فصلنامــه اقتصاد مالی
دورهٔ ۱۸ / شمارهٔ ۱ (پیاپی ٦٦)/ بهار ۱٤۰۳
صفحه ۲۷۷ تا ۳۰۱

https://doi.org/10.30495/fed.2023.1957625.2692

رویکردها و ابزارهای پیش بینی هوشمند فازی در حوزه ارزهای دیجیتال

داود زارع خانقاه [۱]
علی محمدی ✉ [۲]
محمد ایمانی برندق [۳]
امیر نجفی [۴]

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۹/۲٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۱/۱٤

چکیده

سیستم های ترکیبی مبتنی بر شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های فازی مدل های مختلفی را برای پیشرفت علم ارائه می دهند از آنجا که آنها مدل هایی هستند که می توانند با آموزش عملی شبکه های عصبی و ظرفیت تفسیری سیستم های فازی کار کنند. لذا هدف این پژوهش، بررسی سیستماتیک مهمترین تئوری های پیش بینی ارز دیجیتال مبتنی بر مدل های ترکیبی فازی و شبکه های عصبی مصنوعی است مدل هایی که عمدتاً بر روش های نظارت شده جهت سنجش مدل های ترکیبی متمرکز هستند همچنین، این بررسی ، تاریخچه مدل های ترکیبی، ترکیبات و قابلیت های معماری ، پردازش داده ها و روش های سنجش آنها، ویژگی های مدل های برجسته(پیشرو) و کاربردهای آنها در پیش بینی ارز دیجیتال را نیز شامل می شود نتایج نشان می دهد که مدل های شبکه عصبی فازی و مشتقات آنها در پیش بینی ارز دیجیتال با دقت بسیار بالا و با قابلیت توجیه مناسب که در طیف وسیعی از حوزه های اقتصادی و علمی کاربرد دارد، کارآمد هستند

واژه‌های کلیدی: پیش بینی، ارز دیجیتال،شبکه های عصبیِ فازی،سیستم های فازی، مدل های ترکیبی.

طبقه بندی JEL : G11, G21, P34

۱- گروه حسابداری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.zareh_davood@yahoo.com
۲- گروه حسابداری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران(نویسنده مسئول)ali_mohammadi93@yahoo.com
۳- گروه حسابداری و مدیریت دانشگاه زنجان،زنجان ،ایران. imani_barandagh@znu.ac.ir
۴- گروه مهندسی صنایع، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران . asdnjf@gmail.com

نوع مقاله: علمی پژوهشی
Eci@iauctb.ac.ir

Creative Commons – Attribution 4.0 International – CC BY 4.0
Creativecommons.org

۱- مقدمه

مدل های هوشمندنظیر شبکه های عصبی مصنوعی که پاسخ های مناسبی برای چالش ها و مسایل مربوط به بازار سرمایه و سایر موارد مربوط دارند دارای نقش غیر قابل انکاری در تسهیل تصمیم گیری برای استفاده کنندگان در زمینه های مختلف هستند از آنجاییکه این پاسخ هابرای افراد غیر متخصص در این حوزه بسیار پیچیده هستند استفاده ازمفاهیم سیستم های فازی باعث شده تا مسائل به روشی قابل تفسیری ارائه شوند مدل های مذکور ازسال ۱۹۶۰ در حل مشکلات مختلف جامعه به صورت پویا و کارآمد بکار گرفته شده اند که دلیل توسعه آنها را باید تفسیر پذیری ساده آنها جستجو نمود آنها حاصل ترکیب نظریه ی مجموعه های فازی و شبکه های عصبی بوده که طیف وسیعی از توانایی های یادگیری را فراهم می آورندآنها مدل هایی را ارائه می دهند که داده های ارائه شده توسط سیستم های فازی و شبکه های عصبی را با هم ادغام می کنداین شبکه ها در زمینه های مختلف کاربردی مانند خوشه بندی فازی، مدل سازی سیستم های غیر خطی برای از بین بردن لرزش سیستم های ابعاد بالا[1]یا در تشخیص خطا یا عارضه در صنعت، قابل استفاده هستند و توانایی شبیه سازی قوه استنتاج و استدلال بشر را به روش محاسباتی و کارآمد دارنداین مدل ها با بکارگیری مفاهیم تکامل یادگیری شبکه عصبی و پردازش داده ها، مدل های بسیار دقیقی را برای ساخت سیستم های مبتنی بر قوانین، خبره وخوشه بندی هاتوسعه داده اندحالپژوهش حاضر قصد دارد مفاهیم و کاربرد مدل های ترکیبیمبتنی بر ویژگی های شبکه های عصبی فازی را بررسی و تحلیل نمایدهمچنین رویکردمناسبی نسبت به مدلهای ترکیبیو عملکرد آنها ارائه خواهد داشت، بطور کلی تمرکز اصلیپژوهش بر روی ویژگی های مختلف معماری و سازه مدل هایی است که در زمینهNFN[2] ها و FNN[3] ها تعریف شده اند.

مهمترین ویژگی این پژوهش بررسی مدلهای برجسته شبکه های عصبیِ فازی و نئوروفازی موجود در ادبیات با تمرکز بر مدلهایی است که به صورت نظارت شده در مرحله ی سنجش مدل کار می کنندبنابراین، اینپژوهشبه دنبال ارائه جنبه هاییمتمایز از مدل های ترکیبی شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های فازی استعلاوه بر این،بدنبال توصیف تکنیک های اصلیرفتار داده در ورودی مدل و همچنین توضیح نورون های فازی ساخته شده از طریق ویژگی های مجموعه داده مورد استفاده در مدلاست

ساختار پژوهش به صورت زیرتنظیم شده است:بخش دوم، روشو پایگاه داده های مورد استفاده را شرح داده و مفاهیم اساسی مدلهای ترکیبی در بخش سوم دنبال شده و بخش چهارم به ویژگی های معماری مدل ها، روش هایفازی سازی[4]، فازی زدایی[5]و آزمون مدل متمرکز شده و در بخش پنجم به نمونه هایی از برنامه ها و کاربردهایی از مدل های ترکیبیمورد استفاده در حل مسائل کلی پرداخته شده و در نهایت نتیجه گیری و پیشنهاداتدر بخش ششمارائه شده است

[1] Large Scale Systems
[2]Neuro-Fuzzy Network
[3] Fuzzy Neural Network
[4]Fuzzification
[5]Defuzzification

۲- روش شناسی پژوهش

روش پژوهش، مروری سیستماتیک و تحلیلی-اکتشافی بوده که مبتنی بریک بررسیژرف و دقیق از مدل های ترکیبی موجود، مدل های آموزشی آنها، تکنیک های فازی سازی و فازیزداییتوام با ارزیابی کاربردهای عملیِ مدل زمینه ای در حوزه ی علوم و پژوهش های مربوطه صورت گرفته استتمام مطالعات بررسی شده در این پژوهشبراساس یک طبقه بندی مشخصی انجام گرفتهوتمامی موارد مربوط به شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های فازیمنتشره در نشریاتعلمی مختلف را شامل می شود

مطالعه با نگاه انتقادیبهپژوهش ها شروع شده و سپس مدل های ترکیبیاستخراجشده و تکنیک های اصلینیز مرور می یابند البته جهت ساده سازی و تسهیل درک محققان از مضامین مربوط، ویژگی های اساسی شبکه های عصبی و سیستم های فازیچون مفاهیمو مدل های ترکیبی شان و همچنین مفاهیم نورون های فازی بررسی شده است

برای گردآوری داده ها از کلمات کلیدی چون *شبکه عصبی فازی*، *نئوروفازی*در Google Scholar استفاده شده است البته این مفاهیم با سایر کلمات کلیدیچون بهداشت (سلامت)، صنعت، طبقه بندی الگو، مسائل رگرسیون، پیش بینی سریهای زمانی[1] و غیره نیز ترکیب شده و بر این اساس مقالات و مجلات علمی معتبر اسخراج گردیده که در ادامه ،زمینه های اصلی ادبیاتپژوهش، میزان کارائی روش های پیشنهادی قبلیدر منابع گردآوری شده بررسی شده است

جستجوی مقالات از ژورنال های خاص با استفاده از جستجوی کلمات کلیدی در پایگاه داده کتابخانه ی الکترونیکی انجام گرفتبررسی ادبیات پژوهش از طریق کتابخانه الکترونیکی مانند ScienceDirect-[2] Elsevier،کتابخانه دیجیتال IEEE Xplore،[3] مجموعه مجلات آنلاین Springer[4]،موسسه انتشارات دیجیتال چند تخصصی،[5]کتابخانه ی محتوای مطبوعات IOS[6]، و سایر منابع جانبی مانند Researchgate و Google Scholar انجام پذیرفته استدلیل انتخاب این پایگاه ها، عمدتاً به اعتبار و معروف بودن آنها در حوزه های علمی و استفاده مکرر تحقیقات پیشین از آنها بر می گردد که جدول شماره ۱ بیانگرآمار توصیفی مقالات جستجو شده با مضمون شبکه ها است

در نهایت طبق تعاریف روش شناسی، حدود ۸۰ مقاله انتخاب شدند مقالاتی که نسخه ی رایگان آن ها در دسترسنبودند نیز از مطالعه حذف شدند، چرا که امکان مطالعه ی کامل آنها برای محققین فراهم نبودمقالات حاضر در این مطالعه از معیارهای روشمندمذکور در بالا برخوردار هستند

[1] time series prediction
[2] https://www.sciencedirect.com/
[3] 2https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
[4] 3https://link.springer.com/search?facet-content-type=" Article"
[5] https://www.mdpi.com/
[6] 5https://content.iospress.com/search

