۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر–گرایش هوش مصنوعی

طراحی انجمنی از حافظه‌های انجمنی ناهمگون با استفاده از تئوری آشوب و مجموعه بازه‌ای

توسط:

ژیلا آقاجری

استاد راهنما:

دکتر محمد تشنه لب

استاد مشاور:

دکتر محمد رضا جاهد مطلق

پاییز ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای: ژیلا آقاجری

را با عنوان: طراحی انجمنی از حافظه‌های انجمنی ناهمگون با استفاده از تئوری آشوب و مجموعه بازه‌ای.

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	محمد تشنه‌لب	استاد	
۲- استاد مشاور	محمدرضا جاهد مطلق	دانشیار	
۳- استاد مشاور			
۴- استاد ممتحن	مهدی علیاری شوره‌دلی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	رویا امجدی فرد	استادیار	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزو، همسر مهربانم تقدیم می کنم.

با تشکر فراوان از یاری استاد محترم

پرفسور محمد تشنه لب

در هدایت های فراوان ایشان

و تشکر فراوان از یاری استاد محترم

دکتر محمد رضا جاهد مطلق

در القانکات ارزشمند

و سپاس فراوان از همسر مهربانم

به پاس بودنش و راهنمایی های فراوانش.

چکیده

امروزه ذخیره و پردازش اطلاعات یکی از مسائل مهم در بسیاری از سیستم‌های تحقیقاتی و کاربردی به حساب می‌آید. در کامپیوترهای مرسوم اطلاعات براساس آدرس خانه حافظه آنها فراخوانی می‌شوند اما همزمان با روی کار آمدن کامپیوترها، شبیه‌سازی رفتار انسان در فرآیند ذخیره و بازیابی مورد توجه قرار گرفته است. حافظه‌های انجمنی یکی از روش‌های ذخیره و بازیابی اطلاعات است که از شیوه تداعی اطلاعات در ذهن انسان الگو برداری کرده و اطلاعات را براساس همبستگی میان آنها ذخیره می‌کند. این روش کارایی بالاتری به نسبت روش مرسوم ذخیره و بازیابی براساس آدرس فراهم می‌سازد. حافظه‌های انجمنی مرسوم ارائه شده اگرچه توانایی مناسبی در ذخیره و بازیابی اطلاعات فراهم می‌سازند، دارای ظرفیت ذخیره‌سازی محدودی هستند. در این پژوهش یک حافظه انجمنی ناهمگون نوین ارایه شده است. در ساختار ارایه شده از یک روش یادگیری جدید براساس روش یادگیری اسپارس استفاده شده است که ظرفیت ذخیره‌سازی الگوها را افزایش می‌دهد. همچنین براساس الگو برداری از حضور پدیده آشوب در فرآیند پردازش اطلاعات در ذهن انسان، از این پدیده در ساختار خود استفاده نموده‌ایم. پدیده آشوب با فراهم ساختن امکان جستجوی سراسری آشوبگونه، دقت بازخوانی الگوها را افزایش می‌دهد. ساختار ارایه شده دارای قابلیت یادگیری متوالی است به طوریکه قادر است الگوی جدید را حتی پس از مرحله آموزش یاد بگیرد و مرحله آموزش و بازخوانی از هم تفکیک شده نیستند. همچنین ذهن انسان ویژگی تداعی چند به یک را فراهم می‌سازد به طوریکه قادر است از روی هر یک از چندین الگوی مرتبط، الگوی خروجی متناظر آنها را تداعی کند. همچنین با بکارگیری یک دسته‌بندی کننده بازه‌ای به کمک شبکه عصبی راف و تشخیص کلاس داده ورودی قابلیت تداعی چند به یک نیز به شبکه اضافه شده است.

