بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی پزشکی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی پزشکی-گرایش بیوالکتریک

عنوان:

استفاده از نورون های بازگشتی آشوب گونه در بازشناسی مقاوم ارقام دست نوشتار مجزای انگلیسی

نگارش:

ابوذر طاهرخانی

استاد راهنما:

دکتر سیدعلی سیدصالحی

استاد مشاور :

دکتر امیرهمایون جعفری

اسفند ۱۳۸٦

بسمه تعالی

شماره:

تاریخ :۸۶/۱۲/۲۰

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

۱-مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی: ابوذر طاهرخانی دانشجوی آزاد ☐ * بورسیه ☐ معادل ☐

شماره دانشجویی : ۸۴۱۳۳۰۱۹ دانشکده : مهندسی پزشکی رشته تحصیلی : بیوالکتریک

نام و نام خانوادگی استاد راهنما : دکتر سیدعلی سیدصالحی

عنوان به فارسی : استفاده از نورون های بازگشتی آشوب گونه در بازشناسی مقاوم ارقام دست نوشتار مجزای انگلیسی

عنوان به انگلیسی : Robust Recognition of Separate English Handwritten Digits by Chaotic Neural network

نوع پروژه: کاربردی ☐ * بینیاد ☐ توسعه ☐ نظری ☐ *

تاریخ شروع : ۸۵/۱۰/۲۶ **تاریخ خاتمه :** ۸۴/۱۲/۸ **تعداد واحد :** ۶

سازمان تأمین کننده اعتبار :

واژه های کلید به فارسی :

شبکه عصبی آشوب گونه، فضای حالت، عدم تقاطع مسیر آشوب گونه، شبکه عصبی بازگشتی، نظریه انتخاب طبیعی، دست نوشتار

واژه های کلیدی به انگلیسی :

Chaotic Neural Network, State Space, Chaotic Trajectory, Recurrent neural network, Natural Selection Theory, handwritten.

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که مظهر لطف خداوند هستند.

... و کسی از علم او آگاه نمی گردد، جز به مقداری که او بخواهد(بقره۲۵۵).

سپاس خدای را که معبودی جز او نیست، زنده و برپادارنده است، آنچه در آسمانها و زمین است از آن اوست. خدا را سپاس می گویم که بدون عنایت او انجام هیچ کاری مقدور نیست هر چند که:

از دست و زبان که برآید که از عهده‌ی شکرش به در آید

از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر سیدعلی سیدصالحی که راهنمای من در انجام این پروژه بود ه اند، به خاطر همهٔ زحمات و حمایت‌هایشان تشکر و قدردانی می نمایم. همچنین مراتب سپاس خود را از جناب آقای دکتر امیرهمایون جعفری که مشاور بنده در این پروژه بودند، اعلام می دارم.

بدون شک نکات کلیدی و اساسی‌ای را که جناب آقای پرفسور سید محمدرضا هاشمی گلپایگانی در کلاس درس آشوب مطرح کردند در تعریف و انجام این پروژه نقش اساسی داشته است. به این وسیله از آن جناب کمال تشکر و قدردانی را دارم و همچنین از زحمات تمامی اساتیدی که در این دوره در خدمت ایشان بودم قدردانی می کنم و از خداوند بزرگ توفیق ایشان را در تمامی مراحل زندگی مسألت دارم.

به نام خدا

چکیده

رفتارهای آشوب گونه به صورت میکروسکوپیک در نورون ها و ماکروسکوپیک در عملکرد مغز گزارش شده اند. این شواهد باعث شدند تا بسیاری از محققین به دنبال وارد کردن نظریه آشوب در شبکه های عصبی کلاسیک باشند تا با طراحی شبکه های عصبی آشوب گونه به ابزار پردازشی قوی تری دست یابند. در این پروژه به منظور بررسی تأثیر آشوب در افزایش کارائی پردازش اطلاعات توسط شبکه‌های عصبی دو نوع شبکه‌آشوب گونه طراحی شده است. نوع اول براساس نظریه انتخاب طبیعی عمل می‌کند. طبق این نظریه یک حل کننده مناسب مسئله باید دارای دو ویژگی مهم باشد. اول اینکه توانایی خلق راه حل های احتمالی مسئله را دارا باشد. دوم اینکه دارای یک قانون یا هوش باشد که این تنوعات را در جهت نزدیک شدن به جواب اصلی هدایت نماید. برای ایجاد تنوعات از گره های آشوبی با تابع لجستیک و برای طراحی هوش هدایت کننده تنوعات از شبکه عصبی کلاسیک استفاده نموده‌ایم. با استفاده از این تکنیک توانستیم در شرایطی که صحت بازشناسی شبکه *NDRAM* (یک شبکه بازگشتی کلاسیک) ٤٠٪ می باشد به صحت بازشناسی ٨٠٪ برسیم. از این تکنیک استفاده کرده و صحت بازشناسی یک شبکه بازگشتی برای باز شناسی ارقام دست نوشتار مجزای انگلیسی را از ٩١/٤٪ به ٩٤/٥٪ رساندیم. در نوع دوم از شبکه عصبی آشوب گونه‌ی طراحی شده در این پروژه روشی برای پویا سازی وزن‌های شبکه های جلوسوی کلاسیک که ایستا می باشند ارائه شده است. در این شبکه وزن های آشوب گونه را طوری همزمان کردیم که خطای شبکه کاهش یابد. این روش به یک شبکه عصبی جلوسو که دارای صحت بازشناسی ٩٦/٩٪ ارقام دست نوشتار مجزای انگلیسی می‌باشد اعمال شد و توانست تمامی اشتباهات این شبکه را تشخیص دهد.

