بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تهران

دانشکدهٔ مهندسی عمران

پیش بینی بارش-رواناب در یک حوضه با بارش متغیر (مکانی) با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی

نگارش

علی ورمقانی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر غیاثی

پایان نامه

برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در

مهندسی عمران-گرایش سازه‌های هیدرولیکی

شهریور ۱۳۸۷

بنام خدا

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکده مهندسی عمران

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیأت داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای: **علی ورمقانی**

در رشته: **مهندسی عمران** گرایش: **سازه های هیدرولیکی**

با عنوان : "**پیش بینی بارش- رواناب در یک حوضه با بارش متغیر (مکانی) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی**"

را در تاریخ **۸۷/۰۶/۳۰**

نمره نهایی : به عدد ۱۷/۱ — به حروف هفده و یک دهم — با

و درجه : عالی با مرتبه ارزیابی نمود.

ردیف	مشخصات هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱	استاد راهنما استادراهنمای دوم (حسب مورد):	دکتر رضا غیاثی	استادیار	دانشگاه تهران	
۲	استادان مشاور				
۳	استاد مدعو	دکتر احمد طاهرشمسی	دانشیار	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	
۴	استاد مدعو	دکتر بنفشه زهرایی	دانشیار	دانشگاه تهران	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی عمران	دکتر مسعود منتظری نمین	استادیار	دانشگاه تهران	

تذکر: این برگه پس از تکمیل توسط هیأت داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می‌گردد.

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب علی ورمقانی تائید می‌کند که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع گردیده‌است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده‌است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: علی ورمقانی

امضاء:

۱۳۸۷/۰۶/۳۰

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم که در راه اتمام تحصیلاتم از هیچ کوششی دریغ نکرده و با صبوری هایشان همواره مشوق و یاورم بودند.

تقدیم به:

خواهران مهربانم که در راه تحصیل، همراه مشوق من بوده‌اند.

و تقدیم به:

بقیه ا.. الاعظم، ناصر مظلومان، منجی انسان، قطب عالم امکان، منشاء خیر و برکات و احسان، پادشاه خوبان، نگین عارفان، صاحب العصر و الزمان، حضرت محمد ابن الحسن العسکری (عج). امید است که این تحقیق کوچک که تلاشی است در جهت حل مشکلات جوامع بشری، موجب خشنودی قلب ایشان گردد.

دانشگاه تهران – دانشکدهٔ مهندسی عمران

چکیده پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه‌های هیدرولیکی تحت عنوان: **پیش‌بینی بارش-رواناب در یک حوضه با بارش متغیر(مکانی) با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی**

ارائه شده توسط: **علی ورمقانی**

استاد راهنما: **دکتر رضا غیاثی** تاریخ دفاع: **۱۳۸۷/۰۶/۳۰**

سیل یکی از مهمترین بلایای طبیعی می‌باشد که به نظر می‌رسد، میزان خسارت‌های ناشی از آن به انسان، از سایر بلایا نظیر خشکسالی و قحطی بیشتر است. یکی از راهکارهای کاهش خسارات ناشی از سیل، پیش‌بینی آن می‌باشد. استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی، یکی از روشهای مناسب برای پیش‌بینی سیل است که در سالهای اخیر، با توجه به قابلیت انعطاف‌پذیری آن و عدم استفادهٔ این روش از مشخصات فیزیکی حوضه و روشهای تجربی که دارای خطای زیادی در برآوردها هستند، مورد توجه متخصصین امور آب قرار گرفته است.

