

پیش بینی بار آلودگی TN و TP به منابع آب در فرآیند تغییر اقلیم با

مدل‌های SDSM و AQUALM

ناصر قادری*، دانشجوی دکتری تغییر اقلیم دانشگاه خوارزمی و پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان، ایران.
مصطفی کریمی، استادیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، ایران.

E-mail*: qaderi69@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۱ - پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۷

چکیده

تغییر اقلیم از طریق بروز تغییرات مهم در منابع آبی حیات زیست‌مندان را با مشکل مواجه می‌سازد. پیش بینی این تغییرات می‌تواند به حفاظت از بیوم‌ها کمک کند. با هدف پیش بینی اثر تغییر اقلیم بر کیفیت آب و بار آلودگی وارده به دریاچه زریبار مریوان، از دو مدل اقلیمی و کیفیت آب استفاده شده است. ابتدا به کمک مدل اقلیمی HAD-CM3 و SDSM دمای منطقه برای دوره ۲۰۴۰ پیش بینی، ریزمقیاس نمایی و از طریق رابطه بین عناصر اقلیمی، بارش پیش بینی گردید. با استفاده از مدل ریاضی AQUALM رواناب و بار آلودگی حوضه به دریاچه از سطح هر کاربری زمین پیش بینی و در محدوده زمانی سالهای ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۴۰ روند تغییرات زمانی بار آلودگی های TN و TP با فرض ۱۰٪ و ۲۰٪ تغییر در کاربری زمین مدلسازی گردید. نتایج حاکی از وجود ارتباط معنی دار بین دمای ثبت شده در حوضه زریبار و دمای شبیه سازی شده مدل اقلیمی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد رابطه معنا داری بین میزان رطوبت نسبی و بارش ثبت شده در حوضه وجود دارد و بارش حوضه از طریق همبستگی بارش و رطوبت قابل محاسبه است. در پایان دوره ۲۰۴۰ میزان بارش سالانه حوضه کم می‌شود و به تبع آن رواناب حوضه بدلیل کاهش بارندگی و تغییر رژیم و نوع بارش کاهش می‌یابد. آب کمتری به دریاچه وارد می‌شود، غلظت آلودگی وارده در واحد حجم رواناب افزایش و تعداد ماههای با بار آلودگی بالا بیشتر می‌شوند. با افزایش جمعیت و گرمایش جهانی میزان انتقال آلودگی به دریاچه به ویژه در صورت تبدیل کاربری طبیعی به کشاورزی و شهری دهها تا صدها برابر افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، بارندگی، رواناب، آلودگی، دریاچه زریبار.

۱- مقدمه

مخازن تغییراتی ایجاد شده است. کیفیت آب‌های وارده، اکوسیستم‌های آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تغییرات یک بیوم آبی به تغییرات اجزای پیرامونی از جمله تغییرات عناصر اقلیمی مثل دما و غلظت گازهای محیط بستگی دارد. بررسی روند نوسانات دمایی حکایت از افزایش غیر قابل بازگشت غلظت گاز CO₂ اتمسفر، گرمایش جهانی و افزایش دمای

در ۱۵ سال گذشته تغییرات مهمی در عناصر اقلیمی رخ داده است که آثار و پیامدهای آن نگران کننده است. در ۱۵ سال گذشته بیش از ۲۰۰ کیلومتر در امتداد عرض‌های شمالی جا به جا شده، نزولات برفی کمتر شده و تعداد روزهای بارانی کاهش چشمگیر یافته‌اند (آرشیو سازمان هواشناسی کشور، حیدری، ۱۳۸۵). به دنبال تغییرات گفته شده، در مقدار و کیفیت رواناب و جریان‌های ورودی به

ارگانیزم‌های خشکی‌زی بردباری کمتری در برابر تغییرات محیطی دارند (میمندی نژاد، ۱۳۹۰). محدودیت آب موضوع مهمی در مدیریت آب است و تنها ۰/۳ درصد از کل آب کره زمین قابل دسترس است (مخدوم، ۱۳۸۱)، بنابراین این دارای اثر تعیین کننده مهمی است (Kenetwath, 1989). بروز تغییرات اقلیمی و محدودیت آب شیرین بشر را به چاره جویی و برنامه ریزی برای پیش بینی تغییرات در آینده واداشته است.

یکی از راه‌های پیش بینی تغییرات آینده، مدل‌سازی تغییرات محیطی و اقلیمی است. استفاده از مدل‌های اقلیمی چند دهه سابقه دارد و با اولین مدل‌های دهه ۷۰ که فقط بخش اتمسفری داشته‌اند شروع شده است (کریمی، ۱۳۹۲). مدل‌های اقلیمی ساده به مدل‌های پیچیده تبدیل و این مدل‌ها نیز با مدل‌های اکولوژیکی و زیست محیطی مدل‌های پیچیده‌تری را تشکیل داده‌اند.

رابطه بین تغییر اقلیم و زیستگاه گونه‌های جانوری و گیاهی از سال ۱۹۸۱ بررسی و سپس متناسب با پیش بینی تغییرات اقلیمی، محل پراکنش جدید مدل‌سازی شده است (woodword, 1987). تغییر محل پراکنش گونه سرخدار *Tausbaccats* در اروپا در دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۵۰ بررسی و مدل‌سازی شد (Pearsoon, 2001).

هدف تحقیق حاضر پیش بینی تغییرات کیفیت آب و بار آلودگی وارده به دریاچه زریبار با استفاده از مدل‌های ریز مقیاس نمایی اقلیمی، بارش-رواناب و کیفیت آب است. یکی از مدل‌های اقلیمی رایج برای پیش بینی بارش مدل گردش عمومی *HAD-CM3* و مدل ریز مقیاس نمایی مناسب این کار مدل *SDSM*^۱ است. مدل‌های مختلفی برای روندیابی و مدیریت کیفیت آب در حوضه‌ها در دنیا طراحی و بسط داده شده‌اند. از آن جمله می‌توان به دو گروه عمده از مدل‌های فیزیکی و مدل‌های ریاضی اشاره نمود. این پژوهش برآن است با تلفیقی از قابلیت‌های مدل اقلیمی *SDSM* و مدل ریاضی تجمعی کیفیت آب *AQUALM*، کیفیت رواناب ورودی به دریاچه زریبار^۲ مریوان در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۰ را پیش بینی نماید.

اکوسیستم‌های آبی دارد (Anne Frances, 2009). اثر تغییر اقلیم بر تنوع زیستی آب‌های شیرین با استفاده از مدل‌های جفت شده تغییر اقلیم - هیدرولوژی و اکولوژی در جهان بررسی و شبیه سازی شده است. تغییر اقلیم باعث تغییر رژیم منابع آبی می‌شود. برخی گونه‌ها زیستگاه خود را در منابع آبی گسترش و در مقابل تعدادی از گونه‌ها قلمرو زندگی‌شان را محدود می‌کنند (Tisseuil و همکاران، ۲۰۱۲؛ الهی و همکاران، ۱۳۸۵؛ قادری، ۱۳۸۵؛ طایی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اسماعیلی، ۱۳۹۲ و آذری و همکاران، ۱۳۹۲؛ Detinger, Frances-Johnson Anne؛ Thodsen، ۲۰۰۷؛ ۲۰۰۹ و Gberiyه ۲۰۱۰). مثلاً تغییر اقلیم بر اکوسیستم دریاچه ارومیه اثر قابل توجهی گذاشته و زندگی آرتیمیا را تهدید می‌کند (اسماعیلی، ۱۳۹۲) تغییرات بلند مدت در عناصر اقلیمی تغییرات مقدار و کیفیت آب را باعث می‌شود (عساکره و ملکی، ۱۳۹۰؛ فرج زاده، ۱۳۹۲؛ حسینی نسب و همکاران، ۱۳۸۷ و David، ۱۹۷۸).

در حوضه امامه تهران از سال ۱۳۵۰ تا به امروز با افزایش میانگین دمای فصلی تمام فصول، بیشینه رواناب روزانه افزایش یافته است (الهی و حجام، ۱۳۸۵).

براساس سناریوهای مختلف اقلیمی، میزان گازه‌های گلخانه‌ای و دما در آینده افزایش می‌یابند، در حوضه بار نیشابور در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۹۹ بارش ۲/۵ تا ۷/۲ درصد کاهش خواهد یافت. براساس پیش بینی مدل ریز مقیاس نمایی *SDSM* در سناریوی *A1* سال ۲۰۹۹ بارش در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر افزایش و در ماه‌های ژانویه و فوریه کاهش می‌یابد (طائی سمیرمی، ۱۳۹۲).