کلید واژه: شبکه عصبی آشوب گونه، فضای حالت، مسیر آشوب گونه، شبکه عصبی بازگشتی، نظریه انتخاب طبیعی، دست نوشتار

فهرست مطالب

فصل اول
مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- پویایی در سیگنال های مغزی ۳
۱-۳- دینامیک آشوب گونه در عملکرد یک نورون ۳
۱-٤- پویایی در عملکرد ساختارهای زیر سلولی (کانال ها) ۵
۱-۵- پردازش دوسویه در قشر مخ ٦
۱-٦- شرح مسئله ٦

فصل دوم
نظریه آشوب

۲-۱- مقدمه ۱۰
۲-۲- سیستم های خطی و غیر خطی ۱۱
۲-۳- تحلیل سیستم های غیرخطی در فضای حالت ۱۲
۲-٤- آشوب معین ۱۲
۲-۵- شروط لازم برای ایجاد پدیدهٔ آشوب (درفضای حالت پیوسته) ۱۳
۲-٦- قدرت جستجو گری سیستم آشوب گونه ۱٤
۲-۷- نمودار دو شاخه شدگی ۱۵
۲-۸- جهان شمولی آشوب ۱۹
۲-۹- جمع بندی ۲۱

فصل سوم
شبکه های عصبی آشوب گونه

۳-۱- مقدمه ۲۳
۳-۲- نورون آشوب گونه ای که قادر به ایجاد رفتار آشوب گونه ی نورون های واقعی می باشد ۲٤
۳-۳- مدل هایی از شبکه های آشوب گونه بر اساس مدل های شبکه های عصبی کلاسیک ۲۵
۳-۳-۱- دینامیک آشوبگونه در شبکه های عصبی هاپفیلد کوچک ۲۵
الف- تعریف مدل به کار برده شده ۲۵

ب- بررسی رفتار مدل تعریف شده ۲۶
۳-۳-۲- مدل نورون آشوب گونه بهبود یافته ۲۸
۳-٤- *مدل هایی از شبکه های عصبی آشوب گونه با توان پردازشی* ۲۹
۳-٤-۱- استفاده از گره‌های بازگشتی (نگاشت لجستیک) برای بازشناسی الگوهای با محتوای چندسطحی ۳۰
۳-٤-۲- مدل دیگر از شبکه‌های عصبی آشوب گونه با گره‌های بازگشتی (نگاشت لجستیک) ۳۳
الف- فرآیند جستجو برای یافتن الگوی ذخیره شده ۳۳
ب- مقاومت مدل نسبت به نویز دیجیتال: ۳۵
ج- نویز آنالوگ ۳۵
د- تعریف گره‌های حسی ۳۵
۳-۵- *جمع بندی* ۳۶

فصل چهارم
طراحی یک مدل شبکه عصبی آشوب گونه با استفاده از نظریه انتخاب طبیعی

٤-۱- *مقدمه* ۳۸
٤-۲- *معرفی مدل پایه* ۳۹
٤-۳- *اصول به کار رفته در مدل بهبود یافته* ٤۱
٤-٤- *شبکه آشوب گونه بهبود یافته* ٤۲
٤-۵- *داده ها* ٤۳
٤-٦- *نتایج شبیه سازی* ٤۳
٤-۷- *بحث و بررسی* ٤٤

فصل پنجم
طراحی شبکه عصبی آشوب گونه بر مبنای شبکه خود انجمنی NDRAM و گره‌های آشوب گونه

۵-۱- *مقدمه* ٤۷
۵-۲- *معرفی مدل پایه (NDRAM)* ٤۸
۵-۳- *شبکه عصبی آشوب گونه* ۵۰
۵-۳-۱- گره های آشوبی ۵۱
۵-۳-۲- طراحی رابطه ای برای محاسبه عدم موافقت هر گره ۵۲
۵-٤- *نحوه عملکرد مدل* ۵۳
۵-۵- *طبقه بندی کننده* ۵۵

۵-۶- نتایج شبیه سازی ۵۵
۵-۷- نتیجه گیری ۵۶

فصل ششم
طراحی یک مدل شبکه عصبی آشوب گونه با استفاده از همزمان سازی وزن های آشوب گونه

۶-۱- مقدمه ۵۸
۶-۲- شبکه عصبی جلوسوی ایستا ۵۹
۶-۳- تابع لجستیک، مولد آرایش های مختلف ۶۰
۶-۴- شبکه جلوسوی پویا (آشوب گونه) ۶۱
۶-۵- پایگاه داده ها ۶۳
۶-۶- نتایج شبیه سازی ۶۳
۶-۷- جمع بندی و تحلیل ۶۶