در این تحقیق، پیش‌بینی دبی سیل با استفاده از ترکیب ابزار شبکهٔ عصبی مصنوعی و روابط هیدرولوژیک انجام شد. مطالعهٔ موردی آمار یکسال بارش-رواناب حوضهٔ آبریز منطقه May Creek واقع در جنوب دریاچهٔ واشنگتن مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای هیدرولوژیک حوضهٔ آبریز مورد مطالعه، توسط نرم‌افزار HEC-HMS تخمین زده شدند. جهت پیش‌بینی سیل با مدل شبکهٔ عصبی، از نرم‌افزارهای Qnet و ANN استفاده گردید. ارتباطات و معماری‌های مختلف برای تعیین ساختار شبکهٔ عصبی، مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت و در نهایت، ساختار شبکهٔ عصبی به صورت یک شبکهٔ تک لایه با ۵۷ نرون در لایهٔ ورودی و یک نرون در لایهٔ خروجی و سه نرون در لایهٔ مخفی و تابع محرک آرک تانژانت هایپربولیک به عنوان ساختار مناسب انتخاب شد. در الگوی پیش‌بینی، در هر زمان، بارش‌های مازاد تا ۸۵ ساعت قبل به همراه دبی پایه به برنامه معرفی شدند. مدل توانست سیلاب واقعی را با خطای کمتر از ۳٪ پیش بینی کند.

تقدیر و تشکر

سپاس خدای عز و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. خدایا تو را سپاس بی‌کران که با نور هدایت خود، پرده‌های جهل و نادانی را از چشمانم ربودی و افق‌های روشن علم را بر من گشودی.

موفقیت امروز خود را مدیون فداکاریهای پدر و مادرم می‌دانم. در سپاس از آنها زبانم قاصر است، از زحمات بی دریغ آنها قدردانی می‌نمایم.

بر خود لازم می‌دانم از زحمات استاد عالیقدر، جناب آقای دکتر رضا غیاثی که دلسوزانه با راهنمایی‌هایشان، همواره باعث شدند تا برای رسیدن به اهداف پایان‌نامه، در مسیر مستقیم حرکت کنم و از لغزشها و رفتن به بیراهه‌ها خودداری کنم، کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول- کلیات پیش بینی

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- سیلاب و تاثیرات آن ۲
۱-۳- اهمیت پیش‌بینی سیلاب و روشهای آن ۳
۱-۴- هدف تحقیق ٤
۱-۵- ساختار پایان‌نامه ٥

فصل دوم- بررسی روشهای پیش‌بینی سیلاب

۲-۱- مقدمه ٦
۲-۲- مدلهای پیش‌بینی سیلاب ۷
۲-۲-۱- مدلهای پیش‌بینی آماری ۷
۲-۲-۲- مدلهای پیش‌بینی مفهومی ۹
۲-۳- مروری برمطالعات گذشته ۱۱
۲-۴- نرم‌افزارهای پیش‌بینی سیلاب ۱٤

فصل سوم- مدل بارش– رواناب

۳-۱- مقدمه ۱٦
۳-۲- مدل HEC-HMS ۱٦
۳-۲-۱- روش شماره منحنی SCS برای محاسبه تلفات آب ۱۷
۳-۲-۲- معادلهٔ استدلالی و هیدروگراف واحد کلارک برای تبدیل بارش به رواناب ۱۹
۳-۲-۳- زمان تخلیه و زمان پایهٔ هیدروگراف کلارک ۲۳
۳-۲-۴- مدلهای نمایی فروکش جهت مدلسازی دبی پایه ۲٦
۳-۲-۵- روندیابی در رودخانه به روش ماسکینگام ۲۹
۳-۲-۶- کالیبراسیون و بهینه‌سازی پارامترهای مدل ۳۳
۳-۲-۷- معرفی توابع هدف در مدل HMS ۳٤

۳-۳- برنامهٔ RAINFALL ۳۵

فصل چهارم- شبکهٔ عصبی مصنوعی

۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- شبکهٔ عصبی مصنوعی ۳۹
۴-۳- تعاریف ۴۰
۴-۳-۱- نرون ۴۰
۴-۳-۲- تابع واکنش ۴۰
۴-۴- معماری شبکه ۴۱
۴-۴-۱- تعداد لایه‌ها ۴۱
۴-۴-۲- تعداد نرون‌ها ۴۱
۴-۵- آموزش ۴۱
۴-۵-۱- آموزش با نظارت ۴۱
۴-۵-۲- آموزش بدون نظارت ۴۲
۴-۶- طبقه بندی شبکهٔ عصبی مصنوعی ۴۲
۴-۷- شبکهٔ عصبی چگونه کار میکند؟ ۴۳
۴-۸- شبکه‌های عصبی چند لایه ۴۶
۴-۹- شبکهٔ عصبی با الگوریتم پرسپترون ۴۷
۴-۱۰- مقدمه‌ای بر نرم‌افزار Qnet ۴۷
۴-۱۱- مقدمه‌ای بر برنامهٔ ANN ۴۹

