

تغییرات و آسیب پذیری تولید خالص اولیه در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران متأثر از تغییرات اقلیمی

مصطفی جعفری^{۱*}

*۱- نویسنده مسئول، عضو هیئت علمی و رئیس بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور پست‌الکترونیک: mostafajafari@rifr-ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲۷

چکیده

تغییرات اقلیمی و محیطی در مناطق مختلف ایران مشاهده شده است و پیش‌بینی می‌شود در آینده نیز تغییراتی به وقوع بپیوندد. تولید خالص اولیه از شاخص‌های مهم در ارزیابی تولید اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی، مرتعی و بیابانی می‌باشد. تغییرات اقلیمی باعث وقوع تغییرات در تولید زیست‌توده (بیوماس) در اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود. در این تحقیق میزان آسیب‌پذیری به تغییرات اقلیمی و میزان تغییرات در وضعیت تولید خالص اولیه در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی انجام شده در شش اقلیم انتخاب شده در سطح کشور در استان‌های گیلان، مازندران، آذربایجان شرقی، کرمانشاه، خراسان و سیستان و بلوچستان ارائه گردیده‌است. براساس نتایج حاصل از این تحقیق مجموع تولید خالص اولیه تحت تأثیر تغییرات دما و بارش در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی در استان‌های گیلان، آذربایجان شرقی و خراسان، برای دوره منتهی به ۲۰۳۹ افزایش را نشان می‌دهد، در صورتی‌که میزان آن در استان‌های مازندران، کرمانشاه و سیستان و بلوچستان کاهش خواهد داشت. این تغییرات در استان خراسان (شامل خراسان شمالی، جنوبی و رضوی) بیشترین افزایش را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش مطلوب بارش و دما در این منطقه خواهد بود. میزان تغییرات کمی تولید خالص اولیه هر منطقه به حجم زیست‌توده موجود در اکوسیستم‌های آن منطقه و نیز به میزان تغییرات دما و بارش بستگی دارد. به‌عنوان مثال این تغییرات در اکوسیستم‌های جنگلی استان‌های گیلان و خراسان افزایش و استان‌های مازندران و کرمانشاه کاهش را نشان می‌دهند. همچنین این تغییرات در اکوسیستم‌های مرتعی در استان‌های آذربایجان شرقی و خراسان بصورت افزایشی و در استان‌های کرمانشاه و سیستان و بلوچستان بصورت کاهش قابل ملاحظه می‌باشند. درحالی‌که تغییرات در استان‌های بیابانی در خراسان بصورت عمده افزایش و در استان‌های سیستان و بلوچستان کاهش را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: دما، بارش، فتوسنتز، تبخیر و تعرق، زیست توده

مقدمه

کشور ۸۶۱۰۳۹۴۰ هکتار معادل ۵۳ درصد سطح کشور می‌باشد. شرایط خشک حاکم بر ایران باعث شده که بیش از ۲۰/۰۸ درصد مساحت کشور معادل ۳۲،۵۷۹،۶۳۱ هکتار را بیابان‌ها تشکیل دهند. از نظر جهانی در حالی که سهم ایران از خشکی جهان ۱/۲ درصد است اما ۲/۴ درصد از بیابان‌های جهان را در خود جای داده‌است. بیابان‌های ایران در ۱۷ استان و ۹۷ شهرستان گسترده شده و بسیاری از شهرهای بزرگ کشور از جمله تهران، اصفهان، شیراز، مشهد

وضعیت موجود جنگل، مرتع و بیابان در ایران: جنگل‌های ایران که نزدیک به ۹ درصد از مساحت کشور را تشکیل می‌دهند، از نظر مدیریتی به دو گروه جنگل‌های شمال و جنگل‌های خارج از شمال و از نظر اقلیمی به پنج ناحیه رویشی تقسیم می‌شوند. در حال حاضر سهم هر ایرانی از جنگل‌های کشور ۰/۲ هکتار و سرانه جهانی جنگل ۰/۸ هکتار است. براساس آخرین آمار منتشره سطح کل مراتع

و اهواز را احاطه کرده‌است (بی‌نام، ۱۳۸۳).



شکل ۱- تغییرات خالص سالانه سطح جنگل در مناطق مختلف در دوره ۲۰۰۵ - ۱۹۹۰.

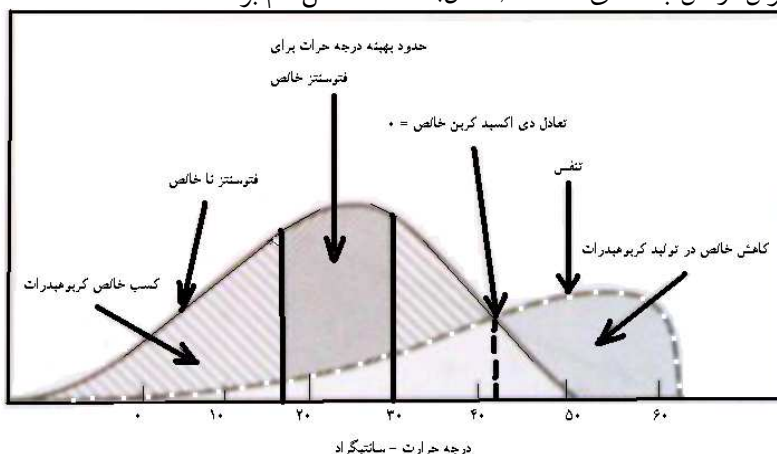
اثرات رطوبت و درجه حرارت بر روی فتوسنتز و تولید در گیاهان

گیاهان نسبت به عوامل محیطی از جمله دما و میزان نزولات جوی و رطوبت بصورت ترکیبی واکنش نشان می‌دهند و تحت تأثیر مجموعه عوامل بیرونی و درونی، کلیه فعالیت‌های آن متأثر می‌شود. ارتباط مستقیمی بین ظرفیت فتوسنتز در گیاهان و انجام تنفس در تاریکی وجود دارد، به طوری که هر چقدر میزان ظرفیت فتوسنتز افزایش یابد به همان میزان و البته با میزان محدودتری ظرفیت تنفس در تاریکی نیز افزایش می‌یابد، که باید در محاسبات لحاظ گردد. عمل فتوسنتز در گیاه که منجر به تولید کربوهیدرات می‌شود با افزایش دما افزایش می‌یابد. این افزایش به یک دمای بهینه بستگی دارد که در آن درجه به حداکثر رسیده و مجدداً در صورت ادامه افزایش دما میزان آن کاهش یافته و به صفر می‌رسد. نکته حائز اهمیت این است که در یک دمای معین منحنی مصرف CO_2 و تولید کربوهیدرات که در اثر عمل فتوسنتز صورت می‌گیرد و منحنی تنفس که عمل عکس آن را انجام می‌دهد به حالت تعادل در مورد CO_2

باید توجه داشت که عوامل تغییرات در عرصه‌های منابع طبیعی متعدد و متنوع می‌باشد. براساس گزارشی که توسط فائو ارائه گردیده‌است، عوامل تغییرات در جنگل در دهه ۱۹۹۰ میلادی در قاره‌های مختلف دنیا عمدتاً "بدلیل تغییر کاربری بوده‌است. در قاره آسیا حدود ۲۳٪ تغییرات در سطح جنگل به سایر عوامل بستگی دارد که تغییرات اقلیمی را می‌توان تحت این مجموعه به حساب آورد. در ارزیابی منابع جنگلی که در سال ۲۰۰۵ منتشر گردید (Anonymous, 2005) آمار جدیدی در این رابطه ارائه نگردید و اطلاعات منتشر شده در گزارش سال ۲۰۰۰ را هنوز معتبر می‌دانند (Anonymous, 2005) (شکل ۱).