در شرایط سناریوهای *B1* و *A1F1* در بازه زمانی سال ۲۰۷۰ تا ۲۰۹۹ رواناب سالانه حوضه گرگان رود ۰/۴ تا ۷/۷ درصد کمتر خواهد شد، میزان آب خاک ۵/۲ تا ۱۳ درصد کاهش، تبخیر و تعرق ۱/۶ تا ۳/۶ درصد و آبدهی حوضه ۵/۳ تا ۱۰/۲ درصد افزایش خواهند یافت (آذری و همکاران، ۱۳۹۲). اثرات تغییر اقلیم بر آبریان بسیار پیچیده است. زیرا ارگانیزم‌های آبی در مقایسه با

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه تحقیق

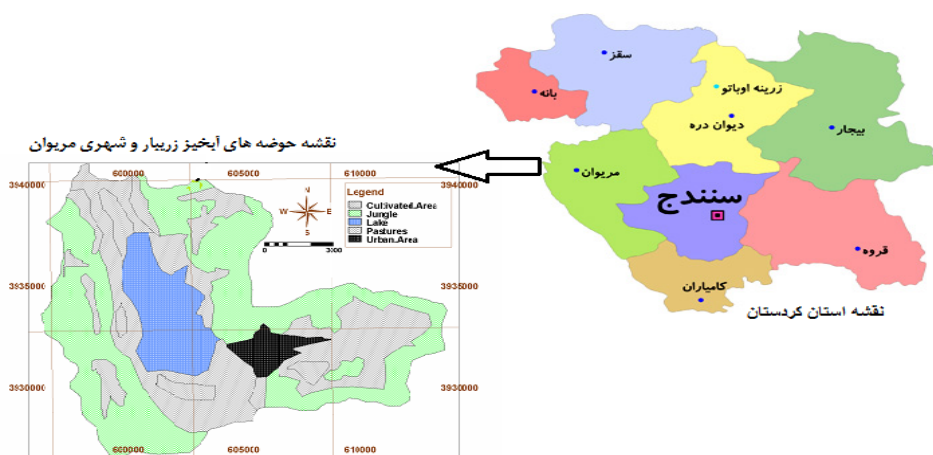
عرصه تحقیق حوضه آبخیز دریاچه زریبار و حوضه شهری مریوان با مساحت ۱۵۸۲۷ هکتار است که دریاچه زریبار با مساحت ۲۰۹۰ هکتار در انتهای محدوده، ارتباط هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی دو حوضه را برقرار می کند؛ شکل (۱) (قادری، ۱۳۹۰).

در حوضه، ۵ تیپ کاربری زمین از جمله: کاربری های زراعت، شهری و مسکونی، طبیعی شامل جنگل و مرتع و خود دریاچه وجود دارند. منبع اصلی تأمین آب دریاچه، رواناب ورودی حوضه است. متوسط بارندگی سالانه حوزه دریاچه زریبار براساس روش منحنی های همباران ۹۳۴ میلی متر است (قادری، ۱۳۸۵). بارندگی بلند مدت سالانه مریوان با ضریب ثابت ۱۹/۴- در متغیر زمان براساس معادله $y = -19/4x + 1138$ در ۲۵ ساله گذشته، روند نزولی دارد. تغییرات بارش و میانگین دمای سالانه بصورت نمودار شکل (۲) می باشد.

دمای میانگین سالانه دارای روندی افزایشی است که معادله تغییرات زمانی آن به صورت $y = 0/083x + 1212$ می باشد. میانگین رطوبت نسبی سالانه در طول زمان دارای تغییرات و نوسانات بسیار کم بوده و تقریباً در بلند مدت تغییرات آن غیر معنی دار است (آرشیو سازمان هواشناسی کشور).

تحقیق دارای دو بخش اصلی است. ۱- بررسی داده های عناصر اقلیمی و تغییرات زمانی آنها شامل بررسی تغییرات دما، رطوبت نسبی و بارش ماهانه، ریزمقیاس نمایی داده های روزانه: دما، بارش، رطوبت و... دوره ۳۰ ساله ایستگاه، پیش بینی عناصر اقلیمی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ با استفاده از مدل گردش عمومی جو HAD - CM3، ریزمقیاس نمایی با مدل SDSM و سپس محاسبه بارش از طریق همبستگی عناصر اقلیمی با بارش ۲- بررسی رابطه بین رواناب و بارش براساس داده های ثبت شده، تغییرات مقدار و کیفیت رواناب در دوره ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰، مدل سازی کیفیت جریان آب سطحی (رواناب) متناسب با تغییر عناصر اقلیمی در طول زمان. مدلسازی بارش رواناب و انتقال آلودگی از سطح کاربری های زمین، پیش بینی رواناب و انتقال آلودگی از کاربری های زمین در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ با مدل AQUALM.

ایستگاه مریوان تنها ایستگاه موجود در حوضه است و در طول دوره پایه ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ دارای تنها ۹ سال داده است و این مدت برای مدل سازی کافی نیست. نزدیکترین ایستگاه ها با داده کافی سقر و سنندج هستند اما در عناصر اقلیمی مریوان و ایستگاه های مجاور تفاوت معنا دار موجود است و روند تغییرات نیز شباهت ندارند. با توجه به فقدان داده های کافی در حد نیاز مدل، پیش بینی بارش با استفاده از همبستگی بین عناصر اقلیمی انجام می شود.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

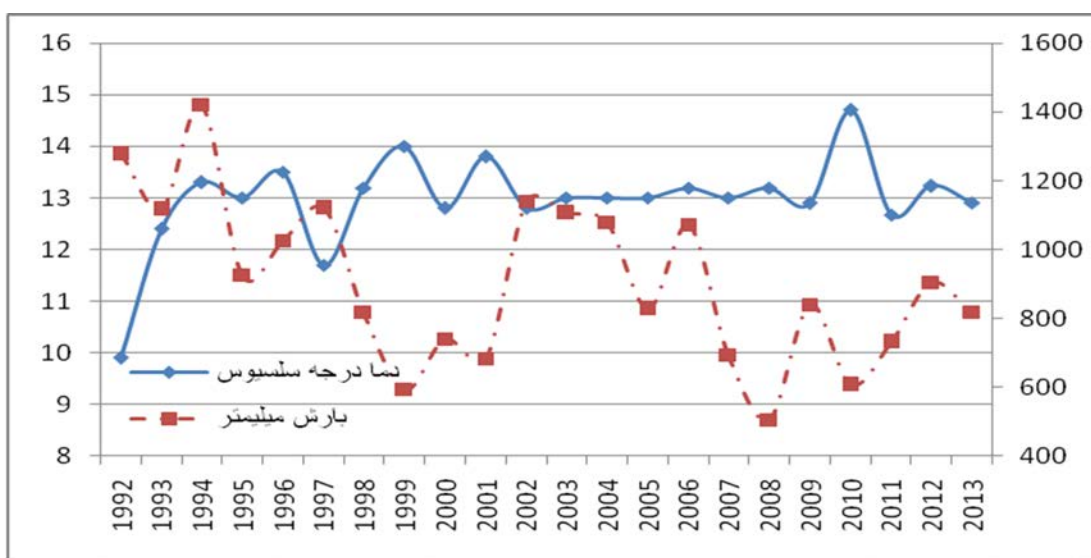
۲-۲- محاسبه و پیش بینی بارندگی با استفاده از مدل و

همبستگی بین عناصر اقلیمی با مدل SDSM

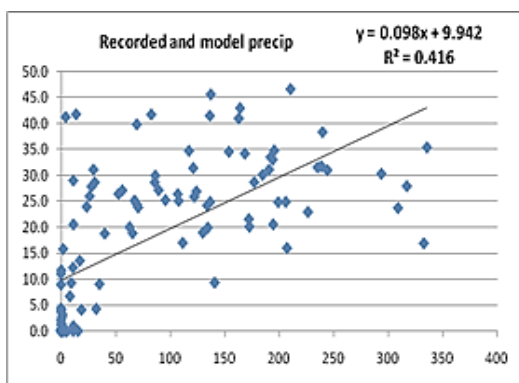
مدل SDSM یک مدل ریز مقیاس نمائی آماری است که ارتباطات آماری بین رفتارهای بزرگ مقیاس (متغیرهای پیش بینی کننده یا predictors variables) و محلی (متغیرهای پیش بینی شونده) از مدل‌های پیش بین مثل HAD-CM3 را بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه برقرار می‌کند. این ارتباطات با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه و برون‌دادهای (خروجی) مدل‌های گردش عمومی در دوره مشابه دیدبانی ایجاد می‌شوند (تقی زاده، ۱۳۹۲؛ روحی پناه و همکاران، ۱۳۹۳). می‌توان این همبستگی را به دوره‌های آتی تعمیم داد، به روابط مناسب جهت پیش بینی متغیرهای آب و هوایی در دوره‌های آتی دست یافت و برای متغیرهای هواشناسی مثل دما، بارش و ... داده‌های هواشناسی تولید نمود. برای دستیابی به این امر الف- داده‌های روزانه ایستگاه را در یک دوره ۳۰ ساله جمع‌آوری و در فایل-های مجزا آماده می‌شوند؛ ب- داده‌های مربوط به مدل HAD - CM₃ و NCEP حاضر می‌شوند؛ پ- کنترل کیفی و تبدیل داده‌های مشاهده‌ای را انجام و غربالگری داده‌های پیش بینی کننده بزرگ مقیاس و سپس مدل را

تنظیم می‌گردد؛ ت- آزمون صحت سنجی و اعتبار سنجی مدل انجام می‌شود؛ ث- داده‌های آتی را تولید می‌کند و در نهایت ج- با تجزیه و تحلیل‌های آماری آزمون فرضیه‌ها انجام و به تفسیر یافته‌ها از طریق ترسیم نمودار خروجی و تولید سناریو اقدام می‌گردد (باباییان، ۱۳۹۲). از جمله مزیت‌های این مدل ریزمقیاس نمایی و افزایش قدرت تفکیک زمانی و مکانی در پیش بینی و عدم قطعیت بیشتر است. از مشکلات مدل فرآیند شبیه‌سازی پیچیده امکان نداشتن تامین همه داده‌های مورد نیاز است (آقاشاهی، ۱۳۹۱).