فصل پنجم- مدلسازی

۵-۱- مقدمه ۵۱
۵-۲- منطقهٔ مورد مطالعه ۵۲
۵-۳- اطلاعات موجود و مورد نیاز ۵۳
۵-۳-۱- مشخصات حوضهٔ آبریز ۵۳
۵-۳-۲- داده‌های بارش ۵۵

۵-۳-۳- داده‌های رواناب ۵۶
۵-۳-۴- بررسی اطلاعات ناقص مورد نیاز ۵۶
۵-۴- تخمین پارامترهای هیدرولوژیک حوضهٔ May Creek ۵۸
۵-۴-۱- مقدمه‌ای بر تخمین پارامترهای هیدرولوژیک ۵۸
۵-۴-۲- تخمین پارامتر دبی اولیهٔ فروکش ۵۹
۵-۴-۳- تخمین پارامتر ثابت فروکش ۵۹
۵-۴-۴- تخمین پارامتر نسبت دبی آستانه ۶۰
۵-۴-۵- بهینه‌سازی با و بدون دیدگاه مهندسی ۶۰
۵-۴-۶- تخمین پارامتر جذب اولیه خاک ۶۱
۵-۴-۷- تخمین پارامتر زمان تمرکز ۶۱
۵-۴-۸- تخمین پارامتر ضریب ذخیرهٔ کلارک ۶۲
۵-۴-۹- تخمین پارامتر شماره منحنی خاک ۶۲
۵-۵- تولید آمار بارش-رواناب ۶۲
۵-۶- مدلسازی شبکهٔ عصبی برای پیش‌بینی بارش-رواناب ۶۳
۵-۶-۱- الگوی داده‌های ورودی آموزش ۶۳
۵-۶-۲- برنامهٔ تولید اطلاعات ANN Input Maker ۶۶
۵-۶-۳- الگوی ساختار شبکهٔ عصبی ۶۶
۵-۶-۴- آموزش شبکهٔ عصبی Qnet و پیش بینی سیلاب با اطلاعات مصنوعی ۶۹
۵-۶-۵- آموزش شبکهٔ عصبی Qnet و پیش‌بینی سیلاب با اطلاعات واقعی ۷۱
۵-۶-۶- آموزش شبکهٔ عصبی ANN و پیش‌بینی سیلاب با اطلاعات واقعی ۷۴

فصل ششم- خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- خلاصهٔ تحقیقات انجام شده ۷۶
۶-۲- نتیجه‌گیری ۷۷
۶-۳- ارائه پیشنهادات ۷۸

منابع و مآخذ

منابع فارسی ۸۰
منابع لاتین ۸۲
منابع اینترنتی ۸۳

پیوست

پیوست یک- پارامترهای هیدرولوژیک زیرحوضهٔ May Creek ۸٤
پیوست دو- نمودارهای مربوط به آموزش و پیش‌بینی نه بارش منتخب توسط Qnet..... ۹٦