تغییرات اقلیمی از جمله تغییرات در دما و میزان نزولات جوی بر روی فنولوژی و زمان‌بندی رویش گیاهان اثر می‌گذارد (Jafari, 2007a). برای ارزیابی این تغییرات در اکوسیستم‌های جنگلی (جعفری، ۱۳۸۵) بر مبنای سناریوهای مختلف می‌توان مدل‌های اکوفیزیولوژیکی را با توجه به داده‌های تجربی بکارگرفت و پیش‌بینی‌های ضروری را ارائه نمود (Jafari, 2007b).

می‌رسد (شکل ۲)، که می‌توان از آن به دمای آستانه (تعادل) تحمل نام برد.



شکل ۲- اثر دما بر روی فتوسنتز، تنفس و تولید کربوهیدرات (Barnes et al, 1998)

ایران اقلیم خشک و یا نیمه‌خشک می‌باشد، بنابراین معمولاً افزایش میزان نزولات جوی تأثیر معنی‌داری در افزایش تولید دارد.

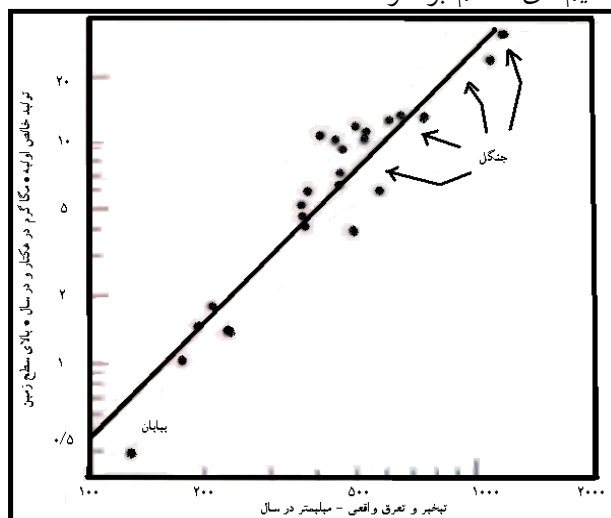
تبخیر و تعرق در گیاهان تحت تأثیر میزان دما و نزولات جوی و رطوبت محیط قرار دارد و با افزایش مقدار آنها، میزان تولید خالص اولیه در گیاهان افزایش می‌یابد. معمولاً در شرایط بیابانی که پوشش گیاهی محدودتر است مقدار تولید خالص اولیه کم و در اکوسیستم‌های جنگلی مقدار آن به بیشترین مقدار خود می‌رسد (شکل ۳).

مقدار تولید ۱۰۰ گرم در متر مربع در سال معادل یک مگاگرم در هکتار در سال می‌باشد.

$$100 \text{ g m}^{-2} \text{ Yr}^{-1} = 1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Yr}^{-1}$$

همچنین باید توجه داشت که میزان جذب CO_2 و دریافت کربن خالص توسط برگ در گیاهان به میزان ظرفیت آبی برگ نیز بستگی دارد و در صورت کاهش ظرفیت آبی در برگ میزان جذب CO_2 نیز کاهش می‌یابد. در مجموع تولید و بهره‌وری تولید با افزایش دما ابتدا با ملایمت افزایش یافته و پس از رسیدن به نقطه حداکثر سیر نزولی طی می‌نماید.

مشابه با وضعیت دما، میزان نزولات جوی نیز در میزان تولید مؤثر می‌باشد که ابتدا با افزایش میزان بارش با شدت بیشتری در مقایسه با وضعیت دما مقدار تولید افزایش یافته و پس از رسیدن به نقطه حداکثر، حالت ثابت پیدا کرده و یا کاهش می‌یابد. از آنجا که بیشتر اقلیم‌های حاکم بر عرصه



شکل ۳- ارتباط تبخیر و تعرق و تولید خالص اولیه (Barnes et al, 1998)

تشدید خشکی آسیب‌پذیری دارد (جعفری، ۱۳۸۷). همچنین یکی از عوامل محدود کننده بیابان‌های ساحلی، شوری حاصل از وزش باد و پراکندگی نمک در خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

الف) روش‌های ارزیابی: براساس کتاب "روش‌های ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و استراتژی‌های تطبیقی" که توسط یونپ در سال ۱۹۹۸ تهیه شده است، روش‌های مختلفی در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر جنگل و مرتع قابل استفاده می‌باشد (Anonymous, 1998). در میان روش‌های ارائه شده به بعضی از آنها می‌توان اشاره نمود:

- روش آنالوگ (Analogues procedures) که به نحوی بر مبنای مقایسه می‌باشد.

- قضاوت کارشناسی (Expert judgement) که بر مبنای نظرات کارشناسی می‌باشد.

- بررسی میدانی (Field survey) که نیاز به مراجعه به عرصه و برداشت داده می‌باشد.

- انجام تحقیقات (Experimentation) که با روش‌های انجام آزمایش‌ها صورت می‌پذیرد.

- و یا براساس مدل‌سازی (Modelling) که بر مبنای داده‌های موجود و فرضیات قابل استناد مدل‌هایی برای ارزیابی تهیه می‌شود.

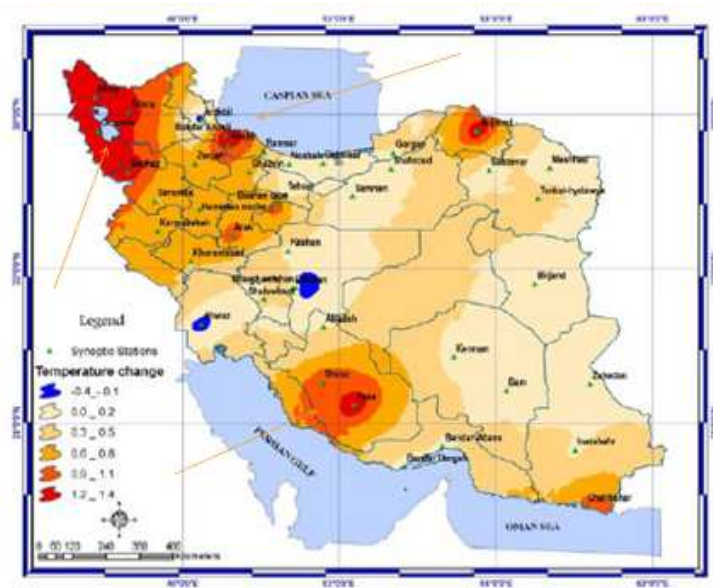
در ارزیابی‌های صورت گرفته در این مطالعه، تلفیقی از این روش‌ها استفاده شده است. در مواردی که تحقیقات انجام شده موجود بود، به‌ویژه در اکوسیستم‌های جنگلی شمال و یا این‌که امکان بررسی میدانی وجود داشت از این روش‌ها بهره گرفته شد. در سایر موارد بر مبنای نظرات کارشناسی و یا مقایسه اقدام شد. کاربرد روش مدل‌سازی Lieth (۱۹۷۵) بیشتر بر مبنای مدل‌های اقلیمی انجام شد که نتایج آن توسط مرکز اقلیم‌شناسی در گروه مذکور ارائه گردیده بود.

