

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پردیس خوارزمی

سازه های هیدرولیکی

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی الگوریتم های ماهواره ای سنجش برف در استان ایلام

استاد راهنما

دکتر سعید گلیان

پژوهشگر

سامان موسوی

اسفند ۱۳۹۴

ب

تقدیم بہ

پدر و مادر

حامیان، ہمیشگی

تشکر و قدردانی:

گرچه زبان و قلم ناتوان و عاجز از بیان زحمت ها و بزرگواری های عزیزانی است که مرا در انجام این رساله یاری نمودند؛ اما به حکم ادب و معرفت بر خود لازم می دانم که در این مجال اندک، سپاس قلبی خویش را بر آنها عرضه دارم و یاد و خاطره همه آنها را برای همیشه جاودان نگه دارم:

- استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر سعید گلیان که در تمامی مراحل انجام این پژوهش در جهت پیشبرد این کار پژوهشی از هیچ کوششی دریغ نورزیدند.

- ریاست محترم و همچنین کارمندان بزرگوار سازمان آب منطقه ای استان ایلام.

و در پایان از تمامی عزیزانی که به نحوی اینجانب را در انجام این پژوهش یاری دادند و در اینجا از آنها یاد نشد ضمن پوزش تشکر و قدردانی می گردد.

چکیده

برف یکی از اشکال مهم بارش در چرخه هیدرولوژی مناطق کوهستانی است. ذخایر برفی در حوضه های کوهستانی از منابع آبی پر اهمیت و قابل اطمینان کشورند و شناخت دقیق و کمی آب معادل برف اهمیت زیادی دارد. آب حاصل از ذوب برف، می تواند رطوبت خاک و ذخیره آب زیرزمینی و منابع آب دریاچه ها و رودخانه ها را تامین کند. پیش بینی دقیق و زمان بندی رواناب برف برای مدیریت توزیع آب، لازم و ضروری است. اندازه گیری و سنجش برف در حوضه های کوهستانی و شناخت تغییرات آن به دلیل عدم دسترسی مناسب، ضرورت کاربرد روش های غیر مستقیم از جمله تحلیل داده های دورسنجی را نشان می دهد. فناوری سنجش از دور دارای کاربردهای فراوانی در مطالعات مختلف محیطی از جمله در زمینه برف و یخ است. پوشش مکانی زیاد تصاویر ماهواره ای، سهولت دسترسی به تصاویر، رزولوشن مکانی و زمانی دلخواه و پردازش سریع تصاویر با استفاده از کامپیوتر از مزایای علم سنجش از دور است. البته استفاده از داده های زمینی در کنار داده های ماهواره ای می تواند کارایی داده های ماهواره ای را در زمینه برف سنجی افزایش دهد.

تحقیق حاضر با هدف تخمین عمق برف با استفاده از تصاویر ماهواره ای و به کمک شبکه عصبی مصنوعی در ایستگاه برف سنجی گچان در استان ایلام صورت گرفته است. بدین منظور ۱۱۱ تصویر ماهواره ای از تولیدات روزانه سنجنده مودیس (MOD10A1) مربوط به سال های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ از سایت مرکز بین المللی اطلاعات برف و یخ (www.nsidc.org) دریافت شد و پس از پردازش تصاویر، از پارامترهای تعریف شده در آنها به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق، یک شبکه پرسپترون چندلایه (MLP) می باشد که از پارامترهای دریافت شده از تصاویر ماهواره ای به عنوان ورودی های شبکه عصبی مصنوعی و از داده های ثبت شده توسط ایستگاه برف سنجی به عنوان هدف شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. با مقایسه شبکه های عصبی مصنوعی با معماری های مختلف ملاحظه شد که بهترین شبکه عصبی مصنوعی، شبکه ای با یک لایه پنهان و ۱۴ نورون در آن است. ضریب همبستگی بین داده های خروجی و هدف در تعداد ۱۴ نورون در لایه مخفی، برای داده های آموزش و تست بیشترین میزان را دارد که به ترتیب برابر با ۰/۹۸ و ۰/۹۹ می باشد. با توجه به عملکرد مناسب شبکه عصبی مصنوعی، از آن می توان برای پایش و پیش بینی عمق برف در محل ایستگاه های برف سنجی استفاده کرد. معمولاً بدلیل صعب العبور بودن این ایستگاه ها، اندازه گیری عمق برف بصورت نامنظم و تنها به تعداد بسیار محدودی در هر سال انجام می شود، در حالی که با توسعه روش پیشنهادی در این پایان نامه و با توجه به در دسترس بودن داده های سنجنده مودیس بصورت روزانه می توان عمق برف را در محل ایستگاه ها با دقت بسیار مناسبی برآورد نمود.

واژه های کلیدی: سنجش از دور، عمق برف، تصاویر مودیس، شبکه عصبی مصنوعی.

فهرست مطالب

۱	فصل ۱: کلیات تحقیق
۲	۱-۱- بیان مسئله.....
۳	۲-۱- اهداف تحقیق.....
۴	۳-۱- ویژگی های منطقه مورد مطالعه.....
۴	۲-۳-۱- موقعیت ایستگاه برف سنجی مورد مطالعه.....
۵	۴-۱- سازمان بندی پایان نامه.....
۷	فصل ۲: مروری بر مطالعات گذشته
۸	۱-۲- مقدمه.....
۸	۲-۲- تاریخچه علم سنجش از دور.....
۹	۱-۲-۲- تاریخچه عکس های هوایی.....
۱۳	۲-۲-۲- تاریخچه تصاویر ماهواره ای.....
۱۳	۳-۲- سابقه استفاده از تصاویر ماهواره ای در سنجش برف.....
۱۶	۴-۲- سابقه استفاده از شبکه عصبی مصنوعی.....
۱۹	فصل ۳: مواد و روش ها
۲۰	۱-۳- مقدمه.....
۲۰	۲-۳- سنجش از دور.....
۲۱	۱-۲-۳- انرژی الکترومغناطیسی.....
۲۲	۲-۲-۳- منبع انرژی الکترومغناطیس.....
۲۲	۳-۲-۳- طیف الکترومغناطیس.....
۲۳	۴-۲-۳- منحنی رفتار طیفی.....
۲۳	۵-۲-۳- جذب اتمسفری.....
۲۴	۶-۲-۳- پراکنش اتمسفری.....
۲۴	۷-۲-۳- سکو.....
۲۴	۸-۲-۳- شاتل.....
۲۵	۹-۲-۳- اطلاعات رستری.....
۲۵	۱۰-۲-۳- پیکسل.....
۲۵	۱۱-۲-۳- انتشار امواج الکترومغناطیس.....
۲۶	۱۲-۲-۳- مفهوم طول موج و فرکانس.....
۲۶	۱۳-۲-۳- سنجنده.....
۲۸	۱۴-۲-۳- سنجنده مودیس.....
۳۱	۳-۳- شبکه های عصبی.....
۳۲	۲-۳-۳- پیدایش شبکه های عصبی.....
۳۴	۳-۳-۳- مدل نرون.....
۳۴	۱-۳-۳-۳- مدل نرون تک ورودی.....

۳۵	 مدل نورون چند ورودی
۳۶	 توابع محرک
۳۹	 ساختار شبکه های عصبی
۴۲	 معرفی سه شبکه عصبی ساده
۴۵	 معیار انتخاب بهترین شبکه عصبی مصنوعی
۴۶	 نرمال کردن داده ها

فصل ۴: نتایج

۴۸	 دریافت تصاویر
۴۹	 پردازش تصاویر
۵۰	 تعیین وضعیت محل ایستگاه
۵۱	 استخراج پارامترهای تعریف شده در تصاویر
۵۳	 ایجاد شبکه عصبی مصنوعی

فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵۸	 مقدمه
۵۸	 خلاصه کار
۵۹	 نتایج
۶۰	 پیشنهادات

مراجع

پیوست

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) نقشه تقسیمات کشوری و موقعیت جغرافیایی استان ایلام ۴
- شکل (۲-۱) مختصات جغرافیایی ایستگاه برف سنجی ۵
- شکل (۱-۲) اولین عکس هوایی از شهر بوستون ۱۰
- شکل (۲-۲) عکس هوایی دروازه شمال ۱۲
- شکل (۱-۳) مختصات موج الکترومغناطیس ۲۶
- شکل (۲-۳) نحوه عملکرد شبکه‌های عصبی ۳۲
- شکل (۳-۳) نورون عصبی زیستی ۳۳
- شکل (۴-۳) مدل نورون تک ورودی ۳۴
- شکل (۵-۳) مدل چند ورودی یک نورون ۳۵
- شکل (۶-۳) فرم ساده شده نورون با R ورودی ۳۶
- شکل (۷-۳) تابع خطی ۳۷
- شکل (۸-۳) تابع محرک آستانهای دومقداره حدی ۳۷
- شکل (۹-۳) تابع محرک سیگموئید ۳۹
- شکل (۱۰-۳) شبکه تک لایه ۳۹
- شکل (۱۱-۳) شبکه چند لایه ۴۱
- شکل (۱۲-۳) شبکه عصبی مصنوعی ۴۱
- شکل (۱۳-۳) شبکه پرسپترون تک لایه ۴۲
- شکل (۱۴-۳) الگوهای 'O' و 'X' ۴۳
- شکل (۱۵-۳) نمونه یک نورون ۴۳
- شکل (۱۶-۳) شبکه همینگ ۴۴
- شکل (۱۷-۳) شبکه هاپفیلد ۴۵
- شکل (۱-۴) موقعیت کشور ایران بر اساس اندکس تصاویر سنجنده مودیس ماهواره ترا ۴۸
- شکل (۲-۴) تصویر خام دریافت شده با فرمت hdf ۴۹
- شکل (۳-۴) تصویر زمین مرجع شده با فرمت tiff ۴۹
- شکل (۴-۴) وارد کردن تصاویر به محیط نرم افزار ENVI 4.8 ۵۱
- شکل (۵-۴) وارد کردن مختصات محل ایستگاه در نرم افزار ۵۲
- شکل (۶-۴) اطلاعات دریافت شده از محل ایستگاه ۵۲
- شکل (۷-۴) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی مصنوعی برای تعداد ۱۴ نورون ۵۶
- شکل (۸-۴) نتایج حاصل از تست شبکه عصبی مصنوعی برای تعداد ۱۴ نورون ۵۶

فهرست جداول

جدول (۱-۳) توابع محرک با علائم قراردادی.....	۳۸
جدول (۱-۴) جداول ارائه شده توسط سایت مرکز بین المللی اطلاعات برف و یخ.....	۵۰
جدول (۲-۴) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی مصنوعی.....	۵۴
جدول (۳-۴) نتایج حاصل از تست شبکه عصبی مصنوعی.....	۵۵

فصل ۱:

کلیات تحقیق

۱-۱- بیان مسئله

برف یکی از انواع مختلف بارش است که از چگالش توده های هوایی مرطوب در طی صعود و در شرایطی که درجه حرارت هوا کمتر از نقطه انجماد باشد ایجاد می شود. به طور متوسط ۶۰ درصد نیمکره شمالی در اواسط زمستان پوشیده از برف است؛ بیش از ۳۰ درصد زمین بارش فصلی برف دارد و حدود ۱۰ درصد از سطح زمین به طور دائم از برف و یخ پوشیده شده است. اگرچه بخش کوچکی از سطح کره ی زمین را مناطق کوهستانی در بر می گیرد، همین مقدار اندک در چشم انداز هیدرولوژیکی حوضه های آبریز تاثیر شگرفی دارد. در کشور ما هیدرولوژی برف مقوله ای است که کمتر به آن پرداخته شده است. این در حالی است که اکثر رودخانه های کشور، که جریان دائم دارند، حوضه ی آبریزشان برفگیر است. همچنین، بیشتر چشمه ها و دریاچه های آب شیرین نیز در حوضه های برفگیر قرار دارند. بررسی های انجام شده در کشور نشان می دهد که حدود ۶۰ درصد آبهای سطحی و ۵۷ درصد آبهای زیرزمینی کشور در مناطق برفگیر جریان دارد. این رقم در برخی مناطق غرب تا حدود ۹۰ درصد فزونی می یابد. ذخایر برفی حوضه های کوهستانی از منابع آبی مهم کشور است که شناخت دقیق کمیت این منابع به لحاظ ارزش روزافزون آب شیرین و هم به دلیل بهره برداری بهینه از منابع آب ضروری است. بخشی از آب مورد نیاز برای کشاورزی در جهان از ذوب برف های باریده شده در زمستان تامین می شود. علاوه بر کشاورزی، برف در تامین آب مورد نیاز برای شرب نیز نقش بسیار مهمی دارد. مسئله تامین آب شرب در سال هایی که خشکسالی بر منطقه حکم فرما باشد یا شرایط کلی آب و هوایی منطقه خشک و نیمه خشک باشد اهمیت بیشتری پیدا می کند. همچنین، پوشش برف آثار در خور توجهی در آب و هوا مانند انرژی تابشی منطقه ای و گردش جوی و حرارتی دارد.

با توجه به الگوی پراکنش مکانی عمق برف در مناطق مختلف یک حوضه پهنه بندی عمق برف امری ضروری است. با توجه به اینکه جمع آوری داده های دقیق در این مورد نیازمند صرف وقت و هزینه زیادی است و نیز با توجه به سطح وسیع مناطق کوهستانی و برف گیر کشور و نیز تنگناها و مشکلات زمانی و

مالی، فراهم کردن داده های پایه از سطح این مناطق با روش های موجود دشوار است. بنابراین با توجه به پیچیدگی فرایند برآورد عمق برف و مشکلات موجود در اندازه گیری پارامترهای برف در مناطق کوهستانی و همچنین ناکافی بودن ایستگاه های برف سنجی در مناطق مرتفع، کاربرد روش های آماری و نو ضروری است.

شبکه های عصبی مصنوعی^۱ نیز جزو سامانه های دینامیکی اند که با پردازش داده های تجربی قانون نهفته در ورای اطلاعات را به ساختار شبکه منتقل می کنند و ابزار موثری برای مدل کردن سیستم های غیر خطی و پیچیده اند. مزیت شبکه های عصبی نسبت به سیستم های دیگر قدرت یادگیری آنها در مقیاس خیلی کوچک از محیط پیرامونشان و توانایی تعمیم این یادگیری است. درباره ی کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در هیدرولوژی برف تا کنون مطالعات معدودی بخصوص در کشور ایران انجام شده است. در این پژوهش سعی شده است که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و با دخالت دادن دو پارامتر بدست آمده از تصاویر ماهواره ای مقدار عمق برف در یک حوضه ی آبریز واقع در استان ایلام بررسی شود.

۱-۲- اهداف تحقیق

در این تحقیق سعی بر این است که با استفاده از تصاویر ماهواره ای و داده های ثبت شده در ایستگاه برف سنجی گچان واقع در شهرستان ایلام، مقدار عمق برف در محل ایستگاه توسط شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی شود. در این راستا از دو نرم افزار ENVI 4.8 و MATLAB R2014a برای پردازش تصاویر و ایجاد شبکه عصبی مصنوعی استفاده میشود. در بهره گیری از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی عمق برف، از پارامترهای تعریف شده در تصاویر ماهواره ای بعنوان ورودی شبکه استفاده شده است. سپس نتایج حاصل شده از آن با داده های ثبت شده توسط ایستگاه مقایسه میشود.

۱-۳- ویژگی های منطقه مورد مطالعه

استان ایلام با وسعت ۲۰۱۵۰ کیلومتر مربع و ۱,۲ درصد مساحت، از نظر وسعت بیست و دومین استان کشور محسوب می شود. موقعیت جغرافیایی آن روی کره ی زمین بین ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ (مبدا) و ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی از خط استوا قرار دارد. این استان در غرب کشور واقع شده است شکل (۱-۱).



شکل (۱-۱) نقشه تقسیمات کشوری و موقعیت جغرافیایی استان ایلام

۱-۳-۲- موقعیت ایستگاه برف سنجی مورد مطالعه

ایستگاه برف سنجی مورد مطالعه در منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ قرار دارد. موقعیت جغرافیایی آن در نقطه ای با مختصات ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه و ۲۷,۴۷ ثانیه عرض جغرافیایی و ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۳۱,۰۴ ثانیه طول جغرافیایی، روی کوه گچان قرار گرفته است شکل (۱-۲). کوه گچان با ارتفاع ۲۳۳۰ متر از سطح دریا جزو کوه های مرکزی منطقه مانشت و قلارنگ در شمال شهرستان ایلام می باشد. منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ منطقه ای کوهستانی از سلسله جبال زاگرس است که سیمای آن از

ارتفاعات خیلی مرتفع و تپه ماهورهای ناهمگن و دره های عمیق تشکیل شده است. حدود ۷۵ درصد منطقه را تیپ اراضی کوهستانی، ۱۹ درصد را تیپ تپه ای و ۱۱ درصد را تیپ اراضی جلگه ای مرتفع تشکیل می دهد. بطور کلی منطقه به هفت واحد هیدرولوژیکی تفکیک شده است.



شکل (۲-۱) مختصات جغرافیایی ایستگاه برف سنجی

۴-۱- سازمان بندی پایان نامه

چگونگی انجام و نتایج این تحقیق در ۵ فصل سازمان بندی گردیده که به ترتیب ذیل می باشد:

فصل اول: کلیات تحقیق

در این فصل از پایان نامه ضرورت مطالعه ی برف بخصوص در حوضه های کوهستانی بصورت خلاصه توضیح داده شده است. همچنین هدف از انجام این تحقیق و چگونگی انجام آن به همراه برخی ویژگی های منطقه مورد مطالعه در این فصل از پایان نامه گنجانده شده است.

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته

در فصل دوم این پژوهش برخی از تحقیقاتی که تا کنون در زمینه‌ی برف سنجی با استفاده از علم سنجش از دور و همچنین شبکه‌های عصبی مصنوعی صورت گرفته، به همراه نتایج بدست آمده از آنها، عنوان شده است.

فصل سوم: مواد و روش‌ها

در این فصل از پایان نامه روش‌ها و ابزاری که در انجام این تحقیق مورد استفاده واقع شده‌اند، از جمله نرم افزارها و برخی روابط ریاضی به کار برده شده و همچنین نحوه‌ی استفاده از آنها توضیح داده شده است.

فصل چهارم: نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی

در فصل چهارم نحوه دریافت پارامترهایی که بعنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، توضیح داده شده است. همچنین نتایج بدست آمده از شبکه عصبی مصنوعی با معماری‌های مختلف، در قالب جداولی برای داده‌های آموزش و تست شبکه عصبی مصنوعی، ارائه شده است.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در فصل پایانی این تحقیق نیز نتایج کلی حاصل شده از این پژوهش به همراه پیشنهاداتی که می‌تواند در تحقیقات آتی در این زمینه موثر واقع شود، گنجانده شده است.