فهرست جداول

جدول ۳-۱- تعیین مقادیر K با توجه به منشا جریان پایه ۲۹
جدول ۳-۲- مقایسهٔ نتایج نرم‌افزارهای RAINFALL و HEC-HMS ۳۸
جدول ۵-۱- ایستگاههای بارانسنجی و هیدرومتری موجود در منطقهٔ مورد مطالعه ٥٤
جدول ۵-۲- پارامترهای هیدرولوژیک قابل بهینه‌سازی ۵۸
جدول ۵-۳- محدودهٔ پارامترهای هیدرولوژیک در کالیبراسیون اولیه ٦۰
جدول ۵-۴- نتایج حاصل از آنالیز حالت ٦٤
جدول ۵-۵- مقایسهٔ نتایج انواع ساختار مناسب برای شبکهٔ عصبی Qnet ٦۷
جدول ۵-۶- مقایسهٔ نتایج انواع توابع محرک مختلف بین نرونها در شبکهٔ عصبی Qnet ٦۸
جدول ۵-۷- مقایسهٔ نتایج انواع ارتباط بین نرونها در شبکهٔ عصبی Qnet ٦۸
جدول ۵-۸- خطای RMS و ضریب همبستگی در حالت آموزش با دبی مصنوعی ۷۰
جدول ۵-۹- خطای RMS و ضریب همبستگی در حالت آموزش با دبی واقعی ۷۲
جدول ۵-۱۰- دبی پیک پیش‌بینی شده توسط Qnet و اختلاف آن با دبی واقعی ۷۳
جدول ۵-۱۱- آنالیز حساسیت داده‌های ورودی در حالت شبیه‌سازی ۷٤
جدول ۵-۱۲- دبی پیک پیش‌بینی شده توسط ANN و اختلاف آن با دبی واقعی ۷٤
جدول پ۱-۱- پارامترهای هیدرولوژیک May Creek بدون دیدگاه مهندسی ۸۵
جدول پ۱-۲- پارامترهای هیدرولوژیک May Creek با دیدگاه مهندسی ۸۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- سیستم تبدیل بارندگی به رواناب کل ۱۱
شکل ۳-۱- شماتیک یک حوضهٔ آبریز فرضی..... ۲۰
شکل ۳-۲- تقسیم حوضهٔ فرضی به تعدادی ناحیه..... ۲۰
شکل ۳-۳- زمان پایهٔ و زمان تخلیهٔ حوضهٔ آبریز ۲٤
شکل ۳-۴- زمان پایهٔ هیدروگراف کلارک..... ۲٤
شکل ۳-۵- منحنی شماتیک جریان پایه در هیدروگراف ۲۷
شکل ۳-۶- جریان آستانه در هیدروگراف دبی..... ۲۸
شکل ۳-۷- افزایش مجدد هیدروگراف ۲۸
شکل ۳-۸- تقسیم یک رودخانه به سه زیربازه..... ۳۲
شکل ۳-۹- روند بهینه‌سازی پارامترها توسط مدل HMS..... ۳۳
شکل ۳-۱۰- شماتیک حوضهٔ آبریز در نرم‌افزار HEC-HMS ۳۷
شکل ۴-۱- شماتیک یک نرون..... ٤۰
شکل ۴-۲- نمایش یک نرون ساده ٤۳
شکل ۴-۳- ساختار یک نرون با ورودی برداری ٤۵
شکل ۴-۴- ساختار یک شبکهٔ عصبی سه لایه ٤٦
شکل ۴-۵- یک مدل از شبکه عصبی Qnet..... ٤۹
شکل ۵-۱- موقعیت زیرحوضهٔ May Creek از حوضهٔ آبریز Cedar River ۵۲
شکل ۵-۲- حوضهٔ May Creek و زیرحوضه های آن..... ۵۳
شکل ۵-۳- توزیع بارش روی سطح حوضهٔ A..... ۵۵
شکل ۵-۴- نمودار تراز سطح آب- دبی ایستگاه هیدرومتری F2 ..... ۵۷
شکل ۵-۵- ساختار نهایی شبکه عصبی ٦۹
شکل ۵-۶- آموزش و پیش‌بینی Qnet برای داده‌های دبی مصنوعی..... ۷۰
شکل ۵-۷- آموزش شبکهٔ Qnet برای چهار سیلاب مصنوعی اول..... ۷۱
شکل ۵-۸- آموزش شبکه Qnet برای سه سیلاب مصنوعی باقیمانده و پیش‌بینی دو بارش ۷۱
شکل ۵-۹-آموزش و پیش‌بینی Qnet برای داده‌های دبی واقعی ۷۳
شکل ۵-۱۰- پیش‌بینی شبکهٔ ANN برای دو بارش با دبی واقعی..... ۷۵

