دما، در گام‌های پایانی احتمال کمتری برای پذیرش جواب‌های بدتر وجود خواهد داشت و بنابراین الگوریتم به سمت یک جواب خوب همگرا می‌شود.

در این کار ابتدا حالت خلوص $2 * |N|$ است که $|N|$ به صورت قراردادی نشان‌دهنده تعداد ویژگی‌های هر مجموعه داده و برنامه خنک‌کننده به عنوان $T = 93/0 * T$ محاسبه می‌شود (جانسن و چن، ۲۰۰۳). انتخاب مسابقات تورنمنت یک مکانیزم انتخاب ساده و آسان برای پیاده‌سازی است که توسط گولدربرج و همکاران بیان شده است (گلدبرگ و کرب، ۱۹۸۹). این یکی از بهترین مکانیزم‌های انتخاب در الگوریتم‌های تکاملی است (سانچا و آندیتا، ۲۰۱۶). در انتخاب مسابقات راه‌حل‌های N باید به طور تصادفی از جمعیت انتخاب شوند. این راه‌حل‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند و مسابقات برای تعیین برنده قرار می‌گیرد. این مسابقات شامل یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ می‌شود، سپس با یک احتمال مقایسه می‌شود که یک مکانیزم مناسب برای تنظیم فشار انتخاب (معمولاً ۰/۵ تنظیم می‌شود) است اگر مقدار تصادفی بزرگ‌تر باشد، راه‌حل با بالاترین ارزش انتخاب خواهد شد و راه‌حل ضعیف انتخاب نمی‌شود. این ویژگی در مسابقات انتخاب فرصتی برای بیشترین راه‌حل انتخاب می‌کند که تنوع راه‌حل‌های انتخاب شده را حفظ می‌کند (سانچا و آندیتا، ۲۰۱۶).

الگوریتم ترکیبی WOA-SA برای تشخیص بیماری قلبی عروق کرونر

انتخاب روش رویکرد پیشنهادی برای حل یک مسئله بهینه‌سازی باینری است که راه‌حل یک بردار یک بعدی با مقادیر صفر و یک (باینری) است. الگوریتم ترکیبی WOA-SA عوامل مؤثر در بیماری قلبی کرونر را شناسایی می‌کند که نتیجه حاصل از آن یک بردار به طول تعداد ویژگی‌ها با مقادیر صفر و یک است و مقدار ۱ نماینگر ویژگی انتخاب شده است و مقدار ۰ به معنای ویژگی انتخاب نشده است. هر راه‌حل بر اساس عملکرد پیشنهاد شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که به طبقه‌بند SVM بستگی دارد.

در الگوریتم WOA می‌توان به محاسبه فاصله بین عامل تحقیق و بهترین نهنگ شناخته شده پرداخت. با استفاده از یک الگوریتم جستجو محلی مناسب برای جستجو همسایگی در اطراف نهنگ، بهترین راه‌حل شناخته شود تا نتایج را بهبود بخشد. علاوه بر این، از آنجا که اکتشاف در الگوریتم WOA بستگی به تغییر موقعیت هر جستجوی عامل با توجه به یک راه‌حل تصادفی است، با استفاده از مکانیزم انتخابی مختلف مانند انتخاب مسابقات ممکن است توانایی اکتشاف در الگوریتم را بهبود داد. این به این معنی است که انتخاب مسابقات شانس بیشتری برای تصمیم‌گیری‌های ناچیز دارد که در طول فرآیند جستجو انتخاب می‌شود و بسته به انتخاب، توانایی تنوع الگوریتم WOA را بهبود می‌بخشد. الگوریتم WOA یک الگوریتم بهینه‌سازی است که بدون در نظر گرفتن راه‌حل فعلی از اپراتور نامشخص برای بهره‌برداری استفاده می‌کند. ما این اپراتور را با یک الگوریتم جستجو محلی جایگزین می‌کنیم که راه‌حل را به عنوان حالت اولیه آن لحاظ می‌کند و الگوریتم بر اساس آن جستجو را ادامه می‌دهد و راه‌حل اصلی را با راه‌حل بهبود یافته جایگزین کرده است. این رویکرد نشان‌دهنده ترکیبی بین جستجوی سراسری (WOA) و جستجو محلی (SA) است. در رویکرد پیشنهادی، مدل ترکیبی (LTH) بین دو الگوریتم در نظر گرفته شده است. در (LTH)، الگوریتم SA در الگوریتم WOA برای بهترین راه‌حل در همسایگی لحاظ می‌شود و راه‌حل تصادفی انتخاب شده (جایگزین معادله ۹) و بهترین راه‌حل همسایه در جستجو (جایگزین معادله ۳) تعبیه شده است. این فرآیند توانایی

استفاده از الگوریتم WOA را بهبود می‌بخشد. الگوریتم SA به عنوان یک اپراتور در الگوریتم WOA قرار می‌گیرد.

انتخاب ویژگی (FS) به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شود که در آن راه‌حل‌ها به مقادیر [۰,۱] محدود می‌شوند. بنابراین، الگوریتم ترکیبی WOA-SA برای حل مسائل بهینه‌سازی ارائه شده است. در این روش، یک بردار صفر و یک برای نشان دادن راه‌حل مسئله مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن بردار صفر نشان دهنده ویژگی انتخاب نشده و عنصر یک متناظر با ویژگی انتخاب شده است. اندازه بردار نیز برابر با تعداد ویژگی‌های مجموعه داده بیماری قلبی کرونری است. در این مطالعه، یک روش انتخاب ویژگی مبتنی بر الگوریتم ترکیبی WOA-SA ارائه شده است. طبقه‌بند SVM به عنوان تابع ارزیاب ویژگی‌های انتخابی به کار می‌رود. مراحل روش پیشنهادی به شرح زیر است:

۱. **پیش‌پردازش داده‌ها:** برای به دست آوردن نتایج کارا تر نیازمند داده‌هایی در محدوده یکسان هستیم از این رو، ابتدا فرایند نرمال‌سازی مطابق با رابطه ۱۰ صورت می‌پذیرد.

$$X = (X - X_{MIN}) / (X_{MAX} - X_{MIN}) \quad \text{(رابطه ۱۰)}$$

که در آن X_{MAX} و X_{MIN} به ترتیب به بیشترین مقدار و کمترین مقدار برای هر مشخصه می‌باشند.

۲. **مقداردهی اولیه پارامترهای الگوریتم:** در این مرحله مقادیر اولیه پارامتر از

جمله تعداد تکرار و تعداد جمعیت نهنگ‌ها مقداردهی می‌شود.

۳. محاسبه تابع شایستگی نهنگ‌ها با فراخوانی SVM و داده‌های ورودی

۴. تشخیص بیماری با الگوریتم ترکیبی WOA-SA

معیار توقف الگوریتم ترکیبی، برابر با تعداد تکرار است. برای ارزیابی بهترین ویژگی‌های انتخاب شده توسط طبقه‌بندی کننده SVM از روش اعتبارسنجی K-fold استفاده می‌شود، در این نوع اعتبارسنجی داده‌ها به K زیرمجموعه افراز می‌شوند، از این K زیرمجموعه K-1 دسته داده برای آموزش و اعتبارسنجی و باقیمانده داده‌ها (یک دسته)

برای تست استفاده می‌شود. این روال k بار تکرار می‌شود. در نهایت میانگین نتیجه این K بار اعتبارسنجی به عنوان یک تخمین نهایی برگزیده می‌شود.

میزان مقدار تابع شایستگی برابر با مقدار صحت کلاس‌بندی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان است. در این مطالعه، برای مقایسه و بررسی نتایج حاصل شده، شاخص ارزیابی صحت^۱، دقت^۲، ویژگی^۳ در نظر گرفته شده است.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که TP، FP، TN و FN به ترتیب تعداد مثبت حقیقی، مثبت کاذب، منفی حقیقی و منفی کاذب هستند.

در روش پیشنهادی، مجموعه داده‌های استاندارد بیماری قلب کلیند از پایگاه داده یادگیری ماشین UCI^۴ انتخاب شده است. در ابتدا ۲۷۰ نمونه با ۷۶ ویژگی متمایز با مقادیر حقیقی جمع‌آوری شده است در نهایت مجموعه داده‌ها با ۱۳ ویژگی انتخاب شده است. جدول ۱، ۱۳ ویژگی بیماری قلبی عروق کرونر را نشان می‌دهد.

جدول ۱. شرح مجموعه داده‌های کلیند

ویژگی	نوع ویژگی
سن	عددی
جنسیت	اگر مرد=۱ اگر زن=۰
درد قفسه سینه	آنژین معمولی=۱ آنژین ناپیچک=۲ درد غیر زاویه درد=۳
فشار خون	عددی
کلسترول	عددی

^۱ Accuracy

^۲ Precision

^۳ Specificity

^۴ <http://archive.ics.uci.edu>

ویژگی	نوع ویژگی
قند خون	اگر بله=۱ اگر نه=۰
الکتروکاردیوگرام	اختلال در موج ST-T=۱ هیپوتروفی LV=۲
حداکثر ضربان قلب	عددی
ورزش	اگر بله=۱ اگر نه=۰
افسردگی ST	عددی
تعداد عروق اصلی	عددی

یافته‌های پژوهش

الگوریتم پیشنهادی با مجموعه داده بیماری قلبی با نرم افزار متلب ۲۰۱۵ پیاده سازی شده که با تعداد تکرارها و تعداد جمعیت‌های مختلف اجرا شده است. در کل ۱۳ ویژگی با ۲۷۰ نمونه افراد بیمار و غیربیمار داریم. الگوریتم ترکیبی بر اساس بهترین راه حل، تعداد ویژگی‌های مؤثر بیماری را شناسایی می کند. جدول ۲ نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی را نشان می دهد. الگوریتم پیشنهادی ۱۰ ویژگی مؤثر را با صحت ۸۷/۷۸ درصد شناسایی کرده است. جدول ۳ مقایسه بین الگوریتم پیشنهادی با مطالعات پیشین داده بیماری قلبی کرونر است که بالاتر بودن نتیجه حاصل شده، برتری روش پیشنهادی را نشان می دهد.

جدول ۲. نتایج الگوریتم پیشنهادی با مجموعه داده‌های بیماری قلبی

بهرترین انتخاب	ویژگی	دقت	صحت	تعداد نهنگ	تعداد تکرار
۱۰	۸۹/۵۱	۸۸/۶۷	۸۷/۷۸	۱۰	۲۵
۱۰	۸۶/۰۹	۹۰/۶۶	۸۶/۲۹	۱۵	
۱۰	۸۸/۵۱	۸۹/۳۳	۸۷/۴۰	۱۰	۴۰
۹	۸۸/۸۶	۸۶/۶۶	۸۶/۲۹	۱۵	

جدول ۳. مقایسه الگوریتم SVM_WOASA با مطالعات پیشین

روش	صحت	مرجع
SVM	۸۵/۱۸	خمفیل و بونجینگ (۲۰۱۰)
KNN	۸۲/۹۶	پوریه و همکاران (۲۰۱۷)
ANN	۷۳/۳۳	ژو و همکاران (۲۰۱۷)
WOASA_SVM	۸۷/۷۸	[روش پیشنهادی]

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، انتخاب ویژگی با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ترکیبی WOA_SA پیشنهاد شده است. رویکرد پیشنهادی با مجموعه داده‌های بیماری قلبی پایگاه داده UCI ارزیابی شده است. بیماری قلبی بیشترین آمار مرگ و میر را دارد که با آزمایشات عینی قابل تشخیص نیست و همچنین برای بیمار محدودیت‌های را در بردارد. هدف اصلی روش پیشنهادی انتخاب کمترین ویژگی با حداکثر تشخیص بیماری است که صحت بالاتری نسبت به استفاده از تمام ویژگی‌های مجموعه داده‌ها می‌توان به دست آورد. الگوریتم پیشنهادی ۱۰ ویژگی موثر با ۸۷/۷۸ درصد شناسایی کرده است. که در مقایسه با نتایج پیشین بهبود گسترده‌ای را داشته است.

منابع

- Khemphila and V. Boonjing. (2010). Comparing Performances of Logistic Regression, Decision trees, and Neural Networks for Classifying Heart Disease Patients. 2010 IEEE International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Systems, pp. 193-199.
- Buchan, K., Filannino, M., Uzuner, O. (2017). Automatic prediction of coronary artery disease from clinical narratives. Journal of biomedical informatics, Vol.72, pp.23-32.
- Burges C. (1998). A tutorial on support vector machines for pattern recognition1. Data Mining and Knowledge Discovery, vol.2, pp. 121 – 167.
- Center for Machine Learning and Intelligent Systems. Cleveland heart disease data details, Available from: URL <http://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learningdatabases/heart-disease/heart-disease-Names>
- Cortes C. Vapnik V. (1995). Support-vector networks. Machine Learning, 20, pp. 273–297.
- D. Goldberg, K. Deb, B. Korb. (1989). Messy genetic algorithms: motivation, analysis, and first results, Complex Syst. 3, pp.493–530.
- Davari Dolatabadi, A., Esmael Zadeh, S., Mohammadzadeh, B. (2017). Automated diagnosis of coronary artery disease (CAD) patients using optimised SVM. Vol.138, pp. 117-126.
- G. Sanchita, D. Anindita, et al. (2016). Evolutionary algorithm based techniques to handle big data, in: P.B.S. Mishra, et al. (Eds.), Techniques and Environments for Big Data Analysis: Parallel, Cloud, and Grid Computing, Springer International publishing: Cham, pp. 113–158.
- Huang T. Kecman V. Kopriva I. (2006). Kernel based algorithms for mining huge data sets, supervised, semi-supervised, and unsupervised learning, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Khosravanian A, Ayat SS. (2015). Presenting an intelligent system for diagnosis of coronary heart disease by using Probabilistic Neural Network. Health Inf Manage; 12(1), pp.3-13.
- R. Jensen, Q. Shen. (2003). Finding Rough Set Reducts with Ant Colony Optimization, in: Proceedings of the 2003 UK Workshop on Computational Intelligence, pp. 15–22.
- S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt, M.P. Vecchi. (1983). Optimization by simulated annealing, Science 220 (4598), pp.671–680.
- S. Mirjalili, A. Lewis. (2016). The whale optimization algorithm, Adv. Eng. Softw. Vol. 95, pp. 51–67.
- S. Pouriyeh, S. Vahid, G. Sannino, G. D. Pietro and H. Arabnia, J. Gutierrez. (2017). "A Comprehensive Investigation and Comparison of Machine Learning Techniques in the Domain of Heart Disease," IEEE Symposium on Computers and Communication.
- S. Xu, Z. Zhang, D. Wang, J. Hu, X. Duan and T. Zhu. (2017). Cardiovascular Risk Prediction Method Based on CFS Subset Evaluation and Random Forest Classification Framework. International Conference on Big Data Analysis.
- V. Vapnik and A. Chervonenkis. (1991). The necessary and sufficient conditions for consistency in the empirical risk minimization method. Pattern Recognition and Image Analysis, vol. 1, no. 3, pp. 283-305.
- Wong, N.D. (2014). Epidemiological studies of CHD and the evolution of preventive cardiology. Nat. Rev. Cardiol. Vol.11, pp.276-289.

استناد به این مقاله:

حسنی، زینب، خسروی مشیزی، مهین. (۱۳۹۷). «تشخیص بیماری قلبی عروق کرونر با سیستم هوشمند ترکیبی بر اساس الگوریتم نهنگ، شبیه‌ساز تبرید و ماشین بردار پشتیبان». مدیریت مهندسی و رایانش نرم، ۶ (۲)، ۱۶۷-۱۸۱.

خلاصه‌سازی چندسندی استخراجی مبتنی بر پرس و جوی متن با استفاده از تفسیر و استلزام متنی*

علی ناصر اسدی^۱

چکیده

جستجو و اطلاع از محتوای اسناد متنی که گسترده‌ترین نوع اطلاعات بر روی چنین شبکه‌هایی هستند، بسیار مشکل و گاهی اوقات غیرممکن می‌باشد. هدف سیستم‌های خلاصه‌سازی چند سندی متن، تولید کردن خلاصه‌ای با طول ثابت از اسناد متنی ورودی ضمن پوشش حداکثری محتوای اسناد می‌باشد. مقاله حاضر، روشی جدید برای خلاصه‌سازی اسناد متنی بر مبنای استفاده از روابط تفسیر و استلزام متنی و با فرموله‌سازی مسئله در قالب یک مسئله بهینه‌سازی ارائه کرده است. در این روش، جمله‌های درون اسناد ورودی ابتدا بر اساس رابطه تفسیر متنی خوشه‌بندی شده سپس امتیاز استلزام متنی برای کسری از سرآیند خوشه‌ها که دارای بیشترین امتیاز مرتبط با پرس و جوی کاربر هستند محاسبه شده و بر اساس آن، امتیاز نهایی هر جمله به دست می‌آید. در نهایت، به کمک دو رویکرد حریمانه و برنامه‌ریزی پویا مسئله بهینه‌سازی حل شده و ضمن انتخاب بهترین جمله‌ها، خلاصه نهایی تولید می‌شود. نتایج اجرای سیستم پیشنهادی بر روی مجموعه داده‌های استاندارد و انجام ارزیابی بر اساس سیستم ROUGE نشان می‌دهند که این سیستم کارایی بهترین سیستم‌های خلاصه‌سازی استخراجی مبتنی بر پرس و جو را به صورت میانگین حداقل به میزان ۲/۵٪ بهبود داده است.

کلمات کلیدی: پردازش زبان طبیعی، خلاصه‌سازی متن، تفسیر متنی، استلزام متنی، کوله‌پشتی صفر و یک.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۸.

naserasadi@uk.ac.ir

^۱. استادیار گروه کامپیوتر، مجتمع آموزش عالی زرنند، کرمان، ایران

مقدمه

یکی از پدیده‌های عصر دیجیتال، وجود حجم زیاد اطلاعات برخط در اشکال مختلف بر روی اینترنت و سایر شبکه‌های کامپیوتری و نرخ روزافزون رشد آنها می‌باشد. در این بین، اسناد متنی از پرکاربردترین اشکال اطلاعات در چنین شبکه‌هایی می‌باشد. یکی از مشکلات ناشی از این پدیده، دسترسی به اطلاعات موثر و در عین حال مختصر برای کاربران شبکه‌های ارتباطی است؛ به گونه‌ای که، با جستجوی یک موضوع خبری در موتورهای جستجو هزاران و شاید میلیون‌ها صفحه وب شامل اطلاعات متنی مرتبط با آن موضوع در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. به این ترتیب، مهم‌ترین مشکل کاربر در استفاده از این داده‌ها و اطلاعات، طولانی بودن (و احتمالاً غیرممکن بودن) مطالعه همه این اسناد به منظور رسیدن به یک جمع‌بندی نهایی از موضوع می‌باشد. از سوی دیگر، مشکلاتی مانند وجود ناسازگاری یا تضاد در بین داده‌ها و اطلاعات، بهنگام و تکمیل شدن این داده‌ها و اطلاعات در دوره‌های زمانی کوتاه، عدم اطمینان از مناسب و مرتبط بودن داده‌ها و اطلاعات و غیره نیز وجود دارد (ننکوا و مکون، ۲۰۱۲).

