

# SID



ابزارهای پژوهش



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه‌های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم‌های آموزشی

سامانه ویراستاری (ویرایش متون فارسی، انگلیسی، عربی)

کارگاه‌ها و فیلم‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

## بررسی مدل های ANN قابل پیاده سازی روی FPGA

شکراله محمدی نیا

دانشگاه جامع امام حسین(ع)

Sh.mohamadnia@gmail.com

دکتر رضا حق مرام

دانشگاه جامع امام حسین(ع)

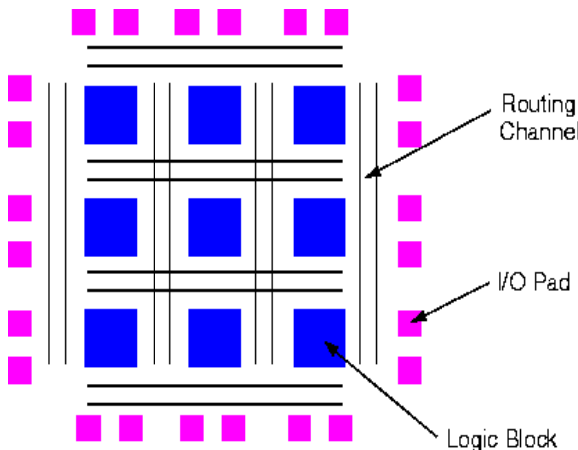
rhaghrm@ihu.ac.ir

مسلم تقی زاده

دانشگاه جامع امام حسین(ع)

Taghizadeh.uni@gmail.com

CLB پشتیبانی فیزیکی را برای برنامه ای که روی FPGA بارگذاری شده است فراهم می کند بخش دیگر اتصالات برنامه پذیر است که قسمت های مختلف FPGA را به هم متصل می کند و به آنها اجازه می



دهد که با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. این اتصالات قابل برنامه ریزی بوده و کاربران می توانند هر قسمت از اتصال آنها را تعریف کنند. شکل ۱ قسمت های مختلف یک FPGA را نمایش می دهد.

شکل ۱: قسمت های مختلف یک FPGA

### - مقدمه ای بر شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه های عصبی از اجزای ساده ای تشکیل شده اند که به صورت موازی کار می کنند. این اجزاء از سیستم های بیولوژیکی الهام گرفته اند. شبکه عصبی واژه ای برای توصیف گروهی از نرونها مغز به کار می رود یک نرون یک واحد از بلوک پردازش مغز می باشد و هزاران اتصالات در مغز انسان و عملگرهائی شبیه به آن وجود دارد. ANN سبکی برای شبیه سازی این شبکه عصبی بیولوژیکی به طور مصنوعی می باشد. یکی از عمده ترین تفاوت های بین عملکرد مغز انسان و سیستم های کامپیوتری مرسوم این است که مغز انسان می تواند اطلاعات جدید را گرفته و پردازش کند اما یک سیستم کامپیوتری متداول برای

**چکیده:** پیاده سازی شبکه عصبی بر روی دستگاه FPGA دارای دقت تقریباً واقعی می باشد. FPGA براساس معماری محاسباتی و با قابلیت پیکر بندی مجدد بوده و برای پیاده سازی شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) مناسب می باشد، چون ساختار موازی FPGA ها منطبق بر توپولوژی ANN ها می باشد. در این مقاله بعضی از نتایج بدست آمده از تحلیل های کمی شبکه های عصبی مصنوعی عرضه شده است. سه مدل از شبکه های عصبی مصنوعی (MLP,CMAC,ADAM) جهت پیاده سازی سخت افزاری در دستگاه FPGA بر روی داده گل سوسن بررسی و ارزیابی شده است. و در این بین حافظه ی انجمنی پیشرفته توزیع شده (ADAM) به عنوان مدل برگزیده برای پیاده سازی سخت افزاری روی FPGA پیشنهاد شده است.

