۱۲

Online : ISSN2783-3615
Print : ISSN2783-3607

# اکتشاف و پردازش هوشمند دانش

فصلنامه علمی مؤسسه آموزش عالی فردوس

با همکاری انجمن علمی مدیریت دانش ایران

WWW.KDIP.IR

سال چهارم | شماره دوازدهم | خرداد ۱۴۰۳

نگاهی عمیق به آینده ورزش با هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و تجسم داده‌ها برای بهبود تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشکاران
محمد سعید کیانی

بررسی رابطه بین اعتماد مشتری و وفاداری برند (مطالعه موردی: نمایندگی های بیمه ایران در شهر مشهد)
نوید نیکخوی

مروری بر ابزارها و روش های داده کاوی موثر بر مخازن کاوی نرم افزار
حدیث شفائی

روش‌های متداول یادگیری ماشینی و رویکردهای الگوریتمی رایج در آن
زینب موسی زاده مظفرآبادی

تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از MediaPipe Facemesh و الگوریتم های یادگیری عمیق
منصور حسابی مقدم؛ حمیدرضا غفاری؛ مهدی خزائی پور

درمان نوآورانه واقعیت مجازی برای OCD: اثربخشی، بینش‌های عصبی، و دستورالعمل‌های آینده
مریم نقوی زاده؛ مجید پولادیان؛ مجید زارع بیدگی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مؤسسه آموزش عالی فردوس

انجمن علمی مدیریت دانش ایران

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing | VOL4 | ISSUE 12 | MAY 2024

اکتشاف و پردازش هوشمند دانش
فصلنامه علمی مؤسسه آموزش عالی فردوس
با همکاری انجمن علمی مدیریت دانش ایران

سال چهارم | شماره دوازدهم | بهار ۱۴۰۳
**شاپای چاپی:** ۳۶۰۷-۲۷۸۳
**شاپای الکترونیکی:** ۳۶۱۵-۲۷۸۳

■ **صاحب امتیاز: مؤسسه آموزش عالی فردوس**

**مدیر مسئول:** دکتر حمید طباطبایی
**سردبیر:** دکتر ابراهیم محمودزاده
**جانشین سردبیر:** دکتر سعیده باباجانی محمدی
**مدیر داخلی:** مهندس سکینه قاسمی

■ **اعضای هیات تحریریه بین المللی**

**راجا عبدالله**
استاد- گروه مهندسی کامپیوتر و سیستم های ارتباطی، دانشکده مهندسی، دانشگاه پوترامالزی

**محمد عثمان**
استاد- بخش عمومی فناوری و شبکه، دانشگاه پوترامالزی

**راجسواران لوگیس**
استاد- رئیس مرکز تحلیل آسیا و اقیانوسیه، در دانشگاه فناوری و نوآوری آسیا و اقیانوسیه.

**بهمن مقیمی**
استاد- دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه جرجیا در تفلیس

**محمود مقومی**
استاد- گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه مالایا مالزی

**مهرداد جلالی**
دانشیار- موسسه فناوری کارلسروهه (KIT) آلمان.

■ **اعضای هیات تحریریه (به ترتیب مرتبه علمی و حروف الفبا)**

**پیمان اخوان**
استاد- دانشگاه صنعتی قم- رییس انجمن علمی مدیریت دانش ایران

**رضا حسنوی آتشگاه**
استاد- دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه مالک اشتر، تهران، ایران

**امیرمسعود رحمانی**
استاد- دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

**محمود رضایی رکن آبادی**
استاد- عضو هیات امنای موسسه آموزش عالی فردوس و عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد

**ابراهیم محمودزاده**
استاد- دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

**علی معینی**
استاد- دانشکده علوم مهندسی دانشگاه تهران، ایران

**محمد مهرآیین**
استاد- دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

**امین جاجرمی**
دانشیار- گروه مهندسی برق، دانشگاه بجنورد، ایران

**جواد حمیدزاده**
دانشیار- دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ایران

**عباسعلی رضایی**
دانشیار- دانشگاه پیام نور مشهد، ایران

**مرتضی فرجی**
دانشیار- عضو هیات امنای موسسه آموزش عالی فردوس و عضو هیات علمی دانشگاه دفاع ملی تهران

**محمد حسین معطر**
دانشیار- دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، ایران

**سعیده باباجانی محمدی**
استادیار- گروه مدیریت، مؤسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران

**علیرضا روحانی منش**
استادیار- گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه نیشابور، ایران

**محمّد هادی زاهدی**
استادیار- دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران

**سیدکاظم شکفته**
استادیار- گروه مهندسی کامپیوتر، مؤسسه آموزش عالی شاندیز مشهد، ایران

**حمید طباطبایی**
استادیار- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

**مجتبی کفاشان کاخکی**
استادیار- گروه آموزشی علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

**عباس مهدی زاده**
استادیار- گروه کامپیوتر، مؤسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران

**ویراستار فارسی:** دکتر سعیده باباجانی محمدی
**ویراستار انگلیسی:** دکتر عباس مهدی زاده
**طراحی جلد و سرلوحه:** محمدمحسن خضری
**طراحی گرید و صفحه‌آرایی:** نیما ملک‌زاده
**کارشناس مجله:** احد فانی ملکی
**نشانی:** ایران، مشهد، بلوار شهید کلاهدوز، شهید کلاهدوز ۳۰، مؤسسه آموزش عالی فردوس
**پایگاه اینترنتی:** www.kdip.ir
**تلفن:** ۰۵۱-۳۷۱۳۸۰۱۱ داخلی ۷۰۳ و ۷۱۶، ۰۵۱-۳۷۲۹۱۱۱۴-۵
**پست الکترونیکی:** journal.kdip@gmail.com

مقالات مندرج لزوماً دیدگاه فصلنامه فردوس اکتشاف و پردازش هوشمند دانش نیست و مسئولیت مقالات به عهده نویسندگان است.
استفاده از مطالب و تصاویر با ذکر مأخذ بلامانع است.
پروانه انتشار فصلنامه فردوس اکتشاف و پردازش هوشمند دانش به موجب ماده ۱۳ قانون مطبوعات مصوب ۱۳۶۴/۱۲/۲۸ مجلس شورای اسلامی، از سوی اداره کل مطبوعات وزارت علوم فرهنگ و ارشاد اسلامی، طی شماره ۸۶۹۰ مورخ ۱۳۹۸/۱۰/۳۰ صادر شده است.

# فهرست


سخن سردبیر

۷

نگاهی عمیق به آینده ورزش با هوش مصنوعی، واقعیت مجازی، و تجسم داده‌ها برای بهبود تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشکاران

۸

بررسی رابطه بین اعتماد مشتری و وفاداری برند

۳۶

مروری بر ابزارها و روش‌های داده‌کاوی موثر بر مخازن‌کاوی نرم‌افزار

۵۴

روش‌های متداول یادگیری ماشینی و رویکردهای الگوریتمی رایج در آن

۷۶

تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از MediaPipe Facemesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق

۸۸

## دستورالعمل و راهنمای نویسندگان

- مجله «اکتشاف و پردازش هوشمند دانش» مقاله‌های منتشر نشده پژوهشی در زمینه تخصصی؛ مدیریت دانش، مدیریت فناوری، مدیریت اطلاعات را می‌پذیرد.

### الف: ارسال مقاله

- جهت ارسال مقاله می‌توانید از طریق سامانه نشریه https://www.kdip.ir اقدام نمائید.

### ب: روش نگارش

- متن مقاله بر روی فایل ساده با فرمت (A۴) WORD براساس شیوه نامه فرهنگستان زبان وادب فارسی با حروف خوانا و تیره تایپ شود. کلیه صفحات مقاله از جمله صفحاتی که شامل جداول، تصاویر و نمودارها هستند دارای قطع یکسان باشند. در متن مقاله تا حد امکان از نوشتن کلمات خارجی خودداری کلیه صفحات مقاله دارای شماره بوده و از ۲۰ صفحه تجاوز نکند.
- دقت شود که نشانه‌های نگارشی مانند؛ نقطه، ویرگول، علامت سوال، علامت تعجب و علامت نقل قول (.، ؟!:) به کلمه قبل از خود می‌چسبند و از کلمه بعدی فاصله می‌گیرند. پرانتز، قلاب و گیومه به کلماتی که آن‌ها را در میان گرفته‌اند می‌چسبند و از کلمات قبلی یا بعدی یک فاصله دارند. فاصله بین کلمات بیش از یکی فاصله نباشد.
- برخی کلمات دارای چند جزء مختلف هستند که لازم است به صورت جدا از هم، اما در قالب یک کلمه، بیایند، مانند پیشوند، پسوند و علامت جمع (ها)، «می» مضارع و .... در این گونه موارد، نباید فاصله‌ای میان اجزاء کلمه باشد مثال «دست‌ها» (و نه «دست ها») یا «می‌شود» (و نه «می شود»). برای حذف فاصله بدون آن که دو حرف به هم بچسبند از کلیدهای مذکور را پشت سر هم به این ترتیب استفاده نمایید (Ctrl+-).

### ج: نحوه تهیه مقاله

- هر مقاله تخصصی بایستی تحت نرم افزار Word و دارای چکیده فارسی و لاتین با واژگان کلیدی، مقدمه، مبانی یا ادبیات موضوع و روش تحقیق، نتایج بحث، منابع مورد استفاده و یک خلاصه باشد و اصول زیر در آن رعایت شود:

۱-مشخصات نویسنده یا نویسندگان که شامل؛ نام و نام خانوادگی، سمت، محل خدمت، عنوان و درجه علمی، شماره تماس، پست الکترونیکی به فارسی و انگلیسی و تاریخ و محل انجام تحقیق می‌باشد، در یک فایل مجزا (از قسمت فایل های الحاقی یا مکمل( ارسال شود در ضمن معرفی نویسنده مسئول الزامی است.

۲-عنوان مقاله (حداکثر در ۱۲ کلمه) در وسط صفحه اول نوشته شود. اگر مقاله قسمتی از یک سری مقالات پی در پی باشد عنوان اصلی سری مقاله‌ها همراه عنوان هر قسمت و شماره ترتیب مقاله‌ها نیز ذکر گردد.

۳-چکیده در عین مختصر بودن باید محتوای مقاله را برساند. در چکیده از منابع، جداول، نمودارها و کلمات اختصاری مبهم استفاده نشود. چکیده از ۲۵۰ کلمه تجاوز نکند و تمام آن در یک پاراگراف نوشته شود.

۴-مقدمه شامل؛ اطلاعات مربوط به سابقه‌های موضوع، اهمیت تحقیق و مسأله مورد مطالعه می باشد.

۵-مبانی یا ادبیات موضوع، محتوای تحقیق را بر اساس منابع معتبر تبیین می‌کند.

۶-روش شناسی موضوع مورد پژوهش مشخص و روشن بیان گردد.

۷-شماره هر جدول در بالا و سمت راست آن نوشته شود. عنوان جدول گویای نتایج مندرج در آن باشد، شماره جدول در متن نیز به تناسب اشاره شود.

۸-نتایج و بحث را می‌توان به طور توأم و یا مجزا منظور کرد. بحث شامل تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده در ارتباط با تحقیق مورد نظر باشد.

۹-منابع مورد استفاده شامل جدیدترین اطلاعات در زمینه مورد نظر باشد. فهرست منابع به ترتیب حروف الفبایی؛ نام خانوادگی نویسندگان مقاله‌ها مرتب و شماره گذاری شود. وقتی از چند اثر مختلف یک نویسنده استفاده می‌شود ترتیب شماره گذاری این مقاله‌ها برحسب سال انتشار آنها از قدیم به جدید انجام گیرد. لازم به ذکر است کلیه منابع مورد استفاده در متن به فارسی تنظیم شده و در انتهای مقاله، ابتدا منابع فارسی به ترتیب حروف الفبایی و سپس منابع لاتین به ترتیب حروف الفبایی اشاره شود. روش منبع نویسی به صورت (APA) ای.پی.ای. باشد. لطفا به مثال های زیر توجه شود.

### مجلات و نشریات

نام خانوادگی، نام، (سال). عنوان مقاله، *نام نشریه*، (شماره جلد) *شماره نشریه* و صفحه‌ها.

Poh, K. W.; Yuen, P. H., & Erkko, A. (2005). Entrepreneurship, innovation, and economic growth: evidence from GEM data. *Small Business Economics, 24*(3), 335-350.

### کتب

نام خانوادگی، نام، (سال انتشار). *عنوان کتاب*، (نام و نام خانوادگی مترجم)، نوبت چاپ، محل نشر: ناشر.

۱۰-چکیده انگلیسی بایستی برگردان کامل و دقیق چکیده فارسی و شامل عنوان اصلی مقاله و واژه‌های کلیدی تهیه شود.

۱۱-روش ارجاع نویسی مقالات درون‌متنی (APA) و داخل پرانتز است؛ نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار اثر و شمارهٔ صفحه یا صفحاتی که مطلب از آن برداشته شده است، باید در متن ذکر شود (نام خانوادگی، سال، شمارهٔ صفحه). برای منابع فارسی (تألیف یا ترجمه) حتماً نام نگارنده به فارسی و سال انتشار اثر به شمسی نوشته شود و برای منابع لاتین حتماً نام به انگلیسی و سال به میلادی نوشته شود.

### د: سایر موارد

۱۲-مسئولیت هر مقاله از نظر محتوای علمی و نظرات مطرح شده در متن آن، به عهده نویسنده و یا نویسندگان مسئول مقاله خواهد بود.

۱۳-تا قبل از پایان مراحل نهایی چاپ، در صورتی که مشخص گردد مقاله منتخب به هر شکلی در جای دیگری به چاپ رسیده است از انتشار آن جلوگیری خواهد شد.

۱۴-در صورتی که مقاله برای چاپ پذیرفته نشود در بخش بایگانی مجله محفوظ خواهد بود و به نویسنده برگردانده نخواهد شد.

۱۵-مقاله‌ها توسط هیأت تحریریه و با همکاری متخصصان داوری شده و در صورت تصویب بر طبق ضوابط خاص مجله به نوبت، چاپ خواهد شد.

۱۶-مجله در رد یا قبول جرح و تعدیل و ویراستاری ادبی مقاله‌ها اختیار تام دارد.

۱۷-به طور کلی به موارد زیر نیز توجه شود:

- در فایل اصلی مقاله اسم نویسنده یا نویسندگان ذکر نشود، مشخصات کامل نویسنده مسؤول و نویسندگان اعم از درجه علمی، تخصص، محل کار، آدرس پستی، الکترونیکی، شماره تماس و فاکس به صورت فارسی و لاتین در یک فایل مجزا و در فایل‌های الحاقی یا مکمل ارسال شود.
- تعداد صفحات مقاله از ۲۰ صفحه بیش‌تر نباشد.
- تعداد کلمات چکیده از ۲۵۰ کلمه تجاوز ننماید.
- مقاله در صفحه A۴ و با تنظیمات از هر طرف ۲ سانتی متر و فاصله بین خطوط در متن مقاله ۱ باشد.

- مقاله فقط با برنامه word۲۰۰۳ یا ۲۰۰۷، فونت متن مقاله b Nazanin سایز (اندازه) ۱۲ و فونت منابع داخل متن Times New Roman سایز (اندازه۱۰) و منابع پایان متن Times New Roman سایز (اندازه۱۱) باشد.
- عنوان مقاله به لاتین فقط کلمه اول حرف اول آن به صورت حرف بزرگ باشد و مابقی کلمات با حروف کوچک آورده شود.
- تمام اجزای مقاله در یک فایل آورده شود مانند: چکیده فارسی، لاتین، منابع، جدول ها و ...
- جدول ها و نمودارها رنگی نباشند و از کلمات و عنوان فارسی استفاده شوند.
- در منابع پایان متن از گذاشتن گیومه (« یا ") خودداری شود.
- در منابعی که سه تا پنج نویسنده دارد برای اولین بار همه نویسندگان آورده می شود و برای بار دوم از واژه «همکاران» استفاده شود.
- اگر منبعی بیش از ۶ نفر نویسنده دارد از همان ابتدا از واژه «همکاران» استفاده شود.
- در منابع داخل و پایان متن با دو نویسنده، بین نام دو نویسنده از «و در متن و & در پایان متن» استفاده شود.
- در منابع پایان متن: در منابعی که برگرفته از مقالات می باشد نام مجله به صورت ایتالیک شود. منابعی که برگرفته از کتاب می باشد نام کتاب به صورت ایتالیک شود.
- در منابعی که از نام سازمان استفاده شده، در داخل متن برای اولین بار نام کامل آن سازمان ذکر شود و برای بار دوم نام اختصاری سازمان آورده شود.
- منابع آخر متن شماره گذاری باشد (به ترتیب شماره‌های منابع فارسی ولاتین پشت سر هم بیاید.
- در چکیده منبع دهی مرسوم نمی باشد.
- کلید واژه فارسی بعد از چکیده فارسی قرار بگیرد و کلید واژه لاتین بعد از چکیده لاتین.
- ابتدا چکیده و واژگان فارسی، سپس چکیده و واژگان لاتین بیاید.
- منابع داخل متن آورده شود و به صورت شماره گذاری در متن نباشد در منابع داخل متن لازم نیست سال در پرانتز دیگری قرار بگیرد نام نویسنده و سال و غیره فقط در یک پرانتز قرار بگیرد.
- منابع آخر متن، شماره گذاری نباشد و اول هرمنبع تورفتگی داشته باشد.
- شایان ذکر است رعایت موارد فوق، جهت قرار دادن مقاله در فرمت اولیه این نشریه بوده و به معنای پذیرش مقاله نمی باشد.
- دریافت مقاله صرفا به صورت الکترونیکی از طریق سامانه نشریه امکان‌پذیر است.

### تنظیم خلاصه (چکیده مبسوط)

خلاصه مقاله (در پایان مقاله) یا به عبارت دیگر، چکیده مبسوط به این ترتیب تنظیم شود.

- تعداد واژگان بکار رفته بین ۷۰۰ تا ۸۵۰ واژه باشد.
- در چکیده مبسوط، نیازی به ارایه منبع درون متن نیست.
- تیترهای این بخش شامل موارد زیر باشد:

INTRODUCTION
THEORETICAL FRAMEWORK
METHODOLOGY
RESULTS & DISCUSSION
CONCLUSIONS & SUGGESTIONS
Keywords:
References

## سخن سردبیر

«بسمه تعالی»

با عنایت به اینکه نشریه اکتشاف و پردازش هوشمند دانش، شماره دوازدهم نشریه را منتشر نموده است، شاهد جنبه‌های مثبت بالقوه فراوانی، از منظر توجه به دارایی‌های دانشی و انتقال تجربیات و درس‌آموخته‌ها در فرآیندهای سازمانی و ارتباطات بین‌سازمانی هستید، که این مهم در شماره پیش‌رو نیز در معرض داوری اساتید و محققین قرار گرفته است. تحقق مزیت‌های بالفعل به بالندگی محیط‌های علمی، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، بهره‌گیری از خرد جمعی، توانمندی‌های مراکز علمی و مشارکت کارکنان و ذی‌نفعان دستگاه‌ها است. قلب تپنده این فرایند، تبدیل از بالقوه به بالفعل، توجه و بهره‌مندی از شایستگی‌های متخصصان مدیریت و مدیریت دانش است. لذا دست اندرکاران نشریه پذیرای دریافت مقالات علمی و نظرات ارزشمند محققین فرهیخته دانشگاهی هستند. در پایان از تلاش‌های پیگیر مدیران، و اعضاء هیات علمی دانشگاهی که، موسسه آموزش عالی فردوس، را یاری نمودند، داورانی که مقالات رسیده را مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند، و ارایه دهندگان مقاله به نشریه سپاسگزاری نماییم.

مقاله پژوهشی

# نگاهی عمیق به آینده ورزش با هوش مصنوعی، واقعیت مجازی، و تجسم داده‌ها برای بهبود تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشکاران

Doi: 10.30508/kdip.2024.451951.1100

محمد سعید کیانی[1]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۸
صفحه: ۳۵ - ۸

## چکیده

در این روزها، با ظهور تکنولوژی‌هایی همچون هوش مصنوعی(AI)، واقعیت مجازی(VR)، واقعیت افزوده (AR) و تجسم داده‌ها (DV) ، شاهد تحولاتی بی‌سابقه در عرصه ورزش هستیم.این فناوری‌ها به بهبود تحلیل عملکرد ورزشی، جمع‌آوری داده‌ها به صورت خودکارو ایجاد محیط‌های آموزشی موثر بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کنند. روش‌های سنتی تحلیل عملکرد ورزشی معمولاً بر اساس جمع‌آوری داده‌های دستی، مشاهدات ذهنی و استفاده از مدل‌های آماری محدود بود، اما با پیشرفت‌های اخیر در فناوری، این عمل به شیوه‌ای عینی و به‌روز تبدیل شده است. به عنوان مثال، هوش مصنوعی با ساده‌سازی جمع‌آوری داده‌ها، پردازش مجموعه داده‌های گسترده و خودکارسازی تحلیل ورزشی را متحول کرده است.واقعیت مجازی امکان تمرین در محیط‌های بسیار واقعی را فراهم می‌آورد و به ورزشکاران امکان مهارت‌های خود را در تنظیمات کنترل‌شده تمرین دادن می‌دهد، و واقعیت افزوده اطلاعات دیجیتالی را در محیط ورزشی واقعی ارائه می‌دهد و فرآیند برنامه‌ریزی تاکتیکی را تسهیل می‌کند. تکنیک‌های تجسم داده‌ها داده‌های پیچیده را به صورت تصویری نمایش می‌دهند و درک معیارهای عملکرد را بهبود می‌بخشند. این مقاله به بررسی پتانسیل این فناوری‌های نوظهور برای تغییر تحلیل عملکرد ورزشی، ارائه منابع ارزشمند به مربیان و ورزشکاران می‌پردازد. هدف این مقاله، افزایش عملکرد ورزشکاران، بهینه‌سازی استراتژی‌های تمرینی و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری است. همچنین، چالش‌های موجود را شناسایی کرده و راه‌حل‌هایی برای ادغام این فناوری‌ها در روش‌های تحلیل ورزشی فعلی ارائه می‌دهد. بر اساس یافته های به دست امده میتوان تنیجه گرفت که داده‌های سریع‌تر به بینش‌های عملی تبدیل می‌شوند، رویدادهای تمرینی و رقابتی را می‌توان با سرعت بیشتری تنظیم کرد تا با اهداف خاص هماهنگ شوند. در این زمینه، از محیط های مختلف، از جمله دنیای مجازی و واقعیت مختلط، می‌توان برای ارائه استراتژی‌های آموزشی استفاده کرد و همچنین اطلاعات با کیفیت می‌توانند به بینش‌های ارزشمندی منجر شود و بینش‌های ارزشمند می‌توانند در دستیابی به اهداف کمک کند. این اهداف در درجه اول می‌توانند از طریق آموزش و بهبود عملکرد مورد توجه قرار گیرند، که نیازمند چرخه مداوم اندازه‌گیری و پردازش داده‌ها است.

**کلمات کلیدی:** فناوری‌های جدید، تحلیل عملکرد، مدیریت ورزشی، هوش مصنوعی، عصر تکنولوژی.

## ۱- مقدمه

امروز شاهد عصر بی‌سابقه‌ای از تحول دیجیتال در ورزش هستیم که با انقلاب‌های هوش مصنوعی (AI)، واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR)، و تجسم داده‌ها (DV) انجام شده است. ادغام موثر این منابع قدرتمند در ورزش یک چالش هیجان‌انگیز است. هر ابزار راه حل‌ها و برنامه‌های منحصر به فردی را برای بازتعریف چشم‌انداز تحلیل عملکرد ورزشی ارائه می‌دهد (مکنزی و کوشیون[1]، ۲۰۱۳). از طریق این فناوری‌ها، می‌توانید تجزیه و تحلیل عملکرد را با خودکارسازی جمع‌آوری داده‌ها، پردازش مجموعه داده‌های وسیع، تفسیر عملکرد، ارائه محیط‌های آموزشی همه‌جانبه، ارائه بازخورد افزوده شده در زمان واقعی و افزایش فرآیند تصمیم‌گیری متحول کنید (راین و میمرت[2]، ۲۰۱۶).

تجزیه و تحلیل عملکرد یک عنصر حیاتی در علوم ورزشی است که نقشی اساسی در درک، تفسیر و در نهایت بهبود عملکرد یک ورزشکار ایفا می‌کند (کلفاس، فاستر و استریگو[3]، ۲۰۲۰). این به عنوان یک ابزار ضروری است که به ورزشکاران، مربیان و تحلیل‌گران ورزشی در اتخاذ تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی آگاهانه کمک می‌کند که می‌تواند به طور قابل توجهی نتیجه رویدادهای ورزشی رقابتی را تغییر دهد (کریزکووا، توماسکووا، و تیرکولا[4]، ۲۰۲۱). به طور سنتی، فرآیند تجزیه و تحلیل عملکرد عمدتاً بر جمع‌آوری دستی داده‌ها و یا ورودی، تکنیک‌های مشاهده ذهنی و مدل‌های آماری استاندارد متکی است (کاست، اسویتینگ، بال و رابرتسون[5]، ۲۰۱۹) علیرغم اثربخشی ثابت شده آنها، این روش‌ها اغلب به زمان و تلاش قابل توجهی برای اجرا، تفسیر و به کارگیری نیاز دارند (سندز، کاواناگ، ماری، مک نیل، و جمنی[6]، ۲۰۱۷) جمع‌آوری دستی داده‌ها شامل مستندات دقیق از معیارهای عملکردی متعدد است که نه تنها به ساعات کاری گسترده نیاز دارد، بلکه به درک عمیق پارامترهای ورزشی خاص نیز نیاز دارد. در نتیجه، جمع‌آوری دستی داده‌ها مستعد سوگیری‌ها و مغایرت‌های مشاهده‌ای است که ممکن است به دلیل ذهنی بودن ذاتی مشاهدات انسانی ایجاد شود و منجر به تفسیر نادرست بالقوه داده‌های عملکرد شود (هیوز و فرانک[7]، ۲۰۰۴). به طور مشابه، در حالی که مدل‌های آماری به طور مؤثر برای رمزگشایی الگوها و اطلاع‌رسانی استراتژی‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، معمولاً ماهیت پیچیده و پویای عملکرد ورزشی را بیش از حد ساده می‌کنند، و اغلب تنها متغیرهای محدودی را در نظر می‌گیرند و به اندازه کافی به جنبه‌های چند عاملی عملکرد ورزشی توجه نمی‌کنند (لمز و مک گری[8]، ۲۰۰۷). این محدودیت‌ها هنگام تلاش برای تجزیه و تحلیل عملکرد در زمان واقعی، که در آن پردازش و تفسیر سریع داده‌ها ضروری است، تقویت می‌شوند (بنیتس زاپانا[9]، ۲۰۲۴)، با این حال، پیشرفت‌های فن‌آوری در

1- Mackenzie, & Cushion
2- Rein, & Memmert
3- Clephas, Foster, Stergiou, & Katz
4- Krizkova, Tomaskova, & Tirkolaee
5- Cust, Sweeting, Ball, & Robertson
6- Sands, Kavanaugh, Murray, McNeal, & Jemni
7- Hughes, & Franks
8- Lames, & McGarry
9- Benites Zapana

علوم ورزشی منجر به تغییری دگرگون‌کننده در این رشته شده و عصری از تجزیه و تحلیل عملکرد پیشرفته، عینی و بلادرنگ را به وجود آورده است. ابزارهای اخیر هوش مصنوعی تخیل کاربران را جذب کرده و پذیرش تصاعدی این فناوری از هر نوآوری دیگری فراتر رفته است (چن و پیریز[1]، ۲۰۱۸). با توانایی هوش مصنوعی در ساده‌سازی جمع‌آوری داده‌ها، پردازش مجموعه داده‌های عظیم به سرعت و دقیق، ترکیب اطلاعات، پیش‌بینی نتایج و ایجاد دانش جدید، محیط‌های کاری و بازی را متحول می‌کند. امکانات بی‌نهایتی برای استفاده از هوش مصنوعی با نتایج آتی وجود دارد که قبلاً از طریق تجزیه و تحلیل سنتی انسانی غیرقابل دسترس بود (لی[2]، ۲۰۲۳). هوش مصنوعی؛ یک اصطلاح کلی برای بسیاری از فناوری‌های مختلف، مانند شبکه‌های عصبی، ترانسفورماتورهای مدل زبان بزرگ، و شبکه‌های انتشار، که در یافتن روابط ناشناخته قبلی در مجموعه داده‌ها و پیش‌بینی‌ها با دقت شگفت‌انگیزی مؤثر بوده‌اند، توانایی خودکارسازی فرآیندهای جمع‌آوری داده‌ها را دارد، خطای انسانی را کاهش داده و زمان جمع‌آوری اطلاعات را به شدت کاهش می‌دهد (نواتچکوف وباکا[3]، ۲۰۱۳). VR قابلیت ایجاد محیط‌های آموزشی بسیار واقع‌گرایانه و همه جانبه را معرفی می‌کند. این محیط‌ها شبیه‌سازی ساده نیستند. آنها معمولاً به عنوان پلتفرم‌هایی شناخته می‌شوند که شرایط دقیق یک بازی واقعی یا سناریوی تمرینی را تقلید می‌کنند. از این رو، VR به عنوان یک محیط غوطه‌ور شناخته می‌شود که فراتر از شبیه‌سازی صرف است (کوسیچ، کارل گرین، هولاش، کاتز[4]، ۲۰۲۳). پیشرفت فراتر از تقلید و به واقعیت نزدیک به ورزشکاران فرصتی منحصر به فرد برای آموزش و اصلاح مهارت‌های خود و به دست آوردن درک جامع از عملکرد خود در یک محیط کنترل شده را فراهم می‌کند (لیبرمن، کاتز، هوجز، بارتلت، مک کلنت، و فرانک[5]، ۲۰۰۲). تکمیل کننده تجربیات همه جانبه ارائه شده توسط VR، AR پیشرفت تکنولوژیکی دیگری را ارائه می‌دهد که مرز بین دنیای فیزیکی و دیجیتال را محو می‌کند (نویمان، و همکاران[6]، ۲۰۱۸).

AR می‌تواند اطلاعات دیجیتالی را روی محیط ورزشی دنیای واقعی پوشش دهد و به طور موثر یک پلتفرم تعاملی ایجاد کند که تجزیه و تحلیل عملکرد در زمان واقعی را ارائه می‌کند (لو نوری، پولمان، مالونی، و گورمن[7]، ۲۰۲۲). این فناوری می‌تواند برای تجزیه و تحلیل و ارائه بازخورد فوری در مورد تکنیک، موقعیت و حرکات ورزشکار مورد استفاده قرار گیرد و تنظیمات و اصلاحات فوری را ممکن می‌سازد (گرینهاو، باریت، تولسان، و ابت[8]، ۲۰۲۱). چنین مکانیزم‌های بازخورد فوری یادگیری سریع‌تر و تصحیح خطاها را تسهیل می‌کنند و در نهایت منجر به بهبود عملکرد می‌شوند. AR همچنین در برنامه‌ریزی تاکتیکی نویدبخش است. مربیان می‌توانند گرافیک دیجیتال را روی زمین بازی قرار دهند تا تاکتیک‌ها و ترکیب‌های پیچیده را برای بازیکنان توضیح دهند. این نمایش بصری می‌تواند درک و اجرای استراتژی‌ها را در بازیکنان افزایش دهد (پاستل، مارلوک، باندو، و ویت[9]، ۲۰۲۳). تکمیل توانایی‌های AI، VR، و AR، تکنیک‌های DV پویا تجزیه و تحلیل عملکرد جدیدی را به ارمغان می‌آورند. با تبدیل داده‌های پیچیده به نمایش‌های بصری قابل درک، این فناوری به مربیان، ورزشکاران و تحلیل‌گران اجازه می‌دهد تا به راحتی معیارهای عملکرد را تفسیر کرده و بر اساس آن عمل کنند (تورنتون، دلانی، داتیه، وداسکومب[10]، ۲۰۱۹). این ارتباطات افزایش یافته اطلاعات منجر به درک مؤثرتری از الگوهای عملکرد، روندها و زمینه‌های بهبود می‌شود و در نتیجه فرآیندهای تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر را تسهیل می‌کند (کنافلیک[11]، ۲۰۱۵).

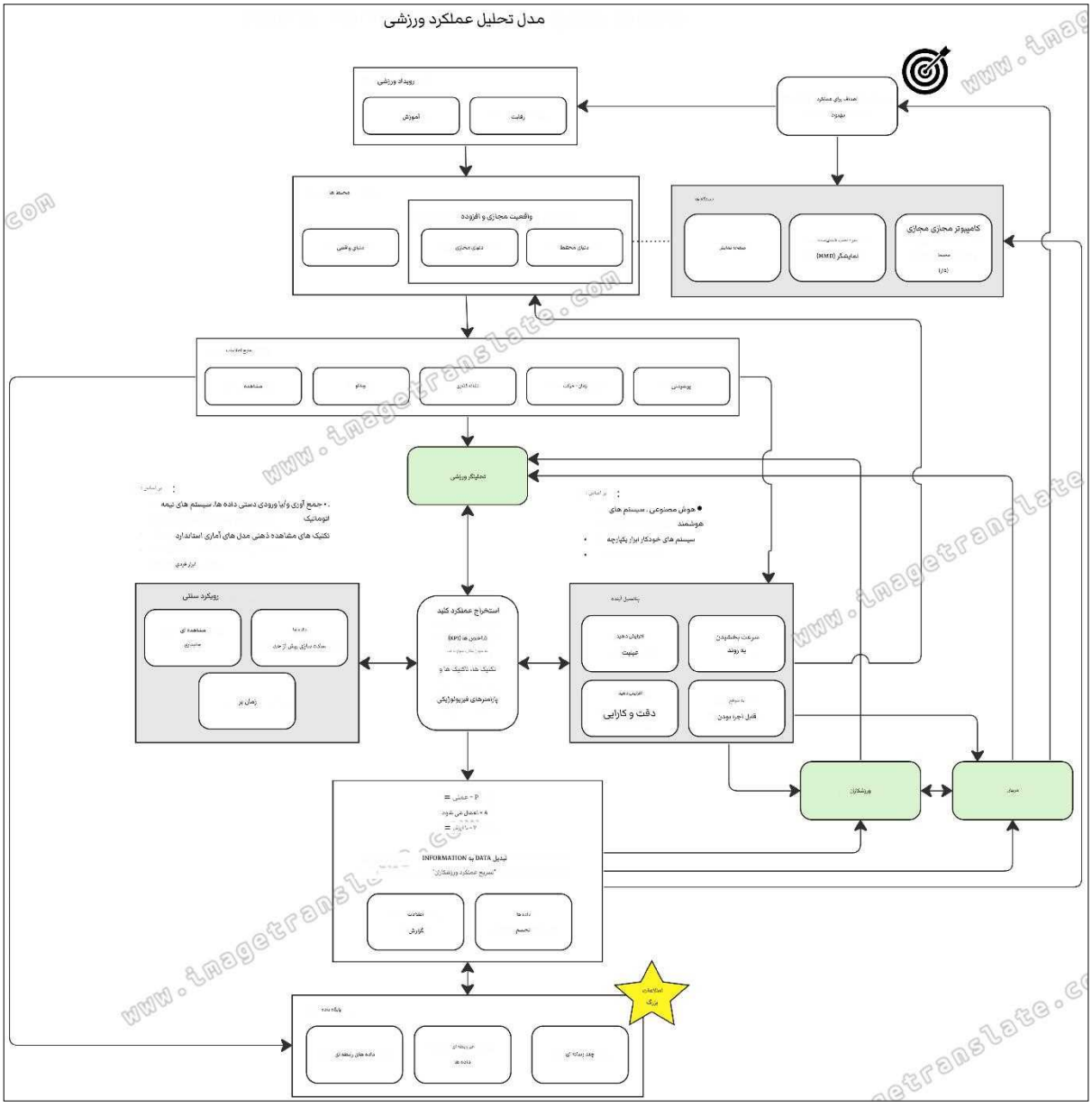
1- Chen, & Perez
2- Li
3- Novatchkov, & Baca
4- Cossich, Carlgren, Holash, & Katz
5- Liebermann, Katz, Hughes, Bartlett, McClements, & Franks
6- Neumann, & etal
7- Le Noury, Polman, Maloney, & Gorman
8- Greenhough, Barrett, Towlson, & Abt
9- Pastel, Marlok, Bandow, & Witte
10- Thornton, Delaney, Duthie, & Dascombe
11- Knaflic

در این مقاله، ما پتانسیل فناوری‌های نوظهور پیوسته، از جمله AR، VR، AI، و DV را بررسی می‌کنیم تا تجزیه و تحلیل عملکرد را در حوزه ورزش به طور قابل‌توجهی تغییر دهیم. این فناوری‌ها می‌توانند جمع‌آوری داده‌ها را خودکار کنند، محیط‌های آموزشی همه‌جانبه و واقعی را فراهم کنند، پردازش و تفسیر داده‌های عملکرد پیچیده را تسهیل کنند و به طور خلاقانه بازخورد دیجیتالی را در زمان واقعی ارائه دهند. هدف نهایی ارزیابی ظرفیت این فناوری‌ها برای ارائه منابع ارزشمند به مربیان و ورزشکاران، افزایش عملکرد ورزشکاران، بهینه‌سازی استراتژی‌های تمرینی و اطلاع‌رسانی درباره تصمیمات فیزیکی، فنی و تاکتیکی است. همچنین تحقیق حاضر به دنبال شناسایی چالش‌های احتمالی و راه‌حل‌های پیشنهادی برای ادغام این فناوری‌ها در شیوه‌های تحلیل عملکرد ورزشی فعلی است.

## ۲- مبانی نظری

این بررسی روایی تحلیلی جامع از بافت تاریخی مختصر و تکامل تجزیه و تحلیل عملکرد در علوم ورزشی ارائه می‌کند و محاسن و محدودیت‌های روش‌های فعلی را برجسته می‌کند. این شامل بررسی مختصر و تعاریف همه موضوعات مرتبط است. سپس به بررسی پتانسیل تحول‌آفرین فناوری‌های نوظهور مانند؛ AR، VR، AI و DV پرداخته شد. پتانسیل هوش مصنوعی را برای جمع‌آوری و پردازش خودکار داده‌ها بررسی می‌کنید، به قابلیت‌های VR و AR در ایجاد محیط‌های آموزشی همه‌جانبه و تعاملی می‌پردازید، و قدرت DV را در ترجمه داده‌های پیچیده به اشکال بصری قابل هضم ارزیابی می‌کنید. مطمئناً، موضوعات گسترده هستند و ده‌ها دانش را در بر می‌گیرند و بررسی‌های جداگانه می‌توانند به صورت جداگانه انجام شود. بنابراین، رویکرد این تحقیق بر ارائه یک پس‌زمینه تاریخی همراه با وضعیت فعلی، به‌ویژه از منظر تحلیل عملکرد، و بررسی چگونگی ادغام این ابزارها در یک مدل نظری متمرکز است. تجزیه و تحلیل عملکرد در ورزش به فرآیند سیستماتیک ثبت، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های عملکرد با هدف کلی افزایش عملکرد ورزشکاران یا تیم‌ها اشاره دارد (شکل شماره ۱)، (یانگ و لو[1]، ۲۰۲۲). این مستلزم مشاهده دقیق و تعیین کمیت شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) است که در روش‌های مختلف ورزشی، مانند؛ تعقیب فردی (مانند دوچرخه‌سواری پیست یا شنا)، ورزش‌های جمعی (مانند؛ فوتبال یا بسکتبال)، و فعالیت‌های استقامتی متفاوت است مانند؛ دوی ماراتن یا سه‌گانه). این KPIها طیف وسیعی از عناصر مانند؛ مهارت‌ها، تکنیک‌ها، تاکتیک‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی را در برمی‌گیرند که در طول جلسات آموزشی و رویدادهای رقابتی به دقت مورد بررسی قرار می‌گیرند (فرای و اوهلملن[2]، ۲۰۱۲). اگرچه هدف اولیه تجزیه و تحلیل عملکرد بهبود عملکرد است، اما نقش مهمی در پیشگیری از آسیب و پیش‌بینی عملکرد آینده دارد و در نتیجه به کشف استعدادها کمک می‌کند (پینو اورتگا، روجاس والورد، گومز کارمونا، و یرکو گونزالز[3]، ۲۰۲۱). برای دستیابی به این اهداف، تجزیه و تحلیل عملکرد از روش‌های مختلفی استفاده می‌کند، از جمله تجزیه و تحلیل مشاهده‌ای، تجزیه و تحلیل ویدیویی، تجزیه و تحلیل نشانه‌گذاری، تجزیه و تحلیل حرکت زمان، و تجزیه و تحلیل داده‌ها از دستگاه‌های (مرتق، ناقطون، مک رابرت، اوبایل، مورگانز، دراست، و ارسکین[4]، ۲۰۱۹)، هر یک از این تکنیک‌ها نقش منحصر به فرد خود را در کمک به بینش‌های ارزشمند در مورد عملکرد ورزشی دارند و می‌توان آنها را به صورت زیر تعریف کرد:

1- Yang, & Luo
2- Fry, & Ohlmann
3- Pino-Ortega, Rojas-Valverde, Gómez-Carmona, & Rico-González
4- Murtagh, Naughton, McRobert, O'Boyle, Morgans, Drust, & Erskine




شکل (۱): مدل تحلیل عملکرد

این مدل یک روش جامع برای ارزیابی عملکرد ورزشکار را به تصویر می‌کشد. داده‌ها که از رویدادهای ورزشی، مانند؛ جلسات تمرینی یا مسابقات رقابتی سرچشمه می‌گیرند، با استفاده از طیف وسیعی از ابزارها، از ضبط ویدیو گرفته تا ابزارهای پوشیدنی، مهار می‌شوند. از لحاظ تاریخی، تحلیل‌گران ورزشی به شدت به ورودی داده‌های دستی وابسته بودند. فرآیندی که اغلب کار فشرده و مشمول سوگیری‌های مشاهده‌ای بود. در چشم انداز مدرن، تمرکز به سمت استفاده از قدرت سیستم‌های یکپارچه و هوش مصنوعی تغییر می‌کند. این تکنیک‌های پیشرفته، افزایش عینیت، پردازش سریع داده‌ها و توانایی اعمال بینش در زمان واقعی را وعده می‌دهند. پس از جمع‌آوری، این داده‌ها با دقت تغییر می‌کنند تا بینش‌های عملی با هدف افزایش عملکرد ورزشکاران ایجاد شود. این بینش‌ها را می‌توان به صورت بصری یا در قالب گزارش نشان داد و به عنوان منابع ارزشمندی برای ورزشکاران و مربیان خدمت کرد. بخش پایگاه داده مدل بر سازگاری راه‌حل‌های ذخیره‌سازی داده‌ها، از پایگاه‌های داده رابطه‌ای ساختاریافته تا پلت‌فرم‌های چندرسانه‌ای متنوع تأکید می‌کند.

از محیط‌های مختلف، از جمله دنیای مجازی و مختلط، می‌توان برای جمع آوری داده‌ها و ارائه تغییرات تاکتیکی مبتنی بر داده یا استراتژی‌های آموزشی استفاده کرد.

**تجزیه و تحلیل مشاهده‌ای:** این به فرآیند روشمند جمع‌آوری، مستندسازی و ارزیابی داده‌ها با مشاهده مستقیم ورزشکاران یا رویدادهای ورزشی اشاره دارد. این شامل ناظران آموزش دیده است که با دقت جنبه‌های مختلف عملکرد ورزشی را ثبت می‌کنند. این رویکرد تحلیلی به عنوان پایه‌ای برای ارزیابی جامع نقاط قوت، ضعف و زمینه‌های بهبود ورزشکاران عمل می‌کند. می‌توان آن را فقط با استفاده از چشم غیرمسلح انجام داد و با داده‌های خارجی از منابع مختلف ضبط یا تکمیل کرد (هاپکینز[1]، ۱۹۹۱).

**تجزیه و تحلیل ویدئویی:** تکنیکی که از بازی ضبط شده یا فیلم تمرینی برای مطالعه و بررسی عملکرد ورزشکار یا رویکرد تاکتیکی یک تیم استفاده می‌کند. این امکان را برای تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف مانند مهارت‌ها، تکنیک‌ها، حرکت بازیکن و تشکیل تیم فراهم می‌کند. استفاده از سرعت‌های مختلف ویدئو، از حرکت آهسته گرفته تا فریم به فریم، امکان بررسی دقیق هر عمل را فراهم می‌کند و بازخورد دقیقی را به ورزشکاران و مربیان ارائه می‌دهد (دی سالوو، گریگسان، اتکیسنون، ترادف، و دراست[2]، ۲۰۰۹).

**تجزیه و تحلیل نمادین:** این فرآیند سیستماتیک شامل ثبت و تجزیه و تحلیل رویدادهای مجازی است که در طول یک مسابقه یا جلسه تمرین رخ می‌دهد. هر رویداد یادداشت یا کدگذاری می‌شود تا ابزار کمی برای ثبت عملکرد ارائه شود. داده‌های جمع‌آوری‌شده یک رکورد عینی از عملکرد ارائه می‌دهند و می‌توانند بینش‌هایی در مورد اثربخشی تاکتیک‌ها، استراتژی‌ها و اقدامات فردی بازیکن ارائه دهند (رایت، اتکینز، و جونز[3]، ۲۰۱۱).

**تجزیه و تحلیل زمان-حرکت:** این روشی است که برای تعیین کمیت نیازهای بدنی یک ورزش، با ثبت و طبقه‌بندی تمام حرکات یک ورزشکار در طول یک مسابقه یا جلسه تمرینی استفاده می‌شود. بینشی در مورد مدت و شدت فعالیت‌های مختلف، فراوانی حرکات خاص و دوره‌های استراحت ارائه می‌دهد. اطلاعات جمع‌آوری شده می‌تواند برنامه‌های تمرینی و ریکاوری را راهنمایی کند و به ارزیابی عملکرد فیزیکی بازیکنان در طول مسابقه کمک کند (رامپینینی، امپللیزری، کاستانگ، کاتس، ویسولف[4]، ۲۰۰۹).

این ترکیب دقیق از فرآیندهای تجزیه و تحلیل عملکرد معمولاً توسط تحلیل‌گران ورزش انجام می‌شود که به عنوان آماردانان ورزشی نیز شناخته می‌شوند (کازال و فینچ[5]، ۲۰۱۷). این متخصصان داده‌های مربوط به رویدادهای ورزشی، تیم‌ها و ورزشکاران انفرادی را جمع‌آوری، سازماندهی، تفسیر و ارائه می‌کنند (نیکولز، جیمز، ولس و پرامر[6]، ۲۰۲۲). بینش‌های به دست آمده از تجزیه و تحلیل آنها در شکل دادن به قضاوت‌های آگاهانه در مورد عملکرد ورزشی، ابداع استراتژی‌ها و پیش‌بینی نتایج مفید است (رایت، ۲۰۱۲). با این حال، روش‌های تحلیل عملکرد سنتی با چالش‌هایی مانند پتانسیل سوگیری مشاهده‌ای، ساده‌سازی بیش از حد داده‌ها، فرآیندهای زمان‌بر جمع‌آوری داده‌ها و مشکلات در تجزیه و تحلیل عملکرد در زمان واقعی مواجه هستند.

(جدول ۱). این محدودیت‌ها بر نیاز به پیشرفت‌های فن‌آوری در این زمینه تأکید می‌کند، که می‌تواند عینیت، سرعت، دقت، کارایی و قابلیت کاربرد در زمان واقعی تحلیل عملکرد در ورزش را افزایش دهد.

1- Hopkins
2- Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust
3- Wright, Atkins, & Jones
4- Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisløff
5- Casals, & Finch
6- Nicholls, James, Wells, & Parmar

جدول (۱): جوانب مثبت و منفی تحلیل عملکرد ورزشی فعلی (هورتون، استرگیو، فانگ و کاتز[1]، ۲۰۱۷)

| روش کار | طرفداران (مثبت) | منفی |
|---|---|---|
| تحلیل مشاهده‌ای | داده‌های زمان واقعی<br>نیازی به تکنولوژی نیست<br>بینش رفتار و تاکتیک‌ها | ذهنی<br>محدود به مشاهده بصری<br>فقدان داده‌های کمی دقیق |
| تجزیه و تحلیل ویدئو | تجزیه و تحلیل دقیق و دقیق<br>شواهد بصری از اقدامات و تکنیک‌ها<br>تحلیل حرکت آهسته و فریم به فریم | به تجهیزات ویدئویی نیاز دارد<br>زمان‌بر<br>ممکن است همه داده‌های مرتبط را ضبط نکند |
| تحلیل نمادی | داده‌های کمی در مورد رویدادها و اقدامات خاص<br>رکورد عینی عملکرد<br>ردیابی الگوهای تاکتیکی و اقدامات بازیکن مفید است | کار فشرده<br>محدود به رویدادهای یادداشت شده<br>ممکن است به ابزار تخصصی نیاز داشته باشد |
| تحلیل زمان حرکت | نیازهای فیزیکی را کمیت می‌کند<br>بینش در مورد حجم کار و خستگی ورزشکاران<br>برای طراحی برنامه‌های آموزشی و ریکاوری مفید است | به تجهیزات و فناوری ردیابی نیاز دارد.<br>تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده<br>ممکن است تمام عوامل تأثیرگذار زمینه‌ای را در برنگیرد |
| تجزیه و تحلیل داده‌ها از پوشیدنی‌ها | داده‌های فیزیولوژیکی و بیومکانیکی در زمان واقعی<br>نمای جامع سلامت و عملکرد بازیکن<br>تصمیمات مبتنی بر داده در آموزش و استراتژی‌های بازی | به دستگاه‌های پوشیدنی نیاز دارد که می‌تواند گران باشد<br>تفسیر داده‌ها ممکن است به دانش تخصصی نیاز داشته باشد<br>نگرانی‌های حفظ حریم خصوصی مربوط به جمع‌آوری داده‌های ورزشکار |

شناخت ارزش روش‌های سنتی تحلیل عملکرد به ما امکان می‌دهد تا پتانسیل تحول آفرین فناوری محاسبات در این زمینه را به طور کامل درک (هورتن و همکاران، ۲۰۱۷). عامل مهم دیگری که باید در نظر گرفت این است که، اگرچه خدمات و نرم‌افزارهای مختلف عملکرد ورزشی در دسترس تجاری ظاهر شده‌اند (مانند Sports CodeTM، DartfishTM، Kandle SnapperTM، OptaTM، ProzoneTM، Sports.VideoTM، FocusTM، در میان دیگران)، این ابزارها اغلب در ایزوله باقی می‌مانند. تجزیه و تحلیل آنها، نیاز روزافزون به ابزارهای ارزیابی یکپارچه و هماهنگ را برجسته می کند. محدودیت‌های روش‌های سنتی، تغییر به سمت استراتژی‌های پیشرفته‌تر، کارآمدتر و پیچیده‌تر را ضروری می‌سازد. با پیشرفت چشمگیر فناوری محاسبات، عصر جدیدی برای تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی آغاز شده است. توانایی رایانه‌ها برای پردازش سریع و دقیق داده‌های گسترده، که اکنون با مدل‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی تکمیل شده است، پیشرفت قابل توجهی در این زمینه ارائه می‌کند.

## ارزیابی کامپیوتر و تحلیل عملکرد در ورزش

رشد تصاعدی تحلیل عملکرد محاسباتی ذاتاً با پذیرش گسترده رایانه های شخصی (PC) در اواخر دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ مرتبط است. در این دوره، ماشین‌ها به طور فزاینده‌ای کاربرپسند و مقرون به صرفه شدند، علاوه بر این که قابلیت‌های گسترده‌تری داشتند. معرفی رابط کاربری گرافیکی (GUI) تعامل انسان و کامپیوتر را متحول کرد (اولاسویرتا، دایما، شیری پور، جان، و کارنبور[2]، ۲۰۲۰). رشد سریع اینترنت در دهه ۱۹۹۰ و توسعه لپ‌تاپ‌های کارآمدتر و قابل حمل بیشتر به پذیرش گسترده رایانه‌های شخصی دامن زد (گلونیاک[3]، ۱۹۹۷). در اوایل دهه ۲۰۰۰، رایانه های شخصی به یک ویژگی رایج در خانه‌ها، مدارس

1- Horton, Stergiou, Fung, & Katz
2- Oulasvirta, Dayama, Shiripour, John, & Karrenbauer
3- Glowniak

و محل کار در سراسر جهان تبدیل شده بود. در طول این سال ها، قدرت پردازش و قابلیت‌های ذخیره‌سازی به طور تصاعدی رشد کرده است، همراه با کوچک سازی و قابل حمل بودن دستگاه‌ها (برنت وراپاپروت[1]، ۲۰۰۱). انقلاب پس از رایانه‌های شخصی - که انقلاب اینترنت اشیا (IOT) نیز نامیده می‌شود، نشان‌دهنده تغییر دور از رایانه‌های شخصی رومیزی و لپ‌تاپ سنتی به سمت دستگاه‌های محاسباتی سیار، راحت‌تر و کاربرپسندتر، مانند تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها و دستگاه‌های پوشیدنی است (راس، هیل، چن، ژوزف، کالر، و بریور[2]، ۲۰۰۲).

به دلیل افزایش اتصال به اینترنت بی‌سیم و گسترش سرویس‌های مبتنی برابر، که دستگاه‌ها را قادر می‌سازد همیشه متصل باشند و به کاربران امکان می‌دهد تقریباً از هر کجا به داده‌ها و برنامه‌های خود دسترسی داشته باشند، اتصال هرگز پیچیده‌تر از این نبوده است (میکی، پیسنو، و داروکس[3]، ۲۰۰۳). توسعه واسط‌های برنامه‌نویسی برنامه کاربردی وب (API) به برنامه‌های نرم‌افزاری مختلف اجازه داده است که با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و داده‌ها را بدون نیاز به کاربر نهایی یا توسعه دهندگان برای درک نحوه عملکرد سیستم دیگر به اشتراک بگذارند (کو و همکاران[4]، ۲۰۱۱). این فرآیند توسعه را ساده کرده است، زیرا برنامه‌نویسان می‌توانند از API ها برای استفاده از قابلیت‌های ارائه شده توسط سایر اجزای نرم‌افزار بدون نیاز به درک کد آن اجزا استفاده کنند. علاوه بر این، ظهور بسته‌های آماری (مانند SPSS، R)، بسته‌های DV (مانند R's ggplot۲)، و زبان‌های کامپیوتری همه منظوره (مانند Python) قدرت زیادی به تحلیل‌گران ورزشی داده است و امکان توسعه مدل‌های آماری استاندارد را فراهم کرده است.

تکثیر فناوری‌های نوآورانه گاهی اوقات بسیار زیاد است و ممکن است کاربران بالقوه را سردرگم کند (پارک و ژانگ[5]، ۲۰۲۲). قابلیت‌های جمع‌آوری داده‌ها و حجم داده‌های جمع‌آوری‌شده فراتر از مهارت‌های تفسیر انسانی رشد کرده‌اند و اغلب به روش‌های دیگر تحلیل مانند محاسبات توزیع‌شده، محاسبات موازی، ابر محاسبات و محیط‌های سیستم مجازی نیاز دارند. اصطلاح «داده‌های بزرگ» برای تعریف مجموعه داده‌های بسیار بزرگ و پیچیده‌ای ابداع شد که برنامه‌های کاربردی پردازش داده سنتی قادر به مدیریت آن نیستند. داده های بزرگ نه تنها به حجم داده‌ها، بلکه به تنوع، سرعت و صحت آنها نیز اشاره دارد (پاسفیلد و هاپکر[6]، ۲۰۱۷). اکنون، تحلیل‌گران ورزشی به داده‌های پیچیده و چندرسانه‌ای دسترسی دارند که می‌تواند بینش جامعی در مورد عملکرد یک ورزشکار ارائه دهد، و فرصتی برای تجزیه و تحلیل و تفسیر عملکرد سریع‌تر و با عمق بیشتر فراهم می‌کند (مورگولف، آزار، و لیدور[7]، ۲۰۱۸). با این حال، این افزایش در پیچیدگی و حجم داده‌ها نیز چالش‌هایی را ایجاد کرده است. مقیاس مطلق داده‌ها به این معنی است که روش‌های تحلیل سنتی، به عنوان مثال، مدل‌های خطی، آمار ساده، یا مربی تماشای نوار ویدئویی؛ دیگر کافی نیستند. عصر Big Data به فن‌آوری‌ها و روش‌های نوآورانه نیاز دارد تا به طور موثر از پتانسیل عملکرد ورزشی کشف نشده، استفاده شود (ایسیچه‌ای و همکاران[8]، ۲۰۲۲). هر یک از این فناوری‌ها کاربردهای منحصربه‌فردی را ارائه می‌دهند که پتانسیل بازتعریف چشم‌انداز تحلیل عملکرد ورزشی و غلبه بر چالش‌های ناشی از عصر داده‌های بزرگ را دارند (واتانابه، شاپیرو و درایر[9]، ۲۰۲۱).