جدول ۱: تعداد مقالاتی براساس کلمات کلیدی جستجو شده

کتابخانه دیجیتال	شبکه عصبی فازی (FNN)	شبکه های عصبی فازی (FNNS)،	مرور (بازبینی) شبکه عصبی فازی (FNNR)،	نئوروفازی (NFN)	بررسی نئوروفازی (NFNS)	مرور (بازبینی) نئوروفازی (NFNR)
ScienceDirect-Elsevier	۵۱۸۴۳	۱۱۶۲۸	۲۲۸۴۴	۱۲۲۳۳	۲۷۱۳	۵۵۸۱
کتابخانه دیجیتال IEEE Xplore	۱۹۶۱۲	۲۳۳	۴۹۵	۴۱۳۴	۴۳	۷۸
مجموعه مجلات آنلاین Springer	۲۲۹۵۰	۶۲۷۵	۱۰۲۹۹	۴۶۲۳	۱۱۶۳	۱۹۱۰
کتابخانه ی محتوای مطبوعات IOS	۱۰۳۷۱	۴۸۶۰	۷۴۶۴	۹۷۷	۳۰۳	۴۷۱
موسسه انتشارات دیجیتال چند تخصصی	۳۰	۰	۰	۱۱۸	۰	۰

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۳- مفاهیم بنیادی

در این بخش مفاهیم اساسی و پایه ای برای درک ارتباط آثار ارائه شده در ادبیات در خصوص شبکه های عصبی فازی، شبکه های نئوروفازی و سایرموارد بیان شده اند

آثار مرتبط

بازبینی های انجام شده بر روش ترکیبی در مدل های شبکه عصبی فازی،جزو برجسته ترین آثار باکلی و همکاران و تاکاگی(۱۹۹۰) بوده اندآنها به ارائه ی پیشرفت و قابلیت اجرایی مدل های ترکیبی در زمینه های مختلف علمی پرداخته و بر مفاهیم اساسی در حوزه ها و برنامه های فازی و شبکه عصبیمتمرکز بودند بررسی های انجام گرفته در پژوهش های ویرا و همکاران، ابعاد نئوروفازیبا تمرکز اصلی بر روی سیستم های در حال تکامل را ارائه می دهدآثار پژوهشگرانی نظیر میترا و هایاشی، عملکرد مدلهای ترکیبی را در ایجاد قوانین فازی برای محاسبات نرم[1] توصیف می کنند در پژوهش ارائه شده توسط مولر نیز می توان آثاری از کارهای مدل ترکیبی که جنبه های عمومی مهندسی عمرانو مکانیک را بهبود بخشیده اند را تجسم کردپژوهش کوان و کای، نیز بر مدل های شبکه های عصبی فازی که طبقه بندی الگوها را انجام می دهند متمرکز است . علاوه بر این، کنزویچ و همکاران، مطالعه ای در خصوص عملکرد مدل های هوشمند و شبکه های عصبی فازی در حل مسائل مهندسی عمران ارائه داده اند همچنین مقاله ای از سایده ارائه شده که یک بررسی از طبقه بندی الگوی انجام شده توسط یک شبکه عصبی

[1] soft computing

فازی با استفاده از روش حداقل و حداکثرها[1] ارائه می دهد در پژوهش های پال و همکاران، نیز رویکردی برای طبقه بندی الگوی نئوروفازی مطرح شده است

میترا و یوئیچی بررسی رویکرد را در چارچوب محاسبات نرم بر اساس مفاهیم قوانین فازیدنبال نموده اند این نویسندگان در دهه ی ۲۰۰۰، یکبررسی در رابطه باآثار مهم انجام گرفته بر روی مدلهای ترکیبی ارائه دادند که دانش موجود در مدلهای هوشمند قابل استخراج از مجموعه داده های مسئله را بیان می کند به عنوان نتیجه ی این آثار، روشهای مختلفی وجود دارند که قادر به استخراج قوانین فازی هستند تا مسائل را بیشتر قابل تفسیر کنند این مقاله همچنین مدل هایی را در راستای استخراج قوانین فازی ارائه می دهد اما بیشتر تمرکز آن بر روی مدل های بعد از دهه ی ۲۰۰۰ و انواع مختلف تعامل میان قوانین و ایجاد سیستم های خبره می باشداخیراً، مقالات میشرا و همکاران و شهاب الدین و پیلای به بررسی متمرکز مدلهاینئوروفازی و کاربرد آنها در جامعه ی دانشگاهی پرداخته است

مطالعه ی میشرا و همکاران، اصلی ترین ویژگی های مثبت مدل هاینئوروفازی، تعامل ساده کارشناسان مسائل با مهندس سیستم و توانایی بازنمایی دانش از طریق قوانین زبانی را مطرح می کند همچنین آنها دریافتند که فراتر از وابستگییک متخصص به موضوع برای سنجش اعتبار قوانین تولید شده، مشکلات مدل به عدم توانایی تعمیم آن مربوط می شودکه در مورد تغییرات سیستم توپولوژیکیمنسجم و پرتوان نیست

تمرکز اصلیشهاب الدین و پیلایبر طبقه بندی کننده هاینئوروفازی است که بین سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ منتشر شده است و تأکید ویژه ای بر مدل های منتشر شده در سال های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ دارداخیراًیک نظرسنجی که توسط اسکرجانچ و همکاران انجام شده است، مدلهای ترکیبیِ در حال تکامل را نشان می دهد که رابطه ی مستقیمی با به روزرسانی و اصلاح ماهیت داده های ارسالی به اینمسئله را دارد تمرکز اصلی آنهاارائه مقالات مرتبط در زمینه ی طبقه بندی، خوشه بندی و مسائل رگرسیونی بودکه ماهیت مسئله ارزیابی شده به صورت آنلاین و در زمان واقعی با تأکید بر مدلهایی است که از آموزشنظارت شده بهره می برند

شبکه های عصبی مصنوعی(ANN)

سیستم های هوشمند در پیِ شبیه سازی رفتار انسان در مدل ها جهت حل مشکلات روزمره هستنددر انسان، مغز به طور موازی اطلاعات را پردازش و وظایف را به سلول های عصبی توزیع می کند بدن انسانمتشکل از سلولهای عصبیفراوانی است که اصلی ترین ساختارهای واکنش دهنده به محرکهای محیطیبه شمار می روندآنها مسئول پاسخ دهی به محرک ها، یعنی پردازش سیگنال های دریافتی از یک زنجیرهی نورونییا موقعیت های خارجی هستند ساختار نورون از آکسون، دندریت، جسم سلولی و سیناپس تشکیل شده استنورون ها سیگنالهای ورودی را از طریق دندریتها از سلولهای دیگر دریافت می کنند، سیگنال ها را درجسم سلولی پردازش می کنند و سیگنالهای خروجی را که از طریق آکسونها و پایانه های آکسونی به سلولهای عصبی دیگر منتقل می شود را تولید می کنند از نقطه نظر فاوست، شبکه های عصبی مصنوعیتکنیک های محاسباتی هستند که یک مدل ریاضیِ الهام

[1] min and max techniques

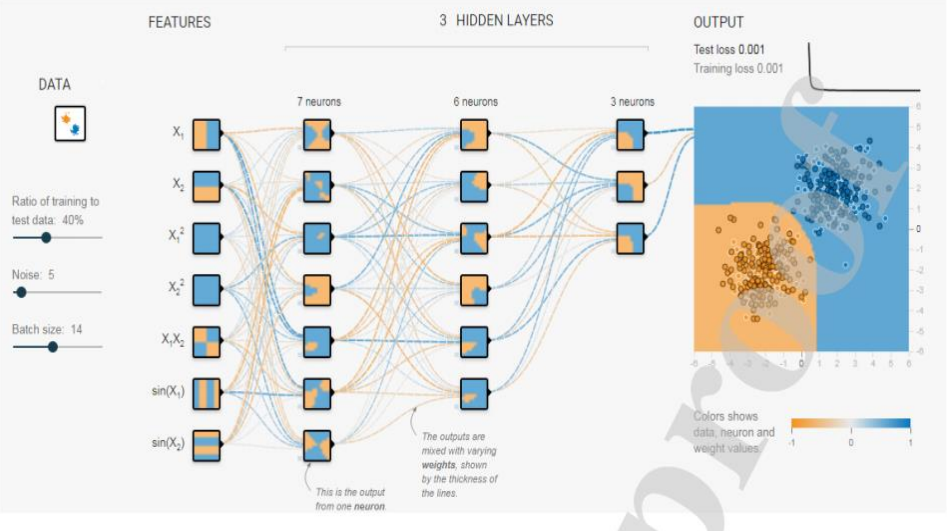
گرفته از ساختار عصبی موجودات هوشمند را ارائه می دهند و دانش را به طور تجربه کسب می کنند و اجازه می دهند وظایفی که معمولاً توسط موجودات هوشمند انجام می شود در محیط های محاسباتی انجامپذیرد

پیشینه ی مدل ها شامل مفاهیم شبکه های عصبی مصنوعیاست که با مدل سازی نورون بیولوژیکی انسان که توسط مک کلاشوپیتز انجام شده آغاز میگرددر اواخر دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، چندین اثر هب و روزنبلات به ماشین ها اجازه می داد از طریقیک مدل ریاضی، رفتار انسانی شبیه سازی شده را انجام دهنداینآثار امکان ایجادیکی از معروف ترین مدل ها در تاریخ شبکه های عصبی را (پرسپترون یادگیری نظارت شده[1]) فراهم کرده اند:همچنین لازم به ذکر است که مدل شبکه خودسازماندهی بسیار مدل با ارزشی استپس از یک وقفه قابل توجه در تاریخ، آثار انجام گرفته در دهه ۱۹۸۰ برجسته بوده اند، به ویژه با روش پس انتشار[2] که توسط آن معرفی شده است

هایکینیک شبکه عصبی مصنوعی را متشکل از یک لایهی ورودی، یکیا چند لایهی مخفی و یک لایهی خروجی تعریف می کندشبکه می تواند در جایی که هر نورون به تمامی نورون های لایه ی بعدی متصل می شوند به طور کامل به هم پیوسته باشدویا در نهایتبه طور محلی متصل شود، جایی که هر نوع قابلیت اتصال گرایی وجود داردمجموعه ای از داده هایی که شامل الگوهایی برایبادگیری و خروجی های دلخواه (در یک مورد یادگیری نظارت شده) باشند برای اجراییادگیری شبکه عصبی مورد نیاز استبه این ترتیب، مسئله یادگیری شبکه ی عصبی در یک مسئله بهینه سازی خلاصه می شود که بدنبال یافتن بهترین مجموعه ی وزن ها[3]بوده که خطایمیانگین مربعات[4]محاسبه شده بین خروجی شبکه و خروجی مورد نظر را به حداقل برساند

شکل ۱ معماری یک شبکه عصبی مصنوعی و عناصر اصلی آن را نشان می دهد؛ مثالی مربوط به تفکیک دو کلاسه که در آن مقادیر نارنجیامکان طبقه بندی الگوهای منفی و مقادیر آبیامکان الگوهای مثبت را فراهم می کنددر شکل مذکور می توان نحوه ی اتصال داده های ورودی در لایه های پنهان را مشاهده کرد (مدل دارای سه لایه پنهان است) که در هر یک از آنها ممکن است هر تعداد نورون مصنوعی وجود داشته باشددر این نورون ها، می توان نحوه ی یادگیری و تصمیم گیری را بررسی کرد و به مدل اجازه داده می شود تا نمونه های مورد استفاده در مثال را به درستی طبقه بندی کندپیوند سلولهای عصبی مختلف اجازه می دهد تا جواب ها، نزدیکترین پاسخها به پاسخهای واقعی باشند.

