

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدروکلیماتولوژی حوضه سیمینه رود

مصطفی رضایی زمان^۱ - سعید مرید^{۲*} - مجید دلاور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۱۸

چکیده

دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر شاهد کاهش نگران کننده تراز سطح آب می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های تغییر اقلیم از مدل HadCM3 (سناریوهای A2 و B2) طی دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰؛ تغییرات دما و بارش در دوره‌های آتی در حوضه سیمینه رود بررسی گردید. جهت ریزمقیاس نمودن این داده‌ها نیز رویکرد جدیدی از ترکیب نرم افزار SDSM و روش Topsis بکار گرفته شد. در ادامه این اطلاعات به مدل SWAT که با استفاده از داده‌ها و اطلاعات محلی واسنجی شده بود، معرفی شده و تغییرات رواناب نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پدیده تغییر اقلیم تبعات منفی بر اقلیم حوضه دارد که باعث کاهش‌های تا ۴۰ درصدی بارش ماهیانه و افزایش تا ۲ درجه سلسیوسی دما می‌شود. ادامه این بررسی و تاثیر آن بر فرایند بارش-رواناب، کاهش ۲۵ درصد منابع آبی حوضه سیمینه رود و متعاقباً کاهش تخلیه این رودخانه به دریاچه تا حدود ۳۰٪ را نشان داد. مجموع یافته‌های این تحقیق توجه بیشتر به دریاچه ارومیه را گویا است و تاکید دارد که مشکلات فعلی تحت تاثیر تغییر اقلیم از شدت فزاینده‌ای برخوردار خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، روش Topsis، مدل SWAT، مدل SDSM، حوضه سیمینه رود

مقدمه

مختلفی بدین منظور وجود دارد که روش‌های آماری از روش‌های مرسوم می‌باشد و نرم‌افزارهایی نیز بدین منظور توسعه یافته است که از جمله آن‌ها می‌توان مدل SDSM^۶ را نام برد (۱۱). مبنای این مدل رگرسیون‌های چند متغیره می‌باشد که بین متغیرهای پیش‌بینی کننده بزرگ مقیاس^۷ (متغیر مستقل) و متغیرهای پیش‌بینی شونده^۸ (متغیر وابسته) تعریف می‌گردد (۱۶). تاکنون مطالعات زیادی با این مدل صورت گرفته است، مانند تحقیقات ویلبای و همکاران (۱۶) برای برآورد بارش و دما برای دوره آتی ۲۰۴۰-۲۰۶۰ در کانادا، هانگ و همکاران (۸) برای حوضه رودخانه یانگ تن، ماکسیم و همکاران (۱۴) برای رشته کوه‌های مرکزی آند. گوسین و همکاران (۸) تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم در سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۶۰ را بر روی ۱۲ حوضه آبریز اصلی جریان رودخانه‌ای در هند شبیه‌سازی کردند. آن‌ها در این مطالعه داده‌های روزانه مدل HadRM2 را استفاده کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که جریان سطحی به طور کلی کاهش و نیز شدت خشکسالی و سیل‌ها افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین در مطالعه‌ای که در داخل کشور انجام شد، ذهبیون و همکاران (۳) مدل

حوضه دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر با کاهش شدید ورودی‌ها و متعاقباً کاهش تراز مواجه شده است. بدیهی است که تداوم این وضعیت این پیکره آبی و زیستگاه طبیعی را با مخاطراتی همراه خواهد کرد که تبعات اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی جدی را به همراه خواهد داشت (۴). علاوه بر مشکلات کنونی، پدیده تغییر اقلیم نیز می‌تواند این روند را تشدید نماید. در مطالعات تغییر اقلیم اولین گام، تولید داده‌های اقلیمی متناسب با این پدیده و در افق زمانی مد نظر می‌باشد (۴). در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های سه بعدی گردش عمومی جفت شده اقیانوسی AOGCM^۴ می‌باشد. البته درشتنمایی مکانی (سلول‌های حدود ۲/۵ درجه) یکی از ضعف‌های آنها محسوب می‌گردد و در این خصوص می‌بایست به نحوی کوچک مقیاس^۵ شوند (۱۷). روش‌های

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

(Email: morid_sa@modares.ac.ir) * - نویسنده مسئول:

4- Atmosphere- Ocean General Circulation Model
5- Downscaling

6- Statical Downscaling Model
7- Predictor
8- Predictand

حوضه آبریز زربینه رود جریان دارد. طول رودخانه حدود ۲۰۰ کیلومتر، مساحت حوضه آبریز آن ۳۵۰۰ کیلومتر مربع و شامل ۱۱ زیر حوضه است.

با توجه به اینکه برای پیش بینی سری متغیرهای اقلیمی (بارندگی، دمای حداکثر و دمای حداقل) نیاز به آمار دراز مدت می باشد، لذا ایستگاه ارومیه به عنوان نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک انتخاب و داده های دوره آماری آن طی سال های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ تهیه شده پس از بررسی های کیفی و تکمیل داده های ناقص با روش همبستگی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه نیز تغییرات دما و بارندگی تحت تاثیر تغییر اقلیم (ΔT و ΔP) مستخرج از آن برای ایستگاه های محدود حوضه سیمینه رود تعمیم داده شد. این ایستگاه ها ۶ مورد هستند (جدول ۱) که موقعیت آنها در شکل ۲ آمده است. شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۸ با استفاده از آمار آبنسجی ۲ ایستگاه داشبند بوکان و میانروداب به انجام رسید. موقعیت و مشخصات ایستگاه های فوق نیز در شکل ۲ و جدول ۱ ارائه شده است.

SWAT را در تخمین رواناب حوضه آبریز قره سو در دوره های آتی تحت تغییر اقلیم مورد ارزیابی قرار دادند. در این راستا آن ها ابتدا مدل SWAT را برای دوره پایه ۱۹۷۱-۲۰۰۰ مورد واسنجی و اعتبار سنجی قرار دادند. سپس جهت ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بر هیدرولوژی حوضه در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ میلادی داده های مدل اقلیمی HadCM3 که به روش تناسبی ریز مقیاس شده بود را به مدل SWAT معرفی کردند. نتایج نشان از تغییر رواناب منطقه در این دوره بین ۹۰ تا ۱۲۰ درصد در ماه های مختلف داشته است؛ هدف این تحقیق، ارزیابی تبعات پدیده تغییر اقلیم بر منابع آبی حوضه سیمینه - رود است که تلاش شده با رویکرد جدید و استفاده از روش TOPSIS پیش بینی کننده های مناسب را انتخاب و جهت ریزمقیاس کردن داده های تغییر اقلیم، از مدل SDSM استفاده شود که بدین منظور نیز داده های تغییر اقلیم HadCM3 مورد استفاده قرار خواهد گرفت. سپس تاثیرات تغییر اقلیم بر حوضه سیمینه رود به عنوان یکی از ورودی های اصلی به دریاچه با استفاده از مدل SWAT ارزیابی می شود.