ب) ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی جنگل و مرتع به تغییرات اقلیمی در ایران و حساسیت آن به این تغییرات

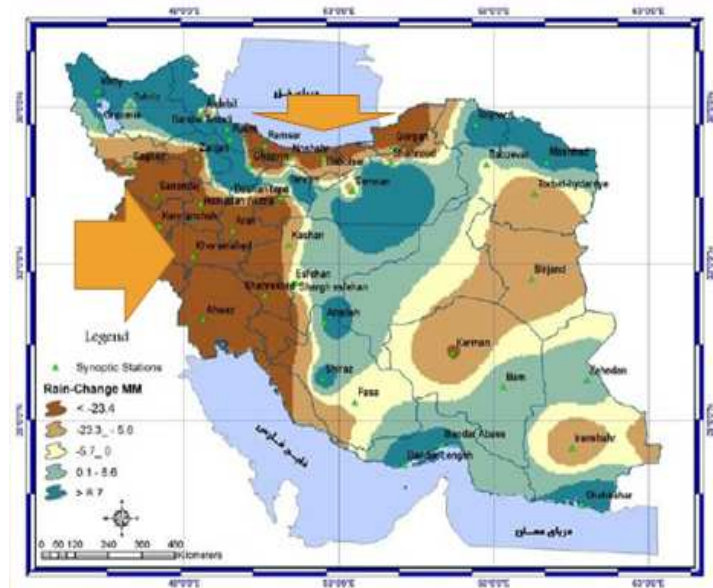
ارزیابی آسیب‌پذیری جنگل و مرتع به تغییرات اقلیمی از نظر آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های طبیعی ایران مواردی را می‌توان مورد اشاره قرارداد. جنگل‌های شمال به کاهش رطوبت و افزایش حرارت آسیب‌پذیری دارد. ناحیه رویشی زاگرس به افزایش حرارت در ذوب برف‌ها و به تغییر نوع و کاهش نزولات جوی (از برف به باران) آسیب‌پذیری دارد. ناحیه رویشی ایران تورانی به افزایش دما در منطقه کوهستانی، کاهش بارندگی در منطقه جلگه‌ای، افزایش باد در منطقه جلگه‌ای و محدودیت رویش فلور آسیب‌پذیری دارد. ارسباران به کاهش رطوبت، محدودیت رویش فلور و افزایش دما (باعث کاهش مه می‌شود) آسیب‌پذیری دارد. ناحیه رویشی ایران تورانی به افزایش دما در منطقه کوهستانی، به کاهش بارندگی در منطقه جلگه‌ای، به افزایش باد در منطقه جلگه‌ای و محدودیت رویش فلور آسیب‌پذیری دارد. ناحیه رویشی خلیج عمانی به افزایش دما (باعث افزایش تبخیر می‌شود) و افزایش تبخیر (باعث تغییر در تمرکز و تکرار بارندگی می‌شود) آسیب‌پذیری دارد. قلمرو خلیج فارس به افزایش دما و قلمرو دریای عمان به تغییرات باد آسیب‌پذیری دارد (جعفری، ۱۳۸۷).

مراتع بیلاقی (مراتع بهاره و تابستانی‌چر) به تغییر نوع نزولات از برف به باران، به کاهش بارندگی جهت رویش، به افزایش حرارت در تغییر فنولوژی رویش و زمان رویش و نیز محدودیت رویش فلور آسیب‌پذیری دارد. مراتع قشلاقی (مراتع پائیز و زمستان‌چر) به کاهش بارندگی جهت رویش، به افزایش حرارت در تغییر فنولوژی رویش و زمان رویش و نیز محدودیت رویش فلور آسیب‌پذیری دارد. مراتع میان‌بند به کاهش بارندگی جهت رویش، به افزایش حرارت در تغییر فنولوژی رویش و زمان رویش آسیب‌پذیری دارد (جعفری، ۱۳۸۷).

بیابان‌های داخلی به افزایش دما در تشدید شوری، به کاهش نزولات در تشدید خشکی، به تغییرات شدت و جهت باد و به محدودیت فلور آسیب‌پذیری دارند. بیابان‌های ساحلی به تغییرات شدت و جهت باد، به افزایش دما در افزایش تبخیر، به کاهش نزولات در کاهش رطوبت و



شکل ۴- تفاوت میانگین دمای بین دوره آینده (۲۰۱۰ - ۲۰۳۹) با دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۷۶) (Anonymous, 2007)



شکل ۵- تفاوت بارش کشور در دهه ۲۰۲۰ با دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۷۶) (Anonymous, 2007)

تولید در دمای 42°C با تنفس به حالت تعادل می‌رسد. پس از این دما میزان تنفس افزایش می‌یابد و در دمای تقریبی 62°C تنفس نیز به صفر می‌رسد (شکل ۲).

براساس انجام محاسبات اثرات تغییرات بارش بر روی تغییرات تولید و بهره‌وری تولید در اکوسیستم‌های جنگلی (مرتعی و بیابانی) ایران، با افزایش هر میلی‌متر نزولات جوی (در جنگل) مقدار 0.1 مگاگرم تولید در هکتار در

براساس انجام محاسبات اثرات تغییرات دما بر روی تغییرات تولید و بهره‌وری تولید در اکوسیستم‌های جنگلی (مرتعی و بیابانی) ایران، با افزایش هر درجه دما (در جنگل) مقدار 0.51 مگاگرم تولید در هکتار در سال افزایش می‌یابد (تا سقف 30°C و 25 مگاگرم تولید) (جدول ۱).

وقتی دمای محیط از 30°C بیشتر می‌شود تولید سیر منفی پیدا می‌کند و وقتی به 50°C می‌رسد، تولید به صفر می‌رسد.

سال افزایش می‌یابد (تا سقف ۲۵۰۰ میلی‌متر و ۲۵ مگاگرم تولید).

تغییرات تبخیر و تعرق در ارتباط مستقیم با تغییرات تولید خالص اولیه در اکوسیستم‌های مختلف می‌شود. در جدول (۱) در زیر میزان تقریبی تغییرات تبخیر و تعرق و ارتباط آن با تولید خالص اولیه در اکوسیستم‌های مختلف ایران نشان داده شده است. بر مبنای این اطلاعات می‌توان عنوان نمود که:

با اضافه شدن حدود ۱۰۰ میلی‌متر به تبخیر و تعرق، تولید ناخالص اولیه در هکتار در سال، به میزان ۱، ۱/۴ و ۱/۵ مگاگرم به ترتیب در مناطق بیابانی، مرتعی و جنگلی

اضافه می‌شود.

با توجه به شرایط اقلیمی ایران، معدل حداکثر دما می‌تواند با سقف ۳۰°C مبنای آستانه اثر قرار بگیرد. اگر (در جنگل) معدل حداکثر دما کمتر از ۳۰°C بود، براساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته با افزایش هر درجه دما تا سقف ۳۰°C به مقدار ۰/۵۱ مگاگرم تولید در هکتار در سال افزایش می‌یابد. و در صورت این‌که معدل حداکثر دما ۳۰°C و یا بیشتر بود، براساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته با افزایش هر یک درجه دما، به میزان ۰/۵۱ مگاگرم تولید در هکتار در سال کاهش می‌یابد.

جدول ۱- فرمول محاسبات اثرات تغییرات دما بر روی تغییرات تولید خالص اولیه و بهره‌وری تولید در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران

نوع اکوسیستم (هکتار)	تغییرات دما ۰C (میزان افزایش یا کاهش)	کل افزایش تولید خالص اولیه ^۱ در اثر	
		افزایش یک درجه دما Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹	افزایش تولید خالص اولیه ^۱ در اثر Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹
× سطح جنگل	× (معدل حد اکثر دما - ۳۰°C)	= ۰ / ۵۱	
× سطح مرتع	× (معدل حد اکثر دما - ۳۰°C)	= ۰ / ۱۴۹	
× سطح بیابان	× (معدل حد اکثر دما - ۳۰°C)	= ۰ / ۰۳۵	

1-Net Primary Production, aboveground

مبنای محاسبات، آمار سطح جنگل، مرتع و بیابان کشور به تفکیک استانی در دو طبقه جنگلی (با احتساب بیشه‌زار و درختچه‌زار و بدون احتساب آنها) و سه طبقه مرتعی (خوب، متوسط و فقیر) و یک طبقه بیابانی بوده است که توسط دفتر مهندسی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در سال ۱۳۸۳ ارائه شده است (جدول ۲).