خلاصه‌سازی خودکار اسناد متنی برخط، راه‌حلی است که در سال‌های اخیر برای حل این مشکلات ارائه شده و به صورت گسترده مورد توجه محققان قرار گرفته است. با استفاده از مکانیزم‌های خلاصه‌سازی خودکار اسناد متنی می‌توان خلاصه‌ای از اطلاعات متنی برخط تولید کرد که کاربر با مطالعه این خلاصه، نسبت به محتوای اطلاعاتی اسناد مربوطه در مدت زمان کمی آگاهی پیدا کرده و بر اساس آن نسبت به استفاده یا عدم استفاده از آن اسناد به صورت مناسب تصمیم‌گیری کند.

یک سیستم خلاصه‌سازی خودکار اسناد متنی، سیستمی است که یک یا چند سند متنی را به عنوان ورودی دریافت کرده با انجام مجموعه‌ای از پردازش‌ها بر روی این ورودی وبدون دخالت کاربر انسانی، یک خلاصه منسجم و روان با طول مشخص و از پیش تعریف شده تولید می‌کند (ننکوا و مکون، ۲۰۱۲). منظور از خلاصه در این تعریف، متنی است که از یک یا چند سند متنی تولید شده و حاوی اطلاعات مهم موجود در اسناد

اصلی بوده و طول آن از نصف طول سند یا اسناد اصلی کوتاه‌تر است (رادو و هوی و مکون، ۲۰۰۲). در واقع، هدف در این سیستم‌ها تولید خلاصه‌ای است که با کمترین افزونگی، بیشترین پوشش از محتوای اطلاعاتی سند یا اسناد ورودی را داشته باشد. از سوی دیگر، خلاصه تولید شده به وسیله سیستم بایستی در قیاس با خلاصه‌های تولید شده توسط افراد خبره نیز حد قابل قبولی از کارایی، انطباق و خوانایی را داشته باشد به گونه‌ای که کاربران انسانی بتوانند با مطالعه آن، بر مهم‌ترین مطالب موجود در سند یا اسناد ورودی احاطه یابند (رانکل و کنروی و دنگ و ننکوا، ۲۰۱۳).

مقاله حاضر بر سیستم‌های خلاصه‌سازی چندسندی استخراجی مبتنی بر پرس‌وجو با رویکرد خوشه‌بندی مبتنی بر تفسیر متنی و با استفاده از استلزام متنی، متمرکز می‌باشد. در این راستا، مسئله خلاصه‌سازی به صورت یک مسئله بهینه‌سازی تعریف شده و از دو روش حریصانه و برنامه‌ریزی پویا برای حل آن استفاده شده است. ادامه مقاله به صورت زیر سازمان‌دهی شده است. بخش دوم به بررسی پیشینه پژوهش پرداخته، در بخش سوم سیستم پیشنهادی مطرح شده، در بخش چهارم نتایج حاصل از پیاده‌سازی و اجرای سیستم نمایش داده شده و مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در نهایت در بخش پنجم به جمع‌بندی و بیان راهکارهایی برای پژوهش‌های آتی پرداخته شده است.

پیشینه پژوهش

اولین گام در سیستم‌های خلاصه‌سازی متن استخراج ویژگی‌های جمله‌های ورودی است. در گام بعد، امتیاز هر جمله بر اساس ترکیبی از امتیاز ویژگی‌های آن محاسبه شده و در نهایت، براساس امتیاز جمله‌ها، بهترین نمونه‌ها برای ساخت خلاصه نهایی انتخاب و استخراج می‌شوند (ننکوا و مکون، ۲۰۱۱). مهمترین ویژگی‌های مورد استفاده در چنین روش‌هایی عبارتند از تعداد تکرار کلمات (ننکوا و مکون ۲۰۱۲)، احتمال کلمات (لین و چن، ۲۰۱۰)، موقعیت کلمه (اوراسان و پکار و هسلر، ۲۰۰۴)، بکارگیری مرکز ثقل مجموعه اسناد (فیلاتوا و هتزیواسیلوگو، ۲۰۰۴) و مدل‌های بیزی (لی و لی، ۲۰۱۳). البته در برخی از این سیستم‌ها، از ترکیبی از این ویژگی‌ها با استفاده از تکنیک‌های مدل پنهان

مارکف (کونروی و اولیری، ۲۰۰۱)، شبکه‌های عصبی (ماریو و سعیدی و رودریگز و برانکو و سیلوا، ۲۰۱۷)، الگوریتم ژنتیک (لیتواک و لاس‌ت و فریدمن، ۲۰۱۰)، میدان تصادفی شرطی (شن و سان و لی و یانگ و چن، ۲۰۰۷) و الگوریتم‌های یادگیری ماشین با ناظر و بدون ناظر (هونگ و ننکوا، ۲۰۱۴) و (اسکلاتر و سوگارد، ۲۰۱۵) نیز استفاده شده است.

یکی از مشکلات روش‌های فوق این است که الگوریتم رده‌بندی تنها مشخص می‌کند آیا جمله‌ای برای ساختن خلاصه ارزشمند می‌باشد یا خیر. حال اگر تعداد جمله‌ها ارزشمند زیاد باشند، الگوریتم‌های فوق کمکی در انتخاب جمله‌های ارزشمند نمی‌کنند. برای حل این مشکل عمدتاً از الگوریتم‌های رتبه‌بندی مبتنی بر یادگیری استفاده شده است. در این روش‌ها، که نمونه‌ی آن در (کای و لی، ۲۰۱۳) وجود دارد، از یک الگوریتم تکمیلی برای رتبه‌بندی جمله‌های مناسب و در نهایت انتخاب جمله‌های دارای رتبه بهتر استفاده شده است. روش دیگر رتبه‌بندی جمله‌ها استفاده از روش‌های رگرسیون می‌باشد. در این روش‌ها که از رگرسیون بردار پشتیبانی استفاده شده است، کیفیت رده‌بندی و رتبه‌بندی افزایش یافته است (اویانگ و لی و لی و لو، ۲۰۱۱).

با این حال، توجه به ارتباط معنایی بین جمله‌ها در اغلب روش‌های فوق نادیده گرفته شده است. در واقع، بسیاری از جمله‌هایی که در الگوریتم‌های رتبه‌بندی فوق‌الذکر در قالب جمله‌های ارزشمند رتبه‌بندی می‌شوند، از لحاظ معنایی به هم نزدیک بوده و وجود یکی از آنها در خلاصه نهایی کافی می‌باشد. به این ترتیب شناسایی ارتباط معنایی بین جمله‌ها از طریق روش‌هایی مانند استلزام متنی و استفاده از آن برای حذف جمله‌های دارای معنای نزدیک به هم، می‌تواند در کاهش فضای مصرفی خلاصه و امکان به کارگیری جمله‌های بیشتر در آن به منظور افزایش میزان پوشش خلاصه، بسیار موثر باشد.

استلزام متنی

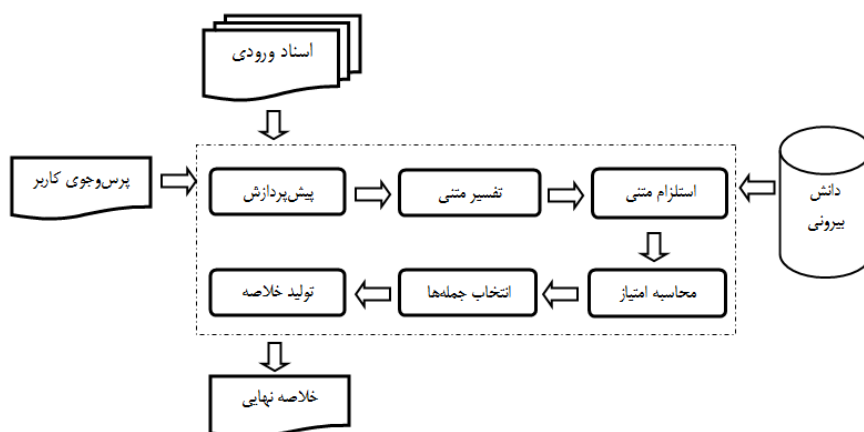
یکی از روش‌هایی که در دهه اخیر برای شناسایی ارتباط بین جمله‌ها در سیستم‌های خلاصه‌سازی متن مورد استفاده قرار گرفته است، استلزام متنی می‌باشد. استلزام متنی یک

رابطه یک طرفه بین یک متن (Text) و یک فرضیه متنی (Hypothesis) است که نشان می‌دهد آیا می‌توان فرضیه را از متن استنتاج کرد یا خیر. در واقع، هدف استلزام متنی آن است که با در نظر گرفتن یک متن (T) و با استفاده از دانش مرتبط با موضوع، مشخص کند آیا فرضیه از آن متن استلزام می‌گردد یا خیر. باید توجه داشت که نایستی تنها بر دانش جنبی برای استلزام تکیه کرد و در این راستا، متن (T) نقش اصلی را بایستی ایفا کند. به عنوان مثال جدول شماره ۱ نمونه‌هایی از استلزام و عدم استلزام فرضیه از طریق متن را نمایش می‌دهد.

در (تاتار و تاماینو موریتا و میهایس و لوپسا، ۲۰۰۸) و (کوپتا و کاتوریا و ساین و ساچدوا و بهاتی، ۲۰۱۲) از استلزام متنی برای شناسایی جمله‌های با درجه ارتباط بالا استفاده شده است. همچنین، در (کوپتا و کور و میرکین و ساین و گویال، ۲۰۱۴) نیز از استلزام متنی و مسئله پوشش رأس کمینه وزن‌دار برای خلاصه‌سازی متن استفاده شده است. با این حال، روش‌های فوق همگی بر خلاصه‌سازی تک‌سندی متمرکز بوده و به دلیل بررسی رابطه استلزام متنی بین تمامی جمله‌ها، از لحاظ زمانی پیچیدگی مطلوبی ندارند.

جدول ۱. نمونه‌هایی از استلزام متنی

Text	Hypothesis	Result
The two suspects belong to the 30th Street gang, which became embroiled in one of the most notorious recent crimes in Mexico: a shootout at the Guadalajara airport in May, 1993, that killed Cardinal Juan Jesus Posadas Ocampo and six others.	Cardinal Juan Jesus Posadas Ocampo died in 1993.	True
Regan attended a ceremony in Washington to commemorate the landings in Normandy.	Washington is located in Normandy.	False
Google files for its long awaited IPO.	Google goes public.	True
The SPD got just 21.5% of the vote in the European Parliament elections, while the conservative opposition parties polled 44.5%.	The SPD is defeated by the opposition parties.	True
According to NC Articles of Organization, the members of LLC company are H. Nelson Beavers, III, H. Chester Beavers and Jennie Beavers Stewart.	Jennie Beavers Stewart is a share-holder of Carolina Analytical Laboratory.	False



شکل ۱. چارچوب کلی روش پیشنهادی

روش پیشنهادی

شکل ۱ چارچوب کلی روش پیشنهادی در این مقاله را نمایش می‌دهد. هر یک از مؤلفه‌های این روش در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

پیش پردازش

این مؤلفه وظیفه خواندن اسناد ورودی در قالب متن و پرس و جوی کاربر و انجام عملیات تقسیم‌بندی جمله‌ها، تجزیه لغوی، نرمال‌سازی، ریشه‌یابی، برچسب‌زنی اجزای کلام و حذف کلمات توقف را بر عهده دارد.

تفسیر متنی

هدف از این مؤلفه، خوشه‌بندی جمله‌ها بر اساس امتیاز تفسیر و تأویل متنی بین آنها می‌باشد. به عبارت دیگر، در این مؤلفه همه جمله‌های که دارای امتیاز تفسیر و تأویل متنی بیش از یک آستانه مشخص شده هستند در یک خوشه قرار می‌گیرند. به این منظور به ازای هر جمله‌ی S_1 و S_2 ، امتیاز تفسیر متنی آنها بر اساس رابطه ۱ محاسبه شده و جمله‌هایی که

امتیاز آن‌ها از مقدار آستانه از قبل تعریف شده (بر اساس مقدار به دست آمده در فاز آموزش) بیشتر باشد، در یک خوشه قرار می‌گیرند.

$$P(w_1, w_2) = \frac{1}{4} (PPDB_{2.0Score}(w_1, w_2) + Sim_{Distrib}(w_1, w_2) + Sim_{PPDB.Cos}(w_1, w_2) + Sim_{PPDB.JS}(w_1, w_2)) \quad (1) \text{ رابطه}$$

به طوری که w_1 به کلمه‌های جمله‌ی S_1 و w_2 به کلمه‌های جمله‌ی S_2 اشاره داشته و مقدار $PPDB_{2.0Score}(w_1, w_2)$ با استفاده از رابطه‌ی تعریف شده در (پاولیک و راستوگی و گانیت کویچ و ون دورم و کالیسون بورچ، ۲۰۱۵) به دست می‌آید. به علاوه، بر اساس بردارهای ویژگی v_i^p تعریف شده در (کوکوس و کالیسون بورچ، ۲۰۱۶) مقادیر $Sim_{PPDB.Cos}$ و $Sim_{PPDB.JS}$ به کمک روابط ۲ و ۳ به دست می‌آیند.

$$Sim_{PPDB.Cos}(i, j) = \cos(v_i^p, v_j^p) \quad (2) \text{ رابطه}$$

$$Sim_{PPDB.JS}(i, j) = 1 - JS(v_i^p, v_j^p) \quad (3) \text{ رابطه}$$

به طوری که، مقدار JS بر اساس مقدار واگرایی جنسن-شانون به دست می‌آید و در محاسبه آن فرض بر نرمال بودن توزیع احتمال کلمه i بر اساس v_i^p می‌باشد. همچنین مقدار $Sim_{Distrib}$ بر اساس رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$Sim_{Distrib}(i, j) = \cos(v_i^w, v_j^w) \quad (4) \text{ رابطه}$$

به طوری که v_i^w عبارت است از بردار ۳۰۰ بعدی $WORD2VEC$ حاصل از نمایش کلمه i که به وسیله مجموعه داده‌های گوگل نیوز آموزش داده شده (میکولو و ساتسکور و چن و کورادو و دین، ۲۰۱۳). هم‌چنین تابع cos بر اساس رابطه شباهت کسینوسی تعریف شده در رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$\cos(q, s) = \frac{\sum_i (tf * idf)_{i,q} * (tf * idf)_{i,s}}{\sqrt{\sum_{i \in m} ((tf * idf)_{i,q})^2} * \sqrt{\sum_{i \in n} ((tf * idf)_{i,s})^2}} \quad (5) \text{ رابطه}$$

به طوری که مقادیر tf و idf به ترتیب بر اساس روابط ۶ و ۷ به دست می‌آیند.

$$tf(a, s) = 0.5 + 0.5 * \frac{f_{a,s}}{\max_{\{a' \in s\}} f_{a',s}} \quad (6) \text{ رابطه}$$

که $f_{a,s}$ فراوانی عبارت a در جمله s را نشان می‌دهد.

$$\text{idf}(a, S) = \log \frac{N}{|\{s \in S: a \in s\}|} \quad (\text{رابطه ۷})$$

به طوری که N برابر با تعداد کل اسناد ورودی می‌باشد.

به این ترتیب، با اتمام فرآیند خوشه‌بندی جمله‌ها در خوشه‌هایی قرار می‌گیرند که از لحاظ معنایی با یکدیگر ارتباط نزدیکی دارند. سپس امتیاز هر خوشه در رابطه با پرس‌وجوی مطرح شده بر اساس رابطه ۱ (بر مبنای جمله‌های درون هر خوشه و جمله‌های تشکیل دهنده پرس‌وجو) محاسبه شده و جمله سرآیند درصد مشخصی از خوشه‌ها که بیشترین امتیاز را داشته باشند، برای ادامه فرایندهای روش پیشنهادی انتخاب می‌شوند. لازم به ذکر است که سرآیند هر خوشه، جمله‌ای است که بیشترین ارتباط با پرس‌وجو (بر اساس رابطه ۱) را داشته باشد.

استلزام متنی

هدف از این مؤلفه، بررسی رابطه استلزام متنی بین همه جمله‌ها حاصل از مؤلفه قبل، به منظور امتیازدهی به جمله‌ها و رتبه‌بندی آنها می‌باشد. به عبارت دیگر، در این مؤلفه تمامی جمله‌ها به صورت دوتایی‌های متن و فرضیه تعریف شده و ضمن بررسی رابطه استلزام متنی بین آنها، ضریب اطمینان این رابطه نیز به دست آمده و بر اساس این ضرایب، امتیاز هر جمله به دست می‌آید. به این منظور، ابتدا هر یک از جمله‌ها به عنوان متن لحاظ شده و ضریب اطمینان حاصل از بررسی استلزام متنی به ازای فرضیه بودن سایر جمله‌ها در ارتباط با آن بررسی می‌شود. به ازای هر فرضیه، ضریب اطمینان مربوطه در سطر مربوط به متن و ستون مربوط به آن فرضیه، در ماتریس TEM ذخیره می‌گردد. لازم به ذکر است که ضریب اطمینان یک رابطه استلزام متنی عبارت است از عددی بین صفر تا یک که بیشتر بودن آن به معنای قطعیت بیشتر رابطه است. به این ترتیب، مقادیر ماتریس TEM به ازای هر دو جمله s_1 و s_2 بر اساس رابطه ۸ تعریف می‌شوند.

$$TEM(s_1, s_2) = TE_Conf(Text = s_1, Hyp = s_2) \quad (\text{رابطه ۸})$$

به طوری که TE_Conf ضریب اطمینان حاصل از بررسی رابطه استلزام متنی با فرض متن بودن جمله S_1 و فرضیه بودن جمله S_2 می‌باشد.