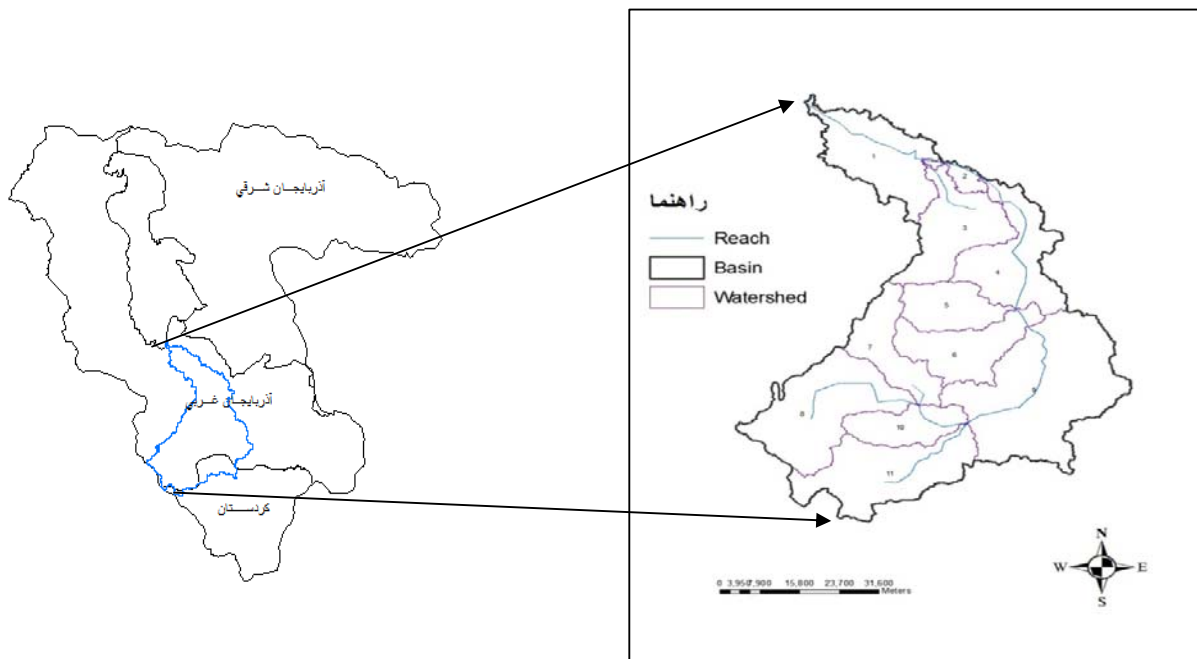
پیش بینی کننده ها (Predictors)

همان طور که بیان گردید، نکته مهم در این خصوص که در این تحقیقات نیز به چشم می خورد، انتخاب پیش بینی کننده های مناسب می باشد که فرآیندی زمان بر و حساس می باشد.

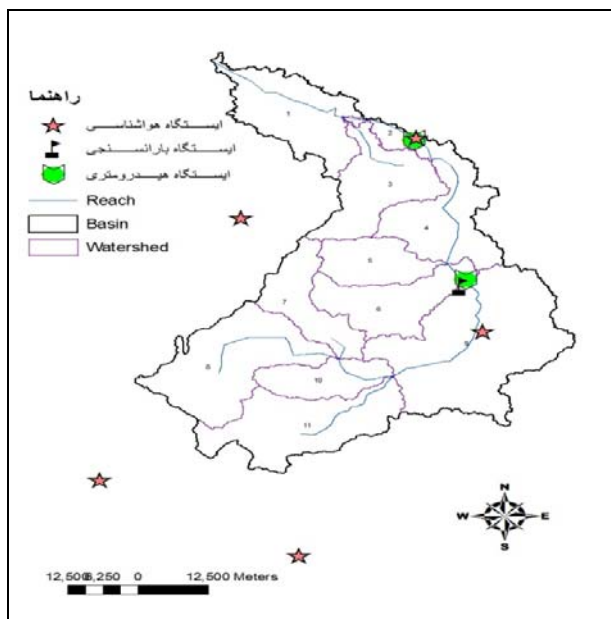
مواد و روش ها

منطقه مطالعاتی و داده ها

رودخانه سیمینه رود از رودخانه های مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد (شکل ۱) که در جنوب آذربایجان غربی و در غرب



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز سیمینه رود و زیر حوضه های آن



شکل ۲- موقعیت ایستگاههای هواشناسی و هیدرومتری در حوضه سیمینه رود

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای هواشناسی مورد استفاده در تحقیق

ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع (متر)	دوره آماری
میاندوآب	سینوپتیک	۴۶/۰۴	۳۶/۹۶	۱۳۰۰	۲۰۰۸-۲۰۰۲
آقداچی	باران سنجی	۴۶/۱۶	۳۶/۶۳	۱۳۱۱	۲۰۰۷-۱۹۹۷
مهاباد	سینوپتیک	۴۵/۷۱	۳۶/۷۶	۱۳۸۵	۲۰۰۸-۱۹۸۵
سردشت	سینوپتیک	۴۵/۴۹	۳۶/۱۵	۱۶۷۰	۲۰۰۸-۱۹۸۶
بوکان	باران سنجی	۴۶/۲۲	۳۶/۵۳	۱۳۸۶	۲۰۰۸-۲۰۰۵
بانه	سینوپتیک	۴۵/۹	۳۶	۱۶۰۰	۲۰۰۸-۲۰۰۰

ریزمقیاس کردن داده‌های اقلیمی

	شاخص				
		X_1	X_2	...	X_m
گزینه					
	A_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1m}
	A_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2m}

	A_m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mm}

شکل ۳- ماتریس تصمیم‌گیری

تکنیک TOPSIS^۲ در مورد انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌ها که در نوع خود

با توجه به تحقیقات قبلی، در این مطالعه تلاش شده تا این مشکل با کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۱ MADM و

2- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

1-Multi Attribute Decision Making

می‌گیرد. ξ_i ها نیز شاخص‌های چندگانه (مثلاً R^2 , MAE) هستند. از آنجا که مقادیر شاخص‌ها از بزرگی مختلفی برخوردار هستند، ابتدا اقدام به بی‌بعد کردن آنها می‌شود. روش‌های مرسوم در این خصوص استفاده از روش‌های خطی، ساعتی و اقلیدوسی است که در نهایت r_{ij} را ایجاد می‌کند (۱۰). پس از استخراج ماتریس تصمیم‌گیری، الویت بندی گزینه‌ها با استفاده از روش TOPSIS شامل شش مرحله به شرح عبارت است از: (۱) نرمال کردن ماتریس تصمیم: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌بعد، (۲) وزن دادن به ماتریس بی‌بعد شده، (۳) مشخص نمودن راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی، (۴) محاسبه اندازه جدایی، (۵) محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل (۶) رتبه‌بندی گزینه‌ها. شرح بیشتر این روش در مرجع اصغریور (۱) قابل مشاهده است. در این بررسی ابتدا بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ‌مقیاس رابطه رگرسیونی برآورد می‌گردد (۲۶ رابطه)، و به همراه شاخص‌های آماری (ضریب تبیین R^2)، نرمال ریشه میانگین انحراف از خطا ($NRMSE^3$)، ریشه میانگین انحراف از خطا ($RMSE^4$)، شاخص تطابق (d^5)، ضریب $(Nash^6)$ ، میانگین خطای مطلق (MBE^7) به عنوان گزینه، ماتریس تصمیم‌گیری را تشکیل دادند. بدین منظور در مرحله اول به کمک تکنیک تصمیم‌گیری چندشاخصه TOPSIS پیش‌بینی‌کننده‌ها به ترتیب اولیاتی که از این روش بدست می‌آید، رتبه‌بندی می‌شوند.

انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب به منظور بررسی چشم‌انداز تاثیر تغییر اقلیم

پس از انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌ها، آن‌هایی که بیشترین همبستگی را بر روی پارامتر مورد نظر دارند، انتخاب می‌گردد. در ادامه داده‌های مشاهداتی به کمک پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب برای منطقه مورد مطالعه توسط نرم افزار SDSM ابتدا واسنجی و اعتبار سنجی می‌شود و در صورت مناسب بودن نتایج با مدل HadCM3، کوچک مقیاس شده و مقادیر آنها برای دوره ۳۰ ساله ۲۰۱۰-۲۰۳۹ ریزمقیاس می‌شود. برخی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس خروجی مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده در مدل SDSM عبارتند از: دمای ۲ متری، فشار متوسط سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیلی ۵۰۰ میلی باری، ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح ۸۵۰ میلی باری، رطوبت نسبی مجاور سطح زمین، رطوبت نسبی سطح ۵۰۰ میلی‌باری، رطوبت نسبی سطح ۸۵۰ میلی‌باری، رطوبت ویژه مجاور سطح زمین، رطوبت ویژه سطح

رویگرد جدیدی می‌تواند باشد، تا حدودی مرتفع گردد. اما در خصوص تاثیرات پدیده تغییر اقلیم بر منابع آبی، رویکرد مرسوم استفاده از داده پردازش شده‌ایست که در چشم‌انداز تغییر اقلیم تولید شده و در ادامه وارد یک مدل بارش-رواناب می‌شود. مدل‌های بارش-رواناب متنوعی در این خصوص قابل استفاده هستند، اما با توجه به هدف نهایی این تحقیق که بررسی راهبردهای ممکن در کاهش تبعات تغییر اقلیم است، نیاز به مدلی با توانایی بالا در شبیه‌سازی اقدامات مدیریتی بود که نهایتاً مدل SWAT انتخاب شد. از ویژگی این مدل برای مطالعات تغییر اقلیم امکان معرفی تغییرات دمایی، بارش و حتی غلظت CO_2 و سپس ارزیابی تاثیر آنها بر دیگر فرایندهای گیاهی و هیدرولوژیکی می‌باشد. استفاده از این مدل در مطالعات تغییر اقلیم هم در داخل و هم در خارج از کشور مورد توجه بوده است. ریزمقیاس نمودن متغیرهای اقلیمی در روش‌های آماری با توجه به ارتباط بین متغیرهای جوی بزرگ مقیاس به عنوان پیش‌بینی‌کننده و متغیرهای محلی به عنوان پیش‌بینی شونده، انجام می‌گیرد. داده‌های فوق از پایگاه NCEP استخراج گردید (۱۱). از آنجایی که ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده ارائه شده توسط این پایگاه می‌تواند روابط مختلفی با داده‌های پیش‌بینی شونده داشته باشد، لذا متغیری مهم‌تر است که اولاً بتواند رابطه بهتری با داده‌های مورد بررسی (در اینجا دما و بارندگی) در دوره مشاهداتی داشته باشد و ثانیاً مدل AOGCM (در اینجا HadCM3) آن متغیر را به خوبی در دوره مشاهداتی شبیه سازی کرده باشد (۱۷). پس از انتخاب این متغیر می‌توان از آن برای کوچک مقیاس کردن داده‌های اقلیمی (بارش و دما) در منطقه استفاده کرد. در این مطالعه، ابتدا داده‌های NCEP برای دوره مشاهداتی (۱۹۷۱-۲۰۰۰) استخراج شد. همچنین، خروجی مدل HadCM3 طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ به منظور صحت سنجی و دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ به منظور شبیه سازی در آینده تهیه گردید.

روش تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS

روش TOPSIS یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) می‌باشد که در آن m گزینه با توجه به n معیار رتبه بندی می‌شود. در این روش گزینه منتخب آنی است که به ترتیب کمترین و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و منفی دارا باشد (۱۰). بدین منظور ابتدا مساله تصمیم‌گیری با توجه به شاخص‌ها و گزینه‌های مرتبط به صورت یک ماتریس تصمیم‌گیری مطابق با شکل ۳ بیان می‌گردد (۱۰).

در این ماتریس A_i ها گزینه مورد بررسی (در اینجا یکی از ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده) می‌باشند که در مورد آنها انتخاب یا رتبه بندی صورت

- 2- Root mean square error
- 3- Normal Root Mean Square Error
- 4- Root Mean Square Error
- 5- Index Match
- 6- Nash Sutcliffe
- 7- Mean Bias Error

تابش خورشید، رطوبت و سطح دی اکسید کربن را متناسب با خروجی‌های مدل‌های GCM تغییر دهد (۱۵). برای بارش و دما روابط مطابق زیر هستند:

$$T_{mx} = T_{mx} + adj_{imp} \quad T_{mn} = T_{mn} + adj_{imp}$$

$$R_{day} = R_{day} \cdot \left(1 + \frac{adj_{pcp}}{100} \right)$$

که R_{day} مقدار باندگی در زیرحوضه بر حسب میلیمتر، adj_{pcp} درصد تغییرات در بارندگی، T_{mx} دمای حداکثر روزانه بر حسب درجه سلسیوس، adj_{imp} تغییر در دما، T_{mn} دمای حداقل روزانه بر حسب درجه سلسیوس و adj_{imp} تغییر در دما می‌باشد. این تغییرات بطور ماهیانه در مدل SWAT اعمال می‌گردد.

نتایج و بحث

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای اقلیمی

انتخاب و ارزیابی پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب

با شرحی که در بخش قبل آمد پیش‌بینی‌کننده‌های با روش TOPSIS مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت برای دمای حداقل، حداکثر و بارندگی سه پیش‌بینی‌کننده مطابق جدول ۲ بدست آمد. به منظور حصول اطمینان از صحت پیش‌بینی‌کننده‌ها، ارزیابی آن‌ها با استفاده مدل SDSM و از طریق برقراری رابطه رگرسیونی چندگانه بین آن‌ها با داده‌های مشاهداتی متغیرهای اقلیمی انجام گرفت که نتایج در جداول ۳ قابل مشاهده است. ملاحظه می‌گردد که نتایج بارندگی نسبت به دما از دقت کمتری برخوردار است. البته سطح معنی‌داری روابط عمدتاً بیش از ۵ درصد هستند. ولی این اختلاف در دیگر تحقیقات مانند سوینگت و همکاران (۲۰۱۱) و کرافورد و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است.

صحت‌سنجی پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب با داده‌های

HadCM3

در ادامه پس از تعیین پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب، این‌بار متغیرهای مدنظر اشاره (دما و بارندگی) بر اساس خروجی‌های مدل HadCM3 و تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 برای دوره پایه (۱۹۷۰-۲۰۰۰) برآورد شدند. نتایج این قسمت در جداول زیر آمده است.

۵۰۰ میلی‌باری، رطوبت ویژه سطح ۸۵۰ میلی‌باری، سرعت باد زمین گرد، تاوایی، مولفه مداری باد، مولفه نصف‌النهاری باد، واگرایی و سمت باد. در این مطالعه برای الویت‌بندی پیش‌بینی‌کننده‌ها و انتخاب مهمترین آنها از شش شاخص آماری که عنوان آن‌ها در بالا ذکر شد، استفاده گردید.