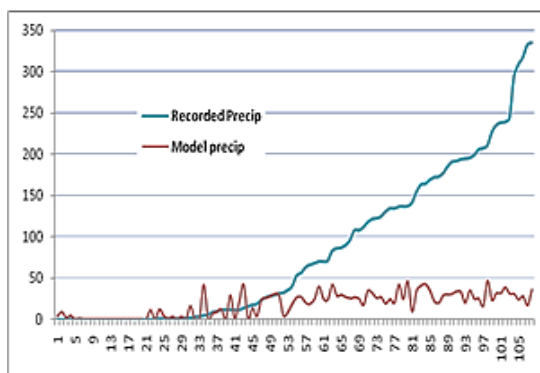
بین بارندگی و برخی از عناصر اقلیمی رابطه آماری برقرار است. از طریق معادله یک یا چند متغیره مقدار بارندگی قابل محاسبه می‌باشد. متغیرهای پیش بینی کننده مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده در مدل SDSM عبارتند از: دمای ۲ متری، رطوبت نسبی مجاور سطح زمین، رطوبت نسبی سطح ۸۵۰ میلیاری، رطوبت ویژه مجاور سطح زمین و بارش بر اساس سناریوی B1. دما و رطوبت نسبی تا سال ۲۰۴۰ توسط مدل اقلیمی پیش بینی و از طریق معادله همبستگی رطوبت نسبی و دما با بارش میزان بارندگی حوضه تا سال ۲۰۴۰ پیش بینی شد.



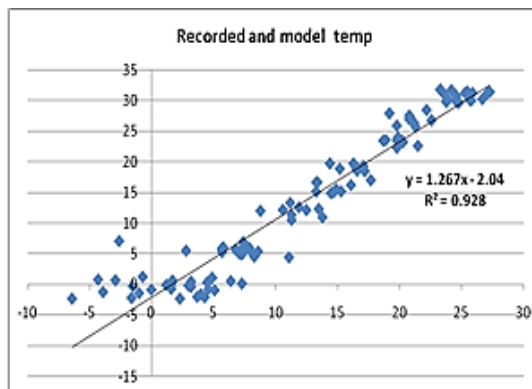
شکل ۲. تغییرات سالانه بارش و میانگین دما در مریوان



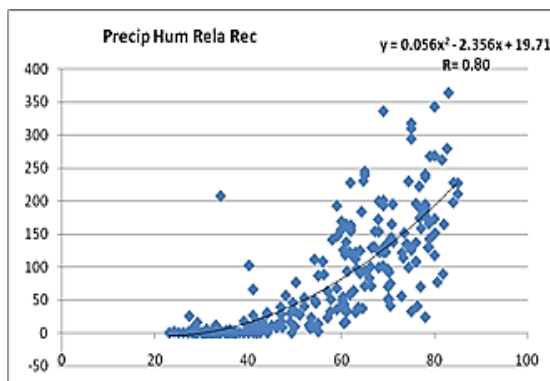
شکل ۳. همبستگی بارش ماهانه مدل و بارش ثبت شده



شکل ۴. مقایسه روند بارش ماهانه ثبت شده در ایستگاه زمینی و بارش پیش بینی مدل



شکل ۵. همبستگی دمای ثبت شده و پیش بینی مدل



شکل ۶. همبستگی بین رطوبت نسبی و بارش

۳-۲- پیش‌بینی مقدار و کیفیت رواناب با مدل

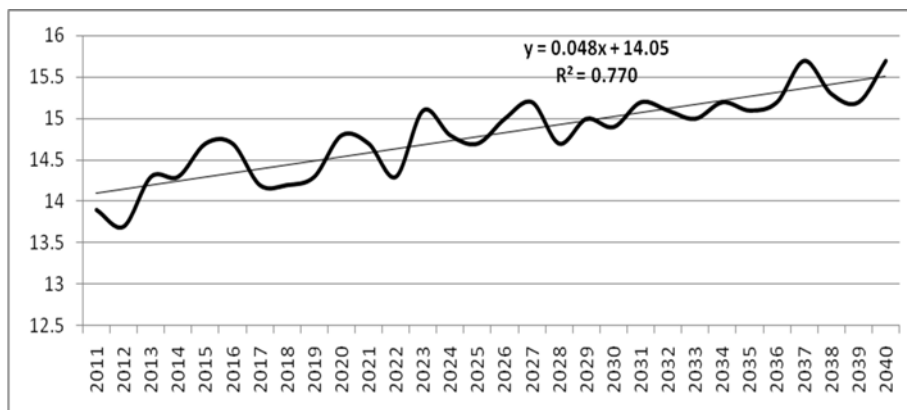
AQUALM

مدل استفاده شده برای پیش بینی رواناب حوضه AQUALM است. یک مدل کیفیت آب که توانایی پیش بینی آلودگی را دارد و واسنجی آن در کشور از جمله حوضه دریاچه زریبار انجام شده است (Ghadiri, 1992 و قادری، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۲).

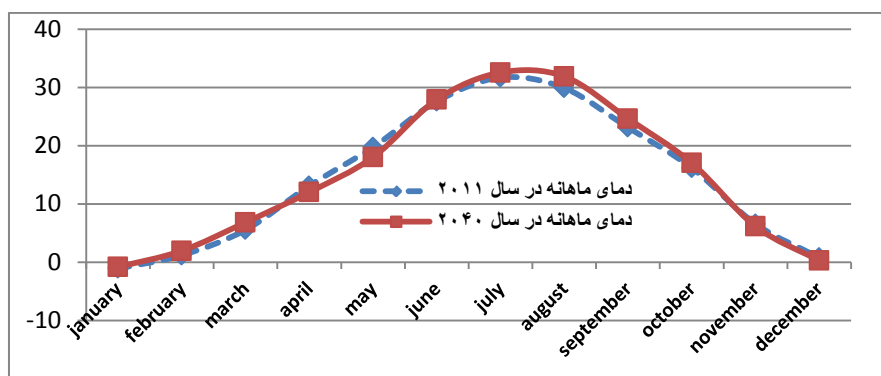
مزیت مدل: بر اساس معدلی از خصوصیات حوضه و به صورت تجمعی و متوسط بار عمل می‌کند (Phillips, 1987)، اطلاعات مورد نیاز این مدل در شرایط حوضه‌های کشور قابل دستیابی است؛ لذا می‌توان آنرا به کار گرفت. مدلی هوشمند است که از ۷ زیر مدل تشکیل شده و معادلات و قابلیت‌هایی برای برآورد تاسیسات پالایش و حذف آلودگی از منابع آبی دارد و می‌تواند با مدل‌های دیگر لینک شود (W.P.Software, 1995). یکی از مشکلات مدل این است که بیشتر در مقیاس واحد هیدرولوژیک قابل اجراست و برای سطوح بسیار کوچک و محدود طراحی نشده است (پوزش نژاد، ۱۳۷۷). مدل کالیبره شده رواناب و آلودگی برای آلودگی‌های معرفی شده از سطح کاربری‌های زمین میزان بار آلودگی وارده به دریاچه در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ را پیش بینی می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری

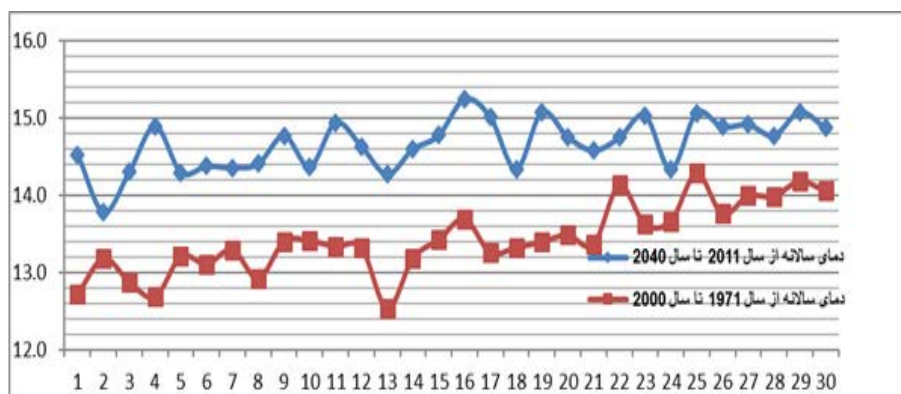
پیش بینی بارش توسط مدل SDSM متکی بر رابطه همبستگی بین رفتارهای بزرگ مقیاس (پیش بینی کننده‌ها) با داده‌های مشاهداتی ایستگاه محلی (پیش بینی شونده‌ها) در دوره ثبت داده‌هاست؛ به شرط آنکه مدت داده برداری باندازه کافی طولانی، داده‌ها نرمالیزه و هم بستگی معنادار باشد. همبستگی بین متغیرهای ثبت شده در ایستگاه زمینی و پیش بینی شده مدل و متغیرهای اقلیمی به شرح نمودار شکل‌های (۳ تا ۶) است. تغییرات سالانه دمای پیش بینی شده حوضه زریبار در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ توسط مدل SDSM به صورت نمودار شکل (۷) می‌باشد.