فصل هفتم
طراحی یک مدل شبکه عصبی آشوب گونه با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی جهت بازشناسی ارقام

۷-۱- مقدمه ۷۲
۷-۲- اصول به کار رفته در طراحی شبکه آشوب گونه ۷۳
۷-۲-۱- شبکه عصبی بازگشتی ۷۳
۷-۲-۲- ساختار گره های آشوبی ۷۵
۷-۲-۳- رابطه ی محاسبه کننده عدم موافقت هر گره ۷۶
۷-۲-۴- نحوه عملکرد مدل ۷۷
۷-۳- نتایج شبیه سازی ۷۸
۷-۳-۱- استفاده از ساختار های دیگر برای ایجاد شبکه عصبی بازگشتی ۸۰
۷-۴- جمع بندی ۸۳

فصل هشتم
جمع‌بندی ، نتایج و پیشنهادات

۸-۱- جمع‌بندی و نتایج ۸۶
۸-۲- پیشنهادات ..... ۸۷Error! Bookmark not defined.

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- خط سیر آشوب گونه مربوط به معادلات (الف) *Lorenz* (ب) *Rasler* در فضای حالت ۱۳

شکل۲-۲- در یک سیستم آشوب گونه مسیر های با شرایط اولیه نزدیک به هم، به صورت نمایی از یکدیگر دور می شوند. ۱٤

شکل۲-۳- تحلیل نموداری توابع $T(x)=\sqrt{x}$ و $C(x)=\cos x$ ۱٦

شکل۲-٤- نقاط ثابت جاذب و دافع ۱۷

شکل۲-٥-الف- جاذب نگاشت لجستیکی – نقطه ثابت ب- جاذب های نگاشت لجستیکی دوره تناوب دو ۱۸

شکل۲-٦-الف- جاذب های نگاشت لجستیکی دوره تناوب چهار مداری ب- جاذب های نگاشت لجستیکی مسیر آشوبناک. ۱۸

شکل۲-۷ - نمودار دو شاخه شدگی تابع لجستیک برای 2.9<A<4 ..... ۱۹

شکل۲-۸- نمودار دوشاخه شدگی برای توابع لجستیک با پارامتر دوشاخه شدگی A وتابع سینوسی با پارامتر دوشاخه شدگی B ۲۰

شکل۲-۹- قسمتی از نمودار دوشاخه شدگی که در آن تعدادی از A_n ها نشان داده شده اند ۲۰

شکل ۳-۱- سری های زمانی متغییرهای دینامیکی $x(t),\ y(t),\ z(t)$ و $w(t)$ مربوط به مدل اصلاح شده مرتبه چهار HR معادله (۱) و نمایش فضای حالت سه بعدی در فضا های $(x, y, z), (x, y, w)$ و (x, z, w)[٦]. ۲٦

شکل ۳-۲- دینامیک شبکه (a) برای $p = 0.099$ و شرایط اولیه $(0.7454,\ 1.7542,\ -4.9817)$ و $(-0.7454,\ -1.7542,\ 4.9817)$ رفتارشبکه به صورت حرکت روی جاذب های غیرآشوبگونه (سیکل حدی) می باشد. (b) با تغییر پارامترها این شبکه می تواند از این جاذب های غیرآشوبگونه به جاذب های آشوب گونه تغییر دینامیک دهد. ۲۷

شکل ۳-۳- با انتخاب مناسب پارامترها سیستم برای یک بازه زمانی معین رفتار آشوب گونه دارد و بعد از اتمام این دوره دوباره به حالت جاذب غیرآشوب گونه برمی گردد. ۲۷

شکل ۳-٤- نورون آشوب گونه ۲۸

شکل۳-٥- ساختار نورون آشوب گونه با یک ورودی ۲۹

شکل۳-٦- نمودار دوشاخه شدگی نورون توصیف شده با رابطه (٦) ۲۹

شکل۳-۷- منحنی دوشاخه شدگی به ازای مقادیر مختلف w^R و w^I ملاحظه می‌شود که با تغییر w^R و w^I می‌توان منحنی دوشاخهشدگی را در محدوده وسیعتری رسم نمود. به این ترتیب می‌توان تعداد و گستره نواحی که نورون می‌تواند رفتارهای آشوبی نشان دهد، افزایش داد. ۳۰

شکل۳-۸- به ازای $z_i(\tau) = A_p$ دینامیک تابع لجستیک iام به صورت پریودیک با پریود v=4 می باشد. ۳۲

شکل۳-۹- نمودار دوشاخه شدگی تابع لجستیک ۳٤

شکل ٤-۱- به ازای $z_i(\tau) = A_p$ دینامیک تابع لجستیک نورون iام به صورت پریودیک با پریود دو و به ازای $z_i(\tau) = A_c$ دینامیک تابع لجستیک نورون iام به صورت آشوب گونه می باشد. ٤۱