[1] the perceptron of supervised learning
[2] backpropagation
[3] set of weights
[4] mean square



شکل۱ معماری شبکه عصبی پیشخور ANN (۷۹)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

سیستم های فازی

سیستم های منطق فازی مبتنی بر مفاهیم منطق فازیمی باشند که توسط لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ بهبود یافته اندطیف گسترده ای از اطلاعات نادرست در تصمیم گیری های انسان، محرک و پیشرانه ی آثار وی به شمار می روند. برخی از مسائل تنها با منطق کلاسیک بولی حل نمی شوند در برخی از موارد تنها وجود دو مقدار برای حل مسئله کافی نیستتکنیک های فازی، عدم قطعیتِ موجود در حل مسائل پیچیده را حل می کنند که با امکان نمایش مسائل پیچیده با تنوع بسیار بالا سروکار دارند منطق فازی این امکان را فراهم می کند تا از ریاضیات برای نشان دادن اطلاعات در زمینهی ابهام برای حل مسائل مختلف استفاده شودبا کمک گرفتن از منطق فازی، می توان به طور عمده توسط قضیهی تقریب های جهانی[1] که سیستمی افزودنی است، سیستم هایی ایجاد کرد که بتوانند تقریبتابع[2] را انجام دهند $F: X \to Y$ اگر x نمایانگر یک منطقه ی متراکم باشد و f نیز پیوسته باشد، تابع تقریب به شکل مقابل در می آید: $f: X \to Y$ دلیل این امر آن است که در یک سیستم فازی، هر قانون نمایانگریک مدل محلی است که با قوانین دیگر جمع شده تا به خروجی مدل نهایی بیانجامداز دیگر مفاهیم مرتبط به سیستم های فازی می توان به مجموعه فازیاشاره کرد.

[1] universal approximations theorem
[2] function approximation

مجموعه های فازی

مطابق با تبیین مجموعه های فازی توسط لطفی زاده، می توان مجموعه های کلاسیک منفرد را به عنوان مجموعه ی هموار[1] تعریف کرد که تبدیل حالت میان تعلق و یا عدم تعلق به مجموعه ی معین بیشتر از آن که تصادفی باشد، به تدریج به وقوع می پیونددبا تعریفیک مجموعه فازیA در آرایهX ، یک تابع عضویتA را توصیف می کنیم که ارتباط هر عنصر x را به گونه ای که $x \in X$ باشد، با درجه عضویت$A(x)$ که متعلق به فاصله ی بین صفر و یک است و به صورت$A(x) \in [0,1]$ نشان داده می شود، را محققمی کنداین مجموعه فازیA در X را می توان با مجموعه ای از زوج مرتب هایی به شکل $(x, A(x) \mid x \in X)$نیز نشان داد

برخی از تکنیک ها برای ساخت مجموعه های فازی که فضای نمونه را تقسیم می کنند، به داده ها متکی هستندبه طور کلیمی توان بیان کرد که این مجموعه های فازی به صورت مثلثی، گاوسی، ذوزنقه ای و غیره هستندمجموعه های فازی می توانند مجموعه ایمتشکل از سنین افراد باشند که به یک نظرسنجی پاسخ داده اند مفهوم پیر یا جوان بودن بسته به توزیع داده ها یا برداشت افراد ممکن است متفاوت باشد شکل ۲ مجموعه ای از سنین افراد را نمایش می دهد که در آن از سه مجموعه ی فازی استفاده شده است.اولین مجموعه ی فازیدر چارچوب سنین،نمایانگر سن جوانان، گروه دوم افراد بالغ و مجموعهسوم نیز نمایانگر سن افراد پیر استهمچنین اگر از مجموعه های مبهم بیشتری برای توصیف این مجموعه سن استفاده شود، فواصل نمایش متفاوت خواهد بود و یک ویژگی دیگر برای ارزیابی سن افراد اضافه می شود.

نورون های فازی

نورون های منطقی، واحدهای عملکردی هستند که جنبه های مربوط به پردازش را با ظرفیتیادگیری اضافه می کنندآنها را می توان به صورت تبدیل غیر خطی چند متغیره بین ابر مکعب واحد[2] مشاهده کرد طبق پژوهش های لین و همکاران، مدلهای زیادی از نورون ها ارائه شده که با توجه به اینکه استفاده از مفاهیم منطق فازی در ساخت ترکیب آنها متفاوت است آنها را می توان در سه گروه مشخص زیر طبقه بندی نمود:

- نوع I: نورون های فازی با ورودی های غیر فازیدر ترکیب با وزن های فازی. ورودی مدل، اعداد واقعی بوده و وزن های ارتباطی، مجموعه های فازی هستند که به آنها وزن های فازی گفته می شود بنابراین برای n ورودی غیر فازی x_1، x_2، x_nبه اندازه ی n مجموعه ی فازی A_iوجود دارد به طوری که $i=1,\ldots,n$ که وزن ها برای برای عملیات با توابع عضویترد و بدل می شوند که همچنین به عنوان عملیات فازی سازینیز شناخته می شود
- نوع II: نورون های فازی با ورودی های فازی در ترکیب با وزن های فازی(NT_2).بسیار شبیه به نورون های نوع Iبوده و تنها تفاوتشان در ورودی و خروجی های مجموعه های فازی هستند هر ورودی غیر فازی x_iبا وزن فازی مربوط به A_i از طریقیک اپراتور وزن دهی# (ضرب بین دو مجموعه فازی، ترکیبات فازی و غیره) ساخته شده استبا این وجود، برخلاف نورون های نوع I ، مکانیسم های تجمعی می توانند

[1] smooth set
[2] unit hypercubes

میانپیش نیازهای قوانین متفاوت باشند، گاهی اوقات با نرم هایt، گاهی با نرم هایs عمل می کنندجایی که X_1، X_2، X_n ورودی هستند و Y خروجی نورون فازی است

- نوع III : نورون های فازی تبیین شده توسط قوانین فازی if-then. لازم به ذکر است که شامل نورونهای منطقی فازی از نوع AND (نرمs برایتوازن استفاده می شود و عملگر تجمع نرمt است) یا نورون OR (نرمt برای توازن و عملگر تجمع نرمs استفاده می شود)، نورون تکی(با استفاده از مفاهیم نرم تکی برای انجام تجمع ورودی ها و وزن ها) و نورون تهی (برای انجام عملیات نورون از مفاهیمنرم تهی استفاده میشود)، است.

شبکه های عصبی فازی(FNN) و شبکه های نئوروفازی(NFN)

حوزه ی هوش محاسباتی با تأکید بر شبکه های عصبی مصنوعی، سیستم های فازی و مدل های ترکیبی آنها، با تعداد قابل توجهی از برنامه های جدید ارائه شده در ادبیات پژوهش، پیشرفت های چشمگیری در توسعه ی تکنیک ها و مدل های شبیه سازی فرآیندها و سیستم ها داردیکی از اهداف اصلی تحقیقات هوش محاسباتی، ایجاد و مدل سازی سیستم های محاسباتی است که از ویژگی هایمختص انسانی مانند یادگیری، شهود، استدلال منطقی، طبقه بندی و رگرسیون تقلید می کند

پژوهش الیو و همکاران، نشان می دهد که در ادبیات دانشگاهی دو رویکردمشخص وجود داردداولین رویکرد، سیستم هاینئوروفازی است که وظیفه اصلیاشان پردازش روابط ریاضی استبسیاری از مقالات، ویژگی های رویکردهای عصبی و فازی را در سیستم هاینئوروفازی ترکیب می کنندرویکرددوم، سیستم های عصبی فازی برای پردازش اطلاعات عددی (مبتنی بر تعیین) و داده های دانش بنیان است که به عنوان اعداد فازینمایش می یابند.شبکه های عصبی فازی، شبکه های عصبی نورون های فازی هستندبه گفته پدریچس، این شبکه ها به عنوان ویژگی اصلی همکاری، هم افزاییِمیان نظریه فازی و شبکه های عصبی را ایجاد می کنند وسازنده مدلهایی هستند که با رفع عدم اطمینان، تفسیر پذیری ارائه شده توسط سیستم های فازی و تواناییِیادگیری ارائه شده توسط شبکه های عصبی را با هم ادغام می کنند‌از سویی دیگر، یک شبکه نئوروفازیرا می توان به عنوان یک سیستم فازی تعریف کرد که توسط الگوریتمی تهیه شده توسط یک مدل هوشمند آموزش داده می شودترکیب شبکه عصبی با منطق فازیبدنبال کاهش کاستی های هریک بوده و منجر به کارآمدی و قابلیت فهم بالای یک سیستم می شود.شبکه های عصبی فازی را می توان بر اساس نحوه ی اتصال نورون های آنها طبقه بندی کرداین شکل از اتصال، نحوه ی انتقال سیگنال ها در شبکه را مشخص می کند به طور کلی جایی که نورون های فازی به صورت لایه ای دسته بندی شده و سیگنال کل شبکه را در یک جهت واحد طی مینمایند. معمولاً از ورودی مدل به خروجی آن نتیجهی مورد انتظار را ایجاد می کند.نورون های فازی در همان لایه ای که اتصالی باهم ندارند و شبکه های آنها نیز به عنوان شبکه های بدون بازخورد شناخته می شوند