شکل ۷. نمودار روند و تغییرات دمای متوسط سالانه پیش بینی شده در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ (درجه سانتیگراد)



شکل ۸. نمودار مقایسه تغییرات دمای ماهانه هوا در یک بازه ۴۰ ساله در حوضه زیربار



شکل ۹. نمودار مقایسه تغییرات دمای سالانه هوا در دو دوره اقلیمی (۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ در حوضه زیربار)

۳-۱- بررسی جدول بارش سالانه در دوره پیش بینی نشان می‌دهد بارش حوضه دارای روند کاهشی در طول زمان است و این کاهش به صورت رابطه (۱) است.
 رابطه (۱) $y = -2.985x + 754.3$
 $R^2 = 0.014$

۳-۱- پیش بینی بارندگی با توجه به همبستگی پایین بارش ثبت شده و بارش مدل با نتیجه محاسبه بارش حوضه با معادله همبستگی با رطوبت و دما در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ به صورت جدول (۱) می‌باشد.

۳-۲- پیش بینی رواناب

مدل بارندگی- رواناب واسنجی شده AQUALM پس از کالیبراسیون با ارائه یک معادله جداگانه برای رواناب واحد سطح هر کاربری زمین، میزان رواناب کاربری‌ها را به صورت جداول ۲ تا ۳ پیش بینی نمود.

بررسی توزیع ماهانه بارندگی پیش بینی شده نشان می‌دهد، بطور میانگین در ۵ ساله آخر دوره در مقایسه با میانگین ۵ ساله اول، بارش در ماه ژانویه افزایش می‌یابد در ماه‌های فوریه و دسامبر کاهش می‌یابد. علت این موضوع را می‌توان به افزایش دما در ماه ژانویه مرتبط دانست.

جدول ۱. میزان بارندگی ماهانه پیش بینی شده با توجه به رطوبت نسبی مدل (میلی‌متر)

Annual	Dec	Nov	Oct	Sept	Aug	July	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	
۵۴۵	۲۰۹	۴۸	۴	۴	۴	۰	۴	۰	۲۴	۱۸	۱۱۳	۱۱۸	۲۰۱۱
۷۵۳	۱۱۱	۳۷	۲	۱	۲	۱	۳	۱۶	۱۳۱	۱۰۳	۱۶۳	۱۸۶	۲۰۱۲
۷۱۳	۱۶۹	۱۹۵	۴	۱	۲	۱	۱	۴	۵	۸۳	۸۰	۱۶۶	۲۰۱۳
۶۷۱	۱۶۶	۱۷	۵	۵	۱	۲	۵	۱	۴۶	۸۶	۱۴۵	۱۹۳	۲۰۱۴
۷۳۷	۱۷۴	۹۶	۳	۲	۰	۵	۲	۵	۵۲	۱۳۳	۱۸۲	۸۳	۲۰۱۵
۶۲۸	۱۴۸	۶۶	۲	۱	۳	۱	۴	۱۱	۴۵	۱۰۰	۱۳۳	۱۱۴	۲۰۱۶
۷۲۸	۱۳۸	۱۱۸	۲	۱	۱	۱	۲	۴	۷۷	۱۲۵	۱۰۶	۱۵۴	۲۰۱۷
۹۷۵	۱۸۸	۷۶	۳	۵	۴	۰	۴	۲۲	۱۱۳	۲۲۹	۱۵۱	۱۷۹	۲۰۱۸
۶۲۸	۲۰۹	۹۲	۳	۴	۸	۳	۱	۳	۱	۲۴	۱۵۸	۱۲۲	۲۰۱۹
۱۰۰۴	۲۴۰	۱۹۰	۳۴	۳	۳	۲	۵	۳۳	۹۰	۸۲	۱۷۳	۱۵۱	۲۰۲۰
۹۵۹	۶۷	۱۲۱	۴۶	۳	۰	۵	۴	۷۹	۱۲۰	۱۵۴	۱۹۳	۱۶۸	۲۰۲۱
۷۴۰	۲۰۳	۱۶۹	۱۲	۲	۱	۲	۲	۴	۲۷	۸۰	۱۲۶	۱۱۴	۲۰۲۲
۱۰۵۸	۱۶۸	۱۱۷	۰	۴	۱	۳	۴	۷۸	۱۴۲	۱۹۴	۱۵۷	۱۹۰	۲۰۲۳
۵۵۹	۸۳	۱۳۳	۱۸	۳	۲	۲	۱	۰	۲	۵۳	۱۲۹	۱۳۳	۲۰۲۴
۵۲۷	۱۲۶	۱۱۸	۵	۲	۰	۱	۱	۱	۱۱	۴۹	۷۶	۱۳۶	۲۰۲۵
۸۱۲	۱۷۵	۱۹۹	۷۵	۱	۰	۱	۴	۴	۲	۶۱	۱۲۹	۱۶۰	۲۰۲۶
۹۹۸	۱۵۰	۲۰۲	۶۶	۴	۴	۱	۱	۵	۱۰	۱۴۷	۱۶۷	۲۴۰	۲۰۲۷
۷۴۵	۷۵	۷۰	۳۹	۴	۲	۱	۲	۲۰	۵۶	۱۳۳	۱۳۱	۲۱۳	۲۰۲۸
۲۳۶	۱۲	۱۹	۳	۰	۰	۳	۰	۴	۵	۵	۶۸	۱۱۸	۲۰۲۹
۳۰۰	۷۶	۶۲	۴	۲	۲	۳	۱	۱	۵	۲	۷۳	۶۸	۲۰۳۰
۵۵۶	۱۰۸	۱۸۳	۳	۴	۳	۲	۱	۴	۵	۱۰	۷۶	۱۵۷	۲۰۳۱
۵۳۴	۲۳۳	۴۱	۵	۵	۳	۰	۵	۲	۴۶	۱۸	۹۹	۷۸	۲۰۳۲
۶۹۷	۱۸۴	۹۵	۲۷	۴	۰	۱	۱	۲	۲۵	۸۳	۱۶۱	۱۱۵	۲۰۳۳
۸۵۶	۲۱۵	۱۷۴	۹۵	۳	۲	۲	۱	۵	۷	۴۹	۱۴۳	۱۶۰	۲۰۳۴
۱۰۵۲	۲۴۶	۱۹۰	۴۳	۲	۱	۱	۴	۱	۱۰۹	۱۳۵	۱۳۳	۱۸۷	۲۰۳۵
۹۰۲	۱۶۰	۵۴	۱۴	۵	۰	۰	۴	۴	۵۹	۱۶۹	۱۷۱	۲۶۲	۲۰۳۶
۳۲۵	۲۸	۱۵	۵	۱	۳	۲	۲	۵	۴	۲۵	۱۰۱	۱۳۴	۲۰۳۷
۴۷۶	۱۳۱	۴۹	۴	۳	۱	۰	۱	۴	۵۵	۴۹	۶۲	۱۱۵	۲۰۳۸
۸۱۹	۱۸۸	۹۰	۷۴	۴	۴	۱	۰	۵	۲۹	۸۴	۱۴۸	۱۹۱	۲۰۳۹
۷۰۸	۱۱۵	۷۷	۲	۳	۳	۱	۱	۵	۱۳۱	۸۹	۱۳۵	۱۴۸	۲۰۴۰

قادری و کریمی

جدول ۲. رواناب ماهانه پیش بینی شده با مدل واسنجی شده AQUALM از سطح کاربری جنگل (مگا لیتر در هکتار)