شکل٥-۱- معماری شبکه‌ی *NDRAM* ٤۹

شکل٥-۲- نمودار تابع انتقال f به ازای $\delta = 0.4$ ٥۰

شکل۵-۳- نمودار دوشاخه شدگی تابع لجستیک به ازای تغییر پارامتر A ۵۱
شکل۵-٤- نمودار دوشاخه شدگی مربوط به رابطه (٤) به ازای ۱) $\alpha_i = 1$ ۲) $\alpha_i = 0.5$ رسم شده است. همانگونه که مشاهده می شود با تغییر α_i دامنه تغییرات x تغییر می کند. ۵۲
شکل۵-۵- نمودار داده ها ی تعلیم و داده نویزی که ٤۰٪ نویز یکنواخت به آن اضافه شده است ۵٤
شکل۵-٦- صحت بازشناسی شبکه آشوب گونه و شبکه *NDRAM* برای درصد های مختلف نویز ۵٦
شکل٦-۱- نمودار دوشاخه شدگی تابع لجستیک به ازای تغییر پارامتر A ٦۰
شکل٦-۲- نمودار زمانی $x(Tk)$ مربوط به تابع لجستیک به ازای دو شرط اولیه مختلف و T=۱،۲،۳ ..... ٦۱
شکل٦-۳- نمودار مقادیر نهایی (بعد از اتمام تعلیم) سه وزن از وزن های شبکه به ازای سی و پنج شرط اولیه مختلف ٦۲
شکل٦-٤- فراوانی خروجی شبکه آشوب گونه (۱) وقتی که شبکه ایستا داده تست را درست تشخیص داده است (۲) وقتی که شبکه ایستا داده تست را اشتباه تشخیص داده است. ٦٤
شکل٦-۵- نواحی تصمیم گیری در فضای ورودی یک بعدی ٦۷
شکل٦-٦- نواحی تصمیم گیری در فضای ورودی دو بعدی ٦۸
شکل٦-۷- مرز تصمیم گیری برای تفکیک الگوهای 0, X ٦۹
شکل٦-۸- نورون با تابع فعالیت آستانهی دو مقداره ای. ٦۹
شکل٦-۹ دایره‌ها و مربع‌ها شهرهای مرزی دو کشور A و B را نشان می‌دهند. این شهرها با چندین خط قابل جداسازی هستند. ٦۹
شکل۷-۱- شبکه مستقیم یک شبکه جلوسو با ساختار ۱۰-۵۰-۱۲۰-۲۵٦ می باشد. ۷٤
شکل۷-۲- با کنار هم قرار دادن شبکه مستقیم و شبکه معکوس شبکه بازگشتی ایجاد می شود. ۷۵
شکل۷-۳- ساختار کلی شبکه عصبی آشوب گونه از دو قسمت تشکیل شده است: شبکه عصبی بازگشتی و گره های آشوبی. ۷۷
شکل۷-٤- نمودار تابع a=tansig(n) ۷۸
شکل۷-۵- تعدادی از داده های مربوط به ارقام مجزای دست نوشتار موجود در پایگاه داده ها ی USPS ۷۸
شکل۷-٦- خروجی شبکه بازگشتی برای پنج ورودی مختلف بعد از ٤ بار چرخش. ۷۹
شکل۷-۷- تعداد دورهایی که گره های آشوبی شبکه آشوب گونه جهت بازشناسی یکی از الگو های ورودی انجام داده اند. ۷۹
شکل۷-۸- نحوه بازسازی یک الگوی ورودی توسط شبکه آشوب گونه طی ۹ مرحله ۸۰
شکل۷-۹ میانگین عدم موافقت گره های آشوبی شبکه عصبی آشوب گونه در طی بازشناسی یک الگو در ۱۵ مرحله. ۸۱
شکل۷-۱۰- الف- شبکه جلوسو در مرحله تعلیم ب- شبکه بازگشتی در مرحله بازشناسی ۸۲
شکل۷-۱۱- این شبکه مشابه شبکه ارائه شده در مرجع [۲۵] می باشد که یک شبکه خود انجمنی است که هر داده تعلیم را به خود آن نسبت می دهد. الف- شبکه خود انجمنی در مرحله تعلیم ب- شبکه خود انجمنی در مرحله بازشناسی ۸۳

شکل۸-۱- نمودار دوشاخه شدگی الف- گره آشوبی استفاده شده در شبکه آشوب گونه فصل۵ به ازای دو مقدار مختلف پارامتر کنترل ب-نورون آشوب گونه بهبود یافته ۸۸

فهرست جدول‌ها

جدول٤-١- تغییر صحت بازشناسی شبکه آشوب گونه با تغییر δ ٤٤
جدول٦-١- مقایسه نتایج بدست آمده از تست شبکه ایستا و شبکه آشوب گونه ٦٥
جدول٦-٢- مقایسه نتایج بدست آمده از تست شبکه ایستا ارائه شده در [۲۵] و شبکه آشوب گونه..... ٦٦
جدول۷-۱- صحت بازشناسی شبکه آشوب گونه برای ٤٦٤٩ داده تست و γ های مختلف وقتی که $\beta = 2$. صحت بازشناسی شبکه بازگشتی ۹۱/٤٤ می باشد. ۸۱
جدول۷-۲- صحت بازشناسی شبکه آشوب گونه برای ٤٦٤٩ داده تست و β های مختلف وقتی که $\gamma = 1.3$ است. صحت بازشناسی شبکه بازگشتی ۹۱/٤٤ می باشد. ۸۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

