دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب سطحی با استفاده از مدل‌های SWAT , HSPF

مصطفی سروری

استاد راهنما:

دکتر محمدباقر شریفی

استاد مشاور:

دکتر محمدرضا جعفرزاده

تابستان ۱۳۹۰

چکیده

از آنجا که پدیده تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، لازم است که اثرات و پیامدهای تغییرات اقلیم بر منابع آب به‌صورت جدی مورد بررسی قرار گیرد و راهکارهایی به منظور سازگاری با این تغییرات ارائه و برنامه‌ریزی‌هایی جهت مقابله با آثار آن بر منابع آب صورت پذیرد. در این تحقیق تلاش شده است تاثیر این پدیده بر رواناب حوضه آبریز رودخانه آزارود در استان مازندران با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی HSPF و SWAT و مدل مولد متغیرهای هواشناسی PRECIS مورد بررسی قرار گیرد. خروجی داده‌های مدل PRECIS بر اساس سناریوی B2 از سری سناریوهای SRES می‌باشد. در این راستا ابتدا رواناب حوضه توسط مدل‌های HSPF و SWAT طی سال‌های (۲۰۰۸-۲۰۰۵) و (۲۰۱۰-۲۰۰۹) به ترتیب کالیبره و مورد صحت-سنجی قرار گرفتند که این نتایج حاکی از توانایی مناسب و قابل قبول هر دو مدل در شبیه‌سازی رواناب می-باشد، هرچند مدل HSPF دبی را با دقت بیشتری شبیه‌سازی می‌کند. سپس با استفاده از خروجی‌های مدل PRECIS و مدل‌های کالیبره شده HSPF و SWAT طی دو دوره آماری پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و آینده (۲۱۰۰-۲۰۷۱) روند دما و بارش و میزان رواناب برای آینده مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. نتایج این شبیه‌سازی نشان می‌دهد، دما در تمامی ماه‌ها دارای روندی افزایشی در آینده می‌باشد اما روند ثابتی برای بارش متصور نیست. همچنین نتایج دبی خروجی در آینده نشان می‌دهد که میزان رواناب حوضه آبریز رودخانه آزارود نسبت به دوره حاضر کاهش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، رواناب سطحی، مدل HSPF، مدل SWAT، مدل PRECIS، کالیبراسیون، صحت-سنجی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست اشکال ..... و
فهرست جداول .....ح
فهرست علائم و اختصارات.....ح