سال	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
۲۰۱۱	۰/۴۴۵	۰/۴۲۷	۰/۰۷۱	۰/۰۹۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶	۰/۱۹۱	۰/۸۳۶
۲۰۱۲	۰/۷۱۶	۰/۶۲۴	۰/۴۱۰	۰/۵۲۲	۰/۹۶۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۰/۱۴۹	۰/۴۴۳
۲۰۱۳	۰/۶۴۰	۰/۲۹۴	۰/۳۳۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۵	۰/۷۸۲	۰/۶۷۵
۲۰۱۴	۰/۷۴۶	۰/۵۵۳	۰/۳۴۴	۰/۱۸۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۰	۰/۰۶۹	۰/۶۶۳
۲۰۱۵	۰/۳۰۵	۰/۷۰۳	۰/۵۳۳	۰/۲۰۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۳۸۴	۰/۶۹۷
۲۰۱۶	۰/۴۳۰	۰/۵۰۷	۰/۳۹۸	۰/۱۷۹	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۲۶۳	۰/۵۹۳
۲۰۱۷	۰/۵۹۱	۰/۳۹۷	۰/۵۰۰	۰/۳۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۴۷۱	۰/۵۵۰
۲۰۱۸	۰/۶۹۰	۰/۵۷۶	۰/۹۱۴	۰/۴۵۳	۰/۰۸۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۳۰۳	۰/۷۵۲
۲۰۱۹	۰/۴۶۱	۰/۶۰۶	۰/۰۹۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۳۹۶	۰/۸۳۶
۲۰۲۰	۰/۵۷۶	۰/۶۶۵	۰/۳۲۶	۰/۳۶۰	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۷	۰/۷۵۹	۰/۹۵۸
۲۰۲۱	۰/۶۴۶	۰/۷۴۶	۰/۶۱۴	۰/۴۷۹	۰/۳۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۶	۰/۴۸۴	۰/۲۶۷
۲۰۲۲	۰/۴۳۰	۰/۴۷۷	۰/۳۲۰	۰/۱۰۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۸	۰/۶۷۵	۰/۸۱۲
۲۰۲۳	۰/۷۳۶	۰/۶۰۳	۰/۷۵	۰/۵۶۷	۰/۳۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۴۹۶	۰/۶۷۲
۲۰۲۴	۰/۵۰۷	۰/۴۹۱	۰/۲۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۷۰	۰/۵۳۳	۰/۳۳۳
۲۰۲۵	۰/۵۱۹	۰/۲۷۹	۰/۱۹۸	۰/۰۴۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۸	۰/۴۷۴	۰/۵۰۳
۲۰۲۶	۰/۶۱۵	۰/۴۹۱	۰/۲۴۴	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۰۰	۰/۷۹۵	۰/۷۰۰
۲۰۲۷	۰/۹۳۶	۰/۶۴۳	۰/۵۸۷	۰/۰۴۱	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۶۵	۰/۸۰۹	۰/۵۹۹
۲۰۲۸	۰/۸۲۴	۰/۴۹۶	۰/۵۳۱	۰/۲۲۳	۰/۰۸۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۵۶	۰/۲۸۲	۰/۳۰۰
۲۰۲۹	۰/۴۴۸	۰/۲۴۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۷۵	۰/۰۴۷
۲۰۳۰	۰/۲۴۵	۰/۲۶۶	۰/۰۰۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶	۰/۲۴۸	۰/۳۰۵
۲۰۳۱	۰/۶۰۳	۰/۲۷۹	۰/۰۳۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۷۳۲	۰/۴۳۰
۲۰۳۲	۰/۲۸۷	۰/۳۷۰	۰/۰۷۰	۰/۱۸۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۹	۰/۱۶۴	۰/۹۳۲
۲۰۳۳	۰/۴۳۲	۰/۶۱۸	۰/۳۳۱	۰/۱۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۷	۰/۳۸۱	۰/۷۳۶
۲۰۳۴	۰/۶۱۵	۰/۵۴۴	۰/۱۹۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۷۹	۰/۶۹۷	۰/۸۶۱
۲۰۳۵	۰/۷۲۳	۰/۵۰۷	۰/۵۴۲	۰/۴۳۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۷۳	۰/۷۵۹	۰/۹۸۴
۲۰۳۶	۱/۰۲۳	۰/۶۵۸	۰/۶۷۵	۰/۲۳۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۵	۰/۲۱۸	۰/۶۴۱
۲۰۳۷	۰/۵۱۰	۰/۳۷۶	۰/۰۹۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۰	۰/۰۵۸	۰/۱۱۴
۲۰۳۸	۰/۴۳۵	۰/۲۲۴	۰/۱۹۶	۰/۲۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۷	۰/۱۹۶	۰/۵۲۲
۲۰۳۹	۰/۷۳۹	۰/۵۶۷	۰/۳۳۷	۰/۱۱۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۶۹	۰/۳۶۰	۰/۷۵۲
۲۰۴۰	۰/۵۶۷	۰/۵۱۳	۰/۳۵۶	۰/۵۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۰/۳۰۷	۰/۴۵۸

جدول ۳. میزان رواناب ماهانه پیش بینی شده با مدل واسنجی شده AQUALM از سطح کاربری زراعت و کشاورزی (مگا لیتر در هکتار)

سال	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
۲۰۱۱	۰/۷	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۱/۳
۲۰۱۲	۱/۱	۰/۹	۰/۶	۰/۸	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۷
۲۰۱۳	۱/۰	۰/۴	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۲	۱/۰
۲۰۱۴	۱/۱	۰/۸	۰/۵	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۱/۰
۲۰۱۵	۰/۵	۱/۱	۰/۸	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۶	۱/۰
۲۰۱۶	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۳	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۰/۹
۲۰۱۷	۰/۹	۰/۶	۰/۸	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۷	۰/۸
۲۰۱۸	۱/۰	۰/۹	۱/۴	۰/۷	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۱/۱
۲۰۱۹	۰/۷	۰/۹	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۶	۱/۳
۲۰۲۰	۰/۹	۱/۰	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۱/۱	۱/۴
۲۰۲۱	۱/۰	۱/۱	۰/۹	۰/۷	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۷	۰/۴
۲۰۲۲	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۱/۰	۱/۲
۲۰۲۳	۱/۱	۰/۹	۱/۲	۰/۹	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۷	۱/۰
۲۰۲۴	۰/۸	۰/۷	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۸	۰/۵
۲۰۲۵	۰/۸	۰/۴	۰/۳	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۷	۰/۸
۲۰۲۶	۰/۹	۰/۷	۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۱/۲	۱/۱
۲۰۲۷	۱/۴	۱/۰	۰/۹	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۱/۲	۰/۹
۲۰۲۸	۱/۲	۰/۸	۰/۸	۰/۳	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۴	۰/۵
۲۰۲۹	۰/۷	۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱
۲۰۳۰	۰/۴	۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۰/۵
۲۰۳۱	۰/۹	۰/۴	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۱	۰/۶
۲۰۳۲	۰/۴	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۱/۴
۲۰۳۳	۰/۷	۰/۹	۰/۵	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۶	۱/۱
۲۰۳۴	۰/۹	۰/۸	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۶	۱/۰	۱/۳
۲۰۳۵	۱/۱	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۱/۱	۱/۵
۲۰۳۶	۱/۵	۱/۰	۱/۰	۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۳	۱/۰
۲۰۳۷	۰/۸	۰/۶	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۲
۲۰۳۸	۰/۷	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۸
۲۰۳۹	۱/۱	۰/۹	۰/۵	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۰/۵	۱/۱
۲۰۴۰	۰/۹	۰/۸	۰/۵	۰/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۷

کاربردهای موجود حوضه میزان رواناب سالانه تولید شده روند کاهشی بسیار ضعیفی دارد و شدت این افت

بررسی تغییرات میزان رواناب پیش بینی شده در دوره اقلیمی منتهی به ۲۰۴۰ نشان می‌دهد با فرض حفظ

روند تغییرات زمانی بار آلودگی ازت کل (TN) در دو مقطع زمانی یعنی در دوره سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ و دوره سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۴۰ بدین صورت است: در دوره نزدیک به سال ۲۰۰۰ پیک بار آلودگی مربوط به محدوده زمانی ماه اسفند، در دوره نزدیک به سال ۲۰۱۱ پیک بار آلودگی متعادل شده و به محدوده زمانی ماه‌های دی، بهمن و اسفند تطویل شده و در دوره نزدیک به سال ۲۰۴۰ پیک بار آلودگی حتی متعادل تر از سال ۲۰۱۱ می‌شود به نحوی که بار آلودگی به مدت ۶ ماه از سال تطویل می‌گردد.

این تعدیل و تغییر شدت پیک آلاینده‌ها در طول زمان به دلیل تغییر رژیم بارندگی از برف به باران در اثر افزایش دما و تبدیل سریع بارندگی به رواناب در مقایسه با گذشته است که مانع از تجمع رواناب در اسفند ماه می‌گردد. تا چند سال پیش در اسفند و فروردین ماه همزمان با افزایش میزان بارندگی افزایش دما نیز منجر به ذوب برف انباشته شده ماه‌های قبل می‌شد و رواناب در این دو ماه به پیک خود می‌رسید اما خالی بودن سطح زمین از پوشش گیاهی در اسفند ماه باعث می‌شد میزان رواناب و بویژه بار آلودگی بیش از فروردین باشد. زیرا گیاهان علاوه بر کاهش رواناب پالایش آلودگی‌ها را نیز انجام می‌دهند. (Sharpin, 1993 ; Ramirez & Munn, 1973) نظر شدت تولید آلودگی فسفر کل (TP) در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۴۰ به ترتیب کاربری شهری، زراعت و جنگل قرار دارند. تغییرات زمانی بار آلودگی فسفر کل در دو دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ و ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ بدین صورت است: در دوره نزدیک به سال ۲۰۰۰ پیک بار آلودگی مربوط به محدوده زمانی ماه اسفند، در دوره نزدیک به سال ۲۰۱۱ پیک بار آلودگی متعادل شده و به محدوده زمانی ماه‌های دی، بهمن و اسفند تطویل شده و در دوره نزدیک به سال ۲۰۴۰ پیک بار آلودگی به‌ویژه در کاربری جنگل حتی از سال ۲۰۱۱ متعادل تر می‌شود به نحوی که بار آلودگی به مدت ۶ ماه از سال تطویل می‌گردد.