توانایی بالای مغز در پردازش مقاوم اطلاعات در برابر تنوعات و نویز باعث شده است که نحوه پردازش آن مورد توجه قرار گیرد و تحقیقات زیادی در مورد نحوه عملکرد نورون ها و شبکه های نورونی انجام شود. مدل های زیادی برای شبکه های عصبی مصنوعی ارائه شده اند. نکته مهمی که در مورد شبکه های عصبی مطرح می شود این است که رفتار حالت دائمی یک شبکه به چه صورت است؟ این نکته هم در مورد شبکه های عصبی مصنوعی و هم در مورد شبکه های عصبی واقعی مهم است. حالت نهایی شبکه عصبی کلاسیک تشخیص یک الگو، قطعه بندی یک تصویر یا رسیدن به نتیجه یک محاسبه می باشد. به عبارت دیگر در یک نقطه ثابت متوقف شده و آن را به عنوان جواب مسئله ارائه می‌دهد. مغز انسان دارای پویایی و تنوع است و هیچ گاه در یک نقطه متوقف نمی شود و دائم در حال حرکت است به طوری که توقف عملکرد آن به منزله مرگ می باشد چنانچه نبود سیگنال مغزی یکی از نشانه های مرگ مغزی است. برای این پویایی عملکرد شبکه های عصبی طبیعی شواهدی آورده اند که در ادامه به طور مختصر به تعدادی از آن ها اشاره می کنیم.

۱-۲- پویایی در سیگنال های مغزی

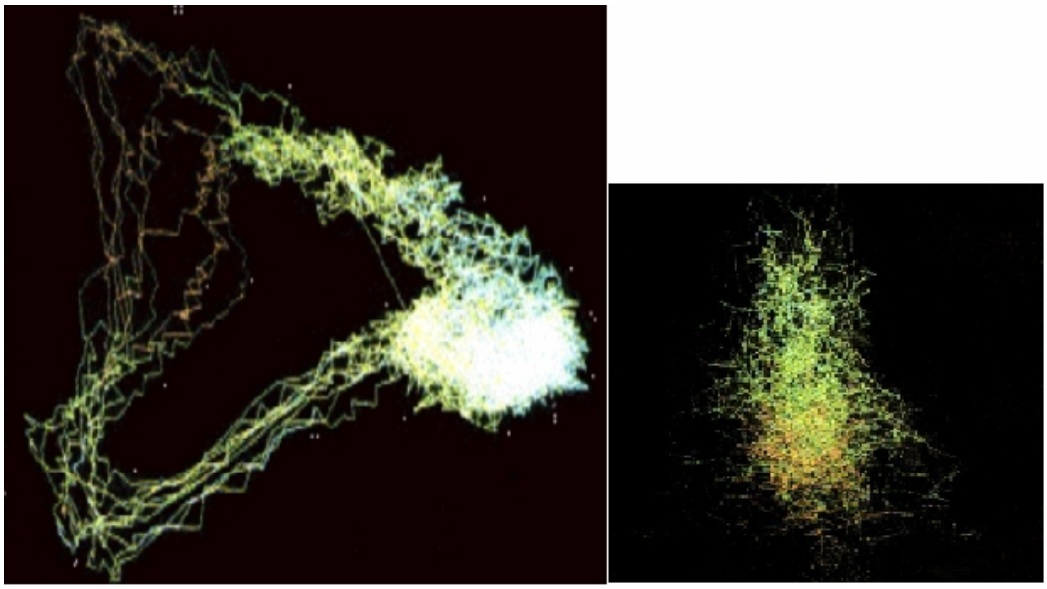
یکی از ویژگی های مهم مغز توانایی آن در تولید امواج ا لکتریکی و مغناطیسی کم دامنه و فرکانس پایین می باشد که در داخل مغز و در سطح جمجمه مشاهده شده است. این امواج، امواج مغزی یا *EEG*[1] نامیده می شوند. امواج *EEG* در طول حیات وجود دارند به طوری که غیبت آنها یکی از علائم مرگ مغزی می باشد. این امواج به شدت به حالت های رفتاری انسان حساس هستند به طوری که برای تعیین سطوح خواب و بیهوشی، سطوح هوشیاری و درک و تحریکات هیجانی مورد استفاده قرار می گیرند. تفسیر این سیگنالها مشکل است زیرا ویژگی آماری آنها مشابه متغییرهای تصادفی و نویز رنگی می باشد. پیشرفت های جدید در دینامیک های غیر خطی و نظریه آشوب نشان داده است که امواج *EEG* تنها نشان دهنده فرایندهای تصادفی نیستند بلکه دارای خاصیت آشوب گونه مشخص می باشند. دینامیک این امواج به صورت تصادفی در حال چرخش در طول مسیرهای نا پایدار است و به صورت خودمختار و ناگهانی یک پاسخ پیشنهادی متناوب به تحریک خارجی می دهند وبه سادگی توانایی سوئیچ کردن ازیک جاذب به جاذب دیگر ، در پاسخ به تحریک خارجی را دارند[۱،۲]. شکل ۱-۱الف یک شکل دوبعدی از تصاویر ویدیویی سه بعدی *EEG* بدست آمده از سیستم بویایی موش صحرایی در حالت بیداری ، استراحت و بدون حرکت به مدت ٤ ثانیه نشان را می دهد. نقطه ای که در این فضا حرکت می کند مسیری[2] رادر فضا ایجاد می کند که به صورت جاذب عجیب می باشد. شکل ۱-۱ب مسیر *EEG* همان موش را در طول حمله صرع نشان می دهد همانطوری که مشاهده می شود در این حالت سیگنال *EEG* از جاذب آشوب گونه خود خارج شده و در یک جاذب دیگر که خارج از جاذب قبلی است قرار می گیرد [۱].