### هوش مصنوعی (AI) در تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی

هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که بر توسعه سیستم‌هایی متمرکز است که می‌توانند وظایفی شبیه به هوش انسانی را اجرا کنند (موثوکریشنان، مالکی،

1- Berndt, & Rappaport
2- Ross, Hill, Chen, Joseph, Culler, & Brewer
3- Makki, Pissinou, & Daroux,
4- Ko, & etal
5- Park, & Zhang
6- Passfield, & Hopker
7- Morgulev, Azar, & Lidor
8- Isichei & etal
9- Watanabe, Shapiro, & Drayer

اوینس، رینهلد، فرقانی و فرقانی[1]، ۲۰۲۰). این وظایف شامل یادگیری از تجربیات، درک زبان طبیعی، تجزیه و تحلیل ویدئو، شناخت الگوها، حل مسائل و تصمیم‌گیری است. اگرچه رونق هوش مصنوعی امروزی شاهد توسعه مدل‌های جدیدی است که روزانه برای طیف وسیعی از وظایف توسعه می‌یابد، مفهوم هوش مصنوعی جدید نیست. شالوده نظری یک ماشین «تفکر» را می‌توان در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ جستجو کرد. مک کالوچ و پیتس[2] (۱۹۴۳) با الهام از نورون‌های بیولوژیکی، نورون مک کالوخ پیتس را پیشنهاد کردند، یک مدل محاسباتی که عملکرد یک نورون بیولوژیکی را به ورودی‌های متعدد و یک خروجی ساده می‌کند. در دهه ۱۹۵۰، آلن تورینگ، دانشمند پیشگام کامپیوتر، مفهوم ماشینی با قابلیت تقلید از هوش انسان را مطرح کرد (تورینگ[3]، ۱۹۸۰). که نقطه عطف مهمی در توسعه هوش مصنوعی بود. این امر توسط مک کارتی و همکاران بیشتر پیش رفت، و این نظریه را مطرح کرد که هر جنبه‌ای از یادگیری یا هوش را می‌توان آنقدر دقیق تعریف کرد که یک ماشین بتواند آن را شبیه‌سازی کند، که تولد هوش مصنوعی به عنوان یک میدان در نظر گرفته می‌شود. متعاقبا، روزنبلات[4] (۱۹۵۸) Perceptron را پیشنهاد کرد که به عنوان اولین شکل شبکه عصبی است که قادر به یادگیری از ورودی های آن است. علیرغم این معیارهای اولیه تکامل، پیشرفت در توسعه شبکه‌های عصبی مدرن کند بود. این تا حد زیادی به دلیل محدودیت‌های محاسباتی و کمبود داده‌ها بود که منجر به دوره‌هایی به نام «زمستان هوش مصنوعی» شد که با کاهش بودجه و علاقه به تحقیقات هوش مصنوعی مشخص می‌شود (راسل و نورویگ[5]، ۲۰۱۶). جریان در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ با معرفی پس انتشار توسط جفری هینتون و سپس ظهور یادگیری عمیق در دهه‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ تغییر کرد. این پیشرفت‌ها با ایجاد شبکه‌های عصبی قدرتمندی که امروز می‌بینیم به اوج خود رسیده‌اند و به «زمستان هوش مصنوعی» پایان می‌دهند و تحقیقات هوش مصنوعی را به خط مقدم نوآوری‌های فناوری سوق می‌دهند. در چارچوب یادگیری ماشینی، سیستم‌های هوش مصنوعی مدرن می‌توانند حجم وسیعی از داده‌ها را پردازش کنند، الگوهای پیچیده را شناسایی کنند و عملکرد سیستم را بدون نیاز به برنامه‌نویسی صریح افزایش دهند (جانیش[6]، ۲۰۲۱). یادگیری عمیق، زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشینی، شبکه‌های عصبی مصنوعی را به کار می‌گیرد که برای تقلید از عملکرد مغز انسان طراحی شده‌اند. سرانجام، در دهه ۲۰۲۰، تکثیر مدل‌های با ظرفیت بالا، مانند ترانسفورماتور پیش‌آموزشی مولد (GPT)، موتوری که به ChatGPT جان می‌بخشد، دوران جدیدی را در چشم‌انداز هوش مصنوعی نوید داد (براون و همکاران[7]، ۲۰۲۰).

این مدل‌های در مقیاس بزرگ، ظرفیت بی‌سابقه‌ای برای تولید متن‌های انسان‌مانند را نشان می‌دهند و فناوری هوش مصنوعی را برای عموم و نه فقط دانشمندان رایانه قابل دسترس‌تر و قابل استفاده‌تر می‌کنند. موفقیت این مدل‌ها باعث ایجاد فضای رقابتی در میان شرکت‌های فناوری پیشرو شده است که هر کدام برای توسعه و استقرار پیشرفته‌ترین فناوری‌های هوش مصنوعی رقابت می‌کنند. این رقابت نه تنها باعث پیشرفت فناوری می شود، بلکه به محبوبیت برنامه‌های هوش مصنوعی در زندگی روزمره نیز کمک می‌کند.

## چگونه هوش مصنوعی می‌تواند به تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی کمک کند

هوش مصنوعی تغییرات عمیقی را در بخش‌های مختلف، از جمله مراقبت‌های بهداشتی، خودرو، خرده‌فروشی، مالی و سرگرمی ایجاد کرده است (جیانگ و همکاران[8]، ۲۰۱۷). جای تعجب نیست که تحلیل عملکرد ورزشی نیز عمیقاً

1- Muthukrishnan, Maleki, Ovens, Reinhold, Forghani, & Forghani
2- McCulloch, & Pitts,
3- Turing
4- Rosenblatt
5- Russell, & Norvig
6- Janiesch
7- Brown & etal
8- Jiang& etal

تحت تأثیر قرار گرفته است (پلاکیاس و همکاران[1]، ۲۰۲۳). کاربردهای هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی گسترده و متنوع است و روش‌های سنتی را در جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها تغییر می‌دهد. فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی یک تغییر کارآمد از روش‌های دستی و مستعد تعصب به جمع‌آوری دقیق داده‌ها در مقیاس بزرگ را ارائه می‌دهند. با این حال، ارزش هوش مصنوعی فراتر از جمع‌آوری داده‌ها است. نقطه قوت دیگر در پردازش و تفسیر داده‌ها نهفته است (سورنتینو و همکاران[2]، ۲۰۰۵). تکنیک‌های مدرن جمع‌آوری داده‌ها اغلب حجم عظیمی از داده‌ها را تولید می‌کنند که فراتر از توانایی‌های انسان برای رسیدگی و هضم است. هوش مصنوعی این چالش را با خودکارسازی تجزیه و تحلیل داده‌ها، مشابه داده کاوی، شناسایی الگوها و روندهایی که ممکن است نادیده گرفته شوند، برطرف می‌کند (رادفورد و همکاران[3]، ۲۰۱۹). این فرآیند تحلیلی نه تنها حجم داده‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند الگوهای پنهان را نیز آشکار کند و بینش‌های ارزشمندی را برای بهبود عملکرد و برنامه‌ریزی استراتژی ارائه دهد. علاوه بر این، ظرفیت یادگیری هوش مصنوعی از داده‌های گذشته به طور قابل توجهی توانایی‌های پیش‌بینی آن را تقویت می‌کند و در طول زمان تفاسیر روشن‌تری را به دست می‌دهد.

برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی این پتانسیل را دارند که روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی را افزایش دهند. تجزیه و تحلیل ویدیو را قادر می‌سازد تا سریع‌تر، دقیق‌تر و جامع‌تر شود، و جایگزین بررسی‌های دستی وقت‌گیر و بالقوه جانبدارانه شود (گودلاو[4]، ۲۰۱۸). از طریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین، بینایی رایانه می‌تواند بازیکنان و اشیاء را شناسایی و ردیابی کند، حرکات را تجزیه و تحلیل کند و اطلاعات بی‌درنگ استخراج کند (لکون، بینگو، و هینتون[5]، ۲۰۱۵).

این تکنیک‌ها درک دقیقی از حرکات بازیکن، تشکیل تیم و تاکتیک‌ها ارائه می‌دهند که به طور قابل توجهی برنامه‌ریزی استراتژیک را غنی می‌کند. این الگوریتم‌ها همچنین می‌توانند الگوهایی را در بازی تیم مقابل تشخیص دهند و بینش‌های ارزشمندی را برای برنامه‌ریزی استراتژی رقابتی ارائه دهند که روش‌های سنتی متکی به تحلیل ذهنی انسانی، ممکن است آن‌ها را درک نکنند. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند برای تشخیص حرکات ورزشی خاص استفاده شود (لکون و همکاران، ۲۰۱۵) که می‌تواند برای پیاده‌سازی سیستم‌های نیمه اتوماتیک و اتوماتیک مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، قابلیت‌های بینایی کامپیوتر به پیشگیری از آسیب و توان‌بخشی، تجزیه و تحلیل بیومکانیک حرکت بازیکن، شناسایی الگوهای بالقوه مضر و پیشنهاد تغییرات تکنیک یا تنظیمات رژیم آموزشی گسترش می‌یابد (لوپز-والنسیانو، و همکاران[6]، ۲۰۱۸). تکنیک‌های بینایی کامپیوتری مبتنی بر هوش مصنوعی به طور قابل‌توجهی دامنه و عمق تجزیه و تحلیل عملکرد در ورزش را گسترش می‌دهند، برنامه‌ریزی استراتژیک دقیق را ترویج می‌کنند، ایمنی بازیکنان را افزایش می‌دهند و عملکرد کلی تیم را بهبود می‌بخشند.

هوش مصنوعی دارای پتانسیل قابل توجهی برای ساده کردن تجزیه و تحلیل نمادها است و کارایی و دقت آن را با خودکار کردن فرآیند پیچیده تشخیص و حاشیه نویسی رویدادهای گسسته افزایش می دهد. به عنوان مثال، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و بینایی کامپیوتری می‌توانند به‌طور دقیق نمونه‌هایی از اقدامات خاص را شناسایی و یادداشت کنند (نایک، هاشمی، و بوکده[7]، ۲۰۲۲). مانند کمک در فوتبال، پرتاب بسکتبال، یا تکنیک‌های شنا (وانگ ولی[8]، ۲۰۲۲). علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند حجم وسیعی از داده‌ها را مدیریت و بررسی کند و بینش جامعی را در مورد اثربخشی تاکتیک‌ها، استراتژی‌ها و اقدامات بازیکن ارائه دهد. به عنوان مثال، هوش

1- Plakias & etal
2- Sorrentino & etal
3- Radford & etal
4- Goodfellow
5- LeCun, Bengio, & Hinton
6- López-Valenciano & etal
7- Naik, Hashmi, & Bokde
8- Wang, & Li

مصنوعی می‌تواند هزاران ساعت از فیلم بازی را برای تعیین میزان موفقیت یک استراتژی یا تاکتیک خاص تجزیه و تحلیل کند (پای، چانگلیائو، و لین[1]، ۲۰۱۷). به طور مشابه، هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که تجزیه و تحلیل حرکت زمان را متحول کند و آن را کارآمدتر و پیش بینی کند، در نتیجه تبدیل به ابزار بسیار مؤثرتری برای ارزیابی عملکرد فیزیکی بازیکنان می‌شود. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند حرکات ورزشکاران را در طول بازی تجزیه و تحلیل کنند، بینش‌های بی‌درنگ در مورد مصرف انرژی آن‌ها ارائه دهند، و سطوح خستگی را پیش‌بینی کنند که منجر به استراتژی‌های بهتر تعویض بازیکن می‌شود. در نهایت، نقش هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل داده‌های دستگاه‌های پوشیدنی متحول‌کننده بوده و تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی در زمان واقعی، پیش‌بینی‌کننده و شخصی‌سازی شده را ارائه می‌دهد. برای مثال، دستگاه‌های پوشیدنی همراه با هوش مصنوعی می‌توانند ضربان قلب، سرعت و سطح اکسیژن ورزشکار را در زمان واقعی ردیابی کنند، خطرات بالقوه سلامتی را بر اساس داده‌های گذشته پیش‌بینی کنند، و برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی‌شده را برای بهینه‌سازی عملکرد و بازیابی پیشنهاد دهند (سشادری و همکاران[2]، ۲۰۱۹). به این ترتیب، هوش مصنوعی جهشی بی‌سابقه در زمینه علوم ورزشی ارائه می‌دهد. بینش هوش مصنوعی صرفاً نظری نیست. آنها کاربردهای عملی در سناریوهای دنیای واقعی دارند، بر استراتژی‌های میدانی تأثیر می‌گذارند و به یک نیروی دگرگون کننده در بخش ورزش تبدیل می‌شوند (کیم پی، گرانز، و میمرت[3]، ۲۰۱۵). قابلیت‌های پیش‌بینی هوش مصنوعی نقشی اساسی در پیشگیری از آسیب بازی می‌کند، با الگوریتم‌هایی که داده‌های دستگاه‌های پوشیدنی را ارزیابی می‌کنند تا خطرات احتمالی آسیب را پیش‌بینی کنند و اصلاحات آموزشی مناسب را توصیه کنند (کلودینو و همکاران[4]، ۲۰۱۹). در طول سال‌ها، ادغام فناوری هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل ورزشی منجر به افزایش تعداد محصولاتی شده است که راه‌حل‌های مختلف را ارائه می‌دهند. به عنوان مثال می‌توان به سیستم‌های مبتنی بر GPS، ابزارهای تجزیه و تحلیل ویدئو، و راه‌حل‌های ردیابی حرکت مانند مواردی که توسط Catapult SportsTM، STATSportsTM، HudlTM، Second SpectrumTM، ShotTrackerTM و KINEXONTM ارائه می‌شود، اشاره کرد. این نوآوری‌ها به طور قابل توجهی گزینه‌های موجود برای مربیان، ورزشکاران و تحلیل‌گران را در پیگیری بهبود عملکرد مبتنی بر داده‌ها گسترش داده است.

در ادامه نکات اصلی فهرست شده، که هوش مصنوعی می‌تواند تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی فعلی را تغییر دهد:

- **جمع آوری داده‌ها:** هوش مصنوعی روش های سنتی جمع آوری داده‌ها را به فرآیندهای دقیق و در مقیاس بزرگ تبدیل می کند و سوگیری دستی را کاهش می‌دهد.
- **تجزیه و تحلیل داده‌های پیشرفته:** هوش مصنوعی تجزیه و تحلیل داده‌ها را خودکار می‌کند، الگوها و روندهای پنهان را در مجموعه داده‌های بزرگ برای بهبود عملکرد و برنامه‌ریزی استراتژی شناسایی می‌کند.
- **تجزیه و تحلیل ویدیوی پیشرفته:** تجزیه و تحلیل ویدیویی مبتنی بر هوش مصنوعی سریع‌تر، دقیق‌تر و جامع‌تر از بررسی‌های دستی است و بینش‌هایی را در مورد حرکات بازیکن، تشکیل تیم و تاکتیک‌ها ارائه می‌دهد.
- **تجزیه و تحلیل نماد:** هوش مصنوعی تجزیه و تحلیل نمادها را با خودکار کردن تشخیص و حاشیه نویسی اقدامات خاص ساده می کند و کارایی و دقت را بهبود می بخشد .
- **تجزیه و تحلیل زمان حرکت:** هوش مصنوعی با ارائه بینش در زمان واقعی در مورد مصرف انرژی و سطوح خستگی ورزشکاران، تجزیه و تحلیل حرکت زمان را متحول می کند، که منجر به استراتژی های بهتر تعویض بازیکن می‌شود.
- **تجزیه و تحلیل داده‌های دستگاه‌های پوشیدنی:** هوش مصنوعی داده‌های بی‌درنگ دستگاه‌های

1- Pai, ChangLiao, & Lin
2- Seshadri & etal
3- Kempe, Grunz, & Memmert
4- Claudino & etal

پوشیدنی را تجزیه و تحلیل می‌کند، خطرات بالقوه سلامتی را پیش‌بینی می‌کند و برنامه‌های آموزشی شخصی‌شده را پیشنهاد می‌کند.

- **پیشگیری از آسیب:** هوش مصنوعی در بینایی کامپیوتر، بیومکانیک بازیکن را تجزیه و تحلیل می‌کند، الگوهای مضر را شناسایی می‌کند و تغییرات تکنیکی را پیشنهاد می‌کند و ایمنی بازیکن را افزایش می‌دهد.

## واقعیت مجازی (VR) و واقعیت افزوده (AR) در تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی

VR یک فناوری است که کاربران را در محیط‌های کامپیوتری غوطه‌ور می‌کند، از مرزهای واقعیت فیزیکی فراتر می‌رود و تجارب و تعامل کاربران از جمله نشانه‌های بصری، شنیداری و لامسه را افزایش می‌دهد (راوشنابل، فلیکس، هینسچ، شهاب، و آلت[1]، ۲۰۲۲). این سیستم شامل دسته های مختلف سیستم، از جمله سیستم های غیر غوطه ور، نیمه غوطه ور، و سیستم های کاملاً غوطه ور است. از سوی دیگر، AR را می توان به عنوان تلفیقی پویا از مجازی و واقعی تعریف کرد که به طور یکپارچه موجودیت های مجازی را در محیط های دنیای واقعی در زمان واقعی یکپارچه می کند و کاربران را قادر می سازد با هر دو دامنه تعامل داشته باشند (میلگرام، تاکمورا، آتسومی، و کیشینو[2]، ۱۹۹۵).

مفهوم واقعیت مجازی به دهه ۱۹۶۰ بازمی گردد، زمانی که مورتون هیلیگ، فیلمبردار آمریکایی، Sensorama را ایجاد کرد - یک وسیله مکانیکی با هدف ارائه یک تجربه چندحسی از طریق تصاویر سه بعدی استریوسکوپی، صداها، بوها و حتی ارتعاشات (گوتیرز[3]، ۲۰۲۳). در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰، ایوان ساترلند چیزی را توسعه داد که اغلب اولین سیستم نمایشگر واقعی روی سر (HMD) به نام «شمشیر داموکلس» نامیده می‌شود. با این حال، تا دهه‌های ۱۹۸۰-۱۹۹۰ بود که فناوری VR با پیشرفت‌هایی در گرافیک کامپیوتری، فناوری نمایشگر و دستگاه‌های تعاملی شکل ملموس‌تری به خود گرفت. در واقع، اصطلاح "واقعیت مجازی" تنها در دهه ۱۹۹۰ توسط لنیر[4] (۱۹۹۲) ابداع شد. همچنین، در دهه ۱۹۹۰، سیستم‌های محیط مجازی خودکار کامپیوتری (CAVE) معرفی شدند که یک محیط کاملاً فراگیر را ارائه می‌کردند (کروز نیارا، ساندین، دیفانتی، کنیون، و هارت[5]، ۱۹۹۲). این فناوری کاربران را قادر می‌سازد تا محیط‌های سه‌بعدی تولید شده توسط رایانه را در یک مکعب بزرگ که توسط چندین صفحه نمایش تشکیل شده است، کاملاً تجربه کرده و با آن‌ها تعامل داشته باشند. همانطور که کاربران به طور فیزیکی وارد این مکعب طرح ریزی می شوند، کاملاً توسط محیط مجازی احاطه می شوند و حس طبیعی و واقعی تری از بودن پیدا می کنند (بیدو، و همکاران[6]، ۲۰۱۸). به طور مشابه، مفهوم AR به دهه ۱۹۵۰ برمی گردد، با این اصطلاح که توسط تیم کودل و دیوید میزل در سال ۱۹۹۰ ابداع شد (بریمن[7]، ۲۰۱۲). سیستم‌های واقعیت افزوده می‌توانند سیستم‌های ویدیویی شفاف و مبتنی بر مانیتور روی سر نصب شوند (درگان، بانسال، کومار، میتال، و کومار[8]، ۲۰۲۳). در حالی که برخی تفاوت های مفهومی بین VR و AR وجود دارد، هر دو فناوری یک هدف مشترک دارند: افزایش تجربیات کاربر با گسترش امکانات فراتر از دنیای فیزیکی از طریق تعاملات یکپارچه و هماهنگ (آزوما[9]، ۱۹۹۷). در واقع، برخی استدلال می‌کنند که هر دو باید توسط یک چارچوب جامع تحت عنوان «XR» محصور شوند، جایی که X به عنوان یک مکان‌دار برای هر واقعیت عمل می‌کند. بدیهی است که توسعه هر دو VR و AR بر یک رابطه ذاتی با فناوری‌های نوظهور متکی است. در نتیجه، استفاده گسترده از این فناوری‌ها به در دسترس بودن تجاری دستگاه‌های مرتبط بستگی دارد. در دهه‌های اخیر، پیشرفت قابل‌توجهی در چشم‌انداز واقعیت مجازی و واقعیت افزوده صورت گرفته

1- Rauschnabel, Felix, Hinsch, Shahab, & Alt
2- Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino
3- Gutierrez
4- Lanier
5- Cruz-Neira, Sandin, DeFanti, Kenyon, & Hart
6- Bideau & etal
7- Berryman
8- Dargan, Bansal, Kumar, Mittal, & Kumar
9- Azuma

است که منجر به ایجاد انواع دستگاه‌هایی با سطوح مختلف غوطه‌وری و عملکرد شده است.
(جدول ۲). از تلاش‌های پیشگام SEGA VR و Google Glass گرفته تا HoloLens جدیدتر مایکروسافت و Meta Quest ۲ & ۳ و Apple Vision Pro اخیراً معرفی شده، این دستگاه‌ها این قدرت را دارند که نحوه درک و تعامل ما با فضای مجازی و واقعی را تغییر دهند. جهان، راه را برای کاربردهای نوآورانه در زمینه‌هایی مانند؛ پزشکی و فیزیوتراپی تولید، سرگرمی، ورزش و آموزش هموار می‌کند (تاناکا و همکاران[1]، ۲۰۱۲).

جدول (۲): مجازی و واقعیت افزوده تجاری در سال‌های اخیر

| واقعیت افزوده (AR) | | واقعیت مجازی (VR) | |
|---|---|---|---|
| Google Glass[2] (۲۰۱۳) | دستگاه AR پوشیدنی با نمایش‌گر روی سر<br>دسترسی بدون دست به اطلاعات دیجیتال<br>تعامل با عناصر مجازی در دنیای واقعی | Google Cardboard (2014) | نمایش‌گر واقعیت مجازی ارزان قیمت ساخته شده از مقوا<br>برای استفاده با گوشی‌های هوشمند طراحی شده |
| هولولنز مایکروسافت[3] (۲۰۱۶) | تصاویر هولوگرافیک تعاملی را پوشش می‌دهد<br>بهره وری و همکاری را افزایش می‌دهد | Zeiss VR One (2014) | هدست های واقعیت مجازی برای کاربردهای مختلف طراحی شدند<br>اپتیک با کیفیت و طراحی ارگونومیک |
| Magic Leap One (۲۰۱۸) | سیستم AR که اشیاء مجازی را روی هم قرار می دهد<br>میدان دید و تعامل بهبود یافته است | Samsung Gear VR (2015) | هدست واقعیت مجازی با همکاری Oculus ساخته شده است<br>برای گوشی‌های هوشمند سامسونگ طراحی شد |
| مایکروسافت هولولنز (۲۰۱۹) | نسخه ارتقا یافته با ویژگی های بهبود یافته<br>تهیه غذا برای برنامه های کاربردی و خلاقانه | Oculus Rift (2016) | هدست VR با ارائه تجربیات همهجانبه<br>حرکات سر و دست را دنبال می کند<br>به طور عمده روی بازی تمرکز کنید |
| Apple Vison PRO (۲۰۲۳) | ترکیبی از AR و VR<br>صرفا ردیابی دستی | HTC Vive (2016) | غوطه وری با کیفیت بالا با ردیابی حرکت<br>کنترل کننده‌های حسگر حرکت برای تعامل |
| | | پلی استیشن وی آر (۲۰۱۶) | هدست واقعیت مجازی برای کنسول‌های بازی پلی استیشن<br>آوردن VR به مخاطبان گیمینگ بیشتر |
| | | Oculus Quest (2019) | هدست VR مستقل<br>بدون نیاز به سنسور خارجی یا کامپیوتر |
| | | Valve Index (2019) | سیستم واقعیت مجازی پیشرفته با ردیابی دقیق<br>کنترلرهای ردیابی انگشت و تصاویر با کیفیت |
| | | Meta Quest 2 (2020) | هدست VR مستقل<br>بدون نیاز به سنسور خارجی یا کامپیوتر<br>از Oculus Quest ارتقا دهید |
| | | Apple Vison PRO (2023) | ترکیبی از AR و VR<br>صرفا ردیابی دستی |

1- Tanaka, & etal

۲- گوگل گلس (در برخی منابع فارسی عینک گوگل) (به انگلیسی: Google Glass) یا پروژه عینک (به انگلیسی: Project Glass) یک برنامه تحقیقاتی است که مربوط به تولید اولیه ساخت و نمایش یک نمایشگر سربند سربند (نمایشگر سربند-mounted) است. و توسط شرکت گوگل پشتیبانی می‌شود. اگر چه چنین نمایشگرهایی برای افزوده‌ها، ایده‌های جدید هستند، اما توجه رسانه‌ها را به خود جلب می‌کند.

3- Microsoft HoloLens

بدیهی است که تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی نیز از توسعه و همگرایی VR و AR سود می برد و قلمرو جدیدی از امکانات را برای افزایش آموزش، توسعه مهارت‌ها و عملکرد کلی ورزشی باز می‌کند (میچالسکی، اسزپاک، و لوتسچر[1]، ۲۰۱۹).

## چگونه VR و AR می‌توانند به تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی کمک کنند

فن‌آوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده نویدبخش انقلابی در مربیگری، آموزش و تحلیل عملکرد ورزشی هستند. این فناوری‌ها در حال تغییر روش‌های سنتی (پانچوک، کلوسمان، هادلو[2]، ۲۰۱۸). با تمرکز اولیه بر مربیگری، آموزش و ارتقای مهارت هستند (میچالسکی و همکاران، ۲۰۱۹).

با استفاده از VR و AR، متخصصان ورزش می‌توانند محیط‌های همه جانبه‌ای ایجاد کنند که عملکرد ورزشکاران را به روش‌های مختلف بهینه می‌کند (فاور، لیمبال، بیدیو، و کولپا[3]، ۲۰۲۰). اینها شامل؛ بهبود پویایی تیم، اصلاح مهارت‌های فردی و به حداقل رساندن خطرات آسیب از طریق مدل‌های پیشگیرانه و توانبخشی است (پیج، بیمیر، ترمپ[4]، ۲۰۱۹). این فناوری‌ها به‌عنوان ابزارهای آموزشی ارزشمندی عمل می‌کنند که به اصلاح استراتژی، توسعه تاکتیک‌ها و تمرین پاسخ‌گویی در زمان واقعی در محیط‌های به‌دقت کنترل‌شده اجازه می‌دهند (تاچر، ایوانو، زروای و میلز[5]، ۲۰۲۰).

در واقع، VR می‌تواند محیط‌هایی را برای به چالش کشیدن آموزش با دستکاری محدودیت‌ها در موقعیت‌های پیچیده و پویا بازسازی کند، بنابراین سناریوهای قابل تکرار خاصی ایجاد می‌کند (پراوست و فاکت[6]، ۲۰۲۳). از سوی دیگر، AR می‌تواند اطلاعات بلادرنگ را برای ورزشکاران فراهم کند و به عنوان کمک مربی عمل کند. همچنین مزایایی را برای مربیان و بازیکنان به طور یکسان ارائه می‌دهد (ساوان و همکاران[7]، ۲۰۲۰). ورزشکاران با دریافت بازخورد بلادرنگ و داده‌های عملکردی که مستقیماً در میدان دیدشان نمایش داده می‌شوند، سود می‌برند و به آنها قدرت می‌دهد تا در طول جلسات تمرین تنظیمات را در حین پرواز انجام دهند. در همین حال، مربیان از قابلیت‌های AR برای تشریح استراتژی‌های بازی، تجسم نشانگرها و خطوط مجازی استفاده می‌کنند که بینش‌هایی در مورد موقعیت‌یابی و تاکتیک‌ها ارائه می‌دهند. حتی برای تماشاگران، AR با همپوشانی پخش زنده با گرافیک و آمار پویا، تجربه تماشا را غنی‌تر می‌کند و بینش عمیق‌تری از بازی ارائه می‌دهد (گوبرت[8]، ۲۰۲۰). هر دو واقعیت مجازی و واقعیت افزوده می‌توانند تجربه‌های همه‌جانبه‌ای را ارائه دهند و ورزشکاران را به تنظیمات شبیه‌سازی‌شده به‌دقت، مانند عرصه‌های مجازی یا پیکربندی‌های تمرینی کنترل‌شده منتقل کنند. این را می‌توان با استفاده از سطوح و تنظیمات مختلف، از استفاده از VR ۳۶۰ درجه، فیلم‌های ویدئویی در دنیای واقعی از یک محیط خاص که از قبل ضبط شده است، تا VR متحرک، تصاویر رندر شده توسط کامپیوتر که مطابق با کاربران تغییر می‌کند، به دست آورد. اقدامات (فورتس و همکاران[9]، ۲۰۲۱). در دومی، محیط‌ها می‌توانند به طور پیچیده ورودی‌های حسی و احساسات فیزیکی را تکرار کنند، و به ورزشکاران این امکان را می‌دهند که توانایی‌ها و فرآیندهای تصمیم‌گیری خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که بازخورد آنی را فراهم کند و بهبود مهارت را ارتقا دهد (وود و همکاران[10]، ۲۰۲۱). این تعامل پویا بین دنیای ورزش و قلمرو مجازی، راه بی‌سابقه‌ای را برای یادگیری و پیشرفت ایجاد می‌کند و با این حال، اثربخشی فناوری VR در ورزش تحت تأثیر عوامل بی‌شماری است که کاربرد آن را در سناریوهای دنیای واقعی تعیین می‌کنند. این عوامل، از زمان واکنش

1- Michalski, Szpak, & Loetscher
2- Panchuk, Klusemann, & Hadlow
3- Faure, Limballe, Bideau, & Kulpa
4- Pagé, Bernier, & Trempe
5- Thatcher, Ivanov, Szerovay, & Mills
6- Provost, & Fawcett,
7- Sawan & etal
8- Goebert
9- Fortes & etal
10- Wood & etal

و پیش‌بینی گرفته تا سطح تخصص و زمینه محیطی، باید به طور روشمند اندازه‌گیری و درک شوند تا پتانسیل آموزش مجازی به حداکثر برسد. تأثیر متقابل این متغیرها نقش اساسی در شکل دادن به نحوه واکنش ورزشکاران به رویدادهای متنوع ارائه شده در سناریوهای مجازی دارد (تاناکا[1]، ۲۰۱۷). در حالی که امیدوارکننده است، ذکر این نکته مهم است که آموزش واقعیت مجازی برای تمرین در همه ورزش‌ها مفید یا کاربردی نیست. به عنوان مثال، ورزش‌های آبی مانند شنا را نمی‌توان در محیط‌های مجازی آموزش داد. وضعیت فعلی فناوری همچنین شبیه‌سازی آموزش مهارت‌ها را با تکیه بر بازخورد لمسی بسیار دقیق و تعاملات چند نفره چالش برانگیز می‌کند. محدودیت‌های فنی و هزینه‌های مرتبط با ایجاد محیط‌های آموزشی مجازی، مانع مهمی برای جذب در تمرینات ورزشی VR است. علاوه بر این، پذیرش فناوری توسط مربیان به نظر بزرگ‌ترین مانع است (دوکینگ، هالمبرگ، و اسپرلیچ[2]، ۲۰۱۸). علاوه بر این، انتقال مهارت از دنیای مجازی به دنیای واقعی هنوز مورد بحث است، و یک پایگاه شواهد کوچک از استفاده از آن در افزایش عملکرد ورزشی حمایت می‌کند و با این حال، بحث در مورد استفاده از VR در تنظیمات توانبخشی اخیراً به طور قابل توجهی رشد کرده است که نشان می‌دهد که محیط‌های مجازی می‌توانند از این منظر مفید باشند (اندرسون، گراسمان، ماتجکا، و فیزماری[3]، ۲۰۱۳).

هنگام در نظر گرفتن پتانسیل AR در ورزش، یک راه جالب ظاهر می‌شود، در حالی که VR اغلب ورزشکاران را به محیط‌های کاملا مجازی منتقل می‌کند، AR با قرار دادن اطلاعات دیجیتال بر روی محیط فیزیکی، دنیای واقعی را بهبود می‌بخشد، این فناوری می‌تواند برای ارائه داده‌ها، آمار و نشانه‌های بصری در زمان واقعی به طور مستقیم در میدان دید ورزشکار مورد استفاده قرار گیرد. تصور کنید یک بازیکن فوتبال در حین حضور در زمین، بینش‌های تاکتیکی فوری دریافت می‌کند یا دوچرخه‌سوارانی که معیارهای عملکرد مهمی را روی عینک‌هایش نشان می‌دهند. AR این پتانسیل را دارد که به ورزشکاران دسترسی فوری به اطلاعات ارزشمند، افزایش تصمیم‌گیری و عملکرد کلی را ارائه دهد (چن و همکاران[4]، ۲۰۲۱). در حالی که کاربردهای واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در ورزش عمدتاً بر تمرینات بدنی متمرکز شده است، حوزه ناشناخته وسیعی با پتانسیل قابل توجهی در مهار این فناوری‌ها برای پرورش آگاهی شناختی و آمادگی روانی نهفته است. با تجسم داده‌های عملکرد و ایجاد سناریوهای شبیه‌سازی شده، ورزشکاران می‌توانند درک شناختی خود را از ورزش تقویت کنند، مهارت‌های تصمیم‌گیری خود را تقویت کنند و استقامت ذهنی را برای موقعیت‌های پرفشار توسعه دهند. این قلمرو ناشناخته، مرز امیدوارکننده‌ای برای توسعه ورزشکاران مبتنی بر فناوری است و شکاف بین قدرت فیزیکی و هوش ذهنی را پر می‌کند (لنوری، باسزارد، رید، و فاروو[5]، ۲۰۲۱). در ادامه نکات اصلی را که در آن VR و AR می‌توانند تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی فعلی را تغییر دهند فهرست شده است.

- **ایجاد محیط‌های آموزشی و مربی‌گری فراگیر:** فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، ورزشکاران را در سناریوهای تمرینی واقع‌بینانه غوطه‌ور می‌کنند و بازخورد مربی‌گری را در زمان واقعی ارائه می‌دهند.
- **توسعه مهارت و استراتژی:** این فناوری‌ها سناریوهای تعاملی و قابل تکراری را ارائه می‌کنند که مهارت‌های ورزشکاران را به چالش می‌کشد و بهبود می‌بخشد. همچنین برای تجسم سناریوهای بازی، موقعیت‌یابی و تاکتیک‌ها به صورت جامع و تعاملی باشد.
- **ارائه بینش تاکتیکی:** AR اطلاعات دیجیتال را بر روی محیط فیزیکی قرار می دهد و به ورزشکاران در تصمیم‌گیری استراتژیک در طول بازی کمک می‌کند.
- **ارائه بازخورد ورزشکاران در زمان واقعی:** ورزشکاران بازخورد فوری و داده‌های عملکرد را در میدان دید خود دریافت نموده و امکان تنظیم در طول تمرین را فراهم می‌کند.
- **تسهیل تصمیم‌گیری مبتنی بر داده:** مربیان و ورزشکاران می‌توانند با دسترسی به معیارهای عملکرد

1- Tanaka
2- Düking, Holmberg, & Sperlich
3- Anderson, Grossman, Matejka, & Fitzmauric
4- Chen & etal
5- Le Noury, Buszard, Reid, & Farrow

جامع و بینش‌های تاکتیکی تصمیمات آگاهانه بگیرند.

- **پشتیبانی از توانبخشی:** VR و AR را می‌توان برای کمک به پیشگیری از آسیب و توانبخشی استفاده کرد.
- **پرکردن شکاف بین آمادگی جسمانی و ذهنی:** VR و AR آگاهی شناختی و آمادگی روانی را توسعه می‌دهند و تمرینات بدنی را برای موقعیت‌های پرفشار تکمیل می‌کنند.
- **تجسم داده‌های عملکرد:** واقعیت مجازی و واقعیت افزوده به ورزشکاران کمک می‌کنند تا داده‌های عملکرد را بهتر درک کنند، تصمیم‌گیری و دقت ذهنی آن‌ها را افزایش می‌دهد.
- **غنی‌سازی تجربه‌های تماشاگر:** AR با همپوشانی پخش زنده با گرافیک و آمار پویا، تجربه تماشای تماشاگران را افزایش می‌دهد و بینش عمیق‌تری از بازی ارائه می‌دهد.

### تجسم داده‌ها (DV) در تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی

یک تصویر ارزش هزار کلمه است: DV یک فرآیند چندوجهی است که شامل نمایش داده ها و اطلاعات از طریق عناصر بصری مانند؛ نمودارها و نقشه‌ها می‌شود (ایسیچه‌ای، ۲۰۲۲). هدف این رویکرد ترجمه مجموعه داده‌های پیچیده به قالب‌های قابل دسترسی بصری است، در نتیجه درک و استخراج بینش را تسهیل می‌کند. یک DV خوب فراتر از استفاده از گرافیک است. این تلاشی برای بازنمایی و هضم داده‌های پیچیده به شکلی است که به راحتی قابل درک است، که اغلب تنها به یک نگاه نیاز دارد و در عین حال یک روایت کامل برای رویداد ارائه شده، تولید می‌کند (نیمفیوس و جوردان[1]، ۲۰۲۰). درست مانند یک داستان نویس ماهر، DV یک داستان مفصل ایجاد می‌کند و توجه بیننده را به بینش‌های معنی‌دار هدایت می‌کند. DV به ظرفیت ذاتی انسان برای تشخیص الگوها و روابط از محرک‌های بصری متکی است (برتامینی و مکین[2]، ۲۰۱۴). بنابراین، DV به عنوان یک ابزار سازنده برای انتقال اطلاعات مبتنی بر داده ظاهر می‌شود. در واقع، DV اولین گام در طول فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌های اکتشافی، انجام خلاصه‌سازی مجموعه داده‌ها، کشف الگوها، و شناسایی روندها یا ناهنجاری‌ها است (پرین و همکاران[3]، ۲۰۱۸). درک ویژگی‌های اصلی داده ها، مانند توزیع آنها، روابط بین متغیرها، نقاط دورافتاده بالقوه، و ایجاد فرضیه، قبل از ادامه تحلیل یا مدل‌سازی آماری رسمی مفید است.

ویلیام پلیفر- یک مهندس و اقتصاددان سیاسی اسکاتلندی- اغلب به عنوان «پدر تجسم داده‌ها» در نظر گرفته می‌شود. او چندین مفهوم اساسی را در گرافیک آماری، از جمله؛ نمودار خطی، نمودار میله‌ای و نمودار دایره‌ای، در اواخر دهه ۱۸۰۰ معرفی و زمینه را ایجاد کرد. برای تکنیک‌های اولیه DV که امروزه به طور گسترده استفاده می‌کنید (اسپنس[4]، ۲۰۰۶).

پیشرفت‌ها در فن‌آوری کامپیوتر، تکنیک‌های DV را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده است، و امکان ایجاد نمایش‌های بصری پیچیده‌تر و تعاملی‌تر، و امکان کاوش و درک عمیق‌تر مجموعه داده‌های پیچیده را فراهم می‌کند (پرین و همکاران، ۲۰۱۸). امروزه، مجموعه متنوعی از تکنیک‌های تجسم وجود دارد (همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است)، هر کدام دارای ویژگی‌های متمایزی هستند که آنها را برای برجسته کردن جنبه‌های مختلف مجموعه داده مناسب می‌سازد. DV قدرتمند را می‌توان با استفاده از محصولات مستقل (مانند: Tableau، Power BI، و Google Data Studio) یا با استفاده از بسته‌های برنامه‌نویسی مختلف برای فناوری‌های مختلف (به عنوان مثال، D۳.js، matplotlib، Seaborn، Plotly، ggplot۲، R Shiny) ایجاد کرد (هیر و شاندرمان[5]، ۲۰۱۲).

علاوه بر آن، این تکنیک‌ها را می‌توان برای ایجاد داشبوردهای جامع ترکیب کرد - رابط‌های تعاملی که بینش‌های تلفیقی را ارائه می‌دهند، امکان نظارت بر معیارهای بی‌درنگ و تصمیم‌گیری آگاهانه در حوزه‌های مختلف و اینفوگرافیک‌ها را فراهم می‌آورند و اطلاعات پیچیده را به گرافیک‌های بصری جذاب متراکم می‌کنند و به درک آسان آن کمک می‌کنند. روایت‌های داده محور در حالی که داشبوردها نماهای پویا از تغییر داده ها را ارائه

1- Nimphius, & Jordan
2- Bertamini, & Makin
3- Perin & etal
4- Spence
5- Heer, & Shneiderman

می‌دهند، اینفوگرافیک‌ها اطلاعات ثابت را به تصاویری جذاب تقطیر می‌کنند (وینوئه[1]، ۲۰۲۰).

## چگونه DV می‌تواند به روش سنتی تحلیل عملکرد ورزشی کمک کند

DV می‌تواند داده‌های پیچیده را با ارائه آن‌ها در تصاویر بصری قابل درک ساده کند (دو یوان[2]، ۲۰۲۱). هدف اصلی آن استخراج بینش‌های ارزشمند از مجموعه داده‌ها، تجهیز مربیان، ورزشکاران و تحلیل‌گران به ابزارهایی برای تصمیم‌گیری آگاهانه بر اساس الگوهای داده‌ها و روندها است (پوخارل و ژوو[3]، ۲۰۱۸). در حالی که آمارهای سنتی برای به تصویر کشیدن پیچیدگی‌های عملکرد ورزشی تلاش می‌کردند، تجسم‌هایی مانند؛ نقشه‌های حرارتی، نمودارهای پراکندگی و مسیرهای حرکت، بینش‌های پنهان را آشکار کرده‌اند (تانی، هانگ، و کاواگوو[4]، ۲۰۱۴). به عنوان مثال، نقشه‌های حرارتی حرکات ورزشکار را در زمین به وضوح نشان می‌دهد و مربیان را قادر می‌سازد، تاکتیک‌ها و استراتژی‌های موقعیت‌یابی را شناسایی کنند.

DV از داده‌های عددی فراتر می‌رود تا روایت‌های فریبنده را ببافد. با آماده‌سازی و مدل‌سازی دقیق داده‌ها، تصاویری را ایجاد می‌کند که به بازیکنان، مربیان، مقامات، تحلیل‌گران و طرفداران درک عمیق‌تر و همه‌جانبه‌تری از بازی و عملکرد می‌دهد. همانطور که توسط پرین و همکاران توضیح داده شده است (بازول و ساپه[5]، ۲۰۱۶). انواع مختلفی از داده‌ها را می‌توان جمع‌آوری کرد، از جمله داده‌های باکس امتیاز، داده‌های ردیابی، و متا داده، که هر کدام روایت‌های جدیدی را برای کاوش عمیق، مانند؛ کالبد شکافی داده‌های ردیابی، نمایش رویدادها، مسیرها، و دیدگاه‌های بازیکن ارائه می‌دهند، و غنی‌سازی بیشتر آنها با اطلاعات خاص و نمایش‌های گرافیکی است. نمونه‌های قابل توجه گستردگی داده‌های جمع‌آوری‌شده را نشان می‌دهند، از جمله نماهای دادگاه، توالی رویدادهای زمانی، الگوهای شلیک بازیکن، و تحلیل متنی بازی به بازی (لیو، ۲۰۲۳). اساس DV قدرتمند در داده‌های ورزشی اولیه نهفته است - معدن طلایی که از ابزارهای پوشیدنی، سیستم‌های ردیابی و ضبط‌های ویدیویی منشأ می‌گیرد. این داده‌ها موقعیت‌های بازیکن، سرعت، ضربان قلب، مسافت طی شده، تلاش برای شوت و موارد دیگر را دربرمی‌گیرد. برای ایجاد DV موثر، داده‌های خام باید تحت تمیز کردن و سازماندهی دقیق قرار گیرند تا از دقت و نمایش بصری معنادار اطمینان حاصل شود. متعاقبا، تکنیک‌های مختلف DV برای انتقال بینش‌های خاص، وارد بازی می‌شوند. برای مثال، داده‌های ردیابی فوتبال به نقشه‌های حرارتی تبدیل می‌شوند که موقعیت‌های بازیکن را به وضوح نشان می‌دهند، با کدگذاری رنگی که سطوح فعالیت را آشکار می‌کند. سرعت اسپرینت، دقت شلیک و سطوح استقامت از طریق نمودارهای پراکنده، نمودارهای خطی و نمودارهای میله‌ای ظاهر می‌شوند. این تجسم‌ها مربیان را قادر می‌سازد تا عملکرد بازیکن و تکامل آن را در طول زمان درک کنند.DV همچنین از داده‌های تاریخی برای ایجاد خطوط روند استفاده می‌کند و به تیم‌ها اجازه می‌دهد نقاط قوت، ضعف و زمینه‌های بهبود را شناسایی کنند. با مقایسه داده‌های گذشته و حال، مربیان و تحلیل‌گران بینش عمیقی در مورد تیم‌ها و بازیکنان فردی به دست می آورند. آمارهای بی‌درنگ ارائه‌شده در داشبوردهای پویا، تصمیم‌گیری بهتر در طول بازی‌ها را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، بر اساس روندهای تاریخی، عملکرد فردی بازیکنان، و داده‌های فعلی تیم، پیش‌بینی‌هایی در مورد عملکرد کلی، مشارکت بازیکنان و انتخاب تیم انجام می‌شود.

## در ادامه نکات اصلی فهرست شده که DV می‌تواند تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی فعلی را تغییر دهد:

- **تفسیر ساده داده‌ها:** DV داده‌های عملکرد پیچیده را ساده می کند و آن را قابل درک‌تر می‌کند.
- **بینش ارزشمند:** به استخراج بینش‌های ارزشمند از مجموعه داده‌های گسترده کمک می‌کند و امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده در ورزش را فراهم می‌کند.

1- Vinué
2- Du Yuan
3- Pokharel, & Zhu
4- Tani, Huang, & Kawagoe
5- Basole, & Saupe

- **تجزیه و تحلیل تاکتیکی:** نقشه‌های حرارتی، مسیرهای حرکتی و سایر تجسم‌ها، مربیان را قادر می‌سازد تا حرکات، تاکتیک‌ها و استراتژی‌های موقعیت‌یابی بازیکنان را به طور موثر تجزیه و تحلیل کنند.
- **قدرت روایی:** DV فراتر از اعداد است و روایت‌های بصری ایجاد می‌کند که مربیان، ورزشکاران و تحلیل‌گران را قادر می‌سازد تا بینش‌های عمیق‌تری را کشف کنند.
- **تصمیم‌گیری در زمان واقعی:** داشبوردهای پویا با آمار بی‌درنگ به مربیان و تحلیل‌گران کمک می‌کنند تا در طول بازی‌ها تصمیم‌های بهتری بگیرند و از پخش داده‌محور سود ببرند.
- **روندهای داده‌های تاریخی:** DV به شناسایی روندهای تاریخی، نقاط قوت و ضعف کمک می‌کند، به تیم‌ها در برنامه‌ریزی استراتژیک و انتخاب بازیکن کمک می‌کند.
- **تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده:** DV می‌تواند پیش‌بینی‌های مربوط به عملکرد کلی، مشارکت بازیکنان فردی و انتخاب‌های تیمی را بر اساس داده‌های تاریخی و فعلی فعال کند.

## ۳- یافته‌های تحقیق

هدف اصلی این مقاله بررسی نقش محوری فناوری‌های نوظهور مستمر مانند: AR، VR، AI و DV در بهبود تحلیل عملکرد ورزشی بود. این فناوری‌ها در طول سه دهه گذشته توسعه گسترده‌ای را تجربه کرده‌اند، به ویژه در زمینه‌های تکنیک‌های علوم کامپیوتر، کوچک‌سازی و قدرت پردازش (براون و همکاران، ۲۰۲۰). پیشرفت‌های فن‌آوری تحلیل عملکرد ورزشی را به روش‌های مختلفی از جمله جمع‌آوری داده‌ها، پردازش و گزارش‌دهی تحت تأثیر قرار داده است. علاوه بر این، به دلیل در دسترس بودن دستگاه‌های اندازه‌گیری جدید (مانند دوربین‌های با وضوح بالاتر و حس‌گرهای پوشیدنی)، (رایت، ۲۰۲۳). حجم، تنوع و سرعت داده‌ها نیز افزایش یافته است. عصر Big Data چالش‌های هیجان‌انگیزی را برای تحلیل‌گران ورزشی ارائه می‌کند که یکی از موانع اصلی پردازش داده‌های چندرسانه‌ای گسترده و تبدیل آنها به اطلاعات کاربردی، کاربردی و ارزشمند است. در نهایت، این اطلاعات است که به ذینفعان مختلف از جمله ورزشکاران، مربیان، نمایندگان و رسانه‌ها اطلاع رسانی خواهد شد. (براون و همکاران، ۲۰۲۰). اطلاعات با کیفیت می‌تواند به بینش‌های ارزشمندی منجر شود و بینش‌های ارزشمند می‌تواند در دستیابی به اهداف کمک کند. این اهداف در درجه اول می‌توانند از طریق آموزش و بهبود عملکرد مورد توجه قرار گیرند، که نیازمند چرخه مداوم اندازه‌گیری و پردازش داده‌ها است (بنسون، کلامورت، بوسنجاک، و فربر[1]، ۲۰۱۸). بنابراین، با ادامه گسترش مرزهای فناوری، درک اینکه چگونه این ابزارهای فردی از مربیان حمایت می‌کنند و عملکرد ورزشی را افزایش می‌دهند، بسیار مهم است. هنگامی که به صورت هم‌افزایی استفاده می‌شوند، پتانسیل بی‌نظیری برای بهینه‌سازی عملکرد و تصمیم‌گیری ایجاد می‌کنند. وادار کردن مربیان و ورزشکاران به استفاده از نوآوری‌ها ممکن است سخت‌ترین چالش پیش روی تحلیل‌گران عملکرد باشد.

ارتباط متقابل AR، VR، AI و DV یک پلتفرم جامع برای تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی ایجاد می‌کند. هوش مصنوعی به عنوان ستون فقرات جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌های پیشرفته، ویدیوی پیشرفته، و راندمان تجزیه و تحلیل داده‌های نمادین، حرکت زمانی و پوشیدنی (هندریکس و همکاران[2]، ۲۰۲۰). عمل می‌کند. ابزارهای قدرتمند هوش مصنوعی را می‌توان برای پیش‌بینی و پیشگیری از آسیب، توانمندسازی کار تحلیل‌گران با افزایش سرعت پردازش و ارائه تجزیه و تحلیل پیش‌بینی کننده و بازخورد بلادرنگ استفاده کرد. از سوی دیگر، VR و AR، تجربیات آموزشی و مربی‌گری همه جانبه و همچنین تلفیق داده‌ها را در زمان واقعی ارائه می‌دهند (گرینگر، ویسبرگ، استرجیو، و کاتز[3]، ۲۰۲۰). با استفاده صحیح، VR و AR می‌توانند مهارت‌ها و استراتژی‌ها را افزایش دهند، بینش‌های تاکتیکی ارائه دهند، تصمیم‌های مبتنی بر داده را تسهیل کنند، و از توانبخشی و آموزش ذهنی پشتیبانی کنند. در نهایت، تکنیک‌های DV داده‌ها را ساده می‌کنند و منجر به بینش و تحلیل تاکتیکی می‌شوند. آنها قدرت

1- Benson, Clermont, Bošnjak, & Ferber
2- Hendricks & etal
3- Grainger,Weisberg, Stergiou, & Katz

روایت را افزایش می‌دهند، که هنگام ترجمه داده‌ها به اطلاعات برای تصمیم‌گیری های بلادرنگ و پیش‌بینی‌های تاریخی بسیار مهم است.

در حالی که این فناوری‌ها به‌طور جداگانه به حوزه تحلیل عملکرد ورزشی کمک می‌کنند، قدرت واقعی آن‌ها زمانی آشکار می‌شود که به‌صورت هم‌افزایی و یکپارچه استفاده شوند. در واقع، AR، VR، AI و DV به طور طبیعی با هم تعامل دارند و یک ادغام ذاتی را تشکیل می‌دهند که می‌تواند به یک چارچوب صریح ترجمه شود. پیشنهاد می‌شود، هوش مصنوعی نقش اصلی را بر عهده بگیرد و به عنوان مرکز مدیریت جامع داده‌ها، شامل؛ جمع‌آوری، پردازش، مدل‌سازی و ذخیره‌سازی عمل کند. در نهایت، مدل‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند وظایف مختلفی را در مدل عملکرد ورزشی پیشنهادی انجام دهند. توانایی پرداختن به یک کار خاص به ابزارها و مدل‌های موجود برای تجزیه و تحلیل بستگی دارد. با این حال، حداقل از نظر تئوری، تقریباً هر کاری را می‌توان با توجه به زمان و منابع کافی اجرا کرد. خبر دلگرم کننده این است که نیازی به تسلط بر تمام تکنیک‌ها نیست. API ها را می‌توان برای مدیریت انواع داده‌ها به کار برد. شرکت‌ها می‌توانند در وظایف مختلف و مدالیته‌های ورزشی تخصص داشته باشند و APIها را به عنوان یک سرویس ارائه دهند که به نفع تحلیل‌گران و مؤسسات ورزشی است. تأکید می‌شود که هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که هر نوع تحلیل ویدیویی را بهبود بخشد. از لحاظ تاریخی، تجزیه و تحلیل ویدئو یک کار عظیم و زمان‌بر بوده است. مدل‌های هوش مصنوعی آموزش‌دیده مناسب می‌توانند الگوهای حرکتی را به‌اندازه یک انسان مؤثر شناسایی و تجزیه و تحلیل کنند و در میزان قابل توجهی از ساعات کاری صرفه‌جویی کنند (اشتراوس، اسپارکس، و پینار[1]، ۲۰۱۹).

در مورد واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، اگرچه آنها عمدتاً برای اهداف آموزشی استفاده شدند، اما به عنوان منابع داده نیز عمل می‌کنند. مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند در زمان واقعی با محیط‌های مجازی برای تغییر رندر یا ارائه بازخورد فوری تعامل داشته باشند. از این نظر، مؤلفه‌های هوش مصنوعی تعاملات را هماهنگ می‌کنند، اشیاء را در فضای مجازی ردیابی می‌کنند، نتایج برخورد را پیش‌بینی می‌کنند و فرآیندهای تصمیم‌گیری هوشمند را هدایت می‌کنند. سیستم هوش مصنوعی با به‌روزرسانی مستمر موقعیت‌های اشیا، تجزیه و تحلیل برخوردها، انتخاب‌های آگاهانه و هماهنگ کردن نشانه‌های صوتی و تصویری، بستر تجربه پیچیده XR را تشکیل می‌دهد (پونز و همکاران[2]، ۲۰۱۹). سناریویی را در نظر بگیرید که در آن یک بازیکن فوتبال در حال تمرین ضربات آزاد است. هر دو VR و AR را می‌توان اعمال کرد. از VR می‌توان برای تشخیص محیط مانند ویدیوهای ۳۶۰ درجه یا شبیه‌سازی استفاده کرد. شبیه‌سازی ممکن است شامل یک مدل پیشرفت برای رسیدگی به چالش‌های منحصر به فرد ورزشکار یا شبیه‌سازی مسابقات آتی باشد. در ضمن می‌توان از AR در این زمینه استفاده کرد. دستگاه‌های HMD see-through را می‌توان در طول تمرین ورزشکاران استفاده کرد. AR می‌تواند اهداف و بازخورد داده‌ها را ارائه دهد، از جمله سرعت توپ، نقشه‌های حرارتی بخش هدف و بهترین ورزش‌ها برای هدف‌گیری. راه حل‌های تجاری (به جدول ۲ مراجعه کنید) می‌توانند به عنوان بستری برای ارائه آن برنامه‌ها استفاده شوند. همچنین، AR می‌تواند به همپوشانی اطلاعات گرافیکی بر روی فیلم واقعی کمک کند، به عنوان یک ابزار مربی‌گری/بحث استفاده می‌شود و سپس داستان سرایی را نیز بهبود می‌بخشد.

در نهایت، در این اکوسیستم، تکنیک‌های DV نقش مهمی در ساده‌سازی داده‌های پیچیده بازی می‌کنند. حتی افراد غیر فنی نیز عبارت «یک عکس ارزش هزار کلمه را دارد» را می‌دانند. بینایی یکی از قدرتمندترین حواس انسان است و باید از آن برای به کارگیری بازنمایی بهتر از اعداد استفاده کرد (پرزدنووک و همکاران، ۲۰۱۸). هوش مصنوعی می‌تواند DV های از پیش برنامه‌ریزی شده ایجاد کند (جدول ۳ را ببینید) که تحلیل‌گران می‌توانند بینش را بررسی کنند. در نهایت، اگر تکنیک‌های رندر سه‌بعدی و پوشش شیء DV را در نظر بگیریم، VR و AR به DV متکی هستند. DV اطلاعات خام را به بینش‌های عملی تبدیل

1- Strauss, Sparks, & Pienaar
2- Pons & etal

می‌کند و تجزیه و تحلیل تاکتیکی را تسهیل می‌کند. قدرت روایی منحصر به فرد DV هنگام ترجمه داده‌ها به اطلاعات عملی برای تصمیم‌گیری در زمان واقعی و پیش‌بینی‌های عملکرد تاریخی بسیار ارزشمند می‌شود. در واقع، تکنیک‌های تجسم از وظایف تجزیه و تحلیل داده‌های اکتشافی پشتیبانی می‌کنند. نمودارها و نمودارها به محققان امکان می‌دهند متغیرهای معنی‌دار، مناطق متراکم، همبستگی‌ها، الگوها، داده‌های از دست رفته و موارد پرت را شناسایی کنند (آدامز و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

فن‌آوری‌های مدرن تجسم‌ها را زنده می‌کنند و آنها را تعاملی و با نرم‌افزار تجاری مستقل یا راه‌حل‌های تخصصی توسعه‌یافته از طریق برنامه‌نویسی تقویت می‌کنند. هر دو رویکرد گزینه صادرات گزارش‌هایی را ارائه می‌دهند که می‌توانند توسط مربیان، که نیازی به درک پردازش آماری داده‌ها ندارند، اما می‌توانند بر هضم اطلاعات ارائه‌شده در آن گزارش‌ها تمرکز کنند، به آن دسترسی داشته باشند. از آنجایی که تجسم‌ها تعاملی هستند، مربیان می‌توانند متغیرها را برای به روزرسانی تجسم‌ها دستکاری کنند و بینش‌های جدید را بر اساس داده‌ها کشف کنند. به عنوان مثال، یک سیستم مبتنی بر وب را برای تجسم تعاملی بازی های بسکتبال نشان داد. لاگه و همکاران برای داده های بیسبال و تنیس روی میز توانایی برقراری ارتباط موثر بین کادر مربیگری و تحلیل‌گران هنگام تعیین رویکرد تحلیل عملکرد حیاتی است (لاگه و همکاران[2]، ۲۰۱۶).

یک تحلیل‌گر نیازی به تسلط بر همه فن‌آوری‌ها ندارد. با این حال، آنها باید مهارت فنی و مهارت‌های تحلیلی، سازگاری و ارتباط قوی را نشان دهند. مانند هر فناوری نوظهوری، موافقان و مخالفانی وجود خواهند داشت. در مورد محیط فن‌آوری توصیف شده برای مربی‌گری، ممکن است تعجب کنید که دقیقاً نقش مربی چیست. آیا پیشرفت‌های تکنولوژیکی نیاز به مربی را از بین برده است؟ آیا می‌توان از همه این فن‌آوری‌ها به طور همزمان استفاده کرد و اگر چنین است، چه مزیتی دارد؟ آیا بهینه‌سازی عملکرد هدف نهایی واقعی ورزش است؟ برای پاسخ به برخی از این سؤالات، می‌توان به اتحادیه اروپا و توجه آنها به استفاده قانونی از هوش مصنوعی در ورزش مراجعه کرد (اورلاندو[3]، ۲۰۲۲). در حالی که این رویکرد عمدتاً بر استفاده از داده‌های شخصی متمرکز است، اما با استفاده از هوش مصنوعی در تضاد با حقوق ورزشکاران برای تعیین مشخصات، تصمیم‌گیری و «ارزیابی عملکرد و رفتار افراد» مواجه می‌شود (مارچتی، و کازوناتو[4]، ۲۰۲۱). همچنین نکته قانونی مفهوم تخصیص مسئولیت در مواردی است که مشکلی در فناوری رخ می‌دهد، مانند اضافه بار آموزشی و استفاده نادرست از نرم‌افزار. اینها همچنین باید قبل از اجرای کامل راه حل‌های فن‌آورانه برای افزایش عملکرد در ورزش در نظر گرفته شوند.