شکل پ۱-۱- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۱(بدون دیدگاه مهندسی).....۸۶
شکل پ۱-۲- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۱(با دیدگاه مهندسی) ۸۶
شکل پ۱-۳- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۲(بدون دیدگاه مهندسی).....۸۷
شکل پ۱-۴- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۲(با دیدگاه مهندسی) ۸۷
شکل پ۱-۵- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۳(بدون دیدگاه مهندسی).....۸۸
شکل پ۱-۶- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۳(با دیدگاه مهندسی) ۸۸
شکل پ۱-۷- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۴(بدون دیدگاه مهندسی).....۸۹
شکل پ۱-۸- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۴(با دیدگاه مهندسی) ۸۹
شکل پ۱-۹- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۵(بدون دیدگاه مهندسی).....۹۰
شکل پ۱-۱۰- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۵(با دیدگاه مهندسی) ۹۰
شکل پ۱-۱۱- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۶(بدون دیدگاه مهندسی).....۹۱
شکل پ۱-۱۲- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۶(با دیدگاه مهندسی) ۹۱
شکل پ۱-۱۳- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۷(بدون دیدگاه مهندسی).....۹۲
شکل پ۱-۱۴- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۷(با دیدگاه مهندسی) ۹۲
شکل پ۱-۱۵- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۸(بدون دیدگاه مهندسی).....۹۳
شکل پ۱-۱۶- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۸(با دیدگاه مهندسی) ۹۳
شکل پ۱-۱۷- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۹(بدون دیدگاه مهندسی).....۹۴
شکل پ۱-۱۸- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۰۹(با دیدگاه مهندسی) ۹۴
شکل پ۱-۱۹- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۱۰(بدون دیدگاه مهندسی).....۹۵
شکل پ۱-۲۰- هیدروگراف دبی واقعی و محاسباتی بازهٔ زمانی ۱۰۱۰(با دیدگاه مهندسی) ۹۵
شکل پ۲-۱- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۰۱ .....۹۷
شکل پ۲-۲- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۰۲ .....۹۷
شکل پ۲-۳- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۰۳ .....۹۷
شکل پ۲-۴- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۰۵ .....۹۸
شکل پ۲-۵- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۰۷ .....۹۸
شکل پ۲-۶- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۰۸ .....۹۸
شکل پ۲-۷- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف آموزش یافتهٔ بازهٔ زمانی ۱۰۱۰ .....۹۹
شکل پ۲-۸- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف پیش بینی بازهٔ زمانی ۱۰۰۴ .....۹۹

شکل پ۲-۹- هیدروگراف واقعی و هیدروگراف پیش بینی بازهٔ زمانی ۱۰۰۹ .....۹۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

سیل یکی از مهمترین بلایای طبیعی است، که خسارات ناشی از آن برای انسان در برخی اوقات از سایر بلایا نظیر خشکسالی و قحطی بیشتر است [آذری، ۱۳۸۵]. اقدامات انسان از قبیل تخریب شدید منابع طبیعی، چه بصورت بهره‌برداری از جنگلها و مراتع و چه به شکل تغییر کاربری و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی نامناسب و یا ساخت بی رویهٔ مناطق مسکونی، موجب شده است سیلابها سال به سال چه از نظر تعداد وقوع و چه از نظر شدت افزایش یابند. بنابراین، پرداختن به مسالهٔ سیل و بررسی علل بروز و افزایش آن و همچنین راهکارهایی برای تخفیف و کاهش خطرات سیل از جمله مواردی است که همواره باید مورد توجه متخصصین باشد.

با توجه به بررسی‌های انجام شده در خصوص کاهش میزان خسارات ناشی از سیل، محققان به این نتیجه رسیده‌اند که اقدامات سازه‌ای جهت کنترل سیلاب با توجه به پر هزینه بودن این روشها به تنهایی کافی نیستند و اقدامات مدیریتی از قبیل پیش‌بینی و هشدار سیل، آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی در مسیر رودخانه‌ها و مسیلها و بطور کلی اقدامات پیشگیرانه و حمایتی در مناطق سیل‌خیز در کنار اقدامات سازه‌ای، نتایج مناسبی در کاهش خسارات دارد. در این تحقیق، یکی از این راهکارها، یعنی پیش‌بینی و هشدار سیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۲- سیلاب و تاثیرات آن