کلید واژه: حافظه انجمنی، شبکه‌های عصبی آشوبگونه، تئوری آشوب، تئوری مجموعه بازه‌ای.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ث

فهرست شکل‌ها ..... ج

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- شبکه‌های هاپفیلد ۲

۱-۳- شبکه‌های حافظه انجمنی ۲

۱-۴- شیوه‌های نوین ۳

۱-۵- مفهوم آشوب ۳

۱-۶- شرح مختصر روش پیشنهادی ۴

۱-۷- ساختار گزارش ۵

فصل ۲- حافظه‌های انجمنی ۶

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- شبکه هاپفیلد ۶

۲-۳- شبکه حافظه‌های انجمنی ۱۰

۲-۳-۱- قانون یادگیری هب در حافظه انجمنی پایه ۱۱

۲-۴- حافظه انجمنی همگون ۱۲

۲-۴-۱- دیگر روش‌های یادگیری در حافظه انجمنی همگون ۱۳

۲-۴-۱-۱- روش یادگیری اسپارس ۱۳

۲-۴-۱-۲- روش یادگیری MIMS ۱۴

۲-۴-۲- حافظه انجمنی ناهمگون ۱۴

۲-۵- جمع بندی ۱۷

فصل ۳- مفاهیم اساسی در تئوری آشوب ۱۹

۳-۱- مقدمه ۱۹

۳-۲- مفهوم تئوری آشوب ۱۹

۳-۳- مفاهیم اساسی در تئوری آشوب ۲۰
۳-۳-۱- سیستم آشوبگونه لورنز ۲۰
۳-۳-۲- نمای لیاپانوف ۲۲
۳-۳-۲-۱- معرفی معیار نمای لیاپانوف سیستم ۲۲
۳-۳-۲-۲- ارزیابی یک شبکه عصبی آشوبگونه به کمک بزرگترین نمای لیاپانوف ۲۳
۳-۳-۳- نظریه دوشاخه شدن ۲۶
۳-۴- جمع بندی ۲۸

فصل ۴- بررسی حافظه‌های انجمنی آشوبگونه مختلف ۳۰

۴-۱- مقدمه ۳۰
۴-۲- آشوب در شبکه‌های عصبی مصنوعی ۳۰
۴-۳- مروری بر کارهای پیشین استفاده از آشوب در حافظه انجمنی ۳۱
۴-۴- بررسی چند حافظه انجمنی آشوبگونه ۳۳
۴-۴-۱- مدل اولیه آیهارا ۳۳
۴-۴-۲- مدل اوسانا در حافظه انجمنی ناهمگون با قابلیت یادگیری متوالی ۳۳
۴-۴-۳- مدل ژنگ در حافظه انجمنی آشوبگونه دو سویه دینامیکی ۳۵
۴-۴-۴- مدل نرو- کامپیوتر آشوبگونه ۳۶
۴-۴-۵- حافظه انجمنی ناهمگون آشوبگونه با بکارگیری تابع تسلیم ۳۸
۴-۴-۶- شبکه عصبی آشوبگونه ژیا و ونگ به نام نگاشت سراسری ۴۳
۴-۴-۷- حافظه انجمنی با نگاشت بهم پیوسته سراسری متقارن ۴۳
۴-۴-۷-۱- حافظه انجمنی با نگاشت بهم پیوسته سراسری متقارن با کنترل α، (مدل ۱) ۴۸
۴-۴-۷-۲- حافظه انجمنی با نگاشت بهم پیوسته سراسری متقارن با کنترل پارامتر پایداری ε، (مدل ۲) ۴۸
۴-۴-۷-۳- فرآیند آماده‌سازی اطلاعات در حافظه انجمنی آشوبگونه مدل S-GCM : ۴۹
۴-۴-۷-۴- ارایه نتایج حاصل از شبیهسازی مدل‌های مختلف روش S-GCM ۵۰
۴-۴-۷-۵- شبیه‌سازی مدل پایه S-GCM با روش یادگیری هب (مدل پایه). ۵۰
۴-۴-۷-۶- شبیه‌سازی مدل S-GCM براساس با پارامتر کنترل آشوب و روش یادگیری هب (مدل ۱). ۵۱
۴-۴-۷-۷- شبیه‌سازی مدل S-GCM با کنترل پارامتر پایداری با روش یادگیری هب (مدل ۲). ۵۳
۴-۴-۷-۸- شبیه‌سازی مدل‌های مختلف روش S-GCM با روش یادگیری اسپارس. ۵۴
۴-۵- نتیجه‌گیری ۵۵