در قسمت انتهایی پایان نامه، منابع مورد استفاده آورده شده است.

فصل ۲:

مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه

بارندگی را می توان مهمترین عاملی دانست که بطور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد. منظور از بارندگی کلیه نزولات جوی است که به سطح زمین وارد می شوند. از زمانی که یک قطره باران در هوا تشکیل می شود تا موقعی که به زمین می رسد پدیده هایی رخ می دهد که بیشتر در قلمرو علم هواشناسی است. اما هنگامی که به سطح زمین رسید به عنوان اساسی ترین عنصر چرخه هیدرولوژی به حساب می آید. هر چند رطوبت موجود در هوا به لحاظ کمی در مقایسه با کل آب موجود در کره زمین زیاد نیست اما از نظر تامین آب قابل تجدید، مهمترین منبع حیاتی برای بشر به شمار می رود. زیرا بارندگی در واقع تراکم و ذرات ریز بخار آب موجود در هوا می باشد که بصورت باران، برف و یا شکل های دیگر به زمین می رسد.

تراکم رطوبت به عنوان فرایندی که عکس تبخیر می باشد در نظر گرفته می شود. شکل های مختلف میعان یا تراکم رطوبت، بسیاری از پدیده های زیبای هواشناختی را تشکیل می دهند، زیرا قبل از هرگونه بارندگی باید تراکم رطوبت به شکل ابر صورت گیرد.

۲-۲- تاریخچه علم سنجش از دور

تمام علوم و دانش هایی که توسط بشر به اوج شکوفایی و تکامل خود رسیده از یک سیر تحول و تکامل پیروی کرده، چه بسا در مراحل اولیه رشد آن علم کمبودها و نارسایی های فراوانی در آن مشاهده می شده است، اما با گذشت زمان و تلاش محققین آن علم همواره مراحل و بستر پیشرفت و توسعه آن علم فراهم شده است. علم سنجش از دور^۱ نیز از این قاعده مستثنی نبوده است. شاید هنگامی که اولین عکس در سال ۱۸۳۹ گرفته شد و بعد از آن در سال ۱۸۵۹ با استفاده از بالن عکسبرداری صورت گرفت،

کمتر کسی می‌توانست پیش‌بینی کند که از این تصاویر، چه استفاده‌هایی صورت می‌گیرد و آینده این علم به کدامین سو خواهد رفت. این در حالی بود که از عکس‌های هوایی جنگ جهانی اول (۱۹۱۴) جهت مقاصد نظامی استفاده فراوان شد. در سال ۱۹۶۰ اولین ماهواره هواشناسی در آمریکا به فضا پرتاب شد. سپس در سال ۱۹۷۲ اولین ماهواره تکنولوژی منابع زمینی به نام 'ERTS' به فضا پرتاب گردید که بعدها به لندست^۲ تغییر نام داد. از آن تاریخ تا به امروز ماهواره‌های زیادی به فضا پرتاب گردیده و تحولات زیادی در ابعاد طیفی، فضایی و مکانی سنجنده‌ها صورت گرفته، همچنین الگوریتم‌های فراوانی نیز جهت دستیابی و استخراج بهتر اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای ارائه گردیده است.

۲-۱-۲- تاریخچه عکس‌های هوایی

اولین عکس هوایی از بالن در سال ۱۸۵۹ به وسیله کاسپاروفیلکس تورناشون (Casparo- Felix- Tournachon) که بعدها به نام نادار (Nadar) مشهور شد از دهکده کوچکی نزدیک پاریس گرفته شد. یک سال بعد یعنی در سال ۱۸۶۰ میلادی ساموئل آکینگ (Samule. A. King) و جیمس دبلیوبلک (James. W. Black) از ارتفاع ۴۰۰ متری زمین (۱۲۰۰ فوت) از بالن، اولین عکس هوایی را از شهر بوستون گرفتند شکل (۱-۲).

اولین عکس هوایی از هواپیما توسط ویلبر رایت (Wilbur- Wright) در ۲۴ آوریل ۱۹۰۹ میلادی، از چنتوچیلی (Centocelli) در ایتالیا گرفته شد.

در جنگ جهانی اول، ۲۸ ژوئیه ۱۹۱۴ تا ۱۱ نوامبر ۱۹۱۸ میلادی و جنگ جهانی دوم، اول سپتامبر ۱۹۳۹ تا ۱۴ اوت ۱۹۴۵ میلادی، استفاده‌های گسترده‌ای از عکس‌های هوایی به عمل آمد.

کشور فرانسه در اواخر جنگ جهانی اول (۱۹۱۸ میلادی) قادر بود شبانه تا ۱۰۰۰۰ (ده هزار) عکس هوایی ظاهر و چاپ نماید. در یکی از حملات، کشور فرانسه در مدت ۴ شبانه‌روز ۵۶۰۰۰ (پنجاه و شش

۱ - Earth resources technology satellite

۲ - Landsat

هزار) عکس هوایی را چاپ کرده و به نیروهای آمریکایی تحویل داد. آمریکا توانست با استفاده از عکس‌های هوایی در سال ۱۹۱۸، ۹۰٪ تجهیزات نظامی دولت آلمان را در مسیر ارتش یکم، در خط اول جبهه تشخیص دهد.



شکل (۱-۲) اولین عکس هوایی از شهر بوستون

پس از جنگ جهانی اول، فعالیت‌های علمی و تجاری بسیاری در زمینه عکس‌های هوایی به عمل آمد و مجله «Photogrammetric Engineering» از سال ۱۹۳۴ میلادی به وسیله جامعه فتوگرامتری آمریکا، شروع به انتشار نموده (Manual of Photographic Interpretation 1960). همچنین مجلات دیگری در زمینه عکس‌های هوایی و تفسیر آنها، در آلمان به چاپ رسید. شاید مهم‌ترین تأثیر جنگ جهانی اول را در علم تفسیر عکس‌های هوایی بتوان، آموزش عده‌ی زیادی در بخش تفسیر عکس‌های هوایی دانست. هزاران زمین‌شناس، مهندس، جنگلبان، جغرافیدان، خاک‌شناس، در حین خدمت از لحاظ تئوری و عملی، تفسیر عکس‌های هوایی را فرا گرفتند.

تفسیر عکس‌های هوایی برای امور نظامی و غیرنظامی در اوایل سال‌های دهه ۱۹۳۰ میلادی به اندازه‌ای اهمیت پیدا نمود که در سال ۱۹۳۸ میلادی، رئیس ستاد ارتش آلمان (Werner Von Fritsch)

گفت: «کشوری که بتواند، شناسایی عکس‌های هوایی را به بهترین روش انجام دهد، برنده جنگ بعدی خواهد بود». از سپتامبر ۱۹۳۹ میلادی تا ماه مه ۱۹۴۰ میلادی کشور آلمان در جبهه غربی، تأسیسات نظامی و امکانات ترابری، از جمله فرودگاه‌ها، بنادر، پل‌ها، آبراهه‌ها و راه‌آهن‌ها را از نروژ تا فرانسه عکسبرداری هوایی نمود. حمله بهار ۱۹۴۰ میلادی آلمان به کشور فرانسه، با مطالعه عکس‌های هوایی برنامه‌ریزی شده بود (Manual of Photographic Interpretation 1960).

در شوروی (سابق) استفاده زیادی از عکس‌های هوایی، در جنگ با فنلاند در سال‌های ۱۹۴۰-۱۹۳۹ میلادی به عمل آمد و عکسبرداری شبانه در جنگ برای اولین بار، ضمن کسب موفقیت در آزمایش، به کار گرفته شد.

کشور انگلستان در سال ۱۹۴۰ میلادی با تفسیر عکس‌های هوایی خط مقدم جبهه، به تراکم نیروهای آلمان قبل از حمله به انگلستان پی برد و با بمباران این نیروها، باعث تأخیر و سرانجام لغو حمله شد.

پس از جنگ جهانی دوم، با بکارگیری دوربین‌های پیشرفته و انواع فیلم‌های عکاسی، پیشرفت در علم و فن عکسبرداری هوایی، همچنان ادامه یافت.

امروزه، عکس‌های هوایی برای تهیه نقشه و تفسیر پدیده‌های مختلف زمینی، در همه کشورهای جهان به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اولین پرواز برای تهیه عکس‌های هوایی در ایران در سال ۱۹۳۵ توسط یک آمریکایی به نام (Erich, Schmidt) به منظور انجام مطالعات باستان‌شناسی صورت گرفت. در تاریخ ۱۸ سپتامبر ۱۹۳۵ میلادی اولین عکس هوایی، از ارتفاع ۹۱۵ متری سطح زمین و با دوربین (F1.K.19) ساخت کارخانه زایس آلمان، از محلی به نام دروازه شمال (محل گرمسار فعلی)، بطور مایل گرفته شد شکل (۲-۲).

ابعاد عکس یاد شده ۱۸×۱۳ سانتیمتر و فاصله کانونی دوربین ۱۹ سانتیمتر بود (Schmidt, E. F.1940). عکسبرداری هوایی توسط یک فروند هواپیمای یک موتوره مدل (Waco) انجام شد.

از پائیز ۱۹۳۵ میلادی تا بهار ۱۹۳۶ میلادی عکس‌هایی از نقاط باستانی ایران، به طور مایل و

عمودی گرفته شد.



شکل (۲-۲) عکس هوایی دروازه شمال

از بهار تا پاییز ۱۹۳۷ میلادی نیز برای بار دوم و با دوربین F1.K.25 (مدل پیشرفته‌تری از F1.k.19 با فاصله کانونی ۲۵ سانتیمتر)، عکس‌های دیگری از مناطق باستانی گرفته شد.

مجموعه عکس‌های تهیه شده در سال‌های ۱۳۱۴ تا ۱۳۱۶ هجری شمسی در کتاب پرواز بر فراز شهرهای باستانی ایران (Flights over Ancient cities of Iran) به چاپ رسیده که در موزه ایران باستان در تهران موجود است (Schmidt, E, F.1940).

اولین سری عکس‌های هوایی سراسری ایران را، یک شرکت خارجی (آمریکایی)، از سال ۱۹۵۷-۱۹۵۵ میلادی (۱۳۳۶-۱۳۳۴ هجری شمسی)، و با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ یا ۱:۵۵۰۰۰ تهیه کرده است و در این برنامه تکمیل و برطرف کردن نواقص مربوط به مناطق مرزی، حدود ۱۳ سال به طول انجامید. اصلی‌ترین هدف در برداشت این عکس‌ها، تهیه نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ بوده است.

سازمان نقشه‌برداری کشور، برداشت سری دوم عکس‌های سراسری با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ را از سال

۱۳۴۳ هجری شمسی آغاز کرد و در ده سال اول کار، بخش عمده‌ای از کار انجام شد.

از سال ۱۳۷۰ هجری شمسی، تهیه سری سوم عکس‌های هوایی سراسری ایران با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و ۱:۷۰۰۰۰ شروع شده و هدف از این عکسبرداری تهیه نقشه‌های مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ می‌باشد.

۲-۲-۲- تاریخچه تصاویر ماهواره‌ای

اولین عکس زمین که از فضا گرفته شده (عکس فضائی) توسط اکسپلور ۶ آمریکا (Explorer 6 U.S.A) در سال ۱۹۵۹ میلادی تهیه شده است، و یک سال بعد (۱۹۶۰) اولین عکس مداری از ماهواره اخذ گردید. در سال‌های ۶۳-۱۹۶۲ میلادی نیز با کمک سفینه مرکوری (Mercury)، عکس‌های ۷۰ میلیمتری برداشت شد، سفینه‌های سری جمینی (Gemini) نیز در سال‌های ۶۶-۱۹۶۵ میلادی عکس‌های زیادی از قسمت‌های مختلف کره زمین برداشت نمودند. در سوم ماه مارس سال ۱۹۶۹ میلادی، به وسیله سفینه آپولو ۹، عکس‌هایی در طول موج‌های مختلف برداشت شد که در مطالعات منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفت.

آمریکا، اولین ماهواره منابع زمینی را در ۲۳ ژوئیه ۱۹۷۲ به نام ERTS1 (Earth Resources Technology Satellite) به فضا فرستاد و این ماهواره بعدها به نام (Landsat 1) معرفی شد. ماهواره (Landsat 1)، در تاریخ ۶ ژانویه ۱۹۷۸ از کار افتاد، البته قبلاً در تاریخ ۲۲ ژانویه ۱۹۷۵ ماهواره (Landsat 2) به فضا فرستاده شده بود. تاکنون ۵ ماهواره از سری (Landsat) به فضا فرستاده شده است.

۲-۳- سابقه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سنجش برف

در سراسر جهان مطالعات بسیاری به منظور برآورد توزیع مکانی عمق برف صورت گرفته و با توجه به شرایط مختلف منطقه ای نتایج گوناگونی به دست آمده است.

Hall و همکاران (۱۹۹۵) از میان روش‌های مختلف آشکارسازی برف، روش الگوریتم توسعه یافته را پیشنهاد نمودند و استفاده از اطلاعات کاربری اراضی در برف سنجی را بسیار موثر دانستند و تکنیک‌های

اساسی شناسایی پهنه های برف و یخ را بر پایه شاخص های آستانه گذاری و تفاوت نرمال شده بین باندها شناسایی کردند.

نتایج تحقیق الماس پور و همکاران (۱۳۸۳) نیز نشان می دهد که با استفاده از داده های ماهواره ای، آمار ایستگاه های برف سنجی و توابع تحلیلی GIS، برآورد حجم ذخایر برفی حوضه های آبریز سد ها با دقت بالا و با صرف وقت کمتری ممکن خواهد بود و انجام به موقع برآورد حجم ذخایر برفی حوضه های آبریز می تواند کمک موثری به مدیران منابع آب نماید.

در تحقیقی که توسط روشنی و همکاران (۱۳۸۶)، برای منطقه یخچالی علم چال صورت گرفت، از تصاویر Landsat و IRS_LISS(III) برای سنجش برف استفاده شد که نتایج زیر بدست آمد:

در مناطق کوهستانی تصاویر ماهواره ای قابلیت بالایی برای تهیه نقشه پوششی برف و دیگر پارامترهای مربوط به برف دارند.

برای استخراج ویژگی های برف و یخ از تصاویر اپتیک، باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. زیرا برف در این نواحی دارای بازتابش های متفاوتی نسبت به عوارض دیگر است.

تصاویر سنجنده های MODIS و NOAA برای کاربردهای برف سنجی در مناطق وسیع به کار برده می شوند. برای مناطق کوچک مانند منطقه یخچالی علم چال تصاویر Landsat مورد استفاده قرار می گیرند.

در زمینه استفاده از داده های مایکروویو برای کاربردهای هیدرولوژی ترکیب سنسورهای غیرفعال برای تهیه نقشه از برف خشک، محاسبه آب معادل و بدست آوردن آغاز مرحله ذوب برف و سنسورهای فعال برای تهیه نقشه از برف مرطوب با رزولوشن سطحی بالا ترکیب مناسبی است.

در پژوهشی دیگر رسولی و ادهمی (۱۳۸۶) از تصاویر سنجنده مودیس برای محاسبه آب معادل برف در حوضه آبریز «آجی چای» استفاده کرده اند. نتایج بدست آمده نشان داد که الگوریتم نقشه برفی^۱ به

عنوان یکی از پیشرفته ترین الگوریتم های استخراج نقشه های برفی بر روی تصاویر موجود قابل اعمال است. در واقع، مدل نقشه برفی مختص سنجنده مودیس بوده و در بیشتر منابع تحقیقاتی به کارگیری آن توصیه شده است. البته، نتایج تحقیق بیانگر این واقعیت است که تصاویر حاصله از سنجنده مذکور و الگوریتم نقشه برفی مربوطه در محدوده حوضه های منطقه ای نیز قابل اجرا است، اما برای حوضه های آبریز کوچکتر محلی باید از داده های سایر سنجنده ها با تفکیک مکانی بزرگتر بهره گرفت.

در پژوهشی دیگر عمادزاده و تجریشی (۱۳۸۹) به بررسی مقایسه ای نتایج سطح برف تصاویر سنجنده های AVHRR و MODIS، برای حوضه های دز و کارون پرداختند. در این پژوهش، تصاویر ترکیبی ۸ روزه پوشش برف سنجنده MODIS جهت مقایسه با نتایج سطح برف سنجنده AVHRR انتخاب شد. مجموع سطح برف در محدوده دو زیر حوضه دز و کارون در سال برفی ۸۶-۸۷ در بیست و سه تاریخ به فواصل زمانی ۸ روز استخراج گردیده و با نتایج سطح برف سنجنده AVHRR که با استفاده از الگوریتم سیمپسون^۱ اصلاح شده تهیه شده بود در تاریخ های مشابه مورد مقایسه قرار گرفت. این مقایسه نشان داده که نتایج سطح برف AVHRR علی رغم قدرت تفکیک مکانی کمتر، مقادیری نزدیک به نتایج سنجنده MODIS را نشان میداد. البته نتایج سطح برف MODIS از روند نرم تر و معمول تری برخوردار بوده و مانند نتایج AVHRR دارای پرش های ناگهانی نمی باشد. در ادامه، همبستگی و دقت نتایج دو سنجنده بررسی گردیده که بیانگر این مسئله است که در سال هایی که سنجنده MODIS فاقد تصویر می باشد می توان با اطمینان خاطر از تصاویر AVHRR استفاده نمود. از طرف دیگر این نتیجه نشانگر قوت الگوریتم بکار گرفته شده در استخراج سطح برف از تصاویر AVHRR است.

در تحقیقی دیگر فتاحی و وظیفه دوست (۱۳۹۰) از تصاویر سنجنده مودیس برای برآورد دمای سطح برف و گستره پوشش برف در حوضه های استان گلستان استفاده کرده اند. نتایج حاصل از مطالعات آنان نشان داده که استفاده از تصاویر مودیس و یا ماهواره های مشابه، راه حل مفیدی برای پایش زمانی و مکانی پوشش برف و دمای سطح برف برای حوضه های کوهستانی است و استفاده از محصولات فوق برای

۱ - Simpson et al. (1998)

مدل های پیش بینی هواشناسی و آبشناسی بسیار مهم است. این موضوع در رابطه با محصولات مودیس به علت دارا بودن قدرت تفکیک مناسب و دسترسی آسان و رایگان از طریق اینترنت که از جمله اهم امتیازات این سنجنده است، می تواند در روند برآورد سطح پوشش برف و برآورد مقادیر آب معادل برف بسیار مفید و سودمند باشد.