۱-۳- دینامیک آشوب گونه در عملکرد یک نورون

فعالیت آشوب گونه سلولها نقش اساسی در ایجاد خاصیت آشوب گونه شبکه های عصبی دارد به طوری که خیلی از ویژگی های آشوبی شبکه وابسته به رفتار آشوب گونه تک نورون می باشد. رفتار آشوب گونه در نورون ها به صورت میکروسکوپیک مشاهده شده است. برای مثال غشا آکسون *Squid* در پاسخ به تحریک سینوسی متناسب با فرکانس و قدرت تحریک پاسخ پریودیک یا آشوب گونه از خود نشان می دهد[۳]. (شکل۱-۲) مشاهدات نشان مدهند که تحریک پریودیک نورون یا عضله قلب باعث ایجاد پاسخ های آشوب گونه می شود (به ازای قدرت و فرکانس خاص تحریک) [۳].

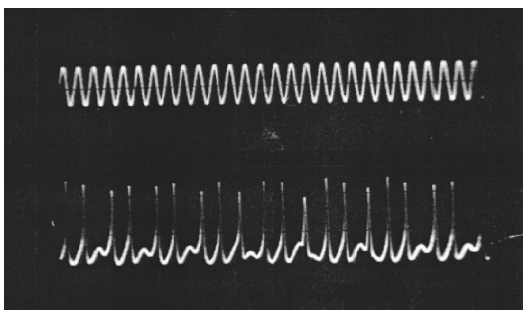
1 Electroencephalogram

2 Trajectory



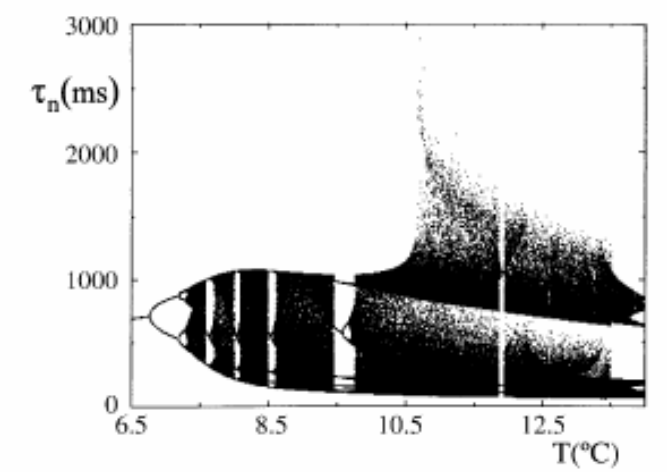
ب)　　الف)

شکل۱-۱- الف) یک شکل دوبعدی از تصاویر ویدیویی سه بعدی *EEG* بدست آمده از سیستم بویای موش صحرایی در حالت بیداری ، استراحت و بدون حرکت به مدت ٤ ثانیه . نقطه ای که در این فضا حرکت می کند مسیری رادر فضا ایجاد می کند که به صورت جاذب عجیب می باشد. ب) مسیر*EEG* همان جانور را در طول حمله صرع نشان می دهد[۱].



شکل۱-۲- غشا آکسون *Squid* در پاسخ به تحریک سینوسی متناسب با فرکانس و قدرت تحریک پاسخ پریودیک یا آشوب گونه از خود نشان می دهد.[۳]

در شکل۱-۳ نمودار دوشاخه شدگی مدل *Hodgkin_Huxley* یک نورون حساس به دما رسم شده است. در این شکل فاصله بین اسپایک ها (τ_n) بر حسب پارامتر دوشاخه شدگی دما ($T\,^{\circ}C$) رسم شده است.



شکل ۱-۳- نمودار دوشاخه شدگی مدل *Hodgkin_Huxley* یک نورون حساس به دما رسم شده است.[٤]

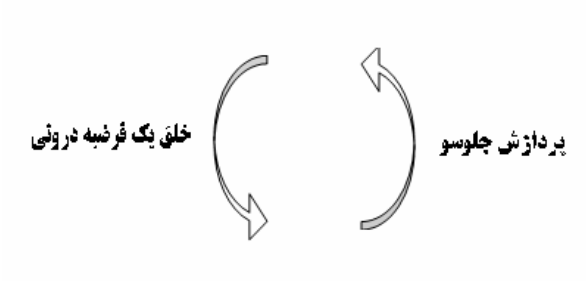
۱-٤- پویایی در عملکرد ساختارهای زیر سلولی (کانال ها)