محاسبه امتیاز

هدف از این مؤلفه، محاسبه امتیاز نهایی هر جمله به منظور انتخاب جمله‌ها بهتر برای ساخت خلاصه می‌باشد. به این منظور، امتیاز هر جمله مانند S بر اساس امتیاز حاصل از بررسی روابط استلزام متنی در گام قبل یعنی ماتریس TEM ، و با استفاده از رابطه ۹ به دست می‌آید.

$$Final_Score(s) = \begin{cases} +\infty & \text{if } \sum_x TEM[x][s] = 0 \\ \frac{\sum_x TEM[s][x]}{\sum_x TEM[x][s]} & \text{Otherwise} \end{cases} \quad \text{(رابطه ۹)}$$

انتخاب جمله‌ها

بعد از محاسبه امتیاز نهایی جمله‌ها، بایستی بهترین جمله‌ها برای ساخت خلاصه نهایی انتخاب شوند. به این منظور، با توجه به محدود بودن طول خلاصه مطلوب، بایستی جمله‌های انتخاب شوند که ضمن رعایت این محدودیت، الزامات پوشش حداکثری محتوای اطلاعاتی اسناد ورودی و مطابقت خلاصه نهایی با نیازهای کاربر (پرس‌وجوی مطرح شده) را نیز برآورده کنند. در چنین شرایطی، مسئله خلاصه‌سازی اسناد متنی را می‌توان در قالب یک مسئله بهینه‌سازی فرموله‌سازی کرده و از طریق حل آن، خلاصه نهایی را تولید کرد.

به این ترتیب، می‌توان مسئله خلاصه‌سازی را به صورت پیدا کردن زیرمجموعه‌ای مانند A از مجموعه جمله‌ها موجود فرموله‌سازی کرد که رابطه‌ی ۱۰ را برآورده کند.

$$\begin{aligned} & \max \left(\sum_{s \in A} Final_Score(s) \right) \\ & \text{subject to } \sum_{s \in A} l_s \leq L \end{aligned} \quad \text{(رابطه ۱۰)}$$

به طوری که در آن، مقدار *Final_Score* بر اساس رابطه ۹ به دست آمده و I_s و I_L به ترتیب طول جمله S و طول خلاصه مطلوب می‌باشند. در نهایت، جمله‌ها انتخاب شده در این مؤلفه برای تولید خلاصه‌ی نهایی در اختیار آخرین مؤلفه سیستم قرار می‌گیرند.

تولید خلاصه

هدف از این مؤلفه تولید خلاصه نهایی بر اساس جمله‌ها انتخاب شده توسط مؤلفه قبل می‌باشد. به این منظور ابتدا جمله‌ها بر اساس ترتیب حضور آن‌ها در اسناد ورودی و همچنین ترتیب زمانی مرتب می‌شوند. به عبارت دیگر، جمله‌های که در اسناد ورودی زودتر ظاهر شده‌اند، در خلاصه نهایی تولید شده نیز جلوتر از سایر جمله‌ها قرار می‌گیرند. همچنین در صورتی که بتوان رابطه زمانی (بر اساس پارامترهایی مانند قیدهای زمان، تاریخ یا تأخر و تقدم معنایی) بین جمله‌ها پیدا کرد، از چنین رابطه‌ای نیز برای مرتب‌سازی دقیق‌تر جمله‌ها استفاده می‌شود. در انتها، از روش‌های حل مرجع ضمیر برای مشخص کردن مرجع ضمیر در خلاصه نهایی استفاده می‌شود. لازم به ذکر است به دلیل تغییر جمله‌ها در مراحل قبل و به منظور جلوگیری از خطا، این فرآیند بر روی جمله‌های اصلی مرتبط با جمله‌های انتخاب شده اعمال شده و سپس نتیجه آن با جمله‌های موجود در خلاصه نهایی منطبق می‌شود. به این ترتیب و با اتمام فرآیندهای این مؤلفه، خلاصه نهایی سیستم پیشنهادی تولید شده و به عنوان خروجی سیستم ارائه می‌شود. جدول شماره ۲ بخش از خلاصه تولید شده توسط سیستم پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول (۲): بخش از خلاصه‌ی تولید شده برای مجموعه‌ی شماره ۱۸ از DUC 2007

Query: How has Starbucks Coffee attempted to expand and diversify through joint ventures, acquisitions, or subsidiaries?

Generated Summary: Seattle-based Starbucks hopes that with Tazo it can attract new customers. Steve Smith, who founded Tazo in 1994, would not disclose what Starbucks paid for Tazo. By expanding Starbucks' online sales beyond coffee, Schultz said the company is taking a crack at potential revenues estimated at \$100 billion. Starbucks alone reported \$1.1 billion in retail sales for fiscal 1998. Schultz said that Starbucks would set up a portal site by the end of this year. Starbucks coffeehouses are already all over the place. Starting this spring, the service also will deliver Starbucks by the pound.

یافته‌های پژوهش

جزئیات پیاده‌سازی

برای پیاده‌سازی سیستم پیشنهادی، از جعبه‌ابزار زبان طبیعی پایتون و در مؤلفه استلزام متنی از ابزار EOP 1.2.3 استفاده شده است. این ابزار با ۴۰۰ زوج متن و فرضیه از RTE-5 و ۱۰۰ زوج تولید شده به صورت دستی از مجموعه داده‌های مورد استفاده، آموزش داده شده است. همچنین در مؤلفه‌ی انتخاب جمله‌ها، مسئله‌ی مورد نظر در قالب مسئله‌ی کوله‌پشتی صفر و یک فرموله‌سازی شده و با استفاده از دو رویکرد حریم‌بانه و برنامه‌ریزی پویا حل شده است که به ترتیب تضمین‌کننده سرعت و دقت در پاسخ می‌باشند.

مجموعه داده‌ها

برای ارزیابی دقیق نتایج حاصل از اجرای سیستم و ایجاد قابلیت مقایسه نتایج با سایر سیستم‌ها، از مجموعه داده‌های مجموعه داده DUC 2007 (فرایند اصلی) به عنوان مجموعه داده‌های آموزش و آزمایش استفاده شده است. این مجموعه داده‌ها دارای ۴۵ مجموعه داده می‌باشد که هر مجموعه شامل یک موضوع، ۲۵ سند متنی مرتبط با موضوع و یک پرس‌وجو می‌باشد. از این مجموعه داده به صورت تصادفی از ۳۰ مجموعه داده برای آموزش و از ۱۵ مجموعه باقیمانده برای آزمایش سیستم استفاده شده است. طول خلاصه مورد نظر در این مجموعه‌ها ۲۵۰ کلمه است.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی نتایج نیز از روش ارزیابی خودکار بر مبنای سیستم ROUGE استفاده شده است. این سیستم به صورت خودکار از طریق مقایسه خلاصه‌های تولید شده توسط یک سیستم خلاصه‌سازی اسناد متنی با خلاصه‌های استاندارد طلایی (خلاصه‌ای که توسط یک انسان خبره برای همان اسناد ورودی نوشته شده است) بر مبنای معیارهای متفاوت، کیفیت و کارایی آن‌ها را در قالب سه پارامتر دقت، بازخوانی و F-Measure گزارش می‌دهد. در بین معیارهای متفاوتی که از طریق سیستم ROUGE قابل اندازه‌گیری هستند، سه معیار ROUGE-1، ROUGE-2 و ROUGE SU-4 به دلیل ارتباط معنایی نزدیک‌تر

آن‌ها را با سیستم مبتنی بر قضاوت انسانی و استفاده بیشتر در گزارش نتایج پژوهش‌های مرتبط، به منظور نمایش و گزارش نتایج حاصل از اجرای سیستم پیشنهادی بر روی مجموعه داده‌های مورد نظر انتخاب شده‌اند.

سیستم‌های مبنا

به منظور مقایسه دقیق نتایج حاصل از اجرای سیستم با سیستم‌های مشابه، از بهترین سیستم‌های شرکت کننده در مجموعه داده، میانگین نتایج شرکت کنندگان در مجموعه داده و بهترین سیستم پیشنهاد شده در صورت وجود اطلاعات مناسب، به عنوان سیستم‌های مبنا استفاده شده است.

نتایج ارزیابی

جدول شماره ۳ نتایج ارزیابی خودکار سیستم پیشنهادی در مقایسه با بهترین سیستم‌های مشارکت کننده در مجموعه داده‌های DUC 2007 را نشان می‌دهد. همچنین جدول شماره ۴ نتایج ارزیابی سیستم پیشنهادی در مقایسه با سایر سیستم‌های مبنا را نمایش می‌دهد. در هر دو جدول بهترین مقدار برای مقایسه بهتر به صورت تو پر نشان داده شده‌اند. به علاوه، در این دو جدول نتایج سیستم پیشنهادی بر اساس رویکردهای حریمانه و برنامه‌ریزی پویا گزارش شده‌اند.

جدول ۳. مقایسه نتایج سیستم پیشنهادی با بهترین سیستم‌های مشارکت کننده در DUC 2007

سیستم	ROUGE-1 F-Measure	ROUGE-2 F-Measure	ROUGE-SU4 F-Measure
سیستم ۲۵	۰/۴۴	۰/۱۲	۰/۱۷
سیستم ۱۵	۰/۴۴	۰/۱۲	۰/۱۷
میانگین	۰/۴۰	۰/۱۰	۰/۱۵
حریمانه	۰/۴۶	۰/۱۳	۰/۱۷
برنامه‌ریزی پویا	۰/۴۷	۰/۱۳	۰/۱۹

تحلیل نتایج

همان‌گونه که نتایج جدول‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهند، سیستم پیشنهادی نسبت به سایر سیستم‌های مبنا (سیستم‌های مشارکت کننده در مجموعه داده و سایر سیستم‌های مبنا) از نتایج بهتری برخوردار است. این امر به طور ویژه در رابطه با رویکرد برنامه‌ریزی پویا صدق

کرده که مطابق انتظار نیز بوده است. این موارد نشان می‌دهند سیستم پیشنهادی از کیفیت مناسبی برای خلاصه‌سازی اسناد متنی برخوردار است.

همچنین، در سنجه ROUGE-2 رویکرد حریصانه به طرز قابل توجهی نسبت به برنامه‌ریزی پویا نتیجه مناسب‌تری را تولید کرده است. دلیل این امر آن است که مطابق نظر (لین و هوی، ۲۰۰۳) سنجه ROUGE-2 نزدیکترین سنجه کارایی به تفکرات انسانی است و از آنجا که رویکرد حریصانه نیز در بین رویکردهای حل مسئله بیشترین پیوند را با نحوه حل مسئله توسط انسان دارد، این نتیجه چندان دور از انتظار و نامعقول نیست و حتی می‌توان آن را دلیل برای اثبات ادعای (لین و هوی، ۲۰۰۳) نیز دانست.

جدول ۴. مقایسه نتایج سیستم پیشنهادی با سایر سیستم‌های مبنا

ROUGE-SU4 F-Measure	ROUGE-2 F-Measure	ROUGE-1 F-Measure	سیستم
۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۴۳	Conroy(2007)
۰/۱۳	۰/۰۹	-	Toutanova(2007)
۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۴۳	Haghighi (2009)
۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۴۳	Mason(2011)
-	۰/۰۷	۰/۴۰	He (2012)
۰/۱۸	۰/۱۳	-	Wang (2013)
-	۰/۱۲	۰/۴۲	Cai (2013)
۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۴۰	Li (2015)
۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۴۲	Canhasi (2016)
-	۰/۱۲	۰/۴۴	Cao (2016)
۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۴۳	Feigenblat (2017)
۰/۱۳	۰/۱۳	-	Chali (2017)
۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۴۲	Mani (2017)
۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۴۶	حریصانه
۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۴۷	برنامه‌ریزی پویا

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مقاله روشی جدید برای خلاصه‌سازی استخراجی چندسندی متون ارائه کرده است. در این مقاله، مسئله خلاصه‌سازی به صورت مسئله بهینه‌سازی کوله‌پشتی فرموله‌سازی

شده و با استفاده از رویکردهای تفسیر و استلزام متنی ضمن خوشه‌بندی جمله‌ها، امتیاز آن‌ها محاسبه شده، سپس با استفاده از روش‌های حریمانه و برنامه‌ریزی پویا نسبت به حل مسئله اقدام شده است. این روش به طرز چشمگیری نسبت به تمامی روش‌های مشابه کارایی بیشتری داشته است، به طوری که در مقایسه با سیستم‌های مشارکت‌کننده در مجموعه داده‌های DUC 2007، به میزان ۰/۰۳ و در مقایسه با سایر سیستم‌های مبنا به میزان ۰/۰۲ عملکرد خلاصه‌سازی را بهبود داده است.

برای تحقیقات آتی علاقمند هستیم که رویکرد خوشه‌بندی اولیه جمله‌ها را با افزودن ویژگی‌هایی مانند موقیت جمله تقویت کرده و همچنین از روش‌های فشرده‌سازی جمله برای کاهش طول جمله‌ها استفاده کنیم. به علاوه، به کارگیری این روش روی خلاصه‌سازی بهنگام و همچنین سیستم‌های پرسش و پاسخ از دیگر اهداف آینده این مقاله می‌باشند.

منابع

- Nenkova, A., & McKeown, K. (2012). A survey of text summarization techniques. In *Mining text data* (pp. 43-76). Springer, Boston, MA.
- Radev, D. R., Hovy, E., & McKeown, K. (2002). Introduction to the special issue on summarization. *Computational linguistics*, 28(4), 399-408.
- Rankel, P. A., Conroy, J. M., Dang, H. T., & Nenkova, A. (2013). A decade of automatic content evaluation of news summaries: Reassessing the state of the art. In *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)* (Vol. 2, pp. 131-136).
- Nenkova, A., & McKeown, K. (2011). Automatic summarization. *Foundations and Trends® in Information Retrieval*, 5(2-3), 103-233.
- Lin, S. H., & Chen, B. (2010, July). A risk minimization framework for extractive speech summarization. In *Proceedings of the 48th annual meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 79-87). Association for Computational Linguistics.
- Orasan, C., Pekar, V., & Hasler, L. (2004, May). A Comparison of Summarisation Methods Based on Term Specificity Estimation. In *LREC*.
- Filatova, E., & Hatzivassiloglou, V. (2004, August). A formal model for information selection in multi-sentence text extraction. In *Proceedings of the 20th international conference on Computational Linguistics* (p. 397). Association for Computational Linguistics.
- Li, J., & Li, S. (2013). A novel feature-based bayesian model for query focused multi-document summarization. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 1, 89-98.
- Conroy, J. M., & O'leary, D. P. (2001, September). Text summarization via hidden markov models. In *Proceedings of the 24th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval* (pp. 406-407). ACM.
- Maraev, V., Saedi, C., Rodrigues, J., Branco, A., & Silva, J. (2017, September). Character-level convolutional neural network for paraphrase detection and other experiments. In *Conference on Artificial Intelligence and Natural Language* (pp. 293-304). Springer, Cham.
- Litvak, M., Last, M., & Friedman, M. (2010, July). A new approach to improving multilingual summarization using a genetic algorithm. In *Proceedings of the 48th annual meeting of the association for computational linguistics* (pp. 927-936). Association for Computational Linguistics.
- Shen, D., Sun, J. T., Li, H., Yang, Q., & Chen, Z. (2007, January). Document summarization using conditional random fields. In *IJCAI* (Vol. 7, pp. 2862-2867).
- Hong, K., & Nenkova, A. (2014). Improving the estimation of word importance for news multi-document summarization. In *Proceedings of the 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics* (pp. 712-721).
- Natalie Schluter and Anders Sogaard, "Unsupervised extractive summarization via coverage maximization with syntactic and semantic concepts", *Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing (Short Papers)*, pages 840-844, Beijing, China, July 26-31, 2015.
- Cai, X., & Li, W. (2013). Ranking through clustering: An integrated approach to multi-document summarization. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 21(7), 1424-1433.
- Ouyang, Y., Li, W., Li, S., & Lu, Q. (2011). Applying regression models to query-focused multi-document summarization. *Information Processing & Management*, 47(2), 227-237.
- Tatar, D., Tamaianu-Morita, E., Mihis, A., & Lupsa, D. (2008). Summarization by logic segmentation and text entailment. *Advances in Natural Language Processing and Applications*, 15, 26.
- Gupta, A., Kathuria, M., Singh, A., Sachdeva, A., & Bhati, S. (2012, December). Analog textual entailment and spectral clustering (atesc) based summarization. In *International Conference on Big Data Analytics* (pp. 101-110). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gupta, A., Kaur, M., Mirkin, S., Singh, A., & Goyal, A. (2014). Text summarization through entailment-based minimum vertex cover. In *Proceedings of the Third Joint Conference on Lexical and Computational Semantics (* SEM 2014)* (pp. 75-80).
- Pavlick, E., Rastogi, P., Ganitkevitch, J., Van Durme, B., & Callison-Burch, C. (2015). PPDB 2.0: Better paraphrase ranking, fine-grained entailment relations, word embeddings, and style classification.

- In Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Conference on Natural Language Processing (Volume 2: Short Papers) (Vol. 2, pp. 425-430).
- Cocos, A., & Callison-Burch, C. (2016). Clustering paraphrases by word sense. In Proceedings of the 2016 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (pp. 1463-1472).
 - Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In Advances in neural information processing systems (pp. 3111-3119)
 - Wang, L., Raghavan, H., Castelli, V., Florian, R., & Cardie, C. (2016). A sentence compression based framework to query-focused multi-document summarization. arXiv preprint arXiv:1606.07548.
 - Haghghi, A., & Vanderwende, L. (2009, May). Exploring content models for multi-document summarization. In Proceedings of Human Language Technologies: The 2009 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (pp. 362-370). Association for Computational Linguistics.
 - Cai, X., & Li, W. (2013). Ranking through clustering: An integrated approach to multi-document summarization. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 21(7), 1424-1433.
 - Toutanova, K., Brockett, C., Gamon, M., Jagarlamudi, J., Suzuki, H., & Vanderwende, L. (2007). The pythy summarization system: Microsoft research at duc 2007. In Proc. of DUC (Vol. 2007).
 - Chali, Y., Tanvee, M., & Nayeem, M. T. (2017). Towards Abstractive Multi-Documnt Summarization Using Submodular Function-Based Framework, Sentence Compression and Merging. In Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 2: Short Papers) (Vol. 2, pp. 418-424).
 - Canhasi, E. and I. Kononenko, Weighted hierarchical archetypal analysis for multi-document summarization. Computer Speech & Language, 2016. 37: pp. 24-46.
 - Cao, Z., Li, W., Li, S., Wei, F., & Li, Y. (2016). Attsum: Joint learning of focusing and summarization with neural attention. arXiv preprint arXiv:1604.00125.
 - Conroy, J. M., Schlesinger, J. D., & O'Leary, D. P. (2007). Classy 2007 at duc 2007. In Proceedings of the Document Understanding Conference 2007.
 - Feigenblat, G., Roitman, H., Boni, O., & Konopnicki, D. (2017, August). Unsupervised query-focused multi-document summarization using the cross entropy method. In Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (pp. 961-964). ACM.
 - He, Z., Chen, C., Bu, J., Wang, C., Zhang, L., Cai, D., & He, X. (2012, July). Document summarization based on data reconstruction. In Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence.
 - Li, P., Bing, L., Lam, W., Li, H., & Liao, Y. (2015, June). Reader-aware multi-document summarization via sparse coding. In Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence
 - Mani, K., Verma, I., Meisheri, H., & Dey, L. (2018, December). Multi-document summarization using distributed bag-of-words model. In 2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI) (pp. 672-675). IEEE.
 - Mason, R., & Charniak, E. (2011, June). Extractive multi-document summaries should explicitly not contain document-specific content. In Proceedings of the Workshop on Automatic Summarization for Different Genres, Media, and Languages (pp. 49-54). Association for Computational Linguistics.
 - Lin, C. Y., & Hovy, E. (2003). Automatic evaluation of summaries using n-gram co-occurrence statistics. In Proceedings of the 2003 Human Language Technology Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics.