در مورد ستون تغییرات دما، در صورت مثبت بودن یعنی افزایش دما، در شرایطی که معدل حداکثر دما کمتر از ۳۰°C باشد افزایش تولید و در شرایطی که معدل حداکثر دما بالای ۳۰°C باشد کاهش تولید محاسبه می‌شود. و در صورت منفی بودن یعنی کاهش دما، در حالتی که معدل حداکثر دما کمتر از ۳۰°C باشد کاهش تولید و در شرایطی که معدل حداکثر دما بالای ۳۰°C باشد افزایش تولید محاسبه می‌شود.

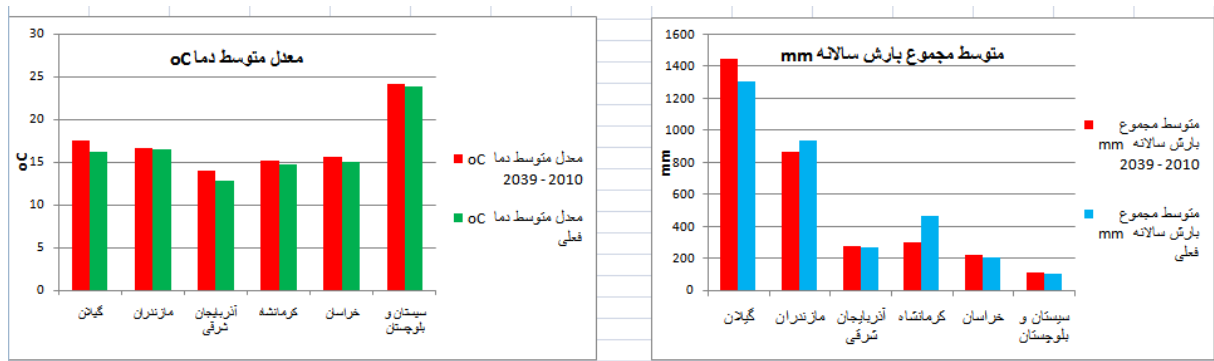
جدول ۲- خلاصه مجموع سطوح منابع جنگل، مرتع و بیابان برای نقاط مورد بررسی براساس برآورد دفتر مهندسی سازمان جنگل‌ها، مراتع و

آبخیزداری در سال ۱۳۸۳

مناطق مورد بررسی	مجموع سطح جنگل (هکتار)	مجموع سطح مراتع (هکتار)	سطح بیابان (هکتار)
گیلان	۵۱۱۳۰۶	۴۶۷۱۶۷	-
ساری	۵۹۰۶۷۸	۹۰۸۶۰۲	-
مازندران	۳۲۳۹۹۷	۲۹۶۶۶۵	-
کل	۹۱۴۶۷۵	۱۲۰۵۲۶۷	-
آذربایجان شرقی	۱۵۶۴۰۳	۲۴۷۳۴۴۱	۱۱۲۳۷۰
کرمانشاه	۵۲۸۵۰۷	۱۱۸۸۴۲۸	۲۵۹۱۶
خراسان	۲۹۱۵۲۷۴	۱۴۴۴۷۰۳۵	۱۷۷۱۸۵۶
سیستان و بلوچستان	۱۲۲۰۱۵۲	۱۰۶۴۸۴۹۹	۴۸۰۴۹۵۶

جدول ۳- پیش بینی تغییرات دما و بارش بر مبنای سناریوهای پیش بینی اقلیمی برای نقاط مورد بررسی

مقدار تغییرات دما oC	دما oC		در صد تغییرات بارش	بارندگی mm		منطقه مورد بررسی
	۲۰۱۰-۲۰۳۹	۱۹۷۶-۲۰۰۵		۲۰۱۰-۲۰۳۹	۱۹۷۶-۲۰۰۵	
۱/۳	۱۷/۵	۱۶/۲	+ ۱۰/۶۳	۱۷۳۶/۹	۱۵۶۹/۹	گیلان
۰/۲	۱۶/۶	۱۶/۴	- ۶/۸۳	۱۰۷۲/۲	۱۱۵۰/۸	مازندران
۱/۲	۱۴	۱۲/۸	+ ۲/۳۷	۲۷۱/۸	۲۶۵/۵	آذربایجان شرقی
۰/۵	۱۵/۲	۱۴/۷	- ۳۴/۱۱	۲۸۴/۲	۴۳۱/۳	کرمانشاه
۱/۴	۱۴/۷	۱۳/۳	+ ۵/۲	۲۸۳	۲۶۹	شمالی
۰/۲	۱۵/۸	۱۵/۶	- ۰/۷۳	۲۵۲/۸	۲۵۴/۷	رضوی
۰	۱۶/۲	۱۶/۲	- ۹/۳۱	۱۵۶/۳	۱۷۲	جنوبی
۰/۵۳	۱۵/۵۶	۱۵/۰۳	+ ۴/۸۴	۲۳۰/۷	۲۳۱/۹	کل
۰/۴	۲۴/۱	۲۳/۸	+ ۳/۸۱	۱۰۴/۱	۱۰۰/۳	سیستان و بلوچستان



شکل ۶- متوسط مجموع بارش سالانه (سمت راست) و معدل متوسط دما (سمت چپ) در مناطق مورد مطالعه در شرایط فعلی و پیش بینی برای دوره