فصل اول – مقدمه ۲

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- فرضیات تحقیق ۵

۱-۳- اهداف تحقیق ۵

۱-۴- شرح فصول پایان‌نامه ۶

فصل دوم: تعاریف و سابقه تحقیق..... ۸

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- اقلیم ۸

۲-۳- مفهوم تغییر اقلیم ۹

۲-۴- سابقه تحقیق ۱۱

۲-۴-۱- مطالعات انجام شده با مدل HSPF ۱۱

۲-۴-۲- مطالعات انجام شده با مدل SWAT.....۱۲

۲-۴-۳- مطالعات انجام شده درباره تغییر اقلیم و منابع آب ۱۳

فصل سوم: مواد و روش ها ۱۸

۳-۱- مقدمه ۱۸

۳-۲- حوضه آبریز مطالعاتی ۱۸

۳-۳- آماده‌سازی داده‌ها.....۲۰

۳-۳-۱- لایه DEM.....۲۰

۳-۳-۲- نقشه کاربری اراضی ۲۲

۳-۳-۳- تقسیم بندی سطح حوضه به واحدهای هیدرولوژیکی.....۲۳

۳-۳-۴- ایستگاه‌های هواشناسی ۲۴

۳-۴- معرفی مدل SWAT.....۲۷

۳-۴-۱- مقدمه ۲۷

۳-۴-۲- توصیف مدل SWAT ۲۸
۳-۴-۳- داده‌های ورودی مدل SWAT ۳۶
۳-۴-۴- لایه‌های اطلاعاتی ۳۶
۳-۴-۵- فایل‌های ورودی ۳۷
۳-۴-۶- پارامترهای به‌کار رفته در مدل ۳۷
۳-۵- معرفی مدل HSPF ۳۸
۳-۵-۱- مقدمه ۳۸
۳-۵-۲- توصیف مدل HSPF ۳۹
۳-۵-۳- شیوه مدل‌سازی ۴۰
۳-۵-۳-۱- مدل‌سازی تغییرات دما نسبت به ارتفاع ۴۲
۳-۵-۳-۲- شبیه‌سازی بارش و ذوب برف ۴۳
۳-۵-۳-۳- ذخیره برگاب ۴۷
۳-۵-۳-۴- مدل‌سازی نفوذ ۴۷
۳-۵-۳-۵- رواناب سطحی ۵۰
۳-۵-۳-۶- جریان زیرسطحی ۵۱
۳-۵-۳-۷- جریان ورودی به ناحیه بالایی ۵۲
۳-۵-۳-۸- رفتار ناحیه بالایی (UZ) ۵۳
۳-۵-۳-۹- رفتار ناحیه پایینی (LZ) ۵۴
۳-۵-۳-۱۰- آب‌های زیرزمینی ۵۵
۳-۵-۳-۱۱- مدل‌سازی تبخیر و تعرق ۵۶
۳-۵-۳-۱۲- مدل‌سازی زمین‌های نفوذناپذیر ۵۸
۳-۵-۴- روندیابی جریان رودخانه ۵۹
۳-۵-۵- داده‌های ورودی مدل HSPF ۶۰
۳-۶- معرفی مدل PRECIS ۶۲
۳-۶-۱- مقدمه ۶۲
۳-۶-۲- سناریوهای تغییر اقلیم ۶۳
۳-۶-۳- تعریف مدل اقلیمی منطقه‌ای ۶۵
۳-۶-۴- فواید مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای ۶۶
۳-۶-۵-توصیف مدل PRECIS ۷۰
۳-۶-۵-۱- داده‌های مدل PRECIS ۷۱
۳-۶-۵-۲- روش تغییر دلتا ۷۳
فصل چهارم: نتایج و بحث ۷۶

۴-۱- مقدمه ۷۶
۴-۲- شبیه‌سازی دبی ۷۶
۴-۳- معیارهای ارزیابی ۷۷
۴-۴- کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل HSPF نسبت به دبی رودخانه آزارود ۷۸
۴-۵- کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل SWAT نسبت به دبی رودخانه آزارود ۸۵
۴-۶- بررسی اثرات تغییر اقلیم ۹۱
۴-۶-۱- دما ۹۲
۴-۶-۲- بارش ۹۲
۴-۶-۳- رواناب ۹۳
فصل پنجم – خلاصه نتایج و پیشنهادات ۹۷
۵-۱- مقدمه ۹۷
۵-۲- نتایج ۹۷
۵-۳- پیشنهادات ۹۸
فهرست مراجع ۹۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳- ۱- موقعیت حوضه آبریز آزارود ۱۹
شکل ۳- ۲- موقعیت حوضه آبریز آزارود در اقلیم نمای آمبرژه ۲۰
شکل ۳- ۳- نقشه DEM حوضه آبریز آزارود ۲۱
شکل ۳- ۴- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز آزارود ۲۳
شکل ۳- ۵- موقعیت ایستگاه‌های مجازی در حوضه آبریز آزارود ۲۶
شکل ۳- ۶- نمایش چرخه هیدرولوژیکی در مدل SWAT ۲۹
شکل ۳- ۷- فرآیندها و مسیرهای جریان در مدل‌سازی یک زمین نفوذپذیر در مدل HSPF ۴۱
شکل ۳- ۸- مقایسه تابع چگالی احتمال واقعی و فرضی در مدل‌سازی نفوذ ۴۹
شکل ۳- ۹- سهم ناحیه بالایی از رواناب بر مبنای U ۵۳
شکل ۳- ۱۰- تقسیم جریان بین ناحیه بالایی و آب‌های زیرزمینی بر مبنای I ۵۵
شکل ۳- ۱۱- نحوه شبیه سازی جریان رودخانه ها در مدل HSPF ۶۰
شکل ۳- ۱۲- نمایش شماتیک وضعیت چهار گروه سناریوی SRES ۶۴
شکل ۳- ۱۳- نمایش شماتیک قدرت تفکیک سطح زمین و اتمسفر در مدل‌های RCM ۶۵
شکل ۳- ۱۴- نمونه‌ای از الگوهای بارش روزانه زمستان در انگلستان ۶۶
شکل ۳- ۱۵- نمونه‌ای از پیش‌بینی تغییرات باران موسمی در هند در انتهای قرن ۲۱ ..... ۶۷
شکل ۳- ۱۶- نمونه‌ای از پیش‌بینی تغییرات دمای تابستان در اروپا در انتهای قرن ۲۱ ..... ۶۸
شکل ۳- ۱۷- فراوانی روزهای زمستان در کوه‌های آلپ با اختلاف بارش آستانه‌ای ۶۸
شکل ۳- ۱۸- نمودارهای شبیه‌سازی طوفان‌های گرمسیری به وسیله دو مدل RCM و GCM در جنوب آفریقا ۶۹
شکل ۳- ۱۹- ناحیه مورد مطالعه برای ارزیابی اقلیم آینده توسط مدل PRECIS به همراه نوع پوشش سطحی و توپوگرافی منطقه ۷۲
شکل ۴- ۱- مقایسه دبی واقعی و دبی شبیه‌سازی شده با مدل HSPF در دوره کالیبراسیون ۸۱
شکل ۴- ۲- نتایج شبیه‌سازی دبی با مدل HSPF در دوره کالیبراسیون ۸۲
شکل ۴- ۳- مقایسه دبی واقعی و دبی شبیه‌سازی شده با مدل HSPF در دوره صحت‌سنجی ۸۳
شکل ۴- ۴- نتایج شبیه‌سازی دبی با مدل HSPF در دوره صحت سنجی ۸۴
شکل ۴- ۵- مقایسه دبی واقعی و دبی شبیه‌سازی شده با مدل SWAT در دوره کالیبراسیون ۸۷
شکل ۴- ۶- نتایج شبیه‌سازی دبی با مدل SWAT در دوره کالیبراسیون ۸۸