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2018.1270

استناد به این مقاله:

ناصراسدی، علی. (۱۳۹۷). «خلاصه‌سازی چندسندی استخراجی مبتنی بر پرس‌وجوی متن با استفاده از تفسیر و استلزام متنی». مدیریت مهندسی و رایانش نرم، ۶ (۲)، ۱۹۸-۱۸۳.

بهینه‌سازی زمانبندی وظایف در محیط ابر با استفاده از

ویرایش فازی الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات*

شبنم قرائیان^۱

خسرو امیری زاده^۲

چکیده

امروزه با توجه به استفاده روزافزون از محیط ابر توسط شرکت‌ها و سازمان‌ها، زمان‌بندی وظایف در این نوع محیط‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. الگوریتم‌های متنوعی برای تخصیص وظایف به منابع در محیط ابر پیشنهاد شده است که اغلب آن‌ها معیارهایی همچون توزیع بار متعادل، تخصیص بهینه منابع و کاهش زمان اجرای وظایف را در نظر نمی‌گیرند. در این کار با استفاده از الگوریتم فرااکتشافی ازدحام ذرات و منطق فازی، زمان اجرای وظایف کاهش و در نتیجه بهره‌وری منابع افزایش می‌یابد. به‌طور کلی در یک سیستم توزیع شده همچون محیط ابر، توزیع وظایف بر روی ماشین‌های مجازی به صورت تصادفی انجام می‌شود. در نتیجه، بار کل بر روی محیط ابر غیرمتعادل می‌شود که این امر از بهره‌وری منابع می‌کاهد. در این تحقیق، الگوریتم ازدحام ذرات^۳ و منطق فازی برای زمانبندی وظایف استفاده می‌شود. علاوه بر این، استفاده از الگوریتم آنیلینگ شبیه‌سازی شده^۴ برای بهبود شرایط اولیه داده‌های تصادفی پیشنهاد می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که روش بهینه‌سازی پیشنهادی در این کار، معیارهای عملکرد الگوریتم زمانبند مانند زمان خاتمه کار^۵ را در مقایسه با الگوریتم‌های فاقد بهینه‌سازی (مانند راندرابین^۶) و حتی در مقایسه با الگوریتم‌های بهینه‌سازی دیگر همچون الگوریتم ژنتیک^۷ به طور موثری بهبود می‌بخشد.

کلمات کلیدی: رایانش ابری؛ زمانبندی وظایف؛ الگوریتم ازدحام ذرات؛ منطق فازی؛ الگوریتم آنیلینگ شبیه‌سازی شده

* تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۱.

^۱ کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرمسار، گرمسار، ایران
shabnam.gh7@gmail.com

^۲ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرمسار، گرمسار، ایران (نویسنده مسئول)
khosrowamirizadeh@gmail.com

^۳ Particle Swarm Optimization (PSO)

^۴ Simulated Annealing

^۵ Make Span

^۶ Round-Robin

^۷ Genetic Algorithm

مقدمه

در حال حاضر، محاسبات ابری (پوتینی و محمد، ۲۰۱۳؛ گارگ و همکاران، ۲۰۱۲) از ارزشمندترین و نویدبخش‌ترین مسیرهای پژوهشی پس از محاسبات توزیع شده است (نان و همکاران، ۲۰۱۴). این روش محاسبه، خدمات زیرساختی و نرم‌افزاری برای کاربران فراهم می‌کند و به ارائه سرویس‌های درخواستی کاربران از طریق اینترنت می‌پردازد (یو و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به رشد چشمگیر محاسبات ابری، تعداد کلاینت‌ها و تعداد تقاضاها به سرعت در حال افزایش است. این امر حجم کاری سنگینی را روی سرورها و منابع محاسباتی موجب می‌شود. این شرایط طبیعتاً نیازمند یک الگوریتم زمانبندی برای استفاده بهینه از منابع است.

زمان بندی کارها روشی است که وظایف کاربران را به منظور اجرا به ماشین‌های مجازی تخصیص می‌دهد. از دید مشتری، الگوریتم زمان بندی مناسب باید بتواند وظایف خواسته شده را در کمترین زمان اجرا کند. از سوی دیگر، شرکت ارائه‌دهنده سرویس نیز نیازمند نوعی زمان بندی است که بتواند در عین جلب رضایت مشتری، از حداکثر امکانات منابع استفاده کند. این مسئله نیازمندی فراهم کننده سرویس به انتخاب روش بهینه برای زمان بندی درخواست‌ها را بیشتر می‌کند.

در این مقاله یک الگوریتم زمان بندی جدید با استفاده از الگوریتم اکتشافی بهینه سازی ازدحام ذرات فازی (لیو و همکاران، ۲۰۱۰) با این هدف ارائه می‌شود که روش پیشنهادی بتواند نیازمندی‌های کیفیت سرویس را از منظر فراهم کننده سرویس و مشتری برآورده کند. هدف از الگوریتم ارائه شده استفاده از بهینه ساز ذرات برای تأمین نیازمندی‌های زیر است:

- ۱: کاهش زمان تکمیل جریان کاری
- ۲: کاهش زمان پاسخ به درخواست‌ها
- ۳: افزایش میزان تعادل بار

برای ارزیابی روش پیشنهادی از ابزار منبع باز CloudSim (یو و همکاران، ۲۰۱۳) استفاده شده است. ما هسته اولیه این ابزار را برای ارائه الگوریتم مورد نظر توسعه داده‌ایم و سپس روش پیشنهادی خود را با الگوریتم‌های مشهور PSO برهارت و کندی (۱۹۹۵) و ژنتیک گلدبرگ و هالند (۱۹۸۸) مقایسه کرده‌ایم. ادامه مقاله از بخش‌های زیر تشکیل شده است: در بخش دوم کارهای مرتبط با زمانبندی بار کاری بیان شده است، سپس در بخش سوم جزئیات روش پیشنهادی به تفصیل ارائه شده است، در بخش چهارم شرایط ارزیابی روش پیشنهادی و نتایج الگوریتم ارائه شده است و در نهایت در بخش آخر نتیجه‌گیری و کارهای آینده ارائه می‌شوند.

یکی از مهم‌ترین مسئله‌ها در بستر ابر، زمانبندی کارها می‌باشد؛ زمانبندی مکانیزمی است که وظایف کاربران را به منابع مناسب جهت اجرا اختصاص می‌دهد. به طور کلی، کارایی روش‌های زمانبندی به طور مستقیم بر روی کارایی کل سیستم محاسبات ابری تأثیر می‌گذارد. در سال‌های گذشته، محققان متعددی برای انجام زمانبندی بهینه در رایانش ابری به رهیافت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی روی آورده‌اند. از آنجا که روش پیشنهادی ما نیز در حوزه هوش مصنوعی می‌باشد، در ادامه به بررسی روش‌هایی می‌پردازیم که در این حوزه استفاده شده‌اند.

زمانبندی وظایف در محیط ابر نقش عمده‌ای در قابلیت اطمینان و کارایی آن دارد. با افزایش تعداد درخواست‌ها و تنوع ماشین‌های مجازی و همچنین افزایش اهداف کیفیت سرویس، پیدا کردن راه‌حل نزدیک به بهینه، پیچیده‌تر و چالش برانگیزتر می‌شود و در نتیجه مسئله زمانبندی به عنوان یکی از مهمترین مسائل np-hard در محیط‌های ابر مطرح می‌شود. محققان برای حل این مسئله، با توجه به کارایی الگوریتم‌های فرااکتشافی مانند ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، کلونی مورچگان و غیره، آنها را برای پیدا کردن یک جایگشت مناسب از درخواست‌ها بر روی ماشین‌های مجازی پیشنهاد داده‌اند. هر کدام از این الگوریتم‌ها روی یک یا چند هدف مانند تعادل بار، بهره‌وری منابع، حداقل زمان پاسخ

و کاهش اتلاف حافظه تمرکز دارند. در ادامه برخی از مهم‌ترین کارها در حوزه زمانبندی بیان می‌شود.

جینگ و همکاران (۲۰۱۳) الگوریتم MO-GA را برای زمانبندی وظایف پیشنهاد دادند. هدف آنها، حداقل کردن مصرف انرژی و حداکثر استفاده بهینه از سرویس‌های محاسبات ابری، با توجه به ضرب‌الاجل هر کدام از وظایف است. برای رسیدن به اهداف مذکور، ابتدا معماری زمانبندی وظایف در محیط محاسبات ابری تعریف شده است. سپس، الگوریتم MO-GA برای زمانبندی وظایف در شبیه‌ساز Cloudsim پیشنهاد شده است (لیو و همکاران، ۲۰۱۰). جوانمردی و همکارانش در سال ۲۰۱۴، یک الگوریتم ترکیبی جهت توازن بار، کاهش زمان اجرا و هزینه‌ها، از نوع فرااکتشافی پیشنهاد داده‌اند. در رهیافت پیشنهادی ایشان از ترکیب الگوریتم ژنتیک و تئوری فازی استفاده شده است. در واقع الگوریتم جدید کارها را براساس طول کار و ظرفیت منابع، به منابع اختصاص می‌دهد (جوانمردی و همکاران، ۲۰۱۳).

ژانگو و همکارانش، یک مدل تعادل بار را بر مبنای کلونی بهینه‌سازی شده مورچگان ارائه داده‌اند که روی فدراسیون محاسبات باز ابرها انجام شده است. این فدراسیون شامل بسیاری از سرویس‌دهندگان سرویس محاسبات ابری می‌باشد و هدف این است که بار را به طور پویا در سراسر فدراسیون ابر تقسیم کند. این الگوریتم میانگین نسبی درصد تعادل بار را به حداقل می‌رساند و با القای قابلیت کلونی مورچه‌ها، جواب بهینه برای نحوه زمانبندی وظایف پیدا می‌کند. همچنین در الگوریتم ذکر شده، ویژگی‌های کوچک و مقیاس آزاد شبکه‌های پیچیده نیز در نظر گرفته شده است (عبدالحمید و همکاران، ۲۰۱۵).

در مقاله رمضانی و همکاران (۲۰۱۴) برای رسیدن به تعادل بار، نیاز بود به جای این که کل وظیفه منتقل شود، وظایف اضافی از روی ماشین مجازی پربار منقل شود. الگوریتم TBSLB-PSO برای ایجاد تعادل بار در محیط ابری پیشنهاد شده است. در روش پیشنهادی، مدل بهینه‌سازی مهاجرت وظیفه پیشنهاد شده است که مدت زمان اجرای وظایف و زمان انتقال وظیفه را حداقل می‌کند.

در مقاله پارساراتی و ونداتسواران (۲۰۱۲) الگوریتم اصلاح شده ازدحام ذرات برای زمانبندی در محیط‌های ابری پیشنهاد شده است. هدف اصلی از ارائه این راهکار، زمان بندی بهینه وظایف در محیط‌های ابری به گونه‌ای است که زمان اجرا و در ادامه آن زمان deadline کاهش پیدا کند. سه الگوریتم اکتشافی برای زمانبندی وظایف در محیط محاسبات ابری با یکدیگر مقایسه شده‌اند. این سه الگوریتم اکتشافی، الگوریتم PSO، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم PSO اصلاح شده است. با نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی، هنگامی که داده‌ها بیش‌تر می‌شوند، الگوریتم PSO بهتر از الگوریتم ژنتیک عمل می‌کند. در مقاله ژانگ و ژانگ (۲۰۱۰) از منطق فازی برای ایجاد تعادل بار در محیط محاسبات ابری استفاده شده است. با استفاده از منطق فازی، سرعت پردازنده و تخصیص بار در ماشین‌های مجازی با هدف تعادل بار انجام می‌شود. در این مقاله برای ایجاد تعادل بار از منطق فازی براساس نوبت گردش و به منظور بهره‌وری منابع و دسترسی به منابع در محیط ابری استفاده شده است. دو پارامتر سرعت پردازنده و بار ماشین‌های مجازی برای ارزیابی تعادل بار با استفاده از منطق فازی استفاده شده‌اند.

در مقاله سوشی (۲۰۱۲) الگوریتم زمان بندی محیط‌های ابری با استفاده از شبکه عصبی فازی پیشنهاد شده است. ابتدا وظایف کار براساس کیفیت سرویس از جمله حافظه و اندازه و... طبقه‌بندی می‌شوند، سپس وظایف کلاسه‌بندی شده به یک سرویس فازی ارائه می‌گردند، بطوری که مقادیر ورودی به بازه‌های بین صفر و یک تبدیل می‌شوند. شبکه‌های عصبی که از سه لایه ورودی، مخفی و خروجی تشکیل شده‌اند برای تعدیل وزن وظایف کاربر و هماهنگی آن با منابع در دسترس سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از این الگوریتم نشان داده است که زمان برگشت کلی کاهش و بهره‌وری سیستم افزایش یافته است.

روش‌شناسی پژوهش

در این بخش ابتدا الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و منطق فازی بیان شده است. سپس در بخش بعد نحوه استفاده از ترکیب این دو روش در مسئله زمانبندی ارائه می‌شود.

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات پایه

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات از دسته الگوریتم‌های بهینه‌سازی است که بر مبنای تولید تصادفی جمعیت اولیه عمل می‌کنند. این الگوریتم با الگوگیری از رفتار پرواز دسته جمعی (گروهی) پرندگان یا حرکت دسته جمعی (گروهی) ماهی‌ها بنا نهاده شده است. هر عضو در این گروه توسط بردار سرعت و بردار موقعیت در فضای جستجو تعریف می‌گردد. در هر تکرار، موقعیت جدید ذرات با توجه به بردار سرعت و بردار موقعیت در فضای جستجو با استفاده از رابطه (۱) تعریف می‌گردد. در هر تکرار زمانی، سرعت جدید ذرات با توجه به بردار سرعت فعلی، بهترین موقعیت یافت شده توسط آن ذره و بهترین موقعیت یافت شده توسط بهترین ذره موجود در گروه (رابطه ۲)، بروزرسانی می‌شود.

$$x_j^i[t+1] = x_j^i[t] + v_j^i[t+1] \quad \text{رابطه ۱}$$

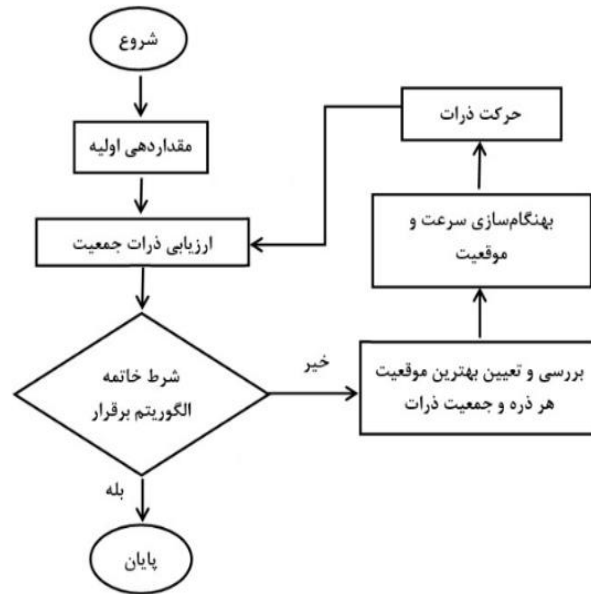
رابطه $x_j^i[t+1]$ مکان ذره در لحظه $t+1$ و $x_j^i[t]$ مکان ذره در لحظه t و $v_j^i[t+1]$ سرعت ذره در لحظه $t+1$ می‌باشد.

$$v_j^i[t+1] = wv_j^i[t] + c_1r_1(x_j^{ibest}[t] - x_j^i[t]) + c_2r_2(x_j^{gbest}[t] - x_j^i[t]) \quad \text{رابطه ۲}$$

به طوری که در رابطه بالا، w فاکتور سکون^۱، و r_1 و r_2 اعداد تصادفی هستند که برای حفظ گوناگونی جمعیت مورد استفاده قرار می‌گیرند و به صورت یکنواخت در بازه $[0,1]$ برای i امین بعد ذره t ام توزیع می‌گردد. طبق رابطه (۲) ذره قادر خواهد بود که حرکت بعدی خود را با توجه به تجربه حاصل از بهترین موقعیت گذشته خود و تجربه ذرات موفق، تصمیم‌گیری نماید. شکل ۱ فلوجارت الگوریتم ازدحام ذرات را نشان می‌دهد. $C1$ و $C2$ به ترتیب تعیین کننده نقش بهترین مکان در تاریخچه خود ذره، و بهترین مکان تا کنون بدست آمده در بین کل ذرات، در تعیین سرعت جدید ذره هستند. لازم به

¹ Inertial Factor

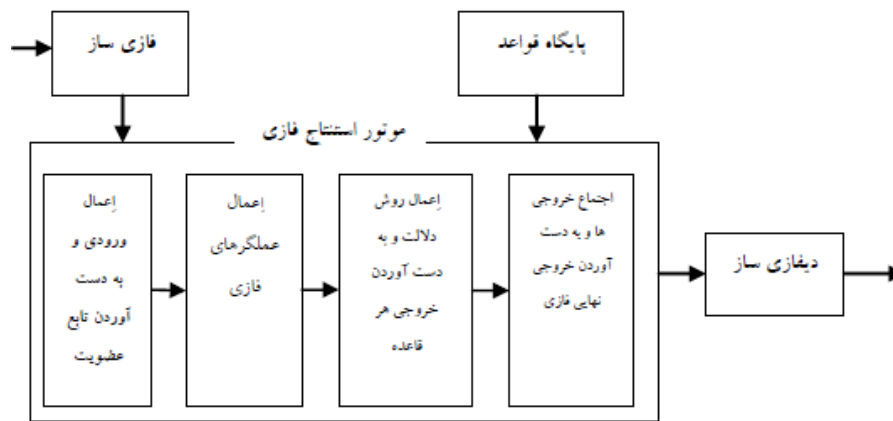
ذکر است که نتایجی که در مقاله خواهند آمد، پس از انجام اجراهای متعدد و یافتن مقدار بهینه پارامترهای آزاد، از جمله C1 و C2، بدست آمده‌اند.