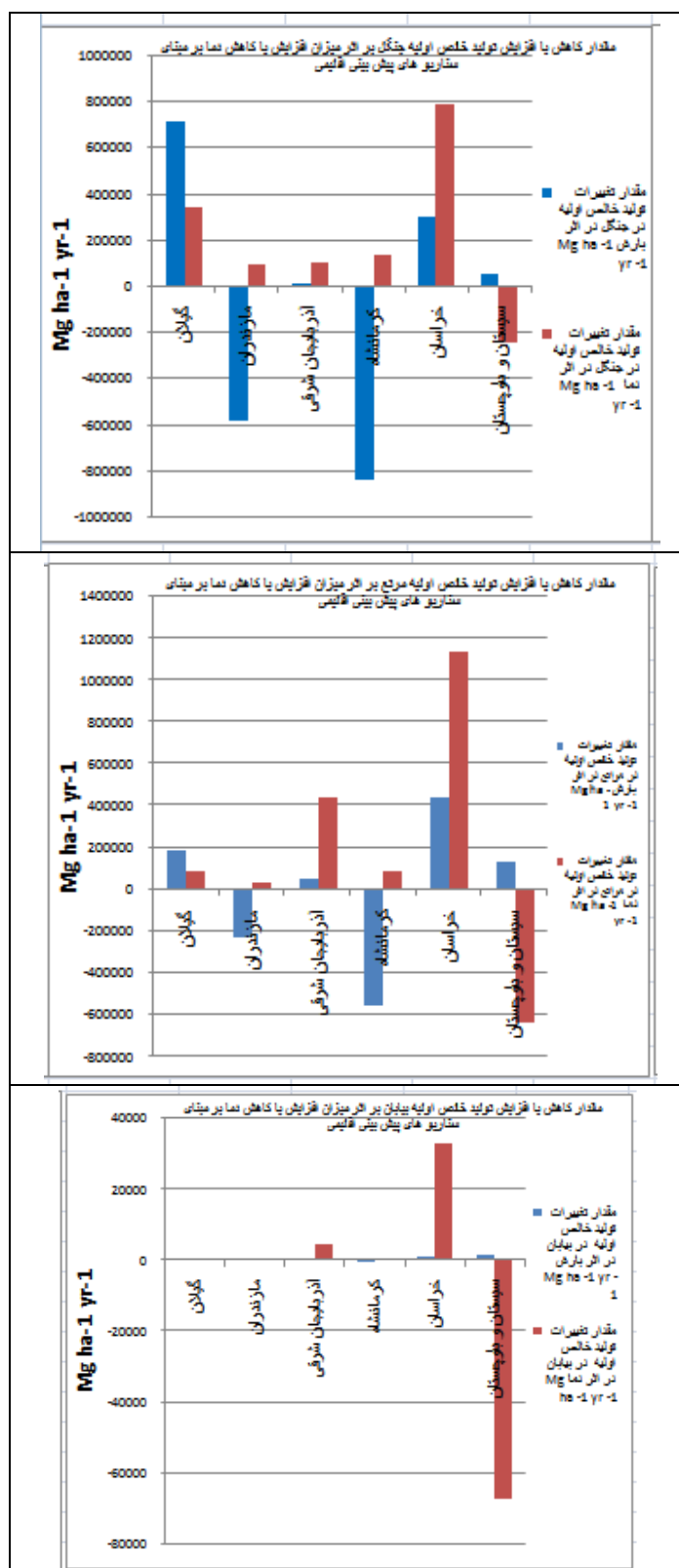
۲۰۱۰-۲۰۳۹

جدولهای مربوطه منعکس گردیده است.

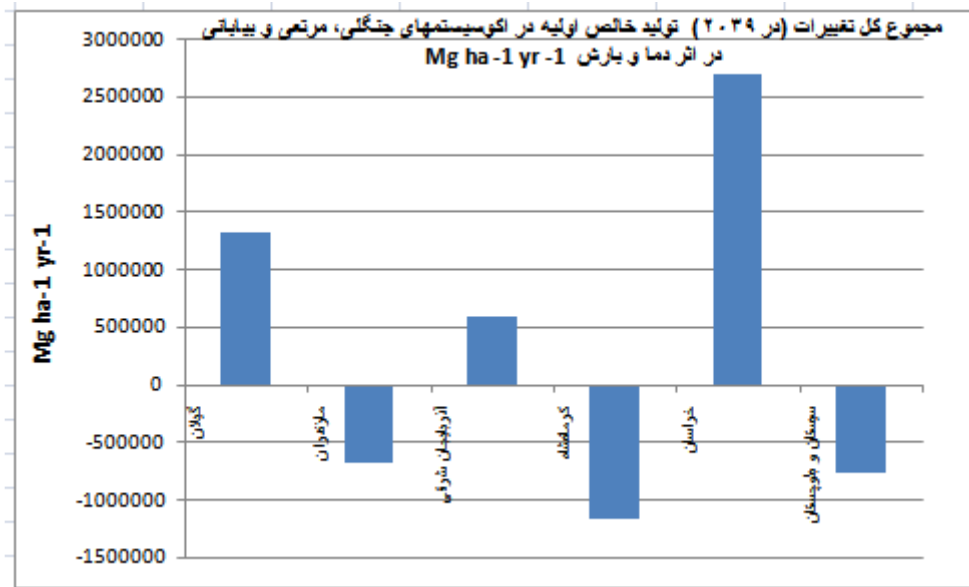
تولید اولیه شامل جذب دی اکسید کربن توسط گیاهان در اثر فرایند فتوسنتز بوده و نیز تولید کربن در اثر فرایند تنفس در تاریکی، که تولید خالص اولیه در واقع تولیدی است که پس از کسر میزان کربن تولید شده در فرایند تنفس در تاریکی بدست می آید. میزان تغییرات در کاهش و یا افزایش تولید ناخالص اولیه در مناطق مورد مطالعه در شکل های ۷ و ۸ ملاحظه می باشد.

نتایج

یکی از موارد مهم تأثیر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم های جنگلی، مرتعی و بیابانی، میزان اثرات حاصل از تغییرات بارش و دما بر روی تولید خالص اولیه پوشش گیاهی این مناطق می باشد. تأثیر تغییرات بارش (برای هر میلی متر کاهش و یا افزایش) و یا دما (برای هر درجه افزایش و یا کاهش) بر روی تولید خالص اولیه بصورت مجزا در اکوسیستم های جنگلی، مرتعی و بیابانی محاسبه و در



شکل ۷- مقدار کاهش و یا افزایش تولید خالص اولیه در اثر افزایش و یا کاهش بارش (رنگ آبی) و دما (رنگ قرمز) بر مبنای سناریوهای پیش‌بینی‌های اقلیمی در اکوسیستم‌های بیابانی (پایین)، مرتعی (قسمت وسط) و جنگلی (بالا) در مناطق مورد مطالعه



شکل ۸- مجموع کل تغییرات تولید خالص اولیه اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی در اثر دما و بارش

پیش‌بینی برای میانگین بارش کشور در دوره سی‌ساله منتهی به سال ۲۰۳۹ میلادی، در مقایسه با دوره قبل سیر نزولی را نشان می‌دهد، در حالی‌که پیش‌بینی برای میانگین دمای کشور در دوره سی‌ساله منتهی به سال ۲۰۳۹ میلادی، در مقایسه با دوره قبل سیر صعودی را نشان می‌دهد. براساس مطالعات انجام شده در اکوسیستم‌های جنگلی خزر در شمال کشور طی پنجاه (۵۰) سال گذشته عمدتاً "دما افزایش یافته و میزان نزولات جوی کاهش یافته است (جعفری، الف ۱۳۸۷).

در پی محاسبه کاهش یا افزایش تولید خالص اولیه (NPP) در اکوسیستم‌های جنگلی (Lieth, 1975) بر مبنای سناریوهای پیش‌بینی اقلیمی با فرض ثابت بودن غلظت CO₂ در مناطق مورد بررسی با کاربرد مدل کامپیوتری The Osnabruck Biosphere Model-OBM در قالب جنگل منطقه معتدل (Temperate forest)، میزان تولید خالص اولیه در اکوسیستم جنگلی مازندران و کرمانشاه با کاهش ۵ و ۳۰.۷ درصدی مواجه خواهند بود، درحالی‌که میزان تولید خالص اولیه در سایر مناطق افزایش نشان می‌دهد.

جدول ۴- پیش‌بینی تغییرات بارندگی براساس سناریوهای حداقل انتشار (B1) و حداکثر انتشار (A1FI) در ۲۰۱۰-۲۰۳۹

متوسط بارندگی میلیمتر (مشاهده دوره‌های قبل)	A1FI	B1
زمستان (DJF)	- 3 % = -	- 4 % = -
بهار (MAM)	- 2 % = -	- 8 % = -
تابستان (JJA)	13 % = +	5 % = +
پائیز (SON)	18 % = +	13 % = +
متوسط سالانه	(6.5)	(1.5)

زمستان (DJF): ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، بهار (MAM): ماه‌های مارس، آوریل و می، تابستان (JJA): ماه‌های ژوئن، جولای و اگوست، پائیز (SON): ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر

در جدول ۴ براساس درصدهای پیش‌بینی شده در سناریوهای مورد بررسی، مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) برای حداقل انتشار گازها (B1) و حداکثر انتشار گازها (A1FI) برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹، برای تغییرات

مقادیر عددی را در دوره پیش‌بینی کرده و محاسبه نموده است. مقادیر متفاوت استفاده شده، بر مبنای این فرمول بدست می‌آید که در زیر ستون A1FI و نیز B1 قرار می‌گیرد.