۴-۲- سابقه استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی نیز جز سامانه های دینامیکی اند که با پردازش داده های تجربی قانون نهفته در ورای اطلاعات را به ساختار شبکه منتقل می کنند و ابزار مناسبی برای مدل کردن سیستم های غیر خطی و پیچیده اند. مزیت شبکه های عصبی نسبت به سیستم های هوشمند دیگر قدرت یادگیری آن ها در مقیاس خیلی کوچک از محیط پیرامونشان و توانایی تعمیم این یادگیری است. درباره ی کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در هیدرولوژی برف باید اذعان کرد که تا کنون مطالعات معدودی در این زمینه انجام شده است.

در تحقیقی Tedesco و همکاران (۲۰۰۴) برای برآورد آب معادل برف و عمق برف از شبکه ی عصبی مصنوعی و داده های $SSMI^1$ استفاده شد و نتایج آن با الگوریتم SPD^2 ، الگوریتم مبتنی بر HUT^3 ، و الگوریتم چانگ مقایسه شد. نتایج بدست آمده از شبکه عصبی مصنوعی حاکی از بهتر بودن آن نسبت به نتایج الگوریتم های مذکور بود.

در ایران نیز زارع ابیانه (۱۳۹۱) از روش شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد توزیع مکانی ارتفاع آب معادل برف و چگالی برف استفاده کرد. نتایج بدست آمده نشان داد که آرایش ۳-۶-۲ شبکه نسبت به دو آرایش ۳-۶-۶-۲ و ۳-۶-۶-۶-۲ از دقت بیشتری برخوردار است؛ بگونه ای که شبکه طراحی شده در آرایش ۳-۶-۲ پس از ۲۷۰ تکرار محاسباتی به همگرایی رسید. با توجه به نتایج حاصل از آرایش ۳-۶-۲

¹ - Special Sensor Microwave Imager

² - Spectral Polarization Difference

³ - HUT Snow emission model based iterative inversion algorithm

با تابع محرک لورنبرگ مارکوات^۱، شبکه موفق شد تا ۹۲ درصد از تغییرات چگالی و آب معادل برف را بر اساس سه متغیر طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در سطح حوضه های آبخیز آذربایجان غربی برآورد کند.

¹ - Levenberg Marquardt

فصل ۳:

مواد و روش ها

۳-۱- مقدمه

ایران سرزمین کم آبی است که در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین قرار گرفته و لذا بارش برف مهمترین عامل تاثیرگذار در میزان ذخایر آب، بویژه در فصول گرم سال، محسوب میشود. بعلاوه، برف یکی از فاکتورهای مهم کنترل کننده ی هیدرواقلیم هر ناحیه جغرافیایی است. آنچه مورد نظر محققین هیدرولوژی میباشد این مطلب است که چه مقدار آب در یک حوزه آبریز به شکل برف ذخیره شده است. همچنین آنان به دنبال محاسبه و بدست آوردن توزیع مکانی برف، شرایط و ویژگی های برف و آب مایع موجود در آن هستند. واضح است که اندازه گیری نقطه به نقطه برای بدست آوردن این پارامترها کار تقریباً غیر ممکنى مخصوصاً در مناطق کوهستانی است.

دستیابی به اطلاعات مربوط به برف در مناطق مرتفع حائز اهمیت فراوانی است و تنها از طریق تصویربرداری پیوسته به کمک فن آوری سنجش از دور ممکن است، چرا که برداشت زمینی این اطلاعات نیاز به شبکه متراکمی از ایستگاههای برف سنجی داشته که نه تنها از لحاظ اجرایی با مشکلاتی مواجه است، بلکه از نظر اقتصادی در مورد نگهداری و سرویس آنها مقرون به صرفه نیست.

هدف این تحقیق بدست آوردن عمق برف در یک ایستگاه برف سنجی با استفاده از تصاویر ماهواره ای است. با توجه به اینکه ایستگاه برف سنجی مورد مطالعه در یک منطقه کوهستانی قرار دارد، عدم دسترسی مناسب و صعب العبور بودن منطقه، ضرورت کاربرد روش های غیرمستقیم از جمله داده های دور سنجی را نمایان میکند.

۳-۲- سنجش از دور

سنجش از دور^۱ عبارت است از علم و هنر و یا فناوری کسب اطلاعات از پدیده ها، اشیاء و یا یک منطقه با استفاده از ابزارهای نصب شده بر روی سکوها (مانند بالن، هواپیما، ماهواره و...) که در تماس

¹ - Remote Sensing

مستقیم با آنها نیستند و تجزیه و تحلیل و تفسیر این اطلاعات.

سنجش از دور، دانش بسیار گسترده‌ای است، که از جهات مختلف توسط صاحب‌نظران زیادی از جمله Campbell، Lillesand و Kiffer و Sabins به معرفی آن پرداخته شده است. Campbell 2011 با سعی در بیان کلی از سنجش از دور، این مقوله را چنین تعریف می‌کند:

سنجش از دور عبارتست از بدست آوردن اطلاعاتی از سطح زمین و سطح دریاها با استفاده از تصاویری که بر فراز آنها به کمک قسمت‌هایی از طیف الکترومغناطیسی که از سطح زمین تابیده یا باز می‌تابد، اخذ می‌شود. همانطور که در بالا نیز شرح داده شد، سنجش از دور از انرژی الکترومغناطیسی بهره می‌گیرد. قویترین منبع تولیدکننده‌ی این انرژی، خورشید است که در تمامی طیف الکترومغناطیس تابش می‌کند. در کنار منبع طبیعی تولید انرژی الکترومغناطیسی که در سنجش از دور غیرفعال کاربرد دارد، انرژی الکترومغناطیسی می‌تواند بطور مصنوعی نیز تولید شود که آنرا اصطلاحاً سنجش از دور فعال می‌نامند. وقتی انرژی الکترومغناطیسی به زمین می‌رسد، قسمتی از آن بازتابیده و قسمت دیگری جذب می‌شود. انرژی جذب شده ممکن است متعاقباً تابش گردد، که این تابش عمدتاً در طیف فروسرخ رخ می‌دهد. سهم بازتاب شده یا جذب و تابش مجدد شده‌ی انرژی الکترومغناطیسی، برای مواد مختلف متفاوت است. با اندازه‌گیری مقدار انرژی الکترومغناطیسی بازتابی و یا تابش شده و مقایسه آن با منحنی‌های بازتاب طیفی موادی معین، می‌توان اطلاعاتی از سطح خشکی و سطح دریاها بدست آورد. پرتوهای بازتابیده شده از اجسام زمینی توسط سنجنده‌های ویژه‌ای به صورت قابل نمایش و پردازش ثبت و ذخیره می‌شوند.

۳-۲-۱- انرژی الکترومغناطیسی

تاکنون دو نظریه عمده در رابطه با انرژی الکترومغناطیس ابراز گردیده است که هر کدام بخشی از

خصوصیات این انرژی را بیان می‌نمایند (ITC,1999): نظریه موجی بودن انرژی الکترومغناطیس^۱ و نظریه ذره‌ای بودن^۲. نظریه موجی بودن ما را در جداسازی انواع انرژی‌های الکترومغناطیس در طول موج‌های مختلف (مثلاً مادون قرمز و یا مایکروویو) کمک می‌کند. در حالیکه با استفاده از نظریه ذره‌ای بودن بهتر می‌توان واکنش میان انرژی الکترومغناطیس و سطح زمین یا اتمسفر را بیان نمود.

۳-۲-۲- منبع انرژی الکترومغناطیس

تمامی اشیایی که دمایی بالاتر از صفر مطلق ($0 K$) دارند از خود انرژی الکترومغناطیس ساطع می‌کنند که در طول موج‌های مختلف مقدار آن متفاوت است. خورشید شاید بزرگترین منبع انرژی از این دست باشد که بشر به طور معمول با آن آشناست. خورشید منبع گرما و نور برای زمینیان است که در ۱۵۰ میلیون کیلومتری آنها قرار دارد. تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین پس از برخورد انرژی مغناطیس با سطح اشیاء سه حالت کلی اتفاق می‌افتد؛ انعکاس، جذب و عبور.

۳-۲-۳- طیف الکترومغناطیس

به مجموعه‌ی کل طول موج‌های امواج الکترومغناطیس که در کنار یکدیگر و به ترتیب خاصی قرار گرفته‌اند طیف الکترومغناطیس گویند. این طیف از اشعه‌های گاما شروع شده و به امواج رادیویی ختم می‌شود.

در دنیای سنجش از دور دامنه‌های مختلف طیف الکترومغناطیس دارای اسامی خاصی هستند که در متون فنی و علمی از آنها به وفور استفاده می‌شود. بخش مرئی^۳ آشناترین بخش طیف الکترومغناطیس است، که طول موج‌های 0.4μ تا 0.7μ را پوشش می‌دهد. چشم ما قادر به تشخیص این امواج می‌باشد و به همین خاطر رنگ‌های مورد استفاده ما انسان‌ها نیز در همین طول موج‌ها تعریف شده‌اند.

¹ - Wave Theory

² - Particle Theory

³ - Visible

رنگ آبی به کوچک‌ترین طول موج‌های این بخش و رنگ قرمز به بزرگ‌ترین طول موج این قسمت نسبت داده شده‌اند.

هر بخش باریک پیوسته از طیف الکترومغناطیس را باند می‌نامند. هر سنجنده می‌تواند از یک تا صدها باند داشته باشد. بسته به اینکه باند مذکور در کدام یک از بخش‌های طیف قرار بگیرد. به همان نام، نامیده می‌شود. به عنوان مثال باند ۲ سنجنده TM محدوده امواج 0.052μ تا 0.060μ ، را پوشش می‌دهد که بنابراین در طیف الکترومغناطیس در بخش مرئی و در محدوده رنگ‌های سبز قرار می‌گیرد و به همین خاطر به باند سبز معروف است.

۳-۲-۴ - منحنی رفتار طیفی

منحنی رفتار طیفی مقدار انرژی که به سنجنده می‌رسد بستگی زیادی به چگونگی تعامل انرژی و جسم دارد. اگر برای هر جسم مقدار انرژی منعکس شده از کل انرژی رسیده به جسم را در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری و آنها را به صورت یک نمودار ترسیم نماییم، منحنی حاصل را منحنی رفتار طیفی^۱ می‌گویند. محور افقی این منحنی طول موج و محور عمودی نمودار، نمایانگر درصد انرژی بازگشتی است. بعضی از نرم‌افزارها امکان ترسیم منحنی رفتار طیفی را به کاربران می‌دهند. بدین ترتیب با ترسیم منحنی رفتار طیفی چند شیء به طور همزمان می‌توان وجه تمایز طیفی این اشیاء را بدست آورده و بدین صورت تفسیر بصری صحیح‌تری داشته باشیم.

۳-۲-۵ - جذب اتمسفری

اتم‌سفر بخشی از انرژی الکترومغناطیس را از خود عبور داده و بخشی دیگر توسط مولکول‌های موجود در اتم‌سفر جذب می‌شوند. مهم‌ترین مواد جذب کننده در اتم‌سفر عبارتند از: ازن، اکسیژن، دی اکسید کربن و بخار آب. این مواد بخشی از انرژی رسیده را جذب کرده و تبدیل به گرما می‌کنند. جذب

¹ - Spectral Signature

انرژی در برخی از بخش‌های طیف الکترومغناطیس بسیار زیاد بوده و در برخی دیگر پایین است. به آن قسمت‌هایی از طیف الکترومغناطیس که جذب اتمسفری در آنها در پایین‌ترین سطح قرار دارد پنجره‌های اتمسفری^۱ می‌گویند.

۳-۲-۶- پراکنش اتمسفری

پراکنش اتمسفری هنگامی اتفاق می‌افتد که انرژی الکترومغناطیس با مولکول‌ها و ذرات موجود در اتمسفر برخورد کرده و از مسیر اصلی خود منحرف می‌گردد. مقدار پراکنش به عوامل چندی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از: طول موج، مقدار و غلظت مولکول‌ها و اجزاء پراکنده در اتمسفر و میزان فاصله‌ای که انرژی از مبدا تا مقصد در اتمسفر طی می‌کند. هرچه فاصله طی شده بیشتر باشد، یا مقدار و غلظت مولکول‌ها و ذرات پراکنده اتمسفر بالاتر باشد پراکنش می‌تواند بیشتر شود. بیشترین سهم در پراکنش را مولکول‌های اکسیژن، نیتروژن، ازن و همچنین ذرات معلق در هوا نظیر ذرات بخار آب، گرد و غبار و دود دارا می‌باشند.

۳-۲-۷- سکو

ماهواره یا هر وسیله ناقل دیگری که سنجنده را حمل می‌کند سکو^۲ نامیده می‌شود. به طور کلی فاکتور کلیدی برای انتخاب یک سکو، بلندی می‌باشد، زیرا تعیین وضوح زمین در آن صورت می‌گیرد و آن نیز بستگی به میدان دید لحظه‌ای سنجنده روی سکو دارد.

۳-۲-۸- شاتل

شاتل به معنی یک سرویس رفت و برگشت می‌باشد. این نوع ماهواره‌ها در اصل هواپیمای بدون

¹ - Atmospheric Windows

² - Platform

سرنشین هستند که توسط موشک‌هایی با سوخت مایع به فضا پرتاب می‌گردند.

۳-۲-۹- اطلاعات رستری

یک تصویر دیجیتالی بصورت یک آرایش دو بعدی از نقاط بسیار کوچکی که پیکسل^۱ نامیده می‌شوند ذخیره می‌شود. این اطلاعات تصویری به عنوان "داده‌های شبکه‌ای" یا "اطلاعات رستری"^۲ خوانده می‌شوند. اطلاعات رستری به صورت ردیف‌های افقی که خط سطر و به صورت ستون‌های عمودی که نمونه‌ها یا (ستون) نامیده می‌شوند. مرتب شده‌اند.

۳-۲-۱۰- پیکسل

کوچکترین واحد تشکیل دهنده یک تصویر را گویند. یک پیکسل یک واحد انرژی از سطح است که در همه جای آن انرژی برابر می‌باشد. بنابراین واضح است که هرچه تعداد پیکسل‌ها در یک تصویر (واحدهای انرژی) بیشتر باشد، شفافیت تصویر بهتر خواهد بود. بدیهی است هر چه پیکسل‌ها از اندازه کوچکتری برخوردار باشند، جزئیات بیشتری از تصویر استخراج می‌گردد که به آن قدرت تفکیک^۳ تصویر هم گفته می‌شود.

۳-۲-۱۱- انتشار امواج الکترومغناطیس

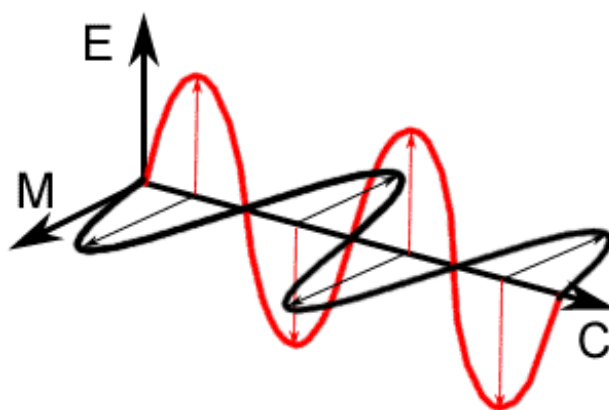
تابش الکترومغناطیس در خلاء با سرعت نور و در جو با سرعتی کمتر حرکت می‌کند. تابش الکترومغناطیس به صورت مجموعه پیوسته از طول موج‌ها و فرکانس‌ها، از طول موج کوتاه امواج کیهانی تا طول موج بلند امواج رادیویی انجام می‌گیرد.

¹ - Pixel

² - Raster Data

³ - Resolution

موج الکترومغناطیسی شامل یک موج سینوسی الکتریک (E) و موج مشابه مغناطیسی (M) می باشد که در دو صفحه عمود بر هم اتفاق افتاده و برآیند آنها در راستای C موج الکترومغناطیسی را می سازد شکل (۱-۳).



شکل (۱-۳) مختصات موج الکترومغناطیس

۱۲-۲-۳- مفهوم طول موج و فرکانس

به فاصله بین دو قله متوالی یا دو قعر متوالی طول موج گفته می شود. هرچه این فاصله بیشتر باشد، طول موج افزایش می یابد ولی فرکانس^۱ آن رو به کاستی می رود. در واقع بین طول موج و فرکانس رابطه معکوس وجود دارد. فرکانس نیز به تعدادی از امواج گفته می شود که در واحد زمان از یک نقطه ثابت عبور می کند. به طور مثال اگر زمان یا طول دوره نوسان، $\frac{1}{2}$ ثانیه باشد، فرکانس ۲ بار در ثانیه می شود و اگر طول دوره نوسان $\frac{1}{100}$ ساعت باشد، فرکانس ۱۰۰ بار در ساعت می شود. در واقع فرکانس عکس زمان تناوب است ($F=1/T$).

۱۳-۲-۳- سنجنده^۲

وسیله ای است که اطلاعات را از سطح پدیده ها جمع آوری می کند. اطلاعات بدست آمده از سنجنده ها به دو صورت می باشد:

¹ - Frequency

² - Sensor

الف) اطلاعات آنالوگ^۱: به اطلاعاتی گفته می‌شود که مستقیماً قابلیت پردازش کامپیوتری ندارند. همچنین مخابره این اطلاعات از ماهواره به زمین مقدور نیست.

ب) اطلاعات رقومی^۲: اطلاعات این نوع از سنجنده‌ها به صورت رقومی ارائه می‌گردد و بصورت عددی بیان می‌شود.

ماهواره‌های سنجش از دور برای پایش جو، اقیانوس‌ها و سطح خشکی و تغییرات آنها مورد استفاده قرار گرفته و امروزه ابزارهای اصلی پشتیبانی فعالیت‌های حفظ محیط زیست تلقی می‌شوند. خصوصیات منحصر به فرد ماهواره‌های سنجش از دور عبارتند از:

✓ پوشش، بیشتر ماهواره‌های سنجش از دور تمام کره زمین را پوشش می‌دهند که این موضوع اهمیت آنها را در مطالعه پدیده‌های بزرگ مقیاس مانند جریان آب اقیانوس‌ها، آب و هوا، از میان رفتن جنگل‌ها و گسترش صحراها نشان می‌دهد. آنها همچنین برای پایش مقرون به صرفه نواحی دور افتاده یا خطرناک نیز به کار می‌روند.

✓ تکرار، ماهواره‌ها تصویر ناحیه‌ای یکسان از زمین را به دفعات و در مدت زمانی طولانی دریافت می‌کنند. این قابلیت، امکان پایش تغییرات محیطی حاصل از عوامل انسانی و طبیعی را فراهم نموده و همچنین سیر تغییرات گذشته را (برای از بین رفتن جنگل‌ها و گسترش صحراها) برای پیش‌بینی آینده نشان می‌دهد.