معماری شبکه های عصبی فازی(FNN) و شبکه های نئوروفازی(NFN)

معماری مدل های ترکیبی شبکه های عصبی و سیستم های فازی دارای چندین ویژگی است به طور کلی هر لایه دارای وظیفه ای برعهده است که باید انجام شودو به مدل ها امکان می دهد تا روش پویاتری در حل مسائل داشته

باشندبه طور کلی، مدل های معماری شبکه های ترکیبی داری ساختار مشابهی با مدل های شبکه عصبیهستند، و می توان آنها را همزمان با نورون های لایه ای سازماندهی نمود، بطوری کهسیگنال های شبکه ها،هم مسیر بوده و از ورودی به خروجیمی باشند. همچنین، نورونهای موجود در هر لایه از شبکهبه دلیل وجود شبکه های بازگشتی (در خروجی برخی از نورونهای موجود در سلولهای شبکه عصبی همان لایه یا لایه های قبلی)، به هم متصل نیستند. سیگنال های دوسویه شبکههدارای حافظه پویا و توانایی نمایش حالت ها بصورت دینامیکی می باشند.

نوع و تعداد لایه ها در معماری مدلهای ترکیبی می تواند براساس پیچیدگی مسئله متفاوت باشدآنها قابلیتهای زیادی برای انجام وظایف دارندمدلهای سنتی تر،یکیا دو لایه در ساختارهای خود پنهان دارندآنها ممکن است مسئول فرایند استنباط فازی، قانون سازی (قاعده سازی)، فازی سازییا فازیزدایی داده ها باشندهر لایهتوابع دقیقی در خصوص عملکرد خود در مدل دارد، اما به طور کلی اولین لایه مسئول فرآیندهای فازی سازی بوده و قادر به فازی سازی، سازماندهی نمونه هاییادگیری، انتخاب نمونه یا شناساییبایاساست و آخرین لایه نیز مسئول پاسخ ها و خروجی نهایی مدلاستبرخی از این لایه ها ممکن است سیستم های استنباط فازییایک شبکه عصبی از تجمعی را نشان دهندو لایه های پنهان ممکن است به لحاظ کمی دارای تنوع قابل توجهی باشنداینلایه می تواند مسئول ایجاد قوانین فازی، پردازش پاسخ های مدل، تعیین درجه ی مطابقتتوابع عضویت خروجی با داده های ورودی، فازی سازی، و غیره باشدتعداد لایه ها و توابع آنها برای برآوردن و حل پیچیدگی مسئله تعریف شده استپس از انجام یک سری تحقیقات مشخص شد که برخی از نویسندگان، لایه ورودی را شمارش می کنند و برخی دیگر آن را در تعداد نهایی لایه ها در مدل های ترکیبی در نظر نمی گیرند در این حالت، در این مقاله مروری، لایه ورودی مدل ها به عنوان یکی از لایه های متعلق به مدل در هنگام انجام مراحلی نظیر انتخاب ویژگییا روش دیگری که مقدم بر فرایندهای فازی سازی است در نظر گرفته می شوند

سرانجام، از مدلهای زیادی در کارهای مربوط به کاربری و کنترل رباتها استفاده شددر این نوع از شبکه همچنین از زمینه های مختلف آموزشی مبتنی بر الگوریتم های ژنتیک، تکاملی و عمدتاً بر اساس تکنیکپس انتشار و گرادیان کاهشی[1] استفاده شده استکه این گروه از مدلها در جدول ۲ که نشان دهنده مدل ها و برنامه های ترکیبی توسعه یافته در دهه ی گذشته است نمایش یافته است.

جدول ۲: مدل ها و کاربرد ها سه لایه

سال های ۲۰۰۰	
مدل ها و کاربردها	مراجع
رگرسیون فازی	علیف و همکاران [۶۰]
تخمین سری های زمانی	لیائو و همکاران [۶۱] و لیموس و همکاران [۶۲]
تشخیص خودکار تشنج صرعی	سوباسی و همکاران [۶۳]
تشخیص خطا و عیب یابی	ژانگ و همکاران [۶۴]، کامینها و همکاران [۶۵]

[1] gradient descent

سال های ۲۰۰۰	
بازوهای ربات	گائو و همکاران [۶۶] و ار و گائو [۶۷]
مدل های نوع II	روتکوفسکا [۶۸]
کوره داده های جعبه جکینز	هل و همکاران [۶۹]
پیش بینی توان باد	پینسون و کارینیوتاکیس [۷۰]
نقشه(نگاشت) های شناختی فازی	هنجی و همکاران [۷۱]
دهه ی اخیر	
مسائل طبقه بندی الگو	سوزا و همکاران [۷۲ ، ۷۳ ، ۷۴ ، ۷۵ ، ۷۶]، دوان و همکاران [۷۷]
مسائل رگرسیون	سوزا [۷۸]
سطح آب	آلوسی و فرانچینی [۷۹]
عیب یابی	سردیو و همکاران [۸۰]
مدل های نوع II	کاستیلو و همکاران [۸۱] و گاکسیولا و همکاران [۸۲]
مسائل مربوط به قیمت گذاری درآمد ثابت	میسیل و همکاران [۸۳]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۳: مدل ها و کاربرد ها چهار لایه

سال های ۲۰۰۰	
مدل ها و کاربردها	مراجع
کنترل تطبیقی مستقیم	دا و سانگ [۹۰]
شناسایی فازی	یو و لی [۹۱]
کنترلرهای PID	هو و همکاران [۹۲]
تولید اتوماتیک قوانین فازی	وو و همکاران [۹۳ ، ۹۴]
تخمین سری های زمانی	بالینی و همکاران [۹۵]
تهیه نقشه پتانسیل معدنی	پوروال و همکاران [۹۶]
دهه ی اخیر	
پیش بینی سری های زمانی در حال تکامل آشوب	زینگ و همکاران [۹۷]
کنترل یک ربات محدود	هی و دونگ [۹۸]
تشخیص آسیب ساختاری	جیانگ و همکاران [۹۹]
فیلتر فعال توان	فی و وانگ [۱۰۰]
هواپیمای عیب تاب	یو و همکاران [۱۰۱]
مدل ترکیبی تقویت شده یابازگشتی	کیم و همکاران [۱۰۲] و ین و همکاران [۱۰۳]
طرح خوشه بندی انرژی آگاه	رابینسون و همکاران [۱۰۴]
مانیتورینگ ماشین	تینگ و همکاران [۱۰۵]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

از سال ۲۰۰۰ به بعد، بسیاری از مدل های چهار لایه ای به عنوان رویکردهای جهانی برای پویایی وظایف مرتبط با زمینه های مختلف در صنعت و اقتصاد استفاده شدنددر این دوره، مدل هایی که قوانین فازی را برای ساخت سیستم های خبره و چندین تکنیک فازی تولید می کنندمانند مفهوم مجموعه فازی نیمه بسته، توابع عضویتبی اسپلاین[1] مورد استفاده قرار گرفتندنمونه هایی از مدل های چهار لایه در دهه ۲۰۰۰ شبکه های ذکر شده در جدول ۳ آمده استدر نهایت، استفاده از مدل های چهار لایه ای در حوزه ی سلامت توسط پرووا و یوگنی پیشنهاد شد، فراتر از کار گائو که در میان لایه های آن یک سیستم استنتاج با قوانینIf / then وجود داشت، به تشخیص سریع پزشکی کمک می کردمدلهای ممتاز و همکاران، شالباف و همکاران و چیمانی و همکاران از مفاهیم سازگاری برایبادگیری در رویکردهاینئوروفازی استفاده می کنند

روش های فازی سازی

این مرحله برای مدل های ترکیبی بسیار مهم است انتخاب تعداد توابع عضویت یااین تکنیک می تواند بر ویژگی های عملکرد و حتی تفسیرپذیری نتایج تأثیر بگذاردراین فرایند امکان ایجاد مناطقی را در فضای تصمیم گیری ایجادکرده که توسط توابع فازی شکل می گیرند که می توانند مثلثی، ذوزنقه ایبا گاوسی باشند.

فازی سازی، مرحله ای است که مجموعه های فازی با دامنه هایمشخص برای ورودی هایشبکه تعریف می گردند، بطوری که اعداد قطعی در قالب ترم های کیفی با دامنه های مشخص (دارای حد پایین و بالا) قابل تعریف هستند.

این مرحله اولین اقدام در مفهوم استنباط فازی استدر این فرایند، قوانین فازی با فرایند فازی سازی انتخاب شده ساخته می شوند تا نتایج قابل تفسیر و منطقی باشد، به ویژه اگر کمک متخصصی نیز وجود داشته باشداین فرایند براساس تجزیه و تحلیل و تعریف قوانین فازی و تعیین نتیجهی منطقه ای برای مسئله است به طور کلی، این قوانین مشروط هستند (اگر C،B باشد، سپس J،Z است) یا غیر مشروط (C،B است)

برای بررسی اهمیت و جایگاه یک قانون، عملیات تجمع (ارتباط یک قانون فازی داده شده را برای مسئله تجزیه و تحلیل شده محاسبه میشود) و ترکیب (تأثیر هر قانون را بر متغیرهای خروجی ارزیابی می کند) مطرح میشود.