سیل، افزایش موقت آب رودخانه بیش از حد متعارف آن است، بطوریکه حجم آب از ظرفیت عبور جریان، بیشتر شده و آب از بستر اصلی خود خارج شود. طبق این تعریف، جریانی با ارتفاع یا تراز نسبتاً بالای رودخانه که بالاتر از حد معمولی باشد، سیل نامیده می‌شود که دلیل این امر به جز بارش اعم از برف یا باران می‌تواند شکست سازه های هیدرولیکی یا سرریز آب از روی آنها باشد. با توجه به اینکه در این تحقیق، پیش‌بینی سیل با استفاده از مدلهای بارش- رواناب مورد بررسی قرار می‌گیرد، منظور از سیل، افزایش جریان رودخانه در اثر بارندگی می‌باشد.

همه ساله خسارات مالی و جانی بسیاری در اثر سیل به کشورهای مختلف وارد می‌شود و تنها معدودی از کشورهای جهان را می‌توان یافت که فارغ از مسائل و مصائب سیل باشند. از جمله خساراتی که سیل به بار می‌آورد، می‌توان به تلفات و ضایعات انسانی، آبگرفتگی منازل و اماکن مسکونی و صنعتی، آبگرفتگی مزارع و از بین رفتن محصولات کشاورزی، تلفات دامی و تخریب تاسیسات زیر بنایی نظیر جاده‌ها و پلها و خطوط انتقال برق و شبکه‌های آب اشاره کرد. بر اساس بررسی‌های انجام شده در ایران، تنها در سال ۱۳۷۱، تعداد ۳۰۴ مورد سیل مهم اتفاق افتاده که خسارات مالی ناشی از آنها متجاوز از ۹۰۰ میلیارد ریال بوده است [مشایخی، ۱۳۸۰].

بطور کلی روشهای کاهش خسارت سیل به دو دسته روشهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای تقسیم می-شوند که در ادامه بطور مختصر این اقدامات مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روشهای سازه‌ای سعی بر این است که قبل از وقوع سیل، شدت جریان و حداکثر تراز آب احتمالی که در آینده اتفاق خواهد افتاد، تخمین زده شود و با احداث سازه‌های مناسب، دبی اوج سیل کاهش یابد. برخی از عملیات سازه‌ای و توسعهٔ زیرساخت که با استفاده از آنها می‌توان خسارات ناشی از سیل را کاهش داد عبارتند از:

- احداث سدهای مخزنی؛
- اصلاح مسیر رودخانه؛
- احداث، حفاظت و افزایش ارتفاع دیواره ساحلی مانند استفاده از تورسنگی (گابیون)؛
- احداث سازه‌های تأخیری (شیب شکن‌ها، اپی‌ها و ...) جهت کم کردن سرعت آبهای جاری؛

در روشهای غیر سازه‌ای، علاوه بر فراهم نمودن تمهیداتی قبل از وقوع سیل، در هنگام بروز سیل و حتی پس از آن نیز اقداماتی جهت به حداقل رساندن خسارات پیش‌بینی می‌کنند. در حقیقت

روشهای غیر سازه‌ای در برگیرندهٔ آن بخش از فعالیتهایی است که برای رفع یا تسکین اثرات تخریبی سیلاب، سازه‌های فیزیکی احداث نمی‌شوند. عمده اقدامات غیر سازه‌ای عباتند از :

- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، پیاده‌سازی حد بستر و حریم رودخانه‌ها؛
- ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل؛
- برنامه‌ریزی و مدیریت مخازن سدها با هدف کنترل سیل و پیش‌بینی اثرات بهره‌برداری از سدهای در دست احداث؛
- مدیریت حوضه و عملیات آبخیزداری؛

عدم قطعیتهای هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، ژئوتکنیکی و همچنین کاستی‌های اجرا، مانع از آن می‌شوند که اطمینان کامل از عملکرد سازه‌ها وجود داشته باشد. همچنین فعالیتهای انسانی باعث تغییراتی مانند تغییر اقلیم، تغییرات ناشی از احداث سازه‌های هیدرولیکی، تغییرات ناشی از کاربری اراضی، تغییرات مورفولوژی و تغییرات زیست محیطی می‌شوند. بنابراین، با عنایت به این تغییرات، شاید بتوان گفت که روشهای غیر سازه‌ای بهتر از روشهای سازه‌ای می‌توانند خسارات سیل را کاهش دهند.