✓ سرعت، بسیاری از ماهواره‌ها می‌توانند داده‌ها و اطلاعات جانبی آنها را در مواقع ضروری به سرعت در اختیار قرار دهند. این موضوع بسیار حائز اهمیت است به خصوص در نواحی که زمین لرزه، سیل یا آتش‌سوزی جنگل رخ داده و زمان کافی برای برداشت اطلاعات به صورت زمینی یا عکس‌های هوایی امکان ندارد. ماهواره‌ها همچنین در ارزیابی میزان خسارات وارده می‌توانند بسیار مفید باشند.

✓ سازگاری، تمامی داده‌های یک سنجنده خاص از یک ماهواره مشخص به طور یکسان دریافت می‌شوند که نشانه سادگی تشخیص تغییرات کاربری اراضی در یک بازه زمانی طولانی می‌شود.

¹ - Analogue

² - Digital

✓ دقت، تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های تعیین موقعیت می‌توانند برای تأمین نقشه‌های دقیق برای کشورهای در حال توسعه به کار روند. دسترسی به این گونه نقشه‌ها اولین ابزار برای هر نوع طرح توسعه‌ای است.

✓ هزینه پائین، ماهواره می‌تواند برای مدت طولانی و مأموریت‌های متعدد مورد استفاده قرار گیرد که به این ترتیب برای مدتی طولانی هزینه پرتاب و به کارگیری ماهواره با مزایای استفاده از آن پوشانده می‌شود.

۳-۲-۱۴- سنجنده مودیس

مودیس^۱ (اسپکترو رادیومتر تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط) سنجنده‌ای است که بر روی ماهواره ترا^۲ (EOS-AM-1) قرار داده شده است. در هر کدام از ماهواره‌های EOS AM و PM EOS یک سنجنده مودیس قرار داده شده است. سنجنده مودیس ماهواره ترا، هر دو روز یکبار از تمام سطح زمین تصویربرداری می‌کند و داده‌هایی در ۳۶ باند طیفی اخذ می‌کند. این داده‌ها، همراه با داده‌هایی که توسط مودیس دوم (که بر روی ماهواره آکوا^۳ قرار داده شده است) اخذ می‌شوند، آگاهی ما را نسبت به حرکات و تغییرات جهانی و همچنین فرایندهایی که بر سطح زمین، اقیانوس‌ها و سطوح پایینی جو به وقوع می‌پیوندند، بهبود بخشیده است. مودیس در توسعه مدل‌های انعطاف‌پذیر درباره سیستم‌های کره زمین، نقش حیاتی بازی می‌کند و ما را قادر می‌سازد که تغییرات جهانی را به طور دقیق پیش‌بینی نمائیم که این امر می‌تواند به مدیران و سیاستگذاران در زمینه حفاظت از محیط زیست و مدیریت بهینه منابع کمک نماید.

ماهواره ترا قرار بود که در بهار ۱۹۹۸ پرتاب گردد اما در اواسط ۱۹۹۹ پرتاب گردید و این تأخیر پرتاب به خاطر فعالیت‌های اعتبارسنجی یا تعیین ارزش داده‌ها بود و می‌بایستی داده‌های مودیس با

¹ - Modis

² - Terra

³ - Aqua

داده‌های شبیه به سنجنده‌هایی از قبیل AVHRR, SeaWiFS و شبیه‌ساز هواپردی مودیس مقایسه می‌شدند.

سنجنده مودیس دارای حساسیت رادیومتریکی بالا (۱۲ بیت) و در ۳۶ باند طیفی می‌باشد و دامنه طیفی آن از طول موج‌های ۰/۴-۱۴/۴ میکرومتر می‌باشد که این امر می‌تواند نیازهای کاربران مختلف را برطرف سازد. این سنجنده در ۲ باند طیفی تصاویر با قدرت تفکیک اسمی ۲۵۰ متر، در ۴ باند طیفی تصاویری با قدرت تفکیک اسمی ۵۰۰ متر و در ۲۹ باند دیگر نیز تصاویری با قدرت تفکیک ۱۰۰۰ متر برداشت می‌کند. به خاطر اینکه زاویه اسکن این سنجنده $\pm 55^\circ$ درجه بوده و در مدار ۷۰۵ کیلومتر از سطح زمین قرار دارد، پهنای نوارهای تصویربرداری این سنجنده ۲۳۳۰ کیلومتر می‌باشد و در نتیجه در هر یک یا دو روز، پوشش جهانی را فراهم می‌سازد.

مجموعه آینه اسکن این سنجنده، از یک آینه اسکن که به طور پیوسته به دو طرف می‌چرخد، استفاده می‌کند و سیستم عدسی این سنجنده نیز از یک تلسکوپ غیرکانونی دو آینه‌ای تشکیل شده است که انرژی را به چهار مجموعه انعکاس کننده هدایت می‌کند هر کدام از یک این مجموعه‌ها، یکی از نواحی طیف مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز با طول موج کوتاه و یا مادون قرمز میانی و مادون قرمز با طول موج‌های بلند را می‌پوشانند و در کل دامنه طیفی ۰/۴-۱۴/۴ میکرومتر را پوشش می‌دهند. ابعاد این سنجنده $1 \times 1/6 \times 1$ متر می‌باشد و وزن آن نیز ۲۸۸/۷ کیلوگرم می‌باشد.

هدف از سنجنده مودیس فراهم کردن یک سری جامع از مشاهدات جهانی از سطح زمین، اقیانوس‌ها و جو در نواحی مختلف طیفی می‌باشد به گونه‌ای که بتوان تمام سطح کره زمین را در هر ۲ روز یک بار مشاهده نمود. در اینجا کلمه جامع بیانگر وسیع بودن دامنه طیفی و کامل بودن پوشش مکانی می‌باشد. علاوه بر این، مودیس یک سنجنده کاملی می‌باشد که اندازه‌گیری‌های آن در نواحی طیفی مختلف صورت می‌گیرد. مجموعه داده‌هایی که سنجنده مودیس جمع‌آوری می‌کند مشابه با سنجنده‌های AVHRR و CZCS می‌باشد. اصطلاح جامع بودن نیز بیانگر طبیعت منحصر به فرد مشاهدات مودیس می‌باشد که برای مطالعات خشکی‌ها، اقیانوس‌ها و جو و همچنین روابط متقابل بین آنها مفید و لازم می‌باشد.

با استفاده از داده‌های مودیس می‌توان نقشه‌های پوشش گیاهی بهتری از سطح زمین تهیه کرد. با این نقشه‌ها می‌توان برآوردهای به هنگامی از توزیع انواع پوشش گیاهی در سطح زمین بدست آورد. همچنین، داده‌های مودیس در تشخیص و تعیین امراض پوشش گیاهی نیز کارایی دارند. علاوه بر این، شدت تغییرات ایجاد شده در سطح زمین را نیز می‌توان با داده‌های مودیس تعیین کرد. برای مثال، با استفاده از این داده‌ها می‌توان وسعت و میزان خسارات ناشی از خشکسالی را تعیین کرد.

هیچ کس نسبت به کاهش یا افزایش برف و یخ در اثر پدیده گرم شدن کره زمین آگاهی ندارد چون برف و یخ اثرات عمده‌ای بر چرخه آب، آلودگی و انعکاس نور خورشید دارد. مودیس میزان پوشش برف و یخ را اندازه‌گیری کرده و به محاسبه تأثیر آن بر میزان آلودگی جهانی کمک می‌کند. مودیس به مدلسازی ذوب برف و رواناب کمک می‌کند که این امر می‌تواند در هشداردهی بهتر سیلاب‌ها و روش‌های مدیریت بهینه آب و آبیاری مورد استفاده قرار گیرد. مودیس به طور روزانه شرایط جوی و آب و هوایی از قبیل درجه حرارت و رطوبت را اندازه‌گیری می‌کند. داده‌های سنجنده مودیس در شبیه‌سازی‌های کامپیوتری، فرایندهای بیوشیمیایی در تفسیر تغییرات ایجاد شده در سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین داده‌های اقلیمی برای محاسبه نسبت رشد محصولات و امراض گیاهی، جریان‌ات و مبادلات عناصر سولفور، نیتروژن و دی اکسید کربن مورد استفاده قرار می‌گیرند. دی اکسید کربن از این نقطه نظر حایز اهمیت می‌باشد که در روند گرم شوندگی کره زمین عامل اصلی به شمار می‌رود. تیم تحقیقاتی مودیس شاخص‌های مختلفی را توسعه دادند که این شاخص‌ها عبارتند از: شاخص‌های پوشش گیاهی (VIS)، شاخص سطح برگ (LAI)، شاخص انعکاس تابش فعال فیتوسنتزی (FRAR)، شاخص آلودگی، شاخص تابع توزیع انعکاس دو محوری (BRDF)، آتش‌سوزی، پوشش زمین، تغییر پوشش زمین، پوشش برف، یخ دریا، درجه حرارت سطح زمین (LST).

با استفاده از داده‌های مودیس می‌توان حجم تخریب جنگل‌ها را تعیین کرد. علاوه بر این با استفاده از داده‌های بلندمدت مودیس می‌توان مناطقی که تحت تأثیر بیابان‌زایی قرار دارند را تعیین کرد. از آنجایی که دمای سطح دریاها و اقیانوس‌ها به طور مستقیم بر بسیاری از فرایندهای جوی تأثیر دارند، با استفاده

از داده‌های مودیس می‌توان وقوع طوفان‌ها، سیلاب‌ها و جزر و مدهای شدید را پیش‌بینی کرد. تعداد زیادی از محصولات استاندارد مودیس وجود دارد که توسط محققین رشته‌های مختلف، از جمله اقیانوس‌شناسی، زیست‌شناسی و علوم جوی به منظور مطالعه تغییرات جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از تولیدات مودیسی بشرح زیر می‌باشد:

محصولات جوی مودیس، محصولات زمینی مودیس، محصولات یخ کره‌ای مودیس و تولیدات اقیانوسی مودیس که در این تحقیق از تولیدات سطح پوشش روزانه برف مودیس (MOD10A1) که یکی از محصولات یخ کره‌ای مودیس می‌باشد، استفاده شده است.

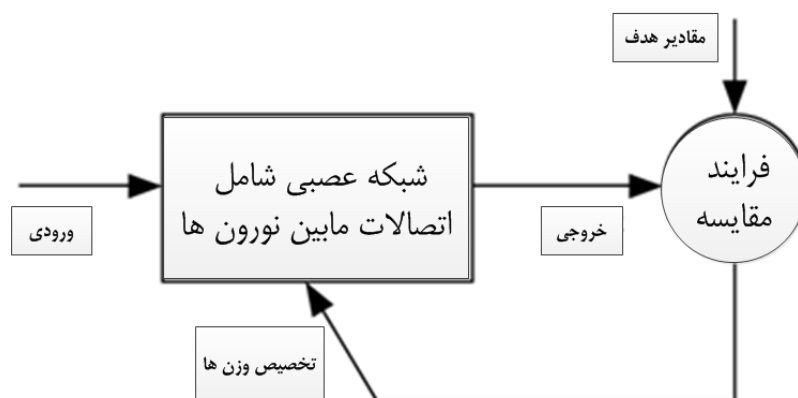
۳-۳- شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی^۱ از عناصر عملیاتی ساده‌ای ساخته می‌شوند که به صورت موازی در کنار هم عمل می‌کنند. این عناصر از سیستم‌های عصبی زیستی الهام گرفته شده‌اند. در طبیعت، عملکرد شبکه‌های عصبی از طریق نحوه اتصال بین اجزا تعیین می‌شود. بنابراین ما می‌توانیم یک ساختار مصنوعی به تبعیت از شبکه‌های طبیعی بسازیم و با تنظیم مقادیر هر اتصال، تحت عنوان وزن اتصال، نحوه ارتباط بین اجزای آن را تعیین نماییم.

پس از تنظیم یا همان آموزش شبکه عصبی، اعمال یک ورودی خاص به آن منجر به دریافت پاسخ خاصی می‌شود. همانطور که در شکل (۲-۳) دیده می‌شود، شبکه بر مبنای تطابق و همسنگی بین ورودی و هدف سازگار می‌شود تا اینکه خروجی شبکه و خروجی موردنظر ما (هدف) بر هم منطبق گردند. عموماً تعداد زیادی از این زوج‌های ورودی و خروجی به کار گرفته می‌شوند تا در این روند که از آن تحت عنوان یادگیری نظارت شده^۲ یاد می‌شود، شبکه آموزش داده شود.

¹ - Neural Network

² - Supervised Learning



شکل (۲-۳) نحوه عملکرد شبکه‌های عصبی

عموماً برای آموزش شبکه‌های عصبی از روش‌های نظارت شده استفاده می‌شود اما می‌توان شبکه‌ها را با روش‌های آموزش غیرنظارتی آموزش داد که کاربرد آنها عموماً در تشخیص خوشه‌های داده‌ای^۱ می‌باشد. گونه‌های خاصی از شبکه‌های عصبی مثل هاپفیلد و شبکه‌های خطی به صورت مستقیم توسط طراح، طراحی می‌شوند. به طور خلاصه می‌توان گفت روش‌های مختلفی برای طراحی تکنیک‌های یادگیری موجود می‌باشد و کاربر در انتخاب روش دارای انتخاب‌های زیادی می‌باشد.

۳-۲-۳- پیدایش شبکه‌های عصبی

مغز انسان شامل بیش از 10^{11} نورون عصبی می‌باشد که از طریق حدود 10^4 اتصال به ازای هر نورون به هم متصل شده‌اند. به طور کلی و متناسب با کاربرد موردنظر ما می‌توان سه قسمت اصلی برای نورون‌ها در نظر گرفت: دندريت^۲، بدنه‌ی سلول^۳ و آکسون^۴. دندريت‌ها دریافت‌کننده‌های درخت شکل از جنس فیبرهای عصبی هستند که سیگنال‌های الکتریکی را به بدنه‌ی سلول منتقل می‌کنند. بدنه‌ی سلول این سیگنال‌ها را جمع کرده و یک حد آستانه بر روی آنها اعمال می‌کند. در نهایت آکسون یک فیبر عصبی بلند است که این سیگنال‌ها را از بدنه‌ی سلول به نورون‌های دیگر منتقل می‌کند. به نقطه اتصال

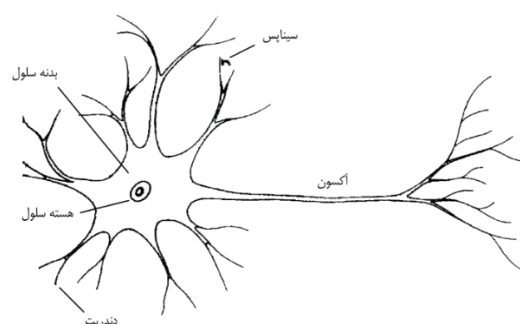
¹ - Data Clustering

² - Dendrit

³ - Cell Body

⁴ - Axon

بین آکسون یک سلول عصبی با دندریت سلول‌های عصبی دیگر سیناپس^۱ گفته می‌شود. نحوه‌ی چینش نورون‌ها و قدرت سیناپس‌ها- که در واقع بناکننده‌ی تابع شبکه‌های عصبی می‌باشند- با توجه به فرآیندهای پیچیده‌ی شیمیایی معین می‌گردد. شکل (۳-۳) یک طرح ساده از نورون عصبی را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۳) نورون عصبی زیستی

برخی از ساختارهای عصبی در هنگام تولد تعریف می‌شوند و برخی دیگر در طول زندگی و از طریق فرآیند یادگیری توسعه می‌یابند. در واقع یادگیری عبارتست از ایجاد اتصال‌های جدید و یا قطع کردن برخی اتصالات عصبی قدیمی. توسعه این روند در مراحل اولیه زندگی بسیار قابل توجه است. به عنوان مثال ثابت شده است که اگر در یک محدوده‌ی خاص زمانی، مانع از استفاده‌ی یک بچه گربه از یک چشمش شویم دیگر هرگز او قادر به توسعه‌ی بینایی در آن چشم در دوران زندگی خود نخواهد بود.

روند تغییر ساختارهای عصبی در طول زندگی ادامه می‌یابد. تغییرات بعدی که در طول زندگی در ساختارهای عصبی ایجاد می‌شوند عمدتاً متأثر از قدرت و ضعف اتصالات سیناپسی هستند. به عنوان مثال ثابت شده است که حافظه انسان با توجه به قدرت سیناپتیک شکل می‌گیرد. بنابراین فرآیند یادگیری چهره‌ی یک دوست جدید با تغییر در قدرت چندین سیناپس ممکن می‌شود.

شبکه‌های عصبی مصنوعی فعلی هرگز به پیچیدگی مغز انسان نیستند. اما به هر حال دو شباهت اساسی بین شبکه‌های عصبی زنده و مصنوعی وجود دارد. شباهت اول در این است که ساختار هر دو، از یک ابزار محاسباتی ساده (البته شبکه‌های عصبی مصنوعی خیلی ساده‌تر از گونه‌ی زنده‌ی آن می‌باشند)

¹ - Synapse

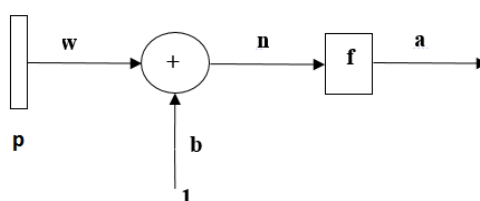
با به هم پیوستگی بسیار بالا تشکیل شده‌اند. شباهت دوم این است که در هر دو مورد اتصالات بین نورون‌ها تعیین کننده‌ی تابع شبکه می‌باشند.

حتی با اینکه نورون‌های زنده در مقایسه با مدارات الکتریکی بسیار کند می‌باشند (10^6 مرتبه کندتر هستند) اما مغز در انجام امور مختلف بسیار سریعتر از کامپیوترهای فعلی می‌باشد. علت این امر را می‌توان در ساختار موازی شبکه‌های عصبی زنده جستجو کرد. در واقع همه‌ی نورون‌ها در یک زمان و بصورت موازی عمل می‌کنند. شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز می‌توانند این ساختار موازی را فراهم کنند. اگرچه بیشتر شبکه‌های عصبی مصنوعی در حال حاضر در قالب کامپیوترهای دیجیتال معمول پیاده‌سازی شده‌اند اما ساختار موازی، از آنها یک ساختار ایده‌ال برای پیاده‌سازی در قالب VLSI، ابزارهای نوری و پردازشگرهای موازی فراهم آورده است.

۳-۳-۳- مدل نورون

نورون^۱ کوچک‌ترین واحد پردازشگر اطلاعات است، که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد.