شکل ۱. شمای کلی از الگوریتم PSO

منطق فازی

در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر دو حالت دارد، یا عضو مجموعه هست یا نیست. به عبارتی دیگر، عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک پیروی می‌کند. اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را توسعه داده است. در این منطق، عضویت درجه‌بندی می‌شود. بنابراین، یک عنصر می‌تواند تا درجاتی و نه کاملاً عضو یک مجموعه باشد. شکل ۲ نشان‌دهنده سیستم استنتاج فازی در روش پیشنهادی ما است.



شکل ۲. سیستم استنتاج فازی

استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات به همراه منطق فازی در مسئله زمانبندی

در این بخش، ما یک طرح فازی مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات گسسته برای حل مسئله زمانبندی وظایف در شبکه‌های محاسبات ابری طراحی خواهیم کرد. بردارهای ماتریس فازی برای نشان دادن موقعیت و سرعت ذرات برای زمانبندی وظایف در این شبکه‌ها محاسبه می‌شوند. با این رویکرد، جواب‌های پیدا شده توسط الگوریتم ازدحام ذرات به جواب‌های واقعی و بهینه نزدیک خواهد شد و این انتظار می‌رود که زمانبندی وظایف در محیط ابری با کاهش پیچیدگی و کاهش زمان تکمیل کار انجام گیرد.

مدل ریاضی الگوریتم

فرض کنید $VM = \{VM_1, VM_2, \dots, VM_m\}$ مجموعه ماشین‌های مجازی باشند که برای میزبانی درخواست‌های کاربران استفاده می‌شوند و همچنین $Task = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ مجموعه‌ای از وظایفی باشند که قصد اجرای آنها بر روی ماشین‌های مجازی را داریم. هدف از الگوریتم، کاهش میزان زمان انجام طولانی‌ترین کار و افزایش درجه تعادل بار کرشنا (۲۰۱۳) است. زمان انجام طولانی‌ترین کار را به صورت رابطه (۳) تعریف می‌کنیم:

$$Makespan = \max\{CT_{ij} | i \in T, i = 1, 2, \dots, n \text{ and } j \in VM, j = 1, 2, \dots, m\} \quad \text{رابطه ۳}$$

بهبودسازی زمانبندی وظایف در محیط ابر با استفاده از ویرایش فازی الگوریتم // ۲۰۷

ما از معیار درجه عدم تعادل^۱ برای اندازه گیری تناسب توزیع بار استفاده کرده ایم. این معیار طبق رابطه (۴) محاسبه می شود.

$$DI = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\text{avg}}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در رابطه (۴) T_{\max} و T_{\min} بیشترین و کمترین زمان انجام کارها در بین ماشین های مجازی هستند و T_{avg} متوسط زمان اجرای کارها در بین تمام ماشین های مجازی است. در نتیجه تابع برازندگی با هدف کاهش زمان تکمیل کار به صورت رابطه (۵) تعریف می شود:

$$\text{Fitness Function} = \text{Min (Makespan)} \quad (\text{رابطه ۵})$$

با توجه به رابطه (۵) می توان نتیجه گرفت که هر چقدر مقدار تابع برازندگی کمتر باشد میزان مطلوبیت ذره از جهت کاهش زمان انجام طولانی ترین کار و افزایش درجه تعادل بار بیشتر است. در ادامه جزئیات الگوریتم پیشنهادی را به تفصیل بیان می کنیم.

جزئیات روش پیشنهادی

انتخاب ذرات اولیه و سرعت اولیه

برای ایجاد مکان اولیه برای ذرات، ابتدا برای هر ذره یک لیست به اندازه تعداد وظایف ایجاد کرده و سپس برای هر وظیفه یک آرایه به تعداد ماشین های مجازی ایجاد می کنیم. برای هر ماشین مجازی عدد تصادفی بین صفر و یک را انتخاب کرده و آن ماشین به میزان آن عدد شانس انتخاب شدن برای اجرای آن وظیفه را دارد. نمایی از مکان راه حل های اولیه در زیر نشان داده شده است.

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & \dots & x_{2n} \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

استفاده از الگوریتم آنیلینگ شبیه‌سازی شده برای بهبود مکان ذرات

در این مرحله، از الگوریتم سرد و گرم فلزات یا همان آنیلینگ شبیه‌سازی شده برای بهبود مکان اولیه استفاده می‌شود. الگوریتم به این ترتیب عمل می‌کند که در ابتدا جوابی تصادفی (s) را انتخاب می‌کند، سپس وارد حلقه تکرار می‌شود؛ در هر تکرار، جواب تصادفی جدیدی (s') متناسب با جواب فعلی انتخاب می‌شود. در اینجا تابع احتمالی محاسبه می‌شود و متناسب با آن جواب جدید پذیرفته و جایگزین جواب پیشین می‌شود یا این که رد می‌شود. برای هر یک از جواب‌ها یک تابع تناسب^۱ $f(s)$ و $f(s')$ محاسبه می‌شود که در کار فعلی، این تابع، زمان خاتمه کار یا همان makespan خواهد بود. تابع احتمال به صورت رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$P = \exp \left(\frac{f(s) - f(s')}{T} \right) \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه فوق، T دما می‌باشد که به تدریج با افزایش شمارش تکرارها کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که در برنامه نوشته شده، در صورتی که $f(s')$ بهتر از $f(s)$ باشد (کوچکتر باشد)، جواب جدید به طور مستقیم پذیرفته می‌شود و از تابع احتمال تنها برای (عدم) پذیرش جواب‌های نامطلوب استفاده می‌شود. در ضمن کاهش دما با پیشرفت فرایند حل به این معنا خواهد بود که احتمال پذیرش جواب‌های نامطلوب با حرکت به سمت تکرارهای پایانی کم و کمتر می‌شود. دلیل این امر افزایش احتمال گشتن تمام فضای حل در عین همگرایی به یک جواب معقول در انتها تکرار می‌باشد. در برنامه نوشته شده، دما به شکل خطی با افزایش شمارش تکرار از یک به سمت صفر حرکت می‌کند.

نرمال سازی مقادیر مکان ذرات

در این بخش برای هر یک از اعضای ذرات نرمال‌سازی استفاده می‌شود. نرمال‌سازی به منظور قرار دادن داده‌ها در بازه [0-1] صورت می‌گیرد. برای نرمال کردن هر ستون، مقدار داده هر عضو بر مجموع داده‌های ستون ماتریس تقسیم می‌شود. ماتریس نرمال شده در رابطه (۷) نمایش داده شده است:

^۱ Fitness

$$\left(\begin{array}{ccc} \frac{x_{11}}{\sum_{i=1}^m x_{i1}} & \dots & \frac{x_{in}}{\sum_{i=1}^m x_{in}} \\ \frac{x_{21}}{\sum_{i=1}^m x_{i1}} & \dots & \frac{x_{2n}}{\sum_{i=1}^m x_{in}} \\ \frac{x_{m1}}{\sum_{i=1}^m x_{i1}} & \dots & \frac{x_{mn}}{\sum_{i=1}^m x_{in}} \end{array} \right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

محاسبه تابع برازندگی و انتخاب مقادیر Gbest و Pbest

در این مرحله مقدار تابع برازندگی را برای هر یک از ذرات طبق رابطه (۵) محاسبه می‌کنیم. مقدار بهترین موقعیت محلی را مقدار اولیه هر ذره قرار می‌دهیم و از بین ذرات، ذره‌ای که دارای بهترین مقدار تابع برازندگی است را به عنوان بهترین موقعیت سراسری انتخاب می‌کنیم.

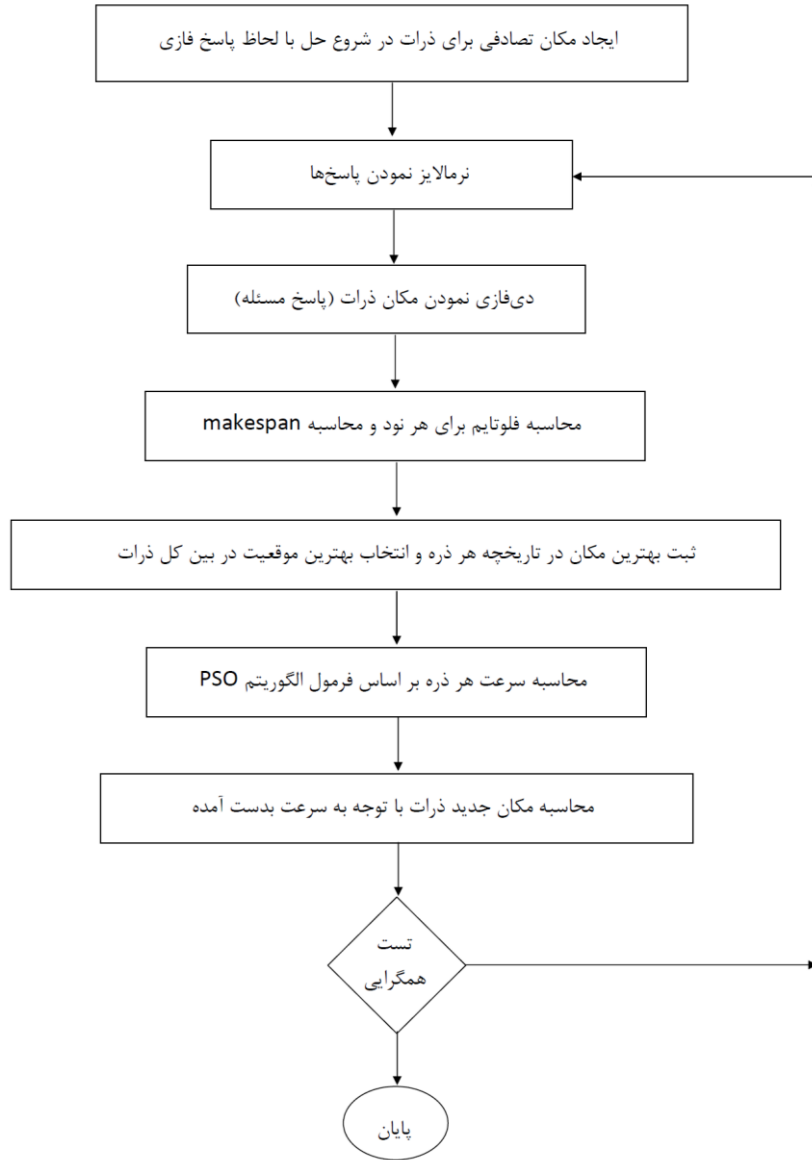
به روز رسانی مکان ذرات و سرعت آنها

در این مرحله، مطابق رابطه (۸) ابتدا میزان سرعت اولیه بر اساس اطلاعاتی که از سرعت مرحله قبل و بهترین مکان فعلی ذره و بهترین مکان در کل ذرات داریم، به روز می‌شود، سپس مکان ذره بر اساس سرعت به روز شده طبق رابطه (۹) تعیین می‌شود. سپس تابع برازندگی برای موقعیت جدید ذره محاسبه شده و در صورتی که مقدار آن از موقعیت قبلی ذره کمتر بود، مکان بهترین موقعیت محلی ذره به مکان جدید انتقال می‌یابد. در بین مکان جدید ذرات، اگر مقدار تابع برازندگی ذره‌ای از مقدار بهترین موقعیت سراسری قبلی کمتر باشد، مقدار بهترین موقعیت سراسری نیز بروزرسانی می‌شود.

$$X[t+1] = X[t] \oplus V[t+1] \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$V[t+1] = w \otimes V[t] \oplus (c_1 * r_1) \otimes (X^{ibest}[t] \ominus X[t]) \oplus (c_2 * r_2) \otimes (X^{gbest}[t] \ominus X[t]) \quad \text{رابطه (۹)}$$

به تعداد مراحل الگوریتم، موقعیت هر ذره بروزرسانی شده و همچنین بر اساس موقعیت هر ذره و گروه ذرات، مقادیر بهترین موقعیت محلی و بهترین موقعیت سراسری محاسبه می‌شوند. در نهایت ذره‌ای که کمترین مقدار بهترین موقعیت سراسری را دارد به عنوان پاسخ مساله در نظر گرفته می‌شود. در شکل (۳) فلوجارت الگوریتم پیشنهادی قرار گرفته شده است.



شکل ۳. شمای کلی روش پیشنهادی

یافته‌های پژوهش

در این بخش، رویکرد پیشنهادی مقاله شامل زمانبندی وظایف با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات و منطق فازی در رایانش ابری با شبیه‌ساز کلودسیم کالهریوس و همکاران (۲۰۱۱) آزمایش خواهد شد. این پژوهش قصد دارد با بکارگیری الگوریتم ازدحام ذرات و منطق فازی به یک رویکرد بهینه در زمانبندی وظایف در محیط‌های ابری برسد تا زمان اجرای وظایف کاهش یابد و توزیع وظایف به شکل همگن‌تری صورت گیرد.

برای ارزیابی الگوریتم ارائه شده، یک مرکز داده رایانش ابری را شبیه‌سازی می‌نماییم که از ۲ میزبان تشکیل شده که هر کدام قابلیت مجازی‌سازی^۱ دارند. در واقع فرض شده است که بر روی آن‌ها مجازی‌سازهایی مثل Xen نصب شده است، که می‌تواند منابع را به اشتراک بگذارد. جدول (۱) مشخصات ماشین‌های فیزیکی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات ماشین‌های فیزیکی مورد استفاده برای ارزیابی

CPU MIPS	Core	RAM (GB)	Storage (GB)	Band Width (GBPS)
۱۰۰۰۰۰۰	۴	۲۰ GB	۱ GB	۱۰
۱۰۰۰۰۰۰	۲	۲۰ GB	۱ GB	۱۰

همچنین از ۱۰ ماشین مجازی با مشخصات مختلف برای ارزیابی روش ارائه شده استفاده می‌شود. جدول (۲) مشخصات ماشین مجازی مورد استفاده را نشان می‌دهد.

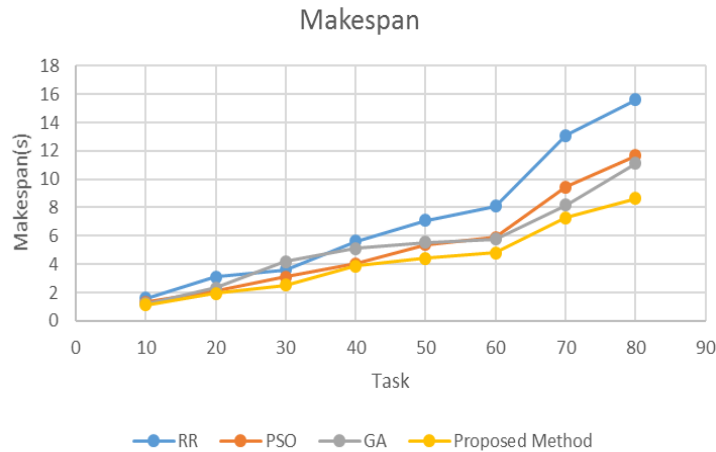
جدول ۲. مشخصات ماشین‌های مجازی مورد استفاده برای ارزیابی

CPU MIPS	Core	RAM (GB)	Storage (GB)	Band Width (GBPS)
۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱	۰/۵ GB	۱۰ GB	۱

جدول ۳. مشخصات الگوریتم‌های مورد استفاده برای ارزیابی

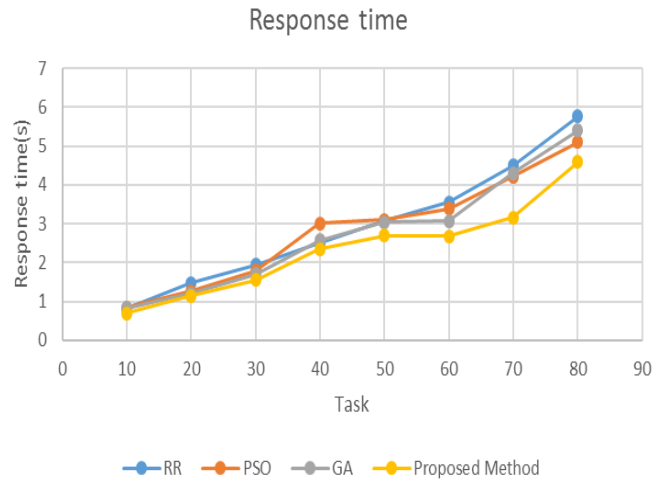
Algorithm	Parameter	Value
PSO	Particle Size	۱۰
	Self-Recognition coefficient C1	۲
	Social Effect C2	۲
	Static Inertia Weight	۰/۹
	Variable Inertia Weight	۰/۰-۴/۹
	Number of Iterations	۱۰۰
GA	Population Size	۱۰
	Number of Iterations	۱۰۰

درخواست‌ها (وظایف) به صورت نمونه ایجاد می‌شوند. طول درخواست‌ها از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متغیر است و همه درخواست‌ها برای هر یک از روش‌ها یکسان است. شکل ۴ مقادیر makespan را نشان می‌دهد.



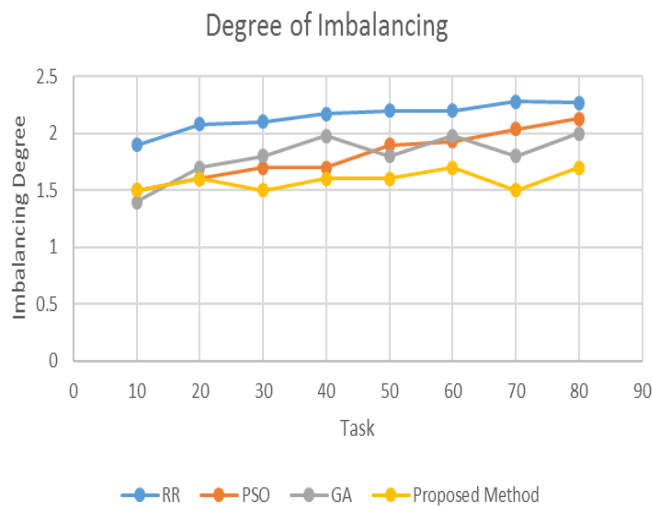
شکل ۴. مقادیر makespan برای درخواست‌های نمونه

مطابق شکل ۴، با افزایش درخواست‌ها، میزان makespan در روش پیشنهادی نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام بهبود بیشتری دارد. شکل ۵ مقادیر زمان پاسخ را برای هر یک از توزیع‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۵. مقادیر response time برای درخواستهای نمونه

همانطور که دیده می‌شود، استفاده از روش ارائه شده سبب کاهش میزان زمان پاسخ در زمانبندی وظایف می‌شود (شکل ۵). همچنین چون در روش پیشنهادی میزان Makespan کاهش می‌یابد، اختلاف کمترین زمان اتمام کار و بیشترین زمان تکمیل کار و در نتیجه میزان درجه عدم تعادل بار نیز کاهش می‌یابد (شکل ۶).