منشاء فعالیت نورون ها تغییر هدایت پروتئین های خاص موجود در غشاء سلول ها که کانال نامیده می شوند می باشد. این کانال ها به یونها اجازه حرکت از فضای داخل سلولی به فضای بیرون سلولی و بالعکس می دهند. تکنیکهای الکتروفیزیولوژی کلاسیک تنها قادر به ثبت متوسط فعالیت هزاران کانال در سطح سلول هستند بنابراین مدلهای ارائه شده بر اساس این داده ها تنها به بیان متوسط فعالیت کانال ها پرداخته اند. در روش های جدید ثبت، رفتار یک کانال به تنهایی مورد مشاهده قرار گرفته است و مشخص شده است که بازو بسته شدن کانال حالت رندوم گونه دارد. گروهی از محققان معتقد به تصادفی بودن عملکرد آنها هستند و گروهی معتقدند که مدلهای مبتنی بر نظریه آشوب می توانند این خاصیت کانال ها را مدل نمایند. حال سؤالی که مطرح می شود این است که چرا برای بررسی رفتار نورون ها از مدل های معین استفاده می کنند در حالی که آنها در عمل دارای رفتار غیر معین می باشند؟! شاید رفتار نوسانی هزاران کانال موجود در یک سلول و میلیون ها سلول طوری باهم همزمان می شوند که در نهایت یک رفتار متوسط معین ایجاد می کنند[۳].

برای ایجاد رفتار دینامیکی (از جمله رفتار آشوب گونه) در یک سیستم باید آن سیستم دارای اتصال بازگشتی باشد. بنابراین شبکه های عصبی مصنوعی‌ای می توانند رفتار آشوب گونه یا دینامیکی داشته باشند که در آنها به نوعی اتصال بازگشتی وجود داشته باشد حال سؤالی که مطرح می شود این است که آیا در شبکه های عصبی طبیعی نیز رابطه بازگشتی وجود دارد؟

۱-۵- پردازش دوسویه در قشر مخ

به نظر می رسد که قشر مخ هنگام ادراک ورودی های حسی نوعی استدلال فرضیه ای را اجرا می کند. به این صورت که در پاسخ به ورودی حسی، ابتدا یک فرضیه کلی اولیه ولی زمخت و نیازمند اصلاح و پالایش را به عنوان تفسیر جلوسوی الگوی ورودی تولید می کند و سپس این فرضیه تحت قیود خود مورد پالایش قرار می گیرد. به این ترتیب ادراک ورودی های حسی در قشر مخ، دفعتا و لحظه ای نیست بلکه در طی مراحل مجزای متوالی انجام می شود که قویا می تواند توسط اثرات بالا به پایین معادل سازی شود. تفسیر ورودی حسی در مغز ابتدا فعال سازی یک بازنمایی در سطوح بالاتر است سپس پردازشی بر روی این بازنمایی انجام می شود تا یک فرضیه داخلی که با ورودی حسی مربوطه بیشترین ارتباط را دارد دوباره تولید و خلق شود. و سپس این فرضیه دوباره مورد بازنمایی قرار می گیرد. این فرایند بازگشتی تا رسیدن به یک بازنمایی مناسب ادامه می یابد. این خلق یک فرضیه درونی و بکار گیری آن جهت پیش گویی ورودی بعدی، با عث می شود که مسئله تصمیم گیری بسیار بعدی بازگوئی و تفسیر ورودی حسی موازی و انبوه، به مقایسهای ساده ما بین دو وضعیت ورودی و پیشگوی شده آن تقلیل یابد[۵].



شکل (۱-۳) پردازش دوسویه در قشر مخ

۱-٦- شرح مسئله

شواهد موجود در مورد رفتار آشوب گونه شبکه های عصبی طبیعی موجب گردیدند تا محققین به سمت وارد کردن نظریه آشوب در مدل های شبکه عصبی حرکت کنند. اولین قدم در این زمینه ارائه مدلهایی بود که تنها قادر به ایجاد رفتار ظاهری نورون ها باشند یعنی فقط هدف ارائه مدلی بود که بتواند رفتاری مانند رفتار آشوب گونه یک نورون واقعی را داشته باشد. به عنوان مثال در مرجع [٦] مدلی بر اساس مدل مبتنی بر رسانایی *Hodgkin_Huxley* ارائه شده است که قادر به مدل کردن رفتار آشوب گونه نورون بیولوژیکی خرچنگ دریایی می باشد. خروجی این مدل شبیه نتایج عملی

بدست آمده از نورون واقعی است. این گونه مدل ها تنها به مدل کردن رفتار ظاهری نورون واقعی پرداخته و خاصیت پردازشی این رفتارها در آنها مورد توجه نبوده است.