۳-۳-۳-۱- مدل نورون تک ورودی



شکل (۳-۴) مدل نورون تک ورودی

میزان تأثیر ورودی p روی a به وسیله اسکالر w تعیین می‌شود. ورودی دیگر که مقدار ثابت یک

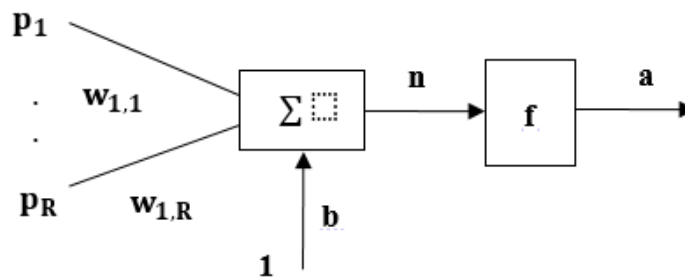
¹ - Noron

است، در جمله بایاس b ضرب شده و سپس با wp جمع می‌شود، این حاصل جمع، ورودی خالص n برای تابع محرک (یا تابع تبدیل) f خواهد بود. بدین ترتیب خروجی نورون با معادله (۱-۳) تعریف می‌شود:

$$a = f(Wp + b) \quad (۱-۳)$$

۳-۳-۲- مدل نورون چند ورودی

عموماً یک نورون بیش از یک ورودی دارد. شکل (۵-۳) یک مدل نورون با R ورودی را ارائه می‌دهد. بردار ورودی با $\underline{p}$ نمایش داده می‌شود. اسکالرهایی $p_i (i = 1, 2, \dots, R)$ عناصر بردار $\underline{p}$ هستند. مجموعه سیناپس‌های $w_{1,i}$ ، عناصر ماتریس وزن W را تشکیل می‌دهند.



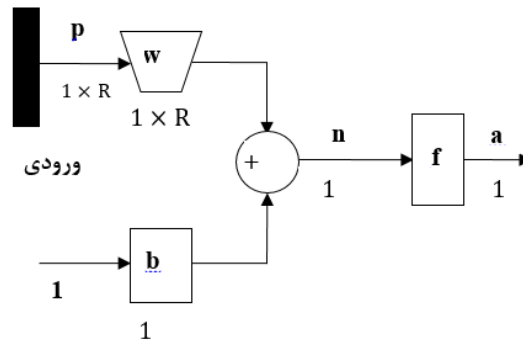
شکل (۵-۳) مدل چند ورودی یک نورون

خروجی نورون به صورت زیر خواهد بود:

$$a = f(W\underline{p} + b) \quad (۲-۳)$$

همان گونه که در شکل (۶-۳) مشاهده می‌شود، بردار ورودی $\underline{p}$ با یک ستون عمودی در سمت چپ نمایش داده شده است. ابعاد $\underline{p}$ در زیر متغیر $\underline{p}$ دارای عنصر $1 \times R$ مشخص شده است. این نماد نشان دهنده آن است که بردار ورودی $\underline{p}$ دارای عنصر R است. بردار $\underline{p}$ در یک ماتریس W با R ستون، ضرب می‌شود. مقدار ثابت یک به عنوان یک ورودی به نورون اعمال شده و در جمله اسکالر بایاس b ضرب می‌شود. ورودی خالص n ، به تابع تبدیل f اعمال شده و خروجی مربوطه به وجود می‌آید. a عملاً نشان

دهنده خروجی شبکه تک نورونی است و در این حالت یک اسکالر با ابعاد 1×1 است که در شکل (۶-۳) مشخص شده است.



شکل (۶-۳) فرم ساده شده نورون با R ورودی

۳-۳-۴- توابع محرک^۱

تابع محرک f می‌تواند خطی یا غیر خطی باشد. یک تابع محرک بر اساس نیاز خاص حل یک مسأله (مسأله‌ای که قرار است به وسیله شبکه عصبی حل شود)، انتخاب می‌شود. در عمل تعداد محدودی از توابع محرک مورد استفاده قرار می‌گیرند، که در جدول (۱-۳) لیست شده است. در این جا به چند مورد از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌کنیم.

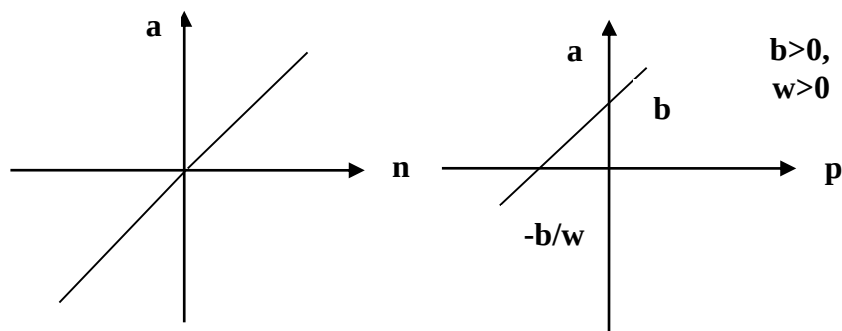
۱- تابع محرک خطی: خروجی این تابع برابر ورودی آن است:

$$a = f_1(n) = n \quad (۳-۳)$$

تابع خطی در شکل (۷-۳) نمایش داده شده است. از نورون‌هایی با تابع تبدیل فوق، در شبکه‌های خاصی مانند آدالاین^۲ استفاده شده است.

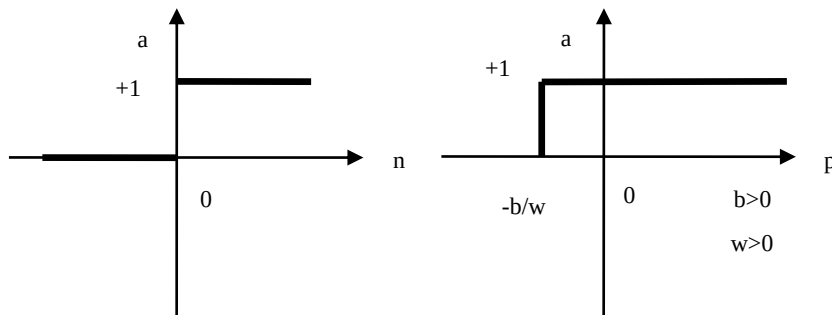
^۱ - Stimulus Functions

^۲ - Adaline



شکل (۷-۳) تابع خطی

۲- تابع محرک آستانه‌ای دومقداره حدی: این تابع در شکل (۸-۳) نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، مقدار خروجی صفر یا یک است. اگر آرگومان n کوچک‌تر از صفر باشد و به عبارتی ورودی p کوچک‌تر از $-b/w$ باشد، مقدار تابع صفر است و در غیر این صورت خروجی نورون برابر یک خواهد شد.



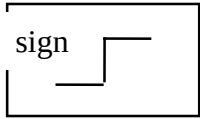
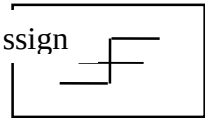
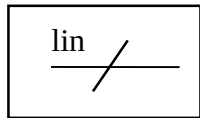
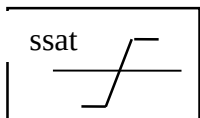
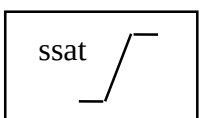
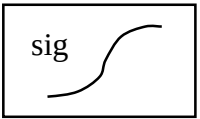
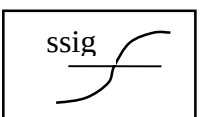
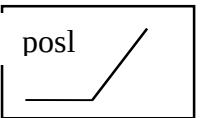
شکل (۸-۳) تابع محرک آستانه‌ای دومقداره حدی

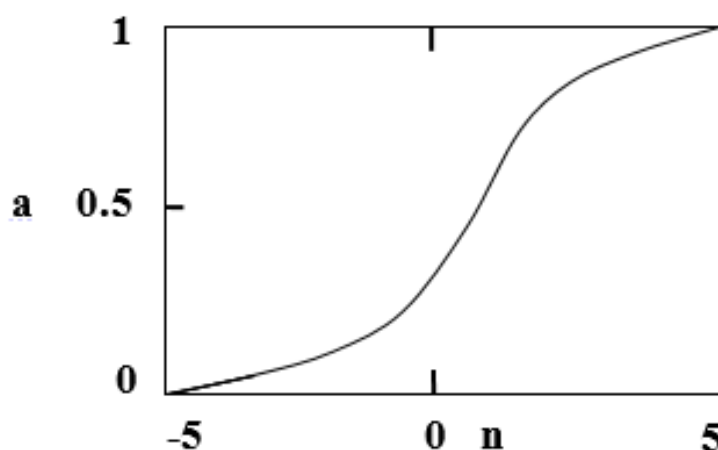
۳- تابع محرک سیگموئید: این تابع با فرم کلی زیر بیان می‌شود:

$$a = f_s(n) = \frac{1}{1+e^{-cn}} \quad c > 0 \quad (۴-۳)$$

این تابع به ازای $c=1$ در شکل (۹-۳) رسم شده است. مقدار c وسعت ناحیه خطی بودن تابع را تعیین می‌کند. مثلاً اگر c خیلی بزرگ باشد، شکل منحنی به تابع محرک آستانه دو مقدار حدی نزدیک‌تر می‌شود. این تابع در شبکه‌های عصبی مورد استفاده زیادی دارد که به عنوان مثال، می‌توان به شبکه‌های عصبی چند لایه با قانون یادگیری پس انتشار خطا اشاره کرد.

جدول (۱-۳) توابع محرک با علائم قراردادی

ردیف	نام	تعریف تابع	علائم قراردادی
۱	آستانه‌ای دو مقداره حدی	$a=0, n < 0$ $a=1, n \geq 0$	
۲	آستانه‌ای دو مقداره متقارن	$a=-1, n < 0$ $a=1, n \geq 0$	
۳	خطی	$a=n$	
۴	آستانه‌ای خطی متقارن	$a=-1, n < -1$ $a=n, -1 \leq n \leq 1$ $a=1, n > 1$	
۵	آستانه‌ای خطی	$a=0, n < 0$ $a=n, 0 \leq n \leq 1$ $a=1, n > 1$	
۶	سیگموئیدی	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$	
۷	تانژانت هیپربولیک	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$	
۸	خطی مثبت	$a=0, n < 0$ $a=n, n \geq 0$	



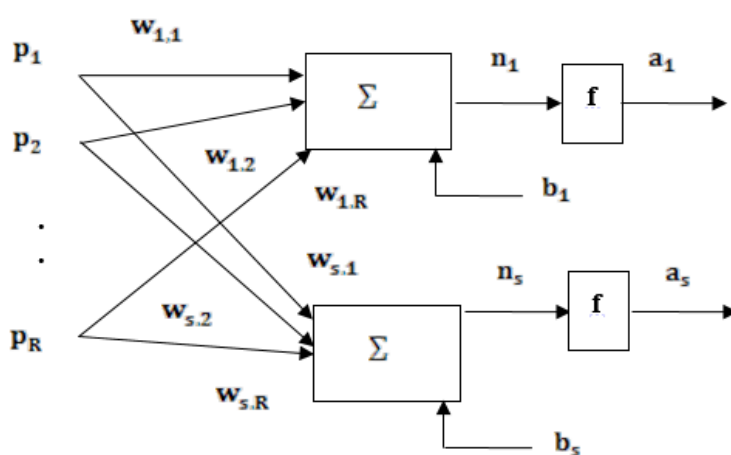
شکل (۹-۳) تابع محرک سیگموئید

۳-۳-۵- ساختار شبکه های عصبی

باید توجه داشت که معمولاً نورونی با ورودی های زیاد نیز، به تنهایی برای حل مسائل فنی-مهندسی کفایت نمی کند.

الف- شبکه تک لایه: یک شبکه تک لایه با S نورون در شکل (۱۰-۳) نشان داده شده است.

ورودی شبکه با بردار $\underline{p}$ و خروجی آن با بردار $\underline{a}$ نشان داده شده است. باید توجه داشت که هر یک از ورودی ها به همه نورون ها متصل شده است. ماتریس W نیز در این حالت دارای S سطر و R ستون می باشد.



شکل (۱۰-۳) شبکه تک لایه

ب- شبکه‌های چند لایه: در شبکه‌های تک لایه، همان طور که ذکر شد، بردار ورودی ($\underline{p}$) توسط

نورون‌های لایه (عناصر محاسباتی)، طبق رابطه $a = f(W\underline{p} + \underline{b})$ به بردار خروجی متصل می‌شوند. این شبکه شکل ساده‌ای از شبکه‌های پیشخور^۱ می‌باشند.

یک شبکه عصبی شامل اجزای سازنده لایه‌ها و وزن‌ها می‌باشد. رفتار شبکه نیز به ارتباط بین اعضا وابسته است. در حالت کلی در شبکه‌های عصبی سه نوع لایه نورونی وجود دارد:

لایه ورودی^۲: لایه ورودی شبکه عصبی وظیفه توزیع مقادیر داده‌های ورودی به اولین لایه مخفی را بر عهده دارد. تعداد گره‌های لایه ورودی برابر با تعداد مقادیر داده‌های ورودی به مدل می‌باشد.

لایه‌های پردازش گر مخفی^۳: عملکرد این لایه‌ها به وسیله ورودی‌ها و وزن ارتباط بین آن‌ها و لایه‌های پنهان تعیین می‌شود. وزن‌های بین واحدهای ورودی و پنهان تعیین می‌کنند که چه وقت یک واحد پنهان باید فعال شود. انتخاب تعداد لایه‌های مخفی و تعداد گره‌های مخفی در هر لایه مسأله ناپیچزی نیست. ساختار پردازش مخفی شبکه عصبی اختیاری می‌باشد، اما عوامل زیادی در انتخاب ساختار نقش دارند که شامل کمیت نمونه‌های آموزش، تعداد گره‌های ورودی و خروجی و روابط بین داده‌های ورودی و خروجی می‌باشند.

لایه خروجی^۴: لایه‌ای که خروجی آن، خروجی نهایی شبکه باشد، به لایه خروجی موسوم است. عملکرد واحد خروجی بسته به فعالیت واحد پنهان و وزن ارتباط بین واحد پنهان و خروجی می‌باشد.

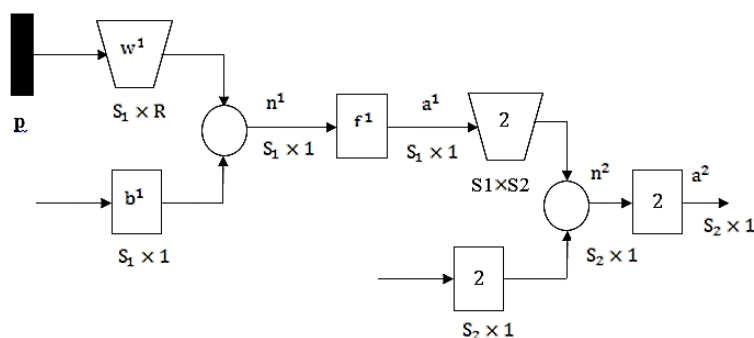
شبکه موجود در شکل (۳-۱۱) دارای یک لایه میانی است. در شکل (۳-۱۲) شبکه عصبی مصنوعی و لایه‌های ورودی، میانی و خروجی نشان داده شده است.

¹ - Feed - Forward

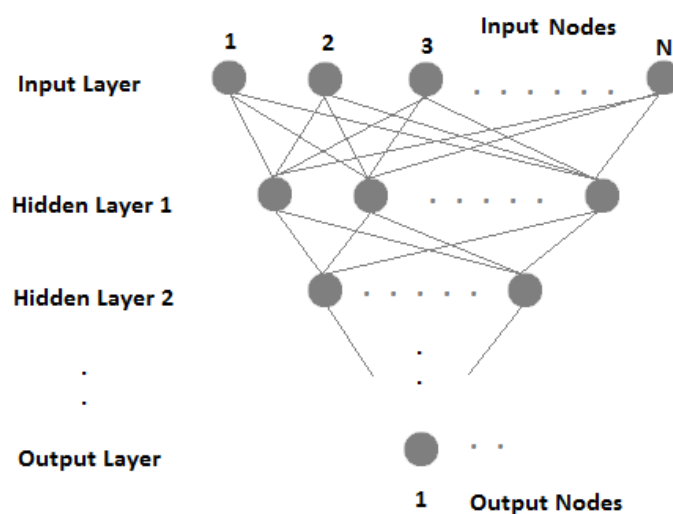
² - Input Layer

³ - Hidden Layer

⁴ - Output Layer



شکل (۱۱-۳) شبکه چند لایه



شکل (۱۲-۳) شبکه عصبی مصنوعی

چند نکته:

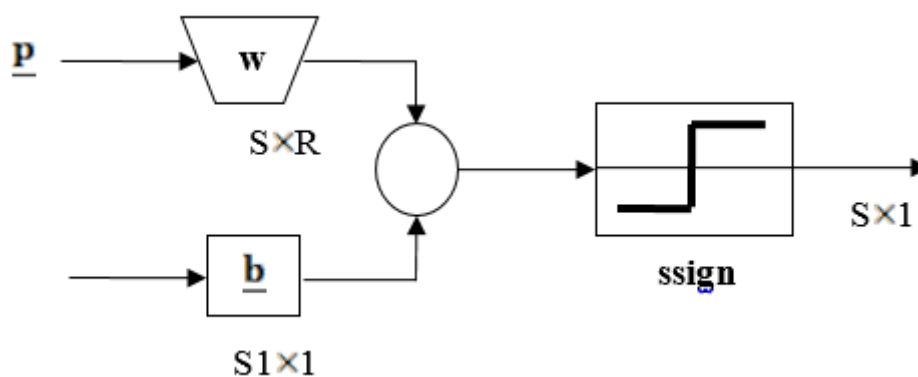
- (۱) شبکه‌های عصبی چند لایه نسبت به شبکه‌های عصبی تک لایه دارای توانایی بیشتری هستند.
- (۲) به نظر می‌رسد که تعداد درجات آزادی (مثلاً تعداد ورودی‌ها، خروجی‌ها، نورون‌های هر لایه) برای طراحی یک شبکه چند لایه پیشخور زیاد باشد. ولی باید توجه داشت که تعداد ورودی‌های شبکه (R) و تعداد خروجی‌های شبکه (S)، بر اساس مسأله خاص که شبکه قرار است حل کند، به دست می‌آیند. به عبارت دیگر این دو پارامتر جزء پارامترهای آزاد طراح نیستند، بلکه انتخاب آن‌ها بستگی به مسأله‌ای دارد که در حال بررسی است. بنابراین می‌توان گفت که ساختار شبکه‌های عصبی تک لایه پیشخور را کاملاً از روی ویژگی‌های مسئله مورد بررسی، می‌توان مشخص نمود.

در مورد شبکه عصبی چند لایه، مطالب فوق ساده نیست. یعنی از روی ویژگی‌های مسئله مورد بررسی، نمی‌توان اطلاعاتی در مورد تعداد نورون‌های لایه میانی کسب نمود.