جدول ۵- پیش‌بینی تغییرات دما براساس سناریوهای حداقل انتشار (B1) و حداکثر انتشار (A1FI) در ۲۰۱۰-۲۰۳۹

مقدار % افزایش دمای پیش‌بینی شده	مقدار عددی پیش‌بینی	گزینه سناریو حداکثر انتشار (A1FI)		مقدار % افزایش دمای پیش‌بینی شده
		متوسط درجه حرارت	(درجه سانتیگراد، مشاهده دوره قبل)	
+ 1.06 =	1.26 =	+	زمستان (DJF)	
+ 1.24 =	1.29 =	+	بهار (MAM)	
+ 1.53 =	1.55 =	+	تابستان (JJA)	
+ 1.35 =	1.48 =	+	پائیز (SON)	
+ (1.29) =	(1.39) =	+	متوسط سالانه	

زمستان (DJF): ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، بهار (MAM): ماه‌های مارس، آوریل و می، تابستان (JJA): ماه‌های ژوئن، جولای و اگوست، پائیز (SON): ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر

در جدول ۵ مقایسه مقدار عددی پیش‌بینی در سناریوهای مورد بررسی مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) برای حداقل انتشار گازها (B1) و حداکثر انتشار گازها (A1FI) برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹، با داده‌های مشاهده‌ای سال‌های قبل است که درصد تغییرات را نشان می‌دهد. البته مقادیر متفاوت استفاده شده، بر مبنای این فرمول بدست می‌آید که در زیر ستون A1FI و نیز B1 قرار

می‌گیرد. جدول ۶ مقدار متوسط سالانه (متوسط چهار فصل) افزایش دما (متوسط افزایش فصلی) و نزولات جوی (جمع جبری درصد تغییرات فصلی) را برای سه دوره سی ساله مورد بررسی در سناریوهای مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) نشان می‌دهد.

جدول ۶- مقدار متوسط سالانه (متوسط چهار فصل) افزایش دما (متوسط افزایش فصلی) و نزولات آسمانی (جمع جبری درصد تغییرات فصلی) برای

دوره‌های مختلف سی ساله

زیر منطقه آسیا	سالانه (چهار فصل)	دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹		دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹		دوره ۲۰۷۰-۲۰۹۹	
		نزولات آسمانی (درصد)	دما (درجه سانتیگراد)	نزولات آسمانی (درصد)	دما (درجه سانتیگراد)	نزولات آسمانی (درصد)	دما (درجه سانتیگراد)
غرب آسیا							
سناریو							
گزینه سناریو حداکثر انتشار (A1FI)	۱/۳۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداقل انتشار (B1)	۱/۲۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداکثر انتشار (A1FI)	۱/۳۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداقل انتشار (B1)	۱/۲۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداکثر انتشار (A1FI)	۱/۳۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداقل انتشار (B1)	۱/۲۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداکثر انتشار (A1FI)	۱/۳۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲
گزینه سناریو حداقل انتشار (B1)	۱/۲۹۵	۶/۵	۲/۲۲۵	۷/۲۵	۵/۶۷۵	۲/۹۲۵	۱۲

الف) آسیب پذیری

میزان سطح آسیب پذیری / قابلیت ارتجاعی بخش‌های کلیدی / سیستم‌ها به ظرفیت اثرگذاری تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده، در زیر منطقه‌های قاره آسیا مورد بررسی قرار گرفته و توسط Cruz و همکاران (۲۰۰۷) ارائه شده است. جمهوری اسلامی ایران در زیر منطقه غرب آسیا قرار دارد و قسمت‌های شمالی آن در زیر منطقه آسیای مرکزی نیز قرار می‌گیرد. در این زیر منطقه منابع غذایی و فیبری، منابع آب و تخریب اراضی در شرایط بسیار بالای آسیب‌پذیری با سطح

بسیار بالایی از اطمینان وقوع قرار دارد.

ب) ماتریکس اثرات کیفی

تغییرات پیش‌بینی شده در دمای هوای سطحی و نزولات جوی برای زیر منطقه غرب آسیا (N -50N; 27E-63E) تحت سناریوهای A1FI (بالاترین میزان انتشار در آینده) و B1 (پائین‌ترین میزان انتشار در آینده) برای دهه ۲۰۲۰ محاسبه و در جدول ۷ ارائه شده است. (Cruz et al., 2007)

جدول ۷- تغییرات پیش‌بینی شده در دمای هوای سطحی و نزولات جوی برای زیر منطقه غرب آسیا (12N -50N; 27E-63E) در سناریوهای A1FI

(بالاترین میزان انتشار در آینده) و B1 (پائین‌ترین میزان انتشار در آینده) برای دهه ۲۰۲۰ (Cruz et al. 2007)

دوره ۲۰۱۰ - ۲۰۳۹

فصول	دما (درجه سانتیگراد)		نزولات جوی (درصد)	
	سناریوهای حد اکثر انتشار	سناریوهای حد اقل انتشار	سناریوهای حد اکثر انتشار	سناریوهای حد اقل انتشار
زمستان (DJF)	۱ / ۲۶	۱ / ۰۶	۳	۴
بهار (MAM)	۱ / ۲۹	۱ / ۲۴	۲	۸
تابستان (JJA)	۱ / ۵۵	۱ / ۵۳	۱۳	۵
پائیز (SON)	۱ / ۴۸	۱ / ۳۵	۱۸	۱۳
متوسط سالانه	۱ / ۳۹۵	۱ / ۲۹۵	۶ / ۵	۱ / ۵

منابع طبیعی امری مشکل می‌باشد (جعفری، ج ۱۳۸۷). برای بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر روی اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی و ارزیابی آسیب‌پذیری آنها باید به وضعیت پوشش گیاهی، منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی، و سایر موضوعات مثل خاک و غیره پرداخته شود. تغییرات در این منابع که می‌تواند در تعادل حفظ و ذخیره دی‌اکسیدکربن مؤثر باشد، از تأثیرات و اقدامات بشری در امان نیست.

اکوسیستم‌های جنگلی در ایران در اقلیم‌های مختلف با شرایط متفاوتی قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین جنگل‌های ایران، جنگل‌های هیرکانی می‌باشد که به‌عنوان یک ذخیره‌گاه ارزشمند در شمال کشور در جنوب دریای خزر در شیب شمالی رشته‌کوه‌های البرز قرار گرفته است. در شمال غرب کشور جنگل‌های ارسباران و نیز در غرب کشور که تا قسمت‌های جنوبی نیز امتداد دارد جنگل‌های زاگرس می‌باشد که بر روی رشته‌کوه‌های زاگرس قرار دارد. در قسمت مرکزی

پیش‌بینی شده که تا سال ۲۰۲۰، دمای بخش اعظم کشور به میزان یک تا دو درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. در سواحل خلیج فارس، به‌رحال میزان افزایش بین صفر و یک درجه متغیر است. البته تا سال ۲۰۵۰ میزان دما در منطقه خلیج فارس بین دو تا چهار درجه افزایش می‌یابد. همچنین تغییراتی در میزان نزولات جوی و میزان ظرفیت تبخیر و تعرق بوجود خواهد آمد. به‌طوری‌که بیابان‌زایی نتیجه ناگزیر این تغییرات خواهد بود.