جدول ۳. تعریف‌ها و مثال‌های تجسم داده‌ها

| نوع | تعریف | کاربرد |
|---|---|---|
| نمودار میله‌ای | در آن میله‌های مستطیلی نشان‌دهنده نقاط داده است که اغلب برای مقایسه مقوله‌ها یا مقادیر مختلف استفاده می‌شود | برای مقایسه سرعت بازیکنان یا رقبای مختلف |
| نمودار خطی | نقاط داده را به عنوان نشان‌گرهایی که با خطوط متصل شدند نشان می‌دهد. برای نمایش روندها در طول زمان یا داده‌های مداوم مفید است | برای به تصویر کشیدن دقت یک تنیس باز در چندین مسابقه |
| نمودار دایره‌ای | به برش‌هایی تقسیم می‌شود که هر یک بخشی از کل را نشان می‌دهد و برای نمایش نسبت‌ها مناسب است | برای نشان دادن درصد تلاش‌های بازیکن در طول یک مسابقه بسکتبال از موقعیتهای مختلف در زمین |

1- Adams & etal
2- Lage & etal
3- Orlando
4- Marchetti, & Casonato

جدول ۳. تعریف‌ها و مثال‌های تجسم داده‌ها

| نوع | تعریف | کاربرد |
|---|---|---|
| طرح پراکنده | نموداری با نقاطی که نقاط داده منفرد را روی دو محور نشان می‌دهد، برای نشان دادن رابطه بین دو متغیر مفید است | برای نشان دادن رابطه بین مسافت طی شده یک بازیکن فوتبال و ضربان قلب آنها در طول مسابقه |
| هیستوگرام | توزیع یک مجموعه داده پیوسته را در بین‌ها یا فواصل زمانی نشان می‌دهد که برای درک توزیع فرکانس داده‌ها استفاده می‌شود | برای نشان دادن تعداد دفعات دور در جلسه تمرین شناگر |
| نمودار مساحتی | شبیه به نمودار خطی اما با ناحیه زیر پر شده است، مناسب برای نمایش داده‌های تجمعی یا مقادیر انباشته | برای نشان دادن حجم کار داخلی یک ورزشکار در طول دوره تمرین (یک ماه) |
| باکس پلات (قطعه جعبه و سبیل) | یک نمایش گرافیکی از آمار خلاصه داده‌ها، از جمله میانه، چارک، و نقاط پرت، که بینش‌هایی در مورد گسترش داده‌ها ارائه می‌دهد | برای خلاصه‌کردن دقت سرویس بازیکن والیبال. Boxplot یافتن نقاط پرت را آسان‌تر می‌کند |
| نقشه حرارت | نمایش ماتریسی مانند داده‌ها با استفاده از رنگ‌ها برای نشان دادن مقادیر، برای تجسم روابط در جدول مفید است | برجسته کردن مناطقی که بازیکن بیشترین زمان را در آنجا سپری می‌کند و موقعیت‌های ترجیحی آنها را در زمین نشان می‌دهد |
| نمودار رادار (نمودار عنکبوتی) | نموداری با محورهای متعدد که از یک نقطه مرکزی تابش می‌کنند، برای مقایسه متغیرهای متعدد در مقیاس‌های مختلف مفید است | مقایسه چابکی، سرعت، استقامت و قدرت اندام تحتانی ورزشکاران مختلف دو و میدانی. نقاط قوت و ضعف هر ورزشکار را در این زمینه‌ها نشان دهد |
| نمودار حباب | مانند یک نمودار پراکنده، اما با ابعاد اندازه اضافی که با اندازه نقاط داده نشان داده می‌شود | سن، قد و وزن بازیکنان بسکتبال را در نمودار حبابی ترسیم کنید. اندازه هر حباب می‌تواند نشان دهنده دقایق بازی یک بازیکن در بازی‌های اخیر باشد |
| نمودار گانت | نوعی نمودار میله‌ای که در مدیریت پروژه برای نشان دادن زمان و مدت زمان وظایف یا رویدادها استفاده می‌شود | تشریح برنامه تمرینی یک ورزشکار سه گانه که برای یک مسابقه آماده می‌شود. مراحل تمرین شنا، دوچرخه‌سواری و دویدن را که منتهی به رویداد است، به تصویر می‌کشد |
| نمودار پارتو | ترکیبی از نمودار میله‌ای و نمودار خطی که برای اولویت‌بندی مهم‌ترین عوامل در یک مجموعه داده استفاده می‌شود | از نمودار پارتو برای اولویت بندی انواع آسیب های رخ داده در یک تیم فوتبال استفاده کنید. این نمودار می‌تواند به شناسایی شایع‌ترین آسیب‌هایی که برای بهبود ایمنی بازیکنان باید پرداخته شوند، کمک کند |
| نمودار سانکی | نمایش بصری جریان بین متغیرهای مختلف که اغلب برای نشان دادن جریان انرژی یا مواد استفاده می‌شود | جریان مالکیت توپ را بین بازیکنان در یک بازی بسکتبال با استفاده از نمودار سانکی نشان دهید. این نمودار می تواند مسیرهایی را که توپ از طریق آنها در طول بازی های مختلف حرکت می کند نشان دهد |
| نقشه درختی | نمودار سلسله مراتبی که داده‌ها را به صورت مستطیل‌های تو در تو نشان می‌دهد که برای نمایش ساختارهای داده سلسله مراتبی مفید است | نشان دادن نسبت بازیکنان در هر دسته از موقعیت‌ها، مانند مهاجمان، عقب‌ها و نیمه‌های اسکرام. |
| ابر کلمه | یک نمایش تصویری از داده‌های متنی، که در آن کلمات بر اساس فراوانی آنها در مجموعه داده اندازه می‌شوند. | ابر می‌تواند عبارت‌های متداول ذکر شده را برجسته کند و احساسات و افکار بازیکنان در مورد مسابقه را منعکس کند. |

بر اساس مشاهدات این مطالعه، یک مدل تحلیل عملکرد را پیشنهاد می‌کنیم که تمام فن‌آوری‌های مورد بحث در این مقاله را در بر می‌گیرد. این مدل نظری می‌تواند به تجسم مسیر پیچیده داده‌ها در بخش‌های مختلف و نحوه تبدیل آنها به اطلاعات ارزشمند کمک کند و به تعریف اهداف برای بهبود عملکرد کمک کند. می‌توانیم مشاهده کنیم که چگونه استفاده از فن‌آوری‌های جدید می‌تواند ارتباطات و سرعت ارتباط را با همه نهادهای درگیر در فرآیند (به عنوان مثال، ورزشکاران، مربیان، تحلیل‌گران) افزایش دهد. این امر پتانسیل آینده را برای طراحی سیستم‌های هوشمند جدید برای مدالیته‌های مختلف برجسته می‌کند.

## ۴- نتیجه‌گیری

آینده تحلیل عملکرد ورزشی که با ادغام AR، VR، AI و DV پشتیبانی می‌شود، نویدبخش است. در حالی که پیشرفت قابل توجهی حاصل شده است، سفر تازه شروع شده است. با ادامه تحقیقات، همکاری و نوآوری، اوج عملکرد ورزشی مبتنی بر داده‌محور و از نظر فناوری پیشرفته در افق است. با تکیه بر مفاهیمی که بحث کردیم، یک مدل تحلیل عملکرد یکپارچه (شکل ۱) را پیشنهاد می‌کنیم که نه تنها تکنیک‌های ارزیابی داده‌های سنتی را در بر می‌گیرد، بلکه برای ترکیب فن‌آوری‌های متنوعی که در اینجا بررسی کرده‌ایم، گسترش می‌یابد. این مدل هدف اصلی تجزیه و تحلیل عملکرد را حفظ می کند: افزایش عملکرد ورزشکاران. با این حال، با جزئیات جریان یکپارچه داده‌ها در مراحل مختلف این فرآیند، بیشتر پیش می‌رود. علاوه بر این، بر نقش محوری تحلیل‌گران ورزشی به عنوان نقطه هم‌گرایی برای پردازش داده‌ها تأکید می‌کند. شایان ذکر است که تحلیل‌گر نقش اصلی را در استخراج شاخص‌های کلیدی عملکرد ایفا می‌کند، مفهومی که برای هر دو رویکرد سنتی و نوظهور قابل استفاده است. همانطور که قبلا ذکر شد، روش‌های سنتی دارای اعتبار تاریخی و نقاط قوت خاص هستند، اما بدون محدودیت نیستند. از تغییر به سمت اتخاذ تکنیک‌های جدید که از هوش مصنوعی، سیستم‌های هوشمند، اتوماسیون و ابزارهای یکپارچه می‌کنند، دفاع می‌کنیم استفاده. تحلیل‌گران باید این ظرفیت را داشته باشند که از راه‌حل‌های تجاری در دسترس استفاده کنند و در صورت نیاز، برنامه‌های کامپیوتری سفارشی را توسعه دهند. سرمایه‌گذاری منابع برای ایجاد یک تیم تحلیل‌گر ماهر متشکل از برنامه نویسان، دانشمندان داده و کارشناسان مدیریت پایگاه داده می‌تواند یک مزیت رقابتی برای تیم‌های ورزشی ایجاد کند. با این حال، تاکید بر این نکته ضروری است که یک تیم تحلیل‌گر پیچیده‌تر نباید با گزارش‌های پیچیده‌تر برابری کند. هدف کلی باید ثابت بماند: تبدیل داده‌ها به اطلاعات قابل اجرا. این اطلاعات باید در تسریع عملکرد ورزشکاران مفید باشد و به عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری آگاهانه توسط مربیان و ورزشکاران باشد. داده‌های سریع‌تر به بینش‌های عملی تبدیل می‌شوند، رویدادهای تمرینی و رقابتی را می‌توان با سرعت بیشتری تنظیم کرد تا با اهداف خاص هماهنگ شوند. در این زمینه، از محیط‌های مختلف، از جمله دنیای مجازی و واقعیت مختلط، می‌توان برای ارائه استراتژی‌های آموزشی استفاده کرد. متخصصان را تشویق می‌کنیم که از این مدل به عنوان نقطه شروعی برای ایجاد راه‌حل‌های جدید و انجام مطالعات در زمینه عملکرد ورزشی استفاده کنند.

## منابع:

5-Adams, K., Kiefer, A., Panchuk, D., Hunter, A., MacPherson, R., & Spratford, W. (2020). From the field of play to the laboratory: recreating the demands of competition with augmented reality simulated sport. *Journal of Sports Sciences*, *38*(5), 486-493.
6-Anderson, F., Grossman, T., Matejka, J., & Fitzmaurice, G. (2013, October). YouMove: enhancing movement training with an augmented reality mirror. In *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology* (pp. 311-320).
7-Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*, *6*(4), 355-385.
8-Basole, R. C., & Saupe, D. (2016). Sports data visualization [Guest editors' introduction]. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *36*(5), 24-26.
9-Benson, L. C., Clermont, C. A., Bošnjak, E., & Ferber, R. (2018). The use of wearable devices for walking and running gait analysis outside of the lab: A systematic review. *Gait & posture*, *63*, 124-138.
10-Berndt, E. R., & Rappaport, N. J. (2001). Price and quality of desktop and mobile personal computers: A quarter-century historical overview. *American Economic Review*, *91*(2), 268-273.
11-Berryman, D. R. (2012). Augmented reality: a review. *Medical reference services quarterly*, *31*(2), 212-218.
12-Bertamini, M., & Makin, A. D. (2014). Brain activity in response to visual symmetry. *Symmetry*, *6*(4), 975-996.
13-Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2009). Using virtual reality to analyze sports performance. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *30*(2), 14-21.
14-Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, *33*, 1877-1901.
15-Casals, M., & Finch, C. F. (2017). Sports Biostatistician: a critical member of all sports science and medicine teams for injury prevention. *Injury prevention*, *23*(6), 423-427.
16-Marchetti, B., & Casonato, C. (2021). Prime osservazioni sulla proposta di Regolamento dell'Unione europea in materia di intelligenza artificiale. *BioLaw journal*, *2021*(3), 415-437.
17-Chen, Y., & Perez, Y. (2018). Business model design: lessons learned from Tesla Motors. *Towards a sustainable economy: Paradoxes and trends in energy and transportation*, 53-69.
18-Chen, Z., Ye, S., Chu, X., Xia, H., Zhang, H., Qu, H., & Wu, Y. (2021). Augmenting sports videos with viscommentator. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *28*(1), 824-834.
19-Claudino, J. G., Capanema, D. D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., & Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: a systematic review. *Sports medicine-open*, *5*, 1-12.

20-Clephas, C., Foster, M., Stergiou, P., & Katz, L. (2020). Performance analysis of the flip turn in swimming: The relationship between pressures and performance times.
21-Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: Audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, *35*(6), 64-73.
22-Cust, E. E., Sweeting, A. J., Ball, K., & Robertson, S. (2019). Machine and deep learning for sport-specific movement recognition: A systematic review of model development and performance. *Journal of sports sciences*, *37*(5), 568-600.
23-Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). Augmented reality: A comprehensive review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, *30*(2), 1057-1080.
24-Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International journal of sports medicine*, *30*(03), 205-212.
25-Du, M., & Yuan, X. (2021). A survey of competitive sports data visualization and visual analysis. *Journal of Visualization*, *24*, 47-67.
26-Düking, P., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2018). The potential usefulness of virtual reality systems for athletes: a short SWOT analysis. *Frontiers in Physiology*, *9*, 128.
27-Faure, C., Limballe, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2020). Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of sports Sciences*, *38*(2), 192-205.
28-Fortes, L. S., Almeida, S. S., Praça, G. M., Nascimento-Júnior, J. R., Lima-Junior, D., Barbosa, B. T., & Ferreira, M. E. (2021). Virtual reality promotes greater improvements than video-stimulation screen on perceptual-cognitive skills in young soccer athletes. *Human Movement Science*, *79*, 102856.
29-Fry, M. J., & Ohlmann, J. W. (2012). Introduction to the special issue on analytics in sports, part II: Sports scheduling applications. *Interfaces*, *42*(3), 229-231.
30-Glowniak, J. (1997). The Internet as an information source for geriatricians. *Drugs & aging*, *10*, 169-173.
31-Goebert, C. (2020). Augmented reality in sport marketing: Uses and directions. *Sports Innovation Journal*, *1*, 134-151.
32-Goodfellow, Y.; Bengio, Y.; Courville, A. Deep Learning; The MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2018.
33-Grainger, M., Weisberg, A., Stergiou, P., & Katz, L. (2020). Comparison of two methods in the estimation of vertical jump height.
34-Greenhough, B., Barrett, S., Towlson, C., & Abt, G. (2021). Perceptions of professional soccer coaches, support staff and players toward virtual reality and the factors that modify their intention to use it. *PloS one*, *16*(12), e0261378.
35-Gutierrez, N. (2023). The ballad of morton heilig: on VR's mythic past. *JCMS: Journal of Cinema and Media Studies*, *62*(3), 86-106.
36-Heer, J., & Shneiderman, B. (2012). Interactive dynamics for visual analysis: A taxonomy of tools that support the fluent and flexible use of visualizations. *Queue*, *10*(2), 30-55.
37-Hendricks, S., Till, K., Den Hollander, S., Savage, T. N., Roberts, S. P., Tierney, G., ... & Jones, B. (2020). Consensus on a video analysis framework of descriptors and definitions by the Rugby Union Video Analysis Consensus group. *British journal of sports medicine*, *54*(10), 566-572.
38-Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports: methods and applications. *Sports medicine*, *12*, 161-183.
39-Horton, J. F., Stergiou, P. R. O., Fung, T. S., & Katz, L. (2017). Comparison of Polar M600 optical heart rate and ECG heart rate during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *49*(12), 2600-2607.
40-Hughes, M., & Franks, I. M. (2004). Notational analysis—a review of the literature. *Notational analysis of sport*, 71-116.
41-Isichei, B. C., Leung, C. K., Nguyen, L. T., Morrow, L. B., Ngo, A. T., Pham, T. D., & Cuzzocrea, A. (2022, March). Sports data management, mining, and visualization. In *International Conference on Advanced Information Networking and Applications* (pp. 141-153). Cham: Springer International Publishing.

42-Janiesch, K. (2021). C., Zschech, P., & Heinrich,". *Machine learning and deep learning," Electron. Mark*, *31*(3), 685-695.
43-Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*, *2*(4).
44-Cossich, V. R., Carlgren, D., Holash, R. J., & Katz, L. (2023). Technological breakthroughs in sport: Current practice and future potential of artificial intelligence, virtual reality, augmented reality, and modern data visualization in performance analysis. *Applied Sciences*, *13*(23), 12965.
45-Kempe, M., Grunz, A., & Memmert, D. (2015). Detecting tactical patterns in basketball: comparison of merge self-organising maps and dynamic controlled neural networks. *European journal of sport science*, *15*(4), 249-255.
46-Knaflic, C. N. (2015). *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals*. John Wiley & Sons.
47-Ko, A. J., Abraham, R., Beckwith, L., Blackwell, A., Burnett, M., Erwig, M., ... & Wiedenbeck, S. (2011). The state of the art in end-user software engineering. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, *43*(3), 1-44.
48-Krizkova, S., Tomaskova, H., & Tirkolaee, E. B. (2021). Sport performance analysis with a focus on racket sports: A review. *Applied Sciences*, *11*(19), 9212.
49-Lage, M., Ono, J. P., Cervone, D., Chiang, J., Dietrich, C., & Silva, C. T. (2016). Statcast dashboard: Exploration of spatiotemporal baseball data. *IEEE computer graphics and applications*, *36*(5), 28-37.
50-Lames, M., & McGarry, T. (2007). On the search for reliable performance indicators in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *7*(1), 62-79.
51-Lanier, J. (1992). Virtual reality: The promise of the future. *Interactive Learning International*, *8*(4), 275-279.
52-Le Noury, P., Buszard, T., Reid, M., & Farrow, D. (2021). Examining the representativeness of a virtual reality environment for simulation of tennis performance. *Journal of Sports Sciences*, *39*(4), 412-420.
53-Le Noury, P., Polman, R., Maloney, M., & Gorman, A. (2022). A narrative review of the current state of extended reality technology and how it can be utilised in sport. *Sports Medicine*, *52*(7), 1473-1489.
54-LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, *521*(7553), 436-444.
55-Li, L. (2023). Summary of the Research Status of Artificial Intelligence in sports performance analysis of athletes. *Open Access Library Journal*, *10*(8), 1-7.
56-Benites Zapana, P. R. (2024). Programa de habilidades sociales para la mejora de la adaptación frente a conductas de riesgo de los estudiantes de IESTP Manuel Núñez Butrón de Juliaca, año 2019.
57-Liebermann, D. G., Katz, L., Hughes, M. D., Bartlett, R. M., McClements, J., & Franks, I. M. (2002). Advances in the application of information technology to sport performance. *Journal of sports sciences*, *20*(10), 755-769.
58-Liu, A.; Mahapatra, R.P.; Mayuri, A.V.R. Hybrid Design for Sports Data Visualization Using AI and Big Data Analytics. Complex Intell. Syst. 2023, 9, 2969-2980
59-López-Valenciano, A., Ayala, F., Puerta, J. M., Croix, M. D. S., Vera-García, F., Hernández-Sánchez, S., ... & Myer, G. (2018). A preventive model for muscle injuries: a novel approach based on learning algorithms. *Medicine and science in sports and exercise*, *50*(5), 915.
60-Mackenzie, R., & Cushion, C. (2013). Performance analysis in football: A critical review and implications for future research. *Journal of sports sciences*, *31*(6), 639-676.
61-Makki, S. A. M., Pissinou, N., & Daroux, P. (2003). Mobile and wireless Internet access. *Computer Communications*, *26*(7), 734-746.
62-McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, *5*, 115-133.
63-Michalski, S. C., Szpak, A., & Loetscher, T. (2019). Using virtual environments to improve real-world motor skills in sports: a systematic review. *Frontiers in psychology*, *10*, 2159.

64-Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995, December). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and telepresence technologies* (Vol. 2351, pp. 282-292). Spie.
65-Morgulev, E., Azar, O. H., & Lidor, R. (2018). Sports analytics and the big-data era. *International Journal of Data Science and Analytics*, *5*, 213-222.
66-Murtagh, C. F., Naughton, R. J., McRobert, A. P., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2019). A coding system to quantify powerful actions in soccer match play: a pilot study. *Research quarterly for exercise and sport*, *90*(2), 234-243.
67-Muthukrishnan, N., Maleki, F., Ovens, K., Reinhold, C., Forghani, B., & Forghani, R. (2020). Brief history of artificial intelligence. *Neuroimaging Clinics of North America*, *30*(4), 393-399.
68-Naik, B. T., Hashmi, M. F., & Bokde, N. D. (2022). A comprehensive review of computer vision in sports: Open issues, future trends and research directions. *Applied Sciences*, *12*(9), 4429.
69-Neumann, D. L., Moffitt, R. L., Thomas, P. R., Loveday, K., Watling, D. P., Lombard, C. L., ... & Tremeer, M. A. (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, *22*, 183-198.
70-Nicholls, S. B., James, N., Wells, J., & Parmar, N. (2022). Performance analysis practice within Olympic and Paralympic sports: A comparison of coach and analyst experiences. *International journal of performance analysis in sport*, *22*(3), 343-351.
71-Nimphius, S., & Jordan, M. J. (2020). Show me the data, Jerry! Data visualization and transparency. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(10), 1353-1355.
72-Novatchkov, H., & Baca, A. (2013). Artificial intelligence in sports on the example of weight training. *Journal of sports science & medicine*, *12*(1), 27.
73-Orlando, A. (2022, July). AI for Sport in the EU Legal Framework. In *2022 IEEE International Workshop on Sport, Technology and Research (STAR)* (pp. 100-105). IEEE.
74-Oulasvirta, A., Dayama, N. R., Shiripour, M., John, M., & Karrenbauer, A. (2020). Combinatorial optimization of graphical user interface designs. *Proceedings of the IEEE*, *108*(3), 434-464.
75-Pagé, C., Bernier, P. M., & Trempe, M. (2019). Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball. *Journal of sports sciences*, *37*(21), 2403-2410.
76-Pai, P. F., ChangLiao, L. H., & Lin, K. P. (2017). Analyzing basketball games by a support vector machines with decision tree model. *Neural Computing and Applications*, *28*, 4159-4167.
77-Panchuk, D., Klusemann, M. J., & Hadlow, S. M. (2018). Exploring the effectiveness of immersive video for training decision-making capability in elite, youth basketball players. *Frontiers in psychology*, *9*, 2315.
78-Park, H. J., & Zhang, Y. (2022). Technology readiness and technology paradox of unmanned convenience store users. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *65*, 102523.
79-Passfield, L., & Hopker, J. G. (2017). A mine of information: can sports analytics provide wisdom from your data?. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(7), 851-855.
80-Pastel, S., Marlok, J., Bandow, N., & Witte, K. (2023). Application of eye-tracking systems integrated into immersive virtual reality and possible transfer to the sports sector-A systematic review. *Multimedia Tools and Applications*, *82*(3), 4181-4208.
81-Perin, C., Vuillemot, R., Stolper, C. D., Stasko, J. T., Wood, J., & Carpendale, S. (2018, June). State of the art of sports data visualization. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 37, No. 3, pp. 663-686).
82-Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., & Rico-González, M. (2021). Training design, performance analysis, and talent identification—A systematic review about the most relevant variables through the principal component analysis in Soccer, Basketball, and Rugby. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(5), 2642.
83-Pokharel, S., & Zhu, Y. (2018). Analysis and visualization of sports performance anxiety in tennis matches. In *Advances in Visual Computing: 13th International Symposium, ISVC 2018, Las Vegas, NV, USA, November 19-21, 2018, Proceedings 13* (pp. 407-419). Springer International Publishing.

84-Pons, E., García-Calvo, T., Resta, R., Blanco, H., López del Campo, R., Díaz García, J., & Pulido, J. J. (2019). A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *PloS one*, *14*(8), e0220729.
85-Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. " O'Reilly Media, Inc.".
86-Przednowek, K., Krzeszowski, T., Przednowek, K. H., & Lenik, P. (2018). A system for analysing the basketball free throw trajectory based on particle swarm optimization. *Applied Sciences*, *8*(11), 2090.
87-Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. *OpenAI blog*, *1*(8), 9.
88-Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of science and medicine in sport*, *12*(1), 227-233.
89-Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a framework for augmented and virtual reality. *Computers in human behavior*, *133*, 107289.
90-Rein, R., & Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, *5*, 1-13.
91-Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, *65*(6), 386.
92-Ross, S. J., Hill, J. L., Chen, M. Y., Joseph, A. D., Culler, D. E., & Brewer, E. A. (2002). A composable framework for secure multi-modal access to Internet services from post-PC devices. *Mobile Networks and Applications*, *7*, 389-406.
93-Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson.
94-Sands, W. A., Kavanaugh, A. A., Murray, S. R., McNeal, J. R., & Jemni, M. (2017). Modern techniques and technologies applied to training and performance monitoring. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(s2), S2-63.
95-Sawan, N., Eltweri, A., De Lucia, C., Pio Leonardo Cavaliere, L., Faccia, A., & Roxana Moteanu, N. (2020, December). Mixed and augmented reality applications in the sport industry. In *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on E-Business and E-commerce Engineering* (pp. 55-59).
96-Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K. (2019). Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. *NPJ digital medicine*, *2*(1), 71.
97-Sorrentino, R. M., Levy, R., Katz, L., & Peng, X. (2005). Virtual visualization: Preparation for the olympic games long-track speed skating. *International Journal of Computer Science in Sport*, *4*, 40.
98-Spence, I. (2006, August). William Playfair and the psychology of graphs. In *Proceedings of the American Statistical Association, Section on Statistical Graphics* (pp. 2426-2436).
99-Strauss, A., Sparks, M., & Pienaar, C. (2019). The use of GPS analysis to quantify the internal and external match demands of semi-elite level female soccer players during a tournament. *Journal of sports science & medicine*, *18*(1), 73.
100-Tanaka, K. (2017, March). 3D action reconstruction using virtual player to assist karate training. In *2017 IEEE Virtual Reality (VR)* (pp. 395-396). IEEE.
101-Tanaka, K., Parker, J. R., Baradoy, G., Sheehan, D., Holash, J. R., & Katz, L. (2012). A comparison of exergaming interfaces for use in rehabilitation programs and research. *Loading...*, *6*(9).
102-Tani, T., Huang, H. H., & Kawagoe, K. (2014). Sports play visualization system using trajectory mining method. *Procedia Technology*, *18*, 100-103.
103-Thatcher, B., Ivanov, G., Szerovay, M., & Mills, G. (2020). Virtual reality technology in football coaching: barriers and opportunities. *International Sport Coaching Journal*, *8*(2), 234-243.
104-Thornton, H. R., Delaney, J. A., Duthie, G. M., & Dascombe, B. J. (2019). Developing athlete monitoring systems in team sports: data analysis and visualization. *International journal of sports physiology and performance*, *14*(6), 698-705.

105-Turing, A. M. (1980). Computing Machinery and Intelligence. *Creative Computing*, *6*(1), 44-53.
106-Vinué, G. (2020). A web application for interactive visualization of European basketball data. *big data*, *8*(1), 70-86.
107-Wang, T., & Li, T. (2022). Deep LearningBased Football Player Detection in Videos. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *2022*(1), 3540642.
108-Watanabe, N. M., Shapiro, S., & Drayer, J. (2021). Big data and analytics in sport management. *Journal ofSportManagement*, *35*(3), 197-202.
109-Wood, G., Wright, D. J., Harris, D., Pal, A., Franklin, Z. C., & Vine, S. J. (2021). Testing the construct validity of a soccer-specific virtual reality simulator using novice, academy, and professional soccer players. *Virtual Reality*, *25*, 43-51.
110-Wright, C., Atkins, S., & Jones, B. (2012). An analysis of elite coaches' engagement with performance analysis services (match, notational analysis and technique analysis). *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *12*(2), 436-451.
111-Yang, H., & Luo, C. (2022). [Retracted] Accuracy Analysis of Sports Performance Prediction Based on BP Neural Network Intelligent Algorithm. *Security and Communication Networks*, *2022*(1), 4198920.
112-Plakias, S., Moustakidis, S., Kokkotis, C., Papalexi, M., Tsatalas, T., Giakas, G., & Tsaopoulos, D. (2023). Identifying soccer players' playing styles: a systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *8*(3), 104.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

# بررسی رابطه بین اعتماد مشتری و وفاداری برند

(مطالعه موردی: نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد)

Doi: 10.30508/kdip.2024.451850.1099

نوید نیکخوی[1]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰
صفحه: ۵۳ - ۳۶

## چکیده

امروزه حفظ و تقویت وفاداری مشتریان برای سازمان‌ها به چالشی استراتژیک تبدیل شده است. وفاداری مشتریان به برند در صنایع خدماتی مانند صنعت بیمه نسبت به سایر صنایع از اهمیت بیشتری برخوردار است. بر اساس مطالعات، رابطه بلندمدت مشتری با سازمان به میزان اعتماد مشتریان وابسته است. در صورتی که مشتریان به سازمان اعتماد داشته باشند، درگیری و مشارکت بیشتری در مورد محصولات و خدمات سازمان خواهند داشت. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی رابطه بین اعتماد مشتری و وفاداری برند انجام شده است. جامعه آماری تحقیق شامل مشتریان شعب بیمه ایران در شهر مشهد بود. تعداد ۳۸۴ نفر با روش نمونه‌گیری غیرتصادفی در دسترس در این تحقیق شرکت داشتند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه بود. روایی صوری پرسشنامه با استفاده از نظر خبرگان، روایی سازه پرسشنامه با استفاده از تحلیل عاملی و پایایی متغیرهای پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ مورد تایید قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای اس‌پی‌اس‌اس و اسمارت پی‌ال‌اس و با روش مدل‌یابی معادلات ساختاری انجام شد. یافته‌ها نشان دادند اعتماد مشتری تاثیر مثبت و معناداری بر وفاداری برند و درگیری مشتری با برند دارد. درگیری مشتری با برند نیز تاثیر مثبت و معناداری بر وفاداری برند دارد. همچنین نقش میانجی‌گری درگیری مشتری با برند در رابطه بین اعتماد مشتری و وفاداری برند مورد تایید قرار گرفت.

**کلمات کلیدی:** اعتماد مشتری، وفاداری برند، درگیری مشتری، برند، بیمه ایران.

## ۱- مقدمه

امروزه حفظ و تقویت وفاداری مشتریان به برند برای سازمان‌هایی که دغدغه حفظ و توسعه جایگاه رقابتی خویش را در بازار دارند، به چالشی استراتژیک تبدیل شده است. سازمان‌هایی که تنها به دنبال فروش کوتاه‌مدت نبوده و ارائه محصولات و خدمات با ارزش برتر و متمایز را سرلوحه برنامه خود قرار می‌دهند، قطعا نفوذ بیشتری در بازار هدف داشته و مشتریان وفادارتری نسبت به سایر رقبا خواهند داشت (وظیفه‌دوست و معماریان، ۱۳۹۲). وفاداری مشتریان به برند در صنایع خدماتی مانند صنعت بیمه نسبت به سایر صنایع از اهمیت بیشتری برخوردار است، چرا که خدمات برخلاف محصولات غیر قابل مملوس هستند، بنابراین برای خریدار خطر پذیری بلاتری دارد. (حلاجی، مهرابی و میرزائی، ۱۳۹۲). صنعت بیمه می‌بایست از طرق مختلف سعی در جلب اعتماد و وفاداری مشتریان به برند نماید. به عنوان مثال، یکی از راه‌های تغییر ادراک مشتریان، ایجاد ذهنیت مثبت و افزایش اعتماد و وفاداری برند در میان مشتریان صنعت بیمه، «شرایط پنهان» در قراردادهای بیمه است که این موضوع فقط ممکن است هنگام تسویه حساب مطالبات برای مشتریان آشکار گردد (آگی، سان، ابروخان، پنی، و افوری باف[1]،۲۰۲۰؛ کارواجال زارا و همکاران[2]، ۲۰۲۳). با توجه به رقابتی شدن صنعت بیمه در سال‌های اخیر و ورود بخش خصوصی به این عرصه، حفظ بیمه‌گذاران برای شرکت‌های بیمه، اهمیت ویژه‌ای یافته است. ممکن است برخی شرکت‌ها با روش‌های مختلف بتوانند تعدادی مشتری برای خود جذب کنند اما حفظ و نگهداری مشتریان به راحتی میسر نخواهد بود (حیدری و عبدالوند، ۱۳۹۴). اکثر محققان بر این نکته اعتقاد دارند که حفظ و نگهداری مشتریان فعلی ارزان‌تر از جذب مشتریان جدید است (رضوانی و احد مطلقی، ۱۳۹۷). وفاداری برند بدان جهت دارای اهمیت است که موجب افزایش تعداد مشتریان دائمی و حامی سازمان می‌شود و از طریق تکرار کردن خریدها و تبلیغات کلامی مثبت به افزایش فروش، افزایش سهم بازار و سودآوری سازمان کمک می‌کند (هارت، اسمیت، اسپارک و زوکاس[3]، ۱۹۹۹). با توجه به ماهیت بلندمدت بودن قراردادهای بیمه، از دست دادن مشتریان فعلی، یک مشکل اساسی در صنعت بیمه محسوب می‌گردد (شیرمر و رینگل[4]، ۲۰۱۸). حتی اگر زیان ناشی از ترک مشتریان با ورود مشتریان جدید جبران گردد، ترک مشتریان تاثیرات منفی زیادی بر توان مالی و برنامه‌ریزی سازمان خواهد داشت.

اعتماد[5] از قدمتی برابر تاریخ زندگی بشریت و آغاز تعاملات اجتماعی میان انسان‌ها برخوردار است. بدون شک، اعتماد عامل مهمی در زندگی بشر بوده و روابط معنادار میان انسان‌ها به این مفهوم بستگی دارد (حسینی، قاضی‌زاده و عباسی اسفنجانی، ۱۳۸۷). اعتماد یکی از موضوعات مهم در رفتار و روابط انسانی است که احساس اعتماد مشتریان به مدیر و سازمان،در زندگی سازمانی،رفتار سازمانی و راوبط بین کارکنان و مشتریان را تحت تاثیر قرار میدهد. از زمانی که افراد دربارهٔ یکدیگر چیزها می آموزند، سطح اطمینان تغییر می کند. بدین معنا که اعتماد باید به عنوان پدیده ای پویا دیده شود

1- Agyei, J., Sun, S., Abrokwah, E., Penney, E. K., & Ofori-Boafo
2- Carvajal Zaera
3- Hart, Smith, Sparks & Tzokas
4- Schirmer & Ringle
5- Trust

نه پدیده‌ای ایستا. همچنین، تکامل آن باید مبتنی بر ادراک ویژگی های شخصی اعتمادشونده باشد. سوبل (۲۰۱۹)[1] معتقدند اعتماد می‌تواند به دو نوع اصلی به نام های اعتماد مستقیم و اعتماد شخص سوم تقسیم شود. اعتماد مستقیم رابطهٔ اعتمادی است که به وسیلهٔ دو گروه توسط خودشان ایجاد می شود. در حالی که اعتماد شخص ثالث اعتمادی است که میان دو گروه که ممکن است یکدیگر را از قبل نشناسند، ولی مایل به اعتماد به یکدیگر باشند، به وجود آید. اعتماد به معنای ایمان به راستی و درستی شرکاء تجاری در مبادلات است که منجر به روابط صمیمانه بین طرفین و دستیابی به اهداف می‌شود (شای و لیو[2]، ۲۰۱۵). اعتماد به عنوان یکی از عوامل تسهیل‌کننده تعاملات بشری بوده که به روان‌سازی اقتصاد کمک می‌کند. از سوی دیگر، عدم اعتماد افراد را از دیگران و سازمان‌های غیر قابل اعتماد و ناسالم دور می‌کند. اعتماد از جمله متغیرهای اثرگذار بر قصد خرید مجدد مشتری محسوب می‌گردد (زارع‌پور خالکیاسری، مهارتی و لگزیان، ۱۳۹۵). اعتماد یک محرک برای درگیری مشتری شناخته شده است چراکه وجود اعتماد موجب ایجاد همکاری و تعامل بیشتر مشتریان با برند می‌گردد (کاسیبا، باتنج، اوکو و هیسون[3]، ۲۰۱۸؛ اندری[4]، ۲۰۲۰).

درگیری مشتری از جمله متغیرهایی است که بر ادراکات مصرف کننده و در نتیجه تعهد و وفاداری آن به برند تاثیر دارد. درگیری مشتری با خدمات و محصولات و تعهد به نام و نشان تجاری، از موضوعات مهمی در توسعه و اجرای استراتژی های بازاریابی به شمار میروند که توجه به آنها در ساختن و نگهداشتن سهم بازار، نقش بسزایی دارد. مفهوم درگیری نیز به تجربه مشتری از ارتباط فعال یا مشارکت فعال با یک واحد تجاری بازاریابی اشاره دارد. از دیدگاه ساشی[5] (۲۰۱۲)، درگیری مشتری با برند با ایجاد پیوندهای صمیمی بین مشتریان و فروشندگان در مبادلات رابطه‌ای پایدار، موجب تداوم خرید مشتری و مشارکت وی در ارزش‌آفرینی می‌شود. درگیری مشتری نقش مهمی در تعیین رفتار مشتری بازی می‌کند. هر چه سطح درگیری مشتری در تصمیم خرید بیشتر باشد، اطلاعات کامل‌تر و بیشتری در مورد محصول بدست می‌آورد که بر اعتماد، رضایت و وفاداری مشتری تاثیر مثبتی خواهد داشت (انصاری، کتابی، صابر و تیموری، ۱۳۹۴). درگیری مشتری محرک رشد، فروش و افزایش سودآوری سازمان‌هاست. درگیری مشتری بر شهرت سازمان (دیجکمانس، کرخوف و بوکبوم[6]، ۲۰۱۵)، عملکرد سازمان (بیلال، سیدیکوو، وشفیق[7]، ۲۰۲۳؛ آرامبرو، و پسکادور[8]، ۲۰۱۹)، خلق ارزش مشتری (زارا، پردیس، دلاکونکاکاستاندا، وگونزالز[9]، ۲۰۲۳) موثر است. البته مشتریان به منظور حفظ رابطه بلندمدت با سازمان و درگیر شدن با محصولات، کالاها و خدمات سازمان می‌بایست به سازمان اعتماد داشته باشند. به عبارت دیگر، اعتماد مشتریان اثر مثبت و معناداری بر درگیری مشتری با برند دارد (آگی، سان، ابروکوا، پنی و افوری-بوفو[10]، ۲۰۲۰). لذا تحقیق حاضر به بررسی رابطه بین اعتماد مشتری و وفاداری برند می‌پردازد.

## فرضیه‌های تحقیق

- اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری برند مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد.
- اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر درگیری مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد.
- درگیری مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری برند مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد.
- درگیری مشتری رابطه میان اعتماد مشتری و وفاداری برند مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد را میانجی‌گری می‌کند.

1-. Sobel
2- Shi & Liao
3- Kosiba, Boateng, Okoe & Hinson
4- André, A. R. Q. (2020
5- Sashi
6- Dijkmans, Kerkhof & Beukeboom
7- Bilal, Siddique, & Shafiq
8- Aramburu, & Pescador
9- Zaera, Paredes-Paredes, la Concha Castañeda, & González
10- Agyei, Sun, Abrokwah, Penney & Ofori-Boafo

## ۲- مبانی نظری

**اعتماد:** اعتماد یک عنصر حیاتی بین مشتریان، شرکت‌ها و تعاملات تجاری است که تسهیل کننده ریسک و معاملات اقتصادی است و به عنوان یک ساختار سه بعدی شامل صداقت، شایستگی و خیرخواهی شناخته شده است (زارع‌پور خالکیاسری و همکاران، ۱۳۹۵). یک رابطه مبتنی بر اعتماد حداقل دو طرف دارد: ۱) فرد مورد اعتماد و ۲) فردی که اعتماد می‌کند. در این رابطه هر دو طرف به دنبال منافع خود بوده و کنش‌های هر کنشگر معقول می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). اعتماد عنصر حیاتی حفظ وفاداری و تعهد پایدار محسوب می‌گردد. اعتماد مقدمه رضایت و خشنودی است اما از آنجا که اعتماد در طول زمان و بر پایه تعداد محدودی از تجارب مرتبط شکل می‌گیرد، زمان زیادی لازم است تا ایجاد و نهادینه گردد. سطح بالای اعتماد، نقش مهمی در ایجاد مزیت رقابتی ایفا می‌کند (نیکخوی، ۱۳۹۹). اعتماد متغیر مهمی در محیط‌های پر خطر و نامطمئن محسوب می‌گردد که ریسک ادراک شده را کاهش می‌دهد (هریج- مارچ[1]، ۲۰۰۶). روابط بلندمدت مشتری و فروشنده به اعتماد متقابل طرفین برمی‌گردد. توانایی هر یک از طرفین دادوستد برای فراهم آوردن نتایج مثبت برای دیگری، میزان تعهد و پایبندی به رابطه را تعیین می‌کند. عنصر کلیدی اعتماد، حدی است که در آن مشتری اعتقاد دارد فروشنده تمایل و انگیزه به سود رسانی به او را دارد. سوان، براورس، و ریچاردسون[2] (۱۹۹۹) اینطور بیان می‌کنند که اعتماد مشتری به بخشی از باور مشتری برمی‌گردد که موجب تعهد و الزام وی می‌شود. لذا اعتماد مشتری به سازمان به این معناست که وی باور دارد و احساس می‌کند که می‌تواند روی کسب مزایای بلندمدت خدمات دریافت شده حساب کند. همچنین، اعتماد مشتری به عنوان کیفیت و تداوم خدمات ارائه شده از سوی سازمان نیز تعریف شده است (وظیفه‌دوست و معماریان، ۱۳۹۳).

### رویکردهای کلی اعتماد

رویکرد خرد: بر اساس این دیدگاه، اعتماد یک ویژگی یا خصوصیت فردی است. لذا با ویژگی‌ها و رفتارهای فردی مانند تحصیلات، طبقه اجتماعی، درآمد، سن، جنس، احساس موفقیت، احساس رضایت و نظایر آن ارتباط دارد. به این معنا که کم یا زیاد بودن اعتماد افراد به ویژگی‌های فردی آنان مرتبط است و اگر بخواهیم اعتماد اجتماعی افراد را تبیین کنیم باید این خصوصیات را در نظر بگیریم. رویکرد کلان: بر اساس این دیدگاه، اعتماد اجتماعی نه یک خصوصیت فردی بلکه ویژگی اجتماعی تلقی می‌گردد. مطابق با این دیدگاه، اعتماد فقط در حد کمی، جزئی از ویژگی شخصیتی افراد به شمار می‌رود و اعتماد افراد به دیگران، بیشتر به ارزیابی آنان از قابل اعتماد بودن محیط اطرافشان برمی‌گردد تا به شخصیت یا تمایلات فردی آنان. افرادی که در جامعه‌ای زندگی می‌کنند که نظام اجتماعی آن از ثبات بالایی برخوردار است و هنجارها و قواعد اجتماعی از سوی دیگران رعایت می‌گردد، از اعتماد اجتماعی بالایی برخوردارند.

رویکرد تلفیقی: تحقیقات مختلف با استفاده از هر کدام از دو رویکرد فوق نشان می‌دهد که هر کدام از این دیدگاه‌ها جنبه‌ای از واقعیت را بازنمایی می‌کنند. به همین دلیل برخی از محققان با ابداع مدل تلفیقی (خرد-کلان) به مدل کاملتری دست یافتند (گنجه، ۱۳۹۶). در تحقیق حاضر از رویکرد تلفیقی اعتماد استفاده گردید.

وفاداری برند: وفاداری برند به عنوان رفتار موثر خرید مشتری از یک برند که در طی زمان تکرار شود و توسط تعهد شدید وی به برند تقویت گردد، تعریف شده است (جاکوبی[3]، ۱۹۷۱). وفاداری برند، حدی است که مشتریان می‌خواهد به آن مقدار رابطه‌شان را با یک برند خاص حفظ کنند و معمولا از این ناشی می‌شود که مشتریان تا چه میزان معتقدند که ارزش دریافتی‌شان از این برند نسبت به سایرین بیشتر است که موجب تبلیغات شفاهی مشتریان برای برند شده و مانع ورود رقبا به بازار می شود؛ بنابراین مشتریان وفادار به برند معیاری اصلی برای افزایش ارزش برند برای سازمان هستند و وفاداران به برند نسبت به آن متعهد بوده و حاضر به دادن پول بیشتر برای خرید خدمات برند و تمایل برای تبلیغ آن به دیگران نیز هستند

1-[6]Harridge & March
2-7 Swan, Bowers, & Richardson
3- Jacoby

(مرادی و همکاران، ۱۳۹۰).

### رویکردهای وفاداری برند

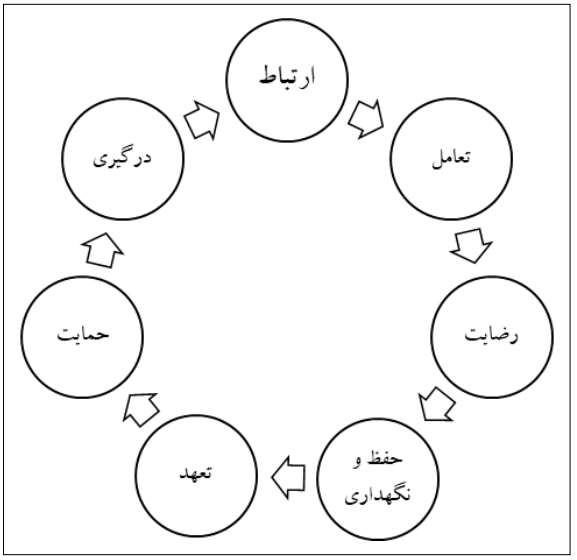
- **رویکرد نگرشی:** این دیدگاه به معنای میزان گرایش مطلوب و مساعد به سمت ارائه‌دهنده خدمات است. از نظر این دیدگاه، وفاداری مشتریان به عنوان یک نگرش تعریف می‌گردد و اساس آن این است که تشریح رفتار واقعی مصرف‌کننده به تنهایی کافی نیست بلکه انجام یک تجزیه و تحلیل و ارائه توضیحی روشن از این مضمون، نیازمند در نظر گرفتن ساختار نگرش‌ها و عملکرد مصرف‌کننده است (حسینیان، سالاری و سلیمی‌فر، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر، وفاداری نگرشی به معنای ترجیح دادن برند و تعهد بلندمدت مشتریان به برند است که به وفاداری رفتاری منجر شود (حسینی، شیرخدایی و نامور، ۱۳۹۷). وفاداری نگرش از طریق روش‌های پرسشنامه‌ای قابل اندازه‌گیری است. وفاداری نگرشی قوی موجب می‌گردد مشتریان در برابر تلاش‌های دیگر بازاریابان مقاومت کنند (مرادی، موسوی و علیمردانی، ۱۳۸۹). وفاداری نگرشی از طریق رضایت مشتری و افزایش آگاهی مشتریان بدست می‌آید (حدادیان، رنجبریان، رشید کابلی و صنایعی، ۱۳۹۰).
- **رویکرد رفتاری:** بر اساس این رویکرد، وفاداری به عنوان یک رفتار تعریف می‌گردد. وفاداری رفتاری یعنی مشتریان در یک دوره طولانی مدت به خرید و استفاده از یک محصول یا خدمت ادامه دهند و استفاده از آن را به دیگران نیز توصیه کنند. بر اساس دیدگاه جاکوبی و کینز[1] (۱۹۷۳) وفاداری یک واکنش رفتاری بر اساس تعصب است و به عنوان تابعی از یک فرایند روانی در نظر گرفته می‌شود که توسط آن تصمیم‌گیرنده از میان چند جایگزین که همزمان وجود دارد، یکی را انتخاب می‌کند. وفاداری رفتاری معاملات تکراری است و می‌تواند به سادگی از طریق تکنیک‌های مشاهده‌ای اندازه‌گری شود (مرادی، موسوی و علیمردانی، ۱۳۸۹). وفاداری رفتاری از طریق فروش کالاهای جدید، فروش جانبی، تکرار خرید و اصرار به حفظ رابطه حاصل می‌شود (مایر[2]، ۲۰۱۷).
- **رویکرد ترکیبی:** این رویکرد ترکیبی از رویکردهای رفتاری و نگرشی است. وفاداری به یک نام تجاری منعکس‌کننده یک تصمیم آگاهانه برای ادامه خرید از همان نام تجاری است. این رویکرد تنها رفتارهای خرید گذشته و تمایلات مشتری را در برنمی‌گیرد بلکه نگرش مشتری و تصمیم‌های ارزشی او را نیز شامل می‌شود (حسینیان، سالاری و سلیمی‌فر، ۱۳۹۵). از دیدگاه پریتچارد و هووارد[3] (۱۹۹۷)، رفتار و نگرش در سنجش وفاداری بسیار حائز اهمیت است و رویکرد سنجش ترکیبی، ابزاری مفید برای درک وفاداری مشتری در حوزه‌های مطالعاتی مختلف محسوب می‌شود. محققان بسیاری رویکرد ترکیبی وفاداری را پذیرفته‌اند. از نظر آنها، مشتریان وفادار مشتریانی هستند که نگرش‌های مطلوب نسبت به ارائه‌دهنده خدمات یا موسسه دارند، به دریافت خدمات یا خرید مجدد یک محصول یا خدمت اعتماد دارند و آن را به دیگران توصیه می‌کنند (بوون و چن[4]، ۲۰۰۱). در تحقیق حاضر، رویکرد ترکیبی وفاداری مدنظر قرار گرفته است.

**درگیری مشتری:** نخستین تلاش برای تعریف رسمی درگیری مشتری توسط پترسون و همکاران صورت گرفت (۲۰۰۶). آنها بر اساس ادبیات حاضر در حوزه رفتار سازمانی، درگیری مشتری را به این صورت «میزانی از وابستگی فیزیکی، شناختی و هیجانی مشتری در رابطه با یک سازمان خدماتی» تعریف کردند. درگیری مشتری به میزان اهمیت شخصی متصور و میزان علاقه مشتری به اکتساب، مصرف و کنارگذاری یک کالا، خدمت یا ایده اشاره دارد. در تعریفی جامع‌تر، درگیری شامل یک تعهد پایدار و مداوم مصرف کننده است که از تفکر، احساسات و پاسخ‌های رفتاری وی نسبت به یک طبقه کالا یا خدمت ناشی می‌شود (شفیعی‌نیا، مرادی و مقدسی، ۱۳۹۶). درگیری مشتری یکی از رفتارهای غیرتراکنشی مشتریان است که شامل در اولویت قرار دادن پیشنهادات، ارائه تحسین در ارتباطات کلامی، پیشنهاد کردن برند یا سازمان به سایرین، کمک کردن به دیگر مشتریان، نوشتن مطلب و ارائه نظرات خود

1- Jacob & Keynes
2- Mayer
3- C & Howard
4- Bowen & chen

در مورد سازمان است (ون دورن، لمون، میتال، ناس، پیک، پیرنر و ورهوف[1]، ۲۰۱۰). درگیری مشتری محرک رشد فروش و افزایش سودآوری سازمان‌هاست. از نظر مدیران، درگیری مشتری یک مزیت پیش‌بینی‌کننده عملکرد سازمان‌ها در طولانی‌مدت است (بوودن[2]، ۲۰۱۹).

هدف از مفهوم درگیری مشتری توجه بیشتر مشتری به یک برند در وب‌سایت یا کانال‌های ارتباطی متفاوت است. مشتریانی که بیش از حد درگیر یک برند هستند، می‌توانند به عنوان فعالانی برای آن برند عمل کنند (مردانی و علوی‌نژاد، ۱۳۹۴). درگیری مشتری رفتاری فراتر از تعامل و جلوه‌های بروز رفتاری مشتریان است. از مشتریان وفادار بسیار فعال‌تر عمل کرده و در مورد برندی که درگیرش است، تبلیغات کلامی وسیعی انجام می‌دهد. درگیری مشتری هنگامی اتفاق می‌افتد که مشتریان وفادار، وفاداریش را در تعامل و ارتباط با دیگران در شبکه‌های اجتماعی به اشتراک بگذارد و از حامیان سازمان، برند، کالا و خدمات باشد. چرخه درگیری مشتری بر اساس مدل ساشی (۲۰۱۲) در شکل شماره (۱) ارائه شده است:




شکل (۱): چرخه درگیری مشتری (ساشی، ۲۰۱۲)

برند: برند یکی از ابزارهای ارتباطی مهم در مجموعه مدیریت ارتباط با مشتری محسوب می‌گردد و به دو دلیل برای مشتریان ارزشمند است: اول اینکه ریسک مصرف‌کننده را کاهش می‌دهد و دوم در هزینه‌های تصمیم‌گیری صرفه‌جویی می‌نماید (انصاری و همکاران، ۱۳۹۴). در واقع برند مجموعه‌ای از نام و نشان تجاری و سایر ویژگی‌های منحصر به فرد است که محصول را از سایر محصولات در ذهن مشتری متمایز می‌کند. شواهد برند شامل تمام پیوندهای معنی‌دار پیرامون برند است که مشتری در هنگام ارزیابی برند خدمات به به آن توجه می‌کند. شواهد برند، همه ابعاد برند خدماتی که بر ارزیابی و ادراک مصرف کننده از برند خدمات تأثیر می‌گذارد، نظیر نام برند، قیمت، محیط ارایه خدمات، خدمات اصلی، رفتار و ظواهر کارکنان، درجه‌ای که تصویر برند با مصرف کننده تطابق دارد و احساساتی که در طول استفاده از خدمات بروز می‌کند را در برمی‌گیرد. این ابعاد ملموس و غیرملموس بدنه «شواهد برند» را تشکیل می‌دهد که برای مشتریان خدمات قابل دسترسی است، مشابه با برندهای محصولات فیزیکی، برند خدمات، اساس ایجاد اعتماد برای مشتری بوده و به عنوان دستگاه اطلاعاتی و راهنمای مصرف کنندگان محسوب می‌شود که تعهدی را در مشتری برای تجربه خدمات آینده ایجاد می‌کند (کایر[3]، ۲۰۲۰). ماهیت ناملموس بودن خدمات، اهمیت اساسی برندهای خدماتی نسبت به برندهای کالای فیزیکی را نمایان می‌سازد (ویکسوم[4]، ۲۰۱۰). از آنجایی که خدمات مانند کالاها از طریق بسته بندی، برچسب و یا نمایش ملموس نیستند، برندهای قوی ابزاری مهم در دست سازمان‌های خدماتی برای افزایش اعتماد مصرف کنندگان به سمت خریدهای ناملموس هستند (جینیکسیا[5]، ۲۰۲۳). نبود ویژگی‌های فیزیکی در ارائه خدمات، نقش برندسازی را به عنوان ابزاری برای ایجاد تمایز روشن‌تر می‌سازد (محمود، رانا و کانوال[6]، ۲۰۱۸).

الاهی‌نژاد، سقایی و خاندوزی (۱۳۹۸) در تحقیقی به بررسی تاثیر اعتماد، تعهد و رضایت مشتری بر وفاداری

1- Van Doorn, Lemon, Mittal, Nass, Pick, Pirner & Verhoef
2- Bowden
3- Kaur
4- Wixom
5- Jinxia
6- Mahmood, Rana, & Kanwal

مشتری پرداختند. جامعه آماری تحقیق، مشتریان هتل‌های لوکس شهرستان گرگان بود که تعداد ۳۸۴ نفر به صورت در دسترس انتخاب شدند. اطلاعات از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات با روش مدل‌یابی معادلات ساختاری انجام شد. یافته‌ها نشان دادند اعتماد اثر مثبت و معناداری بر وفاداری، رضایت و تعهد مشتری در هتل‌های شهر گرگان دارد.

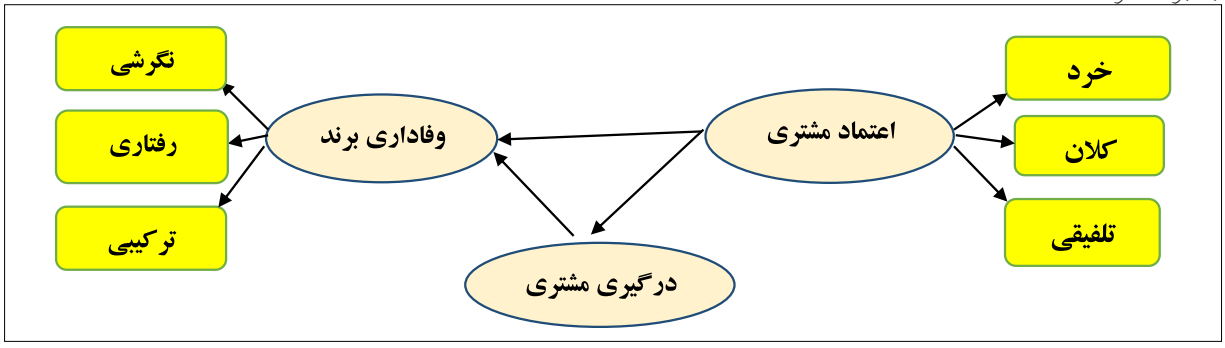
شیرخدایی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به بررسی تاثیر رسانه‌های اجتماعی بر شکل‌گیری اعتماد و وفاداری به برند پرداختند. جامعه آماری شامل ۴۰۰ نفر از دانشجویان دانشگاه مازندران بودند که در شبکه اجتماعی اینستاگرام عضو بودند. جمع‌آوری اطلاعات از طریق پرسشنامه صورت گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش مدلیابی معادلات ساختاری استفاده شد. یافته‌ها نشان دادند که اعتماد به برند بر وفاداری برند تاثیر مثبت و معناداری دارد.

شاهمرادی چراغتپه، زنوزی و ابوالفضلی (۱۳۹۶) در تحقیقی به بررسی تاثیر ارزش درک شده و اعتماد بر وفاداری مشتریان به فروشگاه‌های خرده‌فروشی با نقش میانجی رضایت مشتری پرداختند. جامعه آماری تحقیق، کلیه مشتریان سه فروشگاه خرده‌فروشی کوروش، رفاه و جانبو بودند. اندازه نمونه ۳۵۰ نفر بود. جمع‌آوری اطلاعات با روش نمونه‌گیری غیر احتماعی در دسترس و از طریق پرسشنامه انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل اطلاعات با روش مدل‌یابی معادلات ساختاری انجام شد. یافته‌ها نشان دادند که ارزش درک شده و اعتماد تاثیر مثبت و معناداری بر وفاداری مشتری دارد.