۳-۳-۵-۲- معرفی سه شبکه عصبی ساده

سه نوع شبکه عصبی پرسپترون^۱، همینگ^۲ و هاپفیلد^۳ به طور مختصر توضیح داده می‌شوند.

الف- پرسپترون: شبکه‌های عصبی پرسپترون، به ویژه پرسپترون چند لایه، در زمره کاربردی‌ترین شبکه عصبی می‌باشند. این شبکه‌ها قادرند با انتخاب مناسب تعداد لایه‌ها و سلول‌های عصبی، که اغلب زیاد هم نیستند، یک نگاشت غیر خطی را با دقت دلخواه انجام دهند. این همان چیزی است که در بسیاری از مسائل فنی مهندسی به عنوان راه حل اصلی مطرح می‌باشد. شبکه پرسپترون تک لایه در شکل (۳-۱۳) ترسیم شده است.



شکل (۳-۱۳) شبکه پرسپترون تک لایه

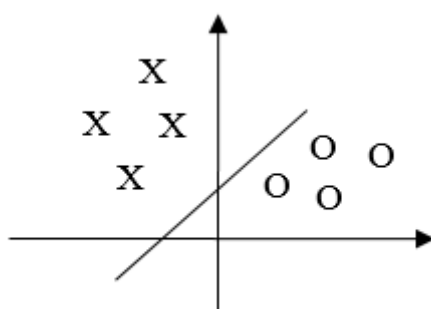
برای درک توانایی‌های این شبکه فرض کنید که بخواهیم سیستمی داشته باشیم که دو گروه الگوهای 'O' و 'X' را در فضای دو بعدی، چنان که در شکل (۳-۱۴) نشان داده شده است از یکدیگر تفکیک نماییم. نورون شکل (۳-۱۵) از عهده این کار بر می‌آید، به طوری که اگر یکی از الگوهای ورودی

¹ - Perceptron

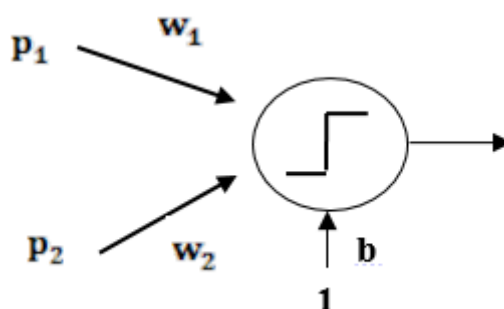
² - Hamming

³ - Hopfield

'O' به سلول اعمال شود، مقدار a (۱) یا (-۱) و اگر یکی از الگوهای 'X' به نورون اعمال شود مقدار آن (-۱) یا (۱) می شود. این شرایط هنگامی فراهم می شود که که آرگومان تابع ssign با انتخاب مناسب b ، w_1 و w_2 مقدار مناسبی کسب کند. اگر آرگومان (n) بزرگتر از صفر باشد a برابر ۱ و اگر n کوچکتر از صفر باشد a برابر -۱ خواهد شد.



شکل (۱۴-۳) الگوهای 'O' و 'X'

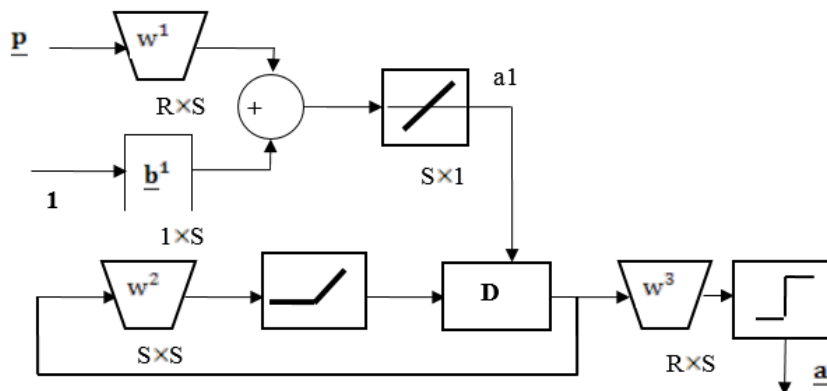


شکل (۱۵-۳) نمونه یک نورون

از الگوریتم پس انتشار خطا (BP) برای آموزش شبکه های عصبی چند لایه پیشخور که عموماً شبکه های چند لایه پرسپترون (MLP) نامیده می شوند، استفاده می شود. به عبارتی توپولوژی این شبکه ها با یادگیری پس انتشار خطا تکمیل می شود. قانون پس انتشار خطا از دو مسیر اصلی تشکیل می شود. مسیر اول به مسیر رفت موسوم می باشد که در این مسیر، بردار ورودی به شبکه چند لایه پرسپترون اعمال می شود. مسیر دوم به مسیر برگشت موسوم است و در این مسیر پارامترهای شبکه چند لایه پرسپترون تغییر و تنظیم می گردند.

ب- شبکه همینگ: این شبکه ها اساساً جهت حل مسأله شناسایی الگوهای باینری (الگوهای

برداری که عنصرشان فقط دو مقدار مثلاً ۱ و -۱ را قبول می‌کند) طراحی شده است. این شبکه هم در چهار چوب شبکه عصبی قرار می‌گیرد، زیرا از یک سری نورون‌ها به مثابه گره‌ها و یک سری وزن‌های ارتباطی بین گره‌ها تشکیل یافته است. هر گره یک سطح فعال دارد که خروجی نورون را می‌سازد. شبکه همینگ از دو ساختار پیشخور و پسخور تشکیل شده است. شکل (۳-۱۶) شبکه همینگ را نشان می‌دهد. هدف اصلی در شبکه همینگ این است که تشخیص دهد کدام الگوی مرجع بیشترین نزدیکی را به الگوی ورودی دارد، و سپس آن را در خروجی شبکه ظاهر کند. این شبکه از سه لایه تشکیل شده است: ۱- لایه پیشخور اول، به عنوان نخستین لایه، ۲- لایه برگشتی (لایه WAT)، به عنوان لایه میانی، ۳- لایه سوم شبکه همینگ.

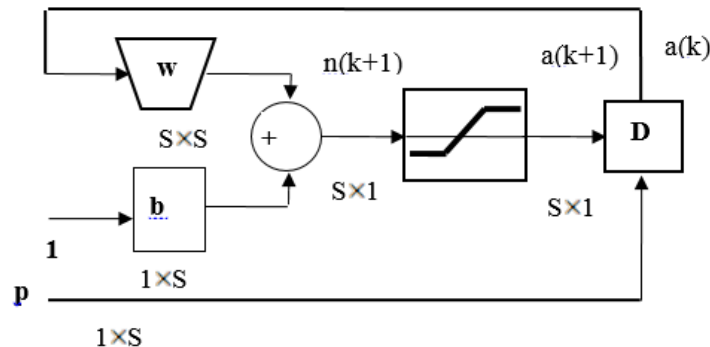


شکل (۳-۱۶) شبکه همینگ

ج- شبکه هاپفیلد: دیاگرام بلوکی شبکه هاپفیلد در شکل (۳-۱۷) نمایش داده شده است. همان طور که در شکل قابل مشاهده است همه نورون‌ها شبیه یکدیگر عمل می‌کنند و هیچ یک از این نورون‌ها به عنوان ورودی یا خروجی از هم متمایز نمی‌شوند، این وجه بازر اختلاف این شبکه با دیگر شبکه‌هاست. نورون‌ها نخست توسط ورودی مقادیر اولیه می‌گیرند و آن گاه شبکه طوری خود را تکرار می‌کند که نتیجه نهایی، همگرایی شبکه به یکی از الگوهای مرجع باشد. معادلاتی که رفتار شبکه هاپفیلد را تبیین می‌کنند عبارتند از:

$$\begin{cases} \underline{a}(k+1) = \text{ssatl}[\underline{w}\underline{a}(k) + \underline{b}] \\ \underline{a}(0) = \underline{p} \end{cases} \quad (۳-۵)$$

که در آن تابع تبدیل غیر خطی $ssatl$ ، تابع متقارنی می باشد در فاصله $[-1,1]$ خطی می باشد و برای مقادیر کوچک تر از -1 مقدار -1 و برای مقادیر بزرگ تر از 1 مقدار $+1$ می گیرد. طراحی ماتریس وزن و بردار بایاس برای شبکه هاپفیلد در مقایسه با شبکه های قبل روند پیچیده تری دارد.



شکل (۳-۱۷) شبکه هاپفیلد

در تحقیق حاضر به منظور پیش بینی عمق برف در محل ایستگاه برف سنجی مورد نظر از یک شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون با ساختار یک لایه ورودی شامل پارامترهای دریافت شده از تصاویر ماهواره ای، یک لایه میانی و یک لایه خروجی شامل مقادیر ثبت شده توسط ایستگاه برف سنجی با تابع محرک سیگموئید استفاده شده است.

۳-۵-۳-۳- معیار انتخاب بهترین شبکه عصبی مصنوعی

۱- میانگین مربعات خطا (MSE): یک معیار بسیار معمول برای بدست آوردن بهترین برآوردگر، که در بین آماردانان از مطلوبیت خاصی برخوردار است، میانگین توان دوم خطا یا به اختصار MSE است. استفاده از MSE برای اولین بار را به گاوس، ریاضیدان آلمانی نسبت می دهند. با استفاده از این معیار، برآوردگری که دارای کمترین MSE باشد انتخاب می شود.

همان طور که از نام این مفهوم پیدا است. سه عمل روی داده انجام می شود:

محاسبه خطای خروجی سیستم، به توان ۲ رسانی خطای سیستم و میانگین گیری از مجموع تمام

خطاها (که هر کدام به توان ۲ رسیده است). که با فرمول (۳-۶) نشان داده میشود:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum (f_i - y_i)^2 \quad (۶-۳)$$

F_i : معادل خروجی سیستم

Y_i : معادل پاسخ صحیح (قطعی)

۲- ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE): تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل یا

برآوردگر آماری و مقدار واقعی میباشد RMSE ابزار خوبی است برای مقایسه خطاهای

پیش‌بینی توسط یک مجموعه داده و برای مقایسه چند مجموعه داده کاربرد ندارد. درواقع

RMSE همان میانگین مربعات خطا (MSE) است که با فرمول (۷-۳) نشان داده میشود:

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (f_i - y_i)^2} \quad (۷-۳)$$

۳-۴- نرمال کردن داده ها

بیشتر تئوری‌های احتمال و تکنیک‌های آماری به کار گرفته شده در هیدرولوژی با فرض توزیع

نرمال متغیرها توسعه یافته‌اند، زیرا بیشتر منحنی‌های فراوانی متغیرهای هیدرولوژیک به صورت نامتقارن

توزیع شده‌اند، و اغلب تبدیل این متغیرها به متغیرهای نرمال قبل از انجام آنالیزهای آماری مورد نظر،

ضروری می‌باشد. در این تحقیق نیز با توجه به اینکه داده ها در یک دامنه قرار ندارند، قبل از ایجاد شبکه،

به داده هایی با توزیع نرمال تبدیل شده اند.

برای نرمال کردن داده ها می توان از فرمول (۸-۳) استفاده کرد:

$$X_2 = \frac{X_1 - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (۸-۳)$$

فصل ۴:

نتایج

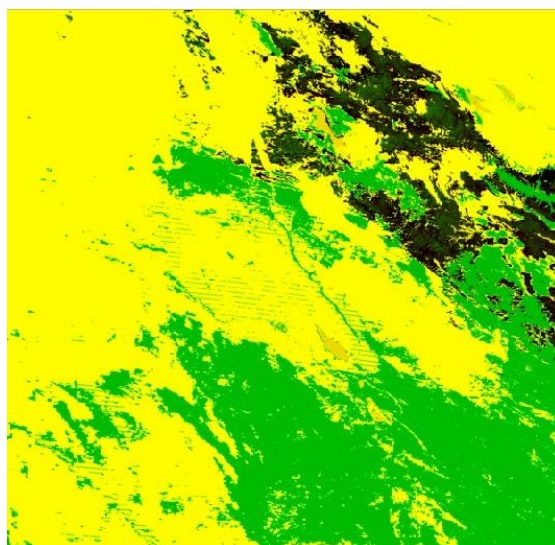
در انجام این پروژه از ۱۱۱ تصویر ماهواره ای استفاده شده است. این تصاویر که محصولات روزانه سنجنده مودیس ماهواره ترا می باشند، از سایت مرکز بین المللی اطلاعات برف و یخ (www.nsidc.org) دریافت شده اند.

[illegible]

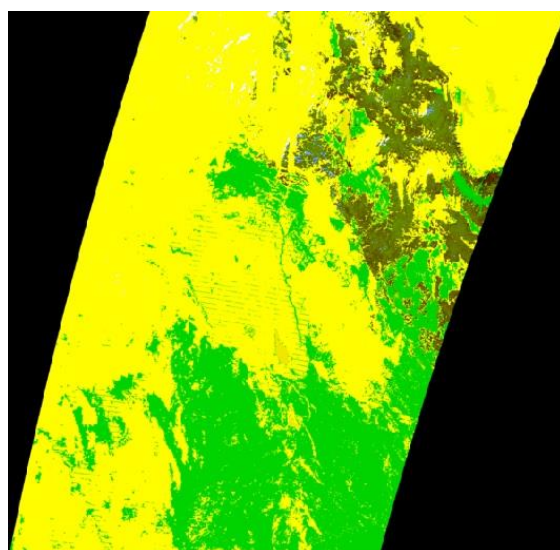
شکل (۴-۱) موقعیت کشور ایران بر اساس اندکس تصاویر سنجنده مودیس ماهواره ترا

۴-۲- پردازش تصاویر

پس از دریافت تصاویر، جهت اطلاع از پارامترهای تعیین کننده‌ی شرایط مربوط به محل ایستگاه برف سنجی، باید تصاویر خام را پردازش نمود، که این پردازش شامل زمین مرجع کردن تصاویر می باشد. بدین منظور تصاویر دریافتی از سایت با فرمت hdf (شکل (۴-۲))، با استفاده از نرم افزار ERDAS IMAGINE 2014 به فایل هایی با فرمت tiff (شکل (۴-۳)) تبدیل شده است.



شکل (۴-۲) تصویر خام دریافت شده با فرمت hdf



شکل (۴-۳) تصویر زمین مرجع شده با فرمت tiff

۴-۳- تعیین وضعیت محل ایستگاه

برای اطلاع از شرایط محل ایستگاه برف سنجی در تاریخ های مورد نظر بایستی پارامترهای تعریف شده در تصاویر ماهواره ای برای محل ایستگاه برف سنجی را استخراج کرده و سپس با مراجعه به جداول ارائه شده توسط سایت مرکز بین المللی اطلاعات برف و یخ (جدول (۴-۱))، می توان از شرایط محل از نظر ابری بودن هوا در لحظه اخذ تصویر، وجود برف یا عدم وجود برف، و غیره آگاه شد.

جدول (۴-۱) جداول ارائه شده توسط سایت مرکز بین المللی اطلاعات برف و یخ

Tile Field Coded Integer Values		Snow Albedo Daily Tile Field Coded Integer Values		Fractional Snow Cover Field Coded Integer Values	
Value	Description	Value	Description	Value	Description
0	Data missing	0-100	snow albedo	0-100	fractional snow
1	No decision	101	no decision	200	missing data
11	Night	111	night	201	no decision
25	No snow	125	land	211	night
37	Lake	137	inland water	225	land
39	Ocean	139	ocean	237	inland water
50	Cloud	150	cloud	239	ocean
100	Lake ice	250	Missing	250	cloud
200	Snow	251	self_shadowing	254	detector saturated
254	Detector saturated	252	landmask mismatch	255	fill
255	fill	253	Bidirectional Reflectance Distribution Function failure (BRDF_failure)		
		254	non-production mask		

طبق تعاریف ارائه شده در جدول (۴-۱) پیکسل هایی که دارای ارزش ۲۰۰ می باشند، به عنوان

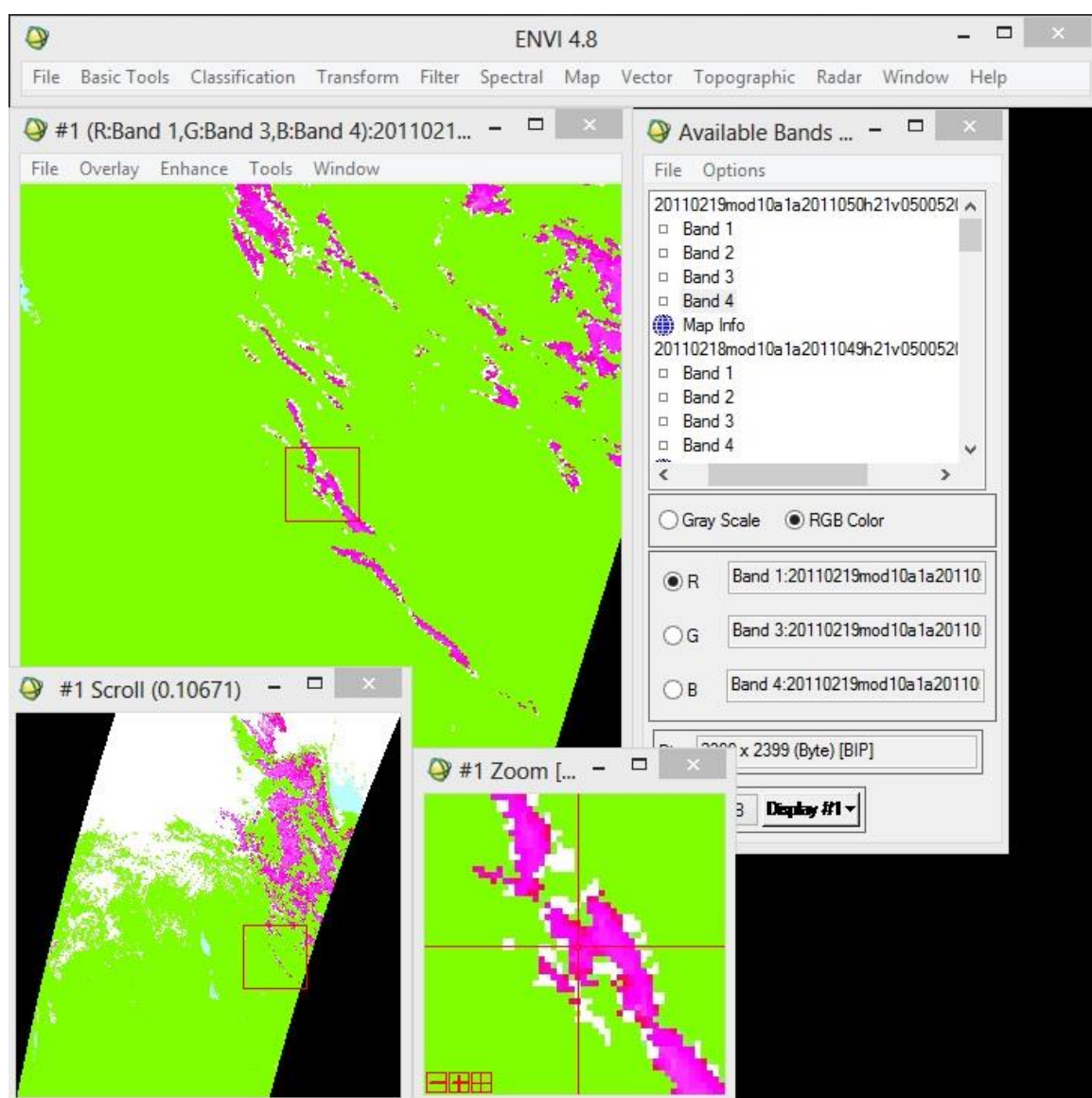
پیکسل برفی در نظر گرفته می شوند.