شکل ۶. مقادیر درجه تعادل بار برای توزیع نمونه در سناریو دوم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اهمیت و نو بودن موضوع محاسبات ابری، در این مقاله روشی جهت اختصاص بهینه منابع محاسباتی به وظایف در این گونه محیط‌ها پیشنهاد شد. این روش، ترکیبی از الگوریتم ازدحام ذرات و منطق فازی برای دستیابی به یک روش بهینه زمان‌بندی است. از رویکرد فازی برای افزایش دقت زمان‌بندی و اختصاص منابع استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی به طور متوسط ۲۱/۲ درصد بهبود در فاکتور makespan ۱۳/۴۵ درصد بهبود در فاکتور زمان پاسخ، و ۱۶/۴ درصد بهبود در درجه تعادل بار برای همه سناریوها ایجاد می‌کند. در آینده می‌توان روش پیشنهادی را برای محاسبات مه به کار گرفت. همچنین می‌توان از این روش برای درخواست‌های پویا در محیط ابر استفاده کرد.

منابع

- Calheiros RN, Ranjan R, Beloglazov A, De Rose CA, Buyya R. CloudSim. (2011). A toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. *Softw Pract Exp.* 41, 23-50.
- Eberhart RC, Kennedy J. (1995). A new optimizer-using particle swarm theory. In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, 26, 39-43.
- E. Goldberg and J. Holland. (1988). Genetic algorithms and machine learning”, *Mach Learn.* 3(2), 95-99.
- F. Ramezani, J. Lu, and F. K. Hussain. (2014). Task-based system load balancing in cloud computing using particle swarm optimization. *International journal of parallel programming*, 42, 739-754.
- G. Nan, Z. Mao, M. Li, Y. Zhang, S. Gjessing, H. Wang, and M. Guizani. (2014). Distributed resource allocation in cloud-based wireless multimedia social networks. *IEEE Netw. Mag.*, 28(4), 74-80.
- H. Liu, A. Abraham, and A. E. Hassanien. (2010). Scheduling jobs on computational grids using a fuzzy particle swarm optimization algorithm. *Future Generation Computer Systems*, 26(8), 1336-43.
- J. Liu, X. G. Luo, X. M. Zhang, and F. Zhang. (2013). Job scheduling algorithm for cloud computing based on particle swarm optimization. in *Advanced Materials Research*, 957-960.
- Krishna PV. (2013). Honey bee behavior inspired load balancing of tasks in cloud computing environments. *Appl Soft Comput.* 13, 2292-303.
- R. Yu, Y. Zhang, S. Gjessing, W. Xia, and K. Yang (2013) Toward cloud based vehicular networks with efficient resource management. *IEEE Netw. Mag.*, 27(5), 48-55.
- S. Javanmardi, M. Shojafar, D. Amendola, N. Cordeschi, H. Liu, and A. Abraham. (2014). Hybrid job scheduling algorithm for cloud computing environment. in *Proceedings of the Fifth International Conference on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications IBICA 2014*, 43-52.
- S. K. Garg, S. Versteeg, and R. Buyya. (2012). A framework for ranking of cloud computing services. *Future Generation Comput. Syst.*, 29(4), 1012-1023.
- S. M. Abdulhamid, M. S. A. Latiff, and I. Idris. (2015). Tasks scheduling technique using league championship algorithm for makespan minimization in IAAS cloud. *arXiv preprint arXiv: 1510.03173*.
- S. Parthasarathy and C. J. Venkateswaran. (2012). Scheduling jobs using oppositional-GSO algorithm in cloud computing environment,” *Wireless Networks*, 1-11.
- S. Sethi, A. Sahu, and S. K. Jena. (2012). Efficient load balancing in cloud computing using fuzzy logic. *IOSR Journal of Engineering*, 2, 65-71.
- T. Erl, R. Puttini, and Z. Mahmood. (2013). *Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture*. 1st ed. Englewood Cliffs, NJ, USA:Prentice-Hall.
- Z. Zhang and X. Zhang. (2010). A load balancing mechanism based on ant colony and complex network theory in open cloud computing federation. in *Industrial Mechatronics and Automation (ICIMA), 2010 2nd International Conference on*, 240-243.

استناد به این مقاله:

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2018.1271

قرائیان، شبنم، امیری زاده، خسرو. (۱۳۹۸). «بهبودسازی زمانبندی وظایف در محیط ابر با استفاده از ویرایش فازی الگوریتم بهبودسازی اجتماع ذرات». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶ (۲)، ۱۹۹-۲۱۵.

*تشخیص وسایل نقلیه در محیط‌های ترکیبی

محسن ولی‌زاده اصلی^۱

محمد بادپیما^۲

سحر خسروانی زاهدانی^۳

چکیده

در این مقاله، طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم تشخیص وسایل نقلیه مبتنی بر تحلیل اجزاء رنگ در فضای RGB ارائه و چالش‌های آن از جمله شرایط جوی مختلف (بارانی، برفی، مه‌آلود و...)، زمان‌های مختلف (روز، شب، ظهر، بعدازظهر)، ترافیک سنگین، وجود سایه و همچنین وجود مشکلاتی در سطح جاده مورد بررسی قرار گرفته است. هدف این مقاله پیشنهاد روشی برای تشخیص وسایل نقلیه بدون نیاز به ساخت و برورسانی مدل پس‌زمینه است که بتواند در چالش‌های مختلف به صورت مطلوب و با دقت بالا عمل کند. در این روش برای غلبه بر مشکلات حاصل از تغییرات روشنایی و شرایط جوی مختلف از نرمال‌سازی هیستوگرام و برای استخراج اشیاء در حال حرکت از مقدار مشتق سطح خاکستری و جریان نوری استفاده شده است. در پایان برای جستجوی ناحیه‌های تشخیص داده شده و همچنین برای جدا کردن خطوط و علائم از وسایل نقلیه از توصیف گر HOG و دسته‌بند SVM استفاده شده است. نتایج آزمایش‌ها روی پایگاه داده VDTD کارایی این روش را تأیید کرده و نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در شرایط جوی ترکیبی و هم‌چنین در ترافیک سنگین بهتر از روش‌های مشابه عمل می‌کند.

کلمات کلیدی: تشخیص ماشین، تشخیص وسایل نقلیه، جریان نوری، نرمال‌سازی هیستوگرام، نظارت ترافیکی.

* تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۶.

۱. کارشناس ارشد هوش مصنوعی، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

Mvag1990@gmail.com

badpeima_mohammad@mut.ac.ir

sahar.sk86@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد هوش مصنوعی، دانشگاه مالک‌اشتر، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری هوش مصنوعی و رباتیک، دانشگاه آزاد لاهیجان، گیلان، ایران

مقدمه

با توجه به اهمیت و استفاده گسترده سیستم‌های نظارت ترافیکی در جاده‌ها، نیاز به طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم دقیق برای این امر احساس می‌شود. سیستم نظارت ترافیکی، سیستمی است که کار تشخیص و دسته‌بندی وسایل نقلیه در پیش‌زمینه و تشخیص خطوط و علائم جاده در پس‌زمینه را انجام می‌دهد. حساسیت بالای سیستم‌های نظارتی هوشمند باعث شده که این مسئله در ماشین بینایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شود. در سال‌های اخیر روش‌های زیادی برای حل این مسئله پیشنهاد شده است ولی فقط تعداد کمی از روش‌ها به بررسی چالش‌هایی مثل شرایط جوی ترکیبی، تغییرات روشنایی، سایه و غیره پرداخته‌اند. در روش پیشنهادی برای حذف تأثیرات روشنایی، سایه، شرایط جوی و زمانی از نرمال‌سازی هیستوگرام یا به عبارت دیگر از گسترش میانگین هیستوگرام و برای تشخیص اشیاء در حال حرکت نیز از مقدار حاصل مشتق سطح خاکستری و همچنین از جریان نوری استفاده شده است. در نهایت برای تأیید ناحیه‌های تشخیص داده شده و همچنین برای جدا کردن خطوط و علائم جاده از HOG و SVM استفاده شده است. در مقاله تسای و همکاران یک روش ترکیبی براساس تحلیل رنگ و تشخیص لبه برای تشخیص وسایل نقلیه استفاده شده است. در این روش یک مدل تبدیل فضا رنگ جدید برای تشخیص وسایل نقلیه معرفی شده است. این روش می‌تواند وسایل نقلیه را در شرایط آب و هوایی مختلف تشخیص دهد (تسای، هسیه و فان، ۲۰۰۷). ژانگ و همکاران یک چارچوب چندسطحی برای تشخیص وسایل نقلیه توسعه دادند (ژانگ، وو، یانگ و فانگ، ۲۰۰۸). در مقاله کانهر و بیرچ فیلد (۲۰۰۸) یک سیستم قطعه‌بندی و ردگیری در بزرگراه با استفاده از یک دوربینی که کیفیت نسبتاً پائینی دارد معرفی شده است. در مقاله وارگاس و همکاران یک الگوریتم جدید بر مبنای فیلتر آلفا-دلتا برای تفکیک پس‌زمینه از پیش‌زمینه^۱ معرفی شده که در مسیرهای داخل شهری به ویژه ترافیک‌های سنگین استفاده شده است (وارگاس و میلا و توریال و باررو، ۲۰۱۰). مقاله خیردوست و همکارانش مسئله را به دو

^۱ Foreground

بخش تولید فرضیه و تأیید آن تقسیم کرده که در بخش اول ناحیه‌های مشکوک به وجود وسایل نقلیه تشخیص داده می‌شود و در بخش دوم این ناحیه‌ها تأیید می‌گردند (خیردوست و منجمی و جمشیدی، ۲۰۱۰). در بخش اول برای شناسایی از اطلاعاتی مانند سایه، بافت تصویر و تقارن نقاط کلیدی، بدون داشتن دانش قبلی از جاده و خطوط جاده بهره برده است و برای بخش تأیید نیز از الگوریتم HOG استفاده شده است. مقاله لی و همکاران روش‌های مبتنی بر سایه و موجک‌های وسایل نقلیه را برای تولید فرضیه و روش‌های مبتنی بر حرکت را برای تأیید فرضیه پیشنهاد داده است (لی و لیو و وانگ و نی و ون، ۲۰۱۵). البته روش‌های مبتنی بر یادگیری همانند؛ ترکیب ویژگی‌های هار و آدابوست (تسای و هوانگ و تسای و چن، ۲۰۱۰)، استفاده از HOG و ماشین بردار پشتیبان (نیکنژاد و تاکئوچی و میتا و مک‌الستر، ۲۰۱۲)، ترکیب الگوریتم HOG و آدابوست (کیم و بایک و پارک و کیم، ۲۰۱۵)، چارچوب یادگیری فعال (سیوارامان و تریودی، ۲۰۱۰)، طبقه‌بند مبتنی بر حداقل فاصله Mahalanobis (آرسپید و سالگادو و نیتو و ژارگوزر، ۲۰۰۸) و (آلونسو و سالگادو و نیتون، ۲۰۰۷)، تشخیص وسایل نقلیه با استفاده از ترکیب گراف And-Or و یک استنتاج پائین به بالا (لی و لی و تیان و یاو، ۲۰۰۷) عملکرد قابل قبولی را ارائه دادند. در مقاله انگوین و همکاران یک روش ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و تشخیص حرکت برای شناسایی وسایل نقلیه ارائه شده است (انگوین و انگوین و لی و ژئون، ۲۰۱۳). مقاله (تیان و لی و لی و ون، ۲۰۱۴) از قسمت‌های برجسته نمای پشت مانند پلاک و چراغ‌ها برای تشخیص استفاده کرده است که برای استخراج این بخش‌ها از ویژگی‌هایی مانند بافت تصویر، ویژگی‌های ناحیه‌ای و تحلیل رنگ بهره برده است. در روش‌های مبتنی بر حرکت، هر شی متحرک به عنوان وسیله نقلیه شناخته می‌شود و وسیله نقلیه ساکن تشخیص داده نمی‌شود. از طرف دیگر، بیشتر این روش‌ها نیازمند ساخت مدل پس‌زمینه هستند، که برای این کار تعدادی از فریم‌های اولیه را استفاده می‌کنند. روش‌های مبتنی بر تحلیل فضا رنگ (وو و ژانگ، ۲۰۱۲) ممکن است در بعضی شرایط که وسیله نقلیه مشکلی در زیر سایه قرار گرفته را تشخیص ندهد. به همین دلیل برای رفع مشکلات مذکور، در این مقاله یک روش

مبتنی بر فزارنگ به همراه بررسی اطلاعات حرکتی برای افزایش میزان تشخیص و کاهش خطای سیستم ارائه شده است.

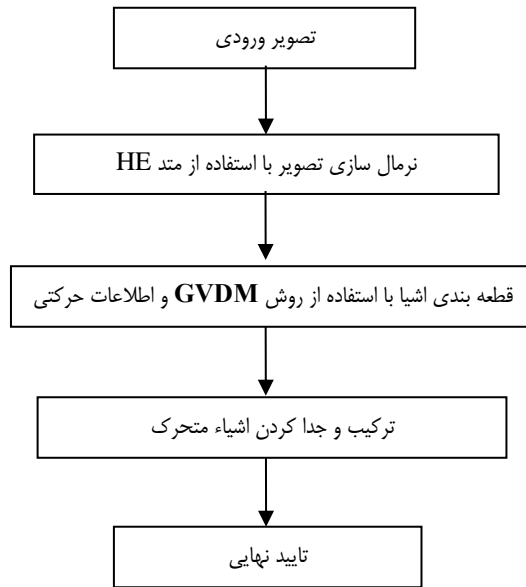
در ادامه ابتدا به بررسی اجمالی سیستم پیشنهادی پرداخته می‌شود. سپس به نحوه قطعه‌بندی کردن تصویر پرداخته و پس از این که ناحیه‌های مشکوک کشف شد، در بخشی جداگانه به نحوه تأیید این ناحیه‌ها پرداخته می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

شکل ۱ نشان‌دهنده شمای کلی سیستم پیشنهادی است که از چند مرحله تشکیل شده است. سیستم پیشنهادی از دو مرحله کشف نواحی مشکوک به وجود وسایل نقلیه و تأیید این نواحی تشکیل شده است. ابتدا فریم‌ها با استفاده از HE (وو و ژانگ، ۲۰۱۲) نرمال‌سازی می‌شود. سپس برای قطعه‌بندی کردن تصاویر از روش محاسبه مقدار حاصل از مشتق خاکستری^۱ GDVM (وو و ژانگ، ۲۰۱۲) استفاده می‌شود. با بررسی نتایج این قسمت مشخص شد که روش مذکور برای مواردی که شرایط نوری یا موقعیت وسایل نقلیه دچار تغییر می‌شود کارایی خود را از دست می‌دهد. در شکل ۳ چند نمونه از این تغییرات نشان داده شده است. برای رفع این مشکل از اطلاعات حرکتی استفاده شده است که نسبت به این تغییرات مقاوم است. در پایان برای تأیید نواحی تشخیص داده شده از الگوریتم HOG^۲ استفاده شده است. که در ادامه به جزئیات هر یک از این بخش‌ها خواهیم پرداخت.

^۱ gray-level differential value method

^۲ Histogram of oriented gradients



شکل ۱. فرایند روش پیشنهادی

نرمال سازی با HE

در این بخش برای این که سیستم بتواند در شرایط مختلف جوی پایداری قابل قبولی داشته باشد، روی هر یک از کانل‌های RGB هیستوگرام محاسبه شده و میانگین سطح خاکستری هر فریم توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود (وو و ژانگ، ۲۰۱۲).

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{256} i * s(i)}{\sum_{i=1}^{256} s(i)} \quad \text{رابطه ۱}$$

سپس توسط رابطه (۲) پارامترهای شیف‌ت چپ (آلفا) و راست (بتا) حاصل می‌شود. در نهایت مقادیر هیستوگرام با توجه به این که در ناحیه چپ است یا راست، در یکی از این پارامترهای شیف‌ت ضرب می‌شود و مقادیر جدید هیستوگرام حاصل می‌شود (وو و ژانگ، ۲۰۱۲).

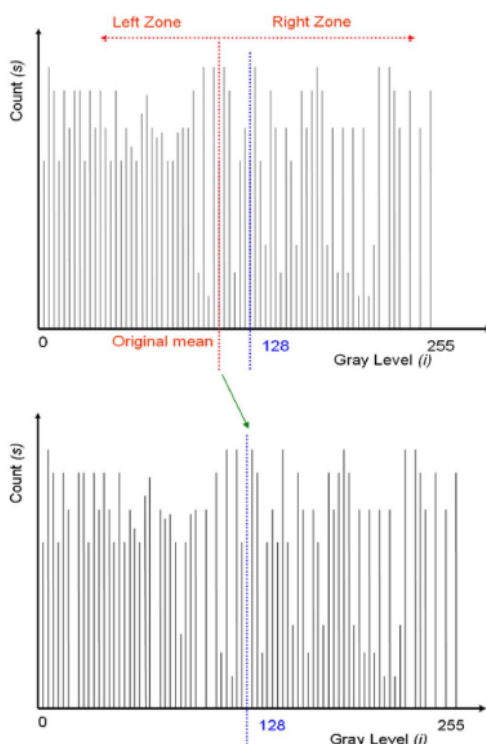
$$\alpha = \frac{128}{M}$$

$$\beta = \frac{128}{255 - M} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$NL = IL * \alpha$$

$$NR = IR * \beta$$

در ادامه ناحیه خاکستری سمت چپ در بازه ۰-۱۲۸ ناحیه چپ در بازه ۱۲۸-۲۵۶ نرمال می‌شود و NR و NL به ترتیب مربوط به مقادیر جدید سمت چپ و راست است در شکل ۲ جزئیات مربوطه نشان داده شده است.