**واژه های کلیدی:** شبکه عصبی مصنوعی، CMM,MLP,CMAC,ADAM,FPGA

### - مقدمه

معمولاً پیاده سازی شبکه های عصبی مصنوعی روی طرح سخت افزاری ویژه ای انجام می شود. و یا با نرم افزار روی PC مدل می شود. پیشرفت تکنولوژی FPGA ایجاد یک شبکه عصبی مصنوعی را روی چیپ FPGA یک امر شدنی ساخته است. FPGA یک سخت افزار قابل برنامه ریزی است که شامل ماتریسی از واحدهای منطقی برنامه پذیر و اتصالات بین آنها می باشد پیاده سازی FPGA در مقایسه با روش های پیاده سازی مرسوم یک تعادل مناسبی بین فاکتورهای طراحی معمول همچون هزینه، اندازه، توان مصرفی و سرعت عرضه می کند.

### - آشنایی با FPGA

FPGA یک IC ویژه می باشد که طراح می تواند تعداد دفعات زیادی طرح را دوباره پیکر بندی نماید بدون آنکه هزینه ای جهت تولید چیپ صرف کند. هر FPGA سه قسمت اصلی دارد که CLB (بلوک منطقی با قابلیت پیکربندی مجدد) مهمترین قسمت هر FPGA می باشد،

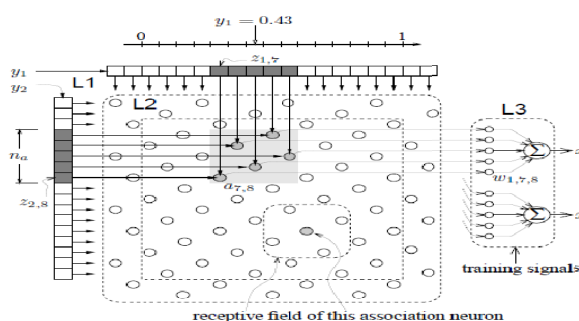
سازی در سخت افزار پر هزینه و مشکل میباشد و اگر هم پیاده سازی شود مقدار زیادی از منبع مصرف خواهد شد. اگر تابع سیگموئید بکار برود، خاصیت نمایی آن روی سخت افزار خیلی مخرب خواهد بود و اگر پیاده سازی شود سرعت یادگیری این شبکه خیلی پایین خواهد بود و نیاز به هزاران راه برای رسیدن به نقطه تعادل دارد. تمام این فاکتورها منجر به این میشود که یک شبکه عصبی MLP برای پیاده سازی بر روی دستگاه FPGA نامطلوب باشد [3].

### CMAC -

این مدل از شبکه عصبی بوسیله J.S.albus در ۱۹۷۵ پیشنهاد شده است. او از نگاشت حافظه به جای نرون های چند گانه با اتصالاتش به کار برد. بنابراین برای پیاده سازی سخت افزاری از MLP مناسب تر می باشد. این شبکه عصبی بیشتر به صورت جستجو در جداول پیاده سازی میشود.

### ۱-۵ یادگیری در CMAC

در مدل CMAC سه لایه وجود دارد که در شکل ۳ نمایش داده شده است.