فصل ۵- مدل پیشنهادی در طراحی یک حافظه انجمنی ناهمگون نوین با استفاده از تئوری آشوب و مجموعه بازه‌ای ۵۷

۵-۱- مقدمه..... ۵۷
۵-۲- ساختار شبکه ۵۸
۵-۳- رفتار پویای لایه اول شبکه پیشنهادی ۵۹
۵-۴- روش آموزشی LCLE ۶۰
۵-۵- رفتار پویای لایه دوم شبکه پیشنهادی ۶۴
۵-۶- بررسی و تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی روش پیشنهادی ۶۴
۵-۷- شبکه حافظه انجمنی ناهمگون با قابلیت تداعی چند به یک ۷۳
۵-۷-۱- تعیین کلاس داده ورودی براساس یک شبکه عصبی راف..... ۷۵
۵-۷-۲- تئوری مجموعه بازه‌ای..... ۷۸
۵-۷-۳- شبکه عصبی راف..... ۷۸
۵-۸- نتیجه‌گیری ۸۰
فصل ۶- جمع‌بندی و پیشنهادات..... ۸۲
فهرست مراجع..... ۸۸
واژه نامه فارسی به انگلیسی..... ۹۱
واژه نامه انگلیسی به فارسی..... ۹۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱: شرایط اولیه در نظر گرفته شده در شبیه‌سازی مدل *S-GCM* و نتایج حاصل. ۵۵
جدول ۵-۱: مقایسه ظرفیت و دقت بازخوانی حافظه انجمنی مرسوم و مدل پیشنهادی ۶۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: ساختار شبکه هاپفیلد[۴]. ۷
شکل ۲-۲: نمودار تابع انرژی شبکه هاپفیلد [۳]. ۸
شکل ۲-۳: ساختار یک حافظه انجمنی[۴]. ۱۲
شکل ۲-۴: ساختار حافظه انجمنی ناهمگون[۴]. ۱۵
شکل ۳-۱: رفتار سیستم لورنز به ازای مقادیر مختلف ρ [۱۳]. ۲۱
شکل ۳-۲: بررسی حساسیت سیستم لورنز به شرایط اولیه آن[۱۳]. ۲۲
شکل ۳-۳: روش محاسبه نمای لیاپانوف [۱۹]. ۲۳
شکل ۳-۴: نواحی فضای پارامتری (α , β) به ازای γ = -3 .الف) سمت راست: بزرگترین نمای لیاپانوف. ب)سمت چپ: دومین ماکزیمم نمای لیاپانوف[۲۰]. ۲۴
شکل ۳-۵: تصویر سه بعدی تعدادی از مسیرهای سیستم[۲۰]. ۲۶
شکل ۳-۶: بررسی رفتار تابع لاجستیک به ازای مقادیرمختلف r ۲۷
شکل ۳-۷: نمودار دو شاخه شدن نگاشت لوجستیک به ازای $\mathbf{0} < \boldsymbol{r} < \mathbf{4}$ [۲۱]. ۲۸
شکل ۴-۱: ساختار حافظه انجمنی دوسویه دینامیکی مدل ژنگ لی [۳۷]. ۳۶
شکل ۴-۲ : الگوهای آموزشی با ابعاد ۱۰۰ بیتی. ۳۸
شکل ۴-۳: ساختار ارایه شده در مدل HCAMSL [۳۵]. ۳۹
شکل ۴-۴: الف) نگاشت لوجستیک. ب) نگاشت متقارن درجه سه[۲۹]. ۴۴
شکل ۴-۵: الف) نمودار دوشاخگی نگاشت لوجستیک به ازای $\mathbf{2} \leq \boldsymbol{\alpha} \leq \mathbf{1}$. ب) نمودار دوشاخگی نگاشت متقارن به ازای $\mathbf{4} \leq \boldsymbol{\alpha} \leq \mathbf{2.5}$ [۲۹]. ۴۵
شکل ۴-۶: جاذب‌های چهار خوشه‌ای مدل S-GCM به ازای $\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{3.4}$ و $\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{.1}$ الف) به ازای همه زمان ها ، ب) به ازای زمان‌های زوج[۲۹]. ۴۶
شکل ۴-۷: نمودار فاز مدل S-GCM [۲۹]. ۴۷
شکل ۴-۸: بزرگترین نمای لیاپانوف مدل S-GCM [۲۹]. ۴۷
شکل ۴-۹: مجموعه داده‌های آموزشی در شبیه‌سازی حافظه انجمنی با روش S-GCM ۵۰
شکل ۴-۱۰: نتایج عملکرد سیستم S-GCM در حالت‌های مختلف. ۵۱
شکل ۴-۱۱: الف) نمودار آلفا در مدل s-gcm با کنترل آلفا ب)نمودار انرژی مدلS-GCM با کنترل $\boldsymbol{\alpha}$ برای داده‌های آموزش ۵۲