چو و کاهسوان[1] (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی تاثیر تصویر سازمان، کیفیت خدمات و ارزش ادراک شده بر رضایت و وفاداری مشتری پرداختند. جامعه آماری تحقیق بیماران یک موسسه پزشکی در تایلند بودند. تعداد ۴۰۶ نفر در این تحقیق شرکت داشتند. اطلاعات از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید. به منظور آزمون فرضیه‌های تحقیق از روش مدل‌یابی معادلات ساختاری استفاده گردید. یافته‌ها نشان دادند که اعتماد و ارزش ادارک شده اثر مثبت و معناداری بر رضایت مشتری دارد و رضایت مشتری بر وفاداری مشتری موثر است.

آگی و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی به بررسی تاثیر اعتماد بر درگیری مشتری پرداختند. تعداد ۴۵۲ نفر از مشتریان بیمه در این تحقیق شرکت داشتند. اطلاعات از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش مدل‌یابی معادلات ساختاری استفاده گردید. یافته‌ها نشان دادند که اعتماد اثر مثبت و معناداری بر درگیری مشتری دارد و درگیری مشتری رابطه بین اعتماد و وفاداری مشتری را میانجی‌گری می‌کند.

سو، کینگ، اسپارکس و وانگ[2] (۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی نقش درگیری مشارکت در وفاداری مشتری پرداختند. تعداد ۴۹۶ نفر از مشتریان شرکت‌های هواپیمایی و هتل‌ها در این تحقیق شرکت داشتند. تجزیه و تحلیل اطلاعات با روش مدل‌یابی معادلات ساختاری و نرم‌افزار اموس صورت گرفت. یافته‌ها نشان دادند که درگیری مشتری بر ارزیابی مشتری از خدمات، اعتماد به برند و وفاداری برند موثر است. همچنین اعتماد به برند اثر مثبت و معناداری بر وفاداری مشتریان به برند دارد.




شکل (۲): مدل مفهومی تحقیق (آگی و همکاران، ۲۰۲۰)

1- Chou & Kohsuwan
2- So, King, Sparks & Wang

## ۳- روش تحقیق

تحقیقات را می‌توان با توجه به دو ملاک هدف تحقیق و نحوه اجرای تحقیق تقسیم‌بندی نمود (سرمد، بازرگان و حجازی،۱۳۸۴). تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی، از نظر روش توصیفی و از حیث نحوه گردآوری داده‌های تحقیق، از نوع پیمایشی می‌باشد؛ زیرا علاوه بر توصیف وضع موجود، به آزمون فرضیه‌ها بر حسب روابط مبتنی بر پیش‌بینی می‌پردازد. جامعه آماری تحقیق حاضر، مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد می‌باشد. با توجه به اندازه جامعه تحقیق و بر اساس جدول مورگان، تعداد ۳۸۴ نفر از مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد به روش نمونه‌گیری غیر تصادفی در دسترس در این تحقیق شرکت داشتند. با توجه به پیش‌بینی عدم بازگشت تعدادی از پرسشنامه‌ها، فرایند توزیع پرسشنامه تا دستیابی به اندازه نمونه مورد نظر (۳۸۴ نفر) ادامه داشت. به طور کلی، تعداد ۴۳۰ پرسشنامه توزیع گردید و در نهایت تعداد ۳۸۴ پرسشنامه واجد شرایط در فرایند تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از پرسشنامه استفاده گردید. به منظور سنجش متغیرهای تحقیق شامل اعتماد مشتری، وفاداری برند و درگیری مشتری از پرسشنامه آگی و همکاران (۲۰۲۰) استفاده شد.

مقصود از روایی آن است که ابزار اندازه‌گیری می‌تواند ویژگی‌هایی که ابزار برای آن طراحی شده را اندازه‌گیری کند یا خیر؟. برای سنجش روایی، روش‌های مختلفی وجود دارد که در تحقیق حاضر برای روایی پرسش‌نامه، از روایی صوری و روایی سازه استفاده شد. برای بررسی و تایید روایی صوری در پرسش‌نامه‌ی این تحقیق، سؤالات با توجه به مؤلفه‌های استخراج شده از تحقیقات معتبر گذشته مشخص گردید و از اساتید راهنما و مشاور و سایر صاحب‌نظران درخواست شد تا در جهت قابل فهم بودن گویه‌ها اظهارنظر کنند. در انجام روایی سازه از تحلیل عاملی تاییدی استفاده شد. ابتدا باید از این مسأله اطمینان حاصل شود که آیا تعداد داده‌های موردنظر برای تحلیل عاملی مناسب هستند یا خیر؟ بدین منظور از شاخص KMO [1] و آزمون بارتلت [2] استفاده می‌شود. شاخص KMO شاخصی از کفایت نمونه‌گیری است. این شاخص، در دامنه صفر تا یک قرار دارد. اگر مقدار شاخص نزدیک به یک باشد، داده‌های موردنظر برای تحلیل عاملی مناسب هستند و در غیر این صورت (معمولاً کمتر از ۰/۵)، نتایج تحلیل عاملی برای داده‌های مورد نظر چندان مناسب نمی‌باشند.آزمون بارتلت بررسی می‌کند چه هنگام ماتریس همبستگی، شناخته شده (از نظر ریاضی ماتریس واحد و همانی) است و بنابراین برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) نامناسب می‌باشد. اگر سطح معنی‌داری در آزمون بارتلت، کوچکتر از ۰/۰۵ باشد، تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مناسب است، زیرا فرض شناخته‌شده بودن ماتریس همبستگی رد می‌شود.برای اندازه‌گیری پایایی، از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. این روش برای محاسبه‌ی هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری، از جمله پرسش‌نامه به‌کار می‌رود (سرمد، بازرگان و حجازی، ۱۳۸۴). آلفای کرونباخ، یک ضریب اعتبار است که میزان همبستگی داخلی میان پرسش‌هایی که یک مفهوم را می‌سنجد، محاسبه می‌کند. هر اندازه آلفا به عدد یک نزدیک‌تر باشد، اعتبار سازگاری درونی بیشتر است. جدول شماره (۱)، نتایج بررسی روایی متغیرهای تحقیق را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، بار عاملی تمام گویه‌ها بیشتر از ۰/۳ می‌باشد لذا هیچ گویه‌ای حذف نشده است.

1- Kaiser- Meyer- Olkin Measure
2- Bartletts Test

جدول (۱): نتایج بررسی روایی متغیرهای تحقیق

| نام متغیر | گویه‌ها | بارعاملی | معناداری آزمون بارتلت | df | مقدار تقریبی $\chi 2$ | KMO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اعتماد مشتری | T۱ | ۰/۷۷۳ | ۰/۰۰۰ | ۵۵ | ۴۱۰/۸۷۷ | ۰/۸۶۰ |
| | T۲ | ۰/۸۱۲ | | | | |
| | T۳ | ۰/۷۷۸ | | | | |
| | T۴ | ۰/۸۲۲ | | | | |
| | T۵ | ۰/۸۱۳ | | | | |
| | T۶ | ۰/۸۰۰ | | | | |
| | T۷ | ۰/۸۳۸ | | | | |
| | T۸ | ۰/۷۵۲ | | | | |
| | T۹ | ۰/۸۲۳ | | | | |
| | T۱۰ | ۰/۷۴۵ | | | | |
| | T۱۱ | ۰/۸۵۸ | | | | |
| درگیری مشتری | CE۱ | ۰/۶۷۹ | ۰/۰۰۰ | ۱۵ | ۱۵۵/۱۰۷ | ۰/۸۶۲ |
| | CE۲ | ۰/۸۲۸ | | | | |
| | CE۳ | ۰/۸۲۷ | | | | |
| | CE۴ | ۰/۴۵۱ | | | | |
| | CE۵ | ۰/۸۸۳ | | | | |
| | CE۶ | ۰/۸۳۶ | | | | |
| وفاداری برند | CL۱ | ۰/۸۴۲ | ۰/۰۰۰ | ۶ | ۹۰/۵۰۴ | ۰/۸۴۷ |
| | CL۲ | ۰/۸۴۰ | | | | |
| | CL۳ | ۰/۸۲۸ | | | | |
| | CL۴ | ۰/۸۲۳ | | | | |

در جدول شماره (۲) نیز، پایایی متغیرهای تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. که همه آنها تایید می‌شود.

جدول (۲): نتایج بررسی پایایی متغیرهای تحقیق

| نام متغیر | کد متغیر | آلفای کرونباخ متغیر |
|---|---|---|
| اعتماد مشتری | T | ۰/۹۷ |
| درگیری مشتری | CE | ۰/۹۲ |
| وفاداری برند | CL | ۰/۹۳ |

## ۴- یافته‌های تحقیق

در این تحقیق، از مدل‌یابی معادلات ساختاری و روش حداقل مربعات جزیی ((PLS جهت آزمون فرضیات و برازندگی مدل و آزمون سوبل[1] برای بررسی نقش متغیر میانجی‌گر استفاده شده است. مدل‌یابی معادلات ساختاری، یک تکنیک بسیار

1- Sobel Test

کلی و نیرومند از خانواده رگرسیون چندمتغیری و به بیان دقیق‌تر، بسط مدل خطی- عمومی است که به محقق امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون را به گونه‌ای هم‌زمان، مورد آزمون قرار دهد. به منظور بررسی نقش میانجی‌گری از آزمون سوبل استفاده شده است. این آزمون به بررسی اثرات غیر مستقیم بین متغیرها می‌پردازد. در این روش اثر غیر مستقیم با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$B_{indirect} = a \times b$$

که در این فرمول در این فرمول a اثر متغیر مستقل بر میانجی و b اثر متغیر میانجی بر وابسته است.

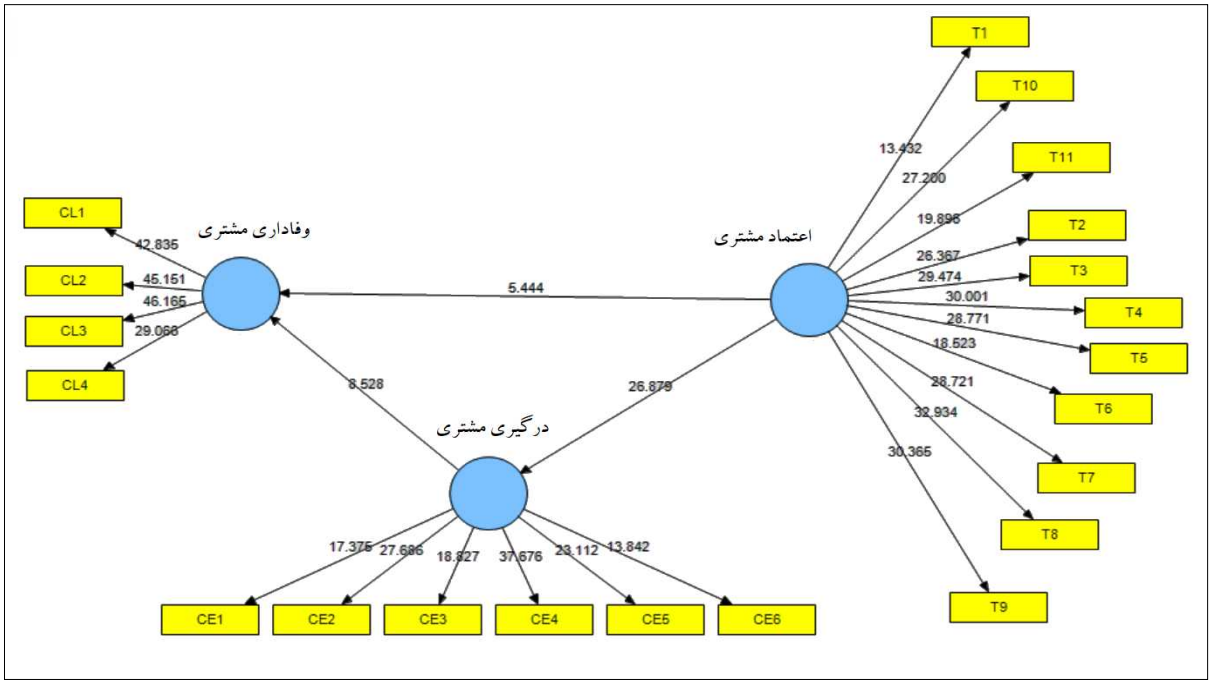
ویژگی‌های جمعیت شناختی را در این تحقیق به این شرح می‌توان بیان نمود. از میان ۳۸۴ نفر از پاسخگویان، ۵۸ درصد را مردان تشکیل دادند. که از میان آنها اکثریت، یعنی ۳۴ درصد، در رده سنی ۴۱ تا ۵۰ سالگی بودند. و ۳۳ درصد نیز دارای تحصیلات کارشناسی بودند. درجدول شماره (۳)، تحلیل عاملی تاییدی متغیرهای پنهان ارایه شده است.

جدول (۳): تحلیل عاملی تاییدی متغیرهای پنهان

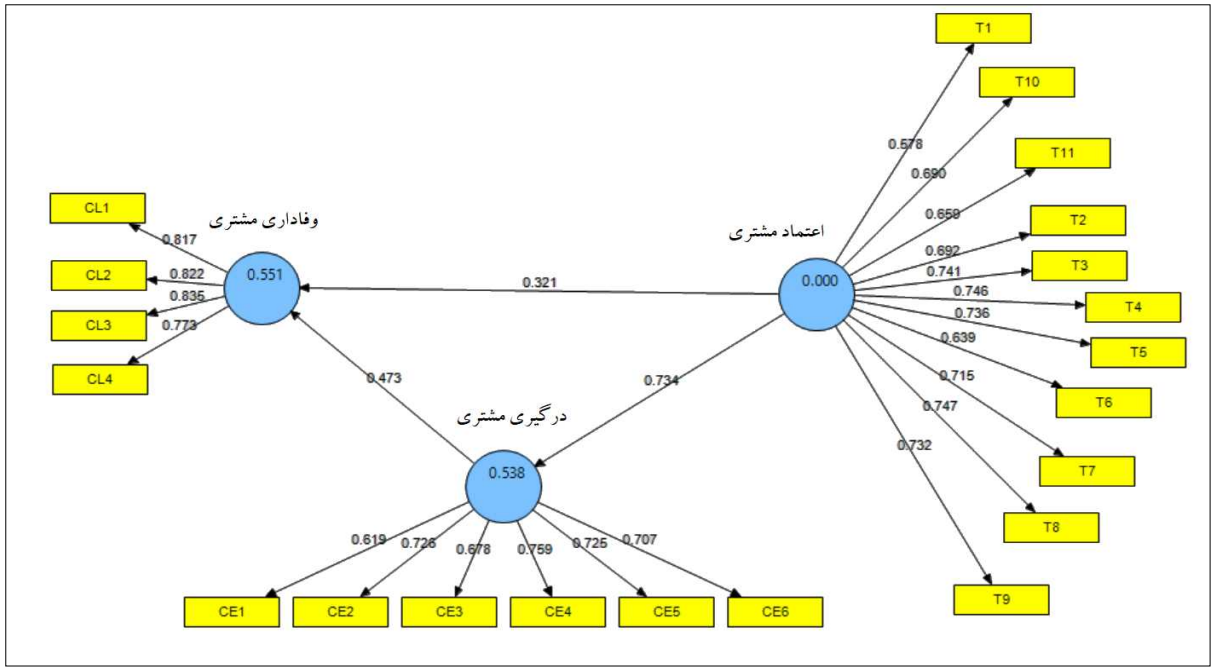
| متغیرها | گویه ها | بار عاملی | آماره t | AVE | CR |
|---|---|---|---|---|---|
| اعتماد مشتری | T۱ | ۰/۵۷۸ | ۱۳/۴۳۲ | ۰/۵۸۹ | ۰/۹۱۲ |
| | T۲ | ۰/۶۹۲ | ۲۶/۳۶۷ | | |
| | T۳ | ۰/۷۴۱ | ۲۹/۴۷۴ | | |
| | T۴ | ۰/۷۴۶ | ۳۰/۰۰۱ | | |
| | T۵ | ۰/۷۳۶ | ۲۸/۷۷۱ | | |
| | T۶ | ۰/۶۳۹ | ۱۸/۵۲۳ | | |
| | T۷ | ۰/۷۱۵ | ۲۸/۷۲۱ | | |
| | T۸ | ۰/۷۴۷ | ۳۲/۹۳۴ | | |
| | T۹ | ۰/۷۳۲ | ۳۰/۳۶۵ | | |
| | T۱۰ | ۰/۶۹۰ | ۲۷/۲۰۰ | | |
| | T۱۱ | ۰/۶۵۰ | ۱۳/۴۳۲ | | |
| درگیری مشتری | CE۱ | ۰/۶۱۹ | ۱۷/۳۷۶ | ۰/۵۹۵ | ۰/۸۵۴ |
| | CE۲ | ۰/۷۲۶ | ۲۷/۶۸۶ | | |
| | CE۳ | ۰/۶۷۸ | ۱۸/۸۲۷ | | |
| | CE۴ | ۰/۷۵۹ | ۳۷/۶۷۶ | | |
| | CE۵ | ۰/۷۲۵ | ۲۳/۱۱۲ | | |
| | CE۶ | ۰/۷۰۷ | ۱۳/۸۴۲ | | |

| جدول (۳): تحلیل عاملی تاییدی متغیرهای پنهان | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| متغیرها | گویه ها | بار عاملی | آماره t | AVE | CR |
| وفاداری برند | CL1 | ۰/۸۱۷ | ۴۲/۸۳۵ | ۰/۶۵۹ | ۰/۸۸۵ |
| | CL2 | ۰/۸۲۲ | ۴۵/۱۵۱ | | |
| | CL3 | ۰/۸۳۵ | ۴۶/۱۶۵ | | |
| | CL4 | ۰/۷۷۳ | ۲۹/۰۶۸ | | |

پس از تحلیل و بررسی مدل اندازه‌گیری، در این قسمت به بررسی مدل ساختاری پرداخته می‌شود. در واقع، مرحله دوم در رویه هالاند بهره‌گیری از تحلیل مسیر، ضریب تعیین و شاخص‌های برازندگی مدل می‌باشد. در تحلیل مسیر، روابط بین متغیرها در یک جهت جریان می‌یابند و به عنوان مسیرهای متمایز درنظر گرفته می‌شوند. مفاهیم تحلیل مسیر در بهترین صورت از طریق ویژگی عمده آن، یعنی نمودار مسیر که پیوندهای علّی احتمالی بین متغیرها را آشکار می‌سازد، تبیین می‌شوند. شکل‌های شماره (۳) و (۴)، مدل معادلات ساختاری و نمودار مسیر مدل تحقیق را نشان می‌دهد.




شکل (۳): مدل معادلات ساختاری به همراه آماره‌های t




شکل (۴): مدل معادلات ساختاری به همراه ضرایب استاندارد شده

به منظور ارزیابی مدل ساختاری (درونی) از معیارهای اساسی ضریب تعیین و ارزیابی ضرایب مسیر استفاده می‌شود که در ادامه به تفکیک مراحل مورد بررسی این معیارها گزارش می‌شود.

با توجه به شکل‌های فوق، نتایج فرضیه‌های تحقیق در قالب جدول‌های شماره (۴) و (۵) نشان داده شده است.

جدول (۴): نتایج بررسی فرضیه‌های تحقیق

| مسیر | ضریب مسیر | آماره t | نتیجه |
|---|---|---|---|
| اعتماد مشتری ← وفاداری برند | ۰/۳۲۱ | ۵/۴۴۴ | تایید |
| اعتماد مشتری ← درگیری مشتری | ۰/۷۳۴ | ۲۶/۸۷۹ | تایید |
| درگیری مشتری ← وفاداری برند | ۰/۴۷۳ | ۸/۵۲۸ | تایید |

| مسیر غیر مستقیم (واسط) | از طریق متغیر | نتیجه |
|---|---|---|
| اعتماد مشتری ← وفاداری برند | درگیری مشتری | تایید فرضیه |

جدول (۵): خلاصه نتایج آزمون‌های فرضیه

| فرضیه | فرضیه | نتیجه |
|---|---|---|
| ۱ | اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد. | تایید |
| ۲ | اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر درگیری مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد. | تایید |
| ۳ | درگیری مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد. | تایید |
| ۴ | درگیری مشتری رابطه میان اعتماد مشتری و وفاداری مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد را میانجی‌گری می‌کند. | تایید |

## ۵- نتیجه‌گیری

فرضیه اول: اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری برند مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد. بعد از آزمون این فرضیه مشخص گردید که اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری مشتریان بیمه ایران در شهر مشهد دارد و فرضیه اول تحقیق تایید شد. از جمله تحقیقات هم‌سو با این فرضیه می‌توان به مطالعات الاهی‌نژاد، سقایی و خاندوزی (۱۳۹۸)؛ ایزوگو و همکاران (۲۰۱۷)؛ آگی و همکاران (۲۰۲۰)؛ بونلرت‌وانیچ (۲۰۱۹)؛ تبرانی، امین و نیزام (۲۰۱۸)؛ چو و کاهسوان (۲۰۱۹)؛ حسینی و همکاران (۱۳۹۲)؛ خورشیدی ماسوله، اکبری و دوستار (۱۳۹۷)؛ سو، کینگ، اسپارکس و وانگ (۲۰۱۶)؛ شاهمرادی چراغتپه، زنوزی و ابوالفضلی (۱۳۹۶)؛ شرمر و همکاران (۲۰۱۸)؛ شیرخدایی و همکاران (۱۳۹۶)؛ کریمی علویجه و محمدامینی (۱۳۹۶)؛ مهرعلی، اکبری و سید امیری (۱۳۹۶) اشاره داشت. در فضای پر رقابت امروزی، داشتن مشتریان وفادار برای سازمان‌ها بسیار حائز اهمیت است. مشتریان تمایل دارند عدم اطمینان، ابهام و پیچیدگی‌های فرایند خرید را از طریق میانبرهای ذهنی کاهش دهند. یکی از این میانبرهای ذهنی، اعتماد و اطمینان به سازمان است که به عنوان سازوکاری برای کاهش پیچیدگی رفتار انسان‌ها در شرایط عدم اطمینان شناخته شده است. اعتماد به سازمان موجب می‌گردد، فرایند پذیرش محصولات یا خدمات سازمان از سوی مشتریان تسهیل گردد. در صنعت بیمه نیز، مهم‌ترین رمز موفقیت در فروش، جلب اعتماد مشتریان است. نمایندگان و فروشندگان بیمه باید بدانند که جلب توجه و اعتماد مشتری، سنگ بنای فروش بیمه است. بیمه ایران به عنوان اولین و بزرگترین صنعت بیمه در ایران، جلب اعتماد مردم را اصلی‌ترین سرمایه خود می‌داند که یکی از مهمترین دلایل آن می‌توان ناشی از حسن عمل و حسن شهرت کارکنان و مدیران این شرکت در طول سالیان متمادی باشد. هدف اصلی صنعت بیمه فراهم کردن آرامش و اطمینان برای مردم است، لذا بیمه‌گران می‌بایست از هر نوع رفتاری مانند گرفتن حق بیمه‌های اضافی که موجب خدشه‌دار شدن اعتماد مردم می‌شود، خودداری کنند چرا که خیانت به اعتماد بیمه‌گذاران محسوب می‌گردد. کارگزاران و نمایندگان بیمه نباید صرفا به فروش بیمه‌نامه‌های شرکت بیاندیشند، بلکه باید بر اساس یک رابطه اعتماد محور با مشتریان، به عنوان مشاور بیمه برای مشتریان به دنبال ارزش‌افزایی برای مشتریان خود باشند. آنها نه تنها باید اطلاعات مناسب را برای مشتریان فراهم کنند بلکه لازم است تمام اطلاعات مربوطه را از مشتریان خود کسب کنند تا بتوانند بهترین پیشنهادها را به آنها ارائه کنند و این امر هنگامی امکان‌پذیر است که بیمه‌گذار به نماینده یا کارگزار بیمه اعتماد داشته و در اطلاعات خود، وی را شریک خود بداند. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز مشخص گردید، مشتریان بیمه ایران معتقدند کارگزاری بیمه ایران، قابل اعتماد است، وظایفش را به درستی انجام می‌دهد، به وعده‌های خود عمل می‌کند و خدماتش باعث اطمینان خاطر است که این امر موجب وفاداری آنها شده است.

فرضیه دوم: اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر درگیری مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد دارد. بعد از آزمون این فرضیه مشخص گردید که اعتماد مشتری اثر مثبت و معناداری بر درگیری مشتریان بیمه ایران در شهر مشهد دارد و فرضیه دوم تحقیق تایید شد. از جمله تحقیقات هم‌سو با این فرضیه می‌توان به مطالعات آگی و همکاران (۲۰۲۰)؛ خورشیدی ماسوله، اکبری و دوستار (۱۳۹۷)؛ سو، کینگ، اسپارکس و وانگ (۲۰۱۶) اشاره داشت. بیمه خدمتی نامحسوس است و نحوه فروش و عرضه آن از اهمیت بسیاری برخوردار است. گام اصلی و مهم در فرایند فروش این است که ابتدا می‌بایست اعتماد مشتری را جلب کرد. باید توجه داشت که جلب اعتماد مشتریان به سهولت قابل دستیابی نیست. یک کارگزار بیمه باید با حوصله به نیازها، خواسته‌ها و دغدغه‌های مشتریان توجه و درک کند، رفتار صادقانه‌ای با مشتریان داشته باشد، ابتدا مساله‌گرا و سپس راه‌حل‌گرا باشد، مشتاقانه سعی در حل مشکلات مشتریان نماید، منافع مشتریان را در نظر بگیرد تا بتواند اعتماد مشتریان را جلب کند. مشاهده چنین رفتارهایی از سوی کارگزاران بیمه ایران موجب شده است که مشتریان این بیمه تمایل بیشتر در مشارکت و تبادل نظر، ایده و درگیری در نحوه ارائه خدمات بیمه باشند.

فرضیه سوم: درگیری مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری برند مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر

مشهد دارد. بعد از آزمون این فرضیه مشخص گردید که درگیری مشتری اثر مثبت و معناداری بر وفاداری مشتریان بیمه ایران در شهر مشهد دارد و فرضیه سوم تحقیق تایید شد. از جمله تحقیقات هم‌سو با این فرضیه می‌توان به مطالعات آگی و همکاران (۲۰۲۰)؛ خورشیدی ماسوله، اکبری و دوستار (۱۳۹۷)؛ سو، کینگ، اسپارکس و وانگ (۲۰۱۶)؛ کور، پاروتهی، ایسلام و هالبیک (۲۰۲۰)؛ نخعی، خدامی و نوروزی (۱۳۹۶) اشاره کرد. مشتریان وفادار در صنعت بیمه مزایای بسیاری مانند سوداوری، کاهش هزینه‌های بازاریابی، افزایش فروش شرکت، حساسیت قیمتی پایین و غیره به همراه دارد (وظیفه‌دوست و معماریان، ۱۳۹۲). داشتن مشتریان وفادار، آرزوی هر سازمانی است. در شرایط پر رقابت کنونی، شرکت‌های بیمه برای داشتن مشتریان وفادار نیازمند راهکارهای جدیدی برای جذب مشتری هستند. همان‌طور که پیش از این اشاره شد، درگیر کردن مشتری در مورد کالاها و خدمات شرکت یکی از روش‌های موثر در ایجاد ارتباطات بلندمدت و موثر با مشتری و داشتن مشتریان وفادار است. کارگزاران و نمایندگان بیمه ایران نیز توانسته‌اند از طریق برقراری و حفظ ارتباط با مشتریان، نظرسنجی مستمر و نظرخواهی از آنها در مورد خدمات بیمه ایران و نحوه ارائه آنها، بهره‌مندی از ایده‌ها و پیشنهادات آنان در مورد خدمات بیمه، توجه کردن به خواسته‌ها، نیازها و دغدغه‌های مشتریان و حل مشتاقانه مسائل آنان بر میزان وفاداری مشتریان تاثیر بگذارند. درگیری و مشارکت مشتریان در خدمات ارائه شده از سوی بیمه ایران و تعاملات فعالانه و سازنده دو طرفه موجب شده است که مشتریان بیمه ایران احساس مثبتی نسبت به شرکت داشته باشند، خود را عضوی از سازمان بدانند، احساس کنند که سازمان برای مشتریان خود، وقت و سرمایه آنها ارزش و احترام قائل است؛ لذا تمام این موارد و موارد مشابه دیگر موجب شده است که مشتریان بیمه ایران نسبت به سازمان وفادار باشند، نکات و پیام‌های مثبتی از بیمه ایران را به دیگران انتقال دهند و به دیگران نیز توصیه کنند که تحت پوشش بیمه ایران قرار گیرند.

فرضیه چهارم: درگیری مشتری رابطه میان اعتماد مشتری و وفاداری برند مشتریان نمایندگی‌های بیمه ایران در شهر مشهد را میانجی‌گری می‌کند. پس از آزمون این فرضیه مشخص گردید، درگیری مشتری رابطه میان اعتماد مشتری و وفاداری مشتری بیمه ایران در شهر مشهد را میانجی‌گری می‌کند. این نتیجه با مطالعه آگی و همکاران (۲۰۲۰) هم راستاست. تمام تعاملات و مبادلات نیازمند اعتماد هستند. هنگامی که اعتماد در یک رابطه وجود دارد، افراد تمایل به مشارکت و فعالیت‌های درگیرانه با سازمان دارند (آگی و همکاران، ۲۰۲۰). درگیری بالای مشتری در فرایند خرید کالا یا خدمت موجب بازگشت و تمایل خرید مجدد مشتری در میان‌مدت و بلندمدت می‌گردد (نخعی، خدامی و نوروزی، ۱۳۹۶). درگیری مشتری با یک برند، محصول یا خدمت نتایج مثبتی همچون وفاداری مشتری را به ارمغان خواهد داشت (اباس و همکاران، ۲۰۱۸). شرکت‌های بیمه می‌بایست مشتریان را در فرایند خلق ارزش مشارکت دهند چراکه درگیری مستقیم و غیر مستقیم مشتریان در فعالیت‌های سازمان موجب برقراری و حفظ رابطه با مشتریان و وفادار کردن آنها به سازمان خواهد شد.

با توجه به تاثیر مثبت اعتماد مشتری بر وفاداری مشتریان به برند به مدیران در صنعت بیمه پیشنهاد می‌شود که برای جلب اعتماد مشتریان کوشا باشند. بدین منظور می‌توانند از طرق مختلف اعتماد مشتریان را افزایش دهند. بدین منظور می‌توانند ارتباطات مستمر با مشتریان فعلی خود داشته باشند؛ مشتریان را از خدمات جدید بیمه مطلع سازند؛ تغییراتی که در طول قرارداد بیمه رخ می‌دهد را با مشتریان در میان بگذارند؛ خرید بیمه را برای بیمه‌گذار آسان سازند؛ دسترسی به شرکت را از طرق مختلف مانند شبکه‌های اجتماعی، تلفن گویا، وب‌سایت شرکت و غیره برای مشتریان تسهیل کنند تا مشتریان بتوانند هر زمانی که با مشکلی روبرو شدند با شرکت در ارتباط باشند و مشکل‌شان را حل کنند. با توجه به اینکه کارکنان نقش مهمی در ایجاد یا تخریب اعتماد مشتریان بیمه دارند، به مدیران بیمه پیشنهاد می‌شود که کارکنان خود را از لحاظ دارا بودن توانایی‌های حرفه‌ای و رعایت هنجارهای شرکت غربال کرده، به طور مستمر بر آنها نظارت داشته باشند و برای آنها دوره‌های بازآموزی تشکیل دهند. با توجه به اهمیت و نقش درگیری مشتریان بر وفاداری برند، پیشنهاد می‌شود شرکت‌های بیمه، خدمات جدیدشان را بر اساس نظر، خواسته‌ها و نیازهای مشتریان

تنظیم کنند، بدین طریق با مشارکت دادن مشتریان در این فرایند علاوه بر درگیر شدن مشتریان در فعالیت‌های سازمان می‌توان گام موثری در جلب اعتماد مشتریان برداشت. به مدیران شرکت‌های بیمه پیشنهاد می‌شود از طریق پاداش و سایر انگیزه‌های خرید، رفتارهای مشارکت و درگیری مشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

## منابع:

۶-الاهی‌نژاد، عباس؛ سقایی، مهدی؛ خاندوزی، بزرگمهر (۱۳۹۸). *تاثیر اعتماد، تعهد و رضایت مشتری بر وفاداری مشتری در هتل‌های شهر گرگان*. پایان‌نامه، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی و غیردولتی حکیم جرجانی گرگان.
۷-انصاری، آذرنوش؛ کتابی، سید نصیر؛ صابر، زینب؛ تیموری، هادی (۱۳۹۴). مطالعه رابطه میان رضایت، وفاداری و تمایل مشتری به تغییر برند در سازمان‌های خدماتی با در نظر گرفتن نقش تعدیلگر تنوع‌طلبی مشتریان و درگیری در قصد خرید. *تحقیقات بازاریابی نوین*، ۵(۲)، ۲۲۴-۲۱۱.
۸-حلاجی، زهرا؛ مهرابی، علی؛ میرزایی، امیر (۱۳۹۲). *بررسی رابطه عوامل موثر در رضایت و وفاداری مشتی در صنعت بیمه*، پایان‌نامه، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.
۹-حیدری، حامد؛ عبدالوند، ندا (۱۳۹۴). الگوی عوامل موثر بر رویگردانی مشتریان در شرکت بیمه. مدیریت برند، ۲(۳)، ۱۵۸-۱۳۵.
۱۰-حسینی، سید احمد؛ قاضی‌زاده، مصطفی؛ عباسی اسفنجانی، حسین (۱۳۸۷). بررسی تاثیر به کارگیری بازاریابی الکترونیکی بر عملکرد صادراتی صادرکنندگان نمونه بخش صنعت در سال‌های ۸۴-۱۳۸۷، *دانشور رفتار*، ۱۵(۳۲)، صص ۱۴۱-۱۲۵.
۱۱-حسینی، سید مهدی؛ نبوی، سید علی؛ نیلی، مهدی (۱۳۹۲). سنجش قابلیت اعتماد برند شرکت‌های بیمه بر تعهد وفاداری مشتریان، مدیریت، ۱۰(۲۹)، ۲۴-۱۳.
۱۲-حدادیان، علیرضا؛ رنجبریان، بهرام؛ رشیدکابلی، مجید؛ صنایعی، علی (۱۳۹۰). *پیش شرط‌ها و پیامدهای وفاداری مشتری:*

*طراحی الگوی وفاداری مشتریان برای فروشگاه‌های زنجیره‌ای ایران*. پایان‌نامه، دانشگاه اصفهان.
۱۳-خورشیدی ماسوله، الهام؛ اکبری، محسن؛ دوستار، محمد (۱۳۹۷). *بررسی تاثیر ویژگی‌های جامعه برندی آنلاین بر درگیری مشتری، تعهد به جامعه برندی، اعتماد به برندی و وفاداری برند*. پایان‌نامه، دانشگاه گیلان.
۱۴-رضوانی، شراره؛ احد مطلقی، احسان (۱۳۹۷). *نقش عملکرد عرضه‌کننده در ایجاد اعتماد و ماندگاری در مشتری با نقش تعدیلگر اندازه سازمان (مورد مطالعه: فروشگاه‌های شهروند پهنه شمال)*، پایان‌نامه، دانشگاه پیام‌نور.
۱۵-زارع‌پور خالکیاسری، جواد؛ لگزیان، محمد؛ مهارتی، یعقوب (۱۳۹۵). *بررسی تاثیر رضایت مشتری بر قصد خرید مجدد مشتری از طریق اعتماد و وفاداری مشتریان در فروشگاه‌های آنلاین معتبر شهر مشهد*، پایان‌نامه، دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۶-سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس؛ حجازی، الهه (۱۳۸۴). *روش‌های تحقیق در علوم رفتاری*، تهران، انتشارات آگاه، چاپ بیستم.
۱۷-شاهمرادی چراغتپه، جیران؛ زنوزی، سید جعفر؛ ابوالفضلی، سید ابوالفضل (۱۳۹۶). *بررسی تاثیر ارزش درک شده و اعتماد بر وفاداری مشتریان به فروشگاه‌های خرده‌فروشی با نقش میانجی رضایت مشتری*، پایان‌نامه، دانشگاه ارومیه.
۱۸-شیرخدایی، میثم؛ شاهی، محبوبه؛ نجات، سهیل؛ محمودی نسب، سحر (۱۳۹۶). بررسی تاثیر رسانه‌های اجتماعی بر شکل‌گیری اعتماد و وفاداری به برند در جامعه برند (مطالعه موردی: شبکه اجتماعی اینستاگرام). *تحقیقات نوین بازاریابی*، ۷(۳)، ۱۲۴-۱۰۶.
۱۹-شفیعی‌نیا، پروین؛ مرادی، محسن؛ مقدسی، علیرضا (۱۳۹۶). *بررسی تاثیر درگیری مشتری با شبکه‌های مجازی بر ارتباط کلامی با نقش واسط خلق ارزش و چسبندگی مشتری (مطالعه موردی: مشتریان بانک ملی مشهد)*. پایان‌نامه، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع).
۲۰-کریمی علویجه، محمد رضا؛ محمدامینی، طیبه (۱۳۹۶). رابطه خدمات منصفانه و کیفیت خدمات با رضایت، اعتماد و وفاداری مشتریان در بانک. *چشم‌انداز مدیریت بازرگانی*، ۳۰، ۱۰۸-۸۹.
۲۱-نیکخوی، نوید (۱۳۹۹). *بررسی تاثیر اعتماد بر وفاداری مشتری با واسطه گری درگیری مشتری (مورد مطالعه: نمایندگی های بیمه ایران در شهر مشهد)*، پایان‌نامه، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی- غیر دولتی فردوس.
۲۲-گنجه‌ء، امین (۱۳۹۶). *بررسی تاثیر ارزش ادراک شده مشتریان بر وفاداری مشتریان با نقش واسطه اعتماد مشتری (مشتریان بیمه ایران مرکز آذربایجان شرقی)*، پایان‌نامه، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی- غیر دولتی علم و فناوری شمس.
۲۳-مرادی، محسن؛ موسوی، محمد؛ علی‌مردانی، بهناز (۱۳۹۰). مدل وفاداری مشتری در صنعت بیمه (مورد مطالعه: یک شرکت بیمه‌ای). *پژوهشنامه بیمه*، ۲۶(!)، ۵۱-۳۱.
۲۴-مردانی، مهسا؛ علوی‌نژاد، سیده سمیه (۱۳۹۴). *بررسی درگیری مشتری در شبکه اجتماعی (مورد مطالعه: رفتار مشتری مربوط به صنعت پوشاک ورزشی شرکت نایک در فیسبوک)*. پایان‌نامه، موسسه آموزش عالی نیما.
۲۵-مهرعلی، مریم؛ اکبری، مرتضی؛ سید امیری، نادر (۱۳۹۶). *تاثیر مسئولیت‌پذیری اجتماعی شرکت‌ها بر وفاداری مشتری و جایگاه برند از طریق میانجی رضایت مشتری، شناسایی مشتری، ارزش مشتری و اعتماد مشتری (مورد مطالعه: شرکت راه تمدن پارسیان کیش)*. پایان‌نامه، دانشگاه کاشان.
۲۶-نخعی، حامد؛ خدامی، سهیلا؛ نوروزی، حسین (۱۳۹۶). *بررسی تاثیر درگیری مصرف‌کننده با برند بر وفاداری برند مصرف‌کننده (مطالعه موردی: استفاده‌کنندگان کامپیوترهای شخصی در بین دانشجویان دانشگاه‌های تهران)*. پایان‌نامه، دانشگاه خوارزمی.
۲۷-وظیفه‌دوست، حسین؛ معماریان، شیما (۱۳۹۲). رابطه رفتار اخلاقی فروشنده با رضایت، اعتماد و وفاداری بیمه‌گذاران در بیمه‌های عمر، بیمه، ۲۹(۱)، ۱۵۱-۱۲۷.

28-André, A. R. Q. (2020). *Consumer engagement with a brand on Facebook* (Doctoral dissertation).
29-Abbas, M., Gao, Y., & Shah, S. S. H. (2018). CSR and customer outcomes: The mediating role of customer engagement. *Sustainability*, *10*(11), 4243.
30-Aramburu, I. A., & Pescador, I. G. (2019). The effects of corporate social responsibility on customer loyalty: The mediating effect of reputation in cooperative banks versus commercial banks in the Basque country. *Journal of Business Ethics*, *154*(3), 701-719.
31-Agyei, J., Sun, S., Abrokwah, E., Penney, E. K., & Ofori-Boafo, R. (2020). Influence of trust on customer engagement: Empirical evidence from the insurance industry in Ghana. *Sage Open*, *10*(1), 2158244019899104.
32-Bilal, A., Siddique, M., & Shafiq, M. A. (2023). An Analysis Of Social Media Marketing In Developing Customer Engagement And Customer Loyalty: The Moderating Role Of Brand Trust. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture*, *33*, 5640-5664.
33-Bowen, J. T., & Chen, S. L. (2001). The relationship between customer loyalty and customer satisfaction. *International journal of contemporary hospitality management*.
34-Bowden, J. L. H. (2019). The process of customer engagement: A conceptual framework. *Journal of marketing theory and practice*, *17*(1), 63-74.
35-Carvajal Zaera, E., Paredes Paredes, J. R., Domínguez de la Concha-Castañeda, M., & Galán González, J. L. (2023). Value, satisfaction and loyalty in the retail industry: A theoretical approach to loyalty. *ESIC Digital Economy & Innovation Journal, 2, e056.*
36-Chou, S. K., & Kohsuwan, P. (2019). Impact of Corporate Image, Service Quality, Trust, and Perceived Value on Chinese Customer Satisfaction and Loyalty. *HUMAN BEHAVIOR, DEVELOPMENT and SOCIETY*, *20*(3), 41-51.
37-Dijkmans, C., Kerkhof, P., & Beukeboom, C. J. (2015). A stage to engage: Social media use and corporate reputation. *Tourism management*, *47*, 58-67.
38-Hart, S., Smith, A., Sparks, L., & Tzokas, N. (1999). Are loyalty schemes a manifestation of relationship marketing?. *Journal of marketing management*, *15*(6), 541-562.
39-HarridgeMarch, S. (2006). Can the building of trust overcome consumer perceived risk online? *Marketing intelligence & planning*, 24(7), 746-761.
40-Jacoby, J. (1971). Model of multi-brand loyalty. *Journal of advertising research*, *11*(3), 25-31.
41-Jinxia, L. (2023). *Customers' Perception and Customers' Loyalty in Chinese Banks* (Doctoral dissertation, Concordia University Chicago).
42-Kaur, H., Paruthi, M., Islam, J., & Hollebeek, L. D. (2020). The role of brand community identification and reward on consumer brand engagement and brand loyalty in virtual brand communities. *Telematics and Informatics*, *46*, 101321.
43-Kosiba, J. P., Boateng, H., Okoe, A. F., & Hinson, R. (2018). Trust and customer engagement in the banking sector in Ghana. *The Service Industries Journal*, 1-14.
44-Mahmood, A., Rana, M. L. T., & Kanwal, S. (2018). Relationship between Service Quality, Customer Loyalty and Customer Satisfaction. *Lahore Journal of Business*, *6*(2).
45-Meyer, J.P. & Allen, N.J. (2017). The commitment-brandloyaly of relationship marketing, CA: Sage Publications.
46-Pritchard, M. P., & Howard, D. R. (1997). The loyal traveler: Examining a typology of service patronage. *Journal of travel research*, *35*(4), 2-10.
47-Shi, X., & Liao, Z. (2015). Inter-firm dependence, inter-firm trust, and operational performance: The mediating effect of e-business integration. *Information & Management*, *52*(8), 943-950.
48-Schirmer, N., Ringle, C. M., Gudergan, S. P., & Feistel, M. S. (2018). The link between customer satisfaction and loyalty: The moderating role of customer characteristics. *Journal of Strategic Marketing*, *26*(4), 298-317.
49-Sobel, M. E. (2019). Asymptotic intervals for indirect effects in structural equations models. In S. Leinhart (Ed.), *Sociological methodology*, 290-312.

50-So, K. K. F., King, C., Sparks, B. A., & Wang, Y. (2016). The role of customer engagement in building consumer loyalty to tourism brands. *Journal of Travel Research*, *55*(1), 64-78.
51-Sashi, C. M. (2012). Customer engagement, buyerseller relationships, and social media. *Management decision*.
52-Swan, J. E., Bowers, M. R., & Richardson, L. D. (1999). Customer trust in the salesperson: An integrative review and meta-analysis of the empirical literature. *Journal of business research*, *44*(2), 93-107.
53-Van Doorn, J., Lemon, K. N., Mittal, V., Nass, S., Pick, D., Pirner, P., & Verhoef, P. C. (2010). Customer engagement behavior: Theoretical foundations and research directions. *Journal of service research*, *13*(3), 253-266.
54-Wixom, B. H (2010). An empirical investigation of the factors affecting data warehousing success. *MIS quarterly*, 17-41.
55-Zaera, E. C., Paredes-Paredes, J. R., de la Concha Castañeda, M. D., & González, J. L. G. (2023). Value, satisfaction and loyalty in the retail industry: A theoretical approach to loyalty. *ESIC Digital Economy and Innovation Journal*, *2*, e056-e056.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

# مروری بر ابزارها و روش‌های داده‌کاوی موثر بر مخازن‌کاوی نرم‌افزار

Doi: 10.30508/kdip.2024.453254.1102

حدیث شفائی[1]

۱-گروه مهندسی نرم افزار، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۱
صفحه: ۷۵ - ۵۴

## چکیده

مخازن‌کاوی نرم‌افزار، عملیات استخراج و تحلیل داده ارزشمند از مخازن نرم‌افزاری است. از این رو استفاده از ابزارها و روش‌های داده‌کاوی مناسب برای کاوش درست مخازن نرم افزاری بسیار حائز اهمیت است. داده‌هایی که از مخازن‌کاوی نرم‌افزار بدست می‌آید، برای توسعه نرم‌افزار مفید می‌باشد و توسعه نرم‌افزار نیز هدف نهایی مخازن‌کاوی نرم‌افزار است. در این تحقیق کمیت و کیفیت پژوهش‌ها در استفاده از ابزارها و روش‌های داده‌کاوی با استفاده از پایگاه گوگل اسکولار مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که ابزارهایی چون GNUPlot ، RapidMiner، Weka، Eclips، برنامه‌هایی چون Perl و R توسط محققین به منظور مخازن‌کاوی نرم‌افزار بسیار مورد کاربرد است که در بهینه‌سازی کاوش مخازن نرم‌افزاری و تکامل کد و کنترل نسخه و ردیابی اشکال و تغییرات صحیح کد بسیار موثر می‌باشد. تعداد پژوهش‌های صورت گرفته با ابزار مورد نظر کمتر از نیمی از تعداد پژوهش‌ها انجام شده با سایر ابزارها را در بر می‌گیرد، که به نسبت نشان دهنده استقبال خوب محققین از ابزارهای مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** مخازن کاوی نرم‌افزار، توسعه نرم افزار، گوگل اسکولار، ابزارها و روش‌های داده‌کاوی.

## ۱- مقدمه

کاوش مخازن نرم‌افزاری[1] (MSR) یک حوزه تحقیقی در حال رشد از مهندسی نرم‌افزار (SE) می‌باشد. بنابر ضرورت آن از سال ۲۰۰۴، تعداد زیادی از پژوهش‌ها جنبه‌های متفاوتی از این مطالعات را مورد تحلیل قرار داده‌اند. مخازن‌کاوی نرم‌افزاری به عنوان یک جهت تحقیقاتی در دهه گذشته ضرورت یافته است و در دو زمینه تحقیقاتی و عملیاتی برای پشتیبانی وظایف نگهداری نرم‌افزار موفقیت قابل‌توجهی به دست آورده است. مخازن نرم‌افزاری شامل مخازن اشکال[2]، آرشیوهای ارتباطات، و مخازن کنترل منبع، ... می‌باشد. مخازن مورد استفاده برای پشتیبانی نگهداری نرم‌افزار، دربرگیرنده اطلاعات غیرمرتبط در هر مخزن هستند که منجر به کاهش کارایی یا حتی نتایج اشتباه می‌شود (ویدونی[3]، ۲۰۲۲). فرآیند نظام‌مند برای مخازن‌کاوی نرم‌افزار، مرور ادبیات نظام‌مند هدایت‌شده (SLRs) را به منظور تحلیل مواد و تضمین ارتباط مطالعات موجود برای پروژه‌های تحقیقی شامل می‌شود. این فرآیند به شناسایی چگونگی هدایت مطالعات مخازن‌کاوی نرم‌افزار بویژه از نظر انتخاب مخزن و استخراج داده کمک می‌کند. تعداد زیادی مطالعات MSR رویکرد نظام‌مندی را در انتخاب مخزن یا انتخاب گزارش و پروتکل‌های استخراج داده دنبال نمی‌کنند. در نتیجه به دستورالعمل انجام مطالعات نظام‌مند به طور موثر نیاز می‌باشد. مخازن‌کاوی نرم‌افزار، در تحلیل داده درون مخازن نرم‌افزاری به منظور استخراج دید ارزشی در مورد سیستم‌های نرم‌افزاری و پروژه‌ها کاوش می‌کنند. محققین در این حوزه سوالات مهندسی نرم‌افزاری متنوعی را با استفاده از داده مخزن همانند ارزیابی نرم‌افزار، مدل‌های فرآیند توسعه، توصیف توسعه‌دهنده، پیش‌بینی کیفیت‌های نرم‌افزار، تکنیک‌های یادگیری ماشین روی داده پروژه، پیش‌بینی خطا، تحلیل الگوی تغییر کد، و شبیه‌سازی کد استخراج می‌کنند. اهمیت MSR با توجه به داده محور شدن جامعه و تجارت افزایش یافته است. علاقه صنعت به تبدیل داده مخازن نرم افزار به بینش‌های عملی برای شیوه‌های توسعه برتر در حال رشد است. تحلیل‌های به کار برده شده برای توسعه نرم‌افزار مشابه استفاده از آن در بازاریابی برای درک مشتریان محبوب‌تر می‌شود (سان، لی، لیونگ، لی و لی[4]، ۲۰۱۵).

## ۲- مبانی نظری

فرآیند نرم‌افزار مجموعه‌ای از فعالیت‌های مرتبط که در تولید یک بسته نرم‌افزاری به اوج خود می‌رسد: خصیصه‌سازی، طراحی، پیاده‌سازی، تست، تکامل در نسخه‌های جدید، و نگهداری، همچنین فعالیت‌های پشتیبانی دیگری همچون پیکربندی و مدیریت تغییر، تضمین کیفیت، مدیریت پروژه، ارزیابی تجربه کاربری، غیره. مخازن نرم‌افزاری، زیرساخت‌هایی برای پشتیبانی تمامی این فعالیت‌ها می‌باشد. آن‌ها می‌توانند از چندین سیستم شامل؛ مدیریت تغییر کد، ردیابی اشکال، بررسی کد، سیستم ساخت، انتشار باینری، ویکی‌ها، انجمن‌ها و غیره است (یو[5]، ۲۰۱۲). مخازن‌کاوی نرم‌افزار (MSR) یک زمینه تحقیقات مهندسی نرم‌افزار است که به تحلیل و درک مخازن داده‌ای مرتبط با توسعه نرم‌افزار کمک می‌کند.

1- Mining Software Repository
2- Bugs
3- Vidoni
4- Sun, Li, Leung, Li, & Li
5- Yu

هدف اصلی MSR استفاده هوشمندانه از این مخازن نرم‌افزاری برای پشتیبانی فرآیند تصمیم‌گیری توسعه نرم‌افزار می‌باشد (شانگ، آدامز، و حسان[1]، ۲۰۱۲). حوزه مخازن‌کاوی نرم‌افزار داده در دسترس را برای افزایش بهره‌وری توسعه‌دهندگان و کاهش هزینه‌های پروژه استفاده می‌کند. استفاده از تمام داده‌های موجود، ساختاریافته و غیرساختاریافته فواید را به حداکثر می‌رساند (شانگ و همکاران، ۲۰۱۲). اصطلاح مخازن کاوی نرم‌افزار برای توصیف دسته وسیعی از تحقیقات در بررسی مخازن نرم‌افزاری است. مخازن نرم‌افزاری به مصنوعاتی اطلاق می‌شود که در طول تکامل نرم‌افزار تولید و بایگانی می‌شود. آن‌ها شامل منابعی همانند؛ اطلاعات ذخیره شده در سیستم‌های کنترل نسخه کد منبع (مانند سیستم نسخه‌های همزمان (CVS))، سیستم‌های نیازها/ سیستم های ردیابی اشکال (مانند باگ زیلا)، و بایگانی ارتباطات (مانند ایمیل) می‌باشد. این مخازن اطلاعات ارزشمندی را در خود جای داده است و دید منحصر به فردی از مسیر تکامل واقعی برای تحقق یک سیستم نرم‌افزاری ارائه می‌دهد (وندکرویس و همکاران[2]، ۲۰۰۸).

در تحقیق ویدونی (۲۰۲۲) یک مرور ادبی نظام‌مند از مطالعات MSR به منظور پیروی از راهنما و الگوی پیشنهاد شده توسط Mian و همکاران، انجام شده است. این راهنما به منظور فراهم‌نمودن چارچوب برای مطالعات نظام‌مند MSR بسط داده شده است و مورد تجدید نظر قرار گرفته است. از آنجاکه مطالعات MSR، تحقیق مبتنی بر شواهد می‌باشند، به ندرت فرآیند نظام‌مندی را دنبال می‌کنند. بنابراین ضرورت ایجاد راهنما برای انجام نظام‌مند مطالعات MSR بیش از پیش احساس می‌شود. راهنماهای جدید و یک الگو پیشنهاد شده است که مطالعات مرتبط در حوزه MSR و راهبردها برای مرور ادبی نظام‌مند را یکپارچه می‌کند. برای یک وظیفه نگهداری در حال اقدام، نگهدارنده نیاز به پیاده‌سازی درخواست نگهداری روی سیستم جاری دارد. در مقاله سان و همکاران (۲۰۱۵)، رویکرد MSR4SM برای استخراج اطلاعات غیرمرتبط از هر مخزن نرم‌افزاری مبتنی بر درخواست نگهداری و سیستم جاری پیشنهاد می‌شود. اگر اطلاعات در یک مخزن نرم‌افزاری مرتبط با درخواست نگهداری یا سیستم جاری باشد، این اطلاعات می‌بایست دربردارنده انجام وظیفه جاری نگهداری باشد. MSR4SM مدل موضوعی را برای استخراج موضوع از این مخازن نرم‌افزاری استفاده می‌کند. سپس اطلاعات مرتبط در هر مخزن نرم‌افزاری مبتنی بر موضوع استخراج می‌شود. MSR4SM برای دو وظیفه نگهداری، تحلیل اثر تغییر و ویژگی مکانی که مبتنی بر چهار سیستم موضوعی به نام‌های Rhino، ArgoUML، jEdit،و KOffice هستند. نتایج تجربی نشان می‌دهد کارایی مخازن نرم افزاری سنتی مبتنی بر وظایف نگهداری بوسیله MSR4SM می‌تواند به میزان زیادی بهبود یابد. مقدار زیادی اطلاعات نامرتبط در مخازن نرم‌افزاری وجود دارد. قبل از استفاده از آن‌ها برای پیاده‌سازی یک وظیفه نگهداری در دست اقدام، نیاز به پیش پردازش آن ها وجود دارد. که در نتیجه انجام آن، بهبود کارایی وظایف نگهداری حاصل خواهد شد.

در تحقیق یوو (۲۰۱۲) رویکرد جدید در زمینه برنامه‌نویسی تکاملی مبتنی بر روش یادگیری جمعی ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات وزنی نامتقارن (LSSVM) برای مخازن‌کاوی پیشنهاد می‌شود. در این روش ابتدا مدل وزنی نامتقارن LSSVM پیشنهاد می‌شود و سپس جزییات فرآیند ساخت روش یادگیری جمعی LSSVM وزنی نامتقارن مبتنی بر EP شرح داده می‌شود. مجموعه‌های داده ناقص دو نرم‌افزار در دسترس عموم در نهایت برای تجسم و سنجش کارایی روش یادگیری جمعی LSSVM وزنی نامتقارن مبتنی بر EP استفاده شدند. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که روش یادگیری جمعی LSSVM وزنی نامتقارن مبتنی بر EP می‌تواند صحت دسته‌بندی بهتری را در مخزن‌کاوی نرم‌افزار نسبت به روش‌های دسته‌بندی لیست شده در این تحقیق بدست دهد. حوزه کاوش مخازن نرم‌افزاری (MSR) داده مخزن نرم‌افزار را برای کشف دانش و ارزیابی توسعه داده برای هر سیستم پیچیده و در حال رشد تحلیل می‌کند. به هر حال در زمان مطالعه MSR با مقیاس بزرگ، رویکردها و چارچوب‌های موجود برای تحلیل MSR با چالش‌های زیادی مواجه هستند.

1- Shang, Adams, & Hassan
2- Vandecruys & etal

چنین رویکردها و چارچوب‌هایی به ندرت مقیاس خارج از چارچوب دارند. در عوض، آن ها اغلب به ترفند ها و طراحی مقیاس بندی سفارشی نیاز دارند، که این موضوع برای نگهداری هزینه بر است و برای سایر انواع تحلیل قابلیت استفاده مجدد ندارد. در مقاله شانگ و همکاران (۲۰۱۲)، باور بر این است که جامعه وب پیش از این با تعداد زیادی چالش‌های مقیاس‌بندی مهندسی نرم‌افزار همانند این که مجبورند با رشد فزاینده داده وب مقابله کنند. در این تحقیق استفاده از چارچوب مقیاس‌بندی وب به عنوان یک زبان آماده‌سازی داده به هدف مطالعه MSR مقیاس بزرگ گزارش می‌شود. همچنین از طریق سه مطالعه موردی به دقت کاربرد این چارچوب وب برای آماده‌سازی داده (به عبارت دیگر استخراج، انتقال، و بارگذاری، ETL)، به منظور تحلیل بیشتر اعتبارسنجی می‌شود. علی‌رغم محدودیت‌هایی که وجود دارد، هنوز محققین MSR شیوه pig را در مطالعات مقیاس بزرگ توصیه می‌کنند و این به دلیل انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری pig می‌باشد. گزارش تجربی در این مقاله به محققین کمک خواهد کرد که مقیاس‌بندی را در تحلیل خود داشته باشند. مدیران نرم‌افزار به طور معمول با پروژه های نرم‌افزاری مواجه هستند، که اشکال‌ها یا ناسازگاری‌هایی را شامل می‌شوند که از حدود هزینه و بودجه تخطی می‌کنند. بوسیله مخزن‌کاوی نرم‌افزار روش‌های جامع داده‌کاوی، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده می‌توانند بینشی را به مدیران نرم‌افزاری ارائه دهند که برای رویارویی با مشکلات کیفیت و بودجه از طریق یک روش کارا به آن نیاز دارند.