سناریوهای غیر اقلیمی

بطور معمول یک سناریو غیر اقلیمی حاوی اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی-اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین است که به آن سناریو انتشار^۱ نیز گفته می‌شود (۴). در سال ۱۹۹۶، IPCC سناریوهای انتشاری به نام SRES ارائه کرد. در مجموع ۴۰ زیر سناریو متفاوت SRES که در بر گیرنده طیف وسیعی از تغییرات رشد جمعیت انسان در آینده، عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی موثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق می‌باشد ارائه شده است. هر کدام از این زیر سناریوها مربوط به یکی از گروه‌های A1, B1, A2 می باشد (۱۳) که در این تحقیق دو سناریو A2 و B2 استفاده شد.

مدل SWAT

SWAT در مرکز تحقیقات وزارت کشاورزی آمریکا توسعه داده شده است (۶). این مدل برای پیش‌بینی تاثیر روش‌های مختلف مدیریت زمین بر مقادیر آب، رسوب و مواد شیمیایی در سطح حوضه‌های آبریز پیچیده و بزرگ با خاک، کاربری زمین‌ها و شرایط مختلف مدیریتی در دراز مدت طراحی شده و از اینرو است که برای مطالعات تطبیق با تغییر اقلیم گزینه مناسبی است (۶). این مدل نیمه توزیعی می‌باشد که در آن تعریف واحدهای همگن هیدرولوژیکی (HRU) جهت اجرای مدل و شبیه‌سازی متغیرهای مورد نظر (متغیرهای هیدرولوژیکی، عملکرد، بهره‌وری و غیره) بسیار اهمیت دارد. این کار با تعریف توپوگرافی حوضه (با استفاده از نقشه DEM) و معرفی نقشه‌های کاربری اراضی و خاک صورت می‌گیرد. چرخه هیدرولوژیکی که در مدل SWAT شبیه‌سازی می‌شود، بر اساس معادله بیلان استوار است (۶).

شبیه‌سازی تغییر اقلیم در SWAT

بررسی تاثیر تغییر اقلیم در سیستم یک حوضه در مدل SWAT با تغییر در ورودی داده‌های مدل قابل شبیه‌سازی است. SWAT به کاربر اجازه می‌دهد تا در هر زیرحوضه؛ میزان تغییرات بارندگی، دما،

- 1- Emission Scenario
- 2- Special Report on Emission Senarios
- 3- Hydrological Response Unit

جدول ۲- پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب برای دمای حداقل، حداکثر و بارندگی از روش TOPSIS

	پیش‌بینی‌کننده ۱	پیش‌بینی‌کننده ۲	پیش‌بینی‌کننده ۳
فشار متوسط سطح دریا	حالت گردابی در ۵۰۰ hpa	رطوبت ویژه سطحی	دمای حداقل
ژئوپتانسیل ۵۰۰ hpa	رطوبت ویژه یا نسبی در ۸۵۰ hpa	رطوبت ویژه سطحی	دمای حداکثر
سرعت مدیترانه‌ای سطحی	حالت گردابی سطحی	واگرایی در ۵۰۰ hpa	بارندگی

جدول ۳- نتایج ارزیابی دمای حداکثر، حداقل و بارش

شاخص	ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
دمای حداکثر	R ²	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۷
دمای حداقل	R ²	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۵۳	۰/۶۲	۰/۷۰
بارندگی	R ²	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۰	۰/۱۶

جدول ۴- ارزیابی صحت سنجی دمای حداکثر (درجه سلسیوس)

		ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		مشاهداتی	۱/۸۴	۴	۹/۵	۱۶/۶۵	۲۱/۵	۲۶/۹۳	۳۰/۷	۳۰/۲	۲۶/۴۹	۱۹/۳۱	۱۱/۶۵	۵/۲۲
Hadcm3	A2	پیش‌بینی شده صحت‌سنجی	۳/۸۶	۵/۳۱	۷/۴۸	۱۴/۴۵	۱۹/۸۳	۲۶/۷	۲۶/۸	۳۶/۶	۲۱/۲۸	۱۷/۱	۱۰/۹۱	۵/۲
	B2	پیش‌بینی شده صحت‌سنجی	۳/۵۹	۵/۵	۷/۲۳	۱۴/۷۷	۲۱/۴۳	۲۶	۲۶/۵	۳۶/۲	۱۹/۴۳	۱۶/۳۶	۱۰/۸۵	۵/۳

جدول ۵- ارزیابی صحت سنجی بارندگی (بارندگی)

		ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		مشاهداتی	۲۷	۲۹	۴۹	۵۴	۴۸	۱۴	۵	۰	۳	۲۱	۴۲	۳۲
Hadcm3	A2	پیش‌بینی شده صحت‌سنجی	۲۳	۲۴	۴۱	۵۲	۵۹	۲۳	۸	۰	۹	۵۱	۴۵	۲۲
	B2	پیش‌بینی شده صحت‌سنجی	۲۵	۲۷	۳۶	۵۴	۵۳	۲۰	۶	۰	۶	۴۷	۳۹	۲۳

جدول ۶- ارزیابی صحت سنجی دمای حداقل (درجه سلسیوس)

		ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		مشاهداتی	-۷/۱۱	-۵/۶	-۱/۰۱	۴/۶۳	۸/۳۹	۱۲/۳	۱۶/۴	۱۵/۱۲	۱۰/۷۱	۵/۸	۷/۴	-۳/۷
Hadcm3	A2	پیش‌بینی شده صحت‌سنجی	-۲/۲۲	-۱/۲۲	۰	۳/۷	۷/۶	۱۳/۲	۱۶/۵	۱۴	۹/۸	۶/۴	۲/۲۲	-۱/۴
	B2	پیش‌بینی شده صحت‌سنجی	-۲/۰۷	-۱/۶	-۰/۱۷	۳/۸	۷/۲	۱۳/۱	۱۶	۱۴/۳	۹/۷	۵/۹	۲/۹	-۱/۱

جدول ۷- نتایج دوره شبیه‌سازی میانگین ماهانه بارندگی ایستگاه ارومیه از سال ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تحت سناریوهای A2 و B2

		ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		مشاهداتی	۲۷	۲۹	۴۹	۵۴	۴۸	۱۴	۵	۰	۳	۲۱	۴۲	۳۲
Hadcm3	A2	پیش‌بینی شده ۲۰۳۹-۲۰۱۰	۲۲	۲۰	۳۰	۴۴	۵۷	۲۰	۴	۰	۵	۳۸	۴۵	۲۷
	B2	پیش‌بینی شده ۲۰۳۹-۲۰۱۰	۲۳	۲۱	۲۹	۴۵	۵۴	۲۱	۵	۰	۶	۴۶	۴۵	۲۸

که ارقام حاصل برای دوره (۲۰۱۰-۲۰۳۹) در جدول ۷ قابل ملاحظه هستند.