شکل ۲. استخراج هیستوگرام (وو و ژانگ، ۲۰۱۲)

برای ارزیابی تأثیر نرمال‌سازی هیستوگرام از میانگین مربعات خطا استفاده شده است به این صورت که خطای میانگین مربعات بین تصویر اصلی و نرمال شده، با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌کنیم.

$$E_f = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f_1(x, y) - f_2(x, y)]^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه (۳)، M و N به ترتیب نشان دهنده طول و عرض تصویر است. در شکل ۳ نتایج تصاویری از اعمال HE در شرایط جوی مختلف را نشان می‌دهد.



Rainy day



Rainy day



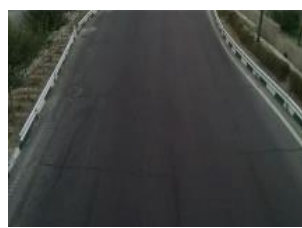
Noon



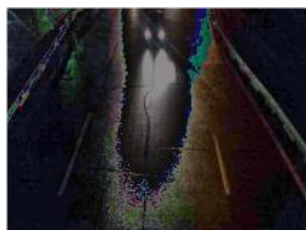
Noon



Sundown



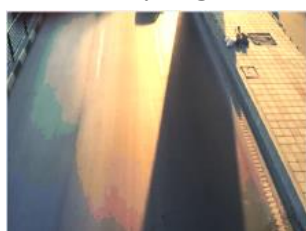
Sundown



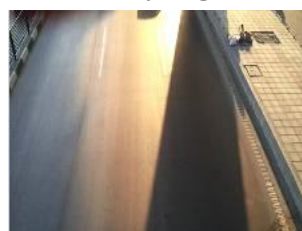
Rainy Night



Rainy Night



Afternoon



Afternoon

شکل ۳. نتایج HE در شرایط جوی مختلف. تصاویر سمت راست تصاویر اصلی و تصاویر سمت چپ نتایج بعد از اعمال HE

قطعه‌بندی تصویر

در این بخش تصاویر نرمال شده به وسیله GDVM قطعه‌بندی می‌شود. در مقاله وو و ژانگ، (۲۰۱۲) از این روش برای قطعه‌بندی استفاده شده است ولی فرایند انجام شده روی بخشی از تصویر انجام می‌شود و نیمی از تصویر که مربوط به نقاط دور است حذف شده است. در این صورت کارایی روش به دلیل حذف پاره‌ای از اطلاعات دچار کاهش محسوس می‌گردد. در ضمن اگر بخواهیم کل تصویر را با این روش قطعه‌بندی کنیم نتیجه یک تصویر کاملاً سفید یا سیاه رنگ می‌شود. با بررسی روش پیشنهادی در مقاله وو و ژانگ، (۲۰۱۲) به روی ویدئوهای پیچیده و با شرایط نوری و جوی مختلف مشخص شد که استفاده از این روش در شرایطی که جاده دارای نور پردازی‌های مختلف است یا وقتی ماشین زیر سایه درخت یا پلی قرار می‌گیرد، دقت به شدت افت می‌کند. در روش پیشنهادی با استفاده از قالب‌گذاری مناسب، کل تصویر قطعه‌بندی شده و برای غلبه بر مشکل دوم نیز از اطلاعات حرکتی که وابستگی کمتری نسبت به تغییرات جوی و نوری دارند استفاده شده است.

در روش GDVM سطح خاکستری جاده و همچنین خطوط و علائم سفید و زرد رنگ جاده از مفروضات این روش است و غیر از این موارد هر چیزی در سطح جاده وجود داشته باشد به عنوان اشیاء در حال حرکت شناسایی می‌شود. برای تشخیص سطح خاکستری و خطوط و علائم سفید و زرد رنگ جاده به ترتیب ΔRG ، ΔRB و ΔGB در رابطه (۴) محاسبه شده‌اند که یک مقدار کوچک دارند (وو و ژانگ، ۲۰۱۲).

$$MO(x, y) = \begin{cases} \Delta RG(x, y) > TH_{RG} \text{ and} \\ \Delta RB(x, y) > TH_{RB} \text{ and} \\ 1 \quad \Delta GB(x, y) > TH_{GB} \text{ or} \\ (TH_{low} \geq G(x, y)) \text{ or} \\ G(x, y) \geq TH_{high} \\ \mathbf{0} \quad \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۴)}$$

بیشتر ماشین‌های غیر خاکستری که شامل خودروهای سیاه و سفید هستند توسط رابطه (۴) قطعه‌بندی می‌شود. برای استخراج ماشین‌های شبه خاکستری همان ماشین‌های سفید رنگی که روشنایی آن بیشتر و ماشین‌های مشکی رنگی که روشنایی آن کمتر از روشنایی سطح جاده است، روشنایی سطح جاده بین دو مقدار آستانه است. سهم مقدار G از فضای رنگ RGB در روشنایی حدود ۶۰ درصد است. بنابراین با تطبیق مقدار G هم می‌توان بار محاسباتی را کاهش داد و هم این که می‌توان ماشین‌های شبه خاکستری را قطعه‌بندی کرد. در رابطه (۴) TH_{RG} ، TH_{RB} و TH_{GB} به ترتیب برای ΔRG ، ΔRB و ΔGB و مقدار TH_{high} و TH_{low} برای $G(x, y)$ به صورت جداگانه برای هر فریم محاسبه می‌شود. در ادامه برای مثال TH_{RG} محاسبه شده است. در رابطه (۵) هنگامی که $\Delta RG(x, y) = n$ هست یک انتساب داده است. سپس یک فیلتر در رابطه (۷) که توسط رابطه (۶) محاسبه می‌شود. در رابطه (۷)، $2p + 1$ مرتبه فیلتر و در رابطه (۹) TH_{RG} بوسیله محاسبه لاپلاسین در رابطه (۸) بدست می‌آید.

$$f_{RG}(x, y, n) = \begin{cases} 1, & \Delta RG(x, y) = n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$D_{RG}(n) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f_{RG}(x, y, n) \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$FD_{RG}(n) = \frac{\sum_{i=n-p}^{n+p} D_{RG}(i)}{2p+1} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$\nabla^2 FD_{RG}(n) = FD_{RG}(n+1) - 2FD_{RG}(n) + FD_{RG}(n-1) \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$TH_{RG} = \min_n (\arg(\nabla^2 FD_{RG}(n) = 0)) \quad \text{رابطه (۹)}$$

مقادیر آستانه‌های باقیمانده نیز به همین صورت محاسبه می‌شود. در شکل (۴) نتایجی از قطعه‌بندی‌های انجام شده بوسیله روش GVDM نشان داده شده است.

شکل ۴ نشان‌دهنده عملکرد خوب GDVM است. اما در تصاویر (ب) و (ج) به ترتیب به دلایل نورپردازی متفاوت و همچنین سایه پل GDVM عملکرد خوبی نداشته است. برای حل این مشکل از الگوریتم LK (لوکاس و کائاد، ۱۹۸۱) یا همان جریان نوری استفاده می‌کنیم.



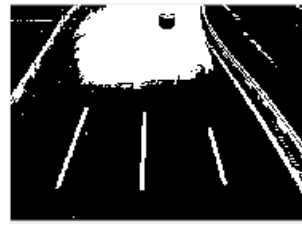
(الف)



Segment of (الف)



(ب)



Segment of (ب)



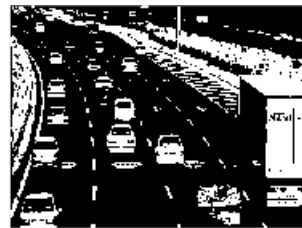
(ج)



Segment of(ج)



(د)



Segment of(د)

شکل ۴. تایچ قطعه‌بندی با GDVM

با این الگوریتم می‌توان فاصله جابجا شده یک پیکسل بین فریم قبلی و فریم کنونی را بدست آورد. سپس پیکسل‌هایی که حرکت داشتند را بعنوان وسایل نقلیه قطعه‌بندی کرد. نتایج اجرای الگوریتم روی تصاویر مشکل‌دار شکل ۴ در شکل ۵ ارائه شده است.



(الف)



Segment of(الف)



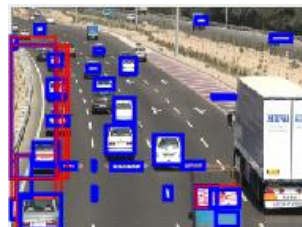
(ب) Segment of (ب)

شکل ۵. تصاویر قطعه‌بندی شده LK

تشخیص نهایی

از بین ناحیه‌هایی که مشکوک به وجود وسایل نقلیه هستند و محدوده آن‌ها نیز مشخص شده فقط آن محدوده‌هایی که در حالت حرکت هستند را به عنوان وسایل نقلیه و بقیه را بعنوان خطوط و علائم جاده تعیین می‌کنیم. شایان ذکر است که در روش پیشنهادی حرکت دوربین کارایی الگوریتم را پایین می‌آورد. اما باید در نظر داشت که به صورت عملیاتی، دوربین معمولاً ثابت است و حرکتی ندارد.

اگر در یک ناحیه دو ماشین تشخیص داده شده باشند برای جدا کردن آن‌ها از اطلاعات رنگی ماشین‌ها استفاده می‌کنیم و اگر در ناحیه‌ای یک ماشین به صورت تکه‌های کوچک تشخیص داده شده باشند از ترکیب ناحیه‌هایی که با هم اشتراک دارند استفاده می‌کنیم و در نهایت محدوده نهایی را تعیین می‌کنیم. که این نتایج در شکل ۶ نشان داده شده است.



(الف)

(ب)

شکل ۶. (الف) تصویر اصلی و (ب) ناحیه‌های تعیین شده بعنوان وسایل نقلیه و علائم جاده است

جستجوی ناحیه‌ها

ناحیه‌های مشکوک به وجود وسایل نقلیه و علائم و خطوط استخراج شده است. حال برای جدا کردن این ناحیه‌ها و جستجوی آن‌ها از توصیف‌گر HOG (شکل ۷) و از دسته‌بند SVM استفاده می‌کنیم. HOG از تمامی پیکسل‌ها گرادینان گرفته و بردارهای گرادینان را نرمال‌سازی کرده و بردارهای ویژگی را می‌سازد. SVM خطی توسط بردارهای ویژگی آموزش دیده می‌شود. هدف در این بخش تأیید یا رد ناحیه‌های مشکوک است.



شکل ۷. (الف) تصویر اصلی و (ب) HOG

یافته‌های پژوهش

در روش پیشنهادی برای غلبه بر شرایط جوی مختلف ابتدا نرمال‌سازی هیستوگرام صورت گرفته سپس با استفاده از روش GDVM و جریان نوری تصویر قطعه‌بندی شده و در نهایت پردازش‌هایی مانند ترکیب ناحیه‌هایی که باهم اشتراک دارند بعنوان ناحیه‌ای که در آن وسیله نقلیه وجود دارد صورت گرفته است. این روش روی داده‌های VDTD تست شده است. این داده‌ها در آزمایشگاه بینایی دانشگاه امیرکبیر تولید شده و شامل شرایط زمانی و جوی بعد از ظهر، شب، روز، روز بارانی، شب بارانی و غروب را پوشش می‌دهد. نتایج اعلام شده در جدول (۱) روی ۲۰ فریم اول هر یک از ویدئوها است.

جدول ۱. نتایج حاصل از روش پیشنهادی و روش GDVM (وو و ژانگ، ۲۰۱۲) با استفاده از پایگاه داده‌ی دانشگاه امیرکبیر

نوع ویدئو (بر حسب شرایط جوی)	دقت تشخیص روش پیشنهادی	دقت تشخیص روش GDVM
بعد از ظهر	۹۴	۶۵/۴
شب	۹۸/۵	۸۳/۳۲
ظهر	۹۶/۶۴	۶۷/۶
روز(بارانی)	۹۷	۸۱/۶۵
شب(بارانی)	۹۶/۵	۸۶/۳
غروب	۹۵	۵۴/۲

نتایج بر اساس خطوط، علائم و وسایل نقلیه تشخیص داده شده است. جدول (۱) نشان می‌دهد که در شب بیشترین دقت به علت وجود جریان نوری مطلوب و در بعد از ظهر به علت ترکیب سایه و نورپردازی، کمترین دقت حاصل شده است. یکی از دلایل اختلاف نتایج چشمگیر بین روش پیشنهادی و GDVM پایدار بودن روش پیشنهادی در شرایط روشنایی مختلف و دیگر این که حذف کردن یک سوم تصویر در روش GDVM است که باعث می‌شود اطلاعات زیادی از بین برود.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در این مقاله روشی ترکیبی و کاربردی جهت تشخیص وسایل نقلیه به ویژه در محیط‌های پیچیده ارائه شده است. در روش مذکور مشکلات روش‌های بر پایه فضا رنگ بررسی شده، سپس اطلاعات حرکتی جهت رفع نقایص روش‌های موجود به کار گرفته شده است. روش ارائه شده می‌تواند در شرایطی که تشخیص می‌باید، در شرایط و موقعیت‌های متفاوت نوری و مکانی صورت گیرد، بسیار کارا باشد. آزمایش‌های صورت گرفته با استفاده از پایگاه داده VDTD صحت عملکرد الگوریتم پیشنهادی را تأیید می‌نماید.

منابع

- Tsai, L. W., Hsieh, J. W., & Fan, K. C. (2007). Vehicle detection using normalized color and edge map. *IEEE transactions on Image Processing*, 16(3), 850-864.
- Zhang, W., Wu, Q. J., Yang, X., & Fang, X. (2008). Multilevel framework to detect and handle vehicle occlusion. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 9(1), 161-174.
- Kanhere, N. K., & Birchfield, S. T. (2008). Real-time incremental segmentation and tracking of vehicles at low camera angles using stable features. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 9(1), 148-160.
- Vargas, M., Milla, J. M., Toral, S. L., & Barrero, F. (2010). An enhanced background estimation algorithm for vehicle detection in urban traffic scenes. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 59(8), 3694-3709.
- Khairdoost, N., Monadjemi, S. A., & Jamshidi, K. (2013). Front and rear vehicle detection using hypothesis generation and verification. *Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ) Vol, 4*.
- Li W., Liu P., Wang Y., Ni H., Wen C., and Fan J., "On-board Robust Vehicle Detection Using Knowledge-based Features and Motion Trajectory", *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol. 8, No. 2015*.
- Tsai, Y. M., Huang, K. Y., Tsai, C. C., & Chen, L. G. (2010, September). An exploration of on-road vehicle detection using hierarchical scaling schemes. In *2010 IEEE International Conference on Image Processing* (pp. 3937-3940). IEEE.
- Niknejad, H. T., Takeuchi, A., Mita, S., & McAllester, D. (2012). On-road multivehicle tracking using deformable object model and particle filter with improved likelihood estimation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(2), 748-758.
- Kim, J., Baek, J., Park, Y., & Kim, E. (2015). New vehicle detection method with aspect ratio estimation for hypothesized windows. *Sensors*, 15(12), 30927-30941.
- Sivaraman, S., & Trivedi, M. M. (2010). A general active-learning framework for on-road vehicle recognition and tracking. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 11(2), 267-276.
- Arróspide, J., Salgado, L., Nieto, M., & Jaureguizar, F. (2008, October). On-board robust vehicle detection and tracking using adaptive quality evaluation. In *2008 15th IEEE International Conference on Image Processing*. IEEE.
- Alonso, D., Salgado, L., & Nieto, M. (2007, September). Robust vehicle detection through multidimensional classification for on board video based systems. In *2007 IEEE International Conference on Image Processing (Vol. 4, pp. IV-321)*. IEEE.
- Li, Y., Li, B., Tian, B., & Yao, Q. (2013). Vehicle detection based on the and-or graph for congested traffic conditions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14(2), 984-993.
- Nguyen, V. D., Nguyen, T. T., Nguyen, D. D., Lee, S. J., & Jeon, J. W. (2013). A fast evolutionary algorithm for real-time vehicle detection. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 62(6), 2453-2468.
- Tian, B., Li, Y., Li, B., & Wen, D. (2014). Rear-view vehicle detection and tracking by combining multiple parts for complex urban surveillance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15(2), 597-606.
- Wu, B. F., & Juang, J. H. (2012). Adaptive vehicle detector approach for complex environments. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(2), 817-827.
- Lucas, B. D., & Kanade, T. (1981). An iterative image registration technique with an application to stereo vision.

استناد به این مقاله: DOI: 10.22091/jemsc.2018.1269

ولی‌زاده اصلی، محسن، بادپیما، محمد، خسروانی زاهدانی، سحر. (۱۳۹۷). «تشخیص وسایل نقلیه در محیط‌های ترکیبی». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶ (۲)، ۲۳۱-۲۱۷.

Engineering Management & Soft Computing

ISSN:2538-6239

The Journal of Qom University

Under the supervision of the vice – president for research

Vol 6, No 2, Autumn and Winter 2020-2021, Serial No 12

Proprietor: University of Qom

Chief Director: Jalal RezaeeNour. Ph.D

Chief Editor: Peyman Akhavan. Ph.D

Executive Director: Narges Aghakhani



Board of Writers:

Peyman Akhavan, Professor, Department of Industrial Engineering, School of Management; Malek Ashtar University of Technology; Tehran, Iran. peyman_akv@yahoo.com

Reza Baradaran Kazemzadeh, Associate Professor, School of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. rkazem@modares.ac.ir

Reza Hosnavi Atashgah, Associate Professor, Department of Industrial Engineering, School of Management, Malek Ashtar University of Technology; Tehran, Iran. r_hosnavi@yahoo.com

Jalal Rezaeenour, Associate professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, University of Qom, Qom, Iran. J.rezaee@qom.ac.ir

Mostafa Zandieh, Associate professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Shahid Beheshti Univesrsity, Tehran, Iran. m_zandieh@sbu.ac.ir

Ahmad Gholami, Associate Professor, Department of Applied Mathematics, University of Qom, Qom, Iran. a.gholami@qom.ac.ir

Mohammad Fathian Brojeny, Professor, Department of Electronic Commerce, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. fathian@iust.ac.ir

Aliasghar Foroughi, Associate Professor, Department of Applied Mathematics, University of Qom, Qom, Iran. a-foroughi@qom.ac.ir

Mohammad Mahdavi Mazdeh, Associate Professor, Department of Productivity Management, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. mazdeh@iust.ac.ir

Editor & Typesetting : Narges Aghakhni.

Editorial Address : Department of Industrial Engineering, School of Engineering and Technology, Qom, Iran. P.O.Box : 3716146611

Tel : 025 32103575

Fax : 025 32854499

Email : jemsc@qom.ac.ir

Website : <http://jemsc.qom.ac.ir>

Reviewers:

Seyyed Hamed Mousavi Rad Ph.D; Behzad Lak Ph.D; Hooshang Asheghi oskouee Ph.D; Mohammad Yavari Ph.D; Seyyed Babak Ebrahimi Ph.D; Ghasem Mokhtari Ph.D; Mohammad Hasan Maleki Ph.D; Ali Salmasnia Ph.D; Hojjatollah Hamidi Ph.D; Mohsen Gharekhani Ph.D; Masoud Babakhani Ph.D; Mostafa Ghazizadeh Ph.D.