شکل ۴- ۷- مقایسه دبی واقعی و دبی شبیه‌سازی شده با مدل SWAT در دوره صحت‌سنجی ۸۹
شکل ۴- ۸- نتایج شبیه‌سازی دبی با مدل SWAT در دوره صحت‌سنجی ۹۰
شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین دمای سی ساله ایستگاه سیاه‌بیشه، بین دوره پایه و آتی ۹۲
شکل ۴- ۱۰- مقایسه میانگین بارش سی ساله ایستگاه سیاه‌بیشه، بین دوره پایه و آتی ۹۳
شکل ۴- ۱۱- مقایسه دبی میانگین ماهانه بین دوره حاضر و دوره‌های آتی توسط مدل HSPF ۹۴
شکل ۴- ۱۲- مقایسه دبی میانگین ماهانه بین دوره حاضر و دوره‌های آتی توسط مدل SWAT ۹۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱- ۱- آثار پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب ۴
جدول ۳- ۱- مشخصات زیرحوضه‌های حوضه آبریز آزارود ۲۲
جدول ۳- ۲- مشخصات رودخانه‌های حوضه آبریزآزارود ۲۲
جدول ۳- ۳- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی ۲۴
جدول ۳- ۴- روش‌های مدل‌سازی ذوب برف و اطلاعات مورد نیاز آن ۴۴
جدول ۴- ۱- معیارهای ارزیابی میزان دقت شبیه‌سازی ۷۷
جدول ۴- ۲- پارامترهای موثر بر شبیه‌سازی دبی در مدل HSPF ۷۹
جدول ۴- ۳- مقادیر کالیبره شده پارامترهای موثر بر شبیه‌سازی دبی در مدل HSPF ۸۰
جدول ۴- ۴- شاخص‌های ارزیابی دقت شبیه‌سازی دبی با مدل HSPF ۸۴
جدول ۴- ۵- پارامترهای موثر بر شبیه‌سازی دبی در مدل SWAT ۸۵
جدول ۴- ۶- مقادیر کالیبره شده پارامترهای موثر بر شبیه‌سازی دبی در مدل SWAT ۸۶
جدول ۴- ۷- شاخص‌های ارزیابی دقت شبیه‌سازی دبی با مدل SWAT ۹۰
جدول ۴- ۸- شاخص‌های ارزیابی دقت شبیه‌سازی دبی توسط مدل‌های SWAT و HSPF ۹۱

فهرست علائم و اختصارات

عنوان	علامت اختصاری
آب ذخیره شده در خاک پس از t امین روز از شروع شبیه‌سازی	ΔSW
بارش روزانه	R_{day}
رواناب سطحی	Q_{surf}
مجموع تبخیر وتعرق واقعی	E_a
آبی که از پروفیل خاک به منطقه غیر اشباع وارد می‌شود	W_{seep}
جریان آب زیر زمینی خروجی به رودخانه	Q_{gw}
آب منتقل شده از سفره آب زیر زمینی به سمت بالا	$W_{revapmx}$
ضریب موئینگی	β_{rev}
مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل	E_0
ارتفاع آب ذخیره شده در سفره آب زیرزمینی	aq
مقدار تغذیه سفره آب زیر زمینی	W_{rchrg}
مقدار آب منتقل شده از سفره آب زیرزمینی به سمت لایه غیر اشباع موجود در بالای سفره در اثر موئینگی یا جذب توسط ریشه گیاهان	W_{revap}
مقدار تغذیه سفره آب زیرزمینی عمیق	W_{deep}
مقداربرداشت از سفره آب زیرزمینی کم عمق	W_{pump}
شماره منحنی رواناب	CN
ضریب اصلاح دمای هوا	C_{ta}
اختلاف بین ارتفاع ایستگاه و متوسط ارتفاع حوضه آبریز	ΔH
دمای هوای ثبت شده در ایستگاه	T
دمای هوای اصلاح شده	T_m
دمای بحرانی تبدیل باران به برف	T_{cr}
دمای نقطه شبنم	T_d
دمای توده برف	T_s