۱-۳- اهمیت پیش‌بینی سیلاب و روشهای آن

همانطور که در بخش قبل نیز اشاره شد، یکی از روشهای غیر سازه‌ای کاهش خسارات سیل، پیش‌بینی و هشدار سیل می‌باشد. با ایجاد سیستم هشدار سیل و اعلام به موقع هشدار در مناطق سیل خیز، به طرز بسیار چشم‌گیری، خسارات مالی و جانی ناشی از سیل کاهش می‌یابد. پیش‌بینی سیل و هشدار آن برای طراحی اقدامات اضطراری مانند جابجایی افراد به مناطقی که در معرض تهدید سیل نیستند، کمک شایانی می‌کند. البته این سیستمها بصورت کنونی آن، کمتر از چهل سال است که بصورت پیشرفته در رودخانه‌های بزرگ دنیا اجرا شده و بهره برداری می‌شوند [حیدری، ۱۳۷۷].

هدف از پیش‌بینی سیل، پیش‌بینی تراز آب، دبی، زمان وقوع و دوام جریانهای زیاد، بویژه جریان حداکثر لحظه‌ای سیل در نقطه یا نقاط مشخصی از مسیر رودخانه است که از بارندگی سنگین و ذوب برف ناشی شده باشد. با افزایش دسترسی سریع به اطلاعات بر اساس سیستم‌های دورسنجی[1]، توجه متخصصین برای پیش‌بینی سیل به استفاده از اطلاعات زمان واقعی[2] هواشناسی و هیدرولوژی معطوف گردیده است. سیستم دورسنجی، انتقال اطلاعات از منبع اصلی یا دستگاههای دوردست به مراکز

[1] Telemetry
[2] Real Time

اطلاعات می‌باشد که دریچهٔ نوینی را در برابر متخصصین پیش‌بینی و کنترل سیل گشوده است که با این سامانه‌ها، مدلهای پیش‌بینی سیلاب با سرعت، رو به تکامل می‌رود و جایگاه ویژه‌ای را در جلوگیری از خسارات ناشی از سیل پیدا می‌کند.

بطور کلی روشهای پیش‌بینی سیل را می‌توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود:

- پیش‌بینی سیل بر اساس پیش‌بینی کمیت بارش؛
- پیش‌بینی سیل بر اساس بارش ثبت شده و تحلیل بارش- رواناب؛
- پیش‌بینی سیل بر اساس پیش‌بینی کمیت بارش و تحلیل بارش- رواناب؛

اختلاف هر یک از روشهای فوق در مدت زمان پیش‌هشدار[1] و دقت پیش‌بینی می‌باشد. روش پیش‌بینی کمیت بارش اکثراً در حوضه‌هایی بکار می‌رود که دارای زمان تمرکز کمتری می‌باشند. سیل در این حوضه‌ها به صورت ناگهانی و سریع بوده و مدت زمان پیش‌بینی در این روش تقریباً برابر مدت زمان پیش‌بینی بارش می‌باشد. روش دوم برای حوضه‌هایی که دارای زمان تمرکز کافی جهت مدیریت سیلاب هستند، کاربرد دارد. روش سوم به عنوان کاملترین روش پیش‌بینی که مدت زمان قابل توجهی جهت مدیریت سیل در اختیار مدیران و مسؤلان در زمان واقعی وقوع سیل قرار می‌دهد [حیدری، ۱۳۷۷].

اقداماتی که اغلب در جهت پیش‌بینی سیل انجام می‌گردد، شامل گرد آوری داده‌ها، انتقال داده ها، پیش‌بینی وضعیت جوی، مدل‌های پیش‌بینی وضع هوا، تهیه هشدار، ارسال هشدار، دریافت هشدار و واکنش مسؤلین و بازخورد پاسخ به هشدارها می‌باشد.