برای انجام فرایندهای فازی سازی در مدل های ترکیبی شبکه های عصبی و سیستم های فازیاز تکنیک هایی استفاده می شود در این زمینه ار و همکاران و یو و یان-کینگ از الگوریتم های مبتنی بر مفاهیم ژنتیکی استفاده کرده اند لازم به یادآوری است که الگوریتم های ژنتیک به دنبال بهینه سازیِ وظایف الهام گرفته از تکامل هستند که شامل یک راه حل بالقوه برایبک مسئله خاص (در یک ساختار کروموزومی مانند) هستند و برای حفظ اطلاعات مهم در مورد حل مسئله، عملگرهای انتخاب و ترکیب[2] را برای این ساختارهای شکل اعمال می کنند

برخی برای فازی سازیاز مدل ANFISاستفاده کرده اند که توسط جانگ در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد شده بود مدلی که ابزارهای آن قادر به ایجاد توابع عضویتی بوده که با یکدیگر برابر یا متفاوت هستند همانطور که در جدول

[1] B-spline
[2] cross-over operators

۴ ارائه شده است، آثار متعددی از این تکنیک ها استفاده می کنند و این امکان را فراهم می کنند تا مجموعه ی داده ها در قالب شبکه ای تقسیم بندی شوند و استنتاج و تفسیرِ مجموعه داده ی مورد مطالعه انجام پذیرد

جدول ۴ مدل ها وکاربرد های استفاده از ANFIS

مدل های قادر به ایجاد قوانین فازی	
کاربردها	**مراجع**
پیش بینی کوتاه مدت بار	پاپاداکیس و همکاران [۱۴۷]
پیش بینی بازار سرمایه	لی و شیونگ [۱۲۷]
کنترلر PDI برای نیروگاه ها	شن [۱۱۹]
مسائل مربوط به طبقه بندی الگو ها	سوزا و همکاران [۷۲ ، ۷۵ ، ۷۴]
پیش بینی سری های زمانی	سوزا و بامبیرا [۷۶]
مسائل رگرسیون	سوزا [۷۳]
پیش بینی سرطان سینه	سیلوا آراجو و همکاران [۱۴۸]
پیش بینی غیبت در محل کار	آرائوجو و همکاران [۱۴۹]
تشخیص اتیسم بزرگسالان	گیمارا و همکاران [۱۵۰]
معالجه ی سرما درمانی و ایمونوتراپی	آرائوجو و همکاران[۱۵۱]
تزریق SQL	باتیستا و همکاران [۱۵۲]
تشخیص خطای کاری	چن [۱۵۳]
رضایت مشتری برای محصول جدید	جیانگ و همکاران [۱۵۴]
برآورد تلاش نرم افزاری	سوزا و همکاران [۱۵۵]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

روش های فازی زدایی

وقتی متغیرهای مسئله به مناطق تصمیم گیری و عناصر قابل تفسیر تبدیل می شوند، به فرآیند ساخت و تفسیر قوانین فازی کمک می کنندر این زمینه،برای اینکه مدل ترکیبی بتواند پاسخی متناسب با ماهیت مسئله ایجاد کند، باید فرایند فازیزدایی انجام شود که چیزی بیشتر از تبدیل ناحیهی حاصل از مسئله به مقادیر خروجی مسئله نیستاین مرحله شامل اتحاد سیستم استنتاج و پاسخ مورد انتظار مدل استاز دیدِ راس،تکنیک هایی چون مرکزیابی، مرکز منطق(ناحیه) و ماکسیمم معمولاً برای انجام فرآیند رفع فازی استفاده می شوند

مرکزیابی(سانتروئید): محبوب ترین روش فازی زدایی بوده که استاندارد مرکزیابییا مرکز ثقل (COG) منطقه تحت تابع عضویت را محاسبه می کندپایداری و یکنواختی جزو ویژگی های این روش است

مرکز منطقه (ناحیه): روش بسیار سریعی است چرا که تنها به عملیات ساده، مرکز منطقه (COA)نیاز داردااین روش مرکز منطقه مجموعه فازی را تعیین می کند و مقدار دقیق مربوطه را برمی گرداند

روش های ماکسیمم: روش های ماکسیمم متفاوتی با استراتژی های مختلفی جهت حل تعارضماکسیمم چندگانه وجود دارند برای مثال، ابتدای ماکسیمم (FOM)، انتهای ماکسیمم (LOM)، میانگینماکسیمم (AOM)و مرکز ماکسیمم (متوسط)این تکنیک ها به دنبال انطباق پاسخ های مربوط به منطقه توابع تناسب در فازی سازی هستندروشهای ماکسیما بخشهای ثابت، سازگاری یافتهو منحصر به فرد هستندبرخی از آنها سازگار، یکنواخت، خطی، تغییر ناپذیر، ثابت یا سازگار با ماکسیمم هستند.

الگوریتم های یادگیری

این بخش الگوریتم هایی را ارائه می دهد که معمولاً در یادگیری مدل های ترکیبی مبتنی بر شبکه های عصبی و سیستم های فازی استفاده می شوندبه طور کلی، الگوریتم ها در پارامترهای موجود در معماری مدل ها عمل کرده تا پاسخ ها با هدف مورد نظر سازگار شونددر ادامه به برخی از تکنیک های تحلیلیمطالعه شده بصورت زیر پرداخته می شود:

پس انتشار: این تکنیک توسط رومل هارت و همکاران پیشنهاد شده و بیشترین کاربرد را در الگوریتمیادگیری شبکه های عصبی فازی و مدل هاینئوروفازی داراست آن یک رویکرد تکنیکی است که از ساختار شبکه عبور کرده و پارامترهای اساسی عملکرد مدل را از طریق تکنیک های ریاضی مبتنی بر مشتقات به روز می کنداینیک روش کارآمد در آموزش نظارت شده ی مدل هاستجایی که هدف اصلی آن بهینه سازی اوزان است تا مدل هوشمند بتواند نگاشت صحیحی از ورودی ها را بیاموزد

ماشین یادگیری افراطی(ELM)[1]: یک روش یادگیری بوده که توسط هوانگ و همکارانپیشنهاد شده که به طور گسترده در مدل های ترکیبی برای شبکه های عصبی پیشخور تک لایه (SLNF)مورد استفاده قرار می گیرد، که در آن مقادیر تصادفی به عناصر لایه های پنهان (وزن و بایاس) اختصاص داده می شود. وزن لایه خروجی مدلها با استفاده از مفاهیم حداقل مربعات به صورت تحلیلی برآورد می شوداین نوع تعریف پارامترها باعث می شود تا زمان آموزش مدل ها، نسبت به مدل هایی که با پس انتشار آموزش داده می شوند، پیچیدگی کمتریداشته باشد (به دلیل نیاز به به روزرسانی پارامترهای داخلی با توجه به خطای خروجی مدل). لازم بذکر است که مدل های آموزش یافته با ELMممکن است متحمل وجود تجهیزات اضافی در آموزش شوند که سبب می شوند مدل های هوشمند تحت تأثیر الگوهای آموزشی قرار بگیرند و پاسخ ها را با درصد بالایی از خطا ایجاد کنندهمچنین این روش ، به دلیل قابلیت تنظیم پارامترهای لایه پنهان، با شبکه های متداول پیشخور که معمولاً به دلیل پس انتشار اتفاق می افتد متفاوت هستند درصورتی که سرعت تنظیم بسیار ایده آل نباشد، تأخیر در آموزش ایجاد می شود که ممکن است مستقل از الگوهای آموزشی، نورونها به طور تصادفی تعریفشوند. مدل های ترکیبی آموزش دیده با ELMاز اواخر دهه ۲۰۰۰ با تأکید بر مدل هایسان و همکاران و لموس و همکاران دنبال شده اند طی سالیان گذشته، برخی از مدل ها وزن سیناپسی را برای شبکه عصبی مدل سازی ترکیبی مانند مدل های پیشنهادیلموس

[1] Extreme Learning Machine

و همکاران و مدل های در حال تکامل برای پیش بینی سری زمانی توسط روسا و همکاران، مسائل طبقه بندی الگوی دودویی ارائه شده توسط سوزا، سوزا و اولیویرا و سوزا و همکاران به روزرسانی می کنندهمچنین برای پیش بینی سری زمانی ایجاد شده توسط سوزا و بامبیرا و مدل هرس[1] پیشنهادی سوزا با استفاده از مفاهیمELM استفاده می کند، وزن هایی را برای پیوند دادن لایه دوم و لایه خروجی مدل ها تعریف می کندالگوی ایجاد شده توسط رزا و همکاران که با پیش بینی نوسانات و مدل سازی سیستم تحقق یافته است، از ELM با رویکردی تکامل یافته استفاده می کنددر نهایت، مدل های ایجاد شده توسط رونگ و همکاران و سوزا و همکاران به ترتیب با تقریبتابع، مسائل طبقه بندی و مسائل رگرسیون کار می کنند. در جدول ۵ به مهمترین مدل های یادگیری اشاره شده است.