کمتر از شدت افت بارندگی است. از نظر مقایسه روند تغییرات رواناب در کاربری‌های مختلف همانگونه که روابط ۲ تا ۴ نشان می‌دهند، در کاربری شهری به‌مرور زمان آهنگ کاهش رواناب صرفاً در طول دوره تا ۲۰۴۰ کندتر از کاربری‌های زراعت و جنگل است. علت این موضوع به واکنش نداشتن و حساسیت پوشش سطح شهر به تغییرات بارش است که در هر حال میزان نفوذ پذیری آن بسیار کم است.

رابطه (۲) معادله تغییرات زمانی رواناب پیش بینی شده در کاربری جنگل را نشان می‌دهد.

$$y = -0.011x + 2.965 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$R^2 = 0.014$$

رابطه (۳) معادله تغییرات زمانی رواناب پیش بینی شده در کاربری شهری را بیان می‌کند.

$$y = -0.017x + 4.396 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$R^2 = 0.013$$

رابطه (۴) معادله تغییرات زمانی رواناب پیش بینی شده در کاربری زراعت و کشاورزی را نشان می‌دهد.

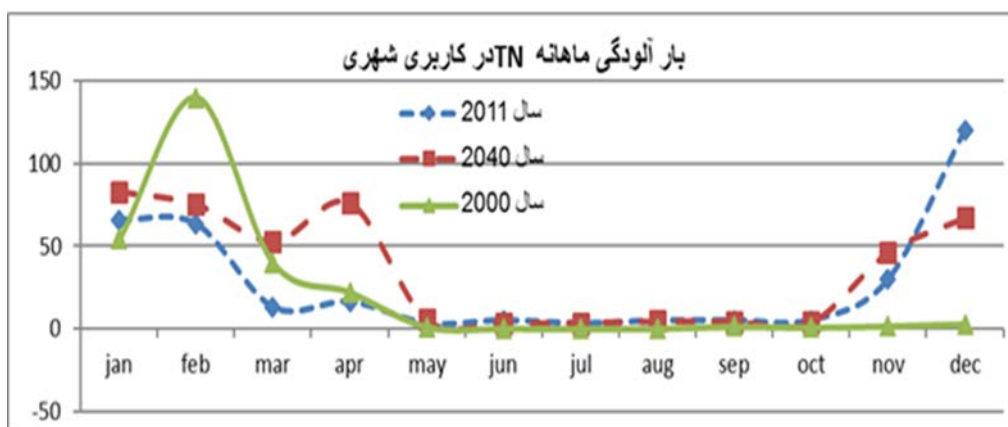
$$y = -0.020x + 5.197 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$R^2 = 0.014$$

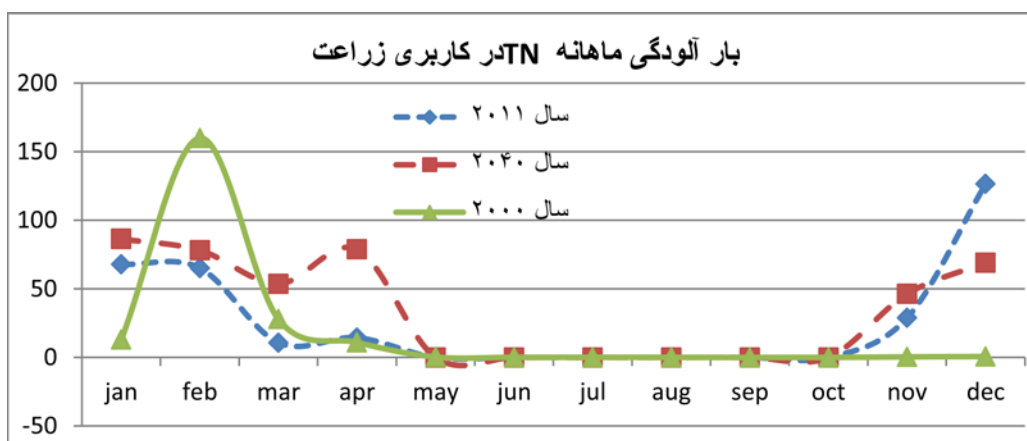
در صورتی که تحت تاثیر تغییر اقلیم به‌عنوان مثال تا پایان دوره ۲۰ درصد از سطح مناطق جنگلی به اراضی شهری و مسکونی و مناطق روستایی تبدیل شوند میزان رواناب از واحد سطح حوضه دو برابر خواهد شد و رواناب کل حوضه حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

پیش‌بینی مقدار آلودگی‌های انتقالی به دریاچه در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ براساس پیش‌بینی مدل در بازه زمانی سال ۲۰۱۱ تا پایان سال ۲۰۴۰ میزان آلودگی ماهانه آلاینده‌های BOD5، TSS، TN و TP از واحد کاربری‌های حوضه دریاچه زیربار بشرح نمودارهای شکل‌های شماره ۱۰ تا شماره ۲۱ می‌باشد.

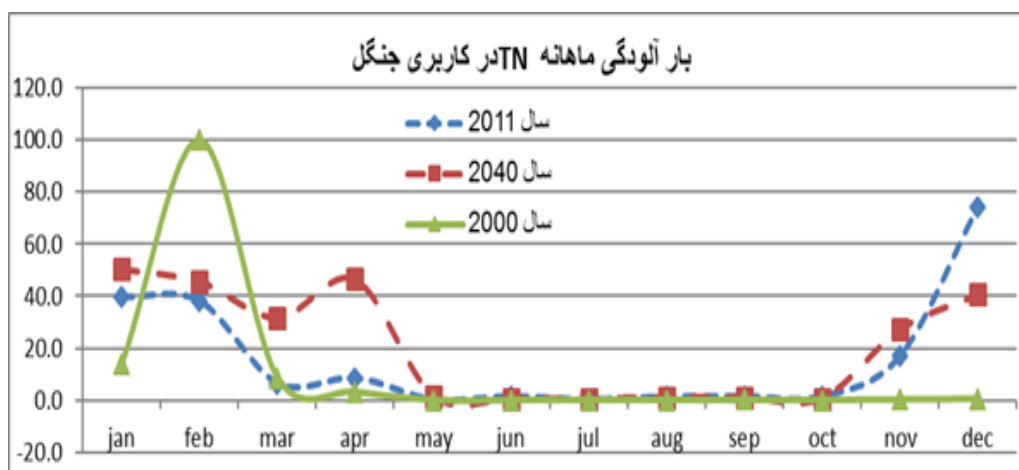
براساس پیش‌بینی انجام شده در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۴۰ از نظر شدت تولید آلودگی ازت کل به‌ترتیب کاربری زراعت، شهری و جنگل قرار گرفته‌اند.



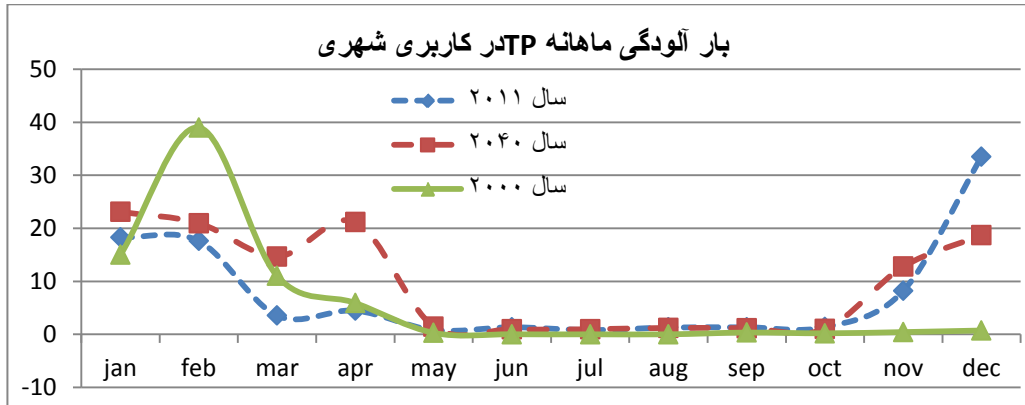
شکل ۱۰. نمودار تغییرات ماهانه بار آلودگی ازت کل در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۴۰ بر حسب کیلوگرم بر هکتار در کاربری شهری