چگالی ثانویه برف ..... ρ_{s1}

چگالی اولیه برف ..... ρ_{s_0}

رواناب ناشی از ذوب برف به علت تغییرات دمای هوای اطراف توده برف ..... Q_{sma}

ضریب ذوب برف ..... C_M

متوسط دمای هوای روزانه ..... T_a

دمای مرجع ..... T_b

درصدی از سطح زمین که با برف پوشیده شده است ..... A_s

دمای توده برف ..... T_s

رواناب ناشی از ذوب برف به علت بارندگی ..... Q_{smr}

بارش روزانه ..... P_r

برگاب ..... IN_S

حجم آب ..... θ

زمان ..... t

هدایت هیدرولیکی در خاک غیر اشباع ..... K

ارتفاع آب ..... h

پتانسیل گرانشی ..... Z

طول مسیر جریان L

نفوذ i

ظرفیت نفوذ I

جریان رواناب سطحی ..... Q_{Sr}

ضریب روندیابی سطحی ..... C_{Sr}

متوسط عمق جریان رو سطحی ..... h_{Sr}

عمق تعادل با توجه به شدت بارش حاکم ..... h_{Sre}

ضریب مانینگ ..... n

طول مسیر حرکت رواناب سطحی روی زمین ..... L_s

شیب مسیر حرکت رواناب سطحی روی زمین ..... s

جریان خروجی زیر سطحی ..... O_{IW}

جریان ورودی به ذخیره زیر سطحی شامل جریان‌های ثانویه ..... IF_{IW}

میزان ذخیره زیر سطحی در ابتدای گام زمانی ..... S_{IW}

جریان ورودی به ناحیه بالایی ..... FR

رطوبت موجود در ناحیه بالایی در هرگام زمانی ..... UZS

ظرفیت اسمی ذخیره رطوبت در ناحیه UZS ..... $UZSN$

رطوبت موجود در ناحیه پایینی در هرگام زمانی ..... LZS

ظرفیت اسمی ذخیره رطوبت در ناحیه LZS ..... $LZSN$

جریان ورودی به ناحیه پایینی ..... IFR

میزان تراوش از ناحیه بالایی به ناحیه پایینی ..... P_e

پارامتر نفوذ ..... k

جریان خروجی از سفره‌های فعال آب زیرزمینی ..... O_G

نرخ کاهش جریان خروجی ..... K_G

پارامتری که بین ذخیره زیرزمینی و جریان خروجی از آن رابطه غیر خطی ایجاد می‌کند ..... K_V

تغییرات شیب سطح آب های زیر زمینی ..... SG

ذخیره آب زیرزمینی در شروع شبیه‌سازی ..... S_{AG}

نرخ افت آب زیر زمینی ..... AGW

دمای روزانه مشاهداتی ..... $T_{o,daily}$

بارش روزانه مشاهداتی ..... $P_{o,daily}$

میانگین ۳۰ ساله دما، شبیه‌سازی شده توسط مدل PRECIS در دوره آتی ..... $\overline{T_{f,monthly}}$

میانگین ۳۰ ساله دما، شبیه‌سازی شده توسط مدل PRECIS در دوره پایه ..... $\overline{T_{p,monthly}}$

دبی مشاهداتی ..... O_i

متوسط دبی مشاهداتی ..... $\overline{O}$

دبی شبیه‌سازی شده ..... S_i

متوسط دبی شبیه‌سازی شده ..... $\overline{S}$

تعداد داده‌های مشاهداتی و محاسباتی ..... n_Q

فصل اول - مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

تغییرات در شرایط اقلیمی همواره اتفاق افتاده و احتمالا تا پایان عمر زمین اتفاق خواهد افتاد. بنابراین این تغییرات باید به عنوان پدیده‌های طبیعی فرض شوند، هر چند می‌توانند اثرات شدیدی بر ارگانیسم موجودات زنده و بسیاری از جنبه‌های دیگر نظیر صنعت، زیستگاه، سلامت بشر، منابع آب کشاورزی و جنگل‌ها بگذارند. از میان جنبه‌های طبیعی که تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد می‌توان به سطح آب دریا، صخره‌های یخی قطبی، شرایط آب و هوایی و وقوع سیلاب و خشکسالی اشاره کرد. به‌صورت کلی آب و چرخه آن از میان جو، دریا و رودخانه‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در رودخانه‌ها این اثرات شامل تغییر حجم رواناب، تغییر دسترسی فصلی به آب و نرخ‌های متفاوت رسوب‌گذاری می‌شود. پس از انقلاب صنعتی، بشر از طریق بر هم‌زدن ترکیب جو که بیشتر به دلیل وارد کردن گازهای گلخانه‌ای مانند دی اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن می‌باشد، به وقوع تغییر اقلیم کمک کرده است. بیشترین عوامل مربوط به انسان، صنعت، سازگاری اجتماعی (مانند گرمایش و حمل و نقل) و کشاورزی است.