۱-۴- هدف تحقیق

همانطور که پیش‌تر نیز شرح داده شد، پیش‌بینی و هشدار سیلاب یکی از روشهای غیر سازه‌ای کاهش خسارات سیل می‌باشد و تقریباً در تمامی کشورهای دنیا مخصوصاً برای توسعه اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یک سیستم هشدار سیل شامل بخشها و اقدامات مختلفی است (در فصل‌های بعد، مفصلاً مورد بحث قرار گرفته است)، یکی از این بخشها، پیش‌بینی سیل می‌باشد. هر چه پیش‌بینی با دقت بیشتر و زمان مناسبتر صورت گیرد، بدلیل امکان جابجایی سریعتر افراد از ناحیه سیل‌گیر، خسارات کمتری وارد خواهد شد. یعنی در صورتیکه بتوان با دقت کافی، زمان و بزرگی سیلابها را تخمین زد، می‌توان درصد زیادی از خسارات را کاهش داد. از جمله روشهای نوین پیش

[1] Lead Time

بینی هیدرولوژیکی، مدلهای پیش‌بینی مفهومی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی[1] می‌باشند. از طرفی، معمولاً در یک حوضهٔ آبریز، پراکندگی بارش یکسان نیست و در نقاط مختلف، شدت بارش متفاوت می‌باشد. در نتیجه، فرض یکنواخت بودن بارش در محاسبات می‌تواند دقت محاسبات را کاهش دهد.

در این تحقیق، هدف آنست که با کاربرد شبکهٔ عصبی مصنوعی و با فرض متغیر بودن میزان بارش در نقاط مختلف حوضهٔ آبریز (توزیع غیر یکنواخت مکانی بارش) بتوان دبی سیلاب ناشی از بارش را پیش‌بینی نمود. در این روش، می‌توان یک مجموعه برنامه کامپیوتری تهیه نمود که قادر باشد، اطلاعات لحظه‌ای بارش و رواناب یک محل مشخص از یک حوضه را دریافت کرده و دبی چند دقیقه و یا چند ساعت بعد آن نقطه را با یک دقت قابل قبول، پیش‌بینی کند. محل مورد اشاره، ممکن است یک منطقهٔ مسکونی، پل ویا یک سازه هیدرولیکی خاص مانند سد باشد (تا در صورت احتمال ایجاد خطر، کمیته بحران تشکیل شده و چند ساعت قبل از وقوع سیل، تدابیری اتخاذ گردد که بتواند جلوی خسارات احتمالی را بگیرد. همانطور که از عنوان پایان نامه نیز مشهود است، این حوضه دارای چند ایستگاه بارندگی خواهد بود که به طور همزمان، مقادیر بارش را در نقاط مختلف حوضهٔ مورد مطالعه، ثبت می‌کنند).

۱-۵- ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه در قالب شش فصل تهیه گردیده است. فصل اول (فصل حاضر) تحت عنوان کلیات شامل مقدمه، تعریف و تاثیرات سیل و اهمیت پیش‌بینی و هشدار سیل در کاهش خسارات ناشی از سیل و همچنین اهداف تحقیق می‌باشد. در فصل دوم، به سابقهٔ تحقیق و معرفی مدلهای شبیه سازی سیل، اشاره می‌شود. فصل سوم به نحوه مدلسازی بارش-رواناب با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-HMS و RAINFALL می‌پردازد. فصل چهارم بحث پیرامون ساختار شبکه عصبی مصنوعی و ارائهٔ نرم‌افزار شبکهٔ عصبی مصنوعی (ANN) برای پیش‌بینی سیل خواهد بود. فصل پنجم به مدلسازی حوضهٔ مورد مطالعه و ارائه نتایج آن اختصاص داده می‌شود و در نهایت، فصل ششم، شامل نتیجه-گیری و ارائهٔ پیشنهادات خواهد بود.

[1] Artificial Neural Networks (ANN)