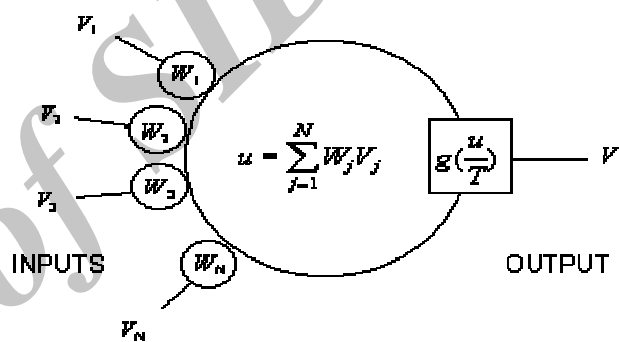
شکل ۳: نمایی از یک شبکه عصبی CMAC

**لایه اول:** ورودی را کوانتیزه می کند و دو رشته بیت برای ورودی مفروض تولید می کند. **لایه دوم:** اجتماع نرون ها را توصیف می کند، اساساً عمل AND منطقی را روی تمام ورودی هایش از ورودی مرتبط با لایه اول انجام می دهد. **لایه سوم:** وظیفه محاسبه جمع وزن ها و تولید یک خروجی را دارد که بر طبق مقایسه سیگنال آموزشی و تغییرات وزن می باشد. در این مدل مشابه MLP تا زمانیکه فرایند تعلیم کامل نشود تمام وزن ها تغییر می کند. بنابراین هرگاه داده ها یکسان باشد CMAC سریع تر است. چون محاسبات پیچیده کمتری دارد. و وزن به کار رفته برای این منظور کم است، بنابراین محاسبات انجام شده کمتری از MLP مفروض با همان مجموعه داده دارد. بنابراین CMAC بهتر از MLP برای پیاده سازی روی FPGA می باشد. به طور ثنوری CMAC یک مفهوم از بکارگیری خیلی زیاد حافظه برای

فهمیدن آنچه که انجام می دهد و تصمیمی که برای احتمالات از پیش تعریف شده می گیرد وابسته به برنامه ریزی می باشد. بنابراین یادگیری یک ویژگی مهم در ANN می باشد. از این رو یک ANN باید آموزش باید تا قادر به تصمیم گیری و تولید خروجی بر پایه آموزش تجربی نماید. از کاربردهای شبکه عصبی می توان به طبقه بندی، شناسایی، تشخیص الگو و... استفاده کرد.

### MLP -

مشهورترین نوع شبکه عصبی میباشد. هر واحد MPL تقریبی از یک نرون واقعی مغز است. شکل ۲ ساختار اساسی از هر نرون مصنوعی در شبکه عصبی را نمایش داده است. وزن ها و بایاس ورودی های چند گانه قبل از آنکه به خروجی برسند از یک تابع فعال عبور میکنند.



شکل ۲: ساختار یک نرون مصنوعی

تابع فعال معمولاً غیر خطی می باشد همچون یک تابع سیگموئید. تابع سیگموئید یک تابع توانی است که مقادیر مثبت و منفی را به ترتیب به بالا و پایین مرز بندی میکند. مقادیر در بین شیب تقریبی خطی میباشند و سیستم سیگموئید از نوع آنالوگ میباشد [1].

### یادگیری در MLP -

پس انتشار مرسوم ترین الگوریتم کاربردی برای تعلیم این مدل ANN می باشد. یک مقدار ورودی و خروجی مفروض است این شبکه به صورت برگشتی از خروجی به سمت ورودی کار می کند. در هر نرون، وزن ها تا زمانی که سیگنال های آموزشی با ورودی ها تطبیق بیابد تغییر خواهند کرد. زمانی که تمام وزن ها تنظیم شد، شبکه به نقطه پایدار رسیده و آموزش کامل شده است [2].

### پیاده سازی سخت افزاری MLP -

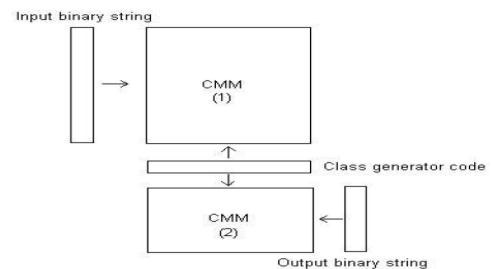
ذخیره سازی وزن آنالوگ در سخت افزار خیلی مشکل است. الگوریتم به روز شده وزن، با تابع محاسباتی پیچیده برای پیدا کردن مشتق از خطا و ضرب آنها سرو کار دارد. این قبیل توابع محاسباتی برای پیاده

طرح تمام جتماعات و پیوندها می باشد. این موضوع عمده نبوده ، زیرا دسترسی پذیری فراوان به حافظه چیپ وجود ندارد. و دوباره استفاده کردن از فضای حافظه تاثیر بحرانی روی عملکرد سیستم برای پراکندگی فضای دیتا دارد[4].