رشد صنایع و توسعه کارخانه‌ها از یک طرف و جنگل‌زدائی و تخریب محیط زیست از طرف دیگر باعث افزایش روز افزون گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین طی دهه‌های اخیر شده است. تحقیقات مختلف نشان از تاثیر این افزایش بر روی اقلیم کره زمین دارد. مهمترین اثر این افزایش بر روی درجه حرارت اتمسفر کره زمین بوده که در نوشته‌های علمی از آن به عنوان گرم شدن سراسری[1] نام برده می‌شود. تاثیر این افزایش تنها بر میزان درجه حرارت اتمسفر زمین نبوده و دیگر متغیرهای اقلیمی را نیز تحت تاثیر خود قرار داده که پدیده تغییر اقلیم[2]

1 - Global Warming
2 - Climate Change

را شکل می‌دهد. تاثیرات منفی این پدیده در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را به دنبال داشته باشد.

به منظور بررسی دقیق‌تر مساله در سال ۱۹۸۸ موسسه‌ای با نام هیئت بین دول تغییر اقلیم IPCC[1] بوسیله سازمان هواشناسی جهانی WMO[2] و برنامه محیط زیست سازمان ملل UNEP[3] تاسیس گردید. هدف اصلی این موسسه شناختن تمام جنبه‌های تغییر اقلیم و به‌خصوص چگونگی تاثیر فعالیت‌های انسانی بر آن بود (IPCC, 2001). گزارش‌های IPCC حاکی از آن است که به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته در جو زمین، خروج امواج حرارتی (طول موج بلند) از زمین با موانع بیشتری رو به رو شده که افزایش دمای هوا را به دنبال داشته است. این افزایش به میزان ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتیگراد در طول قرن گذشته بوده که در دهه‌های اخیر شتاب بیشتری یافته است (IPCC, 2001). این در حالی است که اگر انتشار این گازها کاهش نیابد متوسط دمای سطحی کره زمین می‌تواند به میزان ۱ تا ۳/۵ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۰ افزایش یابد. طبق گزارش‌های IPCC تغییر اقلیم منتج از فرآیند فوق باعث ایجاد تغییرات در رژیم هیدرولوژی در چند دهه اخیر در سطح جهان شده است. به‌طوری که بارندگی و جریان‌های سطحی در عرض‌های جغرافیایی بالا و میانی بیشتر و در عرض‌های پایینی کمتر شده و احتمال مواجهه با رخدادهای حداکثر اقلیمی مانند سیلاب و خشکسالی افزایش یافته است (Lane et al., 1999). نگرانی انسان‌ها در مورد تغییرات اقلیمی آینده در سال‌های اخیر، باعث توجه بیشتر به این مسئله شده است، زیرا تغییرات مربوط به دما و بارش بیشتر در یکصد سال اخیر در سراسر دنیا رخ داده و انتظار می‌رود که همچنان ادامه داشته باشد. چنین تغییرات اقلیمی به شدت بر پارامترهای چرخه هیدرولوژی از قبیل رطوبت خاک، آب زیرزمینی، بزرگی و مدت رواناب و به تبع آن بر منابع آبی موجود تاثیر می‌گذارد.

جدول ۱-۱ برخی از آثار پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب رابیان می‌کند.

1 - Intergovernmental Panel of Climate Change
2 - World Meteorological Organization
3 - United Nation Environmental Program

جدول ۱- ۱- آثار پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب (حسینی، ۱۳۸۷)