جدول ۵ مدل ها و کاربردها

پس انتشار	
مدل ها	**مراجع**
اوزان فازی مثلثی	ایشیبوچی و همکاران [۴۸]
شناسایی معادلات رابطه ای فازی	بلانکو و همکاران [۴۹]
تشخیص آسیب ساختاری	جیانگ و همکاران [۹۹]
پیش بینی فروش	کو و ژو [۵۱]
عیب یابی	ژانگ و موریس [۸۴]
کنترل پیش بینی فرآیند صنعتی	لو و تسای [۱۲۴]
اوزان فازی و بایاس های فازی	ایشیبوچی و همکاران [۵۴]
کنترل سیستم هایمتغیر با تأخیرهای زمانی	چن و همکاران [۸۵]
کاربرد ربات های بازویی در صنعت	کیگوچی و فوکودا [۱۷۲]
سنجش گاز	ولاچوس و آواریتسیوتیس [۵۸]
تقریبتابع	وو و ار [۱۱۶]
سیستم پیش بینی برای فرآیندتف جوشی(سینترینگ)	ار و همکاران [۱۱۸]
تفسیر مبتنی بر استنباط فازی	روتکوفسکا [۶۸]
کنترل انطباقی مستقیم	دا و سانگ [۹۰]
برآورد هشدار مبتنی بر EEG تطبیقی	لین و همکاران [۱۲۹]
شناسایی سیستم	لنج و همکاران [۱۳۰]
مدل سازی فازی	هوریکاوا و همکاران [۱۷۳]
پیش بینی عددی سری های زمانی	هنریگیتو همکاران [۷۱]
گرادیان کاهشی	
شناسایی فازی	یو و لی [۹۱]
کلاس وقفه نوع ۲	کاسترو و همکاران [۱۷۴]

1 pruning model

پیش بینی	سیلوا و همکاران [۱۷۵] ، باکرتزیس و همکاران [۵۶] ،لی و شیونگ [۱۲۷] ،هل و همکاران [۶۹]
شناسایی فازی	یو و لی [۹۱]
شناسایی و کنترل قابل پیش بینی سیستم های پویا	لو [۱۳۴]
انتخاب ویژگی انطباقی	سیلوا و همکاران [۱۷۶]
فرآیند غیرخطی	بالینی و همکاران [۹۵]
تشخیص خطا در سیستم های دینامیکی	کامینها و همکاران [۱۷۷]
مدلسازی غیرخطی در زمان واقعیMIMO دو روتور	سیلوا و همکاران [۱۷۸]
طبقه بندی و پیش بینی	ماسیولی و مارتینلی [۱۷۹]
سیستم های تقریب و طبقه بندیتابع	گائو و همکاران [۱۰۷]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

شبکه های عصبی فازی (ژنتیک): الگوریتم های ژنتیک الگوریتم های بهینه سازی جهانی، مبتنی بر مکانیسم های انتخاب طبیعی و ژنتیک هستندکه با کدگذاری مجموعه ای از پارامترها کار می کنند (نه با خود پارامترها).آنها از یک استراتژی جستجوی موازی، ساختاری(تصادفی) استفاده می کنند که به جای یک نقطه ی واحد با جمعیت سر و کار داردکه به سمت تقویت جستجوی نقاط "قوت" هدایت می شود، یعنی نقاطی که تابع a برای به حداقل رسیدن (یا به حداکثر رساندن) دارای مقادیر نسبتاً کم (یا زیاد) استبر اساس مطالعات میچل، آنها علاوه بر استفاده از قوانین انتقال احتمالی و غیر قطعی، از هزینهیا پاداش و اطلاعات غیر مشتقهیا سایر دانش های کمکی استفاده می کنندهمچنین آنها مبتنی بر تکامل بیولوژیکی هستند و قادر به شناسایی و کاوش عوامل محیطیبوده و قادرند تا در سطح جهانی به سمت راه حل های بهینهیا تقریباً بهینهبگرایند.در مدل پیشنهادی داهال و همکاران از الگوریتم ژنتیک برای شناسایی قوانین فازی در معماری شبکه استفاده شده است. در پژوهش کیسی و همکاران از الگوریتم های ژنتیک برای به روزرسانی پارامترها در شش لایهی معماری خود استفاده می کند، همچنین ژانگ و زیلی از اوتو رگرسیو[1]با ورودی برون زا (ARX)با عملکرد غیرخطی[2]Tanh در نوع فازیTakagi-Sugeno (T-S)نموده اند.

الگوریتم تکامل یافته و برخط: بر اساس یافته های کسابوف و دیمیتار، سیستم های تکامل یافتهی هوشمند بر اساس روش هاییادگیری ماشینی برخط برای مدل های ترکیبی هوشمند ساخته شده انداین سیستم ها با توانایی آنها در استخراج دانش از داده ها و سازگاری ساختار و پارامترهای خود برای سازگاری بهتر با تغییرات در محیط مشخص می شوند. مطالعات آنجلوف و همکاران حاکی از آنست که این الگوریتم توسط مجموعه متکاملی از زیر سیستم های معتبر محلی تشکیل می شوند که نشان دهنده ی موقعیت ها یا نقاط مختلف عملیات هستندمفاهیم این روش یادگیری امکان توسعه الگوریتم های خوشه بندی بدون نظارت را فراهم می کند که قادر به انطباق با تغییرات محیطمی باشند زیرا دانش فعلی برای توصیف چنین تغییراتی کافی نیستهمچنین این مطالعه

[1]Auto Regressive

[2]تانژانت هذلولوی

اضافه می کند که سیستمهای تکاملی فازی بر پایه ی روند تکامل افراد در طول زندگی آنها استوار است؛(به طور خاص، فرآیندیادگیری انسان مبتنی بر تولید و انطباق دانش از تجربیات)مدل های در حال تکامل که پارامترها را هنگام بروزرسانی ورودی های جدید آموزشی تغییر می دهند، می توانند با مدلهای ترکیبی ذکر شده در جدول ۶ تبیین شوندبررسی درک عمیق تر این مدلهامی توان به [۲۱] مراجعه کردنمونه های دیگر را می توان در پژوهش و همکاران و یک رویکردنئوروفازی توسط واحدی و همکاران مشاهده کردیک شبکه استنتاج فازی عصبی خودساخته (SONFIN)مدلی ترکیبی است که با آموزش آنلاین در مناطقی مانند پیش بینی آشفتگیِ سری، شناسایی سیستم پویا، کنترل دمای آب حمام و سایر موارد کار می کنددر مطالعه ی گو و همکاران، الگوریتمی جدید برای تقویت ساختار و بهینه سازی پارامترها و در پژوهش گو و همکاران یک سیستم هوشمند تکامل یافتهی مرتبه صفر (EIS)ارائه شده استمدل های ترکیبی که این نوع آموزش را ارائه می دهند:مدل آنلاین کسابوف، لنج و همکاران، پینسون و کارینیوتاکیسکه می تواند ریسک پیش بینیقدرت باد را تخمین بزند در نهایت، مدل های آنلاین همچنین می توانند در زمینه شناسایی کارآمد مسیرهای ربات کار کنند ، همانطور که در آثار بنچریف و چوریب یافت می شود.

جدول۶ مدل های ترکیبی تکامل یافته و فراگشتی

مدل هایی که با آموزش تکامل مییابند	
کاربردها	**مراجع**
کنترل فعال نویر	ژانگ و همکاران [۱۲۳]
شناسایی سیستم	علیف و همکاران [۳۹]
پیش بینی بار	لیائو و تسائو [۶۱] ، هل و همکاران [۲۰۷]
تقریب توابع غیر خطی	وانگ و لی [۲۰۸]
پیش بینی سری زمانی	کسابوف [۱۲۰] ، هو و همکاران [۲۰۹] ، لوقوفر و همکاران [۲۱۰]
پیش بینی ترکیبی مالی	یو و ژانگ [۱۲۶] ، ماشیل و همکاران [۸۳]
فیلتر فعال توان	فی و وانگ [۱۰۰]
کنترل هواپیما عیب تاب	یو و همکاران [۱۰۱]
رانش مفهوم	پراتاما و همکاران [۲۱۱] ، لوقوفر و همکاران [۲۱۲ ، ۲۱۳]
مشکلات تقریب و طبقه بندیتابع	رونگ و همکاران [۱۸۴]
کنترل یک ربات محدود	او و دونگ [۹۸]
مدلسازی سیستم های غیرخطی	هان و همکاران [۲۱۴] ، لین و همکاران [۲۱۵] ، ژائو و همکاران [۲۱۶]
کنترل روند تصفیه فاضلاب	تانگ و همکاران [۲۱۷]

مدل هایی که با آموزش تکامل مییابند	
کاربردها	مراجع
عیب یابی	سیلوا و همکاران [۲۱۸] ، کستا و همکاران [۲۱۹]
مدل سازی سنتز بیودیزل	تانگ و همکاران [۲۲۰]
سیستم پویای غیر ثابت	روچا و همکاران [۲۲۱]
برآورد هزینه در صنعت ساختمان	چنگ و همکاران [۲۲۲]
تشخیص نفوذ	طوسی و کاهانی [۲۲۳]
پویایی مغز در پیش بینی خستگی رانندگی	لیو و همکاران [۲۲۴]
انتخاب ویژگی انطباقی	سیلوا و همکاران [۲۲۵]
مدل سازی جعبه سیاه بر اساس متغیر ابزاری	روچا و سرا [۲۲۶]
تهویه مطبوع مایع خشک کن	جیانگ و همکاران [۲۲۷]
مسائل طبقه بندی	وانگ و لی [۲۲۸]
شناسایی سیستم های پویا	لین و همکاران [۲۲۹]
سیستم و شناسایی مرتبه دوم سیستم	لین و همکاران [۲۳۰]
کاوش اخبار وب	زین و همکاران [۲۳۱]
کنترل	فردوس و همکاران [۲۳۲]
بازرسی بصری (با طبقه بندی)	لوقوفر و دیگران [۲۳۳]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

الگوریتم فراگشتی:الگوریتم ها و برنامه نویسی ژنتیکی براساس فرایند تکاملی است که در میان افراد جمعیت اتفاق می افتد و از اپراتورها بر اساس مفاهیم انتخاب، قطع و جهش کروموزوم ها به عنوان مکانیسم های سازگار استفاده می کنندین مدل ها با استفاده از تکنیک های به روزرسانی پارامترها با استفاده از خود مجموعه داده یا رویه های مبتنی بر نظریهی تکامل مطرح می شوندبه عنوان نمونه می توان پژوهش های بلیک و همکاران، ژائو و همکاران، گائو و ار، الگوی پیشنهادی آلیف و همکاران، چاوز و همکاران و در نهایت مدل اخیر ایجاد شده توسط کیم و همکاران اشاره کرد.همچنین مدل ساخته شده توسط رانجان و پراساد (LNFF)از یک مدل تکاملی برای انجام کارهای طبقه بندی و استخراج ویژگی با استفاده از پردازش معنایی استفاده می کند.