چشم انداز وضعیت دما و بارش در افق ۲۰۱۰-۲۰۳۹ پس از حصول اطمینان از نتایج صحت سنجی مدل، داده‌های اقلیمی برای دما حداقل، حداکثر، متوسط و بارندگی شبیه سازی شد

جدول ۸- نتایج دوره شبیه‌سازی میانگین ماهانه حداقل ایستگاه ارومیه از سال ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تحت سناریوهای A2 و B2

		ماه مشاهداتی											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
دمای حداقل		-۷/۱۱	-۵/۶	-۱/۰۱	۴/۶۳	۸/۳۹	۱۲/۳	۱۶/۴	۱۵/۱۲	۱۰/۷۱	۵/۸	۰/۷۴	-۳/۷
Hadcm3	A2 ۲۰۳۹	۰/۱	-۰/۸	۱/۵	۴/۹	۸/۹	۱۵	۱۷/۷	۱۶/۶	۱۱	۷/۲	۳/۷	-۰/۳
	B2 ۲۰۳۹	-۲	-۱/۶	۰/۱۷	۴/۴	۸	۱۳/۱	۱۷	۱۶	۱۰/۸	۵/۹	۲/۹	-۱/۴

جدول ۹- نتایج دوره شبیه‌سازی میانگین دمای حداکثر ایستگاه ارومیه از سال ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تحت سناریوهای A2 و B2

		ماه مشاهداتی											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
دمای حداکثر		۱/۸۴	۴	۹/۵	۱۶/۶۵	۲۱/۵	۲۶/۹۳	۳۰/۷	۳۰/۲	۲۶/۴۹	۱۹/۳۱	۱۱/۶۵	۵/۲۲
Hadcm3	A2 ۲۰۳۹	۵/۴	۶/۲	۱۱/۲	۱۶/۹	۲۲/۸۳	۳۰/۳	۳۳/۳۲	۳۷	۳۰	۱۸/۴۹	۱۲	۷/۳
	B2 ۲۰۳۹	۴/۵	۷	۱۰	۱۶	۲۲	۲۹	۳۲	۳۶	۲۸/۹	۱۸	۱۲	۶

موجود و بطور اولیه، به مدل معرفی شدند تا در مراحل واسنجی نهایی گردند.

واسنجی و صحت‌سنجی مدل

در ادامه مدل با استفاده از داده‌های ۲ ایستگاه هیدرومتری دانشبند بوکان و میان‌دوآب واسنجی و صحت‌سنجی شدند. با توجه به تعداد فایل‌های ورودی مدل که در بالا اشاره شد، پارامترهای فراوانی نیاز به معرفی دارند، که لازم است آنهایی که خروجی مدل به دقت آن‌ها حساسیت بیشتری دارد، مشخص و در واسنجی‌ها مورد توجه بیشتری قرار گیرند. نتایج این مرحله از محاسبات توسط نرم افزار SWAT-CUP (۵) انجام شد که در جدول ۱۰ قابل مشاهده هستند. رتبه بندی پارامترها توسط دو مقدار p-value و t-state مشخص می‌شود، به این صورت که هر مقدار قدر مطلق t-state بیشتر و p-value آن نزدیک به صفر باشد، آن پارامتر تاثیر بالاتری دارد. با توجه به موارد ذکر شده چگالی مطلق خاک (SOL_BD) و شماره منحنی (CN2) بیشترین تاثیر را روی دبی خروجی داشته است.

تغییرات منابع آبی حوضه زرفینه رود تحت تاثیر تغییر اقلیم

همانگونه که گفته شد در مدل SWAT امکاناتی برای اعمال تغییر اقلیم در سیستم حوضه در نظر گرفته شده است. بدین منظور ابتدا درصد تغییرات میانگین ماهانه بارندگی و اختلاف دمای متوسط بین داده‌های مشاهداتی دوره پایه (۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰) و دوره آتی (۲۰۱۰ تا ۲۰۳۳) بر اساس نتایج بخش قبل برآورد به مدل اعمال گردید که مقادیر مربوط در جدول ۱۲ قابل مشاهده هستند.

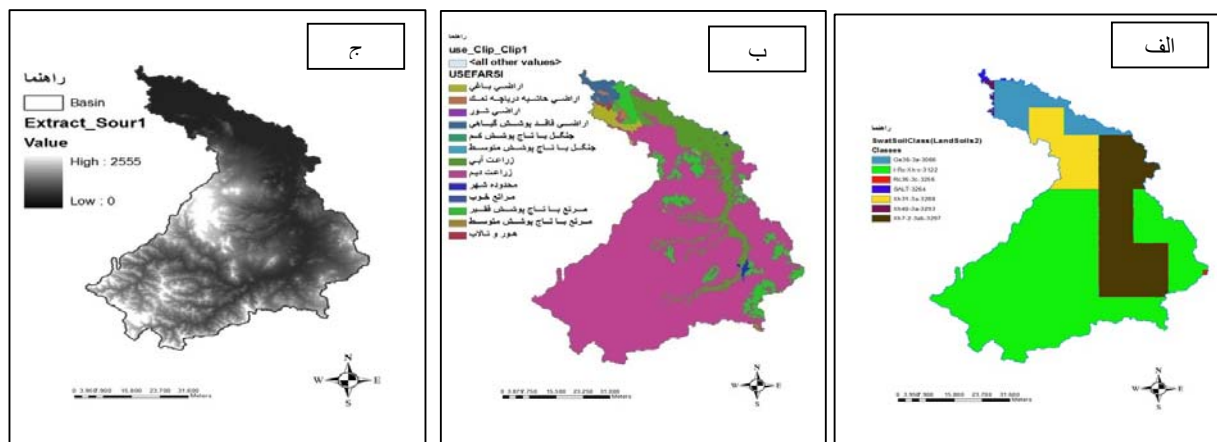
ملاحظه می‌گردد که در اکثر ماه‌ها مقدار میانگین ماهانه بارندگی نسبت به دوره مشاهداتی ۱۹۷۱-۲۰۰۰ کاهش داشته است بجز ماه می تا اکتبر که در این ماه‌ها مدل افزایش بارندگی را تحت هر دو سناریو انتشار A2 و B2 نشان می‌دهد.

جدول ۸ در مورد دمای حداقل نتایج مختلفی تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 نشان می‌دهد، برای سناریو A2، در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارچ افزایش دما و در ماه‌های فصل تابستان کاهش دما و یا عدم تغییرات را نشان می‌دهد. ولی این پیش‌بینی تحت سناریو B2 در همه ماه‌های سال افزایش میانگین ماهانه دما حداقل را نشان می‌دهد. اما در خصوص دمای حداکثر برای هر دو سناریو بجز ماه اکتبر افزایش دما پیش‌بینی شده است.