اثرات بالقوه تغییرات اقلیم بر منابع آب	پیامدهای آنها
کاهش مقدار متوسط ذخایر برفی سالیانه	احتمال کاهش متوسط ذخیره آب سالیانه افزایش چالش‌های مدیریت مخزن و چگونگی برقراری تعادل در کنترل سیلاب و تامین آب
تغییر در زمان، شدت، موقعیت، مقدار و شکل بارش	احتمال افزایش سیلاب‌های شدید احتمال رخداد خشکسالی‌ها
تغییرات بلند مدت پوشش گیاهی در حوضه	تغییر در شدت و زمان رواناب احتمال رخداد سیلاب‌ها و افزایش آورد رسوب رودخانه‌ها
بالا آمدن سطح آب دریاهای آزاد	احتمال افزایش شوری تالاب‌ها افزایش شکست سیل بندها احتمال افزایش شوری آبخوان‌های ساحلی
افزایش دمای آب	احتمال مرگ و میر گونه‌های آبزی با تغییر کیفیت آب افزایش تقاضای آب زیست محیطی به منظور کنترل دما
افزایش تقاضای کشاورزی و شهری	تغییر در الگوی مصرف و تبخیر و تعرق گیاهان
انرژی برقابی	احتمال کاهش تولید انرژی برقابی به دنبال تغییر سیاست‌های بهره برداری از مخازن

کشورهایی مانند ایران که در کمربند خشک جهانی واقع شده‌اند همواره با محدودیت منابع آب مواجه هستند و تغییر اقلیم به همراه دیگر عوامل از قبیل رشد جمعیت، آلودگی، تغییرات کاربری اراضی و غیره منجر به وضعیت بحرانی در منابع آب خواهد شد.

یکی از روش‌های بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب، شبیه‌سازی با کمک مدل‌های هیدرولوژیکی و مدل‌های گردش عمومی[1] یا مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای[2] است. مدل‌های گردش عمومی و مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای ابزاری موجود جهت شبیه‌سازی اقلیم در مقیاس جهانی می‌باشند که خروجی این مدل‌ها (مانند دما و

1 - General Circulation Model
2 - Regional Climate Models

بارش)، به عنوان ورودی مدل‌های هیدرولوژیکی به‌کار می‌روند و به این ترتیب اثرات تغییر اقلیم بر روی سیکل هیدرولوژی ارزیابی می‌شود (Xu, 1999).

۱-۲- فرضیات تحقیق

۱- میانگین دمای حوضه مورد نظر تحت تاثیر تغییر اقلیم در دوره‌های آتی نسبت به دوره کنونی افزایش می‌یابد. و این افزایش در دوره‌های انتهایی قرن ۲۱ بیش از دوره‌های ابتدایی آن می‌باشد.

۲- میانگین بارندگی حوضه در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد.

۳- میانگین رواناب حوضه و پیرو آن میزان ذخیره مخزن در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد.

۴- با توجه به روندهای مشاهده شده در داده‌های تاریخی، فرض شده که اثر تغییر اقلیم در این منطقه تاکنون قابل توجه بوده است.

۵- در این تحقیق از داده‌های ریز مقیاس شده مدل PRECIS[1] استفاده شده است.

۱-۳- اهداف تحقیق

اهداف این تحقیق عبارتند از:

۱- ساخت مدل‌های SWAT[2] و HSPF[3] با داده‌های موجود و اجرای آن برای دوره مشاهداتی

۲- کالیبراسیون و واسنجی مدل‌ها برای دوره مشاهداتی

۳- بررسی توانایی و دقت مدل‌های HSPF و SWAT در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیکی حوضه آبریز رودخانه آزارود.

1 - Providing Regional Climates for Impacts Studies
2 - Soil and Water Assessment Tool
3 - Hydrologic Simulation Program Fortran

۴- بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان جریان رودخانه آزارود.

۱-۴- شرح فصول پایان‌نامه

فصل اول کلیاتی راجع به پدیده تغییر اقلیم، ضرورت پرداختن به این موضوع و اهداف تحقیق را شامل می‌گردد. در فصل دوم به مطالعات انجام شده در این زمینه در سطح جهانی پرداخته می‌شود. در فصل سوم مواد و روش‌های مورد نیاز برای انجام اهداف تحقیق و همچنین منطقه مطالعاتی این تحقیق (حوضه آبریز رودخانه آزارود) معرفی می‌گردد. در فصل چهارم کالیبراسیون و صحت سنجی مدل‌های HSPF و SWAT و بررسی اثرات تغییر اقلیم با استفاده از خروجی‌های مدل PRECIS و مدل‌های کالیبره شده در حوضه آبریز ارائه شده است. در فصل پنجم نتایج کلی تحقیق و پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده مطرح گردیده است.

فصل دوم: تعاریف و سابقه تحقیق

۲-۱- مقدمه

مبحث تغییر اقلیم از جنبه‌های مختلفی مورد توجه قرار گرفته و تاکنون تحقیقات متنوعی نیز در موارد مرتبط با منابع آب به انجام رسیده است. ولی با توجه به نو بودن مبحث و برای تعقیب بهتر مطالب در این فصل و فصول آتی، لازم است تا موارد پایه و مفهومی از این مبحث ارائه شود.