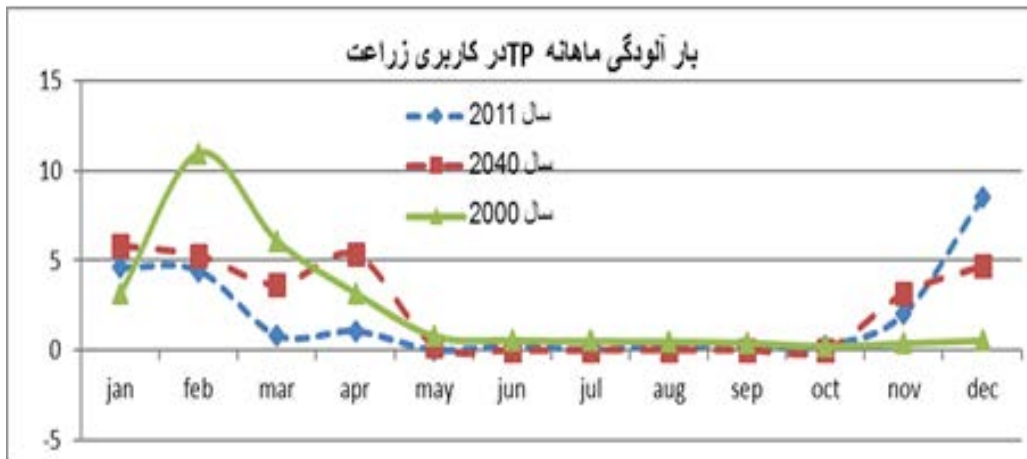
شکل ۱۱. نمودار تغییرات ماهانه بار آلودگی ازت کل در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۴۰ بر حسب کیلوگرم بر هکتار در کاربری زراعت



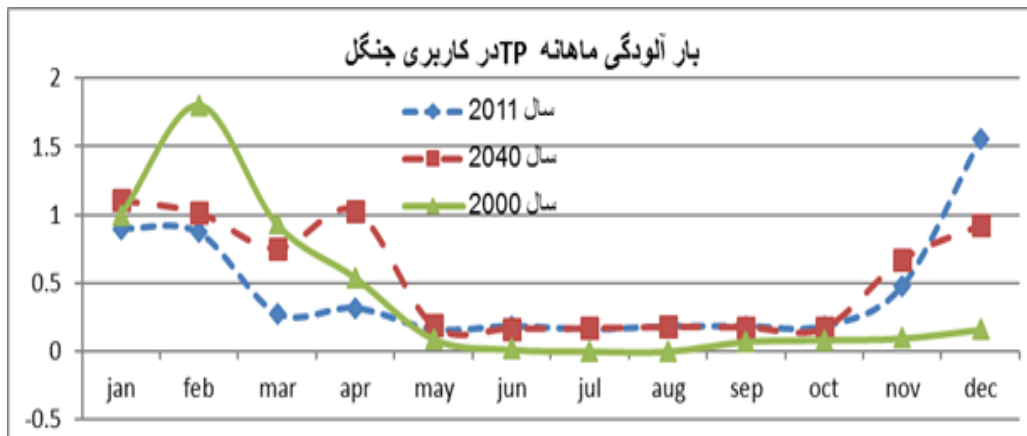
شکل ۱۲. نمودار تغییرات ماهانه بار آلودگی ازت کل در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۴۰ بر حسب کیلوگرم بر هکتار در کاربری جنگل



شکل ۱۳. نمودار تغییرات ماهانه بار آلودگی TP در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۴۰ و ۲۰۰۰ بر حسب کیلوگرم بر هکتار در کاربری شهری



شکل ۱۴. نمودار تغییرات ماهانه بار آلودگی TP در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۴۰ و ۲۰۰۰ بر حسب کیلوگرم بر هکتار در کاربری زراعت



شکل ۱۵. نمودار تغییرات ماهانه بار آلودگی TP در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۴۰ و ۲۰۰۰ بر حسب کیلوگرم بر هکتار در کاربری جنگل

۴- مقایسه تغییرات بار آلودگی در پایان دوره

اقلیمی ۲۰۴۰

تغییرات اقلیمی پیش‌رو مبتنی بر سناریوی تغییر اقلیم A1B و مقایسه میزان بار آلودگی از سطح کاربری شهری در ابتدای بازه زمانی ۲۰۱۱ نشان می‌دهد که در مجموع بارندگی دارای روندی کاهشی است و بار آلودگی سالانه پارامترهای مورد بررسی در صورت کاهش بارندگی در طول سال در کاربری شهری دارای افزایش خواهد بود. زیرا میزان تولید آلودگی ناشی از دفعات بارندگی روزمره با کاهش بارندگی کاهش نمی‌یابد بنابراین گرچه میزان رواناب کاهش می‌یابد اما غلظت آلودگی در واحد حجم رواناب افزایش می‌یابد.

در مورد کاربری زراعت نیز همانند کاربری شهری در پایان بازه زمانی سال ۲۰۴۰ علیرغم کاهش رواناب غلظت آلودگی آلاینده‌ها در واحد حجم رواناب افزایش می‌یابد. نکته مهم این است که بدلیل کاهش حجم و جریان رواناب در کاربری زراعت آلودگی‌ها در خاک باقی مانده و به آب‌های زیر زمینی انتقال می‌یابد. در کاربری‌های طبیعی یعنی جنگل و مرتع در طول بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ در اثر کاهش بارندگی و کاهش رواناب و بدلیل عملکرد عرصه‌های طبیعی در کنترل رواناب میزان آلاینده‌ها متناسب با میزان کاهش بارندگی کاهش خواهد یافت. دستارده این تحقیق از نظر تفاوت کاربریهای زمین در انتقال آلودگی با نتایج تحقیق دیگر پژوهشگران از جمله موسوی (۱۳۷۴)، Naji (1996) و Apperley (1998) مشابه است. تفاوت دستاورد این تحقیق با پژوهش‌های مشابه در دنیا بالا بودن بار آلودگی سطح کاربری‌های زمسن در عرصه این تحقیق در مقایسه با دیگر کشورهاست. نتایج این بررسی دارای مشابهت با نتایج محققینی است که در سابقه تحقیق نامبرده شده‌اند (Paul et al., 1990; Paul, 1993; Siwacomar, 1998) و (Zhang, 1996). همانگونه که در حوضه‌های گرگان رود، امامه و بار نیشابور با افزایش دما میزان رواناب کاهش یافته است. این بررسی نیز نشان می‌دهد بارش و

رواناب در اثر افزایش دما کاهش می‌یابند. همانند دیگر بررسی‌ها این تحقیق نیز ۲ تا ۸ درصد کاهش در رواناب ماهانه را پیش بینی می‌کند. نتایج این تحقیق با مدلسازی اثر تغییرات اقلیمی در دیگر نقاط جهان از جمله انگلیس شبیه است. بر اساس پیش بینی‌ها در تابستان و در فصول خشک که جریان سطحی کاهش می‌یابد با افزایش جمعیت و دما مقدار بار آلودگی BOD و نیترات وارد به دریاچه‌ها از سطح کاربری‌های کشاورزی و شهری مسکونی در انگلیس افزایش می‌یابد (Whitehead et al., 2009). در برخی نقاط دنیا از جمله در حوضه نیویا در مصر علیرغم حساسیت بسیار بالای حوضه رودخانه نیل به تغییر اقلیم اما پیامدهای تغییر اقلیم بر کیفیت آب بسیار جزیی پیش بینی شده است (Meon and Elshemy, 2011). پژوهشی مشابه تحقیق حاضر که در آن از طریق ایجاد ارتباط بین نتایج ۲ مدل اقلیمی و کیفیت آب بار آلودگی به دریاچه‌ها در فرآیند تغییر اقلیم پیش بینی شود در ایران انجام نشده است. تفاوت عمده نتایج این تحقیق با کارهای مشابه دیگر در مناطق غیر کمربند خشک جهان کاهش بارندگی در صورت افزایش گاز کربنیک و دما در منطقه این پژوهش و افزایش بارندگی در مناطق غیر خشک است و نقطه مشترک بیشتر پژوهش‌های مشابه پیش بینی کاهش میزان رواناب در صورت افزایش دما می‌باشد.

در صورتی‌که تحت تاثیر اقدامات مدیریتی و شرایط تغییر اقلیم به‌عنوان مثال تا پایان دوره ۲۰ درصد از سطح مناطق جنگلی به کاربری زراعت و کشاورزی تبدیل شود، میزان بار آلاینده BOD راهی به سمت دریاچه از واحد سطح ۴/۴ برابر خواهد شد و از ۵۰ کیلوگرم در سال در هکتار به ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. در چنین شرایطی در اثر این تغییر سالانه ۱۶۳ تن بار BOD به سمت دریاچه سرازیر می‌شود. با فرض تبدیل ۲۰ درصد از سطح مناطق جنگلی به کاربری شهری بار آلاینده BOD راهی به سمت دریاچه از واحد سطح ۳۵ برابر خواهد شد و از ۵۰ کیلوگرم بر هکتار در سال به ۱۷۶۹

ANSWER جهت محاسبه هرز آب و پیش بینی فرسایش رسوب در اراضی شیبدار کشاورزی از حوضه آبخیز گرگانرود، پایان نامه دانشجویی انتشارات دانشگاه تهران.

- روحی پناه، فاطمه، میرکنی، سید مجید، مساح‌بوانی، علی رضا (۱۳۹۳) "مقایسه روش‌های واسنجی برای شبیه سازی دما به کمک مدل ریز مقیاس نمایی SDSM" مطالعه موردی شهر یزد، مجموعه مقالات شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ص. ۳۱۵ تا ۳۲۰.