شکل ۴-۱۲: نمایش بازیابی مدل آشوب‌گونه با کنترل آلفا در ورودی‌های مغشوش ۵۲
شکل ۴-۱۳: نمودار همپوشانی میان الگوی هدف و الگوی تولید شده توسط شبکه. ۵۳
شکل ۴-۱۴: نمودار پارامتر پایداری مدل S-GCM با کنترل ε ۵۴
شکل ۴-۱۵: نمودار انرژی مدل S-GCM با کنترل ε ۵۴
شکل ۵-۱: ساختار حافظه انجمنی ناهمگون دو لایه با روش بازیابی آشوبگونه در لایه اول ۵۹
شکل ۵-۲: الف) ۱۰ ورودی شبکه انجمنی ناهمگون به منظور آموزش. ب) ۱۰ خروجی متناظر با الگوهای ورودی. ۶۱
شکل ۵-۳: جاذب‌های تشکیل شده در ماتریس وزن. ۶۱
شکل ۵-۴: خروجی متناظر با ۱۰ ورودی پس از تنظیم وزن‌ها. ۶۱
شکل ۵-۵: آموزش وزن‌ها در مدل اسپارس. ۶۲
شکل ۵-۶: سری زمانی پارامتر آلفا. ۶۶
شکل ۵-۷: سری زمانی تابع انرژی سیستم. ۶۶
شکل ۵-۸: الگوهای ورودی مغشوش به ۲۰٪ اغتشاش به عنوان مجموعه تست ۶۹
شکل ۵-۹: فرآیند تولید الگوهای ورودی برای نمونه‌های نویزی یا خود ورودی ۷۰
شکل ۵-۱۰: فرآیند تولید الگوهای خروجی شبکه ۷۰
شکل ۵-۱۱: خروجی شبکه حافظه انجمنی مرسوم در پاسخ به حروف B و G با مجموعه آموزش ده عضوی ۷۰
شکل ۵-۱۲: دقت بازخوانی برای مجموعه آموزشی ده عضوی و با ازای تغییر میزان اغتشاش داده‌های ورودی از ۲۰٪ تا ۵۰٪. ۷۱
شکل ۵-۱۳: مقایسه دقت بازخوانی برای مجموعه آموزشی ده عضوی و با ازای تغییر میزان اغتشاش در داده‌های ورودی شبکه. ۷۱
شکل ۵-۱۴: دقت بازخوانی به ازای افزایش تعداد الگوهای آموزشی و به ازای حضور مقدار ثابت ۲۰٪ اغتشاش در داده‌های ورودی در مدل‌های حافظه انجمنی ناهمگون مرسوم و مدل پیشنهادی. ۷۲
شکل ۵-۱۵: دقت بازخوانی روش‌های LCHAM ، HCAMSL به ازای استفاده از ۵۰ نرون و HCAMSL با استفاده از ۱۰۰ نرون در لایه توزیع به ازای افزایش تعداد الگوهای ذخیره شده. ۷۳
شکل ۵-۱۶: مجموعه داده ورودی نوع دوم، حروف الفبای یونانی. ۷۴
شکل ۵-۱۷: فرآیند تشکیل الگوی خروجی در شبکه با تداعی چند به یک. ۷۴
شکل ۵-۱۸ : بلوک دیاگرام فرآیند بازخوانی در مدل پایه ساختار پیشنهادی. ۷۵