۴-۴- استخراج پارامترهای تعریف شده در تصاویر

در این پروژه برای استخراج پارامترهای تعریف شده در تصاویر از نرم افزار ENVI 4.8 استفاده شده

است. برای وارد کردن تصاویر به محیط نرم افزار بایستی از منوی File گزینه Open Image File را

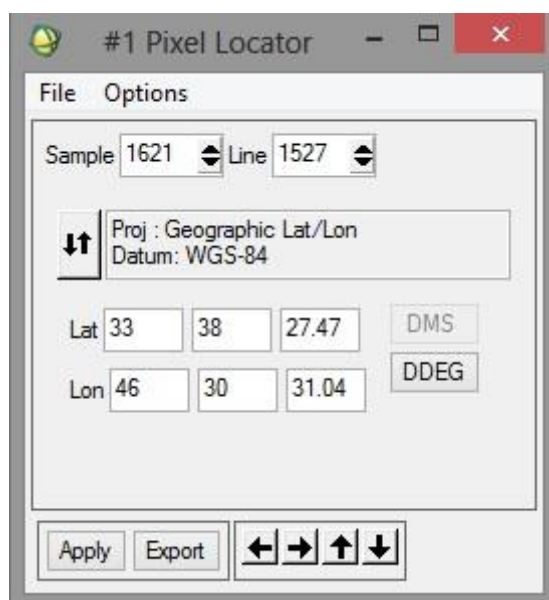
انتخاب و سپس با مراجعه به مسیر قرار گیری تصاویر، تصویر مورد نظر را بارگذاری کرد شکل (۴-۴).



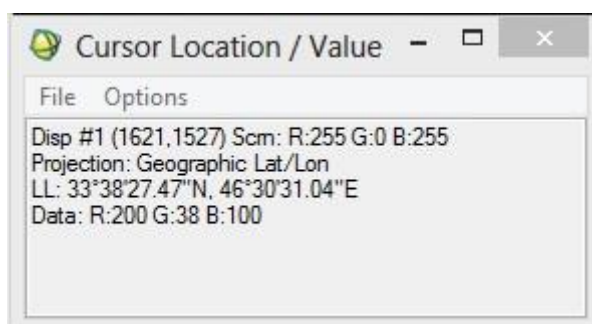
شکل (۴-۴) وارد کردن تصاویر به محیط نرم افزار ENVI 4.8

پس از بارگذاری تصویر مورد نظر در نرم افزار و تعیین باندهای مناسب برای هر یک از رنگ های آبی، سبز و قرمز، با وارد کردن مختصات محل ایستگاه (شکل (۴-۵)) می توان مقادیر پارامترهای موجود را مشاهده نمود.

همانگونه که در شکل (۴-۶) مشاهده می شود برای پیکسل موجود در محل ایستگاه برف سنجی، سه پارامتر توسط نرم افزار معرفی شده است که با استفاده از جدول (۴-۱) می توان آنها را ارزش گذاری کرد. و بدین ترتیب از آنها بعنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد.



شکل (۴-۵) وارد کردن مختصات محل ایستگاه در نرم افزار



شکل (۴-۶) اطلاعات دریافت شده از محل ایستگاه

۴-۵- ایجاد شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق، یک شبکه پرسپترون چندلایه (MLP) می باشد که ورودی آن را پارامترهای دریافت شده از تصاویر ماهواره ای تشکیل می دهند. با توجه به اینکه یکی از پارامترهای دریافت شده از تصاویر ماهواره ای، مربوط به مشخص نمودن شرایط برفی منطقه می باشد و برای تمامی تصاویر ثابت است، از بین متغیر های ورودی حذف شده است. بنابراین از دو پارامتر باقیمانده به عنوان ورودی های شبکه عصبی مصنوعی و از داده های ثبت شده توسط ایستگاه برف سنجی به عنوان تارگت شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است و با توجه به اینکه داده ها در یک دامنه قرار ندارند، قبل از ایجاد شبکه، به داده هایی با توزیع نرمال تبدیل شده اند. در تحقیق حاضر از ۷۰ درصد داده ها برای آموزش شبکه، از ۱۰ درصد داده ها به عنوان داده های اعتبار سنجی و از ۲۰ درصد باقیمانده برای آزمایش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است، که همگی آنها بصورت تصادفی انتخاب شده اند. برای بهینه سازی شبکه نیز از الگوریتم Levenberg-Marquardt استفاده شده است.

شبکه عصبی مصنوعی موجود برای تعداد ۵ تا ۲۰ عدد نورون در لایه پنهان آموزش داده شده است، که نتیجه آن بصورت خلاصه در جدول (۴-۲) آورده شده است. همان طور که از مشاهده می شود میزان MSE و RMSE برای تعداد ۱۴ نورون کمترین مقدار را دارا می باشند.

در نمودارهای موجود در شکل (۴-۷) و شکل (۴-۸) می توان بصورت کامل نتایج بدست آمده از آموزش و تست شبکه عصبی مصنوعی را برای تعداد ۱۴ نورون مشاهده کرد.

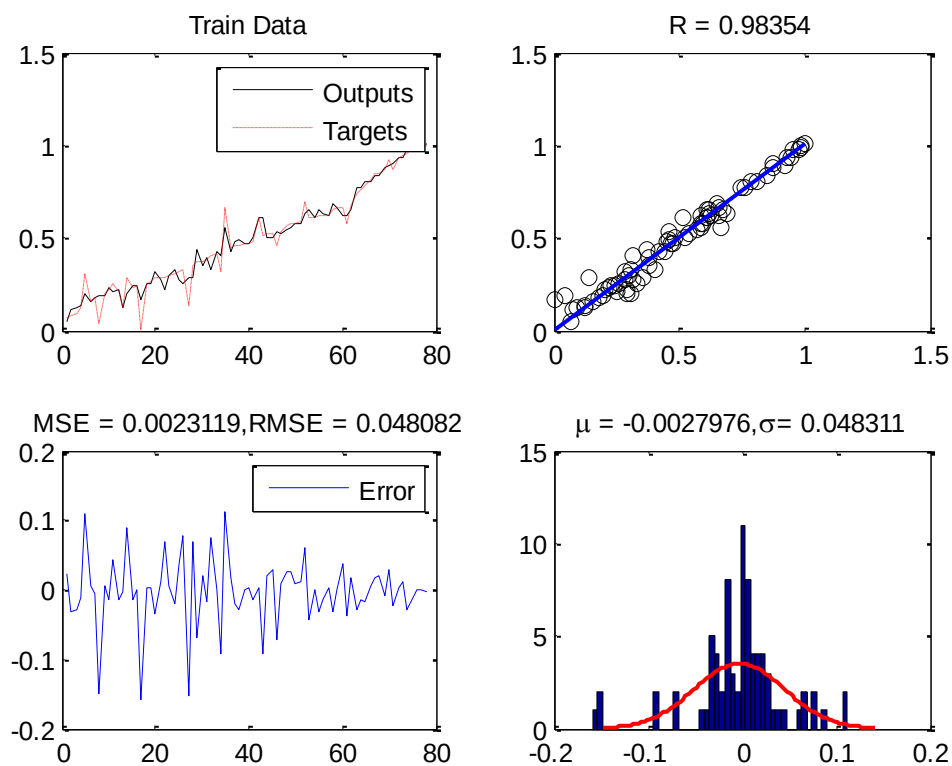
با توجه به عملکرد مناسب شبکه عصبی مصنوعی، از آن میتوان برای پایش و پیش بینی عمق برف در محل ایستگاههای برف سنجی استفاده کرد. معمولاً بدلیل صعب العبور بودن این ایستگاهها، اندازه گیری عمق برف بصورت نامنظم و تنها به تعداد بسیار محدودی در هر سال انجام میشود، در حالی که با توسعه روش پیشنهادی در این پایان نامه و با توجه به در دسترس بودن داده های سنجنده مودیس بصورت روزانه میتوان عمق برف را در محل ایستگاهها با دقت بسیار مناسبی برآورد نمود.

جدول (۴-۲) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی مصنوعی

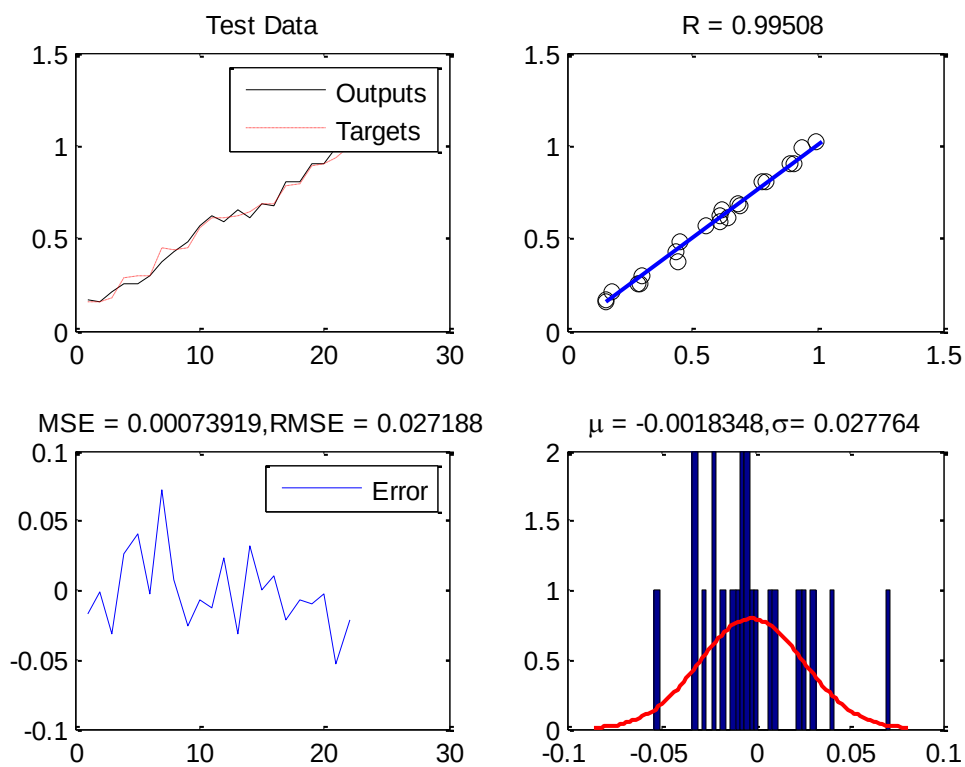
تعداد نورون	Performance	R	MSE	RMSE	μ	σ
۵	۰/۰۰۳۱۳۲	۰/۹۸۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۵۶۶	-۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۵۷
۶	۰/۰۰۳۶۲۵	۰/۹۶۸	۰/۰۰۴۶	۰/۰۶۸۵	-۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۶۸
۷	۰/۰۰۴۶۶۳	۰/۹۶۷	۰/۰۰۵۳	۰/۰۷۳۳	-۰/۰۰۱۶۵	۰/۰۷۱
۸	۰/۰۰۳۴۵۲	۰/۹۷۴	۰/۰۰۳۹	۰/۰۶۲۷	-۰/۰۰۱۲۱	۰/۰۶۱
۹	۰/۰۰۲۹۹۴	۰/۹۷۸	۰/۰۰۲۷	۰/۰۵۲۴	-۰/۰۰۰۲۹	۰/۰۵۲
۱۰	۰/۰۰۴۹۱۵	۰/۹۶۶	۰/۰۰۵۳	۰/۰۷۳۳	-۰/۰۰۰۲۰۹	۰/۰۷۰
۱۱	۰/۰۰۳۲۶۸	۰/۹۷۴	۰/۰۰۳۵	۰/۰۵۹۵	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۵۹
۱۲	۰/۰۰۳۸۵۳	۰/۹۷۷	۰/۰۰۳۴	۰/۰۵۸۹	-۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۵۸
۱۳	۰/۰۰۳۰۶۱	۰/۹۷۴	۰/۰۰۳۵	۰/۰۵۹۷	-۰/۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۶۰
۱۴	۰/۰۰۲۱۸۲	۰/۹۸۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۴۸۰	-۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۴۸
۱۵	۰/۰۰۵۶۱۹	۰/۹۶۴	۰/۰۰۴۴	۰/۰۶۶۶	-۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۶۷
۱۶	۰/۰۰۳۷۴۸	۰/۹۷۱	۰/۰۰۴۰	۰/۰۶۳۵	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۶۳
۱۷	۰/۰۰۶۹۱۳	۰/۹۶۴	۰/۰۰۵۶	۰/۰۷۵۰	-۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۷۵
۱۸	۰/۰۰۳۶۷۵	۰/۹۷۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۶۲۳	۰/۰۰۱۷۸	۰/۰۶۰
۱۹	۰/۰۰۸۴۵۳	۰/۹۴۹	۰/۰۰۷۰	۰/۰۸۴۱	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۸۳۱
۲۰	۰/۰۰۳۹۶۴	۰/۹۸۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۵۶۹	-۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۵۷

جدول (۳-۴) نتایج حاصل از تست شبکه عصبی مصنوعی

تعداد نورون	Performance	R	MSE	RMSE	μ	σ
۵	۰/۰۰۳۱۳۲	۰/۹۸۱	۰/۰۰۲۱	۰/۰۴۶	-۰/۰۰۷۳	۰/۰۴۷
۶	۰/۰۰۳۶۲۵	۰/۹۹۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۱۴۱	۰/۰۳۲
۷	۰/۰۰۴۶۶۳	۰/۹۹۰	۰/۰۰۱۴	۰/۰۳۸	-۰/۰۰۱۱	۰/۰۳۷
۸	۰/۰۰۳۴۵۲	۰/۹۹۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۳۰	-۰/۰۰۱۰	۰/۰۲۹
۹	۰/۰۰۲۹۹۴	۰/۹۸۳	۰/۰۰۳۳	۰/۰۵۸	-۰/۰۰۷۴	۰/۰۵۹
۱۰	۰/۰۰۴۹۱۵	۰/۹۸۶	۰/۰۰۲۳	۰/۰۴۸	-۰/۰۰۴۵	۰/۰۴۹
۱۱	۰/۰۰۳۲۶۸	۰/۹۷۴	۰/۰۰۳۵	۰/۰۵۹۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۶۰
۱۲	۰/۰۰۳۸۵۳	۰/۹۶۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۷۷	-۰/۰۰۲۵	۰/۰۷۴
۱۳	۰/۰۰۳۰۶۱	۰/۹۹۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۴۱	۰/۰۰۶۴	۰/۰۴۲
۱۴	۰/۰۰۲۱۸۲	۰/۹۹۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۷۱	-۰/۰۰۱۸	۰/۰۲۷
۱۵	۰/۰۰۵۶۱۹	۰/۹۴۵	۰/۰۰۹۲	۰/۰۹۶۴	-۰/۰۰۱۳۵	۰/۰۹۷
۱۶	۰/۰۰۳۷۴۸	۰/۹۷۸	۰/۰۰۳۷	۰/۰۶۱۴	۰/۰۰۲۶۲	۰/۰۵۶
۱۷	۰/۰۰۶۹۱۳	۰/۹۴۳	۰/۰۰۱۰۷	۰/۰۱۰۳	-۰/۰۰۱۰۵	۰/۰۱۰۵
۱۸	۰/۰۰۳۶۷۵	۰/۹۸۵	۰/۰۰۳۱	۰/۰۵۶	۰/۰۰۱۳۹	۰/۰۵۵
۱۹	۰/۰۰۸۴۵۳	۰/۹۱۵	۰/۰۰۱۴۶	۰/۰۱۲۰	۰/۰۰۱۳۷	۰/۰۱۲۳
۲۰	۰/۰۰۳۹۶۴	۰/۹۵۱	۰/۰۰۶۹	۰/۰۸۳	-۰/۰۰۲۲۸	۰/۰۸۲



شکل (۴-۷) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی مصنوعی برای تعداد ۱۴ نورون



شکل (۴-۸) نتایج حاصل از تست شبکه عصبی مصنوعی برای تعداد ۱۴ نورون

فصل ۵:

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

برف یکی از فاکتورهای مهم کنترل کننده‌ی هیدرواقلیم هر ناحیه جغرافیایی است. در مناطق کوهستانی غرب و شمال غربی ایران، بویژه در فصول سرد سال، بارش برف به عنوان مهمترین عنصر اقلیمی شناخته می شود. آب ذوب معادل ناشی از پوشش برفی می تواند با اعمال عکس العمل های متقابل و مرتبط به هم در یک حوضه آبریز، سایر پارامترهای هیدرولوژیکی نظیر: جریان آب های سطحی، نحوه تغذیه سفره های آب زیرزمینی، وقوع سیلاب و پوشش گیاهی را متاثر سازد. برخی از محققان معتقدند که داده های سنجش از دور می تواند ارزیابی های بهتری از محدوده های پوشش برف در حوضه های آبریز نسبت به روش های مساحی سنتی ارائه دهد. از این رو، امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی، به کارگیری داده های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از پوشش برف به صورت عملیاتی اجرا می گردد. با عنایت به پیشرفت های موجود در چند دهه‌ی گذشته، توسط کشورهای مختلف سنجنده های ماهواره ای متعدد و متنوعی طراحی و به فضا ارسال شده که یکی از مهمترین آنها ماهواره «ترا» است. سنجنده مودیس ماهواره مذکور با توجه به قابلیت های فنی و اپتیکی خود تصاویر متنوعی را در باندهای مختلف الکترو مغناطیس عرضه می دارد.