- سمیری، سیاوش، حمید رضا مرادی، مرتضی خداقلی و احد توسلی (۱۳۹۲) "ارزیابی اثرات تغییرات بر میزان بارش در حوضه آبخیز بار نیشابور"، نشریه آبخیزداری، انجمن آبخیزداری ایران، سال اول، شماره ۱، ص ۲۷ تا ۳۴.

- ترحمی، احمد (۱۳۷۶) "بحران کیفی آب و آلاینده‌ها"، فصلنامه آب و توسعه شماره ۱۷، انتشارات وزارت نیرو.

- حسینیان، مرتضی (۱۳۶۲) "آب و سلامتی انسان"، انتشارات حسینیان.

- حسینی نسب، سید ابراهیم، نصیبه خیرالله زاده و نورالله تازیکه میان دره (۱۳۸۷) "مدل بندی تابعی بارندگی ایران براساس دما و رطوبت. مجله پژوهش‌های آماری ایران"، دوره ۵. شماره ۱. صص ۹۵ تا ۱۲۱.

- رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۵) "فرسایش آبی و کنترل آن"، انتشارات دانشگاه تهران.

- صادقپور، حسن (۱۳۷۳) "بازنگری راهنمای WHO در زمینه کیفیت آب آشامیدنی"، مجله آب و محیط زیست شماره ۱۱.

- عساکره، حسین و سهیلا ملکی (۱۳۹۰) "بررسی تاثیر دما و رطوبت نسبی بر روی بارش طی ده‌های اخیر"، مطالعه موردی زنجان، دوره بیستم شماره هفتاد و هشتم.

کیلوگرم خواهد رسید و در اثر این تغییر سالانه ۱۳۲۷ تن بار BOD به سمت دریاچه سرازیر می‌شود.

۵- پی‌نوشت‌ها

1. Statistical Down Scaling Model
2. Zrebar

۶- منابع

- آذری، محمود، حمید رضا مرادی، بهرام ثقفیان و منیره فرامرزی (۱۳۹۲) "ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز گرگان رود"، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۷، شماره ۳. ص ۵۳۷ تا ۵۴۷.

- آشفته، پریسا سادات (۱۳۹۱) "تاثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصولات با استفاده از مدل HADCMC" نشریه آبیاری زهکشی ایران، شماره ۳. جلد ۶.

- آقاشاهی، محسن (۱۳۹۱) "معرفی و مقایسه مدل‌های LARS-WG و SDSM به منظور ریز مقیاس سازی پارامترهای زیست محیطی در مطالعات تغییر اقلیم، ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست.

- اسمعیلی، لطیف، امیر شعاع حسنی، نعمت پیکران مانا و فریدون محبی (۱۳۹۲) "اثر تغییر اقلیم بر اکوسیستم و آرتمیای دریاچه ارومیه دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست.

- الهی، گل علی و سهراب حجام (۱۳۸۵) "بررسی اثر تغییرات دما و بارش بر روی رواناب حوضه آبریز امامه، دومین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب- اصفهان.

- باباییان، ایمان (۱۳۹۱) "مقدمه‌ای در معرفی مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM طبقه بندی: آموزشی، تغییر اقلیم، پرسش و پاسخ، پیش بینی اقلیمی".
<http://climate.mihanblog.com/post>

- پوزش نژاد، مرتضی (۱۳۷۷) " کاربرد مدل کامپیوتری

- صص ۷-۱۳، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- ۱- انتشارات دانشگاه تهران.
- مهدوی، محمد (۱۳۷۱) "هیدرولوژی کاربردی جلد ۲"، انتشارات دانشگاه تهران.
- موسوی، فرهاد و محمود کلباسی (۱۳۷۴) "تغییرات کیفیت آب رودخانه زاینده رود در طول مسیر رودخانه از کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب"، انتشارات وزارت نیرو.
- موسسه تحقیقات خاک و آب کشور (۱۳۷۶) "برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور"، ج ۱ و ۲.
- میمنندی نژاد، محمد جواد (۱۳۹۰) "شالوده بوم‌شناسی"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ: پنجم. صفحه ۸۰۸.
- David. M. Henry. (1978) "Monthly Temperature and precipitation outlook for Anchorage, Alaska using data from past months and sunspot members", National weather service, Regional headquarters.
- Elshemy, M. and G. Meon. (2011) "Climate change impacts on water quality indices of the southern part of Aswan high dam reservoir, Lake Nubia", Fifteenth International Water Technology Conference, IWTC-15 Alexandria, Egypt.
- Ghaderi .N. M. Ghafouri M. Tabatabaei .V. Versace. D. Ierodiaconou. D. A. Barry. (2009) "Land Use Change and Nutrients Simulation for the Siah Darvishan Basin of the Anzali Wetland Region, Iran". Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Editor-in-Chief: Herbert N. Nigg. ISSN: 0007-4861 (print version), ISSN: 1432-0800 (electronic version) Journal no. 128. Springer New York.
- Ghadiri. H. and Rose. C. W (1992) "Modelling chemical Transport in soils pub: Lewis publishers".
- Mahdian, M.H, and J. Gallichand (1996) "Modelling soil water content and pressure head SWACROP in potato fields", Canadian Agricultural engineering. 38 (1):1-11.
- Munn. D.A.E.D. mclean. A.Ramirez. and T.J. logan. (1973) "Effect of soil, cover, slope and Rainfal factors on soil and phosphorus movement under simulated rainfal conditions", Soil science
- صص ۷-۱۳، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- غفوری، عبدالمحمد (۱۳۶۷) "شبیبه سازی هیدرولوژیکی حوضه رود زرد (جنوب ایران)"، پایان نامه دانشجویی انتشارات دانشگاه شیراز.
- فرشعی، علی اصغر (۱۳۷۸) "بررسی اثر افزایش گرمای زمین در افزایش مصرف آب کشاورزی"، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور.
- قادری، ناصح (۱۳۷۹) "تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت رواناب حوضه دریاچه زریوار مریوان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره).
- قادری، ناصح (۱۳۸۵) "تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت رواناب حوضه دریاچه زریوار مریوان"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- قادری، ناصح و عبدالمحمد غفوری (۱۳۸۵) "بررسی نقش محیط‌های طبیعی در مقایسه با محیط‌های مصنوعی در حوضه دریاچه زریوار"، مجله تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع، جلد ۴ شماره ۱.
- قادری، ناصح (۱۳۹۰) "تأثیر اکوسیستم‌های انسان ساز و طبیعی بر دریاچه‌ها و منابع آبی"، همایش ملی مدیریت تالاب‌ها.
- کوچکی، عوض (۱۳۷۸) "بررسی اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات زراعی محصولت ریشه‌ای تحت شرایط تبریز"، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور.
- مجتمع دانشگاهی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. (۱۳۷۰) "لیمنولوژی (۱) جزوه درسی رشته شیلات و محیط زیست".
- مهدوی، محمد (۱۳۷۱) "هیدرولوژی کاربردی جلد

- Sivakumar. M. and Boroumanel Nasab (1993) "Urban storm water quality Modelling of Nox and T.P. pollutant loads", 8 th International conferences on Rainwater Catchment systems.
- Steven. Chapra. C (1997) "Surface water Quality Modelling", McEwawhil companies incNewyork.
- Tisseuil C1, Vrac M, Grenouillet G, Wade AJ, Gevrey M, Oberdorff T, Grodwohl JB, Lek S (2012) "Strengthening the link between climate, hydrological and species distribution modeling to assess the impacts of climate change on freshwater biodiversity", Sci Total Environ, 2012 May 1; 424:193-201 Doi .10.1016/j.scitotenv.2012.02.035. Epub 2012 Mar 17.
- Whitehead. P. G. , R. L. Wilby , R. W. Battarbee , M. Kernan and A. J. Wade.(2009) "A review of the potential impacts of climate change on surface water quality", Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 54(1). Pages 101 - 123.
- WP. Soft Ware (1995) "The manual of AQUALM.xp".
- Zhang. H. (1996) "Estimation for urban Runoff quality, from proceeding of the 18th Biennial conference of the international Association on water quality Singapore".
- society of America pro ceedings (Vol 37 No 3 p 428-431)
- Naji. F. and L.Apperley. (1998) "Integrated strom water management Environmental management", Elsevier Newyork, Tokyo.
- Anne Frances Johnson. Francesca Moghari (2009) "The booklet based on the report Ecological Impacts of Climate Change.By the Committee on Ecological Impacts of Climate Change", National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Institute of Medicine, National Research Council.
- Paul. C. M. Boers (1993) "Agricultural wastes treatment Institute for inland water management and wastewater treatment Netherland".
- Paul.H (1998) "Eco-hydrological consequences of Environmental Degradation", Chapter 12, Hydrology-ecology and Environmental Impacts.
- Philips. B. C. and. R. A. Ghafouri (1997) "Modeling the effects of land use change", 8 th international Conferences on Rain Water catchment system.
- Sharpin. M.G (1993) "Run off source areas and water quality", 8 th international conferences on Rain water Catchment system.