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در حوضه سیمینه رود

آماده‌سازی مدل SWAT

علاوه بر داده‌های اقلیمی، مدل به نقشه‌های رقومی ارتفاع (DEM)، خاک و کاربری اراضی (شکل ۷) نیاز دارد. از مراحل مهم در تنظیم مدل، تشکیل HRUها هستند که براساس لایه‌های نوع خاک، کاربری اراضی و شیب یکسان تشکیل می‌شود که براساس اطلاعات داده شده مدل SWAT حوضه را به ۱۹۴ HRU یا واحد همگن هیدرولوژی تبدیل کرد. این تعداد از منظری زیاد است که هزینه‌های محاسباتی را بالا می‌برد، اما برای اعمال سناریوهای مدیریتی که در ادامه این تحقیق مد نظر است، دارای اهمیت می‌باشد. دیگر پارامترهای مربوط به مولفه‌های اصلی مدل مانند: اطلاعات و پارامترهای گیاهی (Dat)، خاکشناسی (Sol)، آبی‌رزمینی (Gw)، قسمت مدیریتی (Mgt) و رودخانه (Rte) براساس آمار و داده‌های



شکل ۴- نقشه لایه‌های مورد استفاده در SWAT، (الف) لایه خاک (ب) لایه کاربری اراضی (ج) لایه Dem

جدول ۱۰- نتایج تحلیل حساسیت مدل و مقادیر p-value و t-stat مربوط به هر کدام از پارامترها

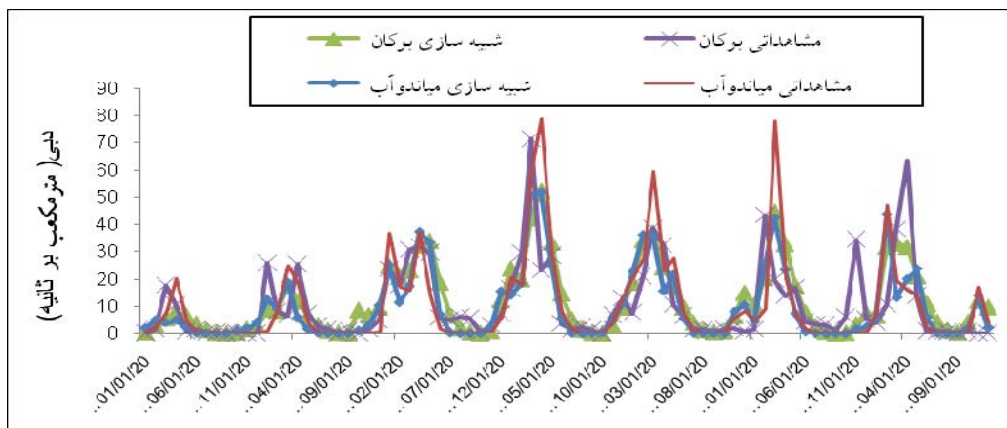
رتبه	پارامتر	p-value	t-stat
۱	SOL-BD	۰	۷/۹۴
۲	CN2	۰	۶/۷
۳	SOL_K	۰/۰۰۴	۶/۰۷
۴	GWQMN	۰/۰۰۱	۳/۲۹
۵	ALPHA_BNK	۰/۰۱	۳/۱۲

جهت ارزیابی مدل از ۲ شاخص ضریب تبیین R^2 و ضریب نش NASH استفاده گردید که نتایج در جدول ۱۱ قابل مشاهده هستند.

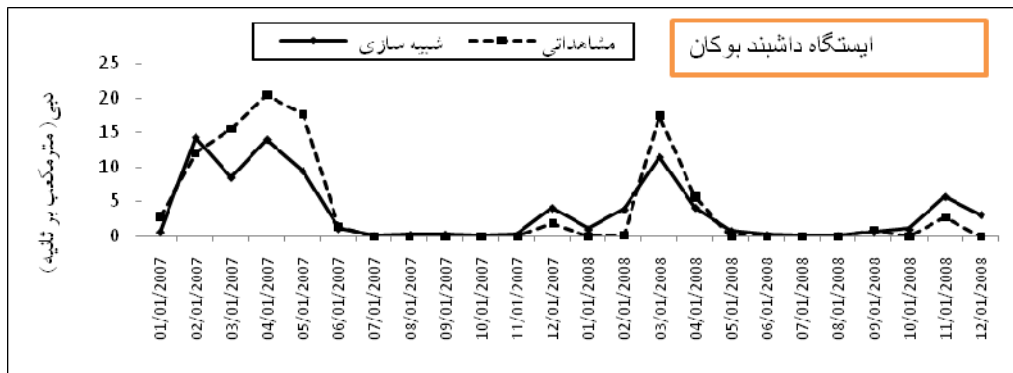
جدول ۱۱- نتایج واسنجی و اعتبار سنجی مدل برای ایستگاه‌های هیدرومتری

شماره ایستگاه	رودخانه	ایستگاه	واسنجی		صحت سنجی	
			دوره آماری	R^2	دوره آماری	R^2
۱	سیمینه رود	داشبند بوکان	۲۰۰۶-۲۰۰۰	۰/۷۸	۲۰۰۸-۲۰۰۶	۰/۷
۲	سیمینه رود	میانداوب	۲۰۰۶-۲۰۰۰	۰/۵۴	۲۰۰۸-۲۰۰۶	۰/۳

همچنین تغییرات سری زمانی دبی جریان شبیه‌سازی شده و مشاهداتی توسط مدل SWAT برای ایستگاه آب‌سنجی داشبند بوکان و میانداوب در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد.



شکل ۵- مقایسه سری زمانی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای دوره واسنجی در ایستگاه میانداوب و بوکان



شکل ۶- مقایسه سری زمانی دبی مشاهداتی و شبیه سازی شده برای دوره صحت سنجی در ایستگاه داشبند بوکان

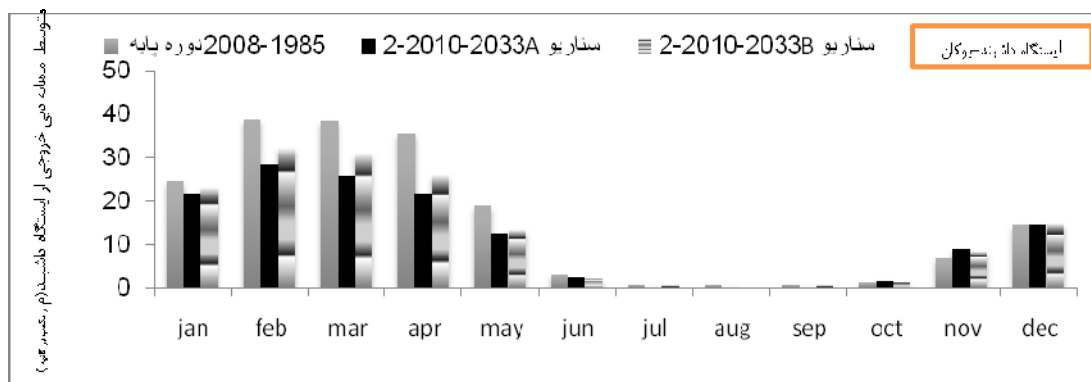
جدول ۱۲- تغییرات میانگین ماهانه دما و بارندگی تحت سناریو انتشار A2 و B2 دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۳ برای حوضه سیمینه رود

متغیر	ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
اختلاف دما تحت A2		+۲/۱۳	+۱/۲۷	+۲/۲۵	+۱	+۱	+۲/۲۴	+۲	+۲	+۱	+۴	+۱/۱۶	+۱/۹
اختلاف دما تحت B2		+۱/۸۹	+۱/۱	+۲/۰۴	+۸۲/۱	+۳۳	+۲	+۱	+۲	+۱	+۲	+۱/۲۴	+۱/۴۷
درصد تغییرات بارندگی تحت A2		-۱۵	-۲۸	-۳۹	-۱۸	+۳۱	+۳۸	-۵/۶۵	-۳	+۵۷	-۱۳	-۶/۶	-۱۵/۶
درصد تغییرات بارندگی تحت B2		-۵	-۲۱	-۲۴/۹	-۱۷	+۲۸	+۱۲/۸	-۱/۹	-۴	+۶۵	-۱۴	-۱۴	-۳۰/۲۲