دسته دیگر از محققین با توجه به مدل های ارائه شده برای شبکه عصبی مصنوعی با قابلیت پردازش، به دنبال مدل هایی هستند که ضمن همخوانی با این گونه شبکه های عصبی قادر به ایجاد رفتارهای آشوب گونه باشند. دراین دسته از مدل ها تنها رفتار یک نورون یا دسته کوچکی از نورون ها مورد بررسی قرار گرفته و به تحلیل روابط بین متغیرها و پارامترهای شبکه و تعیین محدوده هایی که نورون رفتار آشوب گونه دارند پرداخته اند. برای مثال در مرجع [۷] یک شبکه هاپفیلد کوچک مورد بررسی قرار گرفته است و محدوده ای که قرار گرفتن وزن ها در آن باعث آشوب می شود تعیین شده است. در مرجع [۸] مدلی از نورون آشوب گونه را ارائه کرده‌اند که تابع فعالیت نورون آن تابع سیگموئید است و نورون دارای فیدبک داخلی و خارجی می باشد. در این جا نیز به بررسی محدوده هایی که باعث آشوب می گردد پرداخته اند. در این مراجع اشاره ای به چگونگی استفاده از شبکه های آشوب گونه معرفی شده در کارهای کاربردی نشده است. این دسته از مدل ها بزرگ ترین دسته از شبکه های عصبی آشوب گونه را تشکیل می دهند.

دسته معدودی از مدل های شبکه آشوب گونه وجود دارند که ضمن دارا بودن خاصیت آشوب گونه دارای توان پردازشی نیز می باشند. از آنجایی که این دسته از مدل ها در آغاز راه می باشند توان پردازشی پایینی دارند. به عنوان مثال مدل ارائه شده در مرجع [۹] که برای حذف نویز استفاده شده است تنها به پردازش شش تصویر کوچک پرداخته است.

در این پروژه به دنبال طراحی شبکه عصبی از نوع سوم می باشیم. قصد داریم مدلی طراحی نماییم که در آن از قدرت انعطاف و تنوع آشوب استفاده نموده و بر توان پردازشی شبکه کلاسیک بیفزاییم. در این پروژه قصد داریم تا کارایی شبکه های عصبی آشوب گونه در بازشناسی الگوها را در مقایسه با عملکرد شبکه های عصبی غیر آشوب گونه مانند شبکه هاپفیلد، مورد ارزیابی قرار دهیم. برای این منظور وظیفه بازشناسی حروف مجزای دست نوشتار را انتخاب کرده ایم.

در ادامه در فصل دوم به معرفی مختصر نظریه آشوب می پردازیم. مفاهیمی مانند نمودار دوشاخه شدگی و عدم تقاطع مسیر آشوب‌گونه در فضای حالت که از آنها در طراحی شبکه های عصبی آشوب گونه استفاده کرده ایم در این فصل توضیح داده شده‌اند. در فصل سوم به بررسی شبکه های آشوب گونه موجود پرداخته ایم در این فصل نورون های آشوب گونه موجود به سه دسته طبقه بندی شده‌اند: مدل های نورون آشوب گونه ای که تنها قادر به ایجاد رفتار آشوب گونه نورون های واقعی می باشند، مدل هایی از شبکه های آشوب گونه که بر اساس شبکه های عصبی کلاسیک عمل می کنند که در آنها بیشتر به دنبال ایجاد رفتار آشوب گونه در مدل های کلاسیک هستند و بحثی در مورد

اثر این رفتارها روی توان پردازشی شبکه نمی کنند و دسته سوم مدل هایی از شبکه های عصبی آشوب گونه با توان پردازشی می باشند و همانطوری که توضیح داده می شود این دسته از مدل‌ها از معدود دسته مدل های شبکه عصبی آشوب گونه موجود می باشند. در فصل چهارم نظریه انتخاب طبیعی معرفی می شود و با استفاده از یک شبکه جلوسو و نظریه انتخاب طبیعی به طراحی یک نمونه شبکه عصبی آشوب گونه می پردازیم. این شبکه بهبود زیادی در بازشناسی شبکه مرجع ایجاد نکرد. علت را در ماهیت بازگشتی بودن گره های آشوبی یافتیم که از هماهنگی کافی با شبکه جلوسو که فاقد خاصیت بازگشتی است، برخوردار نیستند، یافتیم. به این ترتیب تصمیم گرفته شد که نظریه انتخاب طبیعی را با شبکه بازگشتی آزمایش کنیم. این کار در فصل پنجم انجام شد که در آن از *NDRAM*[1] که یک شبکه بازگشتی می باشد استفاده شد. همانطوری که نشان داده می‌شود شبکه آشوب گونه ایجاد شده از توان پردازشی بسیار خوبی نسبت به شبکه بازگشتی مرجع برخوردار است.در فصل شش یک روش جدید برای استفاده از نظریه آشوب برای بالا بردن توان پردازشی شبکه عصبی کلاسیک معرفی شده است. در این فصل با همزمان سازی وزن های آشوب گونه، شبکه آشوب گونه ای طراحی شد که از قدرت پردازشی بسیار خوبی نسبت به شبکه مرجع برخوردار است. در فصل هفت براساس مفاهیم بیان شده در فصل پنجم، شبکه عصبی آشوب گونه ای برای بازشناسی ارقام مجزای دست نوشتار انگلیسی ارائه می شود و در فصل آخر نیز به جمع بندی و ارائه پیشنهادات پرداخته ایم.

[1] Nonlinear Dynamic Recurrent Associative Memory