تحقیق وندکرویس و همکاران (۲۰۰۸) مرتبط با نقش روش دسته‌بندی مبتنی بر بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACO) می‌باشد که در آن Ant Miner++می‌تواند به عنوان یک روش داده‌کاوی جامع برای پیش‌بینی اشکالی ماژول‌های نرم‌افزاری بازی می‌کند. در یک مقایسه تجربی روی سه مجموعه داده عمومی جهان مدل‌های مبتنی بر قانون تولید شده بوسیله Ant Miner++ صحت پیش بینی را نشان می‌دهد که قابل رقابت با سایر روش‌های دسته‌بندی همانند C۴٫۵ ، رگرسیون لجستیک و ماشین بردار پشتیبان می‌باشد. بعلاوه، در این تحقیق در نظر گرفتن جامعیت و شهودی بودن مدل Ant Miner++ به عنوان مدل برتر نسبت به مدل‌های اخیر بحث می‌شود. در سیستم‌های کنترل نسخه همانند Subversion مخازن نرم‌افزاری کل تغییرات نگهداری انجام شده برای سازه کد منبع را در طول تکامل سیستم نرم‌افزاری حفظ می‌کند. داده مستند شده از تاریخچه نسخه به عنوان تثبیت۱ سازمان‌دهی می‌شود. به هر حال، این تثبیت‌ها، برچسبی را برای شناسایی تغییر انجام شده مرتبط با تثبیت حفظ نمی‌کنند.

بنابراین جزییات کمی برای هدایت توسعه دهندگان برای تغییرات مرتبط با نوع خاصی از نگهداری وجود دارد. هدف از تحقیق مقداد، آلهیندواوی، اسکاران، سایفان، و میقدادی۲ (۲۰۱۹) آزمایش تاریخچه نسخه از یک سیستم منبع باز برای دسته‌بندی خودکار تثبیت نسخه در یکی از دو طبقه‌بندی به نام تثبیت‌های تطبیقی و غیرتطبیقی می باشد. در این مقاله تثبیت‌های تاریخچه نسخه از سه سیستم منبع باز، جمع‌آوری می‌شود، سپس ۸ معیار تغییر کد متفاوت مرتبط بدست آورده می‌شود. برای مثال تعداد جملات تغییر داده شده، روش‌ها، و hunkها۳، و فایل‌ها. بر اساس این معیارهای تغییر، در تحقیق، یک رویکرد یادگیری ماشین برای دسته‌بندی تثبیت تطبیقی ایجاد شده است. در نتایج مشاهده می‌شود که معیارهای تغییر می‌تواند فعالیت‌های نگهداری تطبیقی را مشخص کند. همچنین یافته‌های دسته‌بندی نشان می‌دهد که دسته‌بند یادگیری ماشین توسعه داده شده به طور تقریبی ۷۵ درصد صحت پیش‌بینی در تاریخچه‌های تغییر برچسب دارد.

روش پیشنهادی فرآیند آزمایش تاریخچه نسخه از یک سیستم نرم‌افزاری خودکارسازی می‌کند و تثبیت‌ها را برای سیستم‌هایی که مرتبط با یک وظیفه نگهداری تطبیقی هستند، شناسایی می‌کند. ارزیابی روش کارایی و کاربردی بودن آن را پشتیبانی می‌کند. اگر چه ارزیابی دسته‌بند پیشنهادی تاریخچه تغییر برچسب نشده نشان می‌دهد که بهتر از حدس تصادفی از نظر معیار

1- Commit
2- Meqdadi, Alhindawi, Alsakran, Saifan, & Migdadi
3- Hunks : blocks of changes typically found in unified diff patch files, or, more commonly today, found in Git patches

۱F نیست. به نظر می‌رسد که دسته‌بند پیشنهادی به عنوان پایه برتر برای توسعه دسته‌بندی پیشرفته به کار گرفته خواهد شد که توان پیش‌بینی تثبیت‌های تطبیقی را بدون نیاز به تلاش دستی دارا می‌باشد. در تحقیق ووینی، و تلا۲ (۲۰۰۷) تلاش‌های صورت‌گرفته برای تجمیع روش‌های بصری‌سازی۳ اطلاعات در مدیریت پیکربندی برای سیستم‌های نرم‌افزاری توصیف می‌شود و تمرکز برای کمک به مهندس نرم‌افزار در مدیریت ارزیابی سیستم‌های بزرگ و پیچیده بوسیله پیشنهاد روش‌های کارا و موثر برای پرس و جو و ارزیابی ویژگی‌های سیستم با استفاده از روش‌های بصری است. برای رسیدن به این مهم، در این تحقیق چندین روش از حوزه‌های مختلف ترکیب می‌شوند. ابتدا، یک دستورالعمل ساخته می‌شود، که امکان پرس و جوی کلی و داده‌کاوی از انواع مختلف مخازن نرم‌افزاری همانند CVS و Subversion را فراهم می‌کند. با استفاده از این زیرساخت۴، چندین مدل از تکامل کد منبع نرم‌افزار در سطوح متفاوت از جزییات اعم از پروژه و بسته گرفته تا تابع و خط کد ساخته شده است.

دوم، یک مجموعه از دیدها توصیف می‌شود که امکان آزمایش مدل‌های تکامل کد در سطوح متفاوت از جزییات و از جنبه‌های مختلف توصیف می‌شود. سه دید به صورت جزئی بررسی شده است: دید فایل تغییرات در سراسر سطح خطی تعداد زیادی نسخه از یک یا چند فایل را نشان می‌دهد. دید پروژه، تغییرات در سطح فایل را در کل پروژه‌های نرم‌افزاری نشان می‌دهد. دید تجزیه، تغییر در زیرسیستم کل پروژه‌ها را نشان می‌دهد. چگونگی روش‌های پیشنهادی تجسم می‌شود که یک مجموعه ابزار کاملا عملیاتی پیاده سازی می‌شود که برای جواب به سوالات غیربدیهی در چندین پروژه نرم‌افزاری جهان واقعی و اندازه صنعت استفاده می‌شود. کار تحقیق در تقاطع مهندسی نرم‌افزار (SE) کاربردی و بصری‌سازی اطلاعات می‌باشد که هدف از مجموعه ابزار تحقیق مذکور، تجمیع دقیق روش‌های ارتقا بوسیله حوزه InfoVis در زمینه ۵SE می‌باشد. مولفه زبان نقش مهمی را در بازیابی داده/اطلاعات بازی می‌کند. بازیابی داده اغلب برای دریافت داده از نرم‌افزار تجاری با مشکل مواجه می‌شود. پیدایش مخزن منبع باز در جمع‌آوری داده نرم‌افزاری سهم فوق العاده داشته است. نکات برجسته تحقیق روش بازیابی داده برای نرم‌افزارکاوی از مخزن نرم‌افزار منبع باز گسترده، SourceForge می‌باشد. به منظور خودکارسازی بازیابی داده از مخزن، یک تجزیه‌کننده۶ با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون نوشته شده که مبتنی بر الگوریتم تطبیق الگو است. داده بازیابی شده بعدا برای تخمین کیفیت نرم‌افزار منبع باز استفاده می‌شود (باکار۷، ۲۰۱۱). در تحقیق یک مدل مبتنی بر گراف ناهمگن جدید برای ضبط و رسیدگی به همه اطلاعات پیچیده و با همبستگی قوی از یک شبکه اجتماعی توسعه‌دهنده نرم‌افزار (DSN) برای پشتیبانی چندین وظیفه تحلیلی پیشنهاد شده است. بویژه، مسئله چالشی استخراج خودکار جوامعی از توسعه‌دهندگان نرم‌افزار که با تکیه بر یافته‌های تحلیل شبکه اجتماعی (SNA)، علایقی را برای پروژه‌های مشابه به اشتراک می‌گذارند.

برای غلبه بر موضوع حجم انبوه گراف، روش‌های مختلف تعبیه گراف استفاده شده است. در تحقیق رویکرد پیشنهادی با جنبه نوآوری از نقطه نظر کارایی و موثر بودن با انجام آزمایش‌ها و با استفاده از مجموعه داده GitHub با سایر رویکردها مقایسه شده است (دلوکا و همکاران۸، ۲۰۲۳). بیشترین تمرکز محققین مخازن نرم‌افزاری، روی تحلیل معایب و فرآیندهای توسعه در رابطه با برنامه‌های منبع باز می‌باشد. بنابراین یک فضای خالی بین پروژه‌های نرم‌افزاری صنعتی و منبع باز وجود دارد که بویژه مرتبط با طرح‌های۹ متفاوتی برای ایجاد مخازن نرم‌افزاری و

1- F-measure
2- Voinea, & Telea
3- Visualization
4- Infrastructure
5- Software Engineering
6- Parser
7- Bakar
8- De Luca, Fasolino, Ferraro, Moscato, Sperlí, & Tramontana
9- Schemes

توسعه طرح ها می‌باشد و این مسئله به طور خاص برای سیستم‌های تعبیه شده، صحت دارد، به طوری‌که بازارهای بزرگ را بدست می‌آورند و پیچیده‌تر می‌شوند، هدف از تحقیق پلازک، و ساسنوسکی[1] (۲۰۲۱) کشف مخازن نرم‌افزاری سیستم‌های تعبیه شده صنعتی و حصول ویژگی‌های مشخصه به منظور ارزیابی کیفیت و شناسایی مشکلات مربوط به کار با فرآیندهای توسعه می‌باشد. روش کار در این تحقیق رویکردی جدید برای تحلیل مخازن نرم‌افزاری مبتنی بر پنج دستاورد جدید از موضوع مخازن کنترل کد و ردیابی می‌باشد. در این پروژه فعالیت‌های متنوعی همانند ایجاد توابع جدید، رفع اشکال، بهبود کارایی، اصلاح تست‌ها) و تحلیل آن‌ها در متن، نه فقط در تک پروژه، بلکه در یک مجموعه از پروژه‌های مرتبط توسعه داده شده در شرکت توسط عوامل پروژه انجام می‌شود.

این موضوعات در تحقیق‌های قبلی نادیده گرفته شده است. این تحلیل‌ها به رویکرد کلی‌نگر جدید برای مخزن‌کاوی شامل معیارهای آماری، متن کاوی، و تکنیک‌های یادگیری ماشین نیاز دارد. در جستجوی پروژه‌های صنعتی منتخب ۴۰-۷۵٪ از موضوعات مربوط به معایب است؛ گزارش‌های موضوعی و شرح تعهدات شامل مقدار زیادی داده می‌باشد که در تحقیق‌های قبلی نادیده گرفته شده‌اند. این داده‌ها یافتن انواع گوناگونی از تغییر کد را تسهیل می‌کند و به شناسایی نقایص در مخازن نرم‌افزاری کمک می‌کند. در نتیجه تحلیل مخزن در این تحقیق یک دید وسیع و کامل از پروژه بدست می‌آید که به توسعه پروژه منتهی می‌شود. معماری ریزسرویس‌ها یک الگوی سرویس‌گرای ضروری است که به طور وسیعی در صنعت برای توسعه و استقرار سیستم‌های نرم‌افزاری مقیاس‌پذیر استفاده شده است. ایده‌ی برجسته‌ی تحقیق آسانکائو، کراگر، ماسر، وسلائونی ۲ (۲۰۲۳) طراحی سرویس های خیلی مستقل است که واحدهای کوچکی از عملکرد هستند و می توانند با همدیگر از طریق واسط‌های سبک‌وزن تعامل کنند. هدف از این تحقیق بررسی چالش‌های طراحی و نگهداری ریزسرویس‌ها و یافتن جواب برای وجود استقلال عملی در ریز سرویس‌ها است. بنابراین درک چگونگی و چرایی چرخه عمر ریزسرویس‌ها، برای نمونه در حوزه بازسازی و بهبود معماری یک سیستم یا برای توسعه ابزار پشتیبانی، بسیار مهم می‌باشد. به منظور بهبود دید در چگونگی ریزسرویس‌ها، یک مطالعه تجربی در مقیاس بزرگ روی فرگشتی[3] ریزسرویس‌های در ۱۱ سیستم منبع باز شامل ۷۳۱۹ تحلیل کمی و کیفی، انجام شده است. نتایج کمی نشان می‌دهد که الگوهای بازگشتی از فرگشتی تمام سیستم‌ها، برای نمونه تثبیت‌های «تشریح انفجاری[4]» و ریزسرویس‌ها که به میزان زیادی مستقل هستند، در تاپل‌ها یا تقریبا تمامی تغییرات تکامل می‌یابند. نتایج به وسیله تحلیل تثبیت‌های تکامل سرویس به صورت کیفی برای استخراج مستقل ریزسرویس‌ها معرفی می‌شود و تکامل خاص آن‌ها آن ها را به دست می‌دهد. انجام این تحقیق درک متخصصین و محققین در مورد چگونگی و بهبود ریزسرویس ها و تکامل می‌بخشد. تحقیق مخزن‌کاوی نرم‌افزار و تحلیل داده از چندین مخزن نرم‌افزار برای فهم تاریخچه توسعه از سیستم‌های نرم‌افزاری و برای پیشنهاد روش‌های برتر برای تکامل چنین سیستم‌هایی در آینده انجام می‌شود. گومین و مینس[5] (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی فعالیت‌ها و تعامل‌های بین افراد مشارکت‌کننده در فرآیند توسعه نرم‌افزار پرداختند. چالش اصلی در چنین موقعیت‌هایی قابلیت تعیین و احراز هویت (حساب‌های ورودی[6] یا ایمیل) در مخازن نرم‌افزاری می‌باشد که فرد فیزیکی یکسانی را نمایش می‌دهد.

برای دستیابی به این مهم، الگوریتم‌های ادغام احراز هویت مختلفی در گذشته پیشنهاد شده است. این تحقیق مقایسه موضوعی از الگوریتم‌های ادغام احراز هویت شامل برخی از بهبودها روی الگوریتم‌های موجود فراهم می‌کند. نتایج روی یک انتخاب بزرگ از پروژه‌های نرم‌افزاری منبع باز در حال انجام، اعتبارسنجی می‌شود.

1- Polaczek, & Sosnowski
2- Assunção, Krüger, Mosser, & Selaoui
3- Co-evolution
4- shotgun surgery
5- Goeminne, & Mens
6- Login

اشکال‌های نرم‌افزاری اجتناب ناپذیر هستند. پروژه‌های نرم‌افزاری بزرگ اغلب سیستم‌های ردیابی اشکال را به منظور جمع‌آوری، سازمان‌دهی، و نگهداری مسیر اشکال‌های گزارش‌شده، استفاده می‌کنند. موضوع اصلی کاربرد سیستم‌های ردیابی اشکال برای سرعت بخشیدن به فرآیند رفع اشکال می‌باشد که به میزان زیادی کیفیت کلی محصول نرم افزاری را بهبود می‌بخشد. به هر حال مدیریت سیستم‌های ردیابی اشکال هزینه و تلاش‌های مضاعف را متحمل می‌شود. از این رو نظارت بر کارایی فرآیند رفع اشکال مورد پیگیری در سیستم‌های ردیابی اشکال حائز اهمیت می‌باشد. هدف تحقیق گویال و ساردانا[1] (۲۰۲۰) شناسایی مشخصه‌های کارایی فرآیند رفع اشکال در مخازن اشکالی منبع باز می‌باشد. معیارهای کارایی مختلف برای برآورد معیار کیفیت رفع اشکال به کار برده شده‌اند. برای ارزیابی آزمایش، گزارش‌های اشکال از مخزن Bugzila از مرورگر فایرفاکس، NetBeans، Eclipse و پروژه‌های باز آفیس جمع‌آوری می‌شود. طبق گزارش‌های دریافتی ۴۵٫۶۷٪ اشکال‌ها مربوط به وضوح ثابت[2]، می‌باشد.

مابقی ۵۴٫۳۳٪ گزارش‌های اشکال‌ها مربوط به مخازن اشکال‌های رفع نشده می‌باشد که منجر به جمع‌شدن کارهای اضافی برای توسعه‌دهنده‌های نرم‌افزاری می‌شود. بعلاوه، علل ریشه‌ای مشخص می‌کند، که نگهداری بخش بزرگی از گزارش‌های حجیم با تکیه بر مخازن اشکالی باز شده است و اشکال‌های غیرقابل تکرار بیشترین فاکتور تعیین‌کننده در فرآیند رفع اشکال می‌باشند و روی کارایی رفع اشکال تاثیر منفی دارد. تحلیل علل ریشه‌ای یک روش داده محور برای بهبود فرآیند توسعه نرم افزار در سازمان‌های نرم‌افزاری بالغ است. جستجوی فرآیندهای منفرد با شدت بالای نقایص که تحلیل تفصیلی درج معایب (DICA) نامیده می‌شود و بطور بالقوه یک رویکرد موثر و کم هزینه هنگام اقدام برای تحلیل علل ریشه‌ای نقایص کلی استفاده می‌شود. در DICA، داده از مخازن موجود (بایگانی نسخه، ردیاب اشکال) به میزان زیادی به طور خودکار به منظور تعیین شرایط (همانند افراد، نقش‌ها، مولفه‌ها یا دوره زمانی) که به نقایص فوق عادی درج مکرر وابسته است. با این وجود، هیچ گزارشی از صنعت مبنی بر استفاده از DICA منتشر نشده است. هدف علت‌یابی عدم استفاده از DICA توسط متخصصین در اغلب موارد می‌باشد. روش استفاده از مطالعه موردی، تک‌موردی، مطالعه موارد شایع، مطالعه مکاشفه‌ای برای ارزیابی شش علت محتمل به طور موازی (R1 تا R6) می‌باشد. مورد مبتنی بر داده ۱۱ ساله مخزن از یک شرکت نرم افزاری بالغ اما کوچک می‌باشد.

این شرکت محصول را در دامنه سیستم مدیریت محتوای سطح بالا می‌سازد و تلاش ۴ ماه - نفر را برای استفاده از این داده‌ها، توصیف می‌کند. در حالی که DICA تلاش غیرقابل اغماض (R3) و درجه‌ای از خلاقیت (R2) نیاز داشت، مهم‌ترین مانع عدم اطمینان کافی به نتایج (R6) همراه با دشواری ارزیابی از این قابلیت (R5) می‌باشد. در تحقیق سه مشکل شناسایی می‌شود که به این نتیجه منتهی می‌شود و نتیجه عبارتست از این که روش‌های مخزن‌کاوی رایج برای موفقیت DICA خیلی نابالغ است. بهبود تدریجی برای کمک بعید به نظر می‌رسد. اصول متفاوتی از عملیات نیاز خواهد شد. حتی با چنین روش‌های متفاوتی، مسئله کیفیت داده ورودی همچنان ادامه دارد و دستیابی به نتایج مطلوب را دشوار می‌سازد (پریچلت و پیپر[3]، ۲۰۱۴) . الگوهای طراحی راه‌حل‌های شناخته شده هستند.، با توجه به کیفیت نرم‌افزار مزایای فراوانی دارند. به هر حال، تلاش‌های علمی برای جمع‌آوری اطلاعات در پروژه‌های نرم‌افزاری به منظور استفاده از الگوهای طراحی وجود ندارد. در تحقیقی یک مخزن وب از نمونه‌های الگوی طراحی معرفی می‌کند که در پروژه‌های منبع باز به کار برده می‌شوند. سودمندی چنین مخزنی بر فراهم نمودن یک دانش پایه متکی است، به طوری که توسعه دهنده‌ها می‌توانند مولفه‌های قابل استفاده مجدد را شناسایی کنند و محققین می‌توانند یک مجموعه داده کاوش شده را بیابند.

در حال حاضر، ۱۴۱ پروژه منبع باز در نظر گرفته شده‌اند و بیشتر از ۴۵۰۰ نمونه الگوی طراحی یافته شده و در پایگاه

1- Goyal, & Sardana
2- Fixed resolution
3- Prechelt, & Pepper

داده مخزن ثبت شده‌اند. ارزیابی مخزن از نقطه نظر علمی و عملی انجام شده است، که نتایج پیشنهاد می‌کند که مخزن می‌تواند برای کاربران با تجربه و بی تجربه مفید باشد. به هر حال، فواید استفاده از مخزن برای کاربران بی تجربه بیشتر قابل توجه است (امپادزوگلو، میچو، و استاملس[1]، ۲۰۱۳). معرفی اینترنت نه تنها برای جامعه، بلکه برای صنعت نرم‌افزار نیز از طریق اشتراک اطلاعات و دانش تحول به همراه داشته است به طوری که بخش مرکزی از فرآیند توسعه نرم افزار به شمار می‌رود. در نتیجه جهانی‌شدن صنعت نرم‌افزار نه تنها بر قابلیت استفاده مجدد نرم‌افزار افزوده می‌شود، بلکه همچنین چالش‌های جدید معرفی می‌شوند. در میان چالش‌ها، مهمترین آن برخاسته از اشتراک‌گذاری دانش، یعنی امنیت اطلاعات می‌باشد. امنیت یک رفتار اصولی برای جامعه توسعه نرم‌افزار می‌باشد از این رو، نه تنها منبع کد بلکه آسیب‌پذیری‌ها نیز از طریق مرزهای پروژه به اشتراک گذاشته می‌شوند. توسعه‌دهنده‌ها به چنین آسیب‌پذیری‌ها در پروژه‌هایشان، اغلب تا زمانی که این آسیب‌پذیری‌ها توسط هکرها مورد بهره‌برداری قرار گیرند یا توسط پایگاه‌داده‌های مستقل مشاوران امنیتی در دسترس عموم قرار گیرند، آگاهی نمی‌یابند. در تحقیقی دیگر یک رویکرد مدلسازی ارائه می‌شود که مزایای فناوری‌های وب معنایی به منظور ایجاد لینک‌های قابل مسیریابی بین مخازن مشاوران امنیتی و سایر مخازن نرم‌افزاری در بر می‌گیرد.

بویژه، در تحقیق یک بازنمایی هستان‌شناسی یکپارچه ایجاد می‌کند که لینک‌های مسیریابی دو جهته بین دانش جمع‌آوری شده در مخازن ساخت نرم‌افزار و پایگاه داده تخصصی آسیب‌پذیری را پشتیبانی می‌کند. این مخازن می‌تواند به عنوان مخازن اطلاعات در نظر گرفته شوند که به طور معمول به سایر منابع همانند مخازن منبع کد شامل نمونه‌های گزارش شده از مسائل گفته شده، لینک مستقیمی ندارد. نوآوری آن، غلبه بر مسئله مخازن قدیمی اطلاعات و انتقال آن‌ها به مرکز اطلاعات قدیمی می‌باشد، به طوری که اشتراک دانش از طریق مرزهای مخازن را توسعه می‌دهد. در این تحقیق چندین آزمایش قابلیت رویکرد پیشنهادی بوسیله مسیریابی آسیب‌پذیری‌های موجود برای پروژه را نشان می‌دهد که ممکن است به طور مستقیم یا غیرمستقیم بوسیله آسیب‌پذیری‌های ارث‌بری شده از سایر پروژه ها و کتابخانه ها تحت تاثیر قرارگیرد (القحطانی، اقان، وریلینگ[2]، ۲۰۱۶). مخازن کنترل منبع، مخازن اشکال، ارتباطات بایگانی‌شده، توسعه ثبت‌های وقایع، و مخازن کد مثال‌هایی از مخازن نرم‌افزاری هستند که معمولا برای بیشتر پروژه‌های نرم‌افزاری موجود هستند.

زمینه مخزن‌کاوی نرم‌افزار (MSR) داده غنی موجود در این مخازن را برای اطلاعات کاربردی و جالب در مورد سیستم‌های نرم‌افزاری بدست می‌دهد. بوسیله تبدیل این مخازن از مخازن ثبت - نگهداری به مخازن فعال تحلیل و کشف می‌کند. تحقیق فرآیندهای تصمیم را در پروژه‌های نرم‌افزاری مدرن هدایت می‌کند. مخازن نرم‌افزاری شامل اطلاعات ارزشمند و تاریخی در مورد توسعه کلی سیستم‌های نرم افزاری می‌باشد. بوسیله انتقال این مخازن از یک مخزن ثبت ایستا به مخازن فعال می‌توان فرآیند تصمیم را به پروژه‌های نرم‌افزار مدرن هدایت کرد. داده در مخازن کنترل منبع به طور سنتی برای بایگانی کد استفاده می‌شود و می‌تواند با داده در مخزن اشکال برای کمک به متخصصین پیوند داده شود و بدین وسیله تغییرات پیچیده منتشر می‌شود و به آن‌ها در مورد مخاطرات کد مبتنی بر اشکال‌ها و تغییرات قبلی هشدار می‌دهد. در مطالعه‌ای یک تاریخچه‌ی خلاصه از زمینه MSR ارائه می‌شود و چندین بهبود و نتایج اخیر با استفاده از روش‌های MSR برای پشتیبانی تحقیق و کاربرد نرم افزار بحث می‌شود. سپس در مورد فرصت‌ها و چالش‌های متنوع پیش روی این حوزه مهم و نوظهور بحث می‌شود (اسپادین، آنچی، و باچیل[3]، ۲۰۱۸). مخزن‌کاوی نرم‌افزار (MSR) امروزه به عنوان یکی از جذاب‌ترین زمینه‌های رشد در مهندسی نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شود. MSR روی استخراج و تحلیل داده موجود در مخازن نرم‌افزاری به منظور دسترسی به اطلاعات عملی، و مفید و جذاب در

1- Ampatzoglou, Michou, & Stamelos
2- Alqahtani, Eghan, & Rilling
3- Spadini, Aniche, & Bacchelli

مورد سیستم متمرکز است. اگر چه MSR نقش مهمی را در مهندسی نرم‌افزار بازی می‌کند، تعداد کمی ابزار به طور عموم برای پشتیبانی توسعه دهنده ها برای استخراج اطلاعات از مخازن Git ساخته و پرداخته شده است. در این تحقیق یک چارچوب پایتون به عنوان PYDRILLER ارائه می‌شود که فرآیند کاوش Git را تسهیل می‌کند.

همچنین ابزار ارائه شده با نوآوری پایتون به عنوان چارچوب GitPython مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که PYDRILLER همان خروجی را به طور متوسط با ۵۰ درصد LOC کمتر و به طور معناداری پیچیدگی کمتری ارائه می‌دهد. در تحقیق دیگری، مقاله‌های دربردارنده تحلیل آزمایشی از پروژه‌های نرم‌افزاری مرتبط با داده کاوی در مهندسی نرم‌افزار انجام می‌شود. مجموعه‌های داده، تکنیک‌ها و ابزار به کار گرفته شده/توسعه داده شده/پیشنهاد شده در این مقالات شناسایی می‌شود. بیشتر از نیمی از مقالات دربردارنده کارهای انجام شده در زمینه ایجاد یا استفاده از ابزار داده کاوی برای مخزن‌کاوی نرم‌افزار می‌باشد. نتایج تحلیل مقالات مشخص می‌کند که نویسندگان MSR به طور کلی داده‌های خام در دسترس عموم را پردازش می‌کنند. در این تحقیق، ابزارهای متنوع استفاده شده در MSR مبتنی بر ابزارهای داده‌کاوی قدیمی، جدید توسعه داده شده، نمونه اولیه توسعه داده شده و اسکریپت‌ها دسته‌بندی می‌شود. در تحقیق نوع کاوش و مجموعه داده‌های استفاده شده، نشان داده می‌شود (چاتوید، سینگ و سینگه[1]، ۲۰۱۳). محققین مخزن‌کاوی نرم‌افزار (MSR) را برای مطالعه مهندسی نرم‌افزار به صورت تجربی و بوسیله تحلیل سازه همانند منبع کد، سیستم‌های کنترل نسخه، فراداده و غیره استفاده می‌کنند. به هر حال، برای ایجاد یک مطالعه با استفاده از این تکنیک‌ها، محققین معمولا زمانی را برای جمع‌آوری داده و توسعه یک زیرساخت پیچیده صرف می‌کنند که مستلزم فضای دیسک و زمان پردازش می‌باشد. در تحقیقی برنامه‌کاربردی تحت وب[2] به نام MetricMiner ارائه می‌شود که هدف آن کمک به پشتیبانی محققین در برخی مراحل مخزن‌کاوی نرم‌افزار همانند محاسبه معیار، استخراج داده، استنتاج آماری می‌باشد. این ابزار همچنین دربردارنده آماده‌سازی داده برای تحلیل، ذخیره زمان، و منابع محاسباتی می‌باشد (سوکل، آنیچ، و جروسا[3]، ۲۰۱۳). در تحقیق دیگری یک رویکرد برای بازیابی/کشف لینک‌های قابل ردیابی بین سازه نرم‌افزاری از طریق آزمایش تاریخچه نسخه سیستم نرم‌افزاری ارائه می‌شود. یک رویکرد مبتنی بر اکتشاف که الگوکاوی ترتیبی را به منظور تثبیت در مخزن‌کاوی نرم افزار برای کشف مجموعه‌هایی از سازه‌ها مکرر هم تغییر (یعنی منبع کد و مستندات) استفاده می‌کند. اگر انواع مختلفی از فایل‌ها به کرار با هم دیگر تثبیت شوند، احتمال وجود لینک قابل مسیریابی بین آن‌ها وجود خواهد داشت. رویکرد با تعدادی نسخه منبع باز سیستم KDE ارزیابی می‌شود.

به عنوان یک مرحله اعتبارسنجی، لینک‌های کشف شده برای پیش‌بینی تغییرات مشابه در نسخه‌های جدید سیستم یکسان استفاده می‌شوند. نتایج دقت پیش بینی بالا انواع اصلی لینک‌های مسیریابی را نشان می‌دهد (کاجی، مالتیک، و شریف[4]، ۲۰۰۷). مخازن نرم‌افزاری همانند منبع کد، بایگانی ایمیل، و پایگاه داده‌های اشکال، شامل متن برچسب نشده، و بدون ساختار می‌باشند که تحلیل آن‌ها به روش سنتی مشکل می‌باشد. پیشنهاد یکی از تحقیق‌ها، استفاده از مدل موضوعی برای کشف خودکار ساختار در مخازن متنی می‌باشد. ساختار کشف شده پتانسیل کاربرد در وظایف مهندسی نرم‌افزار همانند پیش‌بینی اشکال و کشف لینک مسیریابی را دارا می‌باشد. هدف تحقیق آدرس‌دهی چالش‌های کاربرد مدل‌های موضوعی برای مخازن نرم‌افزاری می‌باشد (توماس[5]، ۲۰۱۱). علی‌رغم تعداد زیادی از مخازن نرم‌افزاری در حال استفاده، دسته‌بندی ابزارهای متنوع و مقایسه آن‌ها حوزه تحقیقی نسبتا جدیدی است. در تحقیق یک تحلیل مقایسه‌ای از ابزارهای مختلف برای MSR مبتنی بر برخی معیارهای جدید و در دسترس ارائه می‌شود. این مقایسه به تعیین ابزاری که بهترین عملیات را برای نوعی از برنامه کاربردی داده

1- Chaturvedi, Sing, & Singh
2- Web application
3- Sokol, Aniche, & Gerosa
4- Kagdi, Maletic, & Sharif
5- Thomas

شده و استفاده آن به طور مستقیم و بدون نیاز به رویکرد آزمایش و خطا کمک خواهد کرد. تحقیق چندین هدف را دنبال می‌کند: الف) به عنوان یک مکانیسم تکوینی برای طراح ابزار عمل می‌کند (ادراک و مقایسه ابزارهای متفاوت) عمل می‌کند. ب) به عنوان یک ابزار ارزیابی برای کاربران بالقوه ابزار (برای مرور ساده در نمودار تحلیل مقایسه‌ای را به منظور فهم در یک نگاه و به منظور گنجاندن مولفه‌های ضروری در ابزار مورد نظر) و به عنوان یک نقطه عطف در مقایسه می‌باشد به طوری که محققین ابزار MSR به سادگی می‌توانند آن را از میان سایر ابزارها تمیز دهند، بنابراین مسیر جدیدی را برای محققین ارائه می‌دهد و نیز با ارائه جدولی یک شاخص سریع برای خواننده و تحلیل سریعی برای ابزار مورد نظر فراهم می‌کند (اولاتینگ، ادریس، القمدی، و القمدی[1]، ۲۰۱۰). یکی از تصمیم‌های محققین در مواجهه با تحلیل ارزیابی سیستم‌های نرم‌افزاری انتخاب یک فرمت از تحلیل/ تعویض داده می‌باشد.

بیشتر فرمت های تعویض ناگزیر با برنامه‌های ویژه نوشته شده به طور خاص برای این هدف پردازش می‌شوند و به طور سادگی قابل گسترش نیستند. بنابراین اکثر دانشمندان پایگاه داده‌های خویش را استفاده می‌کنند که تکرار نوشتن برنامه‌های import/export را برای فرمت موردنظر به دنبال دارد. در یک تحقیق، EvoOnt را به عنوان یک مخزن نرم‌افزاری تعویض فرمت داده مبتنی بر زبان هستان‌شناسی وب (OWL) ارائه می‌دهد. از این رو EvoOnt، معنایی از داده را بدین صورت توصیف می‌کند، ۱) EvoOnt گسترش‌پذیری آسان، ۲) همراه با تعداد زیادی ابزار در دسترس ۳) اجازه استخراج ادعاها را از طریق قابلیت‌های استدلال منطقی ذاتی آن می‌دهد. همچنین iSPARQL را ارائه می‌دهد که SPARQL مبتنی بر موتور پرس و جوی وب معنایی شامل الحاق شباهت را نشان می‌دهد. EvoOnt و SPARQL با یکدیگر می‌توانند تعدادی وظایف قابل توجه در پروژه های مخزن‌کاوی نرم‌افزار ، همانند ارزیابی مقادیر تغییر میان نسخه‌های تشخیص بوهای کد بد به دنبال دارد. برای به تصویر کشیدن فواید EvoOn (و iSPARQL) یک سری آزمایش با پروژه‌های جهان واقعی جاوا انجام می‌شود. این مسئله نشان می‌دهد که یک تعداد از تحلیل‌های نرم‌افزار می‌توانند برای پرس و جوهای iSPARQL روی یک پایگاه داده EvoOnt کاهش داده شوند (کیفر، بیمستین، وتاپلت[2]، ۲۰۰۷). مخازن نرم‌افزاری مقادیر زیادی داده دربردارنده تغییرات نرم‌افزاری در طی تکامل آن فراهم می‌کنند. این مخازن می‌توانند به طور موثری برای استخراج و تحلیل اطلاعات مرتبط استفاده شود و نتایج مربوط به تاریخچه نرم‌افزار یا تصویر جاری آن را استخراج کند. هدف از تحقیق برآورد مطالعات اخیر روی رویکردهای مخازن‌کاوی نرم‌افزار (MSR) جمع‌آوری شواهد در مورد اهداف تحلیل نرم افزار می‌باشد (هدف، تمرکز، موضوع تحلیل)، منابع داده، روش‌های ارزیابی، ابزار، حوزه‌ی دربردارنده. در تحقیق یک مطالعه نگاشت سیستمی برای شناسایی و تحلیل تحقیق در مورد مخازن‌کاوی نرم‌افزار با استفاده از تحلیل پنج ویرایش[3] کنفرانس‌کاری حوزه مخازن‌کاوی نرم‌افزار - کنفرانس اصلی در این زمینه، انجام شده است. رویکردهای مخازن‌کاوی نرم‌افزار برای کاربردهای مختلفی و به طور اصلی برای فهم معایب، تحلیل مشارکت و رفتار توسعه‌دهنده و فهم تکامل نرم‌افزار به کار برده می‌شوند. از جانب دیگر، مقداری شکاف با توجه به اهداف، تمرکز و نوع منبع داده (به عبارت دیگر عدم کاربرد مولفه برای شناسایی بوها، بازسازی، و موضوعات کیفیت نرم افزار) آن‌ها شناسایی شدند.

در مورد روش ارزیابی تحلیل به ارزشمند برخی انواع ارزیابی تجربی اشاره می‌کند. مطالعات MSR بر اهداف مختلفی تمرکز دارد و تعداد زیادی فرصت تحقیقاتی برای کشف وجود دارد و موضوعات مرتبط با MSR باید در نظر گرفته شود (فاریاس و همکاران[4]، ۲۰۱۶). در تحقیقی دیگر، رویکرد جدیدی برای کاوش فرآیند داده‌ی (فرآیند کاوش) مخازن نرم‌افزاری از بایگانی داده تولیدی به عنوان نتیجه‌ی ساخت نرم‌افزار توسط تیم دانشجویی در یک محیط آموزشی و نیز یک برنامه کاربردی از کاوش سه مخزن نرم افزاری : تیم wiki (مورد استفاده در طی

1- Olatunji, Idrees, Al-Ghamdi, & Al-Ghamdi
2- Kiefer, Bernstein, & Tappolet
3- Edition
4- Farias & etal

مهندسی نیازمندی‌ها)، سیستم کنترل نسخه (توسعه و نگهداری)، و سیستم ردیابی اشکال (نگهداری اصلاحی و تطبیقی ) در چارچوب یک دوره کارشناسی مهندسی نرم‌افزار ارائه می‌شود. در این مقاله تجسم، معیارها، و الگوریتم‌ها برای ارائه یک دید در رویه‌ها و شیوه‌ها در طول فازهای مختلف از چرخه عمر توسعه نرم‌افزار دنبال می‌شوند. تجسم و معیارهای پیشنهادی (تحلیل‌های یادگیری) یک دید چندوجهی برای سازنده ابزار کاربردی بازخورد دانشجویان، در فرآیند توسعه و کیفیت می‌باشد. همچنین رویدادهای ثبت وقایع تولیدی بوسیله مخازن نرم‌افزاری کاوش می‌شود و دیدها همانند درجه مشارکت فردی در یک تیم، کیفیت تثبیت پیام‌ها، شدت و سازگاری تثبیت فعالیت‌ها، فرآیند رفع اشکال و کیفیت، مولفه، آنتروپی توسعه‌دهنده و تطابق فرآیند و صحت سنجی به دست می‌آید. علاوه بر آن، یک تحلیل تجربی روی مجموعه داده مخازن نرم افزاری شامل ۱۹ تیم، هر کدام از تیم‌ها شامل ۵ عضو و بحث چالش‌ها، محدودیت‌ها و توصیه‌ها ارائه می‌شود (میتال و سورکا[1]، ۲۰۱۴). تحلیل موثر شناسایی محصولات کار تحت تاثیر بوسیله درخواست تغییر پیشنهادی، رفع اشکال یا درخواست ویژگی جدید می‌باشد. در تعداد زیادی از پروژه‌های منبع باز همانند KDE، گنوم، موزیلا، openoffice، درخواست‌های تغییر، و داده‌ی مرتبط، و ذخیره شده در یک سیستم ردیابی رفع اشکال همانند باگ‌زیلا[2] ذخیره می‌شوند. این داده‌ها به همراه سایر داده‌ها در یک سیستم نسخه‌سازی همانند CVS منبع ارزشمندی از اطلاعات روی تحلیل‌های مفید می‌باشد. در تحقیق روشی برای استخراج مجموعه‌ای از فایل‌های منبع تحت تاثیر بوسیله درخواست تغییر پیشنهادی می‌باشد.

این روش الگوریتم‌های بازیابی اطلاعات را به شرح تغییر درخواست ارتباط می‌دهد و مجموعه‌ای از بازدیدهای فایل منبع تاریخچه بوسیله درخواست های تغییر مشابه قبلی تحت تاثیر قرار داده می‌شود. روش بوسیله کاربرد آن در پروژه‌های منبع باز ارزیابی می‌شود (کانفورا و کرولا[3]، ۲۰۰۵). اطلاعات برنامه‌نویس به منظور تحلیل کیفیت نرم‌افزار، انجام جرم‌شناسی نرم‌افزار[4] و بهبود نگهداری نرم‌افزار می‌باشد. به هر حال ابزارهای موجود، آخرین توسعه‌دهنده که یک خط از کد را تغییر می‌دهد، بدون توجه به تغییرات قبلی، برنامه‌نویس آن در نظر می‌گیرد. این تقریب سبب از دست دادن اطلاعات مهم می‌شود. در تحقیق دو مدل مولف سطح - خط جدید برای غلبه به این محدودیت ارائه می‌دهد. در تحقیق ابتدا گراف مخزن به عنوان یک گراف انتزاعی برای مخزن کد توصیف می‌شود، بدین صورت که گره‌ها ثابت هستند و لبه‌ها وابستگی‌ها را نمایش می‌دهند. سپس برای هر خط از کد، مولف ساختاری به عنوان یک زیرگراف از گراف مخزن تعریف می‌شود و همه تثبیت‌های مربوط به خط تغییر داده شده و وابستگی‌های توسعه بین تثبیت‌ها را ثبت می‌کند. مولفه‌ی وزن‌دار به عنوان یک بردار از وزن‌های مشارکت مولف استخراج شده از مولف ساختاری خط و مبتنی بر یک معیار تغییر کد بین تثبیت‌ها، برای مثال بهترین فاصله ویرایش، تعریف می‌شود. در تحقیق دو مدل مولف به عنوان یک ابزار گیت-مولف[5] درونی گیت[6] پیاده‌سازی شده است. گیت - مولف در یک مطالعه تجربی و یک مطالعه مقایسه‌ای ارزیابی می‌شود. در مطالعه تجربی، گیت-مولف روی پنج پروژه منبع باز اجرا می‌شود و در نتیجه گیت-مولف می‌تواند بیشترین اطلاعات را از یک ابزار موجود (git-blame) برای حدود ۱۰ درصد خطوط بازیابی کند. در مطالعه مقایسه‌ای گیت - مولف برای ساخت یک مدل خط - سطح با یک مدل نمایشی فایل - سطح مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل خط - سطح سازگاری بهتری نسبت به مدل فایل- سطح در ارزیابی مجموعه داده استفاده شده از پروژه سرور HTTP آپاچی نشان می‌دهد (منگ، میللر، ویلیامز، و برنات[7]، ۲۰۱۳).

1- Mittal, & Sureka
2- Bogzila
3- Canfora, & Cerulo
4- Software Forensics
5- git-author
6- git
7- Meng, Miller, Williams, & Bernat

کاوش مخازن نرم‌افزاری استخراج دو اطلاعات پایه و ارزش‌افزوده از مخازن نرم‌افزاری موجود را شامل می‌شود.

مخازن برای استخراج حقایق توسط ذینفعان مختلف (همانند محققین، مدیران) و برای اهداف متنوع کاوش خواهد شد. برای اجتناب از پیش‌پردازش غیرضروری و مراحل تحلیل، اشتراک و یکپارچه‌سازی دو واقعیت پایه و ارزش افزوده نیاز هستند. در تحقیقی، SeCold یک چارچوب باز و مشارکتی برای به اشتراک‌گذاری مجموعه داده‌های نرم‌افزار معرفی می‌شود. SeCold ابتدا یک چارچوب برخط داده پیوندی زیست بوم نرم‌افزار فراهم می‌کند، که استخراج داده و یکپارچه‌سازی درون مجموعه داده‌ای را از سیستم‌های کنترل نسخه، ارزیابی کیفیت، ردیابی اشکال در لحظه پشتیبانی می‌کند. در اولین انتشار آن، مجموعه داده دو بیلیون واقعیت، همانند عبارات منبع کد، گواهینامه[1] نرم‌افزار، و شبیه‌سازی[2] از ۱۸۰۰۰ پروژه نرم‌افزاری را شامل می‌شود. در دومین انتشار آن، پروژه SeCold واقعیت‌های افزوده کاوش‌شده از ردیاب اشکال و سیستم نسخه‌بندی را در بر می‌گیرد. رویکرد اصلی تحقیق مبتنی بر مفاهیم پایه همانند ویکی پدیا می‌باشد: محققین و توسعه‌دهنده‌های ابزار نتایج تحلیل بدست آمده از ابزارهای آن‌ها را بوسیله انتشار آن‌ها به عنوان بخشی از پرتال SeCold به اشتراک می‌گذارند و بدین ترتیب آن‌ها را بخش جدایی‌ناپذیر از دامنه دانش عمومی می‌سازند. پروژه SeCold یک عضو رسمی از ابر مجموعه داده پیوندی است و در حال حاضر هشتمین مجموعه داده بزرگ برخط در دسترس وب می‌باشد (کیوانلو و همکاران[3]، ۲۰۱۲). تحقیقی دیگر در مخزن‌کاوی نرم‌افزار (MSR)، دربردارنده موضوعات بشری است، به طوری که معمولا مخازن داده‌های مربوط به توسعه‌دهندگان و کاربران در تعامل با مخازن و با یکدیگر را شامل می‌شوند. موضوعات اخلاقی بوسیله چنین تحقیقی برجسته می‌شود، بنابراین قبل از شروع در مخازن‌کاوی نرم‌افزار باید در نظر گرفته شود. تحقیق در مورد موضوعات اخلاقی می‌باشد و می‌تواند در تحقیق MSR در نظر گرفته شود. با استفاده از چالش‌های کاوش از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۱ به عنوان یک مطالعه موردی برای شناسایی انواع داده به کار برده می‌شود. بر اساس تحقیقات کنونی چارچوب‌های اخلاقی می‌تواند چالش مورد بحث در ایجاد و کاربرد مخازن و مجموعه داده‌های مرتبط باشد. همچنین گزارش برخی نتایج نظرسنجی جامعه از رویکردها برای اخلاق در تحقیق MSR گزارش می‌شود. بعلاوه، تحقیق چهار مورد مطالعه از موضوعات اخلاقی عادی که فرد در پروژه‌ها با آن مواجه می‌شود، را ارائه می‌دهد و چگونگی شکل‌گیری پروژه قبل از شروع را بوسیله در نظر گرفتن اخلاق نشان می‌دهد. مبتنی بر تجربه برخی دستورالعمل‌های حاضر و عمل‌های انجام شده، می‌تواند به طور بالقوه موضوعات اخلاقی را در نظر گیرد و میزان خطرات را کاهش دهد (گلد و کنیک[4]، ۲۰۲۲). مخازن نرم‌افزاری اطلاعات فراوان ارزشمندی در مورد پروژه‌های منبع باز تولید می‌کنند. با افزایش حجم داده‌ی نگهداری شده بوسیله مخازن، استخراج خودکار چنین داده‌هایی از مخازن مجزا، به اندازه اطلاعات پیوسته از طریق مخازن ضروری می‌شود. در تحقیق دیگری یک چارچوب توصیف می‌شود که خراشیدن وب[5] را به طور خودکار برای کاوش مخازن و اطلاعات پیوندی از طریق مخازن توصیف می‌کند. در این تحقیق دو پیاده سازی از چهارچوب مورد بحث قرار می‌گیرد. در پیاده‌سازی اول، به طور خودکار گزارش‌های مسائل امنیتی از مخازن پروژه‌ها شناسایی و جمع‌آوری می‌شود که ردیاب اشکال باگ‌زیلا را با استفاده از اطلاعات آسیب‌پذیری مرتبط از پایگاه داده ملی آسیب‌پذیری برپا می‌کند، در پیاده‌سازی دوم، گزارش‌های مسائل امنیتی برای پروژه‌ها جمع‌آوری می‌شود که ردیاب اشکال لانچ پد[6] با اطلاعات آسیب‌پذیری آن از پایگاه داده ملی آسیب‌پذیری مرتبط شده است.

ابزارهای موردنظر تحقیق روی نسخه‌های مختلف از پروژه های RedHat، Suse، Ubuntu، Fedora، و Firefox ارزیابی شده است. درصد اشکال‌های امنیتی شناسایی

1- Licenses
2- Clone
3- Keivanloo & etal
4- Gold, & Krinke
5- Web Scraping
6- Launchpad

شده با استفاده از ابزار تحقیق با اشکال‌های گزارش‌شده بوسیله سایر محققین سازگار می‌باشد (انباگان و ووک[1]، ۲۰۰۹). تعداد زیادی از مخازن نرم‌افزاری روی بستر اینترنت به طور اساسی تضادهای سنتی از نگهداری نرم‌افزار را تغییر می‌دهند. طبقه‌بندی کارا از پروژه‌های انبوه برای بازیابی نرم‌افزار مرتبط در این مخازن از اهمیت حیاتی برای وظایف نگهداری مبتنی بر اینترنت همانند جستجوی راه حل، یادگیری بهترین شیوه برخوردار می‌باشد. تعداد زیادی از کارهای پیشین روی طبقه‌بندی نرم‌افزار بوسیله کاوش کد منبع یا کد بایت انجام شده است که فقط به طور نسبی مجموعه کوچکی از پروژه‌ها با طبقه‌بندی درشت‌دانه یا خوشه‌ها تایید می‌شوند.

به هر حال نگهداری نرم‌افزار مبتنی بر اینترنت به رویکردهای دانه‌بندی ریز، مقیاس‌پذیری بیشتر و طبقه‌بندی مستقل از زبان نیاز دارد. در تحقیق یک رویکرد جدید برای طبقه‌بندی سلسله مراتبی پروژه‌های نرم افزاری مبتنی بر نمایه‌های برخط آن‌ها از طریق چندین مخازن ارائه می‌شود و نیز یک چارچوب طبقه‌بندی مبتنی بر SVM برای دسته‌بندی تعداد انبوهی از نرم‌افزارها به طور سلسله مراتبی طراحی شده است. انواع مختلفی از ویژگی‌های نمایه از چندین مخازن جمع‌آوری و یک راهبرد[2] ترکیبی وزن‌دار طراحی شده است که وزن‌های بیشتری را برای ویژگی‌های مهم‌تر اختصاص می‌دهد. آزمایش‌های گسترده‌ای روی بیش از ۱۸۰۰۰ پروژه با استفاده از سه مخزن انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی تحقیق بهبود معناداری را با استفاده از ترکیب وزن‌دار می‌تواند دقت کلی و فراخوانی و معیار-F را به ترتیب به مقادیر ۷۱٫۴۱٪، ۶۵٫۶۰٪، و ۶۸٫۳۸٪ در تنظیمات مناسب بدست آورد. در مقایسه با کارهای پیشین رویکرد پیشنهادی تحقیق، نتایج رقابتی با ۱۲۳ طبقه‌بندی دانه ریز و چند لایه ارائه دهد. در تضاد با این موضوع، با استفاده از کد منبع یا کد بایت رویکرد پیشنهادی برای طبقه‌بندی نرم‌افزار در مقیاس بزرگ و مستقل از زبان بسیار کارا می‌باشد (وانگ و همکاران[3]، ۲۰۱۳). سیستم‌های مهندسی نرم‌افزار یک فعالیت چندرشته‌ای است به طوری که تعدادی مصنوعات باید به طور همزمان ایجاد و نگهداری گردد. در تحقیق کد تولیدی و تکامل آزمون‌های همروند بوسیله استخراج سیستم نسخه‌بندی پروژه، گزارش پوشش کد، و معیارهای اندازه برآورد می‌شود. هدف اصلی برای مطالعه این هم‌تکاملی ایجاد آگاهانه توسط توسعه دهنده‌ها و مدیران در مورد فرآیند آزمایشی است که دنبال می‌شود. امکان‌سنجی روش پیشنهادی از طریق دو مطالعه موردی منبع باز استخراج می‌شود و یک تعداد متنوعی از سناریوهای هم‌تکاملی مشاهده می‌شود. نتایج تحقیق با کمک دو مورد ثبت وقایع - پیام و توسعه‌دهنده‌های اصلی از سیستم نرم‌افزاری ارزیابی می‌شود. در تحقیق، هم‌تکاملی بین کد تولیدی و کد تستی مطالعه می‌شود. سه دید به صورت الف) تاریخچه تغییر ب) تاریخچه رشد ج) دید ارزیابی کیفیت معرفی می‌شود. استفاده از این دیدها روی دو مطالعه موردی پدیدار می‌شود و بیشترین هم‌تکاملی همزمان (Checkstyle) از یک رویکرد آزمایشی مرحله‌ای (ArgoUML) مشخص می‌شود (زادمن، ون رومپی، دیمیر، و ون دروسن[4]، ۲۰۰۸). در دنیای نرم‌افزار محور امروز، مخازن نرم‌افزاری مقیاس فوق‌العاده بزرگ[5] همانند SourceForge، Github، و کد گوگل کتابخانه‌های جدید اسکندریه هستند. این مخازن مجموعه عظیم از نرم‌افزار و اطلاعات مرتبط را شامل می‌شوند. دانشمندان و محققین به طور مشابه به تحلیل این ثروت اطلاعاتی علاقمند هستند. به هر حال استخراج نظام‌مند و تحلیل داده مربوطه از این مخازن برای تست فرضیه‌ها دشوار است و بهترین کار برای کارشناسان مخازن‌کاوی نرم‌افزار است. به طور ویژه، کاوش کد منبع، دید معناداری در مصنوعات و فرآیندهای توسعه نرم‌افزار بدست می‌دهد. متاسفانه، کاوش کد منبع در مقیاس بزرگ یک وظیفه دشوار را بجای می‌گذارد. رویکردهای قبلی بیشتر در حوزه دانه‌بندی درشت است و یا تحت شعاع تاریخچه کد قرار می‌گیرد.

در تحقیق کاوش منبع کد مورد بحث قرار می‌گیرد. الف) در یک مقیاس خیلی بزرگ ب) در یک سطح دانه‌بندی ریز

1- Anbalagan, & Vouk
2- Strategy
3- Wang, Wang, Yin, Ling, Li, & Zou
4- Zaidman, Van Rompaey, Demeyer, & Van Deursen
5- Ultra

از جزییات. ج) به همراه اطلاعات کامل تاریخچه. به منظور آدرس‌دهی این چالش‌ها، ویژگی‌های زبان اختصاصی دامنه برای کاوش منبع کد در زبان و ساختار به نام Boa ارائه می‌دهد. هدف Boa تست آسان فرضیه‌های مربوط به MSR می‌باشد. ارزیابی تحقیق به طور قابل‌توجهی زحمت‌های برنامه‌نویسی را کاهش می‌دهد. بنابراین موانع ورود را کاهش می‌دهد. همچنین بهبود چشمگیری در مقیاس‌پذیری را نشان می‌دهد (دییر، نگین، راجان، و نگین[1]، ۲۰۱۵). الگوریتم‌های زیرمجموعه یادگیری عمیق که به طور خودکار بازنمایی ترکیبی را یاد می‌گیرند. توانایی این مدل‌ها برای تعمیم، پیشرفت‌های زیادی را در بسیاری از زمینه‌ها همانند پردازش زبان طبیعی (NLP) سبب شده است. تحقیقات اخیر در زمینه مهندسی نرم افزار (SE) به طور جامع فواید کاربرد روش NLP را برای بدنه نرم‌افزار آشکار می‌کند. از این رو، در تحقیق یادگیری عمیق برای مدل‌سازی زبان نرم افزار و تفاوت‌های اساسی برجسته بین نوآوری مدل‌های زبان نرم‌افزار و مدل‌های ارتباط‌گرا مشخص شده است. مدل‌های یادگیری تحقیق برای فایل‌های کد منبع (از این رو فقط نیاز به تحلیل لغوی کد منبع نوشته شده در هر زبان برنامه‌نویسی نیاز می‌شود) و دیگر انواع مصنوعات کاربردی می‌باشند. در تحقیق نشان داده می‌شود، چگونه مدل می‌تواند به طور موثری حالت آن را برای مدل‌سازی داده ترتیبی به یاد آورد. به عبارت دیگر جریان توکن‌های نرم‌افزاری و حالت آن حاکی از توکن‌های مجزا در یک پیشوند می‌باشد. سپس نمونه‌ای از مدل‌های یادگیری عمیق ارائه می‌شود و نشان داده می‌شود که یادگیری عمیق مدل‌های با کیفیت بالا را در مقایسه با n-gram ها و n-gram های مبتنی بر حافظه نهان روی بدنه‌ای از پروژه‌های جاوا کاهش می‌دهد. تحقیقبا دو فراپارامتر مدل آزمایش می‌شود که به منظور اطلاع پیش‌بینی‌ها قبل از ساختن چندین مدل زبان نرم‌افزاری به هدف عمومی‌سازی، ظرفیت و مقادیر متن را کنترل می‌کند.