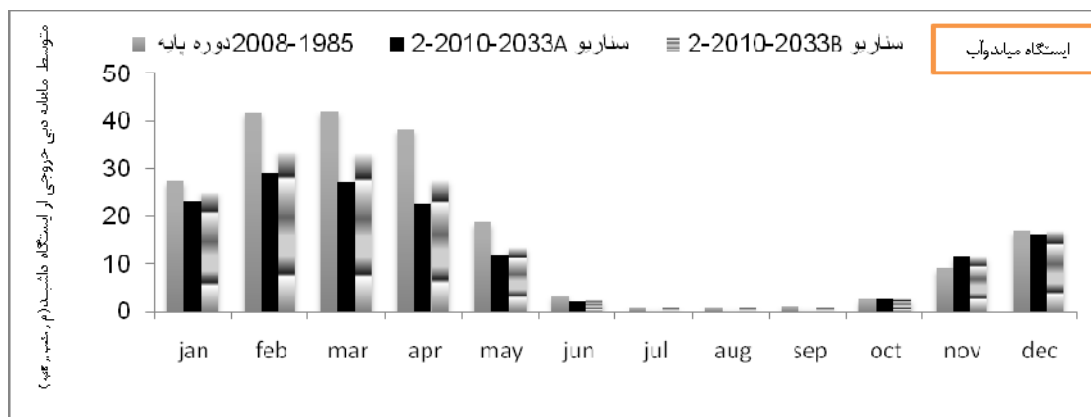
منابع آب حوضه است. همان طور که از شکل مشهود می باشد، بیشترین تغییرات در بازه دبی ۴۰ تا ۷۰ مترمکعب در ثانیه افتاده است که در احتمال ۵ تا ۲۰ درصد قرار دارد. همچنین در بازه احتمالی ۴۰ تا ۱۰۰ درصد شاهد کاهش تغییرات هستیم.

ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر ورودی های به دریاچه ارومیه شکل ۱۰ جمع آب خروجی از حوضه که عملا ورودی به دریاچه است را تحت سناریوهای A2 و B2 نشان می دهد.

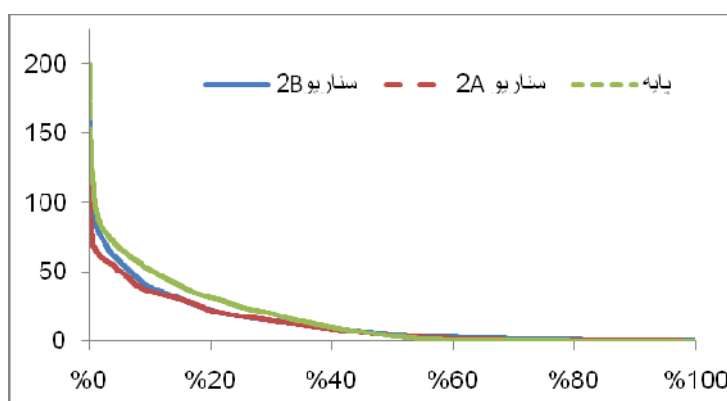
در ادامه مدل واسنجی شده SWAT برای شرایط تغییر اقلیم به اجرا در آمد. بر این اساس تغییرات دبی ورودی به دریاچه در مقیاس ماهیانه نیز در شکل های ۷ و ۸ برای دو ایستگاه شاخص حوضه (داشبند بوکان و میاندوآب) در سناریو پایه و آینده تحت هر دو سناریو انتشار A2 و B2 مقایسه شده اند. نتایج در همه ماه ها نشان از کاهش قابل ملاحظه دبی در هر دو ایستگاه دارد، که تحت سناریو A2 این کاهش شدیدتر می باشد. در ماه نوامبر مقدار میانگین ماهانه دبی اندکی افزایش را در هر دو ایستگاه نشان می دهد. همچنین شکل ۹ منحنی تداوم جریان ایستگاه هیدرومتری داشبند بوکان را نشان می دهد این ایستگاه هدف بهتری از پتانسیل



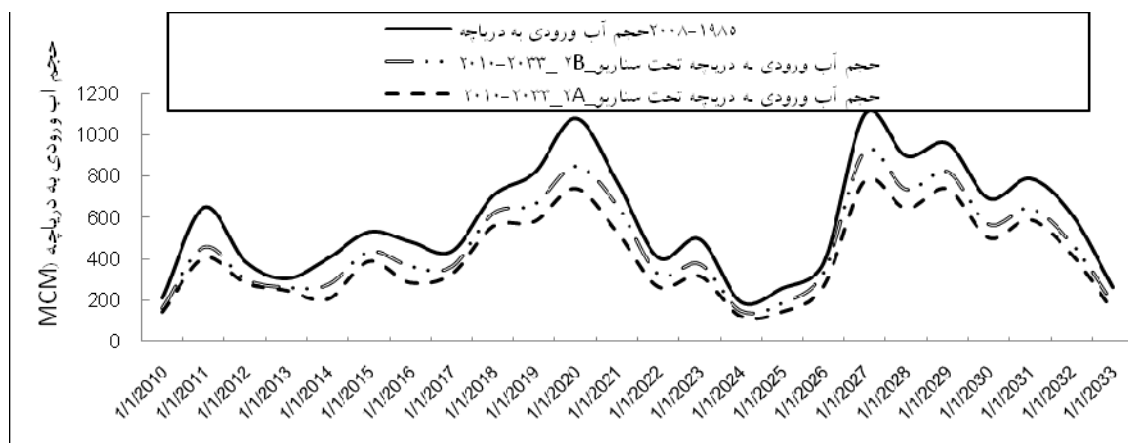
شکل ۷- مقایسه نتایج میانگین ماهانه دبی خروجی ایستگاه داشبند بوکان تحت سناریوهای A2 و B2 دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۳



شکل ۸- مقایسه نتایج میانگین ماهانه دبی خروجی ایستگاه میاندوب تحت سناریوهای A2 و B2 دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۳



شکل ۹- مقایسه منحنی تداوم خروجی ایستگاه دانشمند بوکان در شرایط حاضر و تحت سناریوهای A2 و B2 سال ۲۰۱۰-۲۰۳۳



شکل ۱۰- مقایسه نتایج شبیه سازی حجم آب سالیانه خروجی حوضه سیمینه رود تحت سناریوهای A2 و B2 سال ۲۰۱۰-۲۰۳۳

در شرایط حاضر به ۴۰۰ و ۴۶۳ میلیون متر مکعب تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 تقلیل می یابد.

ملاحظه می گردد که کاهش قابل توجهی در ورودی به دریاچه ارومیه اتفاق می افتد. این افت تحت سناریو A2 شدیدتر خواهد بود. به طوریکه متوسط سالانه ورودی به دریاچه از ۵۷۰ میلیون متر مکعب

نتیجه گیری

- نتایج کلی بررسی تغییر اقلیم، افزایش دمای ماهیانه را تا ۲ درجه و کاهش بارندگی را در ماه‌های بارندگی تا حدود ۳۹ درصد نشان می‌دهد که حاکی از حادث شدن اوضاع اقلیمی این حوضه می‌باشد.