بحث

در کشورهای پیشرفته صنعتی نیز بررسی و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های طبیعی امری پیچیده می‌باشد. در ایران با توجه به شرایط ویژه اقلیمی و اجتماعی آن، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی بدون در نظر گرفتن دخالت‌های انسانی در بهره‌برداری از

تغییرات اقلیمی دارند ممکن است کمتر تحت تأثیر اثرات مخرب تغییر اقلیم قرار بگیرند. گونه‌های حساسی که با شرایط خاصی تطابق پیدا کرده‌اند مثل سروکوهی (*Juniperus sp*) با تغییر اقلیم آسیب‌پذیری بیشتری خواهد داشت. این گونه‌ها با توجه به محدودیت آستانه تحمل آنها نسبت به دما، بارندگی و رطوبت، با وقوع تغییرات، در معرض محدودیت رویش و یا خطر انقراض قرار می‌گیرند.

در صورت موجود بودن آمار تحلیل‌شده اقلیمی برای تمام شهرها و استان‌های کشور این امکان بوجود خواهد آمد تا با بکارگیری این داده‌ها و اطلاعات کسب شده از اکوسیستم‌ها بصورت دقیق و تحلیلی نسبت به بررسی اثرات عوامل اقلیمی بر اکوسیستم‌های موجود در مناطق مختلف اقدام نمود.

بعلت محدودیت در منابع آماری تحلیل شده برای مناطق مختلف کشور، پنج منطقه که تقریباً کل کشور را از شمال، شمال‌غرب، غرب، شمال‌شرق و جنوب‌شرق پوشش می‌دهند، انتخاب شدند (جدول ۳). آمار بارش و دما در کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی (کلیماتولوژی) موجود از ابتدای تأسیس مورد بررسی قرار گرفته و متوسط آنها محاسبه گردید و بر مبنای آنها مطالعات انجام شد. لازم به تذکر این مطلب است که میزان تغییرات پیش‌بینی شده اقلیمی که برای آینده این مناطق در مورد تغییرات درصد بارش و یا مقدار دما بدست آمده است، در مورد اعداد و ارقام موجود اعمال گردید و مقادیر جدید براساس مجموع داده‌های موجود و پیش‌بینی شده محاسبه و ارائه شده است (شکل ۶). البته سیستان و بلوچستان دارای دو وضعیت متفاوت می‌باشد، نیمه‌ی شمالی استان شرایطی مشابه خراسان جنوبی دارد و در اقلیم ایران و تورانی قرار دارد، و نیمه‌ی جنوبی در اقلیم صحاری-سندی می‌باشد، که بعلت محدودیت در داده‌های هواشناسی، در محاسبات این تفاوت‌ها منظور نشده است.

مناطق انتخاب شده در شش اقلیم نسبتاً متفاوتی قرار دارند که تا حدودی در سطح کشور پراکنده می‌باشند. اکوسیستم‌های گیاهی غالب در مناطق مورد مطالعه از جنگل مرطوب هیرکانی تا عرصه‌های خشک بیابانی تغییر می‌نمایند. میزان دمای پیش‌بینی شده برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تقریباً در تمام مناطق افزایش می‌یابد و میزان بارش در بعضی

کشور و در اقلیم ایران و تورانی جنگل‌های پراکنده‌ای هستند که از تراکم محدودی برخوردارند. در منطقه خلیج-عمانی که دارای اقلیم نیمه گرمسیری می‌باشد با پوشش درختی خاص این منطقه مواجه می‌شویم. جنگل‌های ماندابی در حاشیه خلیج فارس از منابع جنگلی با ارزشی است که تحت تأثیر شدید تغییرات درجه حرارت و نوسان‌های سطح آب دریا می‌باشد (جعفری، ۱۳۸۵).

در نیم قرن گذشته تغییراتی در میزان دما (عمدتاً افزایش) و مقدار نزولات جوی (اغلب کاهش) در نقاط مختلف کشور و به‌ویژه جنگل‌های خزری مشاهده شده است (جعفری، الف ۱۳۸۷). همچنین بررسی در وضعیت باد و وقوع طوفان‌ها در طول پنجاه سال (۵۰) گذشته در منطقه جنگلی مذکور بیانگر این است که تعداد روزهای طوفانی در این مدت به‌ویژه در طی بیست و پنج (۲۵) سال گذشته به شدت افزایش یافته است (جعفری، ب ۱۳۸۷). براساس پیش‌بینی‌های موجود و مطالعات در سطح ملی (مرکز اقلیم‌شناسی) و نیز مطالعات منطقه‌ای و بین‌المللی تغییرات اقلیمی در آینده نیز واقع خواهد شد. (Cruz et al., 2007)

افزایش بارش و دما باعث افزایش در تولید و بهره‌وری گیاهی در اکوسیستم‌های مختلف می‌شود. مقدار تغییرات در عوامل اقلیمی و میزان اثری که بر روی این اکوسیستم‌ها در پی خواهد داشت به نوع اکوسیستم و حجم کمی و کیفی پوشش گیاهی بستگی خواهد داشت. در این تحقیق، میزان اثرگذاری تغییرات اقلیمی در این اکوسیستم‌ها را با توجه به شرایط فعلی و میزان تغییراتی را که در پیش‌بینی‌های اقلیمی معین گردیده محاسبه نموده و هر کدام بصورت مجزا ارائه گردیده است (شکل‌های ۴ و ۵). در جدول‌ها و توضیحات بعدی نحوه محاسبات اثرات تغییرات دما و نزولات جوی بر روی تغییرات تولید و بهره‌وری تولید در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران قابل ملاحظه می‌باشد.

تغییرات در میزان بارندگی منجر به اثرگذاری بر روی گونه‌های حساس به رطوبت مثل توسکا (*Alnus glutinosa*)، *Alnus subcordata* و بید (*Salix sp*) و یا لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) در جنگل‌های هیرکانی خواهد شد. گونه‌هایی که تحمل شرایط وسیع‌تر و گسترده‌تری را از

مناطق افزایش و در بعضی مناطق کاهش را نشان می‌دهد. اثرات تغییر اقلیم بر روی اکوسیستم‌های مرتعی در بسیاری از جهات مشابه اکوسیستم‌های جنگلی می‌باشد. وضعیت پوشش گیاهی، چرخه آب و مسائل مرتبط با فرسایش خاک عناصری هستند که در ابعاد مختلف قابل توجه می‌باشند. تفاوت‌های موجود در اکوسیستم‌های مرتعی از نظر شرایط دمایی و میزان نزولات جوی قابل دقت می‌باشد. معمولاً اکوسیستم‌های مرتعی از میزان بارندگی کمتری برخوردارند. شرایط وزش باد نیز در این اکوسیستم‌ها با توجه به تفاوت در وضعیت پوشش گیاهی حائز اهمیت است. با توجه به فضای باز این نوع اکوسیستم‌ها در مقایسه با اکوسیستم‌های جنگلی، با وقوع تغییرات اقلیمی، بیشتر در معرض گونه‌های مهاجم قرار می‌گیرند. با ورود گونه‌های مهاجم، گونه‌های بومی دچار محدودیت شده و رشد گونه‌های جدید، شرایط زیستی جدیدی را باعث می‌شوند. در اکوسیستم‌های مرتعی، گونه‌های گیاهی بعلت محدودیت آب روش‌های تطابقی خاصی برای ادامه حیات خود مثل بکارگیری استراتژی افزایش رشد ریشه‌ها برای دستیابی به منابع آب زیرزمینی را اتخاذ می‌نمایند. این گونه‌ها تحمل بیشتری به خشکی از خود نشان می‌دهند، ولی با تغییرات در وضعیت آب‌های زیرزمینی، این گونه‌ها نیز با مشکلات جدی مواجه خواهند شد. اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی معمولاً دارای گونه‌های گیاهی علفی یکساله و چندساله و گونه‌های بوته‌ای و درختی می‌باشند. در ترکیب گیاهی اکوسیستم‌های مرتعی گونه‌های علفی بیشتری وجود دارد. از آنجا که این گونه‌ها تحمل کمتری به تغییرات رطوبتی و دمایی از خود نشان می‌دهند، بنابراین بیشتر در معرض انواع خطر از جمله حریق می‌باشند (Allard, 2003).