Table of Contents

Speed-up Technique in Time-Varying Shortest Path Problems with Arbitrary Waiting Times	1
Gholamhassan Shirdeh, Hassan Rezapour	
Sensor Data Stream Segmentation in Pervasive Smart Environments	2
Vahid Ghasemi, Mohammad Javadian, Sajad Hayati	
The Impact of Managers' Attitude Towards Internet Marketing on Internet Marketing Adoption in Organizations	3
Hamidreza Rezvani, Narges Aghakhani	
Breast Cancer Prediction Using the Affinity Propagation Clustering with Regard to the Weights of Variables	4
Sina Dami, Zeinab Hatam Chouri	
The Management and Evaluation of Independent Project Portfolios under Uncertainty and Projects Incompatibility	5
Hadi Mokhtari, Zeinab Habibi	
Proposing a Method for the Automatic Identification of the Melodic Patterns (Gusheh) in the Repertoires (Radif) of Iranian Traditional Music Using the Micro Approach	6
Amir Vafaeian, Keivan Borna , Hamed Sajedi , Dariush Alimohammadi , Pouya Sarai	
Identifying the Features Effective in Neuropathy in Patients with Chronic Pain by Using Deep Neural Networks	7
Mobin Shaterian, Mohammad TeshneLab	
The Improvement of CRF-Based Saliency Detection Algorithm Using Matrix Decomposition-Based Features	8
Mohammad Shouryabi, Mohammad Javad Fadaei Eslam	
Intelligent Systems Based on Whale Optimization Algorithm, Simulated Annealing and Support Vector Machine	9
Zeinab Hassani, Mahin Khosravi Mashizi	
Query-Based ExQuery-Based Extractive Multi-Document Summarization Using Paraphrasing and Textual Entailment	10
Ali Naserasadi	
Optimization of Job Scheduling in the Cloud Computing Environment Using the Fuzzy Particle Swarm Optimization Algorithm	11
Shabnam Gharaeian, Khosro AmiriZade	
Vehicle Detection in Different Environments	12
Mohsen Valizade Asli, Mohammad Badpeyma , Sahar Khosravani zahedani	

Speed-up Technique in Time-Varying Shortest Path Problems with Arbitrary Waiting Times

Gholamhassan Shirdel¹
Hassan Rezapour²

Abstract

Network flow problems are considered a vital branch of operations research. These problems are classified into static and time-varying classes. Network flow problems are time-varying in real application, because any flow must take a given amount of time to traverse an arc. Moreover, all the parameters in the network can be time-dependent. In this paper, the speed-up technique on time-varying shortest path problems is studied. First of all, the time-varying shortest path problem is explained. The problem is to find the shortest paths from a specific vertex (which is called a source) to other vertices, so that the total cost of the path is minimized and the total travel times and waiting times reach a maximum value of T , where T is a given positive integer. Then the speed-up technique is explained for a shortest path problem.

Keyword: speed-up techniques, time-varying shortest path

¹. Associate Prof., Faculty of Basic Sciences, University of Qom, Qom, Iran (Corresponding Author)

shirdel81math@gmail.com

². Ph.D. in Applied Mathematics, Faculty of Basic Sciences, University of Qom, Qom, Iran.

Sensor Data Stream Segmentation in Pervasive Smart Environments

Vahid Ghasemi¹
Mohammad Javadian²
Sajad Hayati³

Abstract

In many activity recognition approaches, the input data stream is segmented at the first step. Then the activity for each segment is identified. During this procedure, sensor data stream segmentation is a primary and important step, which is examined in this study. A novel approach based on the difference-of-convex programming is presented to obtain a solution. In the proposed method, a feature vector is calculated for each sensor event in the data stream using a Bayesian approach, and the sequence of these vectors is used in a difference-of-convex cost function. The cost function and feature vectors are calculated by considering heuristics adapted to pervasive smart environments. Data segments are extracted by minimizing the function. A smart home simulator is used in evaluations to generate a sensor data stream. The segment purity and conditional entropy have been calculated to measure the performance of the approach. Evaluations show that the proposed method has an acceptable performance in comparison with some of the existing approaches.

Keywords: convex optimization, pervasive smart environments, segmentation, sensor data stream.

¹. Assistant Prof, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kermanshah University of Technology, Kermanshah, Iran (Corresponding Author) v.ghasemi@kut.ac.ir

². Assistant Prof, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kermanshah University of Technology, Kermanshah, Iran mo.javadian@kut.ac.ir

³. Assistant Prof, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kermanshah University of Technology, Kermanshah, Iran sajadhayati@gmail.com

The Impact of Managers' Attitude Towards Internet Marketing on Internet Marketing Adoption in Organizations

Case Study: Book-Publishing and Distribution Companies in Iran

Hamidreza Rezvani¹
Narges Aghakhani²

Abstract

In today's turbulent and competitive market, organizations tend to use Internet marketing for achieving and maintaining optimal performance in order to gain competitive advantage. One of the most important success factors in Internet marketing is the support of top managers of the organization. Since there has been a limited number of researches investigating the relationship between "top managers' supportive attitude" and "the extent to which Internet marketing is used", this paper seeks to identify, categorize, and provide indicators for measuring these two variables in book publishing and distribution companies. This study is a descriptive survey research and the data has been collected by sending electronic questionnaires to the top managers and marketing managers of under-research companies. The results indicate that there is a weak positive correlation between these two variables. In other words, the use of Internet marketing in under-research companies doesn't seem to have a strong relationship with managers' attitudes, and there are other factors involved. However, knowing the top managers' attitude will lead to appropriate decisions on using resources for implementation of Internet marketing.

Keywords: book publishing and distribution companies, Internet marketing, managers' attitude towards Internet marketing.

¹. Assistant Prof., Faculty of management, Mehralborz University, Tehran, Iran (Corresponding Author)

Rezvani@mehralborz.ac.i

². Master of Science degree of IT management, Mehralborz University, Tehran, Iran.

Breast Cancer Prediction Using the Affinity Propagation Clustering with Regard to the Weights of Variables

Sina Dami¹

Zeinab Hatam Chouri²

Abstract

By using data mining tools in medical diagnosis, some limitations such as costly or time consuming tests will be overcome. In addition, the existence of errors in laboratory medicine has led researchers to focus on classification methods. In this regard, by combining clustering and classification methods, the present study has proposed a new method for the diagnosis of breast cancer malignancy, in which an iterative heuristic algorithm and the affinity propagation clustering algorithm are combined. This method assigns weights to variables using a heuristic algorithm, and forms weighted clusters based on the affinity propagation algorithm. Then the number of clusters is added to the data as a new variable. In the next step, the classifier algorithm is applied on the modified dataset which contains the main data and the number of clusters. According to the accuracy index, the weight assignment continues to reach the highest possible accuracy. According to the numerical experiments performed in this study, the combination of the affinity propagation clustering algorithm, with an average accuracy of 98.36, was the most accurate one. In addition, the Wilcoxon signed-rank test confirmed the superiority of combined neural network over other methods.

Keywords: Artificial Neural Network, Breast Cancer, Clustering, Support Vector Machine (SVM), Wilcoxon Signed-Rank Test.

¹. Assistant Prof, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Azad Tehran University, Tehran, Iran (Corresponding Author)

dami@wtiau.ac.ir

². MSc. Computer Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Azad Tehran University, Tehran, Iran

zeinab.hatam.ch@gmail.com

The Management and Evaluation of Independent Project Portfolios under Uncertainty and Projects Incompatibility

Hadi Mokhtari¹
Zeinab Habibi²

Abstract

This research focuses on evaluating and proposing some approaches in order to choose the most economic projects under risk and uncertainty. In this investigation, the considered projects are independent and naturally selecting multiple options, as a project portfolio, is possible. The restrictive criterion for the investor in selecting large-scale portfolios is the limited available budget and capital that determine which projects are economic and can be selected. However, variations and inconsistencies in the economic utility of projects, which is caused by external uncertainties, is an important factor that should be considered in such evaluations. In this research, two different approaches are proposed for the economic evaluation of project portfolio under risk and uncertainty. The first approach is designed based on a normal distribution curve and the minimum coefficient of variation (CV), while the second one acts based on a corrected available budget and the maximum expected value. Finally, the results of the proposed approaches are evaluated and analyzed considering the presented sample problems.

Keywords: Economic Crisis, Economic Evaluation, Project Portfolios, Risk and Uncertainty.

¹. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran
(Corresponding Author) mokhtari_ie@kashanu.ac.ir

². BSc Student of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran zeinabhabibi@yahoo.com

Proposing a Method for the Automatic Identification of the Melodic Patterns (Gusheh) in the Repertoires (Radif) of Iranian Traditional Music Using the Micro Approach

Amir Vafaian¹
Keivan Borna²
Hamed Sajedi³
Dariush Alimohammadi⁴
Pouya Sarai⁵

Abstract

Designing a system that can automatically identify melodic patterns (Gusheh) and scales (Dastgāh) of Iranian traditional music has attracted the attention of Iranian researchers in the field of music information retrieval for a while. Since these studies mainly focus on the automatic classification of the five major scales, and not on the segmentation of melodic patterns from each other, the present study aims to propose an algorithm and approach for automatic identification of melodic patterns within the repertoire (Radifs) of Iranian traditional music. Therefore, in the first step, a systematic definition and analysis of the two main concepts in Iranian traditional music, Dastgāh and Gusheh, is proposed in this research. After introducing the two basic approaches in the automatic identification of Dastgāh and Gusheh, the methodology and algorithms applied in some of the related studies have been presented. After that, an algorithm and approach for the identification of Gushehs in the repertoire of Iranian Dastgāh music has been proposed based on the micro approach. In the proposed method, it has been tried to identify melodies in a piece of Iranian traditional music as a basic and important step in the identification of Gushehs and the improvement of its parameters. In the next step, the right Gusheh can be identified by defining the melodic sequences in the representative phrases (Moarref) of each Gusheh and examining its level of similarity with a music piece.

Keywords: Algorithm for Melodic Pattern Identification, Automatic Music Identification, Gusheh, Iranian Traditional Music, Music Information Retrieval (MIR), Repertoire (Radif) Of Iranian Dastgāh Music

¹. Ph.D. in Knowledge and Information Studies, Kharazmi University, Tehran, Iran (Corresponding Author)
amirvafa@gmail.com
². Assistant Prof., Computer Sciences, Faculty of Mathematical Sciences and Computer, Kharazmi University, Tehran, Iran
³. Assistant Prof., Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Shahed University, Tehran, Iran
⁴. Assistant Prof., Knowledge and Information Studies, Faculty of Psychology and Education, Kharazmi University, Tehran, Iran
⁵. Assistant Prof., Music Department, Faculty of Art, Islamic Azad University Central Tehran Branch, Tehran, Iran

Identifying the Features Effective in Neuropathy in Patients with Chronic Pain by Using Deep Neural Networks

Mobin Shaterian¹
Mohammad TeshneLab²

Abstract

This research aims to determine clinical features effective in the diagnosis of neuropathy in patients with chronic pain. This type of disorder has various causes such as war, car accidents or sports accidents. This research investigated the pain questionnaire developed in Shafa Neuroscience Research Center, Khatam-ol-Anbia Specialty Hospital, Tehran. By using deep neural networks, the nearest neighbor and the genetic algorithm, a list of features was obtained with an accuracy of 75%. The results show that McGill pain questionnaire includes the most effective features of neuropathy in patients with chronic pain.

Keywords: neuropathy, chronic pain, McGill questionnaire, deep neural network (DNN), pain clinic.

The Improvement of CRF-Based Saliency Detection Algorithm Using Matrix Decomposition-Based Features

Mohammad Shouryabi ¹

Mohammad Javad Fadaei Eslam ²

Abstract

Since the image saliency map can be used in algorithms such as segmentation, compression and image retrieval, researchers have focused on providing an effective model for saliency detection. Although a lot of work has been done in this area, no efficient and effective model has so far been proposed to provide the image saliency detection with less computation. For this purpose, we propose a simple supervised algorithm for saliency detection using a conditional random field (CRF) and saliency cues. In the proposed method, the features local contrast, center-bias, and backgroundness have been used for CRF training. Additionally, a new feature based on matrix decomposition has been employed to improve the performance. Below, CRF is trained according to the features of 20 images, close to those of the input image. Finally, the input image saliency is estimated according to the calculated weights in the training phase, the saliency cues of the input image, and the ground truth. The proposed approach outperforms other methods in terms of algorithm accuracy and speed.

Keywords: conditional random field (CRF), saliency detection, saliency cues, super pixel.

¹. MSc. Student, Computer Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Semnan University, Semnan, Iran (Corresponding Author) m.shouryabi@semnan.ac.ir

². Assistant Prof, Faculty Electrical and Computer Engineering, Semnan University, Semnan, Iran fadaei@semnan.ac.ir

Intelligent Systems Based on Whale Optimization Algorithm, Simulated Annealing and Support Vector Machine

Zeinab Hassani¹
Mahin Khosravi Mashizi²

Abstract

In recent years, machine learning algorithms are widely used for the diagnosis and timely treatment of diseases. Moreover, the diagnosis of the disease in its early stages is very effective in improving the disease's condition and reducing treatment costs for the patient. Heart disease is one of the main causes of death in the world. Many studies have been conducted to diagnose the disease and to design an intelligent and efficient system. In this paper, a hybrid algorithm made up of whale optimization algorithm and simulated annealing is presented to identify the factors effective in the diagnosis of the disease. The support vector machine algorithm is also applied for the effective classification of the disease. The proposed approach is evaluated using Cleveland heart disease dataset from the UCI repository. The proposed algorithm has been able to diagnose the disease with an accuracy of 87.78% with fewer attributes. The results demonstrate the superiority of the proposed method, which can help physicians to diagnose the disease in early stages.

Keywords: Coronary Heart Disease, Hybrid Algorithm, Simulated Annealing Algorithm (SA), Support Vector Machine (SVM), Whale Optimization Algorithm (WOA)

¹. Instructor, Faculty of Technical and Basic Sciences, Kosar University, Bojnord, Iran (Corresponding Author)
hassani@kub.ac.ir
². MSc. Student Computer Engineering, Faculty of Technical and Basic Sciences, Kosar University, Bojnord, Iran
mahin.khosravi2324@gmail.com

Query-Based ExQuery-Based Extractive Multi-Document Summarization Using Paraphrasing and Textual Entailment

Ali Naserasadi¹

Abstract

One of the most common problems with computer networks is the large amount of data in them. Meanwhile, searching and gathering information on the content of text documents, as the most widespread types of data in such networks, is very difficult and sometimes impossible. Multi-document summarization systems aim to generate a fixed-length summary of input text documents, while maximizing the coverage of their contents. The present article presents a new method for summarizing text documents, based on the utilization of paraphrasing and textual entailment, and the formulation of the problem, in the form of an optimization problem. In this method, the sentences within input documents are clustered firstly based on the paraphrasing relations. Then the textual entailment score is calculated for a fraction of headers with the highest score based on the user query, according to which the final score of each sentence is obtained. Finally, the optimization problem is solved, using the two approaches greedy and dynamic programming, and the final summary is generated by choosing the best sentences. The results of the implementation of the proposed system on standard datasets and performing ROUGE-based evaluations indicate that the system has increased the performance of the best query-based extractive summarization systems by an average of at least 2.5%.

Keywords: text summarization, natural language processing, textual paraphrasing, textual entailment, 0-1 knapsack problem.

Optimization of Job Scheduling in the Cloud Computing Environment Using the Fuzzy Particle Swarm Optimization Algorithm

Shabnam Gharaeian¹
Khosro AmiriZade²

Abstract

Today, with regard to the ever-increasing use of cloud environment by companies and organizations, job scheduling has become of great importance within these environments. Different algorithms have been suggested for assigning tasks to resources in cloud environments, most of which do not consider factors such as balanced load, resource optimal allocation, and reduced task completion time. In this research, using the meta-heuristic algorithm of particle swarm optimization (PSO) and fuzzy logic, the task completion time is reduced, and consequently, resource efficiency increases. Generally, in a distributed system, like a cloud environment, tasks are randomly allocated to virtual machines. Hence, the overall load on the cloud environment becomes imbalanced, which reduces resource efficiency. In the present study, PSO and fuzzy logic is used for job scheduling. In addition, it is suggested to use simulated annealing (SA) in order to improve the initial conditions for randomly-generated data. Results show that the optimization method suggested in this study can effectively improve the scheduling algorithm performance factors, such as the makespan, once compared with non-optimized algorithms like Round-Robin, and even in comparison with other optimization algorithms like the genetic algorithm.

Keywords: cloud computing; job scheduling; particle swarm optimization; fuzzy logic; simulated annealing.

¹. MSc. Computer Engineering, Faculty of Information Technology Engineering, Azad Garmsar University, Garmsar, Iran
tshabnam.gh7@gmail.com

². Assistant Prof, Faculty of Information Technology Engineering, Azad Garmsar University, Garmsar, Iran
(Corresponding Author)
khosrowamirizadeh@gmail.com

Vehicle Detection in Different Environments

Mohsen Valizade Asli¹

Mohammad Badpeyma²

Sahar Khosravani zahedani³

Abstract

This article designs and implements a vehicle detection system based on the analysis of the RGB color space components, and then investigates the existing challenges such as different weather conditions (rain, snow, fog, etc.), different times of the day (day, night, noon, afternoon), heavy traffic, the existence of shadows and the problems with the road surface. This article aims to propose an approach to vehicle detection, without any need to generate and update the background model, with the ability to operate appropriately with high precision in challenging situations. In this approach, histogram normalization is used to overcome problems caused by changes in brightness and different weather conditions. In addition, in order to extract the moving objects the differentiation of grey value and optical flow were performed. Finally, HOG descriptor and SVM classifier were used to explore the identified areas and separate traffic signs and lane markings from vehicles. The results of the experiments conducted on VDTD dataset approve the performance of this method, and indicate that in heavy traffic and various weather conditions, the suggested approach works better than similar approaches.

Keywords: car detection, histogram normalization, optical flow, traffic monitoring, vehicle detection.

¹. MSc. of Artificial intelligence, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran (Corresponding Author) ag1990@gmail.com
². MSc. of Artificial intelligence, Malek Ashatr University, Tehran, Iran badpeima_mohammad@mut.ac.ir
³. Phd student of Artificial intelligence, Islamic Azad University, Lahijan Irana_mansouri@khu.ac.ir