شکل ۵-۱۹ : بلوک دیاگرام فرآیند بازخوانی در مدل ساختار پیشنهادی با حضور شبکه راف به منظور تعیین کلاس داده ورودی. ۷۶
شکل ۵-۲۰ : نمودار مقایسه سرعت مدل پیشنهادی ساده و مدل پیشنهادی با شبکه راف به ازای افرایش تعداد حافظه‌ها. ۷۷
شکل ۵-۲۱ : نمودار مقایسه دقت مدل پیشنهادی ساده و مدل پیشنهادی با شبکه راف به ازای افرایش تعداد حافظه‌ها. ۷۷
شکل ۵-۲۲: ساختار یک نرون راف ۷۹
شکل ۵-۲۳: ساختار شبکه عصبی بر اساس نرون‌های راف[۴۴]. ۷۹

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

امروزه پردازش اطلاعات به عنوان زمینه‌ای که در بسیاری از شاخه‌های تحقیقاتی و کاربردی به کار گرفته می‌شود، شناخته شده و مورد توجه واقع شده است. سیستم‌های بسیاری همچون نیروگاه‌ها، سیستم‌های علوم پزشکی و ... همواره با مجموعه حجیمی از داده‌ها همراه هستند و پردازش داده‌ها از مهمترین مسائل سیستم است. ذخیره و بازیابی اطلاعات اولین قدم و مهترین بخش در بحث پردازش اطلاعات محسوب می‌شود و به همین دلیل به وفور مورد توجه محققین واقع شده است. ذهن انسان با توانایی شگفت انگیز خود در پردازش اطلاعات، امکان ذخیره و بازیابی اطلاعات را با قدرت شگفت انگیزی فراهم می‌سازد و به عنوان پیچیده‌ترین و در عین حال کاراترین سیستم در این زمینه به حساب می‌آید. یکی از جالب‌ترین ویژگی‌های ذهن انسان، قدرت تداعی اطلاعات است به طوریکه ما می‌توانیم با مشاهده صحنه‌ای ، موضوع مرتبط با آن را در ذهن تداعی نماییم. به عنوان مثال، اگر ما یک قطعه موسیقی را شنیده باشیم با دیدین تنها بخشی از متن آن ترانه می‌توانیم ریتم و صدای خواننده را در ذهن به یاد آورده و شروع به خواندن با همان ریتم می‌کنیم. به عنوان مثالی دیگر، با تکرار یک خاطره قادر هستیم جزییات تصویری زیادی از آن را در ذهن مرور کنیم. دلیل به خاطر سپردن این حجم عظیم اطلاعات در ذهن انسان بسیار جالب است، ذهن ما با یافتن همبستگی میان اجزای اطلاعات و ذخیره آنها براساس همبستگی موجود میان آنها به ذخیره و بازیابی اطلاعات می‌پردازد.

روش‌های بسیاری در راستای پیاده‌سازی ذخیره و بازیابی اطلاعات بررسی و شبیه‌سازی شده است. روش‌های مرسوم براساس قرار دادن هر بخش از اطلاعات در یک مکان از حافظه و بازخوانی آنها براساس آدرس آن محل از حافظه، استوار بودند اما این سبک از ذخیره و بازیابی اطلاعات مقرون به صرفه نبوده و هزینه حجم حافظه و همچنین هزینه زمانی بالایی را به همراه دارد و امروز در سیستم‌های کاربردی منسوخ به حساب می‌آید. همزمان با روی کار آمدن شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل ویژگی داده محور بودن آنها، به منظور شبیه‌سازی رفتار ذهن انسان در زمینه پردازش اطلاعات مورد توجه واقع شدند. در دسته‌ای از این شبکه‌ها، به منظور شبیه‌سازی روند پردازش اطلاعات در حافظه انسان، با محاسبه همبستگی میان داده‌ها به ذخیره و بازخوانی آنها پرداخته می‌شود و شبکه ساخته شده به این منظور، شبکه حافظه انجمنی نامگذاری شده است. در ادامه به معرفی این شبکه خواهیم پرداخت.