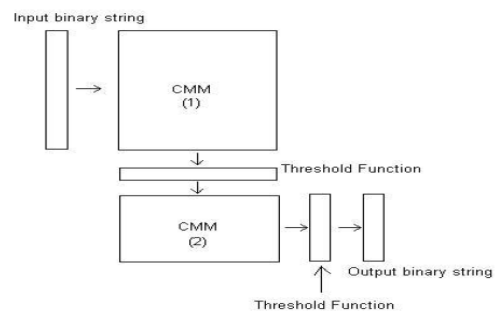
### - شبکه عصبی حافظه انجمنی توزیع شده

شبکه عصبی مصنوعی ADAM مدلی برای پیاده سازی روی FPGA برای این مقاله انتخاب شده است. این شبکه عصبی مصنوعی در مقاله ای به نام "The ADAM Associative Memory" توسط Jim Austin ارائه شده است. رئیس مطالب مقاله Jim در پردازش تصویر می باشد. بعضی از کاربرد های شبکه عصبی مصنوعی ADAM، آنالیز منظره و شناسایی الگو می باشد. و همچنین این شبکه عصبی از نوع دیجیتال میباشد. بنابراین گزینه مناسبی برای پیاده سازی سخت افزاری به روش های زیادی می باشد. که نسبت به MLP,CMAC دارای مزایای زیادی می باشد. دلایل و مقایسه های بیشتری برای ADAM در قسمت های بعدی ارائه خواهد شد.

یک نسخه سخت افزار تجاری، این سیستم را در چند سال گذشته توسعه داده است. این ANN شامل دو حافظه ماتریسی متناظر (CMM) می باشد. ضرورتاً هر ماتریس برای ذخیره داده تعلیم یافته می باشد. در شکل ۴ و ۵ نمایی از سیستم شبکه عصبی ADAM را در طی به ترتیب آموزش و تست نشان داده است.



شکل ۴: مرحله آموزش یک شبکه عصبی ADAM



شکل ۵: مرحله تست یک شبکه عصبی ADAM

۱-۶

### یادگیری ADAM در

در ابتدا کلیه مقادیر CMM1, CMM2

		CMM				
Recall data	1	1	0	1	1	0
	1	1	1	1	0	0
	0	1	0	1	0	0
	0	0	1	0	0	1
Sum-up		2	1	2	1	0
Threshold		1	0	1	0	0

2 صفر هستند. در این مرحله مقادیر داخل CMM1, CMM2 تنظیم میشوند. برای هر سیکل تعلیم سه پارامتر وجود دارد.

۱- داده ورودی ۲- داده خروجی مورد انتظار برای تناظر با داده ورودی ۳- کد مولد دسته

که توسط شبکه عصبی برای هر داده ورودی برای تعیین فضای حافظه تخصیص یافته تولید شده است. مقادیر در CMM1، مجموعه ای هستند که بوسیله انجام عمل AND منطقی روی ورودی و کد مولد دسته تولید میشوند. اگر نتیجه عمل یک باشد، CMM1 مشابه وضعیتی است که روی یک تنظیم می شود. در غیر این صورت CMM1 تغییر نکرده است. برای مثال اگر ورودی ۱۱۰۰ و کد دسته ۱۰۱۰۰ باشد پس

		Class data				
Input	1	1	0	1	0	0
	1	1	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
		CMM				

یک CMM1 ۴\*۵ در CMM1[0][2] مساوی یک تولید شده است. شکل ۶ به دیاگرامی جهت مثال نامبرده اشاره می کند.