۲-۲- اقلیم[1]

اقلیم یک واژه عربی است که در زبان فارسی به آن آب وهوا گفته می‌شود و از کلمه یونانی کلیما[2] که به معنی میل بوده و منظور میل خورشید است گرفته شده است. یونانی‌ها معتقد بودند که وقتی میل یا زاویه تابش خورشید کم باشد هوا سردتر بوده و اقلیم متفاوت با جایی خواهد بود که در آن میل خورشید زیاد است. بنابراین مثلا می‌گفتند که اقلیم نزدیک استوا به دلیل زیاد بودن میل خورشید گرم و اقلیم نزدیک به قطب در اثر کم شدن میل خورشید سرد است. واژه اقلیم تقریبا در اکثر زبان‌های دنیا از همین ریشه اقتباس شده است مانند کلیما در زبان فرانسه و کلایمیت در زبان انگلیسی و یا اقلیم در فارسی و عربی که بر گرفته از واژه اقلیم می‌باشد. یونانی‌ها براساس همین توجیهات اقلیمی، تنوع گیاهان و جانوران و نژادهای انسانی را متاثر از میل خورشید می‌دانستند و آب و هوای کره زمین را به سه نوع گرم، سرد و معتدل تقسیم می‌کردند و حتی معتقد بودند که در جنوب خط استوا یک منطقه معتدل و غیر قابل دسترس بنام جنوب نیز وجود دارد. کلمه شهر در زبان فارسی همان اقلیم را می‌رساند و اصطلاحاتی مانند هفت شهر و هفت اقلیم در ادبیات ما متاثر از طبقه بندی اقلیمی یونانی‌ها می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۵).

1 - Climate
2 - Klima

بطور کلی حالت متوسط کمیت‌های مشخص کننده وضع هوای یک منطقه را بدون توجه به لحظه وقوع آنها اقلیم یا آب و هوای آن منطقه می‌نامند. به عبارت دیگر مقادیر عناصر هواشناسی حول کمیت‌های اقلیمی متناظرشان نوسان می‌کنند. در واقع اقلیم نتیجه تاثیر توام پدیده‌های هواشناسی است و حالت متوسط هوا را در یک نقطه دلخواه به‌دست می‌دهد (علیزاده، ۱۳۸۵).

۲-۳- مفهوم تغییر اقلیم

اتمسفر[۱]، کریوسفر[۲]، بیوسفر[۳] و هیدروسفر[۴] اجزاء سیستم اقلیم کره زمین را تشکیل می‌دهند. اتمسفر زمین با دارا بودن گازهای مختلف باعث جذب، پخش و انعکاس طول موج‌های مختلف آن شده و پدیده‌های مختلف ازجمله میزان درجه حرارت اتمسفر را کنترل می‌کند. در بین این گازها گازهای گلخانه‌ای که شامل بخار آب، دی اکسید کربن، متان، اکسید دو نیتروژن و هالوکربن‌ها می‌باشند، از اهمیت ویژه‌ای در کنترل دمای سطحی اتمسفر برخوردار هستند، زیرا نور خورشید که عمدتا با طول موج کوتاه بوده ,از این گازها عبور نموده و به زمین می‌رسند و پس از گرم شدن زمین امواج مادون قرمز که دارای طول موج بلندی می‌باشند از سطح زمین ساطع شده و با این گازها برخورد می‌کنند. این گازها امواج با طول موج بلند (مادون قرمز) را جذب کرده و گرم می‌شوند. این پدیده باعث افزایش درجه حرارت اتمسفر سطحی کره زمین می‌شود. کریوسفر یا "یخ کره" که در برگیرنده یخ‌های موجود در سطح کره زمین است بیشترین نقش را در انعکاس امواج رسیده به سطح زمین[۵] ایفا می‌کند. همچنین بیوسفر یا "زیست کره" نیز با انعکاس نور خورشید، تبخیر و تعرق از سطح گیاهان، بعنوان یکی از منابع اصلی تولید و مصرف دی اکسید کربن، نقش مهمی را در میزان انرژی سیستم

1 - Atmosphere
2 - Cryosphere
3 - Biosphere
4 - Hydrosphere
5 - Albedo

اقلیم دارا می‌باشد. نهایتا هیدروسفر یا "آب کره" که شامل دریاها، دریاچه ها، رودها و اقیانوس‌های کره زمین می‌باشد نقش بسزائی را در جذب دی اکسید کربن موجود در اتمسفر دارد.