۱–۲– شبکه‌های هاپفیلد

شبکه‌های هاپفیلد به عنوان مبنای شبکه‌های حافظه انجمنی در سال ۱۹۸۲ توسط جان هاپفیلد مطرح شد. وی با معرفی تابع انرژی براساس تئوری مربوط به سیستم فیزیکی مرتبط و تلاش در راستای کمینه-سازی آن، به ارایه راه حلی برای یافتن پاسخ مسایل بهینه‌سازی اقدام نمود. در این شبکه حافظه انجمنی هاپفیلد، هدف یافتن الگوی خروجی براساس اطلاعات موجود در الگوی ورودی به سیستم است و به این منظور به بررسی همبستگی میان مولفه‌های الگوهای آموزشی می‌پردازد و در همین راستا وزن‌های شبکه را تعیین می‌سازد. شبکه هاپفیلد، شبکه‌ای کاملا بازگشتی است و در آن خروجی هر نرون به ورودی همه نرون‌های دیگر متصل است. پس از اعمال ورودی به شبکه، خروجی متناظر محاسبه شده و در گام بعدی به عنوان ورودی به شبکه اعمال می‌شود. این امر آنقدر تکرار می‌گردد تا خروجی شبکه به یک نقطه همگرا شود[۱و۲]. تابع انرژی شبکه هاپفیلد، دارای کمینه‌های محلی است که از آنها به عنوان محل ذخیره‌سازی الگوها استفاده می‌شود و به عنوان نقاط جذب شناخته می‌شوند. به عبارتی دیگر، هر یک از الگوهای آموزشی، یک نقطه کمینه را در نمودار انرژی سیستم اشغال می‌کنند[۳]. در این روش به دلیل اینکه از روش آرام سازی[۱]، در راستای کمینه کردن انرژی استفاده می‌کند، امکان گریز از کمینه‌های محلی وجود ندارد و از این رو با مشکلاتی در پیاده‌سازی حافظه انجمنی همراه است:

- شبکه هاپفیلد ممکن است به الگوهای ناخواسته و نامطلوب همگرا شود.
- به دلیل ذخیره‌سازی الگوهای آموزشی در کمینه‌های تابع انرژی، دارای ظرفیت محدود است و ظرفیت آن حداکثر ۰.۱۳۸ برابر بعد شبکه تخمین زده شده است.
- به دلیل ظرفیت محدود، پس از تخصیص همه کمینه‌های تابع انرژی به الگوهای آموزشی، با آمدن الگوی جدید به منظور ذخیره‌سازی آن الگویی از الگوهای قبلی تخریب می‌شود.

۱–۳– شبکه‌های حافظه انجمنی

شبکه‌های حافظه انجمنی، شبکه‌هایی یک لایه هستند که در آنها وزن‌ها در راستای ذخیره‌سازی مجموعه‌ای از الگوهای انجمنی[۲] و براساس همبستگی میان مولفه‌های الگوهای آموزشی تعیین می‌شوند. هر انجمن یک زوج بردار ورودی- خروجی به صورت (s,t) است . اگر بردار t همانند بردار s باشد، شبکه مربوط حافظه انجمنی همگون[۳]، نامیده می‌شود و در صورتیکه این دو متفاوت باشند شبکه متناظر حافظه

[۱] Relaxing

[۲] Pattern Association

[۳] Auto Associative Memory

انجمنی ناهمگون[1] نامیده می‌شود. در هر دو مورد شبکه نه تنها قادر به یادگیری زوج الگوهای آموزشی است، بلکه می‌تواند پاسخ متناظر الگوی ورودی را حتی در صورتی که کاملا برابر هیچ یک از الگوهای یادگرفته شده نباشد و با اغتشاش همراه باشد، بازخوانی نماید[۴]. روش یادگیری شبکه حافظه انجمنی مرسوم براساس قانون هب[2] است.