براساس نتایج حاصل از این تحقیق، مجموع تولید خالص اولیه تحت تأثیر تغییرات دما و بارش در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی در استان‌های گیلان، آذربایجان شرقی و خراسان، برای دوره منتهی به ۲۰۳۹ افزایش را نشان می‌دهد، در صورتی که میزان آن در استان‌های مازندران، کرمانشاه و سیستان و بلوچستان کاهش خواهد داشت (شکل ۸). این تغییرات در استان خراسان (شامل خراسان

شمالی، جنوبی و رضوی) بیشترین افزایش را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش مطلوب بارش و دما در این منطقه خواهد بود. میزان تغییرات کمی تولید خالص اولیه هر منطقه به حجم زیست توده (بیوماس) موجود در اکوسیستم‌های آن منطقه و نیز میزان تغییرات دما و بارش بستگی دارد. به‌عنوان مثال این تغییرات در اکوسیستم‌های جنگلی استان‌های گیلان و خراسان افزایش و استان‌های مازندران و کرمانشاه کاهش را نشان می‌دهد (شکل ۷-ب).

همچنین این تغییرات در اکوسیستم‌های مرتعی در استان‌های آذربایجان شرقی و خراسان بصورت افزایشی و در استان‌های کرمانشاه و سیستان و بلوچستان بصورت کاهش قابل ملاحظه می‌باشند (شکل ۷-میانی). در حالی که تغییرات در استان‌های بیابانی در خراسان بصورت عمده افزایش و در استان‌های سیستان و بلوچستان کاهش را نشان می‌دهند (شکل ۷-پائین).

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۸۳. گزارش آماری از منابع طبیعی کشور. سایت سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (www.frw.org.ir).
- بی‌نام، ۱۳۹۱. گزارش آماری، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (www.frw.org.ir).
- بی‌نام، ۱۳۹۱. گزارش آماری، سازمان هواشناسی کشور (www.weather.ir).
- جعفری، م.، ۱۳۸۵. نگاهی گذرا بر مدیریت پایدار جنگل و مروری بر نظارت و ارزشیابی، شابک ۹۶۴-۶۹۳۱-۸۰-۴، نشر پونه، تهران، ایران، (کتاب) ۱۷۰ صفحه.
- جعفری، م.، ۱۳۸۷ الف. تحقیق و تحلیل عوامل تغییر اقلیم در خلال پنجاه سال گذشته در جنگل‌های منطقه خزری، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۲): ۴۱۴-۳۲۶.
- جعفری، م.، ۱۳۸۷ ب. نوسانات وقوع باد و روزهای طوفانی طی نیم قرن گذشته در منطقه خزری، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۴): ۵۹۸-۵۸۳.
- جعفری، م.، ۱۳۸۷ ج. تاثیر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های

- Wiley & Sons, Inc., ©1980, 1998, 356pp.
- Cruz, R.V., Harasawa, H., Lal, M., Wu, S., Anokhin, Y., Punsalmaa, B., Honda, Y., Jafari, M., Li C. and Huu Ninh, N., 2007: Asia. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK: 469-506.
 - Jafari M., 2007a. Review on needfulness for plant ecophysiological study and investigation on climate change's effects on forest, rangeland and desert ecosystems, presented in Workshop: Climate Change in South-Eastern European Countries: Causes, Impacts, Solutions, 26- 27 March 2007, Orangerie, Burggarten, Graz, Austria.
 - Jafari M., 2007b. Climate Change and IPCC Assessments (Abstract of Keynote Lecture of the Symposium), in The Final Report of ICCAP, The Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas, March 2007, ICCAP Publication 10-Japan, ISBN 4-902325-09-8, pp 315-317.
 - Lieth H. 1975. Historical survey of primary productivity research. In: Lieth H, Whittaker RH, . Primary Productivity of the Biosphere. New York, USA: Springer, 7-16.
- جنگلی، شابک ۱-۲۷۵-۴۷۳-۹۶۴-۹۷۸، نشر
موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، (کتاب) ۷۱
صفحه بانضمام خلاصه انگلیسی .
- جعفری، م.، ۱۳۸۷ د. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی
اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران، آسیب‌پذیری
و انطباق برنامه‌ها، نشر سازمان حفاظت محیط زیست
کشور، دومین گزارش ملی ارزیابی آسیب‌پذیری به تغییرات
اقلیمی، ۷۱ صفحه بانضمام خلاصه انگلیسی .
- Allard, G. B., 2003, Fire situation in the Islamic Republic of Iran, International Forest Fire News (IFFN), Vol. 28, pp. 88-91
 - Anonymous, 1998. Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies, UNEP, Version 20, October 1998.
 - Anonymous, 2005, Global Forest Resource Assessment-GFRA 2005, Progress towards sustainable forest management, FAO Forestry paper 147, pp 320.
 - Anonymous, (2007) National Centre of Climatology, Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, downscaling report.
 - Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., and Spurr, S.H., 1998. Forest Ecology, 4th edition, John

Change and vulnerability of Net Primary Production (NPP) in Iranian forest, rangeland and desert ecosystems impacted by climate change

M. Jafari^{1*}

^{1*}- Corresponding Author, Academic Member of RIFR and Director of Forest Research Division - RIFR
E-mail address: mostafajafari@rifr-ac.ir

Received: 17/12/2012

Accepted: 2/8/2013

Abstract

Iran faced with climate and environmental changes in past years and it is projected that some climatic changes will occur in the future. Net Primary Production (NPP) is an important index to evaluate production in natural ecosystems including forest, rangeland and desert. Climate change impact will cause changes in biomass production in natural ecosystems. In this research, the vulnerability of NPP in Iranian forest, rangeland and desert ecosystem has been considered. Results of this consideration presented here in six selected climatic zones in Gilan, Mazandaran, East Azerbaijan, Kermanshah, Khorasan and Sistan and Baluchestan provinces. According to the result outcomes, total NPP of forest, rangeland and desert ecosystem in Gilan, East Azerbaijan, and Khorasan provinces, under temperature and precipitation changes, has been increased in the year ended 2039. While, the amount of NPP in Mazandaran, Kermanshah, and Sistan and Baluchestan provinces would have been decreased. These changes in Khorasan provinces (including North, South and Razavi) will show highest increase, indicating suitable increase of precipitation and temperature in the region. Quantitative changes in NPP depend on total biomass and changes of precipitation and temperature. As an example, these changes in forest ecosystems of Gilan, and Khorasan provinces, will increase and in Mazandaran, and Kermanshah provinces, will decrease. Also, these changes in range ecosystems of East Azerbaijan, and Khorasan provinces, will increase and in Kermanshah, and Sistan and Baluchestan provinces, will decrease. While, changes in desert ecosystems of Khorasan provinces mainly will increase and in Sistan and Baluchestan provinces, will decrease.

Keywords: temperature, precipitation, NPP, vulnerability, climate change, photosynthesis, evapotranspiration, Iran