عوامل مختلفی باعث برهم خوردن شرایط حاکم بر اجزاء مختلف سیستم اقلیم کره زمین می‌شود که می‌تواند تاثیراتی را بر اجزاء دیگر بگذارد. این عوامل به دو بخش عوامل داخلی ناشی از کنش‌های متقابل بین اجزاء سیستم اقلیم و عوامل خارجی طبیعی ناشی از تابش خورشیدی، فعالیت‌های آتشفشانی و افزایش غیرطبیعی گازهای گلخانه‌ای[1] قابل تقسیم می‌باشند. به تغییرات بوجود آمده در سیستم اقلیم کره زمین که نتیجه واکنش‌های درونی بین اجزاء سیستم اقلیم می‌باشد، نوسانات درونی سیستم اقلیم[2] اطلاق می‌شود که از آن جمله می‌توان به پدیده El-Nino اشاره کرد. از طرف دیگر تابش‌های خورشیدی و بعضا فعالیت‌های آتشفشانی بعنوان دو عامل طبیعی خارجی بر سیستم اقلیم کره زمین تاثیر می‌گذارند. خورشید مهمترین منبع تامین گرمایش زمین می‌باشد. این در حالی است که پس از فعالیت‌های آتشفشانی ذرات معلق بسیاری وارد اتمسفر منطقه شده و با انعکاس نور خورشید مانع از رسیدن نور خورشید به سطوح پایینی اتمسفر شده و سبب می‌شود تا دمای منطقه سرد گردد. به مجموع تغییرات ناشی از عوامل طبیعی خارجی و همچنین تغییرات ناشی از نوسانات درونی سیستم، نوسانات طبیعی اقلیم[3] اطلاق می‌گردد. در بین عوامل ذکر شده تنها عاملی که به صورت غیر طبیعی بر سیستم اقلیم کره زمین تاثیر می‌گذارد، افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. بررسی وضعیت انتشار این گازها نشان می‌دهد که پس از انقلاب صنعتی در نیمه قرن ۱۸، بدلیل افزایش روزافزون صنایع و بواسطه آن افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، توازن مقادیر گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین برهم خورده و مقادیر آن به خصوص میزان گاز دی اکسید کربن افزایش یافته است. این افزایش سبب می‌شود تا امواج مادون قرمز ساطع شده از زمین بیش از پیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و باعث گرمتر شدن اتمسفر کره زمین شود. گرمتر شدن کره زمین نیز به نوبه خود بر وضعیت اجزاء دیگر سیستم اقلیم تاثیر

1 - Greenhouse Gases
2 - Internal climate variability
3 - Natural Climate Variability

گذاشته و پدیده تغییراقلیم را موجب می‌گردد. به طور خلاصه، تغییر اقلیم عبارت است از تغییر مشخص و معنی‌دار مقادیر میانگین درازمدت یک متغییر اقلیمی از قبیل دما، رطوبت، باد، بارش، ساعات آفتابی، تشعشع خورشیدی و... (Baede, 2001).

۲-۴- سابقه تحقیق

۲-۴-۱- مطالعات انجام شده با مدل HSPF

Moore و همکارانش در سال ۱۹۸۸ با استفاده از مدل HSPF دبی و رسوب خروجی از یکی از حوضه‌های آبریز ایالات متحده را شبیه‌سازی کردند. نتایج این شبیه‌سازی، در یک دوره ۱۹ ماهه، دبی خروجی را ۱۵٪ کمتر از دبی واقعی و دبی رسوب را ۱۲٪ بیشتر از آورد رسوب واقعی نشان داد (Moore et al., 1988).

Jacomino و همکارانش در سال ۱۹۹۷ با استفاده ازمدل HSPF یک حوضه آبریز را در Tennesse مدلسازی کردند. هدف این مطالعه کالیبراسیون جریان خروجی از حوضه آبریز با استفاده از آنالیز حساسیت و بهینه‌سازی عددی در یک دوره چهارساله بود. سیزده پارامتر موثر بر جریان خروجی از حوضه آبریز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت (Jacomino et al., 1997).

Carrubba در سال ۲۰۰۰ کارایی مدل HSPF در شبیه‌سازی جریان را، در سه حوضه آبریز مختلف درایالات متحده مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه نتایج حاصل از شبیه‌سازی، با استفاده از دبی‌های اندازه‌گیری شده در یک دوره ۵ ساله (۱۹۹۵_۱۹۹۰) کالیبره و صحت سنجی شده‌اند (Carrubba, 2000).

Johnson و همکارانش در سال ۲۰۰۳ حوضه‌ای در ایالات متحده آمریکا را با استفاده از دو مدل HSPF و SMR[1] شبیه‌سازی کردند. در این مطالعه حوضه آبریزی به مساحت ۱۰۴ کیلومتر مربع برای یک دوره هفت ساله شبیه‌سازی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد در فصل زمستان، مدل HSPF جریان آب خروجی از حوضه را بهتر

1 - Soil Moisture Routing