۵-۲- خلاصه کار

تحقیق حاضر با هدف تخمین عمق برف با استفاده از تصاویر ماهواره ای و به کمک شبکه عصبی مصنوعی در یک ایستگاه برف سنجی در استان ایلام صورت گرفته است. بدین منظور تعداد ۱۱۱ تصویر ماهواره ای سنجنده مودیس مربوط به سال های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ از سایت مرکز بین المللی اطلاعات برف و یخ (www.nsidc.org) دریافت گردید. داده های مورد استفاده جهت انجام این تحقیق شامل پارامترهای استخراج شده از تصاویر ماهواره ای و همچنین اطلاعات ثبت شده‌ی مربوط به عمق برف توسط ایستگاه برف سنجی مذکور است.

۵-۳- نتایج

نتایج حاصل از مطالعه‌ی حاضر را می‌توان به صورت زیر ارائه کرد:

- تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس جهت بررسی پارامترهای هیدرواقليمی نظیر برف بسیار مناسب هستند. دارا بودن قدرت تفکیک مناسب (از نقطه نظرهای زمانی، طیفی، رادیومتریک و مکانی) و همچنین رایگان بودن دریافت این تصاویر را می‌توان از اهم امتیازات این سنجنده در روند برآورد سطح پوشش برف و تخمین آب ذوب معادل برف، محسوب کرد.
- توپولوژی بهترین شبکه فقط با سعی و خطا مشخص می‌شود و هیچ روند خاصی برای تعیین بهترین شبکه، چه از لحاظ تعداد لایه‌های پنهان یا تعداد نورون‌های لایه پنهان، وجود ندارد.
- با مشاهده نتایج مشخص شد که بهترین شبکه عصبی مصنوعی، شبکه‌ای با یک لایه پنهان و ۱۴ نورون در آن است. بطور کلی می‌توان گفت شبکه عصبی مصنوعی در این مسئله مانند بسیاری از مسائل هیدرولوژی بطور نسبی موفق بوده است.
- شبکه عصبی مصنوعی ایجاد شده در این تحقیق با تعداد ۱۴ نورون در لایه مخفی، کمترین میزان خطا را در پی داشت که این مقدار برای داده‌های آموزش برابر با $MSE = 0.0023$ و $RMSE = 0.0480$ و برای داده‌های تست برابر با $MSE = 0.0007$ و $RMSE = 0.0271$ میباشد.
- ضریب همبستگی بین داده‌های خروجی و هدف در تعداد ۱۴ نورون در لایه مخفی بیشترین میزان را دارد که برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب برابر با ۰/۹۸۳ و ۰/۹۹۷ میباشد.

۵-۴- پیشنهادات

- در مطالعات آتی به منظور بهبود کیفیت نتایج به دست آمده می توان آیت‌های زیر را در نظر گرفت:
- استفاده از محصولات سایر سنجنده ها و ماهواره ها مانند AVHRR و Landsat و مقایسه نتایج به دست آمده از آن ها با یکدیگر.
 - اضافه کردن برخی پارامترهای دیگر مانند دمای هوا، به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی و بررسی احتمال افزایش دقت پیش بینی ها.
 - شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) به خوبی قادر به تخمین عمق برف در منطقه ایستگاه برف سنجی مورد مطالعه بوده است، اما پیشنهاد می شود که پیش بینی به کمک روش های دیگر هوش مصنوعی مانند منطق فازی و ماشینهای بردار پشتیبان^۱ نیز صورت بگیرد و نتایج آن با این روش مقایسه شود.

¹ - Support Vector Machine

مراجع

مراجع

- [۱] برهانی داریان، علیرضا؛ طاهرپور، جمال؛ فاتحی مرج، احمد؛ (۱۳۸۳)؛ "مدل های برفابی پیش بینی جریان حوضه آبریز به کمک RS و GIS".
 - [۲] بنی هاشمی، سیده معصومه؛ (۱۳۸۲)؛ "مدلسازی هیدرولوژیکی حوضه آبخیز با استفاده از داده های ماهواره ای". پایان نامه کارشناسی ارشد. مرکز GIS و سنجش از دور دانشگاه تبریز.
 - [۳] خبازی، مصطفی؛ طیبی، صفیه؛ (۱۳۹۳)، "سنجش از دور و پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای با استفاده از Erdas Imagine"، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران.
 - [۴] دینی، غلامرضا، (۱۳۸۴)، "بررسی سطح پوشش برف در البرز مرکزی با استفاده از تصاویر MODIS و NOAA، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس."
 - [۵] رسولی، علی اکبر؛ ادهمی، سلام؛ (۱۳۸۶)، "محاسبه آب معادل از پوشش برفی با پردازش تصاویر سنجنده MODIS".
 - [۶] رضایی، یوسف؛ (۱۳۸۶)؛ "بررسی یخچال طبیعی کوهستانی خرسان زردکوه بختیاری با استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره ای و GIS".
 - [۷] رئیسی، رضا؛ کاتورانف شیلر؛ جلالی، کوستان؛ (۱۳۹۲)، "مقایسه الگوریتم های مختلف استخراج پوشش برف در تصاویر سنجنده MODIS".
 - [۸] شفیعی زاده مقدم، ح؛ مباحثی، م.ر؛ شایان، س؛ (۱۳۸۸)؛ "ارتقای دقت برآورد شاخص NDSI و کسر پوشش برف سنجنده MODIS با بکارگیری همزمان سنجنده ASTER".
 - [۹] صادقی نایینی، علی؛ (۱۳۸۳)؛ "معرفی سنجنده MODIS و تهیه نقشه پوششی ایران". دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. دانشکده نقشه برداری.
 - [۱۰] عمادزاده، مریم؛ تجریشی، مسعود؛ (۱۳۸۹)، "بررسی مقایسه ای نتایج سطح برف تصاویر سنجنده های AVHRR و MODIS".
 - [۱۱] قنبرپور، محمدرضا؛ محسنی ساروی، محسن؛ ثقفیان، بهرام؛ احمدی، حسن؛ عباس پور، کریم؛ (۱۳۸۴)؛ "تعیین موثر در انباشت و ماندگاری سطح پوشش برف و سهم ذوب برف در رواناب". مجله منابع طبیعی شماره ۵۸-۳.
 - [۱۲] کیا، سید مصطفی؛ (۱۳۹۴)؛ "شبکه های عصبی در MATLAB"، انتشارات دانشگاهی کیان.
 - [۱۳] متکیان، علی اکبر؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داود؛ داداشی خانقاه، سپیده؛ (۱۳۸۲)؛ "ارزیابی شاخص جهانی پوشش برف برای مطالعه سطح پوشش برف در مقیاس منطقه ای".
- [14] Hall.D, Riggs.G, Salomonson.V, September 2001, "Algorithm Thetoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms, NASA Space Flight Center".
- [15] Klein.A, Hall.D, Riggs.A, 1998, "Global Snow Cover Monitoring Using MODIS, International Symposium on Remote Sensing".
- [16] Rutger.D, Steven.M, & De.J, (2004), "Morning snow -cover dynamics in northern Fennoscandia with SPOT VEGETATION image. Hnternational Jornal of Remote Sensing".
- [17] Scharfen.G, Khalsa.S, 2003, "Assessning the utility for morning snow and sea ice extent, National Snow and Ice Data Center, University of Colorao".

پیوست

۱- جدول داده های ورودی و تارگت شبکه عصبی

ردیف	تاریخ و ساعت	ورودی ها		تارگت
1	05.03.2011 08:00:00	13	85	580
2	23.12.2013 08:00:00	15	80	252
3	28.12.2013 08:00:00	15	62	244
4	14.02.2014 08:00:00	20	58	506
5	11.02.2012 08:00:00	21	89	362
6	23.01.2013 08:00:00	21	69	494
7	11.02.2013 08:00:00	21	79	214
8	28.02.2011 08:00:00	22	58	753
9	21.01.2013 08:00:00	22	96	569
10	22.12.2013 08:00:00	23	74	261
11	10.01.2014 08:00:00	23	71	472
12	03.03.2011 08:00:00	25	70	633
13	27.02.2014 08:00:00	25	72	324
14	22.01.2012 08:00:00	26	63	239
15	30.01.2012 08:00:00	27	72	268
16	13.02.2012 08:00:00	27	78	341
17	24.01.2014 08:00:00	27	100	531
18	25.02.2014 08:00:00	27	91	496
19	27.02.2012 08:00:00	29	65	503
20	29.01.2014 08:00:00	29	64	559
21	17.02.2012 08:00:00	30	58	424
22	14.03.2012 08:00:00	30	90	451
23	14.01.2013 08:00:00	30	97	745
24	02.03.2014 08:00:00	30	63	140
25	22.01.2014 08:00:00	31	84	559
26	02.03.2011 08:00:00	32	67	669
27	22.02.2012 08:00:00	32	94	674
28	19.01.2013 08:00:00	32	78	660
29	10.02.2013 08:00:00	32	88	310

30	06.01.2014 08:00:00	32	68	614
31	21.02.2014 08:00:00	32	76	627
32	22.01.2013 08:00:00	33	78	548
33	25.12.2013 08:00:00	33	58	247
34	17.03.2014 08:00:00	33	66	142
35	13.02.2014 08:00:00	34	100	537
36	16.03.2011 08:00:00	35	65	226
37	30.01.2013 08:00:00	35	100	373
38	13.02.2013 08:00:00	35	84	138
39	08.01.2014 08:00:00	35	100	522
40	15.02.2014 08:00:00	35	96	469
41	24.02.2014 08:00:00	35	76	525
42	26.02.2012 08:00:00	36	72	529
43	13.03.2012 08:00:00	36	70	508
44	27.12.2013 08:00:00	36	91	245
45	11.03.2012 08:00:00	37	83	569
46	20.01.2013 08:00:00	37	64	619
47	20.02.2012 08:00:00	38	89	756
48	21.01.2014 08:00:00	38	97	584
49	31.01.2014 08:00:00	38	92	509
50	08.02.2013 08:00:00	39	100	404
51	17.01.2014 08:00:00	39	100	471
52	07.02.2012 08:00:00	40	86	369
53	09.02.2012 08:00:00	40	78	382
54	19.03.2012 08:00:00	40	77	332
55	04.03.2011 08:00:00	41	90	610
56	04.02.2012 08:00:00	41	99	401
57	16.01.2014 08:00:00	41	99	479
58	07.02.2014 08:00:00	41	76	588
59	22.02.2014 08:00:00	41	87	561
60	08.02.2012 08:00:00	42	80	366
61	06.02.2012 08:00:00	42	90	383

62	08.02.2014 08:00:00	42	94	578
63	10.03.2012 08:00:00	43	88	628
64	20.01.2014 08:00:00	43	80	625
65	09.02.2014 08:00:00	43	83	575
66	25.02.2012 08:00:00	44	80	516
67	09.03.2012 08:00:00	44	100	677
68	04.01.2014 08:00:00	44	97	419
69	21.01.2012 08:00:00	45	82	313
70	19.02.2012 08:00:00	45	69	814
71	29.12.2013 08:00:00	45	94	219
72	30.01.2014 08:00:00	45	100	529
73	18.02.2014 08:00:00	45	100	754
74	23.01.2012 08:00:00	46	69	229
75	21.02.2012 08:00:00	47	71	722
76	12.02.2013 08:00:00	47	66	180
77	18.03.2012 08:00:00	48	84	376
78	03.01.2014 08:00:00	48	100	437
79	06.03.2011 08:00:00	49	79	560
80	16.01.2013 08:00:00	49	97	691
81	04.02.2013 08:00:00	49	96	620
82	02.02.2012 08:00:00	50	64	441
83	08.03.2012 08:00:00	50	79	729
84	14.01.2014 08:00:00	50	86	513
85	20.02.2014 08:00:00	50	100	663
86	14.02.2012 08:00:00	52	83	334
87	01.02.2014 08:00:00	52	100	493
88	27.01.2012 08:00:00	53	65	271
89	07.03.2012 08:00:00	53	100	772
90	03.02.2013 08:00:00	53	100	780
91	12.01.2014 08:00:00	53	100	552
92	28.02.2012 08:00:00	54	95	457
93	13.01.2013 08:00:00	54	84	832

94	05.02.2013 08:00:00	54	100	576
95	09.01.2014 08:00:00	54	90	515
96	12.02.2012 08:00:00	56	100	364
97	24.12.2013 08:00:00	58	95	256
98	07.01.2014 08:00:00	59	100	555
99	23.01.2014 08:00:00	59	100	538
100	06.02.2014 08:00:00	60	100	595
101	01.01.2014 08:00:00	61	83	512
102	02.03.2012 08:00:00	62	78	397
103	19.02.2014 08:00:00	63	100	698
104	19.01.2014 08:00:00	64	100	659
105	02.01.2014 08:00:00	65	92	464
106	15.01.2013 08:00:00	69	80	690
107	06.03.2012 08:00:00	70	94	793
108	29.01.2012 08:00:00	71	72	291
109	11.01.2013 08:00:00	72	92	794
110	25.01.2014 08:00:00	73	100	513
111	10.02.2014 08:00:00	74	100	562

۲- کد نویسی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با MATLAB 2014

```
% Solve an Input-Output Fitting problem with a Neural Network

Depth = xlsread('Data',1,'A:A');
Albedo = xlsread('Data',1,'B:B');
Fractional = xlsread('Data',1,'C:C');

inputs = [Albedo' ; Fractional'];
targets = Depth';

net.numInputs = 2;

% Create a Fitting Network
hiddenLayerSize = 14;
net = fitnet(hiddenLayerSize);

% Choose Input and Output Pre/Post-Processing Functions
% For a list of all processing functions type: help nnprocess
net.input.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};
net.output.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};

% Setup Division of Data for Training, Validation, Testing
% For a list of all data division functions type: help nndivide
net.divideFcn = 'dividerand'; % Divide data randomly
net.divideMode = 'sample'; % Divide up every sample
net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.valRatio = 10/100;
net.divideParam.testRatio = 20/100;

% Choose a Training Function
% For a list of all training functions type: help nntrain
% 'trainlm' is usually fastest.
% 'trainbr' takes longer but may be better for challenging problems.
% 'trainscg' uses less memory. NFOOTOL falls back to this in low memory
situations.
trainFcn = 'trainlm'; % Levenberg-Marquardt

% Choose a Performance Function
% For a list of all performance functions type: help nnperformance
net.performFcn = 'mse'; % Mean squared error

% Choose Plot Functions
% For a list of all plot functions type: help nnplot
net.plotFcns = {'plotperform','plottrainstate','ploterrhist', ...
    'plotregression','plotfit'};

net.trainParam.showWindow = true;
net.trainParam.goal = 0;
net.trainParam.max_fail = 50;
net.trainParam.epochs = 1000;
```

```

% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets);

% Test the Network
outputs = net(inputs);
e = gsubtract(targets,outputs);
performance = perform(net,targets,outputs)

% Recalculate Training, Validation and Test Performance
trainIdx = find(~isnan(tr.trainMask{1}));
trainTargets = targets(:,trainIdx);
trainInputs = inputs(:,trainIdx);
trainOutputs = outputs(:,trainIdx);
trainErrors = trainTargets-trainOutputs;
trainPerformance = perform(net,trainTargets,trainOutputs);

valIdx = find(~isnan(tr.valMask{1}));
valTargets = targets(:,valIdx);
valOutputs = outputs(:,valIdx);
valInputs = inputs(:,valIdx);
valErrors = valTargets-valOutputs;
valPerformance = perform(net,valTargets,valOutputs);

testIdx = find(~isnan(tr.testMask{1}));
testTargets = targets(:,testIdx);
testInputs = inputs(:,testIdx);
testOutputs = outputs(:,testIdx);
testErrors = testTargets-testOutputs;
testPerformance = perform(net,testTargets,testOutputs);

PlotResults(trainTargets,trainOutputs,'Train Data');
PlotResults(valTargets,valOutputs,'Validation Data');
PlotResults(testTargets,testOutputs,'Test Data');

% View the Network
% view(net)

% Plots
% Uncomment these lines to enable various plots.
%figure, plotperform(tr)
%figure, plottrainstate(tr)
%figure, plotfit(net,x,t)
%figure, plotregression(t,y)
%figure, ploterrhist(e)

% Deployment
% Change the (false) values to (true) to enable the following code
blocks.
if (false)
    % Generate MATLAB function for neural network for application
    deployment
    % in MATLAB scripts or with MATLAB Compiler and Builder tools, or
    simply
    % to examine the calculations your trained neural network performs.

```

```
genFunction(net, 'myNeuralNetworkFunction');
y = myNeuralNetworkFunction(x);
end
if (false)
    % Generate a matrix-only MATLAB function for neural network code
    % generation with MATLAB Coder tools.
    genFunction(net, 'myNeuralNetworkFunction', 'MatrixOnly', 'yes');
    y = myNeuralNetworkFunction(x);
end
if (false)
    % Generate a Simulink diagram for simulation or deployment with.
    % Simulink Coder tools.
    gensim(net);
end
```

Abstract

Snow is one of the important forms of precipitation at hydrological cycle of mountainous areas. Snow packs in mountainous basins is one of the most important and reliable water resources and hence, quantifying snowmelt has its valuable place in hydrology. Water from snowmelt can be stored as soil moisture, recharge groundwater and flow into rivers and lakes. Accurate prediction of snow water equivalent (SWE) quantities and timing is essential for water management. Deficiency in available snow measurements in mountainous basins due to lack of accessibility to few existing ground stations bold the necessity to utilization of indirect methods e.g. remotely sensed methods for snow-related studies. Remote sensing technology has many applications in various environmental studies including investigating snow and ice resources. Large area coverage of RS images, easy data acquisition at different scales and resolutions and fast processing of images using computers are among many advantages of remote sensing science for various hydrological studies. Of course using ground-based data with satellite images on snow surveys can increase the efficiency of satellite data.

The present study aimed to estimate the snow depth using satellite images and artificial neural networks (ANN) at Gachan snow station located in Ilam province. For this purpose, 111 daily snow cover MODIS product (MOD10A1) images from 2011- 2014 period were used. MOD10A1 images were acquired from the National Snow & Ice Data Center (www.nsidc.org) and after image processing, the input parameters of the artificial neural network were used as input. In this study, Multilayer Perceptron (MLP) artificial neural network was used to model the relationship between derived variables from satellite images as its input and observed snow depth as its output. Comparing different artificial neural network architectures, it was deduced that the artificial neural network with best performance is a 14-neurons hidden layer. The correlation coefficient between the simulated and observed data was calculated as 0.98 and 0.99 for training and test data sets, respectively. With regard to acceptable performance of the artificial neural network, it can be used to monitor and predict the depth of snow at the study area, especially when the station is broke up and out of order. In these situations, the proposed method and trained ANN can be applied to estimate daily snow depth using MODIS snow product.

Keywords: Remote sensing, snow depth, MODIS images, artificial neural network.



Shahrood University of Technology

Faculty of Civil Engineering

Evaluation of satellite-based snow algorithms in Ilam Province

Supervisor:

Dr. S.Golian

By:

S. Mousavi

March 2016