۱-۴- شیوه‌های نوین

هرچند شبکه‌های هاپفیلد رسیدن به یک الگوی پایدار را فراهم می‌سازند اما قادر به گریختن از کمینه‌های محلی نیستند. یکی از کارهای ارایه شده در سال‌های اخیر به منظور رفع این مشکل، استفاده از پدیده آشوب در این زمینه است. مطالعات و آزمایشات بسیار بر روی مغز انسان، وجود رفتارهای آشوبگونه در نرون‌های واقعی را نشان داده است. اینگونه رفتارها در پردازش اطلاعات در ذهن انسان نقش مهمی را ایفا می‌کند، همچنین این پدیده به عنوان دلیل اصلی خلاقیت ذهن انسان شناخته شده است [۵و۶و۷]. به علاوه عملکرد نوعی از شبکه‌های عصبی مصنوعی که در زمینه پردازش اطلاعات به عنوان مدل انتزاعی از مغز انسان عمل می‌کند مورد بررسی واقع شده و نتایج نشان می‌دهند که این شبکه به منظور شناسایی الگو و پردازش اطلاعات به صورت آشوب‌گونه عمل می‌نماید. در ادامه به شرح مختصری از مفهوم آشوب و ویژگی‌های آن می‌پردازیم.

۱-۵- مفهوم آشوب[3]

سیستم‌های آشوب‌گونه، سیستم‌هایی هستند که رفتار ناپایدار و نامتناوب دارند. این‌گونه سیستم‌ها به شدت به شرایط اولیه حساس هستند و تغییر جزئی در شرایط اولیه، می‌تواند موجب تغییرات وسیعی در رفتار سیستم شود. حساسیت بسیار به شرایط اولیه، این سیستم‌ها را غیر قابل پیش‌بینی ساخته است و موجب رفتار نامتناوب آنها شده است. از آنجا که طبق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، در یک سیستم فیزیکی، شرایط اولیه را با دقت محدود می توان اندازه گیری کرد، لذا در سیستم های آشوبگونه به علت حساسیت بسیار زیاد به شرایط اولیه، رفتار سیستم را نمی توان پیش بینی کرد [۸].

پدیده آشوب همچنین امکان جستجوی کامل را در فضای مساله فراهم ساخته به‌طوریکه با تغییر در شرایط اولیه مساله، با تولید رفتاری متفاوت سیستم را به فضای جدیدی برده و به این ترتیب امکان

---

[1] Hetero Associative Memory

[2] Hebb rule

[3] Chaos

جستجوی سراسری را فراهم می‌سازد. همچنین محقیقین با مشاهده رفتار آشوبگونه در ذهن انسان، آن را دلیل اصلی خلاقیت ذهن دانسته‌اند به طوریکه افراد با تغییر ناچیز در زاویه دید خود به مساله، قادرند آن را از راههای خلاقانه و متفاوت با روابط مرسوم حل نمایند و می‌توان از آن تحت عنوان جستجوی آشوبگونه[1] به منظور یافتن بهترین پاسخ سراسری نام برد[۹]. در این پژوهش قصد داریم در ادامه روند دیگر محققین در این زمینه، به شبیه سازی این رفتار ذهن پرداخته و با بهره‌گیری از آن مدل جدیدی در شبیه‌سازی حافظه انجمنی را ارایه نماییم.