یادگیری عمیق: یادگیری عمیق زیر مجموعه ییادگیری ماشین است که با استفاده از شبکه های عصبی به فرصت های عمیق آموزش می پردازداین آموزش برای بهبود بسیاری از وظایف در محیط محاسبات مانند تشخیص گفتار، بینایی و پردازش زبان طبیعی استفاده می شوداین موضوع به سرعت به یکی از بیشترین مطالب مورد مطالعه در علوم مدرن تبدیل شده استمدلهای ترکیبی همچنین در استفاده از اشکال جدید آموزش، عمدتاً با استفاده از مفاهیمیادگیری عمیق، بهبود میبابند. یادگیری عمیق یک تکنیکیادگیری خودکار است که به کامپیوترهایاد می دهد که بر اساس مثالهای ارائه شده برای ارزیابی مدل یاد بگیرندو نوعی تخصصی از یادگیری ماشین محسوب می

شودبه طور کل، یک الگوریتم کامپیوتریاد می گیرد که کارهای طبقه بندی را مستقیماً از روی تصاویر، متن یا صدا انجام دهدیادگیری عمیق به مقدار زیادی داده برچسب گذاری شده و قدرت محاسباتی قابل توجهی نیاز دارد که معمولاً در محاسبات موازی انجام می شوداینیادگیریاز روی یک مدل صورت می گیرد.به طوری که بعداً می تواند زبان طبیعییا استنباط راجع به مسئله را رمزگشایی کنداصطلاحات و الگوها را برای معنی سازی و حل موثر مسئله لیست می کنداصطلاح "عمیق" معمولاً به تعداد لایه های پنهان شده در شبکه عصبی اشاره داردشبکه های عصبی سنتی فقط شامل دو یا سه لایه پنهان هستند در حالی که شبکه های عمیق می توانند تا ۱۵۰ لایه داشته باشندمدل هاییادگیری عمیق با استفاده از مجموعه داده های گسترده مشخص شده و ساختارهای شبکه عصبی که مستقیماً از داده ها یاد می گیرند، بدون نیاز به استخراج دستی منابع آموزش می بینند.

۴- کاربردهای شبکه های عصبی فازی

این بخش از مدلهای ترکیبی نمایانگر ویژگی های انسانی در ساخت سیستمهای خبره در حوزه ی صنعت، بهداشت و مالیدر اشکال مختلف خواهد بود

طبقه بندی الگو: طبقه بندی الگو روشی است که توسط مدل های هوشمند برای شناسایی ویژگی های مشابه در گروهی از نمونه ها به دنبال برچسب گذاری آن با توجه به استنباط های انجام شده استفاده می شودمسائل طبقه بندی الگو شامل مسائل باینری است، جایی که فقط دو طبقه بندی ممکن وجود داردابن نوع مشکلات در شرایطی وجود دارند که ارزیابی اساسی بودن یا نبودن در یک حالت از قبیل بیمار و سالم، درست و غلط، یا حتی ارزیابی های صنعت به عنوان یک محصول مناسب یا نامناسب، اساسی استمدل هایی نیز وجود دارند که طبقه بندی شامل چندین برچسب است که به شما اجازه می دهد انواع متمایزتری از گروهها را شناساییکنیدبه عنوان نمونه مدلهایی که طبقه بندی الگوها را انجام می دهند در جدول ۷ ارائه شده اند.

جدول۷ مدل های طبقه بندی الگو

مدل ها	
کاربردها	**مراجع**
الگوهای سینتیک با استفاده از تکنیک های خوشه بندی	سیمپسون [۵۳]
مجموعه داده سینتیک	پدریچ [۴۶] ،روتکوفسکا [۶۸] ، لایت و همکاران [۱۳۵] ، ژو و کوک [۱۱۱]
مجموعه داده Iris and/or Wine	لایت و همکاران [۱۳۱] ، ماسیولی و مارتینلی [۱۷۹] ناوک و کروسه [۲۶۹] ، سان و جانگ [۲۷۰]
مجموعه داده متنوع-UCI ریپازیتوری یادگیری ماشین	دوان و همکاران [۷۷] ، سوزا [۷۲] ، سوزا و دیگران [۷۴] ، سوزا و اولیویرا [۷۵] ، لین و همکاران [۲۷۱]
مجموعه داده یونسفر	میتراکیس و همکاران [۱۶۶]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

مسائل رگرسیون: مسائل رگرسیون شامل یک فرآیند برای تخمینیک رابطه عملکردی بین متغیرهای تحلیل شده در یک مسئله است و این امکان را فراهم می کند تا ارتباط متغیرهای مستقل در یک متغیر وابسته ارزیابی شده و معادله ای را تعریف کند که نشان دهنده ی پدیده تحلیل شده، باشداین رفتار می تواند خطی، درجه دوم، نمایی و غیره باشدمدلهای ترکیبی با عناصری کار می کنند که از طریق ارتباطات داخلی بین سلولهای عصبی مدل، از تعیین این عوامل حمایت می کنندمدل های هوشمند با استفاده از شبکه های عصبی می توانند به عنوان مدل رگرسیون خطی عمل کنند زیرا همبستگی بین عناصر مسئله را شناسایی می کنندنمونه هایی از شبکه های عصبی فازی و مدل هاینئوروفازی که به عنوان بازدارنده عمل می کنند، در جدول ۸ ذکر شده اند.

جدول۸ مدل های رگرسیون

مدل ها	
کاربردها	**مراجع**
مسئله تقریبتابع غیر خطی	بلیک و همکاران [۴۷] ، وو و همکاران [۹۳]
مجموعه داده سینتیک	ایشیبوچی و همکاران [۴۸] ، بلانکو و دیگران [۴۹] ژائو و دیگران [۱۲۸] ، باکلی و هایاشی [۵۰] وانگ و همکاران [۸۶] ،فیگوئیدرو و گومید [۱۱۳]،وانگ و لی [۲۰۸] ، ایشیبوچی و نیئی [۲۷۸]
شناسایی غیر دینامیکی سیستم غیرخطی	لنج و همکاران [۱۳۰]
مجموعه داده های متنوع-رپزیتوریبادگیری ماشینUCI	سوزا و همکاران [۷۸] ، [۱۵۹]
نیروگاه ها و نیروگاه های غیر خطی	هو و همکاران [۹۲] ، بالینی و همکاران [۹۵]
پیش بینی تلاش در توسعه نرم افزار	سوزا و همکاران [۱۵۵] ، دی کامپوس سوزا و همکاران [۲۷۹]
ردیابی سهام Google	عبادزاده و سلیمی بدر [۱۳۶]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

پیش بینی سری های زمانی: می توان یک سری زمانی را به عنوان مجموعه ای از داده ها که با توجه به پارامتر زمان و با وابستگی سریالی (برنامه ها، روزانه، هفتگی، ماهانه، سه ماهه یا سالانه) مشاهده و مرتب می شوند، تعریف کردجدول ۹ مدلهایی را ارائه می دهد که برای پیش بینی حل مسائل سری های زمانیمورد استفاده قرار می گیرندبرخی دیگر مدل های کلی ارائه می دهندکه می تواند با هر مسئله ای که در آن زمان عامل مهمی در پیش بینییک مقدار است سازگار باشد.

جدول۹ مدل های پیش بینی سری های زمانی

مدل ها	
کاربردها	**مراجع**
اقتصاد و امور مالی	یو و همکاران [۱۲۶] ، ماسیل و همکاران [۸۳] ، مالهوترا و مالهوترا [۲۸۲]
پیش بینی بازار سرمایه	لی و شیونگ [۱۲۷] ، آتسالکیس و والوانیس [۲۸۳] ، چانگ و همکاران [۲۸۴] ، گارسیا و همکاران [۲۸۵] ، کوو و همکاران [۲۸۶]
دمای ماهانه سری های زمانیِ آب و هوایی	سیلوا و همکاران [۱۷۶] ، پینسون و کارینیوتاکیس [۷۰] ناوک و کروسه [۲۶۹] ، سان و جانگ [۲۷۰]
پیش بینی کوتاه مدت بار	باکیرتزیس و همکاران [۵۶] ، پاپاداکیس و دیگران [۱۴۷] ، لیائو و تسائو [۲۸۷]

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۵- بحث و نتیجه گیری

سیستم های ترکیبی مبتنی بر شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های فازی مدل های مختلفی را برای پیشرفت علم ارائه می دهند از آنجا که آنها مدل هایی هستند که می توانند با آموزش عملی شبکه های عصبی و ظرفیت تفسیری سیستم های فازی کار کنند، به منبع ایجاد متخصصان سیستم در چندین زمینه تبدیل می شوند شبکه های عصبی فازی و مدل های نئوروفازی بیش از ۴۰ سال است که مورد توجه قرار گرفته و تغییراتی به طور مداوم در شکل آموزش یا معماری آنها ایجاد می شود این مجموعه از تکنیک ها امکان استفاده از انواع مختلفی از تحقیقات برای حل مسائلی با ماهیت های متفاوت را فراهم می کند از آنجا که آنها مجموعه ای از مدل با سهولت استثنایی در توانایی انطباق مجموعه داده ها بوده لذا می توانند قوانینی فازی متناسب با زمینه های مختلف موجود در ادبیات تحقیق ایجاد کرده و به محققان اجازه دهند تحقیقات خود را برای ترکیب تکنیک های خلاقانه برای انجام وظایف یادگیری ماشین انجام دهند. این نوع روش ها بدون نیاز به استفاده مداوم از سیستم، حل مسئله توسط افراد درگیر در فرآیند را تسهیل می کند پاسخ هایی که از طریق مجموعه داده های دانش متخصصان به دست می آیند، حل مسائل را به روال عادیِ افراد درگیر در فرآیند نزدیک می کند سهم اصلی این بررسی در تاریخ گسترده مدل های هوشمند و برجسته ترین آنها در زمینه های مختلف عملی در بهداشت، اقتصاد، صنعت و امور مالی ارائه شده است ساختارهای معماری، ویژگیهای اصلی آنها، روش های عملکردی و ساخت روش های هوشمند برای استخراج دانش از مجموعه ی داده ها از طریق قوانین فازی را ارائه دادند نکته برجسته دیگر در این مقاله، ساختار مدل مربوطه را با روش های اصلی آموزش ارائه می دهددر نهایت، گروه بندی تکنیک های ترکیبی بر اساس حوزه ی فعالیت به خواننده کمک می کند تا مدل هایی که می توانند در حل مسائل ویژه ی آنها کمک کنند را شناسایی کند کارهای آینده می تواند با ارائه الگوریتم های یادگیری جدید، انتقال ایده آنها، توضیح دادن