- جهت ارزیابی تبعات فوق بر رواناب حوضه، مدل SWAT با استفاده از رواناب دو ایستگاه هیدرومتری داشبند بوکان و میان‌دوآب واستجی گردید و سپس داده‌های تولید شده از تغییر اقلیم به مدل معرفی شد. نتایج کاهش عمومی منابع آبی حوضه تا حدود ۲۵ درصد را دارد. به همین ترتیب ورودی‌های به دریاچه نیز شاهد کاهش شدید خواهد شد و می‌توان انتظار داشت متوسط سالانه ورودی به دریاچه از شرایط دوره پایه که حدود ۵۷۰ میلیون متر مکعب بوده به ۴۰۰ و ۴۶۳ میلیون متر مکعب تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 تقلیل یابد.

- بدیهی است که مهمترین نتیجه این تحقیق لزوم توجه بیش از پیش به معضلات دریاچه ارومیه است که تحت پدیده تغییر اقلیم نیز تشدید خواهد شد.

تحقیق حاضر تلاشی بود برای بررسی تاثیر تغییرت اقلیم بر ورودی‌های به دریاچه ارومیه. بدین منظور داده‌های تغییر اقلیم از مدل HadCM3 (سناریوهای A2 و B2) طی دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ استخراج و با استفاده از نرم افزار SDSM در ترکیب با روش TOPSIS ریزمقیاس شدند. منطقه مطالعاتی تحقیق حوضه سیمینه رود انتخاب گردید که یکی از ورودی‌های اصلی به دریاچه می‌باشد. نتایج زیر از این تحقیق قابل ارائه است:

- روش پیشنهادی که تلفیق SDSM و TOPSIS بود، توانست بهترین پیش بینی کننده‌ها به منظور برآورد متغیرهای اقلیمی تحت پدیده تغییر اقلیم شناسایی کند، بطوریکه نتایج واستجی و صحت سنجی آن در ایستگاه‌ها رومیه برای دما، ضریب همبستگی را بین ۰/۷ تا ۰/۸ نتیجه داد که بیانگر انتخاب مناسب پیش بینی کننده‌ها برای اعمال تغییر اقلیم است. در خصوص بارندگی این مقدار بین ۰/۳۲ تا ۰/۵۳ برآورد گردید.

منابع

- ۱- اصغر پور م. ۱۳۸۵. تصمیم گیری چند معیاره تهران. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۱۲ صفحه.
- ۲- فر شادفر ع. ۱۳۸۱. اصول و روشهای آماری. کرمانشاه. انتشارات طاق بستان. ۷۵۴ صفحه.
- ۳- ذهبیون ب.، گودرزی م. و مساح ع. ۱۳۸۹. کاربرد مدل SWAT در تخمین رواناب حوضه در دوره‌های آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم. نشریه پژوهشی اقلیم شناسی. سال اول، شماره سوم و چهارم، صفحه ۴۴-۵۸.
- ۴- مساح بوانی ع. ۱۳۸۵. "ارزیابی ریسک تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب، مطالعه موردی حوضه زاینده رود اصفهان"، رساله دکتری، گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- 5- Abbaspour K.C. 2009. SWAT-CUP2; SWAT Calibration and Uncertainly Programs user manual. Federal Institute of Aquatic Science and Tecnology (Eewag), Swiss.
- 6- Arnold J.G., Srinivasan P., Muttiah R.S., and Williams J.R. 1998. Large areahydrologic modeling and assessment. Part I. Model development. Journal of the American Water Resources Association, 34: 73-89.
- 7- Crowford T., Betts N., and Mortlock D.F. 2007. GCM grid-box choice and predictor selection associated with statistical downscaling of daily precipitation over Northern Irland. Climate Research 34:145-160.
- 8- Gosain A.K., Rao S. and Basuray D. 2006. Climate change impact assessment on hydrology of Indian river basins. Current Sci. 90(3): 346-353.
- 9- Huang J., Zhang J., Zhang Z., and Shanlei. 2011. Simulation of extreme precipitation indices in the Yangtze River basin by using statistical downscaling method (SDSM). Theoretical and Applied Climatology, Volume 108, Issue 3-4, pp. 325-343.
- 10- Hwang C.L. and Yoon K.P. 1995. Multiple attribute decision making: an introduction. London, Sage Publication.
- 11- IPCC. 2001. in: Watson R.T., Zinyowera M.C., Moss R.H., Dokken D.J.(Eds.), Sepecial Report on The Regional Impacts of Climate Change, An Assessment of Vulnerability. Cambridge University Press, UK.
- 12- IPCC. 2007. The scientific Basis". Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press. New York, USA.
- 13- IPCC-TGCI A. 1999. Guildlines on the use of scenario data for climate change impact and adaptaion assesment. eds. Carter, T. R., Hulme, M. and Lal, M., version 1, 69pp.
- 14- Maxime S., Hartmut G., Lars R., Nicole K. 2010. Statistical downscaling of precipitation and temperature in north-central Chile: an assessment of possible climate change. Hydrological Sciences Journal, 55(1) 2010.
- 15- Swat User Manual. 2009. Large areahydrologic modeling and assessment. Arnold JG, Srinivasan P, Muttiah RS, Williams JR. Part I. Model development. Journal of the American Water Resources Association, 34: 73-89
- 16- Wilby R.L., Conway D., Jones P.D. 2002. Prospects for downscaling seasonal precipitation variability using

- conditioned weather generator parameters, hydrological processes, 16:1215-1234.
- 17- Wilby R.L., Hassan H., Hanaki. 1997. statistical downscaling of hydrometeorological variables using general circulation model output, journal of hydrology, 205:1-19.
- 18- Wilby R.L., Tomlinson O.J., Dawson C.W. 2003. Multi-site simulation of precipitation by conditional resampling. journal of climate research, 23:183-194.



Impact of Climate Change on Water Resources on Simineh Rud Basin and Its Inflows to Lake Urmia

M. Rezaee Zaman¹- S. Morid^{2*}- M. Delavar³

Received: 16-05-2013

Accepted: 09-12-2013

Abstract

Lake Urmia is faced with problematic drawdown trend in the recent years that climate change can exacerbate this phenomena. This research work applies HadCM3 climate change data (scenarios A2 and B2) for the period of 2010-39 to evaluate changes in temperature and rainfall of the basin. To downscale these data a new approach is used, which is a combination of SDSM model and TOPSIS approach. Furthermore, the climate change data was introduces to the Soil and Water Assessment Tools model (SWAT) that was calibrated using local data and information to evaluate future changes in the basin's runoff. Of course at this stage, only the Simineh Rud subbasin as one of the basin's main subbasin was investigated. The results showed that climate change will reduce monthly rainfalls up to 40% and increase the temperatures up to 2 °C. Also, the basin's runoffs will face with reduction of about 25%. Consequently, the inflows to lake may decrease about 30%. In general, the results of this research work emphasize on more attentions to the problems of the lake that will be booster under climate change condition.

Keywords: Climate Change, Topsis, SWAT Model, SDSM Model, Simineh Rud Basin

1,2,3- Former MSc Student, Professor and Assistant Professor, Department of Water Resources, Tarbiat Modares University, Respectively

(* - Corresponding Author Email: morid_sa@modares.ac.ir)