۱–۶– شرح مختصر روش پیشنهادی

پس از مطالعات لازم بر روی روش‌های ارایه شده در راستای ساخت حافظه‌های انجمنی و بررسی ویژگی‌ها و تاثیر هر یک بر روی کارایی آن، ساختار نوینی برای شبیه‌سازی حافظه‌های انجمنی ناهمگون ارایه نموده‌ایم. به طور کلی در پیاده‌سازی حافظه‌های انجمنی با دو فرآیند مواجه هستیم: نحوه آموزش شبکه و یا قاعده یادگیری و دیگری نحوه بازخوانی الگوها. در همه کارهای انجام شده در این زمینه، تنها به بررسی و ارایه روشی برای بازخوانی الگوها پرداخته شده است و در اکثر آنها از روش آموزش مرسوم حافظه انجمنی یعنی قانون یادگیری هب استفاده شده است. در این پژوهش، ما بر هر دو فرآیند اساسی یادگیری و بازخوانی درساخت یک حافظه انجمنی ناهمگون تمرکز کرده‌ایم. ساختار نوینی بر پایه استفاده دو نوع همبستگی همگون و همبستگی ناهمگون به منظور بازشناسی و تشخیص الگوهای ورودی و فراخوانی الگوی متناظر خروجی ارایه نموده‌ایم. در این ساختار که از دو لایه تشکیل شده است در لایه اول براساس میزان همبستگی درونی در بین الگوهای ورودی بدست آمده با استفاده از روش آموزش مرسوم قانون هب به بازسازی الگوی ورودی پرداخته و در لایه دوم براساس همبستگی میان زوج‌های متناظر ورودی و خروجی ناهمگون با روش پیشنهادی خود LCLE[2]، به بازخوانی الگوی خروجی متناظر با ورودی شبکه می‌پردازیم. روش یادگیری نوین ارایه شده، به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی به نسبت روش‌های پیشین را فراهم ساخته است. همچنین مبتنی بر مشاهدات و آزمایشات انجام شده در زمینه وجود آشوب و نقش آن در پردازش اطلاعات در ذهن انسان، با بهره‌گیری از پدیده آشوب در فرآیند بازخوانی که موجب افزایش بستر جذب سیستم می‌شود، ساختار خود را در برابر داده‌های مغشوش مقاوم ساخته‌ایم. روش ابداعی همچنین قابلیت یادگیری متوالی[3] را فراهم می‌سازد. سیستم‌های دارای ویژگی یادگیری متوالی قادر هستند با ورود الگوی جدید، حتی پس از اتمام مرحله آموزش، بدون نیاز به آموزش مجدد با تمامی داده‌های

[1] Chaotic Search

[2] Less Correlation Less Effect

[3] Successive Learning

آموزشی، الگوی جدید را به راحتی ذخیره نماید. این ویژگی در سیستم‌های کاربردی بسیار موثر است چرا که در دنیای واقعی دسترسی به همه اطلاعات به صورت یکجا و در ابتدای ساخت مدل سیستم بسیار مشکل است و آموزش مجدد سیستم با ورود هر داده امری هزینه بر بوده و مقرون به صرفه نیست.

به علاوه برای فراهم ساختن تداعی چند به یک، مجموعه داده‌ای که در آن دو بردار الگوی ورودی متفاوت، یک خروجی را بازخوانی می‌کنند را به شبکه طراحی شده آموزش داده‌ایم. در این شبکه برای تشخیص نوع داده ورودی، از یک پیش پردازش براساس شبکه عصبی راف[1] استفاده شده است به طوریکه در ابتدا با استفاده از این شبکه کلاس ورودی مورد نظر تشخیص داده می‌شود و خروجی براساس مجموعه داده متناظر با دسته کلاس ورودی تعیین می‌شود.

۱–۷–ساختار گزارش

ادامه این مستند به این ترتیب ارایه خواهد شد: در فصل دوم به کاربرد شبکه‌های حافظه انجمنی ویژگی‌ها و نقاط ضعف آنها را به تفضیل شرح داده می‌شوند و روش‌های یادگیری مختلف در این شبکه‌ها را معرفی خواهیم کرد. در ادامه، در فصل سوم پدیده آشوب و مفاهیم اساسی در آن را شرح می‌دهیم و خواهیم دید که این پدیده چگونه براساس ویژگی حساسیت به شرایط اولیه و با تولید دینامیک‌های رفتاری متفاوت در زمینه پردازش اطلاعات به کار برده شده است. کارهای پیشین انجام گرفته شده و مدل‌های ارایه شده در راستای بکارگیری از آشوب در پیاده‌سازی حافظه انجمنی را در فصل چهارم بررسی خواهیم نمود و از میان آنها مدلی را برای استفاده در شبکه خود انتخاب کرده و برای فهم بیشتر آن به شبیه‌سازی و تحلیل رفتار آن مدل می‌پردازیم. مدل پیشنهادی خود را همراه با ارایه ساختار در فصل پنجم معرفی نموده و به تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی می‌پردازیم و در آخر به منظور ارزیابی روش پیشنهادی، آن را با روش‌های موجود مقایسه خواهیم کرد. در آخرین فصل با ارایه بحثی بر مطالب ارایه شده به جمع بندی جامعی از این پژوهش خواهیم پرداخت.

[1] Rough neural network