دلیل کار آنها و نشان دادن نحوه عملکرد، دانش خوانندگان را گسترش دهد رویکرد هیجان انگیز دیگری که در این بررسی به آن پرداخته نشده، کاوش در معماری های مدل ترکیبی پویا است این موضوع مستمراً در حال تکامل است، بنابراین به روزرسانی نسخه های ویرایش شده با رویکردهای جدید که از تحقیقات مختلف در مورد موضوع به دست می آید، قابل قبول است توسعه جالب توجه دیگر برای این کار، کشف جنبه هایی از تفسیرپذیری مدل ها هنگام اجرای حل مسئله است قوانین فازی تولید شده توسط مدل های ترکیبی می تواند هدف بررسی مقاله ی دیگری باشد که قابل تفسیر پذیری مسائل را برجسته می کند سرانجام، برنامه های دیگر غیر از مواردی که در این بررسی به آنها پرداخته شده است، ممکن است تداوم این تحقیق را تعیین کند. همچنین کاربرد آن در ایران می تواند راهگشای خیلی از مشکلات پیش روی اقتصاد مالی باشد. مثلا، قیمت گذاری مصنوعی نرخ ارز در سالهای قبل از بحران و جلوگیری از تعدیل آن متناسب با شرایط اقتصادی یکی از دلایل اصلی بحران ارزی اخیر میباشد. همچنین محاسبه شاخص فشار بازار ارز حاکی از آن است که بالاترین اعداد به دست آمده برای این شاخص مربوط به زمانی است که شکاف بین نرخ ارز آزاد با نرخ ارز رسمی زیاد شده است، بنابراین پیشنهاد میشود جهت کاهش فشار بازار ارز، متناسب با تفاوت تورم ایران با تورم جهانی، نرخ ارز رسمی سالانه تعدیل گردد تا به نسبه از بروز شوک های ارزی جلوگیری شود.

فهرست منابع

۱) محبوبی, هادی, مومنی وصالیان, هوشنگ, دامن کشیده, مرجان, نصابیان, شهریار .تاثیر پویایی مدیریت ذخایر ارزی و ساختار مداخلات بانک مرکزی بر تثبیت بازار ارز با بکارگیری نظریه گیرتون و روپر .اقتصاد مالی financial Economics, 1401; 16(58): 233-256. doi: 10.30495/fed.2022.691509

۲) شیخ, عباسعلی, سعیدی, پرویز, عباسی, ابراهیم, نادریان, آرش. ارائه و تحلیل مدل تامین مالی سبز شرکت ها از طریق صنعت بانکداری در راستای استقرار محیط زیست پایدار .اقتصاد مالی financial Economics, 1401; 16(58): 215-232. doi: 10.30495/fed.2022.691508

۳) حسنوند, علی, کریمی, محمد شریف, فلاحتی, علی, خانزادی, آزاد. اثر پیچیدگی اقتصادی بر نابرابری درآمدی در کشورهای منتخب در حال توسعه؛ رویکرد پانل دینامیک .اقتصاد مالی financial Economics, 1401; 16(58): 193-214. doi: 10.30495/fed.2022.691507

4) Pedrycz, W. (1993). Fuzzy neural networks and neurocomputations, Fuzzy Sets and Systems, 56 (1),1–28.

5) Dayhoff, J.E., DeLeo, J. M. (2001). Artificial neural networks: opening the black box, Cancer: Interdisciplinary International Journal of the American Cancer Society, 91 (S8), 1615–1635.

6) Zadeh, L.A. (1976). A fuzzy-algorithmic approach to the definition of complex or imprecise concepts, in: Systems Theory in the Social Sciences, Springer, 202–282.

7) Lin C.-T., C. G. Lee, C.-T. Lin, C. Lin, Neural fuzzy systems: a neuro-fuzzy synergism to intelligent systems, Vol. 205, Prentice hall PTR Upper Saddle River NJ, 1996.

8) Buckley J. J., Hayashi, Y. (1994). Fuzzy neural networks: A survey, Fuzzy sets and systems 66 (1) 1–13.

9) Pedrycz, W. (1991). Neurocomputations in relational systems, IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence 13 (3) 289–297.

10) Nelles, O. (2013). Nonlinear system identification: from classical approaches to neural networks and fuzzy models, Springer Science & Business Media.
11) Feipeng Da. (2000). Decentralized sliding mode adaptive controller design based on fuzzy neural networks for interconnected uncertain nonlinear systems, IEEE Transactions on Neural Networks 11 (6) 1471–1480.
12) Vieira, J., Dias, Mota, F.M.A. (2004). Neuro-fuzzy systems: a survey, in: 5th WSEAS NNA international conference on neural networks and applications, Udine, Italia, 1–6.
13) S. Kar, S. Das, P. K. Ghosh, Applications of neuro fuzzy systems: A brief review and future outline, Applied Soft Computing 15 (2014) 243–259.
14) Takagi, H. (1990). Fusion technology of fuzzy theory and neural networks-survey and future directions, in: Proceedings 1st International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks, 13–26.
15) Mitra, S. Hayashi, Y. (2000). Neuro-fuzzy rule generation: survey in soft computing framework, IEEE transactions on neural networks 11 (3) 748–768.
16) M¨oller, B. Beer, M. (2013). Fuzzy randomness: uncertainty in civil engineering and computational mechanics, Springer Science & Business Media, 2013.
17) Kwan, H. K. Cai, Y. (1994). A fuzzy neural network and its application to pattern recognition, IEEE transactions on Fuzzy Systems 2 (3) 185–193. arXiv:1805.03138.
18) Knezevic, M. Cvetkovska, M. Han´ak, T. Braganca, L. (2018). A. Soltesz, Artificial neural networks and fuzzy neural networks for solving civil engineering problems, Complexity.
19) Sayaydeh, O. N. Mohammed, M. F. Lim, C. P. (2018). A survey of fuzzy min max neural networks for pattern classification: Variants and applications, IEEE Transactions on Fuzzy Systems.
20) Pal, S. K. Mitra, S. (1999). Neuro-fuzzy pattern recognition: methods in soft computing, John Wiley & Sons, Inc.
21) Mishra, S. Sahoo, S. Mishra, B. K. (2019). Neuro-fuzzy models and applications, in: Emerging Trends and Applications in Cognitive Computing, IGI Global, 78–98.
22) Shihabudheen, K. Pillai, G. (2018). Recent advances in neuro-fuzzy system: A survey, Knowledge-Based Systems 152,136–162.
23) krjanc, I. Iglesias, J. Sanchis, A. Leite, D. Lughofer, E. Gomide, F. (2019). Evolving fuzzy and neuro-fuzzy approaches in clustering, regression, identification, and classification: A survey, Information Sciencesdoi: https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.03.060.
24) URL http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020025519302713
25) Haykin, S. (1994). Neural networks: a comprehensive foundation, Prentice Hall PTR.
26) Fausett, L.V. (1994). Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms, and applications, Vol. 3, Prentice-Hall Englewood Cliffs.
27) McCulloch, W. S. Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, the bulletin of mathematical biophysics 5 (4),115–133.
28) Hebb, D.O. (1949). The organization of behavior: A neurophysiological approach.
29) Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain., Psychological review 65 (6),386.
30) Rumelhart, D. E. Hinton, G. E. Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors, nature 323 (6088), 533.
31) W. Pedrycz, F. Gomide, An introduction to fuzzy sets: analysis and design, Mit Press, 1998.
32) Nauck, D. Kruse, R. (1999). Neuro-fuzzy systems for function approximation, Fuzzy sets and systems 101 (2) 261–271.
33) Wang, L.-X. Mendel, J. M. (1992). Fuzzy basis functions, universal approximation, and orthogonal leastsquares learning, IEEE transactions on Neural Networks 3 (5) 807–814.
34) Czabanski, R. Jezewski, M. Leski, J. (2017). Introduction to Fuzzy Systems, Springer International Publishing, Cham, 23–43. doi:10.1007/978-3-319-59614-3_2.

35) URL https://doi.org/10.1007/978-3-319-59614-3_2
36) Pedrycz, W. Gomide, F. (2007). Fuzzy systems engineering: toward human-centric computing, John Wiley & Sons.
37) L. A. Zadeh, Fuzzy sets, Information and control 8 (1965) 3.

Financial Economics
Vol. (18) Issue (66) Spring 2024

Abstract

https://doi.org/10.30495/fed.2023.1957625.2692

Fuzzy intelligent forecasting approaches and tools in the field of digital currencies: A systematic review

DavoodZareKhaneghah [1]
Ali Mohammadi [2]
Mohammad Imani Barandagh [3]
Amir Najafi [4]

Received: 17 / December / 2023 Accepted: 03 / January / 2024

Abstract

Digital currency, is one of the most important factors in the success of organizations that will be present in the arena of global competition. In the present review, the most important theories of digital currency forecasting based on fuzzy hybrid models and artificial neural networks have been systematically investigated. These models mainly focus on supervised methods for measuring hybrid models. Also, basic concepts about the history of hybrid models from the first proposed models to current developed models, their combinations and architectural capabilities, data processing and measurement methods of these intelligent models are presented so that evolution This category of intelligent systems is analyzed. Finally, the features of prominent (leading) models and their applications in digital currency forecasting are presented. The results show that fuzzy neural network models and their derivatives are efficient in predicting digital currency with very high accuracy and with good justification capability that is used in a wide range of economic and scientific fields.

Keywords: forecasting, digital currency, fuzzy neural networks, fuzzy systems, hybrid models.
JEL Classification: G11, G21, P34

[1] Department of Accounting, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran.zareh_davood@yahoo.com
[2] Department of Accounting, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran (author responsible) ali_mohammadi93@yahoo.com
[3] Department of Accounting, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran.imani_barandagh@znu.ac.ir
[4] Department of Industrial Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran. asdnjf@gmail.com

Creative Commons – Attribution 4.0 International – CC BY 4.0
Creativecommons.org