شکل ۶: مرحله آموزش شبکه عصبی ADAM بوسیله داده ذخیره شده در حافظه و عمل AND منطقی

همین روش برای خروجی و دسته داده برای تولید CMM2 اعمال شده است. شکل ۴ سیستم را در طی مرحله تعلیم نمایش می دهد. اشباع حافظه زمانی اتفاق می افتد که تمام حجم آن با یک تنظیم شود. که منجر شده از تعلیم زیادی برای همان کد مولد کلاس استفاده شود. در حالت ایده ال کلاس مولد باید در طی هر مرحله تعلیم فرق کند. بنابراین CMM1 اشباع نخواهد شد.

زمانی که یک رشته ورودی باینری داخل شبکه برای تست کردن وارد شود تمام سطرها متناظر با آن در CMM1 با "۱" تنظیم میشود. رشته باینری ورودی به صورت فعال تنظیم می شوند. تعداد یک های فعال در هر ستون جمع شده و از توابع ترشولد عبور میکند. CMM2 نیز با روشی مشابه CMM1 تنظیم میشود.

مدل پیاده سازی شده در نرم افزار Python تطبیق داشته باشد. این زمانی اتفاق می افتد که یک مجموعه داده تعلیم شده و با همان داده تست شود خروجی باید روی هر دو مدل Python و سخت افزار یکسان باشد این خاصیت برای تست پیاده سازی سخت افزار برای صحت و اشکال زدایی سیستم در طی پیاده سازی به کار میرود. پیاده سازی سخت افزار با Verilog HDL در محیط Altra Quartus انجام میشود. طراحی با Flex 20k از خانواده دستگاه FPGA برای این هدف انتخاب شده است. طراحی با Verilog می تواند برای هر دستگاه خانواده FPGA مجدد کامپایل شود. بلوک های حافظه برای ذخیره کردن مجموعه ای از داده ها برای تست و تعلیم به کار می روند که می تواند به وسیله مدل هایی از پورت سریال جایگزین شود. که اجازه می هد ارتباطات با یک پیکر بندی صحیح PC با هدف تغذیه داده ی تعلیم و تست انجام می شود. که در این صورت به طور متناوب مجموعه داده تعلیم یافته می تواند از داخل سیستم از منابع مجموعه داده به صورت Real Time استفاده کند.

#### - نتیجه گیری

در جدول ۱ مقایسه ای بین خواص سه شبکه عصبی مصنوعی بررسی شده بر روی داده گل سوسن در دستگاه FPGA بیان شده است که عدد ۳ بیانگر بهترین عملکرد و عدد ۲ بیانگر عملکرد متوسط و عدد ۱ بیانگر بدترین عملکرد در بین سه مدل می باشد. پس به طور کلی شبکه عصبی ADAM به عنوان مدل برگزیده برای پیاده سازی سخت افزاری روی FPGA پیشنهاد میشود.

خاصیت	MLP	CMAC	ADAM
پیاده سازی بر روی سخت افزار	۱	۲	۳
دقت ANN در تشخیص الگو	۳	۲	۱
سرعت آموزش ANN	۱	۲	۳
مقیاس پذیری ANN برای داده های بزرگ با مقدار تکرار آموزش/تست زیاد	۱	۳	۳

جدول ۱: مقایسه بین مدل ها

#### مراجع

- [1] S V. Kartalopoulos. Neural. Network Paradigms. In Understanding Neural Network an Fuzzy Logic Basic Concepts and Application, The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc, New York, 1996.
- [2] D Graupe. The Perceptron. In Principles Of Artificial Neural Networks, World Scientific Publishing co. Pte. Ltd, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, January 1997.
- [3] D Graupe. Back Propagation. In Principles Of Artificial Neural Networks, World Scientific Publishing co. Pte.