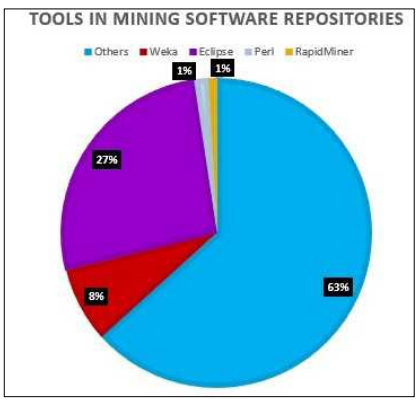
در تحقیق مدل‌های یادگیری عمیق برای پیشنهاد کد و اثربخشی آن در یک وظیفه مهندسی نرم‌افزار واقعی در مقایسه با مدل‌های عملی به کار برده می‌شود. برای کارهای آینده یادگیری عمیق می تواند تست مبتنی بر مدل را پشتیبانی کند و نرم‌افزار را از لحاظ لغوی بهبود بخشد و مفهوم مصنوعات نرم افزار را بیان کند. کار تحقیقی به عنوان اولین مرحله از مخازن‌کاوی نرم‌افزار در نظر گرفته شود (وایت، وندوم، لینارس وسکوئیز، وپوشینک[2]، ۲۰۱۵). اگر چه نوآوری در زمینه مخازن‌کاوی نرم‌افزار مبتنی بر اطلاعات سیستم نسخه‌بندی برای ارزیابی به تحول یک سیستم نرم‌افزاری مفید می‌باشد، اطلاعات آن‌ها به چندین روش محدود می‌باشد. سیستم نسخه‌بندی همانند CVS یا انباره زیرنسخه فقط متن فایل‌ها را ذخیره می‌کند که به از دست دادن اطلاعات منجر می‌شود: دنباله‌ای دقیق از تغییرات بین دو نسخه برای بازیابی دشوار می‌باشد. در تحقیق یک مخزن اطلاعات انتخابی ارائه می‌شود که تغییرات افزایشی را برای سیستم تحت مطالعه ذخیره می‌کند، از IDE بازیابی و برای ساخت نرم‌افزار استفاده می‌شود. سپس این مدل مبتنی بر تغییر از تحول سیستم برای ارزیابی به هنگام بازسازی در دو مطالعه موردی استفاده می‌کند و یافته‌های تحقیق با بازسازی تشخیص رویکردها روی مخازن سیستم نسخه‌بندی کلاسیک مقایسه می‌شود (رابس[3]، ۲۰۰۷). برنامه‌نویسی ذاتا چندوجهی است و شامل چندین مهارت می‌باشد، با استفاده از چارچوبی مثل گیت‌هاب، توسعه‌دهنده‌ها فرصت مشارکت در پروژه‌های از سازمان‌های مختلف و همکاری با سایر توسعه دهنده‌های جهان را دارند. از طریق داده گیت‌هاب، فرصت‌های جدیدی برای شناسایی قابلیت‌های توسعه‌دهنده‌ها امکان‌پذیر است. همچنین از طریق گیت‌هاب، چندین مهارت از جمله نقش کاربر یک کتابخانه را از توسعه‌دهنده استنتاج کنیم. در تحقیقی، یک روش برای شناسایی خبرگان کتابخانه مبتنی بر دانش محصول آن‌ها روی گیت‌هاب پیشنهاد می‌گردد. روش پیشنهادی روی یک آزمایش برای شناسایی خبرگان احتمالی در سه کتابخانه جاوا انجام می‌شود. بدین صورت که روش پیشنهادی ۱۰۰ توسعه‌دهنده برتر را برای هر فناوری شناسایی می‌کند. سپس نمایه‌های

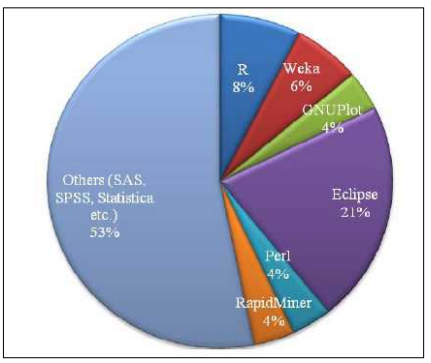
1- Dyer, Nguyen, Rajan, & Nguyen
2- White,Vendome, Linares-Vásquez, & Poshyvanyk
3- Robbes

این توسعه‌دهنده‌ها روی شبکه اجتماعی لینکدین به منظور تطبیق آنچه روی لینکدین گزارش می‌دهند و آنچه که در گیت‌هاب تولید می‌کنند، مقایسه می‌گردد. همچنین به منظور مقایسه نتایج تحقیق برای تحلیل خودکار، دانش‌آموزان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد ۸۹ درصد توسعه‌دهندگان منتخب گیت‌هاب مهارت‌های خود را در سایت‌های شبکه اجتماعی لینکدین منطبق بر رتبه‌بندی ساخته شده در روش تحقیق گزارش داده‌اند و رتبه‌بندی تولید شده در روش تحقیق بوسیله روش پیشنهادی به دسته‌بندی ایجاد شده توسط مشارکت‌کنندگان نظرسنجی مرتبط می‌شود (سانتوس، سوزا، اولیورا، و فیگردوا، ۲۰۱۸).

## ۳- یافته‌های تحقیق

مقالات متعدد ارائه شده در زمینه مخازن‌کاوی نرم افزار مورد مطالعه و بررسی و نتایج بدست آورده شده با نتایج تحقیق چاتودی و همکاران (۲۰۱۳) مورد مقایسه قرار داده شد (شکل ۱). با توجه به این که تحقیق مذکو، مقالات منتشر شده با موضوع ابزار مورد استفاده در حوزه مخازن‌کاوی نرم‌افزار در کنفرانس ICSE در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ را مورد مطالعه و بررسی قرار داده است، در تحقیق حاضر مقالات منتشر شده با موضوع ابزار مورد استفاده در حوزه مخازن‌کاوی نرم‌افزار و نیز برخی از روش‌های داده‌کاوی در کنفرانس ICSE در سایر کنفرانس ها و مجلات در سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۴ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است، پایگاه گوگل اسکولار به منظور استخراج داده‌های پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

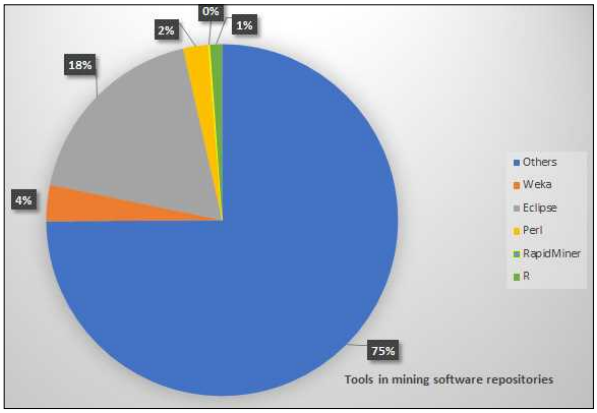



شکل (۱): ابزارهای مورد استفاده در مخازن کاوی نرم افزار، شکل سمت راست نمودار مرجع (چاتودی و همکاران، ۲۰۱۳) و سمت چپ نمودار نتایج تحقیق جاری

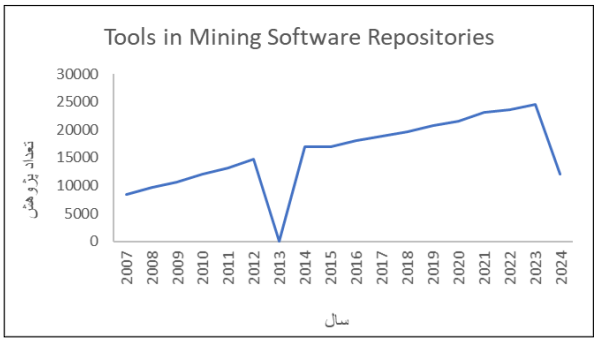
همانطور که در شکل شماره (۱) مشخص است، درصد استفاده از Eclips در مخازن‌کاوی نرم‌افزار بیشترین مقدار پژوهش‌های کنفرانس ICSE را به خود اختصاص داده است و تحقیق حاضر نشان می‌دهد، تعداد پژوهش‌های مربوطه در پایگاه اسکولار مقدار بیشتری را نسبت به پژوهش ]۱۸[ نشان می‌دهد. این مقدار در مورد کاربرد زبان برنامه‌نویسی perl و چارچوب RapidMiner در حوزه مخازن‌کاوی نرم افزار با داشتن مقدار یکسان در تحقیق چاتودی و همکاران (۲۰۱۳) مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده است. در مورد کاربرد ابزار Weka، تعداد پژوهش‌های استخراج شده در تحقیق حاضر که از این ابزار استفاده کرده‌اند، نسبت به پژوهش فوق مقدار بیشتری دارد. مقدار بدست آمده برای زبان برنامه‌نویسی R و نیز برنامه GNUPlot در تحقیق حاضر، صفر می‌باشد. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد، ابزارها و روش‌های مذکور کمتر از نیمی از کل پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

1- Santos, Souza, Oliveira, & Figueiredo



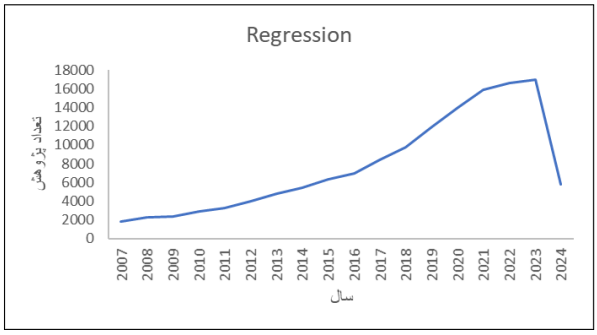

شکل (۲): درصد استفاده از ابزارهای مخازن کاوی نرم‌افزار بین سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۲۴

شکل شماره (۲) ، برآوردها و نتایج استفاده از ابزار و روش‌های داده‌کاوی در مخازن‌کاوی نرم‌افزار را از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۴ نشان می‌دهد، که بروزرسانی پژوهش‌های پیشین را نشان می‌دهد و نسبت به پژوهش‌های پیشین تعداد پژوهش‌های بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همچنان که نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد، محیط توسعه یکپارچه (IDLE) به عبارت دیگر نرم‌افزار Eclips بیشترین کاربرد را نسبت به سایر ابزارها و روش‌ها در مخازن‌کاوی نرم‌افزار دارا می‌باشد.



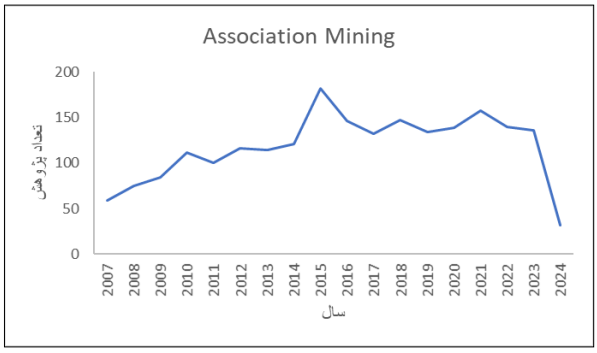

شکل (۳): تعداد پژوهش‌ها با حوزه موضوعی ابزارها در مخازن کاوی نرم‌افزار

شکل شماره (۳)، نشان‌دهنده تعداد پژوهش‌های انجام شده در سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۴ با موضوع ابزارها در مخازن‌کاوی نرم‌افزار می‌باشد، چنان که از شکل بر می‌آید، در سال ۲۰۲۳ بیشترین و در سال ۲۰۱۳ کمترین تعداد پژوهش در زمینه مخازن‌کاوی نرم‌افزار و ابزارهای مورد استفاده در این زمینه انجام شده است.



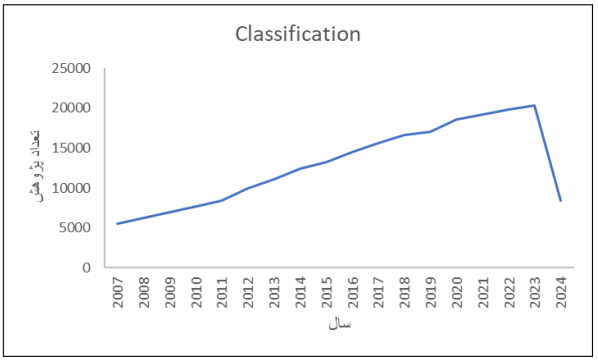

شکل (۴): تعداد پژوهش‌های منتشر شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از روش رگرسیون

شکل شماره (۴)، میزان کاربرد رگراسیون را در پژوهش‌های مخازن‌کاوی نرم‌افزار نشان می‌دهد، که کمترین میزان آن در سال ۲۰۰۷ و بیشترین مقدار کاربرد آن در سال ۲۰۲۳ بوده است و به طور کلی سیر صعودی داشته است.



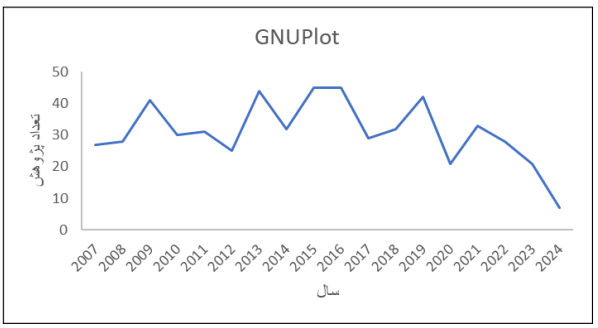

شکل (۵): تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از روش کاوش قوانین انجمنی

شکل شماره (۵) میزان کاربرد قوانین انجمنی را به عنوان یکی از روش‌های داده‌کاوی در پژوهش‌های مخازن‌کاوی نرم‌افزار نشان می‌دهد، که کمترین میزان آن مربوط به سال ۲۰۰۷ و بیشترین مقدار کاربرد آن مربوط به سال ۲۰۱۵ بوده است. همانطور که در شکل مشخص است، روند تغییر نمودار غیریکنواخت است.



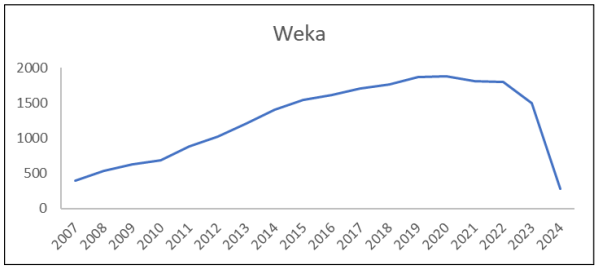

شکل (۶): تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از روش دسته‌بندی

طبق شکل شماره (۶)، تعداد پژوهش‌هایی که از روش دسته‌بندی در مخازن‌کاوی نرم‌افزار استفاده نموده‌اند، در سال ۲۰۲۳ بیشترین مقدار و در سال ۲۰۰۷ کمترین مقدار را داشته است. در سال های ۲۰۱۱، ۲۰۱۵، ۲۰۱۹ کاهش اندک تعداد پژوهش مربوطه در سیر صعودی نمودار مشاهده می‌شود.



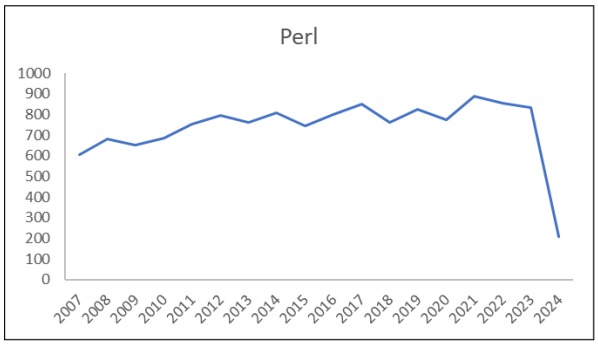

شکل ۷: تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از GNUPlot

شکل شماره (۷) تغییر غیریکنواخت تعداد پژوهش‌ها در زمینه مخازن‌کاوی نرم‌افزار در محیط خط فرمان و برنامه GUI به عبارت دیگر GNUPlot را نشان می‌دهد. در سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ بیشترین تعداد پژوهش با استفاده از GNUPlot انجام شده است. در سال های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۳ کمترین تعداد پژوهش در این زمینه انجام شده است.



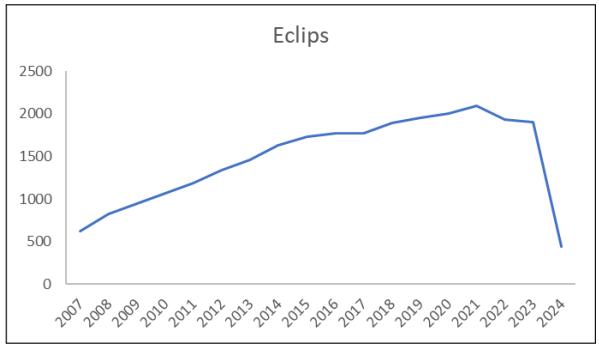

شکل ۸: تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از ابزار Weka

شکل شماره (۸)، تعداد پژوهش‌هایی که از Weka به عنوان یکی از ابزارهای پرکاربرد داده‌کاوی استفاده نموده‌اند، را نمایش می‌دهد، که در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ بیشترین مقدار و در سال ۲۰۰۷ کمترین را دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در سال‌های اخیر با توجه به ظهور ابزارهای جدید داده‌کاوی، استقبال از Weka کاهش یافته است.



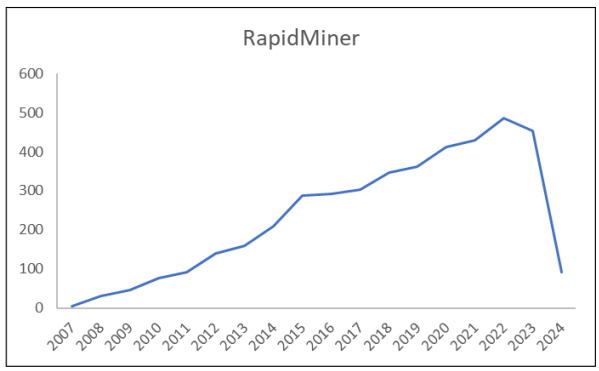

شکل (۴): تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پرل

شکل شماره (۹) کاربرد زبان برنامه‌نویسی پرل را در حوزه مخازن‌کاوی نرم‌افزار نشان می‌دهد، اگر چه سیر تقریبی نمودار صعودی است، اما اختلاف عددی پژوهش‌ها کم است، در سال ۲۰۲۲ تعداد پژوهش‌ها در این زمینه بیشترین مقدار و در سال ۲۰۰۷ کمترین مقدار را داشته است.



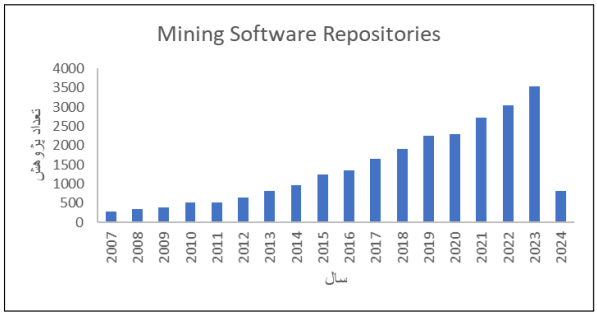

شکل (۱۰): تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از نرم‌افزار Eclips

شکل شماره (۱۰)، میزان کاربرد نرم افزار Eclips را در پژوهش‌های مخازن‌کاوی نرم‌افزار نشان می‌دهد، که کمترین میزان آن در سال ۲۰۰۷ و بیشترین مقدار کاربرد آن در سال ۲۰۲۱ بوده است و به استثنای سال ۲۰۱۷ و ۲۰۲۲، نمودار به طور کلی روند رو به رشد داشته است.




شکل ۱۱: تعداد پژوهش‌های انجام شده در حوزه مخازن کاوی نرم‌افزار با استفاده از چارچوب RapidMiner

همانطور که در شکل شماره (۱۱) نمایان است، کاربرد چارچوب RapidMiner در سال‌های اخیر با اندکی نوسان روند افزایشی داشته است و در سال ۲۰۲۲ بیشترین مقدار و در سال ۲۰۰۷ کمترین مقدار را داشته است.




شکل (۱۲): تعداد پژوهش‌های انجام شده با حوزه موضوعی مخازن کاوی نرم‌افزار

در جستجوی پژوهش‌های مربوط به مخازن‌کاوی نرم‌افزار از موتور جستجوی گوگل‌اسکولار، نتایج شکل شماره (۱۲) بدست آمد. در این جستجو منحصرا و به طور دقیق مخازن‌کاوی نرم‌افزار مدنظر بوده است، به طوری که در سال ۲۰۰۷ کمترین پژوهش با موضوع مخازن‌کاوی نرم‌افزار و در سال ۲۰۲۳ بیشترین تعداد پژوهش مخازن‌کاوی نرم‌افزار انجام شده است. در نمودارهای فوق توجه به این نکته که این پژوهش در ماه‌های ابتدایی سال ۲۰۲۴ انجام شده است، به درک کم بودن تعداد پژوهش‌ها در این سال کمک می‌کند. با این حال از نمودارها کاملا مشخص است که روش دسته‌بندی همچنان به عنوان یکی از روش های داده‌کاوی مورد استقبال قرار می‌گیرد.

## ۴- نتیجه‌گیری

یکی از جنبه‌های کلیدی اهمیت مخازن‌کاوی در پژوهش‌های مربوط به مهندسی نرم‌افزار این است که محققین را قادر می‌سازد به تحلیل تکامل کد، بهره‌وری محصول، و جمع‌آوری عکس‌های فوری[1] از وضعیت‌های کد بپردازند (مهادی، ارنست، و تانگی[2]، ۲۰۲۲). مرور نظام‌مند ادبیات، مطالعات مربوط به مخازن‌کاوی نرم‌افزار (MSR) را شناسایی می‌کند، و بر ارزیابی مطالعات MSR از لحاظ فرآیندها و خروجی آن‌ها تاکید دارد. مخازن نرم‌افزاری به ارائه بینش در مورد آخرین پیشرفت‌ها در توسعه نرم‌افزار و ارائه درک عمیق‌تر از تکامل نرم‌افزار کمک می‌کند. چالش‌های مخازن‌کاوی نرم‌افزار شامل ملاحظات اخلاقی، کاوش مقیاس بزرگ، و استفاده از منابع داده‌ای مختلف است.

1- Snapshots
2- Mahadi, Ernst, & Tongay

چالش‌های اخلاقی ناشی از ماهیت انسانی مخازن نرم‌افزاری است که حاوی داده‌هایی درباره تعامل توسعه‌دهندگان با مخازن و با یکدیگر است. کاوش مقیاس بزرگ برای نتایج تحقیقاتی قابل تعمیم حائز اهمیت است و نیاز به استفاده از مجموعه بزرگی از مصنوعات نرم‌افزاری دارد. منابع داده‌ای مختلفی بوسیله چالش‌های کاوش استفاده یا فراهم می گردد، که دربردارنده داده کنترل نسخه، داده ردیابی اشکال، بایگانی‌های ایمیل، ایجاد ثبت‌های وقایع، سرریز پشته، و رویدادهای IDE است. هر منبع داده‌ای چالش‌های خاص خود را دارد، همانند تضمین حریم خصوصی، مدیریت حجم زیادی از داده، و مواجهه با پیچیدگی فرمت‌های داده‌ای مختلف. در تحقیق حاضر، ابزارها و روش‌های مختلف مورد استفاده در مخازن‌کاوی نرم افزار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با برخی از پژوهش‌ها، در بازه زمانی یکسان مقایسه گردید، علاوه بر این نتایج در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۴ نیز مورد مطالعه و بررسی قرار داده شد. همانطور که در نتایج مشخص است، نرم افزار Eclips به نسبت بیشترین کاربرد را در مخازن‌کاوی نرم‌افزار دارد، و ابزار GNUPlot و برنامه R کمترین تعداد پژوهش‌ها را در بر می‌گیرد، تعداد پژوهش‌ها در سال ۲۰۰۷ کمترین مقدار و به طور نسبی در سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳ بیشترین مقدار را دارا می باشد (با در نظر گرفتن کامل نبودن سال ۲۰۲۴). تعداد پژوهش‌های صورت گرفته با ابزار مورد نظر کمتر از نیمی از تعداد پژوهش‌ها انجام شده با سایر ابزارها را در بر می‌گیرد، که به نسبت نشان دهنده استقبال خوب محققین از ابزارهای مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد.

## منابع:

1-Vidoni, M. (2022). A systematic process for Mining Software Repositories: Results from a systematic literature review. *Information and Software Technology*, *144*, 106791.
2-Sun, X., Li, B., Leung, H., Li, B., & Li, Y. (2015). MSR4SM: Using topic models to effectively mining software repositories for software maintenance tasks. *Information and Software Technology*, *66*, 1-12.
3-Yu, L. (2012). An evolutionary programming based asymmetric weighted least squares support vector machine ensemble learning methodology for software repository mining. *Information Sciences*, *191*, 31-46.
4-Shang, W., Adams, B., & Hassan, A. E. (2012). Using Pig as a data preparation language for large-scale mining software repositories studies: An experience report. *Journal of Systems and Software*, *85*(10), 2195-2204.
5-Vandecruys, O., Martens, D., Baesens, B., Mues, C., De Backer, M., & Haesen, R. (2008). Mining software repositories for comprehensible software fault prediction models. *Journal of Systems and software*, *81*(5), 823-839.
6-Meqdadi, O., Alhindawi, N., Alsakran, J., Saifan, A., & Migdadi, H. (2019). Mining software repositories for adaptive change commits using machine learning techniques. *Information and Software Technology*, *109*, 80-91.
7-Voinea, L., & Telea, A. (2007). Visual data mining and analysis of software repositories. *Computers & Graphics*, *31*(3), 410-428.
8-Bakar, N. S. A. A. (2011). Using language-based search in mining large software repositories. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *27*, 160-168.
9-De Luca, M., Fasolino, A. R., Ferraro, A., Moscato, V., Sperlí, G., & Tramontana, P. (2023). A community detection approach based on network representation learning for repository mining. *Expert Systems with Applications*, *231*, 120597.
10-Polaczek, J., & Sosnowski, J. (2021). Exploring the software repositories of embedded systems: An industrial experience. *Information and Software Technology*, *131*, 106489.
11-Assunção, W. K., Krüger, J., Mosser, S., & Selaoui, S. (2023). How do microservices evolve? An empirical analysis of changes in open-source microservice repositories. *Journal of Systems and Software*, *204*, 111788.
12-Goeminne, M., & Mens, T. (2013). A comparison of identity merge algorithms for software repositories. *Science of Computer Programming*, *78*(8), 971-986.
13-Goyal, A., & Sardana, N. (2020). Performance assessment of bug fixing process in open source

repositories. *Procedia Computer Science*, *167*, 2070-2079.
14-Prechelt, L., & Pepper, A. (2014). Why software repositories are not used for defect-insertion circumstance analysis more often: A case study. *Information and Software Technology*, *56*(10), 1377-1389.
15-Ampatzoglou, A., Michou, O., & Stamelos, I. (2013). Building and mining a repository of design pattern instances: Practical and research benefits. *Entertainment Computing*, *4*(2), 131-142.
16-Alqahtani, S. S., Eghan, E. E., & Rilling, J. (2016). Tracing known security vulnerabilities in software repositories–A Semantic Web enabled modeling approach. *Science of Computer Programming*, *121*, 153-175.
17-Spadini, D., Aniche, M., & Bacchelli, A. (2018, October). PyDriller: Python framework for mining software repositories. In *Proceedings of the 2018 26th ACM Joint meeting on european software engineering conference and symposium on the foundations of software engineering* (pp. 908-911).
18-Chaturvedi, K. K., Sing, V. B., & Singh, P. (2013, June). Tools in mining software repositories. In *2013 13th International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 89-98). IEEE.
19-Sokol, F. Z., Aniche, M. F., & Gerosa, M. A. (2013, September). MetricMiner: Supporting researchers in mining software repositories. In *2013 IEEE 13th International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (SCAM)* (pp. 142-146). IEEE.
20-Kagdi, H., Maletic, J. I., & Sharif, B. (2007, June). Mining software repositories for traceability links. In *15th IEEE International Conference on Program Comprehension (ICPC'07)* (pp. 145-154). IEEE.
21-Thomas, S. W. (2011, May). Mining software repositories using topic models. In *Proceedings of the 33rd International Conference on Software Engineering* (pp. 1138-1139).
22-Olatunji, S. O., Idrees, S. U., Al-Ghamdi, Y. S., & Al-Ghamdi, J. S. A. (2010). Mining software repositories–a comparative analysis. *International Journal of Computer Science and Network Security*, *10*(8), 161-174.
23-Kiefer, C., Bernstein, A., & Tappolet, J. (2007, May). Mining software repositories with isparol and a software evolution ontology. In *Fourth International Workshop on Mining Software Repositories (MSR'07: ICSE Workshops 2007)* (pp. 10-10). IEEE.
24-de F. Farias, M. A., Novais, R., Júnior, M. C., da Silva Carvalho, L. P., Mendonça, M., & Spínola, R. O. (2016, April). A systematic mapping study on mining software repositories. In *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 1472-1479).
25-Mittal, M., & Sureka, A. (2014, May). Process mining software repositories from student projects in an undergraduate software engineering course. In *Companion proceedings of the 36th international conference on software engineering* (pp. 344-353).
26-Canfora, G., & Cerulo, L. (2005, September). Impact analysis by mining software and change request repositories. In *11th IEEE International Software Metrics Symposium (METRICS'05)* (pp. 9-pp). IEEE.
27-Meng, X., Miller, B. P., Williams, W. R., & Bernat, A. R. (2013, September). Mining software repositories for accurate authorship. In *2013 IEEE international conference on software maintenance* (pp. 250-259). IEEE.
28-Keivanloo, I., Forbes, C., Hmood, A., Erfani, M., Neal, C., Peristerakis, G., & Rilling, J. (2012, June). A linked data platform for mining software repositories. In *2012 9th IEEE Working Conference on Mining Software Repositories (MSR)* (pp. 32-35). IEEE.
29-Gold, N. E., & Krinke, J. (2022). Ethics in the mining of software repositories. *Empirical Software Engineering*, *27*(1), 17.
30-Anbalagan, P., & Vouk, M. (2009, May). On mining data across software repositories. In *2009 6th IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories* (pp. 171-174). IEEE.
31-Wang, T., Wang, H., Yin, G., Ling, C. X., Li, X., & Zou, P. (2013, September). Mining software profile across multiple repositories for hierarchical categorization. In *2013 IEEE International Conference on Software Maintenance* (pp. 240-249). IEEE.

32-Zaidman, A., Van Rompaey, B., Demeyer, S., & Van Deursen, A. (2008, April). Mining software repositories to study co-evolution of production & test code. In *2008 1st international conference on software testing, verification, and validation* (pp. 220-229). IEEE.
33-Dyer, R., Nguyen, H. A., Rajan, H., & Nguyen, T. N. (2015). Boa: Ultra-large-scale software repository and source-code mining. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, *25*(1), 1-34.
34-White, M., Vendome, C., Linares-Vásquez, M., & Poshyvanyk, D. (2015, May). Toward deep learning software repositories. In *2015 IEEE/ACM 12th Working Conference on Mining Software Repositories* (pp. 334-345). IEEE.
35-Robbes, R. (2007, May). Mining a change-based software repository. In *Fourth International Workshop on Mining Software Repositories (MSR'07: ICSE Workshops 2007)* (pp. 15-15). IEEE.
36-Santos, A., Souza, M., Oliveira, J., & Figueiredo, E. (2018, September). Mining software repositories to identify library experts. In *Proceedings of the VII Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse* (pp. 83-91).
37-Mahadi, A., Ernst, N. A., & Tongay, K. (2022). Conclusion stability for natural language based mining of design discussions. *Empirical Software Engineering*, *27*, 1-42.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

# روش‌های متداول یادگیری ماشینی و رویکردهای الگوریتمی رایج در آن

Doi: 10.30508/kdip.2024.456229.1103

زینب موسی‌زاده مظفرآبادی[1]

۱-گروه مهندسی کامپیوتر، هوش مصنوعی، مجتمع آموزش عالی بم، بم، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۳۱
صفحه: ۸۷ - ۷۶

## چکیده

یادگیری ماشینی زیرشاخه هوش مصنوعی (AI) است. هدف یادگیری ماشینی به طور کلی درک ساختار داده ها و جا دادن آن داده ها در مدل‌هایی است که برای مردم قابل درک و استفاده باشد. امروزه هر کاربر فناوری از یادگیری ماشینی بهره برده است. فناوری تشخیص چهره به پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی اجازه می‌دهد تا به کاربران کمک کنند تا عکس‌های دوستان خود را برچسب‌گذاری کرده و به اشتراک بگذارند. فناوری تشخیص کاراکتر نوری (OCR) تصاویر متن را به نوع متحرک تبدیل می‌کند. موتورهای توصیه، با استفاده از یادگیری ماشینی، بر اساس اولویت‌های کاربر، پیشنهاد می‌کنند چه فیلم‌ها یا برنامه‌های تلویزیونی بعدی را تماشا کنید. خودروهای خودران که برای مسیریابی به یادگیری ماشینی متکی هستند ممکن است به زودی در دسترس مصرف کنندگان قرار گیرند. یادگیری ماشین یک زمینه به طور مداوم در حال توسعه است. به همین دلیل، هنگام کار با روش‌های یادگیری ماشینی یا تجزیه و تحلیل تأثیر فرآیندهای یادگیری ماشین، ملاحظاتی وجود دارد که باید در نظر داشته باشید.در این مقاله، روش‌های متداول یادگیری ماشینی یادگیری تحت نظارت و بدون نظارت و رویکردهای الگوریتمی رایج در یادگیری ماشین، از جمله الگوریتم k-نزدیک‌ترین همسایه، یادگیری درخت تصمیم و یادگیری عمیق را بررسی خواهیم کرد. یافته‌های پژوهش نشان داد، با گسترش دامنه و رشته‌های تحصیلی و استفاده از یادگیری ماشینی در زمینه‌های مختلف، بسته به تغییر نیازها و پیچیدگی مسائل مختلف، انواع مختلفی از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی پدید آمدند که هر کدام کارایی و کاربردهای خاص خود را دارند. بنابراین می‌توانید الگوریتمی را انتخاب کنید که به بهترین وجه با نیازهای کسب و کار شما مطابقت دارد. در برخی موارد، متخصصان از ترکیبی از این الگوریتم‌ها استفاده می‌کنند، زیرا ممکن است یک الگوریتم به تنهایی نتواند مشکل خاصی را حل کند.

**کلمات کلیدی:** یادگیری ماشین، الگوریتم k، نزدیک‌ترین همسایه، یادگیری درخت تصمیم، یادگیری عمیق

## ۱- مقدمه

هوش مصنوعی، یا به اختصار AI، شاخه‌ای از علم کامپیوتر است که با ساخت ماشین‌هایی سروکار دارد که قادر به تصمیم‌گیری در خصوص حل مسائل کوچکی هستند که ممکن است در بحبوحهٔ تکمیل یک وظیفهٔ به مراتب بزرگ‌تر قد علم کرده باشند. دنیای امروز دنیای داده‌هاست و هر کسی بتواند از این داده‌ها بهتر استفاده کند پیشرفت خواهد کرد. همین امر باعث شده است که الگوریتم‌های یادگیری ماشین در صنایع مختلف و حتی مردم عادی بسیار محبوب شوند. یادگیری ماشین، یک شاخهٔ حائز اهمیت و جذاب از AI است که به صورت منحصر به فردی با بهبود قابلیت سیستم از طریق تجربه و با بهره‌گیری از داده‌هایی که داده‌های آموزشی نام دارند، سروکار دارد. داده‌های آموزشی همان طور که از نامشان پیداست، مجموعه داده‌های بزرگی از نمونه‌هایی را در بر می‌گیرند که در حاصل نتایج مشخص به سیستم کمک می‌کنند که سیستم می تواند برحسب آنها تصمیمات را اتخاذ کند.

با الهام از نظریه الگو و نظریه یادگیری محاسباتی، روش‌های یادگیری ماشینی مطالعه و ایجاد الگوریتم‌هایی را مطالعه می‌کنند، که می‌توانند یاد بگیرند و بر اساس داده‌ها پیش‌بینی کنند. چنین الگوریتم‌هایی از دستورالعمل‌های برنامه پیروی نمی‌کنند و از طریق مدل‌سازی داده‌های ورودی نمونه، پیش‌بینی یا تصمیم‌گیری نمی‌کنند. این روش‌ها در کارهای محاسباتی که طراحی و برنامه‌نویسی الگوریتم‌های صریح با عملکرد مناسب دشوار یا غیرممکن است، استفاده می‌شوند.

به منظور ایجاد نرم‌افزاری که نیازهای کاربران را بر اساس این موارد برآورده کند، از سیستمی برای یادگیری قوانین از داده‌ها استفاده می‌شود. بنابراین در توسعه نرم‌افزار در یادگیری ماشینی، با تجزیه و تحلیل و طراحی توسط تحلیل‌گر و طراح، می‌توان بخشی از قوانین سیستم نرم‌افزار را که نمی‌توان از داده‌های تاریخی استخراج کرد، به دست آورد. عملاً در زمینه یادگیری به این مجموعه قوانین استخراج شده مدل می‌گویند. ابتدا به انواع الگوریتم یادگیری ماشین پرداخته می‌شود (نسیف، شاهین، آتیلی، آزه، و شالان[1]، ۲۰۱۹).

۱. یادگیری نظارت شده: این مدل وظیفه محور است و اهداف به خوبی تعریف شده، متغیر هدف موجود می باشد.

۲. یادگیری نظارت نشده: این مدل داده محور است و نتیجه صرفاًمبتنی بر ورودی است. متغیر هدف یا متغیر وابسته موجود یا شناخته شده نمی‌باشد.

۳. یادگیری تقویتی: مبتنی بر روش ابتکاری است، رویکرد برنامه نویسی پویا، از اشتباهات یاد می‌گیرد (بنابر رعایت قواعد بازی). وضعیت اولیه و وضعیت هدف تعریف شده‌اند.

۴. یادگیری عمیق DL: مبتنی بر اصل ANN (شبکه‌های عصبی مصنوعی) و الهام گرفته از مفهوم بیولوژی سیستم عصبی می‌باشد. مدل‌های DL کارآمد هستند و عمدتاًبه منظور دسته‌بندی و پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## ۲- مبانی نظری

الگوریتم‌های یادگیری ماشینی به مجموعه‌ای از مفاهیم ریاضی اشاره می‌کنند که ماشین را قادر می‌سازد تا با تجزیه و تحلیل و

1- Nassif, Shahin, Attili, Azzeh, & Shaalan

بررسی مجموعه‌ای از داده‌ها، یک مسئله خاص را بیاموزد. هر الگوریتم دارای دستورات، ساختار و مراحل منحصر به فردی است که اطلاعات را دسته‌بندی می‌کند و الگوهای موجود در داده‌ها را شناسایی می‌کند.

طبقه‌بندی یادگیری ماشینی عبارتند از: یادگیری نظارت شده، یادگیری نظارت نشده، یادگیری تقویتی، یادگیری عمیق. این طبقه‌بندی‌ها، در نوع ورودی ارائه شده و متعاقباً در شیوهٔ پردازش داده‌ها متفاوت می‌باشند. کاربردهای یادگیری نظارت شده عبارتند از:

۱-کاربردهای یادگیری نظارت شده در رگرسیون.

۲-پیش‌بینی آب و هوا، پیش‌بینی بازار، پیش‌بینی قیمت سهام، پیش‌بینی قیمت مسکن، پیش‌بینی رشد جمعیت، پیش‌بینی دما برای یک روز معین و مواردی از این قبیل.

۳-کاربردهای یادگیری نظارت شده در دسته‌بندی، دسته‌بندی تصویر، تحلیل احساسات، تراکنش کلاهبرداری/ عاری از کلاهبرداری، ایمیل‌های تبلیغاتی/ غیرتبلیغاتی، بیماری کویدی/ غیرکویدی، تومور خوش‌خیم/ بدخیم، پیش‌بینی و دسته‌بندی بیماری‌های بالینی و مواردی از این نظیر.

کاربردهای یادگیری نظارت نشده عبارتند از:

۱-در خوشه‌بندی مقادیر آستانه بهینه برای بخش‌بندی تصویر چندسطحی، سیستم توصیه‌گر، بازار هدف، بخش‌بندی مشتری و غیره.

۲-در تصویرسازی کاهش ابعاد داده‌های حجیم، مقایسهٔ کارآمد، استخراج ویژگی، کشف ساختار، متن کاوی (کاوش متن)، بازشناسی تصویر، بهبود کیفیت تصویر.

همچنین کاربردهای یادگیری تقویتی در تصمیم‌گیری بلادرنگ (آنی)، بازی‌های هوش مصنوعی، مسیریابی رباتی، بازاریابی بهینه، اتومبیل‌های خودران و مواردی از این قبیل هستند، که در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است.

جدول (۱): کاربردهای اخیر الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین

| محقق | الگوریتم‌های یادگیری ماشین عمیق | روش ارائه شده محققان | نوع داده | نتیجه / دقت |
|---|---|---|---|---|
| گای، ژانگ و وولامو[1] (۲۰۲۱) | SVM | بهبود کرنل svm به واسطهٔ یادگیری آماری و تئوری بهینه‌سازی در چارچوب پلتفرم داده‌های حجیم | مجموعه داده Iris flower(گل زنبق) | ٪۹۸ |
| سینگه، کومار، یاداو، و کوآر[2] (۲۰۲۱) | | شبکه عصبی پیچشی(کانولوشن) مبتنی بر MADE به منظورتشخیص بیماران مبتلا به Covid-۱۹ | ۱۲۷ مورد Covid-۱۹اشعه ایکس قفسه سینه، ۵۰۰ عکس رادیوگرافی قفسه سینه طبیعی، ۵۰۰ پنومونی رادیوگرافی قفسه سینه | ۹۴٫۶۵±۲٫۱٪برای(۷۰٪ نسبت آموزش، ۳۰٪ آزمایش) |
| کوآر و همکاران[3] (۲۰۲۱) | | مدل غربالگری عمیق COVID-۱۹ مبتنی بر الگوریتم فرااتکاری | ۱۹۲۶مورد Covid-۱۹، ۱۹۲۶ مورد طبیعی، ۱۹۲۶ مورد تصاویر اشعه ایکس ذات‌الریه قفسه سینه | دقت آموزش ٪۹۹٫۵ |

1- Gaye, Zhang, & Wulamu
2- Singh, Kumar, Yadav, & Kaur
3- Kaur & etal

جدول (۱): کاربردهای اخیر الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ایکسی، شیی، وگائو[1] (۲۰۲۱) | | الگوریتمSVM بهبود یافته برای درخت تصمیم‌گیری دودویی متوازن | مجموعه داده Five؛ زیرمجموعه Statlog، Iris، Breast tissue، Page blocks | ٪۹۸٫۵، ٪۹۵٫۲، ٪۹۷، ٪۷۲٫۴، ٪۹۳٫۵ |
| استمیت و همکاران[2] (۲۰۲۰) | | پیش‌بینی زوال عقل و اختلال شناختی خفیف با به کارگیری رویکردهای یادگیری عمیق | (ADNI) مخزن مجموعه داده‌های طرح تصویربرداری عصبی بیماری آلزایمر | ٪۸۸ با استفاده از MLP۲ |
| آپوستولوپوس، و پسیانا[3] (۲۰۲۰) | | بهره‌گیری از یادگیری انتقال در cnn برای تشخیص بیماریCovid | ۲۲۴ مورد تصویرCovid-۱۹، ۷۱۴ پنومونی ویروسی و باکتریایی و ۵۰۴ مورد تصویر طبیعی با اشعه ایکس قفسه سینه | ٪۹۶٫۷۸ |
| ستی و بهرا[4] (۲۰۲۰) | | تشخیص بیماریCovid با ویژگی‌های عمیق (Resnet۵۰) و svm(ماشین بردار پشتیبان) | ۲۵ مورد تصویرCovid-۱۹، ۲۵ مورد تصویر طبیعی با اشعه ایکس قفسه سینه | ٪۹۵٫۳۸ |
| انگلوی و سوآرس[5] (۲۰۲۰) | | تشخیص Covid-۱۹ با استفاده از یادگیری عمیق | ۱۲۵۲ مورد سی‌تی‌اسکن قفسه سینهCovidو ۱۲۲۹ مورد تصویر سی‌تی‌اسکن طبیعی قفسه سینه | ٪۹۷٫۳۱ |
| چن، دیبو، هانگ و کاراکا[6] (۲۰۲۰) | جنگل تصادفی | انتخاب مشخصه برای دسته‌بندی داده‌ها با استفاده از الگوریتم‌های، RF، SVM، KNN، LDA | سه مجموعه داده محبوب: بازاریابی بانکی، پایگاه داده ارزیابی خودرو، تشخیص فعالیت‌های انسانی با به کارگیری تلفن‌های هوشمند | ٪۹۸٫۵۷ با استفاده از RF |
| شونالو و زوو[7] (۲۰۲۰) | | پیش‌بینی کارت اعتباری پیش‌فرض توسط الگوریتم RF | https://www.kaggle.com/uciml/مجموعه داده کارت اعتباری پیش فرض مشتریان | خارج از محدوده یاکمینه خطا ٪۱۸٫۲۴ |
| آریف، و همکاران[8] (۲۰۲۲) | مدل‌های یادگیری عمیق | تشخیص و دسته‌بندی تومور مغزی با به کارگیری تبدیل موجک برکلی و cnn | ۲۲ تصویر طبیعیMRI مغز، ۴۴ تصویر غیرطبیعیMRI مغز از سایت http://med.harvard.edu/AANLIB | ٪۹۸٫۵ |

1- Xie, She, & Guo
2- Stamate & etal
3- Apostolopoulos, & Mpesiana
4- Sethy, & Behera
5- Angelov, & Soares
6- Chen, Dewi, Huang, & Caraka
7- Schonlau, & Zou
8- Arif, Ajesh, Shamsudheen, Geman, Izdrui, & Vicoveanu

| جدول (۱): کاربردهای اخیر الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین | | | | |
|---|---|---|---|---|
| گائو، ون، و ژانگ[1] (۲۰۱۹) | | الگوریتم جنگل تصادفی درجه دوم وزن دار | مجموعه داده‌های کارکنان شعبه یک شرکت ارتباطات در کشور چین | ٪۹۲٫۸۰ |
| وانگ[2] (۲۰۱۹) | KNN | تشخیص letter | مجموعه داده Letter از مخزن یادگیری ماشین UCI | ٪۸۲ |
| شیواهار، سومان، چالپالی، کوشیک، گوپتا و بیبهو[3] (۲۰۲۲) | | دسته‌بندی تومور آستروسیتوما در تصاویر MRI با استفاده از KNN | مجموعه داده BRATS | ٪۹۳ |

الگوریتم‌های یادگیری ماشین دسته‌بندی‌های زیادی را در خود جای داده‌اند. کارشناسان همواره باید بر اساس نیازهای مدل و پروژه خود باید یکی از این دسته‌بندی‌های مطرح را انتخاب نمایند. لازم به ذکر است که الگوریتم‌های به کار رفته در دنیای یادگیری ماشین، همواره در حال توسعه هستند.

## ۳- روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و از حیث نحوه گردآوری تحقیق، از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد. به منظور انجام این مطالعه، از داده‌های توصیفی استفاده شده تا بتوان انواع الگوریتم‌های در ارتباط با یادگیری ماشین بهتر شناخته شوند. این تحقیق، کاربرد یادگیری ماشین و انواع الگوریتم‌های های مرتبط با آن را ارائه می‌نماید.

## ۴- یافته‌های تحقیق

الگوریتم‌های یادگیری ماشینی برنامه‌های (ریاضی و منطقی) هستند که وقتی در معرض داده‌های بیشتری قرار می‌گیرند، خودشان را برای عملکرد بهتر تنظیم می‌کنند. بخش یادگیری به این معنی است که این برنامه‌ها روش پردازش داده‌ها را در طول زمان تغییر می‌دهند، همان‌طور که انسان‌ها روش پردازش داده‌ها را در حین یادگیری تغییر می‌دهند. بنابراین، الگوریتم یادگیری ماشین یا الگوریتم یادگیری ماشین، برنامه‌ای است که پارامترهای خود را بر اساس بازخورد عملکرد قبلی در یک مجموعه داده تخمین زده و بهبود می‌بخشد. الگوریتم‌های یادگیری ماشین در حال حاضر در بسیاری از زمینه‌های زندگی حضور فعال دارند و در این مقاله به انواع الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌پردازد.

### انواع الگوریتم‌های یادگیری نظارت شده

محوریت اصلی یادگیری نظارت شده، درک رابطهٔ بین مجموعه ورودی‌ها و مجموعهٔ خروجی‌ها می‌باشد. مادامی که رابطهٔ مورد نظر صدق کند، الگوریتم قادر به پیش‌بینی خروجی برای داده‌های ورودی جدید خواهد بود. به‌عنوان مثال: ورودی‌ها می‌توانند سود حاصلهٔ یک شرکت در سال مالی و خروجی‌ها، تغییر خالص در قیمت سهام شرکت باشند. برای این مثال ذکر شده، ورودی‌های جدید سود حاصلهٔ یک شرکت، می‌توانند تغذیه شوند و سیستم، پیش‌بینی برای تغییر خالص در قیمت سهام را به عنوان خروجی ارائه خواهد داد. دو زیرشاخهٔ اصلی برای یادگیری نظارت شده وجود دارد که عبارتند از: دسته‌بندی (کلاس‌بندی) و رگرسیون.

تفاوت عمده، بین رویکردهای دسته‌بندی و رگرسیون، در برون‌داد آنها می‌باشد. در حالی که، دسته‌بندی، دسته‌ها

1- Gao, Wen, & Zhang
2- Wang
3- Shivahare, Suman, Challapalli, Kaushik, Gupta, & Bibhu

و خروجی‌های دسته (کلاس) را می‌دهد، برون‌داد رگرسیون یک عدد می‌باشد. مبتنی بر متغیر هدف پیوسته است، روش‌های به کار رفته برای وظیفهٔ دسته‌بندی عبارتند از: رگرسیون خطی، رگرسیون درخت تصمیم، جنگل تصادفی، مدل KNN، ماشین‌های بردار پشتیبان.

ب. دسته‌بندی: این قسمت، نقاط مشابه داده از داده‌های ورودی را با هدف گروه‌بندی آنها در دسته‌های مختلف به کار می‌گیرد. این رویکردها، در پی یافتن بهترین شیوه به منظور جداسازی نقاط داده و تخصیص آنها به یک طبقهٔ خاص می‌باشند. مبتنی بر متغیر هدف دسته‌بندی شده است. روش‌های مورد استفاده در دسته‌بندی عبارتند از: رگرسیون لجستیک، نایو بیز (بیز ساده)، گرادیان کاهشی تصادفی KNN (K- نزدیک‌ترین همسایگی)، SVM، درخت تصمیم، جنگل تصادفی.

رگرسیون خطی در زمرهٔ متداول‌ترین تکنیک‌های آماری قرار دارد. این مدل رگرسیون، بر رویکرد مجموعهٔ داده به منظور تعیین همبستگی بین متغیرهای مورد نظر و در راستای پیش‌بینی نتایج مبتنی بر رابطه به کار می‌رود. این مدل، به صورت فرمول شماره (۱) بیان می‌شود:

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots \quad (1)$$

که در آن Y متغیر وابسته، a نقطه عرض از مبدأ، b شیب و X متغیر مستقل است.

پیاده سازی این مدل آسان است و ازکارآمدی در فضا برخوردار است، اما تنها در صورت وجود راه حل خطی، قابل اجرا می‌باشد. همچنین فرض این مدل بر این است که واریانس خطاهای ورودی (باقیمانده‌ها) نسبتاً ثابت است و ورودی‌ها، متقابلاً مستقل می‌باشند.

رگرسیون لجستیکیک الگوریتم نظارت شده است که برای مسائل دسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علی‌رغم اینکه نامش دلالت بر چیز دیگری دارد، اما این مدل، یک مدل رگرسیونی نمی‌باشد. ساده‌ترین رگرسیون لجستیک، با دسته‌بندی‌های باینری (دسته‌بندی‌های دودویی) سروکار دارد، در عین حال، می‌توان آن را به دسته‌های متعدد گسترش داد (شیواهارا و گوپتا[1]، ۲۰۱۶). همچنین می‌توان آن را به کمک یک تابع لجستیک به عنوان تبدیلی از رگرسیون خطی نشان داد. در اغلب مواقع، تابع سیگموئید مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$Z = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots \quad (2)$$

$$Y(X) = g(z) \quad (3)$$

$$g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}} \quad (4)$$

این یک روش دسته‌بندی آسان، ساده و سریع است. تابع زیان همیشه به صورت محدب است. این روش صرفاً در مسائل دسته‌بندی خطی کاربرد دارد.

**الگوریتم k-** نزدیک‌ترین همسایگی یک روش ناپارامتری برای دسته‌بندی و رگرسیون است. این الگوریتم، در اصل، متکی بر این فرض است که اساس همهٔ پیش‌بینی‌ها این است که مشاهدات با شرایط مشابه، نتایج مشابهی را به دنبال خواهند داشت. داده‌ها بر اساس برخی ویژگی‌ها در فضای n بعدی مرتب‌سازی شدند. هنگامی که داده‌های جدیدی به الگوریتم ارائه می‌شود، آن یک دسته (کلاس) به داده‌های جدید، تعیین شده توسط دسته‌های k- نزدیک‌ترین همسایگی خود تخصیص می‌دهد. در دسته‌بندی KNN، کثرت در k نزدیک‌ترین نقاط داده مورد بررسی قرار می‌گیرد، در صورتی که در رگرسیون KNN، میانگین نقاط داده بررسی می‌شود. این، یک مدل یادگیری تنبل است و اجرای آن ساده می‌باشد. این الگوریتم، مشتمل بر ابرپارامترهای (فراپارامترهای) کمتری برای هماهنگی است. با این حال، هزینهٔ محاسبات در طول زمان اجرا به علت حجم نمونهٔ زیاد، بالا می‌باشد.

ماشین بردار پشتیبان، روش دیگری از روش‌های نظارت شدهٔ ML است که می‌تواند به حل مشکلات رگرسیون و دسته‌بندی بپردازد. این روش، قادر به پشتیبانی مسائل خطی و غیرخطی می‌باشد (شیواهارا

1- Shivahare, & Gupta

و همکاران[1]، ۲۰۲۱). در SVM، دو خط حاشیه‌ای موازی با ابر صفحه وجود دارد، یکی از آنها از نزدیک‌ترین نقاط مثبت و دیگری از نزدیک‌ترین نقاط منفی عبور می‌کند. محوریت اصلی روش نظارت شده، بیشینه کردن فاصلهٔ حاشیه‌ای می‌باشد. این روش، با به کارگیری توابع کرنل، داده‌ها را در فضای چند بعدی تفکیک می‌کند. SVM، ترفندهای کرنل را در راستای غلبه بر مشکلات هر چند مشکل به کار می‌برد. کرنل SVM، ۲D (داده‌های با ابعاد کم) را به ۳D یا ابعاد بالاتر تبدیل می‌کند. آن همچنین، قادر است که با استفاده از یک تابع بهینه‌سازی محدب به حداقل مطلق دست یابد. این روش، همواره از زمان‌های آموزش به مراتب بیشتری برای مجموعه داده‌های بزرگ‌تر برخوردار است. در ضمن ابرپارامترها و کرنل، به منظور دستیابی به نتایج دقیق، هماهنگی سنجیده‌ای را می‌طلبند (لوهانی، و ترین یاکارسان[2]، ۲۰۲۱).

درخت تصمیم، یک الگوریتم مبتنی بر درخت می‌باشد و به منظور بررسی مسائل رگرسیون و دسته‌بندی (کلاس‌بندی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. آن به شکل یک درخت معکوس است که در آن داده‌ها براساس شرایط مختلف تفکیک می‌شوند. الگوریتم درختان تصمیم، نمونه‌ها را با مرتب سازی آنها از ریشه تا برگ‌ها (که همان گره‌های گراف هستند) به گونه‌ای که هر برگ گره نمایان‌گر دستهٔ هر نمونه باشد، دسته‌بندی می‌کنند. هر گره در درخت مورد نظر به مثابهٔ یک نمونهٔ آزمایشی برای برخی مشخصه‌ها عمل می‌کند و هر یال پایین رونده از گرهٔ مرتبط، مطابق با یکی از پاسخ‌های احتمالی به نمونهٔ آزمایشی می‌باشد. این فرایند از ماهیت بازگشتی برخوردار است و برای هر زیردرختی که در گره های جدید ریشه دارد تکرار می‌گردد. درخت تصمیم، نیاز به داده‌های از پیش پردازش شده ندارد و از توانایی کنترل موثر همبستگی بین متغیرهای مستقل برخوردار می‌باشد. آن همچنین هیچ گونه فرضیه سازی در رابطه با توزیع داده‌ها انجام نمی‌دهد. از جمله معایبی که می‌توان برای این الگوریتم برشمرد عبارت است از اینکه درخت مدنظر ممکن است هنگام کنترل مجموعه داده‌ها به پیچیده‌گرایی میل کند. در ضمن، امکان دارد، اطلاعات ارزشمند را در حین مواجهه با متغیرهای پیوسته از دست بدهد.

جنگل تصادفی شکل تکامل یافتهٔ الگوریتم درختان تصمیم می‌باشد. آن یک مدل تجمیع (کیسه‌گذاری) (گروهی) می‌باشد که در آن چندین درخت تصمیم با یکدیگر ترکیب شده و میانگین تصمیمات یا اکثریت تصمیمات درختان به عنوان نتیجهٔ نهایی جنگل تصادفی در نظر گرفته می‌شود.

جنگل تصادفی یک مدل دقیق و منسجم می‌باشد و بهتر از هر مدل دیگری از عهدهٔ کنترل بیش برازش برمی‌آید. علاوه بر این، آن از انتخاب مشخصه بارز پشتیبانی به عمل می‌آورد و به استخراج اهمیت مشخصه می‌پردازد. با این حال، این مدل با افزایش اندازهٔ جنگل، از نقطه نظر محاسباتی به پیچیده‌گرایی و کند شدن میل می‌کند. این مدل، از نظر پیش‌بینی، مدل توصیف کنندهٔ خوبی نمی‌باشد.

### انواع یادگیری نظارت نشده

برخلاف یادگیری نظارت شده، یادگیری نظارت نشده، داده‌های فاقد برچسب را می‌پذیرد و می‌کوشد تا شباهت‌ها را در مجموعه داده‌ها شناسایی کند. آن در ادامهٔ کار، برحسب ویژگی‌های به دست آمده، اقدام به گروه‌بندی داده‌ها می‌کند.

- **خوشه‌بندی:** گروهی از نوع مشابه داده‌ها از مجموعه داده‌ها در یک خوشه قرار می‌گیرند. الگوریتم‌هایی که در وظیفه خوشه‌بندی به کار گرفته شدند عبارتند از: خوشه‌بندی کی- میانگین، الگوریتم فراابتکاری الهام گرفته شده از طبیعت همچون PSO، WOA، SSA، MFO، SCA، BAT، Firefly،ACO و غیره.
- **کاهش ابعاد:** تجزیه و تحلیل مولفهٔ اصلی به منظور دستیابی به بهترین مشخصه‌ها با استفاده از مفهوم کاهش ابعاد، به کار گرفته می‌شود.

### انواع یادگیری تقویتی

این مدل، در رابطه با الگوریتمی می‌باشد که از حالت

1- Shivahar & etal
2- Lohani, & Thirunavukkarasan

ورودی داده شده، درصدد یافتن بهترین روش برای دستیابی به پاداش است (حالت خروجی مطلوب). از آنجایی که الگوریتم مورد نظر از تجربهٔ خود به جای مجموعه ورودی‌هایی که رابطهٔ مرتبط با یکدیگر دارند، یاد می‌گیرد، بخش آموزش از یادگیری نظارت شده متفاوت است. در صورت فقدان مجموعه داده‌های آموزشی، الگوریتم ناگزیر به یادگیری از تجربیات خودش است. انواع آن عبارتند از:

**-یادگیری تقویتی مثبت:** به عنوان رویدادی تعریف می‌گردد که به علت رفتار (کارکرد) خاصی صورت می‌پذیرد. این مدل مطلقاً منجر به افزایش قدرت و فراوانی رفتار و تاثیرات روی عمل صورت گرفته توسط مولفه می‌گردد.

**- یادگیری تقویتی منفی:** تقویت منفی به مثابهٔ تشدید رفتاری تعریف می‌گردد که به علت یکی از شرایط منفی حاکم به وقوع می‌پیوندد که لازم است متوقف شود یا از آن اجتناب به عمل آید (انادند و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

## انواع یادگیری عمیق

یادگیری عمیق بخشی از یادگیری ماشینی است. لایهٔ ورودی، لایهٔ پنهان و ساختار لایهٔ خروجی در یادگیری عمیق مدنظر قرار می‌گیرند. انواع مختلف مدل‌های یادگیری عمیق عبارتند از: شبکهٔ عصبی پیچشی(CNN)، شبکه عصبی بازگشتی(RNN)، پرسپترون چند لایه‌ای (MLP)، شبکه‌های حافظهٔ طولانی کوتاه مدت (LSTMها) و غیره (شیواهارا و همکاران، ۲۰۲۱).

- تابع فعال‌سازی: این تابع، بخش جدایی‌ناپذیر شبکهٔ عصبی محسوب می‌شود. در صورت عدم وجود تابع فعال‌سازی (فاقد تبدیل)، شبکهٔ عصبی، یک مدل رگرسیون خطی ساده می‌باشد. مشتق تابع فعال‌ساز خطی (LAF) یک عدد ثابت است و اطلاعات گرادیان به روزرسانی نمی‌گردد. بدین معنا که اطلاعات گرادیان در سطح پس انتشار یکسان خواهد بود. از آنجایی که خروجی تابع خطی محدود به بازهٔ [∞و-∞] نمی باشد، از این رو LAF برای ایجاد احتمال نمونهٔ دوجمله‌ای یا چندجمله‌ای مناسب نمی‌باشد (ساهوو، گوپتا، و شیاهاوارا[2]، ۲۰۱۸).

$$f(LAF) = ax + b; f'(LAF) = a;$$

CNN، از تابع فعال‌سازی همچون سیگموئید، relu، tanh، SoftMax، pelu (بیشینه هموار)، بهینه‌ساز متنوع، تابع زیانی نظیر آنتروپی متقاطع دودویی، آنتروپی متقاطع طبقه‌ای برای وظیفهٔ پیش‌بینی و دسته‌بندی بهره‌مند می‌شود.

**- شبکهٔ عصبی بازگشتی (RNN):** در RNN، خروجی متوالی برای ورودی متوالی مربوطه تولید می‌گردد. عمدتاً به منظور حل مسائل سری‌های زمانی که در آنها طول ورودی ثابت نمی‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**- پرسپترون چند لایه‌ای MLP (MLP):** مبتنی بر مفهوم شبکهٔ عصبی مصنوعی پیشرو می‌باشد که به واسطهٔ مدل‌های یادگیری عمیق از پس قدرت محاسباتی بالا برمی‌آید.

**- مدل‌های یادگیری عمیق از پیش آموزش دیده:** انواع مدل‌های یادگیری عمیق از پیش آموزش دیده همچون VGG۱۶، VGG۱۹، Resnet ۵۰، ResNeXt، Mobilenet و مواردی از این نظیر در دسته‌بندی تصاویر، دسته‌بندی متن، افزایش امنیت سایبری، تشخیص بیماری‌های پزشکی و غیره به کار می‌روند.

توابع فعال‌سازی غیرخطی در جدول شماره (۲) به طور خلاصه‌وار ذکر می‌شوند. اجازه دهید ساز و کار مشتق تابع relu AF را درک کنیم. در اینجا، f'(۰) وجود ندارد، به طور معمول، ما می‌توانیم f'(۰)=۰ تعریف کنیم. در شکل، ما می‌توانیم مشاهده کنیم، هیچ مشتق یا شیب (عدم وجود تغییر در Y) برای مشتق یا شیب در نقاط مثبت یا منفی[x=-۳،-۲،-۱،۱،۲،۳] وجود ندارد.

1- Anand & etal
2- Sahoo, Gupta, & Shivahare

جدول (۲): توابع فعال‌سازی غیر خطی

| -تابع فعال‌سازی غیر خطی- | شرح | نقطه ضعف |
|---|---|---|
| ۱.تابع سیگموئید: به شکل ۶ رجوع شود.<br>$S(z)=\frac{1}{1+e^{-z}}$<br>مشتق تابع سیگموئید S'(z) عبارت است از S(z)(۱-S(z))<br>S'(z) = ۰ وقتی که S(z) برابر با ۰ یا ۱ باشد.<br>دامنهٔ S'(z) برابر است با ε(۰،۰،۲۵)<br>گرهٔ واحد در لایه خروجی دسته (کلاس) ۰یا۱ را پیش‌بینی می‌کند. | ۱. برای طبقه‌بندی دو دویی مناسب است.<br>۲. مقدار احتمال بین ۰ و ۱ ارائه می‌دهد.<br>۳. خروجی عملکرد در مرکز حول صفر نمی‌باشد، بنابراین کارایی به روزرسانی وزن کاهش می‌یابد. | ۱. به دلیل عملکردنمایی، محاسبات کندتری دارد.<br>۲. از آنجایی که تابع، حول صفر نمی‌باشد، دچار مشکل محوشدگی (حذف شدن) گرادیان می‌باشد. |
| ۲. Tanh(x): به شکل ۷ رجوع شود.<br>$f(x)=\frac{1-e^{-2x}}{1+e^{-2x}}$<br>F(x)=۲*تابع سیگموئید (۲x)-۱<br>دامنهٔ f(x) عبارت است از (۱،۱-)<br>مشتق f(x) عبارت است از:<br>$f'(x)=1-f(x)^2$<br>دامنهٔ f'(x) عبارت است از (۰،۱) | ۱. خروجی تابع حول صفر است.<br>۲. در لایه‌های پنهان مورد استفاده قرار می‌گیرد.<br>۳. از تابع سیگموئید بهتر است. | ۱.دچار مشکل محوشدگی (حذف شدن) گرادیان می‌باشد. |
| ۳. تابع Relu، به شکل ۸ و ۹ رجوع شود.<br>$f(x)=\max(0,x)$<br>$f(x)=\begin{cases}x & x>0\\0 & x<0\end{cases}$<br>$f'(x)=\begin{cases}1 & x>0\\0 & x<0\end{cases}$ | ۱. اگر ورودی مثبت باشد، مشکل اشباع گرادیان وجود ندارد.<br>۲. در لایه پنهان مورد استفاده قرار می‌گیرد.<br>۳. از تابع سیگموئید بهتر است. | ۱. مشتق در نقطه ۰ تعریف نشده است.<br>۲. برای عدد ورودی منفی، گرادیان/مشتق صفر خواهد بود. وزن‌های به روز نشده منجر به مشکل relu یا neuron حذف شده و مشکل محو شدگی گرادیان می‌گردد. |
| ۳آ. Relu نشتی: به شکل ۱۰ رجوع شود.<br>$f(x)=\max(0.01x,x)$<br>$f(x)=\begin{cases}x & x>0\\0.01x & x\le 0\end{cases}$<br>$f'(x)=\begin{cases}1 & x>0\\0.01 & x\le 0\end{cases}$ | ۱. حول صفر می‌باشد.<br>۲. برآنست تا به حل/رفع مشکل relu یا neuron در حال حذف بپردازد..<br>۳. دارای مقدار گرادیان کوچک در α=۰،۰۱ (ثابت) می‌باشد | ۱. به دلیل گرادیان کوچک((α=0(constant)، دچار مشکل محوشدگی گرادیان می‌باشد. |

| جدول (۲): توابع فعال‌سازی غیر خطی | | |
|---|---|---|
| ۳ب. Parametric relu:<br>$f(x)=\max(\alpha x, x)$<br>$f(x)=\begin{cases} x & x>0 \\ \alpha x & x\le 0 \end{cases}$<br>$f'(x)=\begin{cases} 1 & x>0 \\ \alpha & x\le 0 \end{cases}$ | ۱.وقتی $\alpha$=۰۰ باشد، به صورت Relu AF عمل می‌کند.<br>۱.وقتی $\alpha$=۰٫۰۱. باشد، به صورت Relu نشتی عمل می‌کند. | ۱.همان موارد مطرح شده در relu و relu نشتی را داریم. |
| ۴.softmax(تابع بیشینه هموار):<br>$soft\ \max(z_i)=\frac{e^{z_i}}{\sum_{k=1}^{j} e^{z_j}}$<br>z نمایانگر مقادیر نورون های لایه خروجی می باشد. | ۱. این تابع، برای مسئله دسته‌بندی چند کلاسه کاملاً مناسب است<br>۲. تابع نمایی غیرخطی را معرفی می‌کند | ۱. هنگامی که، تعداد دسته‌ها (کلاس‌ها) برابر با ۲ باشد، آن به عنوان یک تابع سیگموئید عمل می‌کند.<br>۲. از آنجایی که احتمال همهٔ دسته‌ها (کلاس‌ها) محاسبه می‌شود، هزینهٔ محاسبات بالا می‌باشد. |

**تابع Softmax AF:** این تابع، برداری از اعداد را به بردار احتمالات تبدیل می‌کند، به عبارت دیگر اعداد را نسبت به احتمال خروجی مقیاس‌گذاری می‌کند. حاصل آن مقدار بیشینه در شاخص خاص می‌باشد. جمع همهٔ کلاس‌ها/ خروجی‌ها باید برابر ۱ باشد.

$$[3.2\ 1.3\ 0.2\ 0.8] \rightarrow [0.775\ 0.116\ 0.039\ 0.070]$$

اعداد ← تابع softmax AF ← احتمال

جمع احتمال [۰٫۷۷۵ ۰٫۱۱۶ ۰٫۰۳۹ ۰٫۰۷۰]=۱

$$soft\ \max(3.2)=\frac{e^{3.2}}{e^{3.2}+e^{1.3}+e^{0.2}+e^{0.8}}=0.775$$

در دسته‌بندی چندکلاسه، یک گره برای هر کلاس در لایه خروجی موجود است. داده‌های دسته‌بندی شده به وسیلهٔ کدبندی عدد صحیح [۰و۱و۲و۳] یا کدبندی وان‌هات به داده‌های عددی تبدیل می‌شوند.

## ۵- نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی یک حوزهٔ مطالعاتی گسترده به شمار می‌رود و با سرعتی بیش از هر زمانی دیگر در حال توسعه می‌باشد. در این مقاله، درصدد یکپارچه‌سازی شاخص‌های اساسی در رویکردهای یادگیری ماشین که اخیراً مورد استفاده قرارگرفتند و بهترین موارد کاربردی خود را تعیین نمودند، بودیم. اغراق نخواهد بود، اگر بگوییم که این رویکردها هدایت کنندهٔ مسیرمان در ایجاد تکنولوژی‌های جدیدی همچون تحقق اتومبیل‌های بدون راننده خواهد بود.

الگوریتم‌های یادگیری ماشینی داده‌ها را تجزیه و تحلیل می‌کنند، ارتباطات و پیامدها را از داده‌های ورودی به خروجی ترسیم می‌کنند و الگوهای داده را تشخیص می‌دهند. این الگوریتم‌ها به‌طور خودکار بهینه‌سازی

می‌شوند تا در طول زمان به بهبود ادامه دهند. یعنی با پردازش داده‌های بیشتر، هوشمندتر می‌شوند و عملکرد کلی پیش‌بینی‌شان دقیق‌تر می‌شود. با گسترش دامنه و رشته‌های تحصیلی و استفاده از یادگیری ماشینی در زمینه‌های مختلف، بسته به تغییر نیازها و پیچیدگی مسائل مختلف، انواع مختلفی از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی پدید آمدند که هر کدام کارایی و کاربردهای خاص خود را دارند. بنابراین می‌توانید الگوریتمی را انتخاب کنید که به بهترین وجه با نیازهای کسب و کار شما مطابقت دارد. در برخی موارد، متخصصان از ترکیبی از این الگوریتم‌ها استفاده می‌کنند، زیرا ممکن است یک الگوریتم به تنهایی نتواند مشکل خاصی را حل کند.

## منابع:

1-Anand, T., Singh, V., Bali, B., Sahoo, B. M., Shivhare, B. D., & Gupta, A. D. (2020, June). Survey paper: sentiment analysis for major government decisions. In *2020 International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)* (pp. 104-109). IEEE.

2-Angelov, P., & Soares, E. (2020). Explainable-by-design approach for covid-19 classification via ct-scan

3-Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and engineering sciences in medicine*, *43*, 635-640

4-Arif, M., Ajesh, F., Shamsudheen, S., Geman, O., Izdrui, D., & Vicoveanu, D. (2022). [Retracted] Brain Tumor Detection and Classification by MRI Using Biologically Inspired Orthogonal Wavelet Transform and Deep Learning Techniques. *Journal of Healthcare Engineering*, *2022*(1), 2693621.

5-Chen, R. C., Dewi, C., Huang, S. W., & Caraka, R. E. (2020). Selecting critical features for data classification based on machine learning methods. *Journal of Big Data*, *7*(1), 52.

6-Gao, X., Wen, J., & Zhang, C. (2019). An improved random forest algorithm for predicting employee turnover. *Mathematical Problems in Engineering*, *2019*(1), 4140707.

7-Gaye, B., Zhang, D., & Wulamu, A. (2021). Improvement of support vector machine algorithm in big data background. *Mathematical Problems in Engineering*, *2021*(1), 5594899.

8-Kaur, M., Kumar, V., Yadav, V., Singh, D., Kumar, N., & Das, N. N. (2021). Metaheuristicbased Deep COVID19 Screening Model from Chest XRay Images. *Journal of healthcare engineering*, *2021*(1), 8829829.

9-Lohani, B. P., & Thirunavukkarasan, M. (2021, November). A review: application of machine learning algorithm in medical diagnosis. In *2021 International Conference on Technological Advancements and Innovations (ICTAI)* (pp. 378-381). IEEE.

10-Nassif, A. B., Shahin, I., Attili, I., Azzeh, M., & Shaalan, K. (2019). Speech recognition using deep neural networks: A systematic review. *IEEE access*, *7*, 19143-19165.

11-Sahoo, B. M., Gupta, A. D., & Shivahare, B. D. (2018). Audio Visual EMG & GSR biofeedback analysis and spiritual methods for understanding human behaviour and psychosomatic disorders. *Amity Journal*

*of Computational Sciences*, *2*(1).
12-Schonlau M, Zou RY. The random forest algorithm for statisticallearning. The Stata Journal. 2020; 20(1):3-29. Doi:10.1177/1536867X20909688
13-Sethy, P. K., & Behera, S. K. (2020). Detection of coronavirus disease (covid-19) based on deep features.
14-Shivahare, B. D., & Gupta, S. K. (2021). Multi-level image segmentation using randomized spiral-based whale optimization algorithm. *Recent Patents on Engineering*, *15*(5), 114-126.
15-Shivahare, B. D., & Gupta, S. K. (2016). Multilevel thresholding based image segmentation using whale optimization algorithm. *image*, *3*, 4.
16-Shivahare, B. D., Singh, M., Gupta, A., Ranjan, S., Pareta, D., & Sahu, B. M. (2021, February). Survey Paper: Whale optimization algorithm and its variant applications. In *2021 International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)* (pp. 77-82). IEEE.
17-Shivahare, B. D., Suman, S., Challapalli, S. S. N., Kaushik, P., Gupta, A. D., & Bibhu, V. (2022, February). Survey paper: Comparative study of machine learning techniques and its recent applications. In *2022 2nd International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)* (Vol. 2, pp. 449-454). IEEE.
18-Singh, D., Kumar, V., Yadav, V., & Kaur, M. (2021). Deep neural network-based screening model for COVID-19-infected patients using chest X-ray images. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, *35*(03), 2151004.
19-Stamate, D., Smith, R., Tsygancov, R., Vorobev, R., Langham, J., Stahl, D., & Reeves, D. (2020). Applying deep learning to predicting dementia and mild cognitive impairment. In *Artificial Intelligence Applications and Innovations: 16th IFIP WG 12.5 International Conference, AIAI 2020, Neos Marmaras, Greece, June 5–7, 2020, Proceedings, Part II 16* (pp. 308-319). Springer International Publishing.
20-Xie, W., She, Y., & Guo, Q. (2021). Research on multiple classification based on improved SVM algorithm for balanced binary decision tree. *Scientific Programming*, *2021*(1), 5560465.
21-Wang, L. (2019, December). Research and implementation of machine learning classifier based on KNN. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 677, No. 5, p. 052038). IOP publishing.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

# تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از MediaPipe Facemesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق

Doi: 10.30508/kdip.2024.452512.1101

منصور حسابی‌مقدم[۱] | حمیدرضا غفاری[۲] | مهدی خزائی‌پور[۳]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران
۲- استادیار گروه فنی و مهندسی، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فردوس، فردوس، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷
صفحه: ۱۰۱ - ۸۸

## چکیده

در پاسخ به نیاز اساسی به تشخیص دقیق چهره‌های متنقبضی که ماسک می‌پوشند، این مقاله یک رویکرد نوآورانه ارائه می‌دهد که از روش‌های عمیق یادگیری دو مرحله‌ای موازی به همراه الگوریتم‌های متا-هیوریستیک هیبریدی بهره می‌برد. چالش‌های مرتبط با تشخیص افرادی که ماسک می‌پوشند، از طریق یک چارچوب جامع آدرس داده می‌شوند که از فناوری‌های روز و ورودی‌های متنوع بهره می‌برد. این روش شامل یک استراتژی الگوریتمی موازی است، که تشخیص چهره‌ها با و بدون ماسک به منظور دقت بهینه‌سازی می‌شود. هنگام شناسایی چهره‌های بدون ماسک، الگوریتم خاصی استفاده می‌شود، در حالی که تشخیص چهره‌های با ماسک از یک الگوریتم جداگانه استفاده می‌کند. علاوه بر این، یک ادغام منابع داده متعدد شامل تصاویر چهره با ماسک و ورودی‌های سنسورهای دما، دقت تشخیص را افزایش می‌دهد. مرکز اصلی این تحقیق در خوشه‌بندی داده‌ها واقع شده است، جایی که مجموعه‌داده‌ها بر اساس حجم آنها سازماندهی می‌شوند، سپس با استفاده از یک شبکه عصبی پیچشی پیشنهادی، دسته‌بندی انجام می‌شود. ویژگی‌های تکراری از هر خوشه با دقت حذف می‌شوند و پردازش موازی پسین توسط الگوریتم‌های متمایز انجام می‌شود. در این مطالعه، دو الگوریتم ترکیبی معرفی شده‌اند و با افزایش حجم داده، می‌توان الگوریتم‌های اضافی را به‌سادگی درج کرد تا قابلیت مقیاس‌پذیری و افزایش دقت را فراهم کنند. این رویکرد نوآورانه توانایی بهبود قابل توجه دقت و کارآیی سیستم‌های تشخیص چهره‌های متنقبضی را به نمایش می‌گذارد و نیاز مهمی در حوزه‌های امنیت تا به سلامت عمومی و فراتر از آن را برطرف می‌کند. همچنین با پیشرفت فناوری و پیشرفت تحقیقات در این حوزه، امکان بهبود دقت تشخیص چهره‌های متنقبضی هنوز امیدوارکننده است.

**کلمات کلیدی:** تشخیص چهره، ماسک، Media Pipe، یادگیری عمیق.

## ۱- مقدمه

با توجه به شیوع ویروس کووید-۱۹، استفاده از ماسک به یکی از موارد حیاتی برای جلوگیری از شیوع این ویروس تبدیل شده است. در این راستا، تشخیص چهره افراد نقاب‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به عنوان یک موضوع تحقیقاتی مهم در زمینه هوش مصنوعی مطرح شده است (کانال و همکاران[1]، ۲۰۲۲؛ ماکیدندو، دوراوی، اکمدو، ماکیندو و کوه[2]، ۲۰۲۳). در این شماره، هدف شناسایی چهره افراد با ماسک است که در بسیاری از کاربردهای مختلف از جمله امنیت، پزشکی و کنترل دسترسی به سیستم‌های امنیتی قابل استفاده است. به طور خاص، در این شماره از Media Pipe Face mesh برای استخراج ویژگی‌های چهره و الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای آموزش مدل‌هایی برای تشخیص چهره افراد دارای ماسک استفاده شده است. این موضوع به دلیل اهمیت آن در مبارزه با شیوع ویروس کووید-۱۹ و همچنین کاربردهای مختلف آن مورد توجه محققان و علاقمندان به حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است (ماکیندو و جئونگ و کوه[3]، ۲۰۲۰؛ ون کلیف[4]، ۲۰۰۹). با این حال، تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق نیز چالش‌هایی را به همراه دارد. به عنوان مثال، تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به دلیل تغییراتی که ماسک روی صورت ایجاد می‌کند، عموما دقت پایینی دارد. همچنین نویزهایی مانند نور نامطلوب و کاهش کیفیت تصویر نیز می‌تواند بر دقت تشخیص چهره افراد دارای ماسک تاثیر بگذارد. بنابراین انجام تحقیقات بیشتر و بهبود الگوریتم‌ها و مدل‌های یادگیری عمیق برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک می‌تواند چالشی جدی در این زمینه باشد. به طور کلی تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند مشکلات مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک را با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق بهبود بخشد و این موضوع جزو اولویت‌های محققان و متخصصان حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است (کلتنر، ساتر، تریسی و کوآن[5]، ۲۰۱۹؛ حس[6]، ۲۰۲۱). با توجه به مزایای تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، این موضوع به عنوان یکی از موضوعات مهم در حوزه هوش مصنوعی شناخته می‌شود. از جمله کاربردهای این فناوری می‌توان به تشخیص چهره افراد با ماسک در سیستم‌های امنیتی، کنترل دسترسی به سیستم‌های کامپیوتری و تشخیص چهره در حوزه پزشکی اشاره کرد. همچنین با توجه به اینکه استفاده از ماسک به عنوان یکی از راهکارهای اصلی در مبارزه با ویروس کووید-۱۹ مورد استفاده قرار گرفته است، تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق نیز در محیط‌های عمومی کاربرد فراوانی دارد. خواهد داشت. به طور کلی تحقیقات در زمینه تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از

1- Canal & etal
2- Mukhiddinov, Djuraev, Akhmedov, Mukhamadiyev, & Cho
3- Mukhiddinov, Jeong, & Cho
4- Van Kleef
5- Keltner, Sauter, Tracy, & Cowen
6- Hess

MediaPipe Facemesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل کاربردهای گسترده از اهمیت ویژه ای برخوردار است و می‌تواند موضوع بسیاری از تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر باشد (راخمالیتیچ، یوگیل، یوگیل، نوردینویچ[1]، ۲۰۱۸؛ موکامیدی، خوجیارو، دجوری، وکوه[2]، ۲۰۲۲). همچنین با توجه به گستردگی کاربردهای تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، تحقیق در این زمینه از اولویت‌های محققان و صاحب نظران حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است. این تحقیقات می‌تواند به بهبود دقت تشخیص چهره افراد دارای ماسک و همچنین بهبود کارایی و عملکرد الگوریتم‌های مورد استفاده در این زمینه کمک کند.

## ۲- مبانی نظری

به طور کلی با توجه به چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک، بررسی این مشکل به دلیل مزایای گسترده مورد توجه و استقبال محققان در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر قرار گرفته است. به طور کلی انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به بهبود مسائل مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک و کاربردهای گسترده‌تر این فناوری کمک کرده و باعث توسعه و پیشرفت حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر شود. همچنین تحقیق در زمینه تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل مزایایی که دارد به یکی از موضوعات جدید و مهم در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر تبدیل شده است. با توجه به اینکه تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل کاربرد فراوان برای محققان، متخصصان و صنعت گران حائز اهمیت است، بنابراین انجام تحقیقات بیشتر و بهبود روش‌های موجود در این زمینه می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. به طور کلی تحقیقات انجام شده در زمینه تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به عنوان یک موضوع تحقیقاتی جدید و مهم در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر شناخته شده است که می‌تواند چالش‌های مرتبط با آن را بهبود بخشد. شناسایی چهره افراد با ماسک و همچنین در کاربردهای گسترده‌تر این فناوری موثر باشد.

علاوه بر این، تشخیص چهره افراد نقاب‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به دلیل شیوع ویروس کرونا به یکی از مسائل مهم در سلامت عمومی در بسیاری از کشورها تبدیل شده است. در برخی از کشورها، تشخیص چهره افراد با ماسک به عنوان یکی از موارد ضروری در کنترل شیوع ویروس کرونا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند نقش مهمی در کنترل شیوع ویروس کرونا و حفظ سلامت جامعه داشته باشد. همچنین با توجه به اینکه تشخیص چهره افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق به یکی از موضوعات مهم در حوزه هوش مصنوعی تبدیل شده است، تحقیقات در این زمینه می‌تواند منجر به توسعه و پیشرفت حوزه هوش مصنوعی و بهبود آن شود. دقت تشخیص صورت افراد ماسک دار را بیاورید. به طور کلی، تحقیقات و پیشرفت‌های بیشتر در تشخیص چهره ماسک‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، چالش‌های مرتبط با این زمینه را بهبود می‌بخشد و کاربردهای گسترده‌تری از این فناوری ارائه می‌کند (جیم[3]، ۲۰۰۹؛ ساسکیند، لی، کوسی، فیمان، گرابسکی، واندرسون[4]، ۲۰۰۸؛ سکسان، خانا، وگوپتا[5]، ۲۰۲۰). یکی از چالش‌های مرتبط با تشخیص چهره ماسک شده با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، دقت پایین در تشخیص چهره ماسک شده است. با توجه به اینکه ماسک قسمتی از صورت را می‌پوشاند و از دسترسی به اجزای صورت جلوگیری می‌کند، دقت تشخیص چهره با ماسک کمتر از دقت تشخیص

1- Rakhmatillaevich, Ugli, Ugli, & Nuruddinovich
2- Mukhamadiyev, Khujayarov, Djuraev, & Cho
3- JM
4- Susskind, Lee, Cusi, Feiman, Grabski, & Anderson
5- Saxena, Khanna, & Gupta

چهره بدون ماسک است. علاوه بر این، تغییر شکل ماسک و تفاوت ماسک‌های مختلف، به دلیل شدت رنگ و الگوهای متفاوت آنها، دقت تشخیص چهره را کاهش می‌دهد (دزدییک، کاکولسکا، باسینکاس[1]، ۲۰۲۰؛ گوآ، سوماک، و ستل[2]، ۲۰۱۹؛ رمدانی، اوگیر، کوآتروت[3]، ۲۰۲۲).

از دیگر چالش‌های این حوزه می‌توان به مسائل مربوط به تشخیص چهره در محیط‌های نوری مختلف، مشکلات تشخیص چهره در صورت تغییر مو، مسائل مربوط به تشخیص چهره در محیط‌های افراد و توسعه الگوریتم‌های بهینه‌سازی و بازنگری الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای بهبود دقت اشاره کرد. تشخیص چهره با ماسک به طور کلی چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر و توسعه الگوریتم‌های مناسب برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک است (اکسیا، پان، لی، چن، ولی[4]، ۲۰۲۲؛ مایتری و همکاران[5]، ۲۰۲۲). علاوه بر این، چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد نقاب‌دار با استفاده از Media Pipe Face mesh و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به دلیل شیوع ویروس کرونا در بسیاری از کشورها به یکی از چالش‌های حیاتی در حوزه سلامت عمومی تبدیل شده است. این چالش‌ها می‌توانند نقش مهمی در کنترل شیوع ویروس کرونا و حفظ سلامت جامعه داشته باشد. همچنین چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک نیز در حوزه تجارت الکترونیک و حضور مجازی مطرح می‌شود. با توجه به شیوع ویروس کرونا، فعالیت‌های تجاری بیشتری به صورت آنلاین انجام می‌شود و تشخیص چهره افراد با ماسک در این زمینه نیز نیازمند الزامات مهمی است. به عنوان مثال در پرداخت‌های آنلاین تشخیص چهره افراد دارای ماسک به دلیل کاهش احتمال جعل هویت و کلاهبرداری در پرداخت‌های آنلاین می‌تواند نقش مهمی ایفا کند (لی، ژانگ، وو، سیو، و نیو[6]، ۲۰۲۲). با توجه به تنوع بسیار زیاد انواع ماسک‌ها، یکی از چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک، شناخت ماسک‌هایی با الگوهای خاص است. ماسک‌هایی با الگوهایی که برای کاربر مناسب نیستند، ممکن است دقت تشخیص چهره را کاهش دهند. همچنین، ماسک‌هایی با رنگ‌ها و طرح‌های شبیه پوست، تشخیص چهره را دشوارتر می‌کنند (موکامیندو، اکمارادو، و دجوآری[7]، ۲۰۱۹).

چالش دیگر در این زمینه مربوط به تشخیص چهره در برابر حرکت است. با توجه به اینکه صورت افراد می‌تواند در موقعیت‌های مختلفی باشد و هنگام حرکت صورت ممکن است ماسک حرکت کند، تشخیص چهره با ماسک و تطبیق آن با چهره ثبت شده می‌تواند چالش برانگیز باشد. چالش‌های دیگر در این زمینه شامل؛ مشکلات در تشخیص چهره در محیط‌های حضوری و نیاز به توسعه الگوریتم‌هایی است که از اطلاعات دیگر به عنوان ورودی برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک استفاده می‌کند. محیط‌های حضوری به محیط‌هایی گفته می‌شود که چهره فرد قابل مشاهده و دسترسی نیست. به عنوان مثال در برخی محیط‌های کاری ممکن است فرد به دلیل استفاده از وسایل ایمنی مانند ماسک یا عینک ایمنی صورت خود را بپوشاند و در نتیجه تشخیص چهره فرد در این محیط‌ها چالش برانگیز باشد (آوازو، عبدالسلامی، موکامیندو، باراتو، موکامادو، و چوو[8]، ۲۰۲۲). همچنین در محیط‌های شخصی مانند مکان‌های عمومی، ایستگاه‌های راه آهن، فرودگاه ها، ساختمان‌های اداری و ... امکان در دسترس قرار دادن دستگاه‌های تشخیص چهره برای تشخیص چهره افراد نیز محدود است. بنابراین، تشخیص چهره در محیط‌های حضوری می‌تواند منجر به چالش‌هایی مانند: کاهش دقت و صحت تشخیص چهره یا تاخیر در تشخیص چهره شود. به طور کلی چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد دارای ماسک نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه هوش مصنوعی و پردازش

1- Dzedzickis, Kaklauskas, & Bucinskas
2- Guo, Soornack, & Settle
3- Ramdani, Ogier, & Coutrot
4- Xia, Pan, Li, Chen, & Li
5- Maithri & etal
6- Li, Zhang, Wu, Cui, & Niu
7- Mukhiddinov, Akmuradov, & Djuraev
8- Avazov, Abdusalomov, Mukhiddinov, Baratov, Makhmudov, & Cho

تصویر برای یافتن راه حل‌های مناسب برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک است (کو[1]، ۲۰۱۸؛ هانگری، سینگه، و نلیما[2]، ۲۰۲۳).

برای حل چالش‌های مربوط به تشخیص چهره افراد با ماسک می‌توان از راه حل‌های مختلفی استفاده کرد (ملائوک، هندوزی[3]، ۲۰۲۰).

۱-استفاده از شبکه‌های عصبی پیچیده: با توجه به تنوع زیاد ماسک‌ها و تغییر شکل صورت در حالات مختلف، می‌توان از شبکه‌های عصبی پیچیده برای تشخیص چهره افراد با ماسک استفاده کرد. این شبکه‌های عصبی را می‌توان با داده‌های بزرگ که از ماسک‌های مختلف، الگوهای چهره و غیره گرفته شده، آموزش داد.

۲-استفاده از چندین ورودی: استفاده از چندین ورودی به جای استفاده از تصویر چهره با ماسک به تنهایی، می‌تواند دقت تشخیص را افزایش دهد. برای مثال می‌توان از ورودی‌هایی مانند تصویر چهره بدون نقاب، ورودی دوربین‌های دیگر مانند دوربین‌های حرارتی یا دستگاه‌های اندازه گیری محیط و دما استفاده کرد.

۳-استفاده از الگوریتم‌های جدید: با توجه به شیوع ویروس کرونا و نیاز به تشخیص چهره با ماسک، تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شده و الگوریتم‌های جدیدی برای تشخیص چهره با ماسک ساخته شده است که باعث افزایش دقت و صحت می‌شود.

۴-استفاده از فناوری‌های مختلف: در برخی محیط‌ها مانند؛ فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های راه‌آهن می‌توان از فناوری‌های مختلفی مانند RFID (Radio-Frequency Identification) یا فناوری QR Code برای شناسایی هویت افراد استفاده کرد. با این روش‌ها، فرد می‌تواند بدون نیاز به در دسترس قرار دادن چهره خود با اسکن کارت یا کد، هویت خود را تأیید کند.

۵-توسعه دستگاه‌های دقیق‌تر: دستگاه‌های تشخیص چهره با ماسک در حال حاضر با دقت متوسطی کار می‌کنند. با این حال، با توسعه دستگاه‌های دقیق‌تر و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر، مانند؛ سنسورهای سه بعدی و دوربین‌های با وضوح بالا، می‌توان دقت تشخیص چهره با ماسک‌ها را بهبود بخشید.

به طور کلی راه حل‌های موجود برای حل چالش‌های مرتبط با تشخیص چهره نقاب‌دار شامل؛ فناوری‌های مختلف، الگوریتم‌های جدید، استفاده از ورودی‌های متعدد و توسعه دستگاه‌های دقیق‌تر است. با توجه به پیشرفت تکنولوژی و ادامه تحقیقات در این زمینه، می‌توان در آینده بهبود دقت و صحت تشخیص چهره را با ماسک پیش‌بینی کرد. در این مقاله برای حل چالش‌های موجود و افزایش دقت تشخیص افراد دارای ماسک با استفاده از Media Pipe Face mesh، از روش جدید یادگیری عمیق موازی دو مرحله‌ای به همراه الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی استفاده شده است. از الگوریتم‌های ترکیبی می‌توان برای تشخیص چهره با ماسک استفاده کرد. الگوریتم‌های ترکیبی معمولاً از ترکیب چندین الگوریتم کوچک‌تر به منظور بهبود دقت و دقت تشخیص استفاده می‌کنند.

در این روش در صورت تشخیص چهره بدون ماسک از الگوریتم مربوطه و در صورت تشخیص چهره با ماسک از الگوریتم دوم استفاده می‌شود. همچنین امکان ترکیب ورودی‌های مختلف مانند؛ تصویر چهره با ماسک و ورودی سنسورهای دما و غیره برای بهبود دقت و صحت تشخیص وجود دارد. در واقع در این تحقیق از روش جدیدی با چندین الگوریتم موازی استفاده شده است که داده‌های مرتبط بسته به حجم داده‌ها خوشه‌بندی می‌شوند که این خوشه‌بندی و طبقه‌بندی با شبکه عصبی کانولوشن پیشنهادی و داده‌های اضافی و ویژگی‌های اضافی انجام می‌شود. در هر خوشه حذف می‌شوند. سپس هر خوشه توسط الگوریتم‌های جداگانه به صورت موازی پردازش می‌شود. دو الگوریتم ترکیبی در این تحقیق پیشنهاد شده است، اما اگر تعداد داده‌ها افزایش یابد و مثلاً به سه خوشه تقسیم شود، به سه الگوریتم نیاز است و الگوریتم سوم همان الگوریتم پیشنهادی اول است که تکرار می‌شود.

آثار این نسخه به شرح زیر است. این مقاله چندین سهم مهم در زمینه تشخیص چهره نقاب‌دار دارد.

۳-چارچوب الگوریتمی موازی بدیع: این تحقیق یک رویکرد پیشگام را معرفی می‌کند که از الگوریتم‌های موازی برای

1- Ko
2- Hangaragi, Singh, & Neelima
3- Mellouk, & Handouzi

تشخیص چهره نقاب‌دار استفاده می‌کند. این چارچوب نه تنها دقت را بهبود می‌بخشد، بلکه راه‌حلی مقیاس‌پذیر برای مدیریت مجموعه داده‌های بزرگ ارائه می‌دهد.

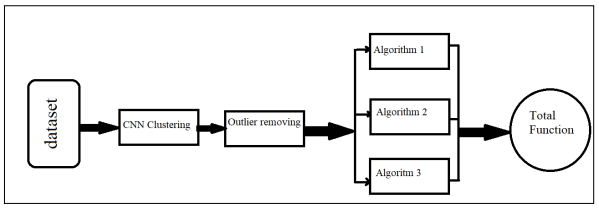
۴-ادغام فناوری‌های پیشرفته: با ترکیب حس‌گرهای سه بعدی و دوربین‌های با وضوح بالا، این تحقیق به توسعه دستگاه‌های تشخیص چهره نقاب‌دار دقیق‌تر کمک می‌کند. این فناوری‌ها توانایی سیستم را در ثبت و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های صورت، حتی زمانی که توسط ماسک‌ها پنهان شده باشند، افزایش می‌دهند.

۵-الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی: الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی پیشنهادی کمک جدیدی به حوزه تشخیص چهره است. این الگوریتم‌ها نقاط قوت رویکردهای متعدد را ترکیب می‌کنند و دقت و استحکام بیشتری را در تشخیص افراد با ماسک ارائه می‌دهند.

۶-پردازش کارآمد داده‌ها: از طریق خوشه‌بندی داده‌ها و تکنیک‌های انتخاب ویژگی، تحقیق پردازش داده‌ها را ساده می‌کند، افزونگی را کاهش می‌دهد و کارایی سیستم‌های تشخیص را بهینه می‌کند. این به تشخیص سریع‌تر و دقیق‌تر چهره نقاب‌دار کمک می‌کند.

۷-کاربرد در زمینه‌های متنوع: این تحقیق کاربردهای گسترده‌ای در امنیت، سلامت عمومی، تجارت الکترونیک و فراتر از آن دارد. مشارکت‌های آن پتانسیل افزایش سیستم‌های امنیتی، کمک به کنترل شیوع بیماری‌های عفونی و بهبود امنیت پرداخت آنلاین را دارد.

هدف این مقاله، ارتقای پیشرفته‌ترین روش‌های تشخیص چهره نقاب‌دار با پیشنهاد روش‌های نوآورانه، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته و پرداختن به چالش‌های مرتبط با شناخت افراد دارای ماسک است. مشارکت‌های آن پتانسیل تأثیرگذاری قابل‌توجهی بر حوزه‌های مختلف و بهبود دقت و قابلیت اطمینان سیستم‌های تشخیص چهره در حضور ماسک دارد. در این بخش، روش پیشنهادی را برای بهبود تشخیص چهره نقاب‌دار با استفاده از رویکرد یادگیری عمیق دو مرحله‌ای موازی همراه با الگوریتم‌های فرابتکاری ترکیبی ارائه می‌کنیم. این روش شامل خوشه‌بندی داده‌ها، انتخاب ویژگی، حذف داده‌های پرت و یک رویکرد مبتنی بر اجماع برای دستیابی به دقت بالاتر در تشخیص چهره نقاب‌دار است. شکل شماره (۱) نمای کلی روش پیشنهادی مبتنی بر یادگیری عمیق را ارائه می‌دهد و شکل شماره (۲) استفاده از یک ماتریس همبستگی را در این فرآیند نشان می‌دهد.




شکل (۱): روش پیشنهادی مبتنی بر یادگیری عمیق

### خوشه‌بندی با شبکه عصبی کانولوشن (CNN)

روش با خوشه‌بندی داده‌ها بر اساس حجم داده‌ها، آغاز می‌شود. هر خوشه برای رسیدگی به زیر مجموعه‌های خاصی از چالش‌های تشخیص چهره نقاب‌دار طراحی شده است. خوشه‌بندی و طبقه‌بندی با استفاده از یک شبکه عصبی کانولوشن پیشنهادی (CNN) انجام می‌شود. این شبکه برای گروه بندی موثر داده‌های مشابه بهینه شده است.

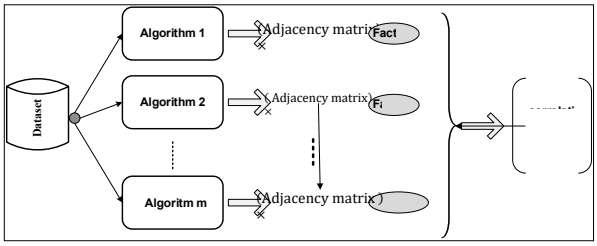
حذف داده‌های پرت: در هر خوشه، ویژگی‌های اضافی و داده‌های پرت به طور سیستماتیک حذف می‌شوند. این فرآیند کارایی و دقت فرآیند شناسایی را افزایش می‌دهد.

### الگوریتم‌های موازی

الگوریتم‌های موازی برای هر خوشه استفاده می‌شود که امکان پردازش همزمان را فراهم می‌کند. هر الگوریتم به طور مستقل عمل می‌کند و در تشخیص چهره‌هایی با ویژگی‌های خاص مربوط به ماسک تخصص دارد.

الگوریتم‌ها از ماتریس‌های همسایگی ایجاد شده توسط خوشه‌های مربوطه خود استفاده می‌کنند و اعضا را گام به گام از یک مجموعه تعیین شده انتخاب می‌کنند.

در طول انتخاب اعضا، روش ارزیابی می‌کند که آیا عضو انتخاب شده پتانسیل مشارکت در تصمیم‌گیری نهایی را دارد یا خیر.




شکل (۲): روش پیشنهادی با ماتریس همبستگی

**رویکرد مبتنی بر اجماع:** روش پیشنهادی از یک رویکرد مبتنی بر اجماع برای ترکیب نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های فردی استفاده می‌کند. تکنیک‌های خوشه‌بندی ترکیبی، از جمله تجزیه و تحلیل ماتریس همبستگی، برای رسیدن به یک تصمیم تشخیص نهایی با دقت بالاتر استفاده می‌شود.

**مزایای روش پیشنهادی:** با ترکیب نتایج الگوریتم‌های متعدد، روش پیشنهادی به طور قابل توجهی دقت و قابلیت اطمینان تشخیص چهره نقاب‌دار را بهبود می‌بخشد. تشخیص چهره نقاب‌دار را در محیط‌های مختلف، از جمله موقعیت‌هایی که افراد ممکن است به طور جزئی یا کامل صورت خود را بپوشانند، فعال می‌کند.

**روش بهبود یافته CNN:** این تحقیق یک روش CNN بهبود یافته را معرفی می‌کند که به طور خاص برای تشخیص چهره ماسک شده، طراحی نموده است. جزئیات این روش در بخش‌های بعدی ارائه شده است. لذا روش پیشنهادی از قدرت الگوریتم‌های موازی، خوشه‌بندی داده‌ها، انتخاب ویژگی، و یک رویکرد مبتنی بر اجماع برای افزایش دقت و کارایی تشخیص چهره نقاب‌دار استفاده می‌کند. این یک راه حل امیدوارکننده برای چالش‌های مرتبط با شناخت افراد ماسک پوش در محیط‌های مختلف ارائه می‌دهد. در روش پیشنهادی، هر الگوریتم به‌طور جداگانه چهره را با یک ماسک از خوشه‌های مربوط به الگوریتم خود تشخیص می‌دهد و داده‌های پرت را با استفاده از ماتریس حداکثری مدولاریته و همبستگی حذف می‌کند. در نهایت با یک اجماع به تشخیص با دقت بالاتری خواهیم رسید. استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی در تشخیص چهره با ماسک می‌تواند دقت و صحت تشخیص چهره را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد و امکان تشخیص چهره با ماسک را در محیط‌های شخصی و سایر محیط‌هایی که فرد ممکن است صورت خود را بپوشاند، فراهم کند. همچنین در این تحقیق از روش پیشنهادی بهبود یافته CNN استفاده شده است که جزئیات آن در ادامه بیان شده است.

## ۳- یافته‌های تحقیق

### جزئیات الگوریتم اول

در الگوریتم اول از الگوریتم Media Pipe Face mesh استفاده شده است. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های تشخیص چهره است که توسط گوگل طراحی شده است. این الگوریتم برای تشخیص ۶۸ نقطه روی صورت انسان از جمله نقاط بینی، چشم، دهان و ... استفاده می‌شود.

Media Pipe Face meshes از شبکه عصبی کانولوشن (CNN) استفاده می‌کند و نقاط مختلف صورت را با توجه به ورودی تصویر چهره تشخیص می‌دهد. این الگوریتم به عنوان یکی از بهترین الگوریتم‌های تشخیص چهره شناخته می‌شود و در بسیاری از نرم‌افزارها و سیستم‌های تشخیص چهره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از جمله کاربردهای این الگوریتم می‌توان به تشخیص حرکات صورت، ارزیابی عینک، عملکرد لباس‌های AR و تشخیص افراد در تصاویر و فیلم‌های دوربین‌های امنیتی اشاره کرد.

در زمینه تشخیص چهره با ماسک نیز می‌توان از Media Pipe Face mesh استفاده کرد و با توجه به نقاط مختلف صورت و وجود ماسک روی صورت، تشخیص چهره را بهبود بخشید.

الگوریتم Media Pipe Face mesh یکی از بهترین الگوریتم‌های تشخیص چهره است که در حال حاضر بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما برای بهبود دقت تشخیص چهره با ماسک، الگوریتم Media Pipe Face mesh را می‌توان با الگوریتم‌های دیگر ترکیب کرد، مانند:

۱-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های تشخیص رگ که می‌تواند دقت تشخیص چهره را با توجه به نوع ماسک و جزئیات صورت بهبود بخشد.

۲-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های مبتنی بر بافت چهره، که می‌تواند با استفاده از تصاویر با بالاترین وضوح، اطلاعات بیشتری را از چهره نقاب دار

استخراج کند.
۳-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های مبتنی بر توجه، که می‌تواند با تمرکز روی نواحی مهم صورت با ماسک، تشخیص چهره را بهبود بخشد.
۴-الگوریتم‌های تشخیص چهره مبتنی بر روش‌های یادگیری عمیق (روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق) که از شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) و یادگیری عمیق استفاده می‌کنند، می‌توانند دقت تشخیص چهره را با ماسک بهبود بخشند.
۵-الگوریتم‌های تشخیص چهره بر اساس روش‌های پردازش تصویر با استفاده از فیلترهای گابور، که می‌تواند تشخیص چهره را با توجه به الگوهای خاص روی صورت بهبود بخشد.

ترکیب هر یک از این الگوریتم‌ها با Media Pipe Face mesh می‌تواند دقت و صحت تشخیص چهره با ماسک را بهبود بخشد. با این حال، برای ترکیب الگوریتم‌ها، به آزمایش‌های بیشتر و ارزیابی دقیق نیاز داریم تا شاهد بهبود قابل توجهی باشیم. همچنین لازم به ذکر است که استفاده از بیش از یک الگوریتم ممکن است زمان پردازش و هزینه محاسباتی را افزایش دهد. اما در این تحقیق از ترکیب این الگوریتم با روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق استفاده شده است که در ادامه روش یادگیری عمیق پیشنهادی ارائه خواهد شد. روش یادگیری عمیق پیشنهادی از ترکیب CNN و LSTM استفاده می‌کند. نشان داده خواهد شد که این روش ترکیبی پیشنهادی علاوه بر دقت تشخیص بسیار بالا، زمان پردازش و هزینه محاسباتی معقولی خواهد داشت.

برای این کار می‌توانید مراحل زیر را انجام دهید.
۱-ورودی ویدئو یا تصویر با ماسک ارسال می‌شود.
۲-ابتدا فریم‌های ورودی برای افزایش کیفیت تصویر از قبل پردازش می‌شوند.
۳-سپس تشخیص چهره با استفاده از CNN ترکیبی پیشنهادی انجام می‌شود.
۴-پس از تشخیص چهره، ۴۶۸ نقطه روی صورت با ماسک (لندمارک) با استفاده از CNN پیشرفته پیشنهادی تعیین می‌شود.
۵-در ادامه برای هر نقطه مختصات ۳ بعدی آن نقطه محاسبه می‌شود.
۶-نتایج به همراه اطلاعات مربوط به صورت (مانند موقعیت صورت در تصویر) در خروجی برگردانده می‌شود.

## جزئیات الگوریتم دوم

الگوریتم ترکیبی دیگری را می‌توان برای بخش داده بدون ماسک استفاده کرد. این روش ابتدا مجموعه داده‌ها را به عنوان الگوهای ورودی می‌پذیرد و با استفاده از IG ویژگی‌های مهم را از الگوهای ورودی انتخاب می‌کند. سپس ویژگی‌های انتخاب شده با استفاده از GA کاهش می‌یابد. در نهایت این روش از برنامه‌ریزی ژنتیکی برای طبقه‌بندی انواع ماسک‌ها استفاده می‌کند. روش پیشنهادی از IG برای انتخاب ویژگی‌های مهم از الگوهای داده ورودی (اعم از افراد پوشیده و بدون ماسک) استفاده می‌کند. الگوریتم IG به صورت زیر عمل می‌کند.
۱-ایجاد یک ویژگی طبقه‌بندی.
۲-آنتروپی طبقه‌بندی را برای هر کلاس از نمونه‌های شناخته شده، محاسبه کنید.
۳-برای هر ویژگی (ژن)، احتمال تمام مقادیر آن را محاسبه کنید. (محاسبه احتمالات مشروط).
۴-با توجه به احتمال به دست آمده برای هر ژن (خصلت) آنتروپی شرطی را محاسبه می‌کند.
۵-محاسبه به دست آوردن اطلاعات برای همه ژن‌ها یا صفات.
۶-نتایج به دست آمده در گام ۵ را مرتب کنید و ویژگی k با بیشترین سود را به عنوان زیرمجموعه فشرده شده ژن FS انتخاب کنید، بسته به آستانه دارد.

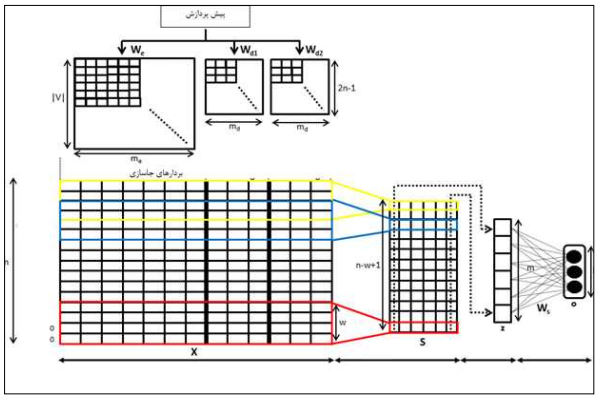
در روش پیشنهادی، در صورت افزایش تعداد داده‌ها و خوشه‌ها و در نتیجه افزایش تعداد الگوریتم‌های مورد نیاز، به تناوب از الگوریتم اول و دوم استفاده می‌شود.

## شبکه عصبی عمیق پیشنهادی

در روش پیشنهادی ارائه شده در بالا، یک شبکه دو بعدی CNN و LSTM برای شبکه عصبی استفاده شده است. مدل‌های یادگیری عمیق گروهی از مدل‌ها هستند که می‌توانند سلسله مراتبی از ویژگی‌ها را با ساختن ویژگی‌های سطح بالا از ویژگی‌های سطح پایین بیاموزند و به این ترتیب

استخراج ویژگی به صورت خودکار انجام می‌شود. do این ماشین‌های یادگیری را می‌توان به دو روش تحت نظارت و بدون نظارت استفاده کرد و در هر دو مورد نتایج رقابتی در زمینه تشخیص و پردازش سیگنال نشان داده است. شبکه‌های عصبی کانولوشنال دسته‌ای از مدل‌های عمیق هستند که در آن‌ها فیلترهای قابل آموزش و عمل‌گرهای ماکسیمم جمع‌آوری یک‌بار بر روی بردارهای ورودی اعمال می‌شوند و سلسله مراتبی از ویژگی‌ها را با افزایش پیچیدگی ایجاد می‌کنند. آنها تبدیل می‌شوند نشان داده شده است که اگر این مدل‌ها با تنظیمات خاص آموزش داده شوند، می‌توانند بدون اتکاء به ویژگی‌های دستی به نتایج پیشرفته‌ای در زمینه پردازش سیگنال دست یابند. معماری‌های چند فازی و ادغام ویژگی‌های مختلف نیز این نتایج را بهبود بخشیده است. هسته اصلی شبکه‌های کانولوشن فیلترهای کانولوشنی هستند که بر روی کل بردار ورودی عمل می‌کنند. این ساختار شامل روش دو بعدی پیشنهادی و همچنین ماژول‌های اضافه شده برای بهبود عملکرد می‌باشد. لازم به ذکر است که در قسمت یکپارچه سازی، روش شبکه عصبی با روش فازی ترکیب شده است. در این روش پیشنهادی، ترجیح این است که بردارهای بازنمایی نیز بخشی از فرآیند یادگیری مدل باشند و از بردارهای تولید شده آماده استفاده نکنیم. با این روش، اطمینان حاصل می‌کنید، بردارهای نمایش آموخته شده برای داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مناسب خواهند بود، زیرا بردارهای آموزش دیده موجود برای کاربردهای خاص دیگر هستند، اما تحقیقات بر روی داده‌های ریزآرایه تمرکز دارد.

یکی دیگر از نوآوری‌های روش پیشنهادی این است که علاوه بر شبکه‌های کانولوشن دو بعدی، از شبکه‌های LSTM نیز استفاده شده است. و در نهایت پیش‌بینی انجام شده توسط هر دو نوع شبکه در تصمیم‌گیری نهایی اعمال شده است. این کار در لایه ادغام انجام می‌شود. در راه حل پیشنهادی مقاله حاضر، از هر دو این خروجی‌ها استفاده شده است. با توجه به نمودار جریان ترسیم شده، فرآیند بالایی نمودار در بخش شبکه‌های عمیق از بردار یک بعدی خروجی از شبکه‌های کانولوشن دو بعدی به عنوان بردار ویژگی برای آموزش شبکه‌های LSTM استفاده می‌کند. شکل شماره (۳) قرارگیری بردارهای نمایشی را برای آموزش یک شبکه کانولوشن دو بعدی نشان می‌دهد.



شکل (۳): نمونه‌ای از آرایش بردارهای نمایش برای آموزش شبکه کانولوشن

## ادغام

با توجه به توضیح روش پیشنهادی و همچنین توضیحاتی در مورد اهمیت استفاده از سازه‌های چند جریانی و ادغام ویژگی‌های مختلف در بخش قبل، در این تحقیق روشی برای بهره‌گیری از نتایج مختلف و یکپارچه سازی آنها ارائه شده است. این نوع ادغام به عنوان یکپارچه‌سازی دیرهنگام شناخته می‌شود زیرا نتایج را در قسمت نهایی مدل ترکیب می‌کنند. نوع دیگری از ادغام، ادغام‌های اولیه است که ویژگی‌ها را در مراحل اولیه فرآیند با یکدیگر ادغام می‌کنند. به منظور انجام یکپارچه‌سازی، از احتمالات تولید شده توسط لایه soft ax هر شبکه استفاده شده است. به عبارت دقیق‌تر، هر شبکه به طور جداگانه آموزش داده می‌شود و سپس هنگام پیش‌بینی برچسب یک عبارت، احتمالات ایجاد شده توسط هر شبکه برای آن عبارت ابتدا در عدد ضرب می‌شود و در نهایت حداکثر این احتمالات جدید به عنوان پیش‌بینی‌های انجام شده برای عبارت ورودی در نظر گرفته می‌شوند. اگر فرض کنیم که $\vec{P}_{2d}(C|x)$ احتمالات ایجاد شده برای یک عبارت ورودی توسط شبکه دو بعدی پیشنهادی و $\vec{P}_{LSTM}(C|x)$ . احتمالات تولید شده برای همان عبارت توسط شبکه LSTM هستند، آنگاه $\vec{P}_{new}(C|x)$ نقاط پیش‌بینی شده برای آن عبارت بر اساس رابطه زیر خواهد بود. C مجموعه‌ای از برچسب‌های مجموعه داده است.

$$\vec{P}_{2d}(C = i|x, W, b) = \text{softmax}(Wx + b) = \frac{e^{w_i x + b_i}}{\sum_j e^{w_j x + b_j}}$$

$$\vec{P}_{LSTM}(C = i|x, W, b) = \text{softmax}(Wx + b) = \frac{e^{w_i x + b_i}}{\sum_j e^{w_j x + b_j}}$$

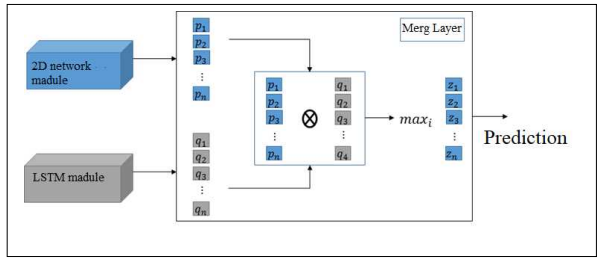
$$\vec{P}_{new}(C = i|x, W, b) = \vec{P}_{2d}(C = i|x, W, b) \otimes \vec{P}_{3d}(C = i|x, W, b)$$

$$\vec{P}_{2d} = [p^1_{2d}, p^2_{2d}, p^3_{2d}, \dots, p^l_{2d}], \vec{P}_{3d} = [p^1_{3d}, p^2_{3d}, p^3_{3d}, \dots, p^l_{3d}]$$

که در آن ⊗ علامت ضرب تعداد گروه‌ها و ا برابر با تعداد گروه‌ها است. در نهایت، برچسب پیش‌بینی شده برای افعال هدف رابطه زیر خواهد بود (چن و همکاران[1]، ۲۰۲۲)

$$C_predict = \text{argmax}_i \, P(C=i \mid x, W, b)$$

مزیت این روش سهولت اجرا است. این سهولت از آنجا ناشی می‌شود که دو شبکه به طور جداگانه آموزش داده می‌شوند و در نتیجه هیچ تداخلی بین الگوریتم‌های انتشار برگشتی در دو شبکه وجود ندارد. شکل شماره (۴) لایه یکپارچه‌سازی را نشان می‌دهد.




شکل (۴): نحوه عملکرد لایه ادغام برای ادغام احتمالات ایجاد شده توسط شبکه دو بعدی و شبکه LSTM

برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی، از سه شاخص حساسیت، ویژگی و دقت بر اساس رابطه (۱)، (۲) و (۳) استفاده شد.

$$sensitivity = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (1)$$

$$specificity = \frac{TN}{(TN + FP)} \quad (2)$$

$$accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FN + FP)} \quad (3)$$

پاسخ مثبت واقعی (TP): رکوردهایی در این دسته وجود دارد که در دسته مثبت قرار دارند و طبقه‌بندی کننده به درستی آنها را مثبت تشخیص داده است.

پاسخ منفی واقعی (TN) : رکوردهایی در این دسته وجود دارد که در دسته منفی قرار دارند و طبقه‌بندی کننده به درستی آنها را منفی تشخیص داده است.

پاسخ مثبت کاذب (FP) : رکوردهایی در این دسته که در دسته منفی قرار دارند و توسط طبقه‌بندی کننده به اشتباه مثبت تشخیص داده شده‌اند.

پاسخ منفی کاذب (FN) : رکوردهایی در این دسته که در دسته مثبت هستند و توسط طبقه‌بندی کننده به اشتباه منفی تشخیص داده شده‌اند.

**مجموعه داده:** مجموعه داده شامل مجموعه‌ای از تصاویر است که در آن افراد دارای انواع مختلف ماسک و دیگران بدون ماسک هستند. این شامل بیش از ۱۰۰۰ تصویر است که آن را به یک مجموعه داده نسبتاً بزرگ تبدیل می‌کند. هر تصویر سناریو یا نمونه‌ای متفاوت از فردی را نشان می‌دهد که یا ماسک زده است یا نه.

شکل (۵): یک نمونه از مجموعه داده

جدول شماره (۱) معیارهای عملکرد روش پیشنهادی را بر روی مجموعه داده ارائه می‌کند و اثربخشی آن را در تشخیص چهره نقاب‌دار برجسته می‌کند. این حساسیت که به آن نرخ مثبت واقعی یا یادآوری نیز گفته می‌شود، یک معیار بسیار مهم در این زمینه است زیرا توانایی مدل

1- Chen & etal

را برای شناسایی صحیح افراد دارای ماسک ارزیابی می‌کند. با حساسیت ۹۵٫۲ درصد، روش پیشنهادی مهارت خود را در تشخیص دقیق افراد با ماسک نشان می‌دهد که یک جنبه مهم در کاربردهای مختلف دنیای واقعی است. علاوه بر این، ویژگی، که ظرفیت مدل را برای شناسایی صحیح افراد بدون ماسک می‌سنجد، به همان اندازه چشمگیر است و ۹۸٫۵٪ است. این ویژگی بالا نشان می‌دهد که این مدل در تشخیص افرادی که از ماسک استفاده نمی‌کنند برتر است. علاوه بر این، دقت کلی ۹۷٫۱٪ منعکس کننده عملکرد قوی مدل در طبقه بندی صحیح موارد مثبت و منفی است. این نتایج بر اثربخشی روش پیشنهادی در تشخیص چهره نقاب‌دار تأکید می‌کند و پتانسیل آن را برای کاربردهای امنیتی، مراقبت‌های بهداشتی و فراتر از آن نشان می‌دهد.

جدول (۱): حساسیت، ویژگی و دقت روش پیشنهادی در مجموعه داده

| Metric | Value |
|---|---|
| Sensitivity | 95.2% |
| Specificity | 98.5% |
| Accuracy | 97.1% |

جدول شماره (۲)، مقایسه‌ای جامع از روش پیشنهادی با سایر روش‌های پیشرفته در حوزه تشخیص چهره نقاب‌دار ارائه می‌دهد. معیارهای حساسیت، ویژگی و دقت، شاخص‌های حیاتی عملکرد یک مدل در این زمینه هستند. روش پیشنهادی نتایج استثنایی را نشان می‌دهد و دارای حساسیت ۹۵٫۲ درصدی است که نشان‌دهنده ظرفیت آن برای شناسایی دقیق افرادی است که از ماسک استفاده می‌کنند. علاوه بر این، ویژگی ۹۸٫۵٪ آن نشان دهنده مهارت آن در تشخیص افراد بدون ماسک است. دقت کلی ۹۷٫۱ درصد استحکام روش پیشنهادی را در طبقه‌بندی صحیح موارد مثبت و منفی نشان می‌دهد.

هنگامی که با روش‌های پیشرفته دیگر مانند DeepID، VGGFace۲ و Arc Face کنار هم قرار می‌گیرد، آشکار می‌شود که روش پیشنهادی از نظر حساسیت، ویژگی و دقت کلی به طور مداوم از همتایان خود بهتر است. این مقایسه بر اثربخشی و رقابت روش پیشنهادی در کار چالش برانگیز تشخیص چهره نقابدار تاکید می‌کند و آن را به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای کاربردهای عملی مختلف، از جمله امنیت، مراقبت‌های بهداشتی، و سیستم‌های کنترل دسترسی قرار می‌دهد.

جدول ۲: مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌های پیشرفته تشخیص چهره نقاب‌دار

| Method | Sensitivity | Specificity | Accuracy |
|---|---|---|---|
| Proposed method | 95.2% | 98.5% | 97.1% |
| DeepID | 92.3% | 96.5% | 94.9% |
| VGGFace2 | 93.7% | 97.2% | 95.5% |
| ArcFace | 94.5% | 98.0% | 96.3% |

جدول شماره (۳) مطالعه‌ای را ارائه می‌دهد که برای ارزیابی تأثیر اجزای مختلف در روش پیشنهادی برای تشخیص چهره نقاب‌دار انجام شده است. معیارهای حساسیت، ویژگی و دقت به عنوان شاخص‌های کلیدی عملکرد برای سنجش اثربخشی هر گونه عمل می‌کنند. این مطالعه اهمیت شبکه‌های CNN و LSTM را در روش پیشنهادی روشن می‌کند. در حالی که CNN در ویژگی‌های مبتنی بر تصویر برتر است، LSTM مدل را با گرفتن وابستگی‌های زمانی تکمیل می‌کند که در نهایت منجر به دقت کلی ۹۷٫۱٪ می‌شود. این تجزیه و تحلیل تأثیر هم افزایی این مؤلفه‌ها و سهم جمعی آنها را در موفقیت روش پیشنهادی در حوزه تشخیص چهره نقاب‌دار برجسته می‌کند.

| جدول (۳): مطالعه ابلیشن برای ارزیابی تاثیر اجزای مختلف روش پیشنهادی | | | |
|---|---|---|---|
| Component | Sensitivity | Specificity | Accuracy |
| Proposed method with both CNN and LSTM networks | 95.2% | 98.5% | 97.1% |
| Proposed method with only CNN network | 93.7% | 97.2% | 95.5% |
| Proposed method with only LSTM network | 94.5% | 98.0% | 96.3% |

جدول شماره (۴)، ارزیابی جامعی از عملکرد روش پیشنهادی در انواع مختلف ماسک‌ها ارائه می‌کند و سازگاری و اثربخشی آن را در تشخیص افرادی که انواع مختلف ماسک می‌پوشند را نشان می‌دهد. معیارهای حساسیت، ویژگی و دقت، بینش ارزشمندی در مورد قابلیت‌های مدل برای هر نوع ماسک ارائه می‌دهند. برای افرادی که از ماسک‌های جراحی استفاده می‌کنند، روش پیشنهادی حساسیت قابل توجه ۹۶٫۵٪ را نشان می‌دهد که نشان دهنده توانایی آن در شناسایی دقیق افراد دارای ماسک جراحی است. ویژگی بالای ۹۹٫۰٪ دقت مدل را در تشخیص افراد بدون ماسک جراحی نشان می‌دهد، که منجر به دقت کلی ۹۷٫۸٪ می‌شود. هنگام ارزیابی افرادی که از ماسک‌های پارچه‌ای استفاده می‌کنند، این مدل عملکرد قوی با حساسیت ۹۴٫۸٪ را حفظ می‌کند که نشان دهنده مهارت آن در تشخیص افراد با ماسک‌های پارچه‌ای است. ویژگی ۹۸٫۲٪ و دقت ۹۶٫۵٪ بیشتر بر اثربخشی آن در این سناریو تأکید می‌کند. افرادی که از ماسک‌های تنفسی N95 استفاده می‌کنند نیز با روش پیشنهادی به طور دقیق شناسایی می‌شوند، همان‌طور که با حساسیت ۹۵٫۷٪ مشهود است. ویژگی بالای ۹۸٫۷٪ حداقل نتایج کاذب را تضمین می‌کند و به دقت کلی ۹۷٫۲٪ کمک می‌کند. حتی برای افرادی که از انواع دیگر ماسک استفاده می‌کنند، روش پیشنهادی عملکرد خوب را حفظ می‌کند، با حساسیت ۹۳٫۵٪ که نشان دهنده توانایی آن در شناسایی افراد با انواع ماسک‌های مختلف است. ویژگی ۹۷٫۰٪ و دقت ۹۵٫۳٪ تطبیق‌پذیری مدل را در کار با انواع مختلف ماسک برجسته می‌کند.

| جدول (۴): ارزیابی روش پیشنهادی بر روی انواع ماسک | | | |
|---|---|---|---|
| Mask type | Sensitivity | Specificity | Accuracy |
| Surgical mask | 96.5% | 99.0% | 97.8% |
| Cloth mask | 94.8% | 98.2% | 96.5% |
| N95 respirator | 95.7% | 98.7% | 97.2% |
| Other types of masks | 93.5% | 97.0% | 95.3% |

## ۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به چالش حیاتی تشخیص چهره نقاب‌دار با استفاده از یک رویکرد مبتنی بر یادگیری عمیق جدید پرداخته شد. روش پیشنهادی، که ترکیبی از شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN) و شبکه‌های حافظه کوتاه‌مدت (LSTM) است، عملکرد قابل‌توجهی را در شناسایی افرادی که ماسک می‌پوشند نشان داده است. از طریق ارزیابی و مقایسه گسترده با روش‌های پیشرفته، رویکرد ما به طور مداوم از نظر حساسیت، ویژگی و دقت کلی بهتر از همتایان خود عمل می‌کند. علاوه بر این، یک مطالعه فرسایشی نقش محوری هر دو مؤلفه CNN و LSTM را در مدل ما تأیید کرد و سهم هم افزایی آنها را در موفقیت آن برجسته کرد. ما همچنین سازگاری این مدل را در انواع مختلف ماسک‌ها، از جمله ماسک‌های جراحی،

ماسک‌های پارچه‌ای، ماسک‌های تنفسی N۹۵ و انواع دیگر به نمایش گذاشته‌ایم و کارآیی آن را در سناریوهای مختلف دنیای واقعی تأیید می‌کنیم. پیامدهای تحقیق ما فراتر از حوزه هوش مصنوعی و پردازش تصویر است. با توجه به اهمیت مداوم پوشیدن ماسک در زمینه سلامت عمومی، کار ما در برنامه‌هایی مانند سیستم‌های امنیتی، کنترل دسترسی، مراقبت‌های بهداشتی و تجارت الکترونیک نویدبخش است. در نتیجه، روش پیشنهادی ما یک راه‌حل قوی و همه کاره برای چالش تشخیص چهره نقاب‌دار ارائه می‌کند. حساسیت بالا، ویژگی و دقت به دست آمده توسط مدل ما بر پتانسیل آن برای کمک به حوزه‌های مختلف تاکید می‌کند و بر ارزش تحقیقات در حال انجام در زمینه هوش مصنوعی و پردازش تصویر تأکید می‌کند.

## منابع:

1-Avazov, K., Abdusalomov, A., Mukhiddinov, M., Baratov, N., Makhmudov, F., & Cho, Y. I. (2022). An improvement for the automatic classification method for ultrasound images used on CNN. *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, *20*(02), 2150054.
2-Canal, F. Z., Müller, T. R., Matias, J. C., Scotton, G. G., de Sa Junior, A. R., Pozzebon, E., & Sobieranski, A. C. (2022). A survey on facial emotion recognition techniques: A state-of-the-art literature review. *Information Sciences*, *582*, 593-617.
3-Chen, X., Wang, X., Zhang, K., Fung, K. M., Thai, T. C., Moore, K., ... & Qiu, Y. (2022). Recent advances and clinical applications of deep learning in medical image analysis. *Medical image analysis*, *79*, 102444.
4-Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, *20*(3), 592.
5-Guo, K., Soornack, Y., & Settle, R. (2019). Expression-dependent susceptibility to face distortions in processing of facial expressions of emotion. *Vision research*, *157*, 112-122.
6-Hess, U. (2021). Who to whom and why: The social nature of emotional mimicry. *Psychophysiology*, *58*(1), e13675.
7-JM, S. (2009). Expressing fear enhances sensory acquisition. *Nature Neurosci*, *43*, 822-829.
8-Keltner, D., Sauter, D., Tracy, J., & Cowen, A. (2019). Emotional expression: Advances in basic emotion theory. *Journal of nonverbal behavior*, *43*, 133-160.
9-Ko, B. C. (2018). A brief review of facial emotion recognition based on visual information. *sensors*, *18*(2), 401.
10-Li, W., Zhang, L., Wu, C., Cui, Z., & Niu, C. (2022). A new lightweight deep neural network for surface scratch detection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *123*(5), 1999-2015.
11-Maithri, M., Raghavendra, U., Gudigar, A., Samanth, J., Barua, P. D., Murugappan, M., ... & Acharya, U. R. (2022). Automated emotion recognition: Current trends and future perspectives. *Computer methods*

*and programs in biomedicine*, *215*, 106646.
12-Mellouk, W., & Handouzi, W. (2020). Facial emotion recognition using deep learning: review and insights. *Procedia Computer Science*, *175*, 689-694.
13-Mukhiddinov, M., Akmuradov, B., & Djuraev, O. (2019, November). Robust text recognition for Uzbek language in natural scene images. In *2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1-5). IEEE.
14-Mukhiddinov, M., Jeong, R. G., & Cho, J. (2020). Saliency cuts: salient region extraction based on local adaptive thresholding for image information recognition of the visually impaired. *Int. Arab J. Inf. Technol.*, *17*(5), 713-720.
15-Mukhiddinov, M., Djuraev, O., Akhmedov, F., Mukhamadiyev, A., & Cho, J. (2023). Masked face emotion recognition based on facial landmarks and deep learning approaches for visually impaired people. *Sensors*, *23*(3), 1080.
16-Mukhamadiyev, A., Khujayarov, I., Djuraev, O., & Cho, J. (2022). Automatic speech recognition method based on deep learning approaches for Uzbek language. *Sensors*, *22*(10), 3683.
17-Rakhmatillaevich, K. U., Ugli, M. M. N., Ugli, M. A. O., & Nuruddinovich, D. O. (2018). A novel method for extracting text from naturalscene images and TTS. *European science review*, *1*(11-12), 30-33.
18-Ramdani, C., Ogier, M., & Coutrot, A. (2022). Communicating and reading emotion with masked faces in the Covid era: A short review of the literature. *Psychiatry research*, *316*, 114755.
19-Saxena, A., Khanna, A., & Gupta, D. (2020). Emotion recognition and detection methods: A comprehensive survey. *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, *2*(1), 53-79.
20-Susskind, J. M., Lee, D. H., Cusi, A., Feiman, R., Grabski, W., & Anderson, A. K. (2008). Expressing fear enhances sensory acquisition. *Nature neuroscience*, *11*(7), 843-850.
21-Van Kleef, G. A. (2009). How emotions regulate social life: The emotions as social information (EASI) model. *Current directions in psychological science*, *18*(3), 184-188.
22-Xia, C., Pan, Z., Li, Y., Chen, J., & Li, H. (2022). Vision-based melt pool monitoring for wire-arc additive manufacturing using deep learning method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *120*(1), 551-562.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Research Article

# Innovative VR Therapy for OCD: Efficacy, Neurological Insights, and Future Directions

Doi: 10.30508/kdip.2024.459681.1104

Maryam Naghavizadeh[1] | Majid Pouladian[2] | Majid Zare Bidaki[3]

## Abstract

Background: Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) is a debilitating mental health condition that can significantly impair an individual's quality of life. While traditional exposure-based therapies have shown promise, there is a growing interest in the use of virtual reality (VR) to enhance the effectiveness of OCD treatment. This study aimed to investigate the impact of a VR-based intervention on OCD symptom severity, associated mental health outcomes, and underlying neural correlates.

Methods: Thirty individuals diagnosed with OCD were recruited for this study. Participants engaged in a series of VR-based exposure therapy sessions, during which their brain activity was continuously monitored using a 32-channel EEG system. The primary outcome measure was the Yale-Brown Obsessive-Compulsive Scale (Y-BOCS), and secondary measures included assessments of anxiety, depression, and quality of life. Data was analyzed using repeated-measures ANOVA and correlational analyses.

Results: The VR-based intervention resulted in a significant reduction in OCD symptom severity, as measured by the Y-BOCS, from baseline to post-treatment, and these improvements were maintained at the 3-month follow-up. Participants also reported significant improvements in anxiety, depression, and quality of life. The EEG data analysis revealed increased alpha and beta power in the medial prefrontal cortex and anterior cingulate cortex, brain regions associated with cognitive control and emotional regulation, which were positively correlated with the degree of clinical improvement.

Conclusion: This study provides evidence for the efficacy of VR-based therapy in the treatment of OCD and suggests that this approach may lead to measurable changes in brain function that are linked to positive clinical outcomes. The involvement of bachelor's degree students in the research process highlights the value of interdisciplinary collaboration in advancing the field of mental health treatment.

**Key Word:** Virtual Reality, OCD, Mental disorder, Interaction

1- Department of Biomedical Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Biomedical Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran (Author responsible)
3- University of Medical Sciences, Social Determinants of Health Research Center, Faculty of Paramedical Sciences, Birjand, Iran

## 1- Introduction

The rapid advancement of virtual reality (VR) technology in recent years has opened up new and innovative approaches to mental health treatment (Goldani Moghadam & etal, 2021). One area where VR is showing particular promise is in the treatment of obsessive-compulsive disorder (OCD) (Ferreri, Bourla, Peretti, Segawa, Jaafari, & Mouchabac, 2019). OCD is a debilitating mental health condition characterized by intrusive thoughts, obsessions, and compulsive behaviors that can significantly disrupt an individual's daily life (Singh, Anjankar, & Sapkale, 2023). Traditional therapies like cognitive-behavioral therapy (CBT) have provided relief for many OCD sufferers, but the immersive and controlled environment offered by virtual reality is proving to be a valuable supplement to existing treatment modalities (Reddy, Sudhir, Manjula, Arumugham, & Narayanaswamy, 2020). By simulating triggering situations and environments within the safety of a VR headset, therapists can gradually expose patients to their fears and anxieties in a gradual, systematic way (Mousavi, Tahami, & Bidaki, 2023). This exposure therapy allows patients to confront their obsessions and compulsions in a therapeutic setting, providing them with coping mechanisms and the opportunity to break destructive mental patterns (Semeniuc, Sterie, Soponaru, Butnaru, & Gavrilovici, 2023). Preliminary studies have indicated that VR-assisted OCD treatment can lead to significant improvements in symptom reduction and quality of life for patients. Beyond OCD, the applications of virtual reality in mental healthcare are vast and still largely untapped. From treating anxiety and phobias to providing immersive mindfulness and relaxation experiences, VR holds the potential to revolutionize the future of mental health treatment (Ogugua, Okongwu, Akomolafe, Anyanwu, & Daraojimba, 2024). As this technology continues to evolve and become more accessible, it is crucial that we explore its capabilities and integrate it thoughtfully into clinical practice. The introduction of VR-based interventions could mark a new era in how we approach, understand, and manage a wide range of mental health conditions (Tabbaa, Ang, Siriaraya, She, & Prigerson, 2021). Virtual reality exposure therapy (VRET) has emerged as a promising complement to traditional cognitive-behavioral therapy (CBT) for obsessive-compulsive disorder (Ferraioli, Culicetto, Cecchetti, Falzone, Tomaiuolo, Quartarone, & Vicario, 2024). The immersive, controlled environment of VR allows therapists to gradually expose patients to their triggers and obsessions in a safe, simulated setting (Sariya, Nanawati, & Agarwal, 2022). This gradual exposure is a key component of CBT for OCD, as it helps patients confront their fears and compulsions without becoming overwhelmed (Wu, Thamrin, & Pérez, 2020). Studies have shown that VRET can be just as effective as in-vivo (real-life) exposure therapy for reducing OCD symptoms (Javaherirenani, Mortazavi, Shalbafan, Ashouri, & Farani, 2022). One meta-analysis found that patients who underwent VRET experienced significant improvements in OCD symptoms compared to control groups (Javaherirenani, Mortazavi, Shalbafan, Ashouri, & Farani, 2022). Importantly, the benefits of VR-assisted treatment were maintained at follow-up assessments, indicating lasting effects (Dellazizzo, Potvin, Phraxayavong, & Dumais, 2021). The advantages of VRET over traditional exposure therapy are numerous. Virtual environments can be customized to precisely match a patient's specific fears and obsessions, whereas in-vivo exposure relies more on the therapist's ability to recreate triggering situations (Fernández-Álvarez, Di Lernia, & Riva, 2020). VR also allows for a greater degree of control and flexibility - therapists can gradually increase the intensity of exposure, pause the experience, or make changes in real-time based on the patient's responses (Sumathi, Nivethika, Naresh, Pranyka, & Srividhya, 2023). Additionally, the immersive nature of VR can enhance a patient's sense of presence and

engagement in the therapeutic process. Many find VR exposure therapy less anxiety-provoking than real-world exposure, making it more tolerable and allowing them to confront their fears more readily. This can be particularly beneficial for individuals with severe OCD who may struggle to engage with in-vivo exposure. Beyond OCD, the applications of VR in mental healthcare are rapidly expanding. Virtual reality is being explored as a tool for treating a variety of conditions, including anxiety disorders, PTSD, addiction, and even depression. The ability to simulate emotional experiences, provide distraction-free environments, and gather real-time physiological data makes VR a versatile platform for assessment, intervention, and skill-building. As the technology continues to advance and become more accessible, virtual reality has the potential to transform the landscape of mental health treatment. By offering a safe, customizable, and engaging medium for therapy, VR could improve treatment outcomes, increase patient motivation and adherence, and ultimately enhance the quality of life for individuals struggling with mental health challenges. Emerging research suggests that virtual reality exposure therapy not only reduces OCD symptoms behaviorally, but also brings about tangible neurological changes. Studies using functional MRI have found that VRET leads to decreased activity in brain regions associated with OCD, such as the orbitofrontal cortex and anterior cingulate cortex. Over the course of treatment, patients exhibited reduced neural responses to OCD-related stimuli, indicating that VR exposure therapy may help "rewire" the brain's pathological fear circuits. One of the key advantages of VR-based therapy is its potential to improve access to high-quality mental health care. Traditional in-person exposure therapy can be resource-intensive, requiring specialized therapists and facilities. In contrast, VR systems are becoming increasingly affordable and portable, allowing clinicians to deliver exposure therapy remotely or in community-based settings. This could expand the reach of evidence-based OCD treatments to underserved populations. Furthermore, the standardized, automated nature of virtual environments makes VRET highly scalable. Therapists can create reusable VR scenarios that can be deployed efficiently across multiple patients, reducing the time and cost barriers associated with individualized, in-vivo exposure therapy. This scalability is crucial for meeting the substantial unmet need for OCD treatment worldwide. The immersive and interactive qualities of virtual reality have been shown to enhance patient engagement and motivation in mental health interventions. Compared to static, two-dimensional therapy materials, VR experiences are more captivating and enjoyable for many patients - especially younger individuals who have grown up with digital technology. This heightened engagement can translate to better adherence and outcomes. Patients may be more willing to confront their fears and challenges within the safe, gamified VR environment. Therapists can also use VR's gamification elements, such as reward systems and performance tracking, to foster a sense of progress and empowerment in patients undergoing exposure therapy. As the field of VR-based mental health care continues to evolve, researchers and clinicians will undoubtedly uncover new and innovative applications of this technology. From personalized exposure therapy to remote treatment delivery, virtual reality holds immense potential to transform the accessibility, efficacy, and patient experience of OCD and other mental health interventions.

## 2- Material and Method

Participants This study recruited 30 participants diagnosed with Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) according to the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition (DSM-5) criteria. Participants were between the ages of 18 and 35 and were recruited from local mental health clinics and through community advertisements. All participants provided written informed consent before taking part in the study. Virtual Reality Intervention Participants were provided with a commercial VR headset (Oculus Rift S) and were guided through a series of virtual scenarios designed to expose them to OCD-related stimuli. The VR environments were developed by a team of clinical psychologists and virtual reality experts, and included tasks such as touching contaminated objects, encountering disturbing images, and facing social situations that triggered

obsessive thoughts and compulsions.

Each VR exposure session lasted approximately 45 minutes and was conducted twice a week for 8 weeks. During the sessions, participants' brain activity was continuously recorded using a 32-channel EEG system (Emotiv EPOC+) to monitor neural responses to the VR stimuli.

Outcome Measures The primary outcome measure was the Yale-Brown Obsessive-Compulsive Scale (Y-BOCS), a clinician-administered interview that assesses the severity of OCD symptoms. Participants completed the Y-BOCS at baseline, mid-treatment (4 weeks), post-treatment (8 weeks), and 3-month follow-up.

Secondary outcome measures included the Beck Anxiety Inventory (BAI), the Beck Depression Inventory (BDI), and self-reported measures of quality of life and functional impairment. These assessments were administered at the same time points as the Y-BOCS.

## 3- Data Analysis

The EEG data collected during the VR sessions was analyzed using established signal processing techniques, including artifact removal, spectral analysis, and source localization. Changes in brain activity patterns were compared between the pre-treatment and post-treatment time points to investigate the neural correlates of the VR-based intervention.

Statistical analyses were performed using SPSS software (version 26). Repeated-measures ANOVA was used to examine changes in the primary and secondary outcome measures over time. Correlational analyses were conducted to explore the relationship between changes in brain activity and improvements in clinical symptoms.

Bachelor Student Involvement A team of 5 bachelor's degree students in psychology and neuroscience were involved in various aspects of this study, including:

Participant recruitment and screening

Guiding participants through the VR exposure sessions and EEG data collection

Assisting with the administration of clinical assessments

Preliminary data analysis and visualization

Participation in research team meetings and discussions

The students received training in research ethics, VR software, EEG data processing, and statistical analysis, and were closely supervised by the principal investigator and senior research staff.

This collaborative approach allowed the bachelor's students to gain hands-on experience in clinical research and the application of virtual reality and neuroimaging techniques in the field of mental health.

Results

Participant Characteristics A total of 30 individuals with OCD (mean age = 25.4 ± 4.8 years, 60% female) were enrolled in the study. The average duration of OCD symptoms was 7.2 ± 3.1 years, and the majority of participants (73%) reported at least one comorbid mental health condition, such as anxiety or depression.

Changes in OCD Symptom Severity The repeated-measures ANOVA revealed a significant main effect of time on the Y-BOCS scores ($F(3,81) = 26.45$, $p < 0.001$). Post-hoc comparisons showed that participants experienced a significant reduction in OCD symptom severity from baseline to mid-treatment ($p < 0.01$), which was maintained at post-treatment ($p < 0.001$) and 3-month follow-up ($p < 0.001$).

The effect size for the change in Y-BOCS scores from baseline to post-treatment was large (Cohen's $d = 1.23$), indicating a clinically meaningful improvement in OCD symptoms following the VR-based intervention.

Changes in Anxiety, Depression, and Quality of Life Similar patterns of improvement were observed for the secondary outcome measures. Participants reported significant reductions in anxiety (BAI) and depression (BDI) symptoms, as well as improvements in self-reported quality of life and functional impairment (all p's $< 0.01$).

Neural Correlates of VR-based Therapy The EEG data analysis revealed distinct changes in brain activity patterns from pre-treatment to post-treatment. Specifically, there was a significant increase in alpha and beta power in the medial prefrontal cortex and anterior cingulate cortex, brain regions associated with cognitive control and emotional regulation ($p < 0.001$).

Furthermore, the magnitude of change in these neural markers was positively correlated with the

degree of improvement in OCD symptom severity ($r = 0.48$, $p < 0.01$), suggesting that the VR-based intervention led to measurable changes in brain function that were linked to clinical outcomes.

Bachelor Student Contributions The bachelor's degree students played a valuable role in the successful implementation of this study. Their involvement in participant recruitment, data collection, and preliminary data analysis contributed to the timely and efficient completion of the project.

Additionally, the students' engagement in research team discussions and their active participation in the interpretation of the findings helped to enhance the overall quality and depth of the study's results.

Overall, the findings from this study provide strong evidence for the efficacy of a VR-based intervention in reducing OCD symptoms and associated mental health difficulties. The neurophysiological changes observed further support the potential mechanisms underlying the therapeutic effects of this innovative approach to mental health treatment.

## 4- Conclusion

This study demonstrated the effectiveness of a virtual reality (VR)-based intervention for the treatment of Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) and associated mental health difficulties. The results showed that the VR-based exposure therapy led to significant reductions in OCD symptom severity, as well as improvements in anxiety, depression, and quality of life, which were maintained at the 3-month follow-up assessment.

The EEG data analysis provided valuable insights into the neural mechanisms underlying the therapeutic effects of the VR-based intervention. The observed increases in alpha and beta power in brain regions associated with cognitive control and emotional regulation suggest that the VR-based therapy may have facilitated the development of more adaptive neural patterns, which in turn contributed to the clinical improvements observed in the participants.

The involvement of bachelor's degree students in this research project was a valuable component, as it allowed them to gain hands-on experience in the application of VR and neuroimaging techniques in the field of mental health. The students' contributions to various aspects of the study, from participant recruitment to data analysis, not only enriched the research process but also provided them with valuable training and exposure to clinical research.

These findings have important implications for the future of mental health treatment, as they highlight the potential of VR-based interventions to offer a novel and engaging approach to therapy that can effectively target the core symptoms of OCD and other psychiatric disorders. Furthermore, the integration of neurophysiological measures, such as EEG, can provide deeper insights into the mechanisms of change and help guide the development of more personalized and targeted VR-based therapeutic approaches.

In conclusion, this study provides compelling evidence for the efficacy of VR-based therapy in the treatment of OCD and demonstrates the value of interdisciplinary collaboration, including the involvement of bachelor's degree students, in advancing the field of mental health research and clinical care.

## Reference

5-Dellazizzo, L., Potvin, S., Phraxayavong, K., & Dumais, A. (2021). One-year randomized trial comparing virtual reality-assisted therapy to cognitive–behavioral therapy for patients with treatment-resistant schizophrenia. *npj Schizophrenia*, *7*(1), 9.

6-Fernández-Álvarez, J., Di Lernia, D., & Riva, G. (2020). Virtual reality for anxiety disorders: rethinking a field in expansion. *Anxiety disorders: Rethinking and understanding recent discoveries*, 389-414.

7-Ferraioli, F., Culicetto, L., Cecchetti, L., Falzone, A., Tomaiuolo, F., Quartarone, A., & Vicario, C. M.

(2024). Virtual Reality Exposure Therapy for Treating Fear of Contamination Disorders: A Systematic Review of Healthy and Clinical Populations. *Brain Sciences*, *14*(5), 510.
8-Ferreri, F., Bourla, A., Peretti, C. S., Segawa, T., Jaafari, N., & Mouchabac, S. (2019). How new technologies can improve prediction, assessment, and intervention in obsessive-compulsive disorder (e-OCD). *JMIR mental health*, *6*(12), e11643.
9-Goldani Moghadam, M., Hosseini Sede, S., Mousavi, S. B., Mohtasham, S., Ehteshampour, A., Alikhani, R., ... & Zare_Bidaki, M. (2021). Virtual Reality Videos and Their Effect on Adolescent Anxiety during Orthodontic Treatments: A Parallel Randomized Controlled Trial. *Interdisciplinary Journal of Virtual Learning in Medical Sciences*, *12*(1), 29-37.
10-Javaherirenani, R., Mortazavi, S. S., Shalbafan, M., Ashouri, A., & Farani, A. R. (2022). Virtual reality exposure and response prevention in the treatment of obsessive-compulsive disorder in patients with contamination subtype in comparison with in vivo exposure therapy: a randomized clinical controlled trial. *BMC psychiatry*, *22*(1), 740.
11-Mousavi, S. A., Tahami, E., & Bidaki, M. Z. (2023). The Effect of Using Virtual Reality Games on Health and Fitness. *Journal of Computer & Robotics*, *17*(1), 17-26.
12-Ogugua, J. O., Okongwu, C. C., Akomolafe, O. O., Anyanwu, E. C., & Daraojimba, O. D. (2024). Mental health and digital technology: a public health review of current trends and responses. *International Medical Science Research Journal*, *4*(2), 108-125.
13-Reddy, Y. J., Sudhir, P. M., Manjula, M., Arumugham, S. S., & Narayanaswamy, J. C. (2020). Clinical practice guidelines for cognitive-behavioral therapies in anxiety disorders and obsessive-compulsive and related disorders. *Indian journal of psychiatry*, *62*(Suppl 2), S230-S250.
14-Sariya, A., Nanawati, R., & Agarwal, S. (2022). Use of Virtual Reality in Exposure Therapy and Other Psychological Treatment Methods. In *Multimedia Computing Systems and Virtual Reality* (pp. 1-26). CRC Press.
15-Semeniuc, S., Sterie, M. C., Soponaru, C., Butnaru, S., & Gavrilovici, O. (2023). Therapists' problematic experiences when working with obsessive-compulsive disorder: a qualitative investigation of schema modes, mode cycles, and strategies to return to healthy adult mode. *Frontiers in Psychiatry*, *14*, 1157553.
16-Singh, A., Anjankar, V. P., & Sapkale, B. (2023). Obsessive-compulsive disorder (OCD): a comprehensive review of diagnosis, comorbidities, and treatment approaches. *Cureus*, *15*(11).
17-Sumathi, S., Nivethika, S. D., Naresh, M., Pranyka, R. A., & Srividhya, M. (2023, December). Virtual Reality Exposure Therapy for Claustrophobia and Nyctophobia. In *2023 Intelligent Computing and Control for Engineering and Business Systems (ICCEBS)* (pp. 1-5). IEEE.
18-Tabbaa, L., Ang, C. S., Siriaraya, P., She, W. J., & Prigerson, H. G. (2021). A reflection on virtual reality design for psychological, cognitive and behavioral interventions: design needs, opportunities and challenges. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *37*(9), 851-866.
19-Wu, M. S., Thamrin, H., & Pérez, J. (2020). Exposure with response prevention for obsessive-compulsive disorder in children and adolescents. In *Exposure Therapy for Children with Anxiety and OCD* (pp. 245-268). Academic Press.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

the face, recognition accuracy is generally lower. Additionally, factors such as unwanted lighting and reduced image quality can affect the accuracy of recognizing masked faces. Therefore, further research and improvement of algorithms and deep learning models to enhance the accuracy of recognizing masked faces can pose a serious challenge in this area.

## 2- Theoretical Foundations

Given the challenges related to recognizing masked faces, investigating this issue has gained attention from researchers in the field of artificial intelligence and image processing due to its wide-ranging benefits. Further research in this area can help improve issues related to recognizing masked faces and expand the applications of this technology, contributing to the development and advancement of artificial intelligence and image processing. Moreover, due to its numerous advantages, research on recognizing masked faces using Media Pipe Face Mesh and deep learning algorithms has become a new and important subject in the field of artificial intelligence and image processing. Since recognizing individuals' faces with masks using Media Pipe Face Mesh and deep learning algorithms is widely applicable for researchers, experts, and industry professionals, further research and improvement of existing methods in this area can be of special significance.

## 3- Findings of the Research

In the field of recognizing masked faces, Media Pipe Face Mesh can be utilized to improve face recognition considering the different points on the face and the presence of a mask. The Media Pipe Face Mesh algorithm is one of the best face recognition algorithms currently widely used.

## 4- Conclusion

In this study, a critical challenge of recognizing masked faces using a novel deep learning-based approach was addressed. The proposed method, which combines Convolutional Neural Networks (CNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) networks, demonstrated significant performance in identifying individuals wearing masks. Through extensive evaluation and comparison with advanced methods, our approach consistently outperforms its counterparts in terms of sensitivity, specificity, and overall accuracy. Furthermore, a comprehensive study validated the central role of both CNN and LSTM components in our model and highlighted their synergistic contribution to its outstanding success. We also showcased the adaptability of this model to various types of masks, including surgical masks, cloth masks, N95 respirators, and others, confirming its efficacy in diverse real-world scenarios.

The implications of our research extend beyond the realms of artificial intelligence and image processing. Given the ongoing importance of mask-wearing in public health, our work holds promise for applications in security systems, access control, healthcare provisions, and e-commerce. Consequently, our proposed method offers a robust and versatile solution to the challenge of recognizing masked faces. The high sensitivity, specificity, and accuracy achieved by our model underscore its potential to assist various sectors and emphasize the value of ongoing research in the fields of artificial intelligence and image processing.

**Keywords:** Face Recognition, Mask, Media Pipe, Deep Learning.

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing | Vol. 4 | No. 12 | Spring 2024

# Face Recognition of Masked Individuals Using Media Pipe Face Mesh and Deep Learning Algorithms

Doi: 10.30508/kdip.2024.452512.1101

Mansour Hesabi Moghadam[1], Hamidreza Ghafari[2], Mehdi Khazaeepour[3]

## Abstract

### 1- Introduction

Due to the prevalence of the COVID-19 virus, wearing masks has become vital in preventing the spread of the virus. In this regard, the recognition of individuals wearing masks using Media Pipe Face Mesh and deep learning algorithms has emerged as a significant research topic in the field of artificial intelligence. The goal is to identify individuals' faces with masks, which has various applications in security, healthcare, and access control systems. Specifically, this issue utilizes Media Pipe Face Mesh for extracting facial features and deep learning algorithms for training models to recognize masked faces. Given its importance in combating the spread of COVID-19 and its diverse applications, researchers and enthusiasts in the field of artificial intelligence and image processing are interested in this topic. However, recognizing masked faces using Media Pipe Face Mesh and deep learning algorithms presents challenges. For instance, due to the change's masks create on

1- Ph.D Candidate in Computer Engineering, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran
2- Assistant Professor, Technical and Engineering Department, Electrical and Computer Faculty, Islamic Azad University, Ferdows Branch, Ferdows, Iran
3- Associate Professor, Department of Computer Engineering, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran

system for learning rules from data is utilized. Therefore, in the development of machine learning software, through analysis and design by an analyst and designer, part of the software rules that cannot be extracted from historical data can be obtained. Practically, in the field of learning, this set of extracted rules is called a model. First, we will delve into the types of machine learning algorithms.

## 2- Theoretical Foundations

Machine learning algorithms refer to a set of mathematical concepts that enable machines to learn and solve specific problems by analyzing and processing a set of data. Each algorithm has unique instructions, structures, and stages that categorize information and identify patterns within the data.

Machine learning algorithms are categorized as supervised learning, unsupervised learning, reinforcement learning, and deep learning. These classifications differ in the type of input provided and subsequently in the way data is processed.

Machine learning algorithms encompass a wide range of classifiers. Professionals must choose one of these classifications based on the needs of their model and project. It is important to note that the algorithms used in the world of machine learning are constantly evolving.

## 3- Findings of the Research

Machine learning algorithms are programs (mathematical and logical) that adjust themselves for better performance as they are exposed to more data. Learning means that these programs change their method of data processing over time, just as humans change their method of data processing during learning. Therefore, a machine learning algorithm is a program that estimates and improves its parameters based on previous performance feedback on a dataset. Machine learning algorithm is nowadays present in every aspect of life. This article covers various types of machine learning algorithms.

## 4- Conclusion

Artificial Intelligence is a broad field that is rapidly evolving. In this article, we aimed to integrate key indicators in recent machine learning approaches and determine their best practical applications. It would not be an exaggeration to say that these approaches will guide us in creating new technologies such as autonomous vehicles.

Machine learning algorithms analyze and process data, map relationships and consequences from input to output data, and recognize data patterns. These algorithms automatically optimize themselves to continue improving over time. Therefore, you can choose an algorithm that best fits your business needs.

Keywords: Machine Learning, Algorithm – k, Nearest Neighbor, Decision Tree Learning, Deep Learning.

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing | Vol. 4 | No. 12 | Spring 2024

Research Article

# Common Machine Learning Techniques and Prominent Algorithmic Approaches

Doi: 10.30508/kdip.2024.456229.1103

Zeinab Mousazadeh[1]

## Abstract

### 1- Introduction

Artificial Intelligence (AI) is a branch of computer science that involves creating machines capable of making decisions about complex tasks, often involving large amounts of data. The current world is driven by data, and the ability to utilize this data effectively is crucial for progress. As a result, machine learning algorithms have become popular in various industries and among the general public. Machine learning is a significant and captivating branch of AI that uniquely improves system capabilities through experience and the use of training data. Training data, as the name suggests, comprises a large set of examples that assist the system in making decisions based on them.

In order to develop software that meets user needs based on these principles, a

1- Department of Computer Engineering, Artificial Intelligence, Bam Higher Education Complex, Bam, Iran

prediction, and machine learning techniques. These include defect prediction, code change pattern analysis and code simulation. The importance of MSR has increased due to the data-driven society and economy. There is growing industry interest in transforming software repository data into actionable insights for better development practices. Analytics for software development is becoming more popular, similar to its use in marketing to understand customers.

## 2- THEORETICAL FRAMEWORK

Numerous articles presented in the field of software mining repositories were studied and reviewed and the results obtained were compared with the research results of [18]. In order to extract data related to software mining repositories, criteria of time period and subject range have been used. Two categories of time period are considered separately, the first category is from 2007 to 2012, and the second category is from 2007 to 2024.

## 3- RESULTS

One of the key aspects of the importance of mining repositories in software engineering research is that it enables researchers to analyze code evolution, product productivity, and collect snapshots of code status. A systematic literature review identifies studies related to software mining repositories (MSR), and it emphasizes the evaluation of MSR studies in terms of their processes and output. Software repositories help provide insight into the latest developments in software development and provide a deeper understanding of software evolution. The challenges of software mining repositories include ethical considerations, large-scale exploration, and the use of different data sources. Ethical challenges are caused by the human nature of software repositories that contain data about the interaction of developers with the repositories and with each other. Large-scale exploration is important for generalizable research results and requires the use of a large set of software artifacts. Various data sources are used or provided by exploration challenges, including version control data, bug tracking data, email archives, creation event logs, stack overflows, and IDE events. Each data source has its own challenges, such as ensuring privacy, managing large volumes of data, and dealing with the complexity of different data formats.

## 4- CONCLUSION

In this research, different tools and methods used in software mining repositories were investigated and the results were compared with research [18] in the same time period. In addition, the results from 2012 to 2024 were also studied. As it is clear from the results, Eclipse software is relatively the most used in software mining repositories, and the GNUPlot tool and the R program include the least number of researches. The number of researches is the lowest in 2007 and the highest in the years 2019 to 2023 (taking into account the incompleteness of 2024). The number of researches conducted with the desired tool is less than half of the number of researches conducted with other tools. which relatively shows the researchers' good acceptance of the tools investigated in this research.

**Keywords:** Software mining repositories, software development, Google Scholar, data mining tools and methods

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing | Vol. 4 | No. 12 | Spring 2024

Research Article

# An overview of data mining tools and methods effective for software repository mining

Doi: 10.30508/kdip.2024.453254.1102

Hadis Shafae[1]

## Abstract

### 1- Introduction

Software Repository Exploration (MSR) is a growing area of research in Software Engineering (SE). Due to its necessity, since a large number of researches have analysed different aspects of these studies. Software repository mining has become a necessary research direction in the last decade and has achieved significant success in both research and operational areas to support software maintenance tasks. Software repositories include bug repositories, communication archives and source control repositories. Repositories used to support software maintenance contain irrelevant information in each repository, leading to reduced performance or even incorrect results. The systematic process for software mining repositories includes guided systematic literature reviews (SLRs) to analyse materials and ensure the relevance of available studies to research projects. This process helps to identify how to guide software mining repository studies, particularly in terms of repository selection and data extraction. Many MSR studies do not follow a systematic approach to repository selection or to the selection of reporting and data extraction protocols. As a result, guidelines are needed to effectively conduct systematic studies. Software mining repositories analyse data within software repositories to gain valuable insights into software systems and projects. Researchers in this field have used the data repository to solve various software engineering problems such as software evaluation, development process models, developer description, software quality

1- Computer engineering Department, Research and Science University, Tehran, Iran

with a specific brand and is usually derived from how much customers believe that the value they receive from this brand is greater than others, leading to word-of-mouth advertising for the brand and preventing competitors from entering the market. Therefore, brand-loyal customers are a key criterion for increasing brand value for organizations, as loyal customers are committed to the brand, willing to spend more money on brand services, and inclined to advertise it to others.

Customer engagement refers to the importance of personal relevance and customer interest in acquiring, consuming, and abandoning a product, service, or idea. In a broader definition, customer engagement includes sustainable and continuous consumer commitment that arises from the customer's thoughts, emotions, and behavioral responses towards a product or service category. Customer engagement is a stimulus for sales growth and increased profitability for organizations. From a managerial perspective, customer engagement is a predictive advantage of organizational performance in the long term.

Brand evidence encompasses all dimensions of service brand that impact consumer evaluation and perception of the service brand, such as brand name, price, service delivery environment, principal services, employee's behavior and appearance, the degree of alignment between the brand image and the consumer, and emotions that arise during service use. These tangible and intangible dimensions form the 'brand evidence' body accessible to service customers, similar to physical product brands, serving as the basis for building trust with customers and serving as an information tool and consumer guide that creates commitment in customers for future service experiences.

## 3- Research Methodology

The present research is applied in terms of purpose, descriptive in terms of method, and survey-based in terms of data collection; as it not only describes the current situation but also tests hypotheses based on prediction-based relationships. The statistical population of this research includes customers of Iran Insurance agencies in Mashhad. Based on the population size and according to the Morgan table, 384 customers of Iran Insurance agencies in Mashhad participated in this research through non-random convenient sampling.

## 4- Conclusion

In the insurance industry, the most crucial key to success in sales is gaining customer trust. Insurance agents and sellers must understand that attracting customer attention and trust is the cornerstone of insurance sales. Iran Insurance, as the first and largest insurance industry in Iran, considers gaining people's trust as its main capital, with one of the most important reasons being the good conduct and reputation of the company's employees and managers over the years. Insurance brokers and agents should not only focus on selling insurance policies but should also strive to be insurance advisors to customers based on a trust-based relationship, seeking to add value for their customers. They should not only provide appropriate information to customers but also need to gather all relevant information from their customers in order to offer them the best solutions, which is only possible when the policyholder trusts the insurance agent or broker and considers them a partner in their information.

Insurance is an intangible service, and the way it is sold and delivered is of great importance. The primary and essential step in the sales process is to first gain the trust of the customer. It should be noted that gaining customer trust is not easily achievable. An insurance broker must patiently pay attention to the needs, desires, and concerns of customers, behave honestly with them, be problem-oriented first and then solution-oriented, eagerly try to solve customers' problems, consider customers' interests in order to gain their trust. Observing such behaviors by Iran Insurance brokers has led customers to be more willing to participate in and exchange ideas and engage in the way insurance services are provided.

Insurance companies should involve customers in the value creation process as customer engagement, both directly and indirectly, in organizational activities will lead to establishing and maintaining relationships with customers and fostering their loyalty to the organization.

**Keywords:** Customer Trust, Brand Loyalty, Customer Engagement, Brand, Iran Insurance.

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing | Vol. 4 | No. 12 | Spring 2024

Research Article

# Investigating the Relationship between Customer Trust and Brand Loyalty

(Case Study: Iran Insurance Agencies in Mashhad)

Doi: 10.30508/kdip.2024.451850.1099

Navid Nikkhoi [1]

## Abstract

### 1- Introduction

Today, maintaining and enhancing customer loyalty to a brand has become a strategic challenge for organizations that are concerned with preserving and developing their competitive position in the market. Organizations that prioritize offering superior and differentiated products and services over short-term sales goals are likely to gain more market penetration and have more loyal customers compared to their competitors. Customer loyalty to a brand is particularly important in service industries such as the insurance industry, as services are intangible unlike physical products, posing a greater risk for the buyer. The insurance industry must strive to build trust and brand loyalty among customers through various means. For example, one way to change customer perceptions, create positive attitudes, and increase trust and brand loyalty among insurance industry customers is through 'hidden terms' in insurance contracts, which may only become apparent during claim settlements. With the recent competitiveness in the insurance industry and the entry of the private sector into this field, retaining policyholders has become of special importance for insurance companies. Some companies may be able to attract some customers through various methods, but retaining and keeping customers will not be easy. Due to the long-term nature of insurance contracts, losing current customers is a fundamental issue in the insurance industry. Even if the losses resulting from losing customers are compensated by acquiring new customers, losing customers will have significant negative effects on the financial capacity and planning of the organization.

### 2- Theoretical Foundations

Trust is a vital element between customers, companies, and business interactions that facilitates risk and economic transactions and is recognized as a three-dimensional structure consisting of honesty, competence, and benevolence. Trust is a key factor in maintaining loyalty and sustainable commitment. Trust is an important variable in risky and uncertain environments that reduces perceived risk.

Brand loyalty is the extent to which customers want to maintain their relationship

1- Ph.D Candidate in Business Administration, Islamic Azad University, Torbat-e-Heydariyeh, Iran

for automating data collection and processing, delves into the capabilities of VR and AR in creating comprehensive and interactive training environments, and evaluates the power of DV in translating complex data into visually digestible forms. Certainly, the topics are extensive and encompass decades of knowledge, and separate investigations can be conducted individually. Therefore, the approach of this research focuses on providing a historical background along with the current status, especially from the perspective of performance analysis, and examining how to integrate these tools into a focused theoretical model. Performance analysis in sport refers to the systematic process of recording, analyzing, and interpreting performance data with the overall goal of enhancing athletes' or teams' performance. While the primary aim of performance analysis is performance improvement, it also plays a crucial role in injury prevention and predicting future performance, thereby aiding in talent identification. To achieve these goals, performance analysis utilizes various methods including observational analysis, video analysis, notation analysis, temporal motion analysis, and device data analysis.

## 3- Findings of the Research

The main objective of this article was to investigate the central role of continuous emerging technologies such as AI, VR, AR, and DV in enhancing sport performance analysis. These technologies have undergone extensive development over the past three decades. Technological advancements have influenced various methods of sport performance analysis including data collection, processing, and reporting. Quality information can lead to valuable insights, and valuable insights can help in achieving goals. These goals primarily focus on training and performance improvement, which require a continuous cycle of data measurement and processing. Therefore, with the ongoing expansion of technological frontiers, understanding how these individual tools support coaches and enhance sport performance is crucial. When used synergistically, they create unparalleled potential for performance optimization and decision-making. Encouraging coaches and athletes to embrace innovations may be the toughest challenge for high-performance analysts.

## 4- Conclusion

The future of sport performance analysis supported by the integration of AI, VR, AR, and DV is promising. While significant progress has been made, the journey has just begun. With continued research, collaboration, and innovation, the pinnacle of data-driven sport performance based on advanced technology is on the horizon. Building upon the concepts discussed, we propose a unified performance analysis model that encompasses not only traditional data evaluation techniques but also expands to incorporate diverse technologies examined here. It is worth mentioning that the analyst plays a crucial role in extracting key performance indicators, a concept applicable to both traditional and emerging approaches. Investing resources to establish a skilled analyst team comprising programmers, data scientists, and database management experts can create a competitive advantage for sport teams. However, it is essential to emphasize that a more complex analyst team should not equate to more complex reports. The overall goal must remain consistent: turning data into actionable insights. These insights should be useful in accelerating athletes' performance and serving as a foundation for informed decision-making by coaches and athletes. Faster data translates into practical insights, enabling training and competitive events to be adjusted more rapidly to align with specific goals. In this regard, various environments, including virtual and mixed reality worlds, can be utilized to present instructional strategies. We encourage professionals to use this model as a starting point for developing new solutions and conducting studies in the field of sport performance.

**Keywords:** Emerging Technologies, Performance Analysis, Sport Management, Artificial Intelligence, Technological Era.

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing | Vol. 4 | No. 12 | Spring 2024

Research Article

# A Deep Look into the Future of Sport Performance Analysis with Artificial Intelligence, Virtual Reality, and Data Visualization for Enhancing Athletes' Performance

Doi: 10.30508/kdip.2024.451951.1100

Mohammad Saeid Kiyani[1]

## Abstract

### 1- Introduction

Today, we are witnessing an unprecedented era of digital transformation in sports, driven by revolutions in Artificial Intelligence (AI), Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and Data Visualization (DV). The effective integration of these powerful resources in sport poses an exciting challenge. Each tool offers unique solutions and programs to redefine the landscape of sport performance analysis. Through these technologies, you can revolutionize performance analysis by automating data collection, processing vast datasets, interpreting performance, providing comprehensive training environments, offering real-time augmented feedback, and transforming decision-making processes significantly. In this article, we explore the continuous potential of emerging technologies, including AI, VR, AR, and DV, to significantly transform performance analysis in the sport domain. These technologies can automate data collection, provide comprehensive and realistic training environments, facilitate the processing and interpretation of complex performance data, and offer creatively enhanced digital feedback in real-time. The ultimate goal is to evaluate the capacity of these technologies to provide valuable resources to coaches and athletes, enhance athletes' performance, optimize training strategies, and inform physical, technical, and tactical decisions. This research also aims to identify potential challenges and proposed solutions for integrating these technologies into current sport performance analysis methods.

### 2- Theoretical Foundations

This comprehensive analytical review provides a brief historical context and evolution of performance analysis in sport science, highlighting the merits and limitations of current methods. It includes a brief overview and definitions of all relevant topics. It then delves into exploring the transformative potential of emerging technologies such as AI, VR, AR, and DV. It examines the potential of Artificial Intelligence

1- Ph.D Candidate of Sport Management, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

## Editor-in-Chief's Note

With the publication of the twelfth issue of the "Intelligent Knowledge Exploration and Processing" Journal, we have witnessed a wealth of potential benefits, particularly in terms of leveraging knowledge assets and transferring experiences and lessons learned across organizational processes and inter-organizational relationships. This issue, like its predecessors, has undergone rigorous evaluation by esteemed faculty and researchers. Realizing these potential benefits and fostering the growth of academic environments requires meticulous planning, collective wisdom, the capabilities of academic institutions, and the active participation of employees and beneficiaries. At the heart of this transformation is the effective utilization of the expertise of management and knowledge management specialists. Therefore, we invite researchers and academics to submit their scholarly articles and valuable insights. We express our sincere gratitude to the dedicated administrators, faculty, and university members who have supported Ferdows Institute of Higher Education, to the reviewers who have evaluated the submitted articles, and to the authors who have contributed to this journal.

# Contents

The Note of Editor-in-Chief 3

A Deep Look into the Future of Sport Performance Analysis with Artificial Intelligence, Virtual Reality, and Data Visualization for Enhancing Athletes' Performance 4

Investigating the Relationship between Customer Trust and Brand Loyalty 6

An overview of data mining tools and methods effective for software repository mining 8

Common Machine Learning Techniques and Prominent Algorithmic Approaches 10

Face Recognition of Masked Individuals Using Media Pipe Face Mesh and Deep Learning Algorithms 12

Innovative VR Therapy for OCD: Efficacy, Neurological Insights, and Future Directions 19

**VOL 3- ISSUE 12- Spring 2024**
**Print ISSN:** 2783-3607
**Online ISSN:** 2783-3615

**Concessionaire: Ferdows Institute of Higher Education**

**Director-in-Charge:** Hamid Tabatabaee, Assistant Professor
**Editor-in-Chief:** Ebrahim Mahmoudzadeh, Assistant Professor
**Deputy Editor:** Saeedeh Babajani Mohammadi, Assistant Professor
**Internal Manager:** Sakineh Ghasemi, Engineer

**Editorial Board**

**Mahmoud Moghavvemi**
Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Malaya, Malaysia.
**Mohamed Othman**
Professor, Department of Communication Technology and Network, Faculty of Computer Science and Information Technology, Universiti Putra Malaysia (UPM).
**Raja Syamsul Azmir b. Raja Abdullah**
Professor, Department of Computer and Communication Systems Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia (UPM).
**Logeswaran Rajasvaran**
Professor, School of Computing, Asia-Pacific University of Technology and Innovation, Malaysia.
**Bahman Moghimi**
Professor, Faculty of Management and Economics, University of Georgia, Tbilisi, Georgia.
**Mehrdad Jalali**
Associate Professor and Scientist, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany.
**Peyman Akhavan**
Professor, Ghom University of Technology - President of the Iranian Knowledge Management Scientific Association, Iran.
**Reza Hasnavi Atashgah**
Professor, Faculty of Industrial Engineering, Malek Ashtar University, Tehran, Iran.
**Amir Masoud Rahmani**
Professor, Faculty of Mechanics, Electrical and Computer Science, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
**Mahmoud Rezaei Roknabadi**
Professor, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
**Ebrahim Mahmoudzadeh**
Professor, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.
**Ali Moeini**
Professor, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran.
**Mohammad Mehr-Aein**
Professor, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
**Amin Jajarmi**
Associate Professor, Department of Electrical Engineering, University of Bojnord, Iran.
**Javad Hamidzadeh**
Associate Professor, Faculty of Computer and Information Technology, Sajjad University of Technology, Mashhad, Iran.
**Abbas Ali Rezaei**
Associate Professor, Payame Noor University of Mashhad, Iran.
**Morteza Faraji**
Associate Professor - National Defense University, Tehran, Iran.
**Mohammad Hossein Moattar**
Associate Professor, Islamic Azad University of Mashhad, Iran.
**Saeedeh Babajani Mohammadi**
Assistant Professor, Department of Management, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.
**Alireza Rouhani Manesh**
Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Neyshabur, Iran.
**Mohammad Hadi Zahedi**
Assistant Professor, Khajeh Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
**Seyed Kazem Shekofteh**
Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Shandiz Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.
**Hamid Tabatabaee**
Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Islamic Azad University of Mashhad, Iran.
**Mojtaba Kafashan Kakhki**
Assistant Professor, Department of Information Science and Knowledge, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
**Abbas Mehdizadeh**
Assistant Professor, Department of Computer, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.
**Persian Editor:** Saeedeh Babajani Mohammadi
**English Editor:** Abbas Mehdizadeh
**Headline and Cover Design:** Mohammad Mohsen Khezri
**Page Layout and Grid Design:** Nima Malekzadeh
**Magazine Expert:** Ahad Fani Maleki
**Address:** Ferdows Institute of Higher Education, Kolahdouz 30, Shahid Kolahdouz Blvd., Mashhad, Iran.
**Website:** www.kdip.ir
**Phone:** +98 051337138011- ext. 703 and 716,051-5-372911114
**Email:** journal.kdip@gmail.com - 051-372911114-5
**Email:** journal.kdip@gmail.com

Online : ISSN2783-3615
Print : ISSN2783-3607

12

# INTELLIGENT KNOWLEDGE Exploration & Processing

**Journal of the Science, Ferdows Institute of Higher Education**
In collaboration with the Scientific Association of Knowledge Management of Iran

WWW.KDIP.IR

VOL 4 | ISSUE 12 | MAY 2024

A Deep Look into the Future of Sport Performance Analysis with Artificial Intelligence, Virtual Reality, and Data Visualization for Enhancing Athletes' Performance
Mohammad Saeid Kiyani

Investigating the Relationship between Customer Trust and Brand Loyalty(Case Study: Iran Insurance Agencies in Mashhad)
Navid Nikkhoi

An overview of data mining tools and methods effective for software repository mining
Hadis Shafae

Common Machine Learning Techniques and Prominent Algorithmic Approaches
Zeinab Mousazadeh Mozaffarabadi

Face Recognition of Masked Individuals Using Media Pipe Face Mesh and Deep Learning Algorithms
Mansour Hesabi Moghadam, Hamidreza Ghafari, Mehdi Khazaeepour

Innovative VR Therapy for OCD: Efficacy, Neurological Insights, and Future Directions
Maryam Naghavizadeh, Majid Pouladian, Majid Zare Bidaki

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مؤسسه آموزش عالی فردوس

انجمن علمی مدیریت دانش ایران

Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing VOL4 | ISSUE 12 | MAY 2024