مجموعه تمام علائم ستون با "۱" مطابق تابع ترشولد ورودی فعال میشوند. در این مرحله تابع ترشولد بعدی روی سرتاسر تمام سطرهای CMM2 اعمال خواهد شد. شکل ۷ اشاره میکند به یک دیگرامی که این فرایند را نمایش میدهد.

شکل ۷: مقادیر از CMM که جمع شده و ترشولد شده می باشند

مهمترین عملیات ADAM گیت AND منطقی و تابع ترشولد می باشد که شامل جمع می باشد. به کارگیری تابع ترشولد به جای دیگر تابع های سیگموییدو شیب میباشد. توابع ترشولد به نوعی دیجیتالی می باشد و آسیب کمتری روی سخت افزار میرساند. CMM میتواند در حافظه چپ ها ذخیره شده و اندازه آن بوسیله تعدادی از ورودی ها و تعداد خروجی ها و تعداد تعلیم تعیین میشود. در حالت ایده ال اندازه CMM1 در بیت خواهد بود:

اندازه ورودی \* کلاس مولد = تعداد تکرار تعلیم

و اندازه CMM2 در بیت:

اندازه خروجی \* کلاس مولد = تعداد تکرار تعلیم

اندازه CMM به تعداد تکرار تعلیم برای تضمین یک انتشار خوب داده از ذخیره تعلیم داخل حافظه وابسته است. ممکن است از همان مولد کلاس روی تعدادی از تکرار تعلیم استفاده شود از این رو اندازه CMM کمتری نیاز است [5].

#### - مقایسه بین شبکه های عصبی بررسی شده

از سه ANN بررسی شده بالا شبکه عصبی مصنوعی ADAM برای پیاده سازی سخت افزاری روی FPGA مناسب می باشد. چون نیاز به عملیات معماری پیچیده ندارد. شبکه عصبی ADAM فقط نیازمند جمع و تابع ترشولد دیجیتالی به جای استفاده از سیگمویید ها و تابع شیب و یا انواع دیگر ANN آنالوگ می باشد. می توان تقریباً "داده را به طور مستقیم داخل فضای حافظه در طی تعلیم مشابه CMAC نگاشت کرد. اما در طی تست و تعلیم به میزان محاسبات کمتری نیاز دارد. ADAM یک شبکه عصبی با وزن کمتری می باشد که فقط وزن مورد نیاز برای تعلیم ANN را عبور میدهد. بنابراین سریع ترین تعلیم نسبت به سه مدل دیگر دارد. شبکه عصبی مصنوعی MLP در سه مدل از نظر سرعت و مقیاس بندی ضعیف ترین می باشد. چون ساختار شبکه زمانیکه در حال تعلیم یا تست کردن می باشد، نیازمند انتشار از میان تمام ANN میباشد. در حالی که بیشتر ساختار ADAM, CMAC فقط مجبور است از میان رشته هایی که با آن رابطه دارد عبور کند.

#### - تحلیل پیاده سازی و توصیف ساخت

هدف، پیاده سازی شبکه عصبی ADAM روی یک دستگاه FPGA می باشد. رفتار سیستم پیاده سازی شده در سخت افزار باید با رفتار

Ltd, Singapore, New Jersey ,London, Hong Kong, January 1997.

- [4] R Smith.Russel smith,Ph.D-Home,Get the thesis,chapter3. From <http://q12.org/phd/thesis/chapter3.pdf> retrieved at 24<sup>th</sup> April 2005/4/24.
- [5] The University of York Department of Computer science, Advanced Computer Architecture Group Neural Network. From <http://www.cs.york.ac.uk/arch/neural/research/adam/theory> Retrieved at 24<sup>th</sup> April 2005

Archive of SID

# SID



ابزارهای پژوهش



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه‌های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم‌های آموزشی

سامانه ویراستاری (ویرایش متون فارسی، انگلیسی، عربی)

کارگاه‌ها و فیلم‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران