DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2013.3820

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۸۳-۱٦٦، (۱۳۹۲)

اثر تغییرات اقلیمی و محیطی بر بهره‌وری اکوسیستم‌های جنگلی (مطالعه موردی، گلوگاه)

مصطفی جعفری[1*] و سیف الله خورنکه[2]

[1*]- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، صندوق پستی ۱۱۸-۱۳۱۸۵
پست‌الکترونیک: mostafajafari@rifr-ac.ir

[2]- کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۹

چکیده

براساس این بررسی و نتایج حاصل از آن، رهیافت جدیدی در کاربرد روش گاهشناسی درختی در ارزیابی بهره‌وری اکوسیستم‌های جنگلی بر مبنای پهنای دوایر رویشی گونه‌های پهن‌برگ درختی، به‌عنوان اصلی‌ترین عنصر بهره‌وری این نوع اکوسیستم‌ها، ارائه شد. در این تحقیق با نمونه‌برداری از درختان در ارتفاعات مختلف و تجزیه و تحلیل میزان رشد دوایر رویشی آنها، شرایط رویش و بهره‌وری تولیدی آنها و رقابتهای احتمالی موجود بین آنها مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق کاربرد اکولوژیکی گاهشناسی درختی بیشتر مورد توجه قرار داده شده است. نتایج ارائه شده در این تحقیق بخشی از تحقیقات گسترده‌ای است که در حوزه جنگلهای خزری در طول بیش از شش سال (شروع در سال ۱۳۸٤) گذشته با بکارگیری این روش اجرا شده است. گونه‌های درختی مورد استفاده در این پژوهش شامل راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، بلندمازو (*Quercus castaneaefolia* C. A. Mey.)، ممرز (*Carpinus betulus* L)، توسکا (*Alnus subcordata*) و افرا (*Acer Velutinum*) در حوزه جنگلی گلوگاه استان مازندران می‌باشند. ابتدا منطقه جنگلی مورد نظر از طریق جنگل‌گردشی و بکارگیری نقشه‌های پوشش گیاهی و پستی‌بلندی، انتخاب گردید. سپس با تعیین خط پروفیل (ترانسکت)، پایه‌های درختی در سه سطح ارتفاع از سطح دریا علامت‌گذاری شدند. نمونه‌ها توسط مته سال‌سنج از درختان مورد نظر تهیه شدند. در منطقه مورد مطالعه، در طول ٥٤ سال، روند تغییرات میزان مجموع بارش سالیانه، ۳۷۲ میلیمتر کاهش و روند تغییرات دما، میزان ۰/۵۹ درجه سانتیگراد افزایش نشان می‌دهد. رفتارهای رویشی متفاوت این گونه‌های درختی و واکنش آنها نسبت به تغییرات اقلیمی و محیطی، بیان‌کننده تفاوت عملکرد یک گونه معین در مقابل عوامل بیرونی (اقلیمی) و درونی (رقابت) در ارتفاعات مختلف می‌باشد. سرشت گونه‌ها در بروز این تفاوت‌ها مؤثر هستند. ناگفته نماند که پهنای دوایر رویشی راش در طول ۵۵ سال در ارتفاع پائین کاهش، اما در ارتفاع میانی افزایش یافته، در حالی که در ارتفاع بالا تغییر قابل اشاره‌ای نداشته است.

واژه‌های کلیدی: گاهشناسی درختی، گونه‌های پهن‌برگ، دما، بارش، ارتفاع از سطح دریا، رقابت

مقدمه

روش گاهشناسی درختی (dendrochronology) به‌منظور بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر فرایند اکولوژیک طبیعی و یا تغییرات با منشأ انسانی توسعه یافته است. گاهشناسی درختی در زمینه‌های مختلف مانند کاربرد اکولوژیک (Fritts and Swetnam, 1989; Swetnam *et al.*, 1999; Anonymous, 2011a)، ارزیابی آلودگی هوا (Nuhoglu, 2006) و یا سایر مطالعات بکار گرفته شده است (Drobyshev *et al.*, 2010، Sheppard *et al.*, 2008). کاربرد اکولوژیک گاهشناسی درختی (dendroecology) در واقع بکارگیری دوایر رویشی درخت و تجزیه و تحلیل آنها به‌منظور پاسخ دادن به

سئوالات اکولوژیک می‌باشد (Anonymous, 2011b). دندرواکولوژی، علمی است که در زیر مجموعه گاه‌شناسی درختی قرار داشته و پهنای دوایر رویشی درختان را برای پاسخ‌گویی سئوالات محیط‌زیستی و شرایط اکولوژیک مناطق و بازسازی ساختار اقلیمی آن تجزیه و تحلیل می‌کند (Arbeitsgebiete, 2011). دوایر رویشی در درختان معمولا" رویش سالانه آنها را نشان می‌دهد. با مطالعه دوایر رویشی ما می‌توانیم به چگونگی تغییرات جنگل در گذشته که متأثر از دما، بارش و یا خشکی است پی ببریم. دوایر رویشی ابزار مهمی جهت درک دینامیک جنگل و تنوع آب و هوایی در مقیاس چند قرن می‌باشد. به‌طوری‌که نمونه‌ها هم از درختان سرپا و هم از درختان قطع شده قابل تهیه می‌باشد (Anonymous, 2011d). چگونگی تولید چوب و بهره‌وری آن در گونه‌ای از بلوط (*Quercus cerris*) به‌منظور بررسی ارتباط کاهش رشد آن با متغیرهای اقلیمی بازسازی شده است (Di Filippo *et al*., 2010). دوایر رویشی برای تخمین تولید و بهره‌وری میان مدت و بلندمدت اکوسیستم‌ها، و تشخیص بروز حوادث شدید طبیعی بکار گرفته شده است (Anonymous, 2011c). ارتباط بهره‌وری اولیه و دوایر رویشی درختان به‌منظور ارزیابی تغییرات بهره‌وری جنگل در آلاسکا توسط (Beck, *et al*., 2011) مورد مطالعه قرار گرفته است. قابلیت روش گاه‌شناسی درختی برای مطالعه روند بلند مدت رویش درختان، با بررسی‌های متعدد تأیید شده است (Badeau, *et al*. 1996). نتایج ارائه شده در این تحقیق بخشی از تحقیقات گسترده ای است که در حوزه جنگلهای خزری در طول بیش از شش سال گذشته با بکارگیری این روش اجرا شده است. در مطالعه مورد نظر گونه‌های مختلف در مناطق متفاوت و نقاط ارتفاعی متنوعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست‌آمده نکات بسیار قابل توجهی را در مورد پاسخ گونه‌ها در مقابل عوامل اقلیمی و محیطی ارائه می‌نماید.

مواد و روش‌ها

گونه‌های درختی مورد استفاده در این پژوهش شامل راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، بلندمازو (*Quercus castaneaefolia* C. A. Mey)، ممرز (*Carpinus betulus* L)، توسکا (*Alnus subcordata*) و افرا (*Acer Velutinum*) در حوزه جنگلی گلوگاه در استان مازندران میباشند. براساس شرایط موجود در هر عرصه رویشی، پایه‌های مطلوب که به شکل مناسب متأثر از شرایط اقلیمی و محیطی باشند انتخاب، و از درختان مورد نظر از طریق مته سال‌سنج نمونه‌هایی تهیه گردید که توضیح جزئیات آنها در جدول۲ ارائه شده است.

منطقه مورد مطالعه، پروفیل گلوگاه

خط پروفیل مورد بررسی در جنگلهای منطقه شهرستان گلوگاه از ارتفاع ۳۵۰ متر با طول جغرافیایی "۴۳ '۴۷ °۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی "۳۳ '۴۱ °۳۶ شمالی شروع شده و تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر با طول جغرافیایی "۴۷ '۴۸ °۵۳ شرقی، و عرض جغرافیایی "۲۶ '۳۸ °۳۶ شمالی ادامه پیدا کرده است. بر روی این پروفیل سه سایت برای جمع‌آوری نمونه‌های رویشی انتخاب گردید (جدول۱). سایت اول در ارتفاع ۳۵۰ متری بوده که دارای پوشش جنگلی انجیلی، ممرز، بلوط، راش، افرا و خرمندی بوده و در قسمت‌های نزدیک جاده و دره‌ها ظهور گونه‌های توسکا مشهود شده بود. از لحاظ پوشش علفی دارای گونه‌های بنفشه، کوله خاس، کارکس، گونه‌های خانواده نعنائیان و در بعضی قسمت‌ها دارای سرخس عقابی بوده است. در سایت دوم با ۸۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارای پوشش جنگلی افرا، خرمندی، ممرز و راش همراه با گونه‌های علفی تمشک، بنفشه و انواع گونه‌های خانواده گرامینه بوده است. سایت سوم دارای ارتفاع ۱۳۸۰ متر از سطح دریا و با گونه‌های جنگلی توسکا، ممرز، و راش به تعداد فراوان همراه با بنفشه و گونه‌هایی از خانواده نعنائیان و انواع گونه از خانواده گرامینه بوده است.

جدول۱- طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای پروفیل مورد مطالعه (گلوگاه)

منطقه ارتفاعی	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع از سطح دریا – متر
I – ارتفاع پائین (گلوگاه)	"۴۸ '۴۸ °۵۳ تا "۰۴ '۴۷ °۵۳	"۲۵ '۳۸ °۳۶ تا "۳۴ '۴۱ °۳۶	۳۵۰ – ۴۳۰
II – ارتفاع میانی (رق چشمه)	"۵۴ '۴۷ °۵۳ تا "۵۷ '۴۷ °۵۳	"۱۳ '۴۰ °۳۶ تا "۲۶ '۴۰ °۳۶	۸۰۰ – ۸۰۹
III – ارتفاع بالا (توسکا چشمه)	"۴۵ '۴۸ °۵۳ تا "۴۸ '۴۸ °۵۳	"۲۵ '۳۸ °۳۶ تا "۳۶ '۳۸ °۳۶	۱۳۷۰ –۱۳۸۰

روش مورد استفاده – گاه‌شناسی درختی

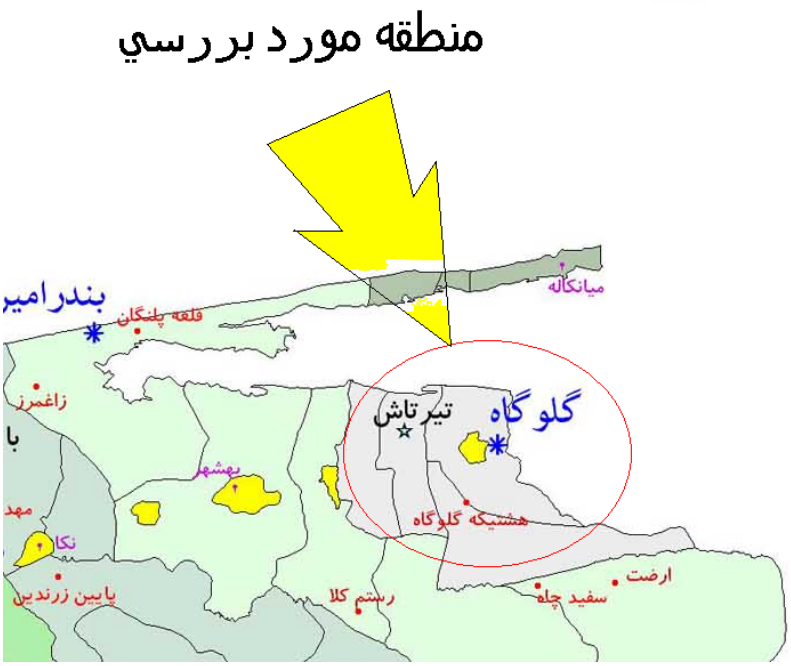
روش تحقیق مورد استفاده در این بررسی روشی است که علاوه بر این منطقه، در پژوهشی که به صورت گسترده در مناطق جنگلی دامنه شمالی البرز (استان‌های شمالی – هر استان دست‌کم دو پروفیل) اجرا شده نیز بکار گرفته شده است. نمونه‌ها به شرح ذیل از چپ به راست کدگذاری شدند:

- کد استان مازندران: (M)
- کد پروفیل (ترانسکت)، پروفیل اول: (A)
- کد راش: (F)
- کد بلند مازو: (Q)
- کد ممرز: (Ca)
- کد توسکا: (Al)
- کد افرا: (Ac)
- کد ارتفاع از سطح دریا، پایین‌بند: (I)، میان‌بند: (II)، و بالابند: (III)
- کد تکرار نمونه‌ها، تکرار اول: (۱)، تکرار دوم: (۲)، و تکرار سوم: (۳)

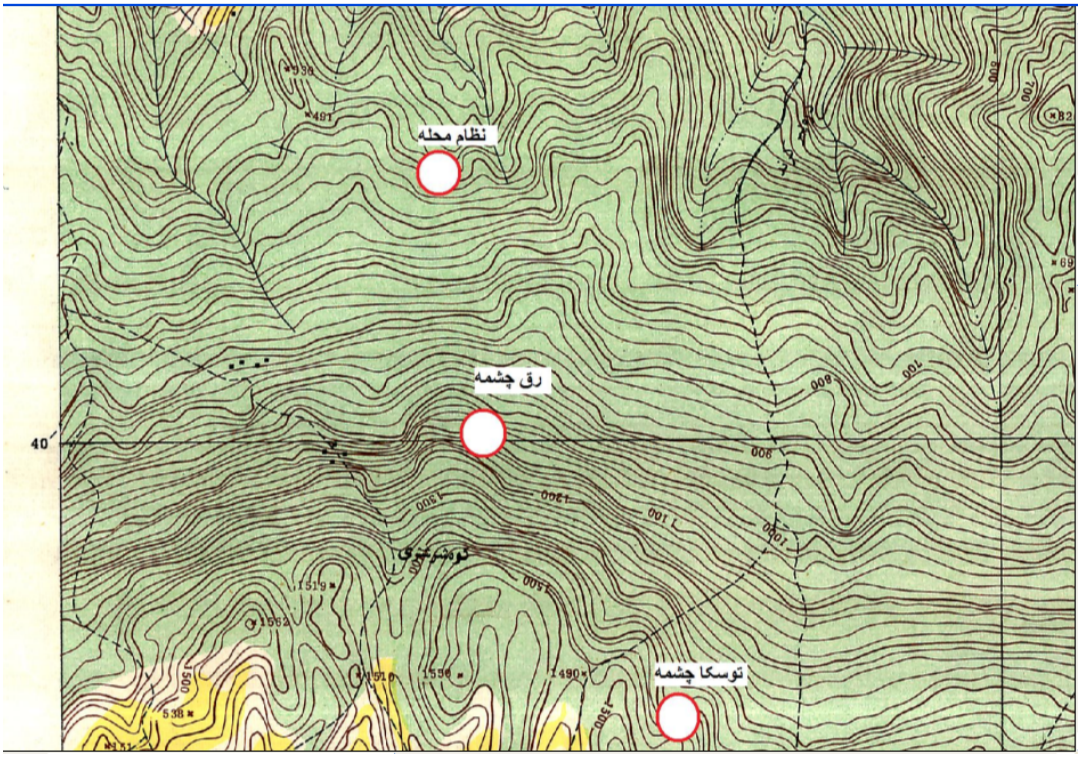
اطلاعات عرصه مورد مطالعه شامل مشخصات سایت، نقاط مورد بررسی، مشخصات درختان، و نیز اطلاعات اقلیم و هواشناسی در فرم‌های جداگانه ثبت شده است.

نمونه‌های برداشت شده

به‌منظور انجام مطالعات ابتدا سایت مورد نظر انتخاب (شکل۱) و بعد پروفیل مناسب معین شد (شکل۲). در پروفیل انتخاب شده سه نقطه ارتفاعی مشخص شدند. در ادامه در هر نقطه ارتفاعی که به‌عنوان عرصه پژوهشی در نظر گرفته شده بود نسبت به انتخاب گونه و پایه‌های مطلوب تقریبا" هم سن که بتواند منعکس کننده اثرات تغییرات اقلیمی باشد، برای نمونه‌برداری اقدام گردید. از پایه‌های مناسب گونه درختی راش، بلوط، ممرز، توسکا و افرا در هر سه ارتفاع مطابق جدول۲ نمونه‌برداری شد. از هر پایه از دو جهت شمالی و جنوبی توسط مته سال‌سنج نمونه تهیه گردید. سپس پهنای دوایر رویشی در تمام نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند و در مجموع تعداد ۳۲ پایه در این پروفیل مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظور مقایسه و همگون سازی داده‌ها عرض دوایر رویشی سال های ۱۳۳۲ تا سال ۱۳۸۸ بررسی شدند.



شکل۱- منطقه مورد مطالعه و محل ایستگاه‌های هواشناسی، اقلیم‌شناسی- تیرتاش و سینوپتیک – گلوگاه



شکل۲- انتخاب پروفیل گلوگاه و نقاط مورد مطالعه بر روی نقشه توپوگرافی

جدول۲- مشخصات نمونه‌های تهیه شده و مورد بهره‌برداری

نام فارسی	نام علمی	نام انگلیسی	تعداد نمونه	جمع تعداد نمونه	منطقه ارتفاعی
راش	*Fagus oriantalis*	Beech	۳		I
ممرز	*Carpinus betelus*	Hornbeam	۳		I
توسکا	*Alnus subcordata*	Alder	۳		I
بلوط	*Quercus castaneifolia*	Oak	۵		I
تعداد جمع نمونه در ارتفاع پائین				۱٤	۳۵۰ تا ٤۳۰ متر
افرا	*Acer velutinum*	Maple	۳		II
راش	*Fagus orientalis*	Beech	۳		II
ممرز	*Carpinus betelus*	Hornbeam	۳		II
تعداد جمع نمونه در ارتفاع میانی				۹	۸۰۰ تا ۸۰۹ متر
توسکا	*Alnus subcordata*	Alder	۳		III
راش	*Fagus orientalis*	Beech	۳		III
ممرز	*Carpinus betelus*	Hornbeam	۳		III
تعداد جمع نمونه در ارتفاع بالا				۹	۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ متر
تعداد جمع کل نمونه‌ها				۳۲	

پس از اندازه‌گیری پهنای دوایر رویشی، داده‌های ثبت شده تجزیه و تحلیل آماری شدند. به‌منظور بررسی میزان تنوع موجود بر مبنای تفاوت رشد دوایر رویشی، داده‌های اندازه‌گیری و ثبت شده به‌منظور تجزیه واریانس و کوواریانس بررسی و تحلیل شدند.

در مرحله اول این تحقیق نسبت به جمع‌آوری داده‌ها و نهاده‌ها و مواد مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها و نیز انجام کارهای کتابخانه‌ای و جمع‌آوری داده‌ها، نقشه‌های مورد نیاز منطقه مورد بررسی و نقشه‌های پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی و تهیه اطلاعات هواشناسی در سالهای گذشته مربوط به ایستگاه‌های نزدیک خط پروفیل و سایت‌های مورد بررسی، اقدام گردید.

سپس با هماهنگی اداره کل منابع طبیعی مازندران در منطقه جنگلی گلوگاه اقدامات عرصه‌ای به اجرا درآمد. ابتدا یک خط طولی (ترانسکت) از پایین‌ترین ارتفاع از سطح دریا تا بالاترین ارتفاع از سطح دریا در شرقی‌ترین منطقه مازندران در منطقه جنگل‌های گلوگاه انتخاب گردید و بر روی این پروفیل طولی (ترانسکت) سه حد ارتفاعی (ارتفاع پایین، ارتفاع میانی و ارتفاع بالا) به‌عنوان سایت‌های مورد مطالعه مشخص شدند. بر روی هر سایت سه گونه غالب اصلی بر حسب رویشگاه (راش، ممرز، بلوط، توسکا و افرا) علامت‌گذاری شده و بررسی‌های کمی و کیفی مربوط به هر رویشگاه انجام گردید. پس از ثبت اطلاعات مربوطه با استفاده از مته سال‌سنج در ارتفاع برابر سینه در دو جهت شمالی و جنوبی نمونه (مغزه) تهیه شد. به‌طوری‌که نمونه‌ها با دقت فراوان به آزمایشگاه انتقال یافتند و مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها برای بررسی و اندازه‌گیری پهنای دوایر انجام شد. نمونه‌ها با استفاده از سنباده نرم آماده شده (شکل۳) و با استفاده از بینوکلر با بزرگ‌نمایی بالا و با کمک لنز مدرج پهنای دوایر اندازه‌گیری گردید. سپس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، spss و Minitab تجزیه و تحلیل شدند و نمودارها در محیط EXCEL ترسیم گردیدند.

شکل۳- تصویری از چند نمونه تهیه شده توسط مته سال‌سنج

نتایج

در منطقه مورد مطالعه در طول ٥٤ سال روند تغییرات میزان مجموع بارش سالیانه ۳۷۲ میلیمتر کاهش و روند تغییرات دما میزان ۰/۵۹ درجه سانتیگراد افزایش نشان می‌دهد (شکل۸). در ایستگاه هواشناسی تیرتاش براساس آنالیز انجام شده (فرمول زیر) در مورد روند (trend)، تغییرات بارش در طول ۵۹ سال منتهی به سال ۱۳۸۸ بدست آمد:

$$Yt = 531.472 + 5.49970*t$$
$$(MAPE= 23.0, MAD= 146.1, MSD= 33274.9)$$

که در آن تابع زمانی (Yt) از تغییرات بارش نشان داده شده است.

متوسط مطلق درصد خطا (MAPE)، متوسط مطلق انحراف (MAD)، متوسط مربع اختلاف (خطا) (MSD)

بر مبنای این روند تغییرات، بارش سالانه ٥/٤ میلیمتر کاهش داشته و از میزان ۸۵۵/۹ میلیمتر در سال ۱۳۳۰ به مقدار ٥۳۱/٤ میلیمتر در سال ۱۳۸۸ رسیده است. یعنی در خلال مدت ۵۹ سال، بارش به میزان ۳۲٤.٤ میلیمتر (۵۹ x ٥/٤۹۹۷) کاهش یافته است.

روند تغییرات رویش در جدول۳ ارائه گردیده است. در این فرمول‌ها دوایر رویشی به‌عنوان تابعی (Y) از عوامل متغیر اثرگذار (X) قابل مشاهده، می‌باشند. ضریب X میزان تغییرات کاهشی (↓) و یا افزایشی (↑) و عدد بعدی پهنای دوایر رویشی را نشان می‌دهند. مقدار عددی R^2 اگرچه از نظر آماری کوچک است، اما امکان مقایسه تغییرات را در بین گونه‌ها فراهم می‌نماید.

جدول۳- چگونگی روند تغییرات پهنای دوایر رویشی در گونه‌های مختلف در طول ٥٤ سال (٨٨- ١٣٣٤)

منطقه ارتفاعی	بلوط	ممرز	توسکا	راش	افرا
ارتفاع پائین – I، ۳۵۰ تا ٤٣٠ متر	y = -0.006x + 2.731 R² = 0.164 ↑	y = -0.009x + 3.165 R² = 0.190 ↑	y = -0.009x + 3.094 R² = 0.380 ↑	y = 0.003x + 2.426 R² = 0.056 ↓	
ارتفاع میانی – II، ۸۰۰ تا ۸۰۹ متر		y = -0.002x + 2.634 R² = 0.041 ↑		y = -0.003x + 2.706 R² = 0.051 ↑	y = 0.002x + 2.588 R² = 0.020 ↓
ارتفاع بالا – III، ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ متر		y = -0.004x + 2.769 R² = 0.092 ↑	y = -0.001x + 2.551 R² = 0.015 ↑	y = -0.004x + 2.636 R² = 0.108 ↑	

↑: نرخ میزان افزایشی رشد پهنای دوایر رویشی» ↓: نرخ میزان کاهشی رشد پهنای دوایر رویشی

ارتباط (Pearson Correlation) تغییرات پهنای دوایر رویشی در بین گونه‌ها و در سطوح ارتفاعی مختلف مورد تجزیه آماری قرار گرفت و نتایج حاصل از آن در جدول٤ ارائه شده است.

جدول٤- ارتباط (Pearson Correlation) روند تغییرات بین گونه‌ای

گونه	منطقه ارتفاعی	بلوط	ممرز	توسکا	راش	افرا
بلوط	I		-	+	-	
	II					
	III					
ممرز	I	-		+	+	
	II				-	-
	III			+	+	
توسکا	I	+	+		-	
	II					
	III		+		-	
راش	I	-	+	-		
	II		-			-
	III		+	-		
افرا	I					
	II		-		-	
	III					

به‌منظور تعیین ارتباط آماری (Pearson Correlation) تغییرات پهنای دوایر رویشی در گونه‌های مختلف و عوامل اقلیمی شامل بارش و دما در فصول مختلف و نیز تغییرات سالانه، در سطوح ارتفاعی سه‌گانه مورد بررسی، داده‌های مورد نظر مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و نتایج حاصل در جدول۵ منعکس شده است.

جدول۵- ارتباط (Pearson Correlation) روند تغییرات تولید گونه‌ها با عوامل اقلیمی (بارش و دما)، در فصول و مناطق ارتفاعی مختلف

عوامل اقلیمی	فصل	منطقه ارتفاعی	بلوط	ممرز	توسکا	راش	افرا
بارش	بهار	I	−	−	+	+	
		II		+		−	+
		III		−	−	+	
	تابستان	I	−	−	−	+	
		II		−		−	+
		III		−	+	−	
	پائیز	I	−	+	−	+	
		II		+		−	+
		III		+	−	+	
	زمستان	I	−	−	+	−	
		II		=		−	+
		III		−	−	−	
	جمع سالانه	I	−	−	−	+	
		II		+		−	+
		III		−	−	−	
دما	بهار	I	+	−	+	−	
		II		+		+	−
		III		−	+	−	
	تابستان	I	−	+	+	+	
		II		−		+	−
		III		+	+	+	
	پائیز	I	+	−	+	+	
		II		+		−	−
		III		−	+	+	
	زمستان	I	+	+	+	+	
		II		+		+	−
		III		+	+	−	
	متوسط سالانه	I	−	+	+	+	
		II		−		+	−
		III		+	+	+	

در طول سالهای مورد مطالعه تغییرات فصلی و سالانه دما و بارش مورد تجزیه آماری قرار داده شد و ارتباط آماری (Pearson Correlation) آنها در جدول٦ آورده شده است.

جدول٦- ارتباط (Pearson Correlation) روند تغییرات بارش با دما در فصول مختلف و طول سال

عوامل اقلیمی	فصول	بارش					دما				
		بهار	تابستان	پائیز	زمستان	جمع سالانه	بهار	تابستان	پائیز	زمستان	متوسط سالانه
بارش	بهار		+	+	+	+	−	−	−	+	−
	تابستان	+		+	+	+	+	−	−	+	+
	پائیز	+	+		+	+	−	+	()	+	+
	زمستان	+	+	+		+	−	+	+	+	+
	جمع سالانه	+	+	+	+		−	−	+	+	+
دما	بهار	−	+	−	−	−		+	+	+	+
	تابستان	−	−	+	+	−	+		+	+	+
	پائیز	−	−	()	+	+	+	+		+	+
	زمستان	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	متوسط سالانه	−	+	+	+	+	+	+	+	+	

جدول٦ ارتباط تغییرات میزان بارش و دما را در فصول مختلف و نیز در مجموع سالانه نشان می‌دهد. براساس این جدول، بطور مثال چنین می‌توان استنتاج نمود که جمع سالانه بارش با متوسط دمای سالانه ارتباط آماری مثبت دارند، و این نتیجه برای فصول پائیز و زمستان نیز مصداق دارد، درصورتی‌که برای فصول بهار و تابستان ارتباط منفی است.

با توجه به اهمیت و حساسیت گونه راش، ارتباط و مقایسه تغییرات رشد دوایر رویشی و بارش سالیانه در سه منطقه ارتفاعی، با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفتند و نتاج بدست‌آمده در قالب سه گراف در شکل٤ ارائه شدند. پهنای دوایر رویشی راش در منطقه ارتفاعی پائین (I) از ۲/٦۰٦ میلیمتر در سال ۱۳۳۳ به ۲/٤٤۱ میلیمتر در سال ۱۳۸۸ کاهش یافته است. یعنی در طول ۵۵ سال میزان روند رویش پنهای دوایر ۰/۱٦۵ میلیمتر (۰/۰۰۳ X ۵۵) کاهش یافته است (شکل٤ – گراف پائین). اما پهنای دوایر رویشی راش در منطقه ارتفاعی میانی (II) از ۲/۳۹ میلیمتر در سال ۱۳۳۳ به ۲/۸۳ میلیمتر در سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. یعنی در طول ۵۵ سال میزان روند رویش پهنای دوایر ۰/٤٤ میلیمتر (۰/۰۰۸ X ۵۵) افزایش یافته است (شکل٤ – گراف میانی). پهنای دوایر رویشی در راش در منطقه ارتفاعی بالا (III) تغییر قابل اشاره‌ای نداشته است (شکل٤ – گراف بالایی). به‌طوری‌که درختان مورد بررسی دارای سن تقریبا" یکسان بودند.

منحنی تغییرات فصلی بارش در ایستگاه تیرتاش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل در شکل۵ ارائه شده

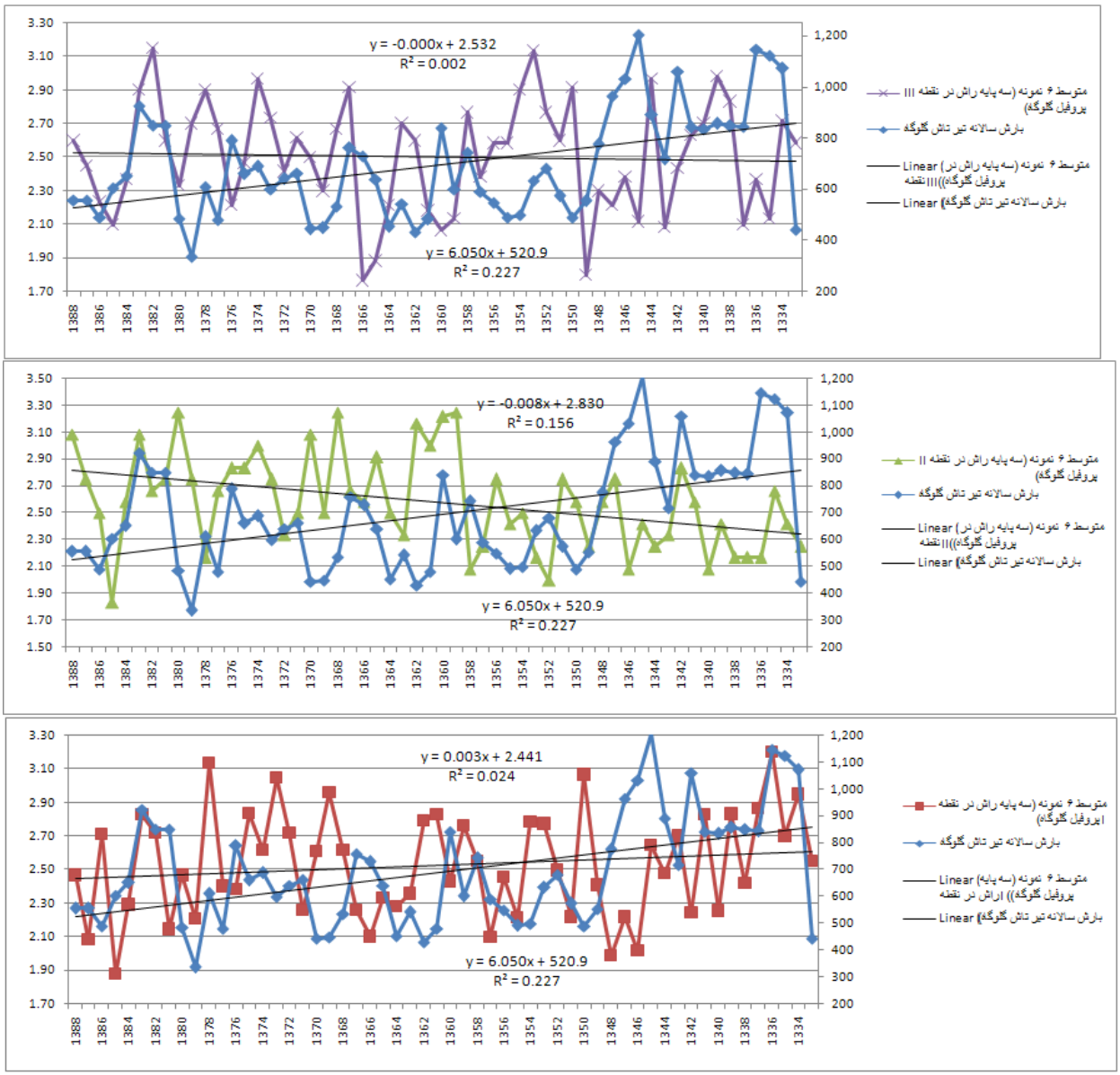
است. همچنین نتایج بررسی تغییرات فصلی دما در قالب شکل٦ ارائه شده است.

روند تغییرات کاهشی مجموع بارش سالانه در طول ۵۹ سال (۸۸- ۱۳۳۰) با روند تغییرات کاهشی آن در طول ٥٤ سال (۸۸- ۱۳۳٤) تفاوت مختصری دارد. به‌منظور هماهنگ‌سازی داده‌های موجود از دوره ٥٤ ساله استفاده شده است. منحنی روند (ترند) کاهش تغییرات مجموع بارش سالانه در طول ٥٤ سال (۸۸ – ۱۳۳٤) در ایستگاه تیرتاش – گلوگاه در شکل۷ ارائه شده است. براساس آمار ثبت در این ایستگاه میزان بارش سالانه از سال ۱۳٤٥ که بیشترین مقدار عددی را داشته تا سال۱۳۵۰ سیر نزولی داشته و پس از نوسانهای مختلف در سال ۱۳۷۸ کمترین میزان بارش سالانه را ثبت کرده است.

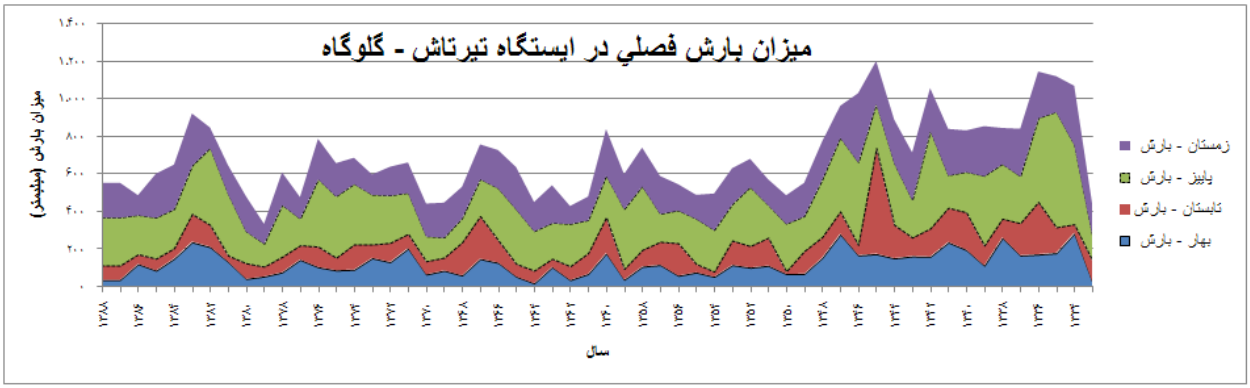
همچنین تغییرات متوسط دمای سالانه روند (ترند) افزایشی داشته و میزان تغییرات دما در هر سال (۰/۰۱۱ درجه سانتیگراد) افزایش نشان می‌دهد. یعنی میزان متوسط دمای سالانه از (۱٦/۷۳٦ درجه سانتیگراد) در سال ۱۳۳٤ به میزان (۱۷/۳۳ درجه سانتیگراد) در سال ۱۳۸۸ افزایش پیدا کرده است. این بدان معنی است که متوسط دمای سالانه در طول ٥٤ سال به میزان (۰/٥۹٤ درجه سانتیگراد) افزایش پیدا کرده است (٥٤ X ۰/۰۱۱).

در منطقه ارتفاعی پائین (I) تغییرات پهنای دوایر رویشی راش روند (ترند) کاهشی و توسکا روند افزایشی را نشان می‌دهد. در این منطقه رویشی دوایر رویشی ممرز نیز روند افزایشی رشد را نشان می‌دهد.

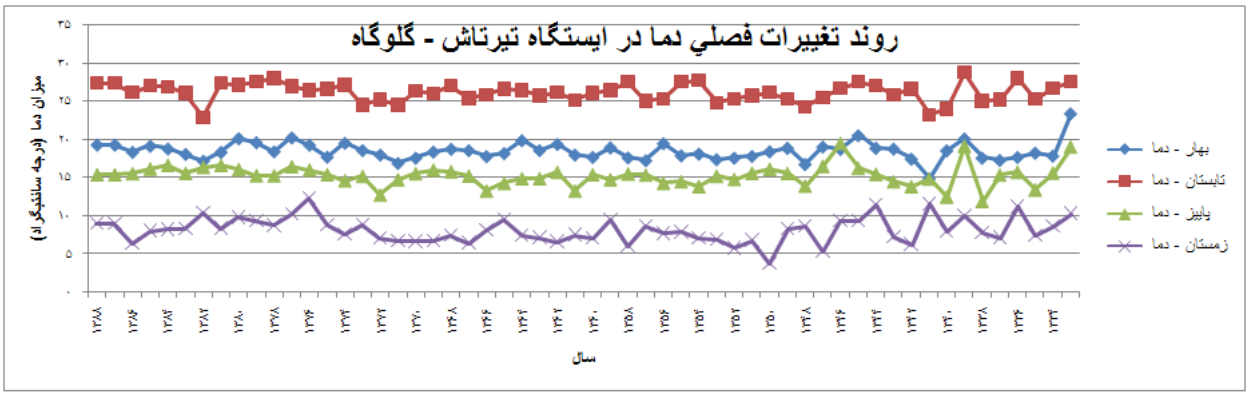
تغیرات پهنای دوایر رویشی گونه‌های افرا، راش و ممرز در منطقه ارتفاعی میانی (II) در طول ۷۹ سال گذشته (۸۸ – ۱۳۱۰) در شکل۱۰ ارائه شده است.



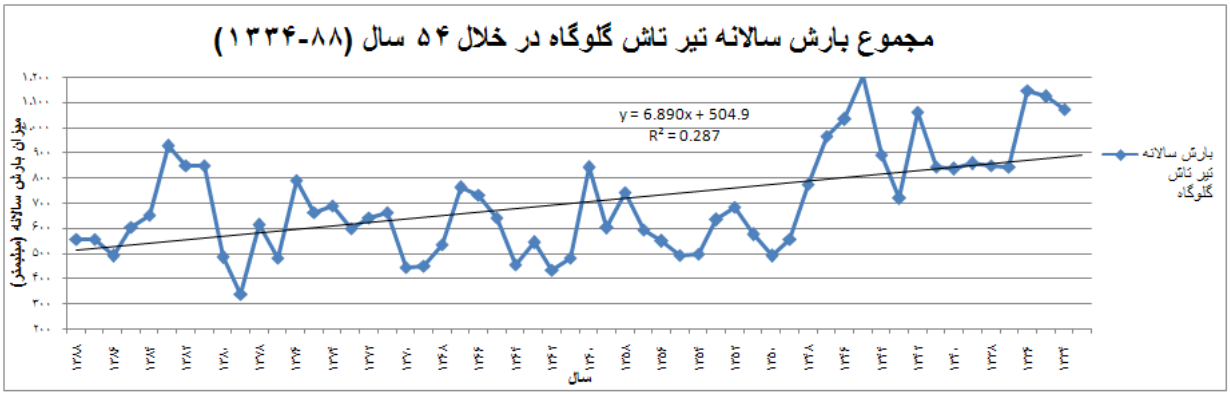
شکل٤- ارتباط بارش سالیانه با پهنای دوایر رویشی راش در مناطق ارتفاعی پائین I، میانی II و بالا III



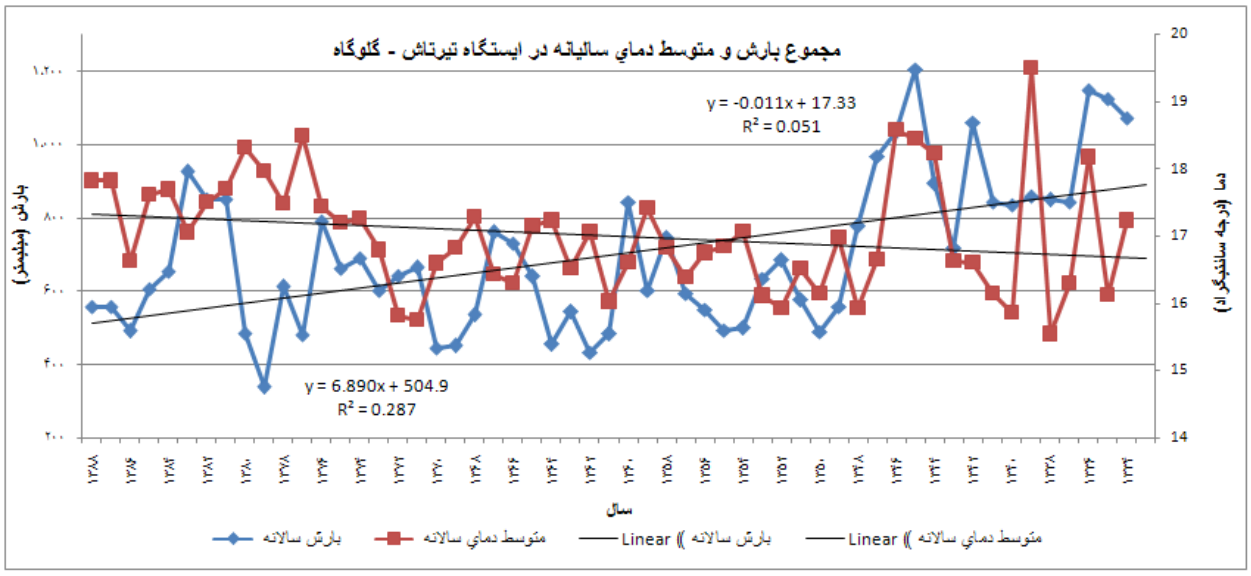
شکل٥- روند تغییرات بارش در فصول بهار، تابستان، پائیز و زمستان



شکل٦- روند تغییرات دما در فصول بهار، تابستان، پائیز و زمستان

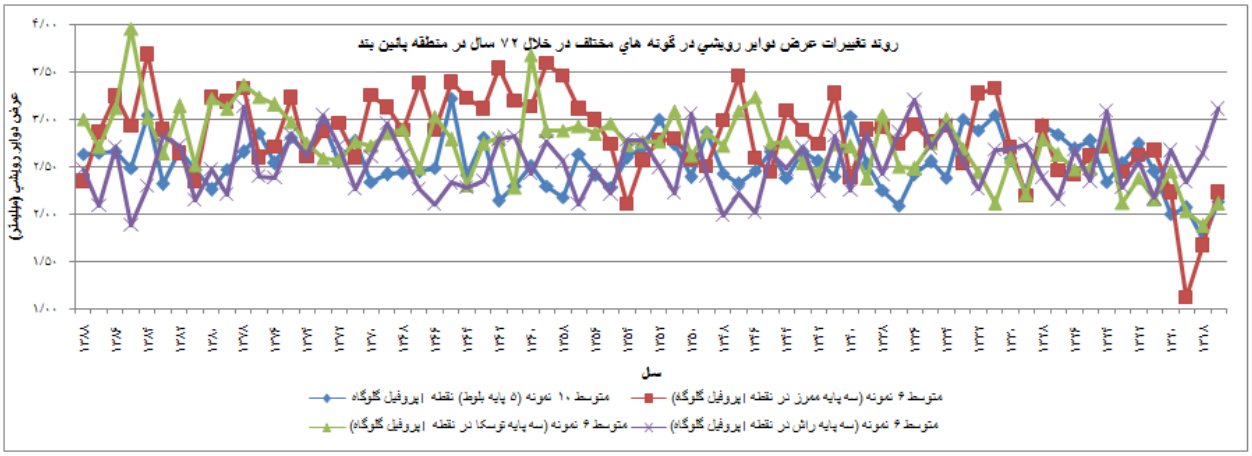


شکل۷- روند کاهشی تغییرات مجموع بارش سالانه در طول ٥٤ سال (۸۸- ۱۳۳٤)

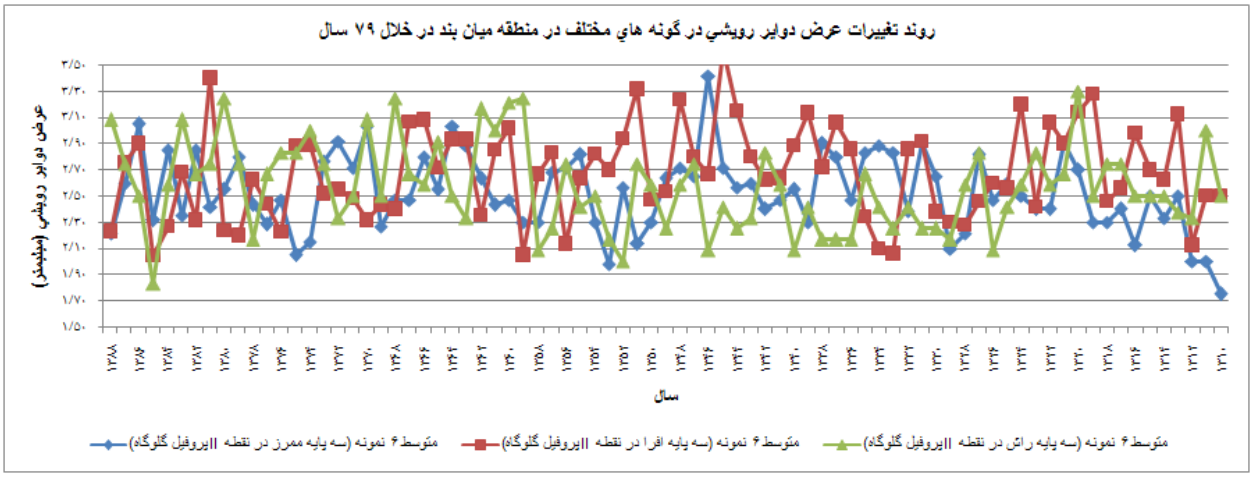


شکل۸- روند تغییرات کاهشی مجموع سالانه بارش و افزایشی متوسط دمای سالانه در طول ٥٤ سال (۸۸-۱۳۳٤)

تغییرات پهنای دوایر رویشی گونه‌های راش، توسکا، بلوط و ممرز در منطقه ارتفاعی پائین (I) در طول ۷۲ سال (۸۸ – ۱۳۱۷) در شکل۹ ارائه شده است.



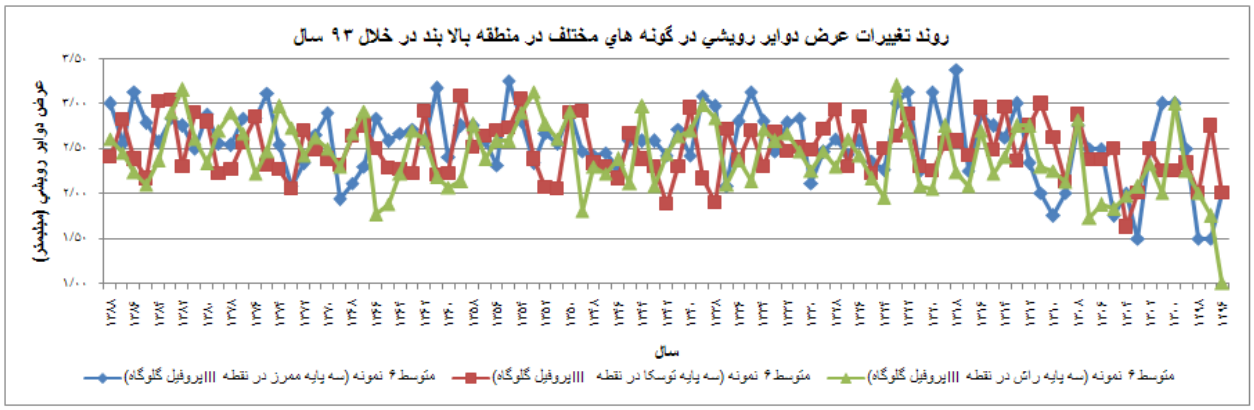
شکل۹- روند تغییرات پهنای دوایر رویشی در گونه‌های مختلف (منطقه ارتفاع پائین I) در طول ۷۲ سال (۸۸-۱۳۱۷)



شکل۱۰- روند تغییرات پهنای دوایر رویشی در گونه‌های مختلف (منطقه ارتفاع میانی II) در طول ۷۹ سال (۸۸-۱۳۱۰)

در منطقه ارتفاعی میانی (II) تغییرات پهنای دوایر رویشی راش روند (ترند) افزایشی و تغییرات پهنای دوایر رویشی افرا روند (ترند) کاهشی را نشان می‌دهد. در این منطقه رویشی ممرز نیز روند افزایشی را نشان می‌دهد.

تغییرات پهنای دوایر رویشی گونه‌های ممرز، توسکا و راش در منطقه ارتفاعی بالا (III) در طول ۹۳ سال (۸۸ – ۱۳۰۱) در شکل۱۱ ارائه شده است.



شکل۱۱- روند تغییرات پهنای دوایر رویشی در گونه‌های مختلف (منطقه ارتفاع بالا III) در طول ۹۳ سال (۸۸-۱۳۰۱)

در منطقه ارتفاعی بالا (III) تغییرات پهنای دوایر رویشی راش به‌همراه تغییرات رویشی ممرز روند (ترند) افزایشی را نشان می‌دهند، و در این منطقه تغییرات پهنای دوایر رویشی توسکا نیز به‌صورت خیلی مختصر (در مقایسه با راش) روند افزایشی را نشان می‌دهد.

نتایج ارائه شده بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌های مورد (Abdi, 2003) نظر با بکارگیری نرم‌افزارهای Excel، SAS ، SPSS، Minitab و تحلیل آماری آنها انجام شده است (ANOVA, Pearson Correlation, etc.) و نتایج حاصل در قالب جدولهای٦ – ۳ و شکل‌های۱۱ – ٤ ارائه شدند.

بحث

اقلیم‌های مختلف باعث بوجود آمدن اکوسیستم‌های متفاوت می‌شوند. اکوسیستم‌های گوناگون زیست‌توده‌های متنوعی را ایجاد می‌نمایند. میزان تولید زیست‌توده در هر اکوسیستم می‌تواند تا حدودی به‌عنوان برایند واکنش یک اکوسیستم نسبت به عوامل محیطی و اقلیمی محل رویش آن مورد توجه قرارگیرد (Jafari 2010b). افزایش بهره‌وری ناشی از تغییرات اقلیمی در اکوسیستم‌های جنگلی، منجر به افزایش زیست‌توده و در نتیجه ذخیره کربن می‌شود (Keeling H.C. and O.L. Phillips, 2007). اگرچه برای درک بهتر ارتباط بهره‌وری در اکوسیستم‌های جنگلی و زیست‌توده این اکوسیستم‌ها نیاز به مطالعات دقیق‌تری دارد (Keeling H.C. and O.L. Phillips, 2007). اما بعضی از مدارک بدست‌آمده از مطالعات دوایر رویشی، محدودیت نقش تغذیه‌ای (کوددهی) دی اکسید کربن را بر اکوسیستم‌های جنگلی در طول قرن بیستم بیان می‌کنند (Gedalof and Berg, 2010). به‌طوری‌که در نواحی معتدل و مناطقی که گیاهان سالانه فصل‌های سرد و گرم را تجربه می‌کنند، درختان اثرات تغییرات اقلیمی و محیطی را در دوایر رویشی سالانه خود ذخیره می‌نمایند. روش گاه‌شناسی درختی افزون‌بر کاربردهای متنوعی که دارد می‌تواند در برآورد بهره‌وری اکوسیستم‌های جنگلی نیز بکار گرفته شود. درخت و تولید چوب به‌عنوان بخش اصلی تولید زیست‌توده در اکوسیستم‌های جنگلی به‌حساب می‌آید. اندازه‌گیری دوایر رویشی درختان ثبت داده سازگاری با بهره‌وری گذشته جنگل را فراهم می‌نماید (Beck, *et al.*, 2011). افزایش میزان بهره‌وری در جنگلهای سردسیری آمریکای شمالی در اکوتون بورآل-تندرا براساس بررسی دوایر رویشی گونه‌های غالب (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P) این جنگل‌ها استنتاج شده است (Beck, *et al.*, 2011). شرایط اقلیمی متفاوت در مناطق مختلف جغرافیایی، بطور تصادفی بوجود نمی‌آید، و به‌نظر می‌رسد

به‌شدت به الگوهای اقلیمی بستگی دارد (Barnes *et al*., 1998). تولید زیست‌توده در مناطق با اقلیم سرد و خشک نسبتا" پایین و به سرعت با افزایش دما و بارش افزایش می‌یابد (Lieth, 1973, Barnes *et al*., 1998). در بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر روی اکوسیستم‌های طبیعی از روشهای مختلفی استفاده می‌شود (Jafari 2010a). روش گاه‌شناسی درختی به‌عنوان روشی قابل اطمینان در ارزیابی این نوع اثرات معرفی شده است (Jafari 2010a). تجزیه و تحلیل دوایر رویشی درختان در رابطه با بهره‌وری اکوسیستم‌های جنگلی مورد استفاده قرار گرفته است (Taylor, 1981 و Graumlich, and Brubaker, 1987).

بررسی تغییرات پهنای دوایر رویشی درختان اگرچه ممکن است مقدار مطلق بهره‌وری را معین نکند (Babst *et al.*, 2013) و در رابطه با بهره‌وری و تولید ناخالص اولیه اکوسیستم‌های جنگلی ارتباط معنی‌داری نداشته باشد (Rocha et al. 2006) اما ارتباط آن با بهره‌وری و تولید خالص اولیه مورد تأیید قرار گرفته است (Coops *et al*. 1999, Rocha *et al*. 2006). در جنگلهای سردسیری ارتباط معنی‌داری بین حداکثر دانسیته چوب پایان دوایر سالیانه و شاخص گیاهی (NDVI) بدست آمده است (D'Arrigo *et al*., 2000).

واکنش درختان نسبت به تغییرات اقلیمی و محیطی در ارتفاعات مختلف و شرایط دمایی و رطوبتی گوناگون متفاوت است. با توجه به نیازهای اکولوژیک درختان، پاسخ‌های آنها به شرایط اقلیمی و محیطی محل رویششان، تیپ جنگلی و ترکیب گونه‌ها بستگی دارد. در مقایسه گونه‌های مورد مطالعه راش، بلندمازو، ممرز، توسکا و افرا، افزایش نسبی رویش یک گونه درختی نسبت به سایر درختان در هر یک از نقاط ارتفاعی مورد بررسی، مبین ترجیح نیاز اکولوژیک به رویشگاه‌های مختلف و امکان تطبیق و سازگاری با شرایط جدید است که احتمالا" بوجود آمده است.

تغییرات اقلیمی بصورت کوتاه مدت، میان مدت و نیز بلند مدت بر روی اکوسیستم‌های جنگلی اثر می‌گذارد. در مناطقی که روند تغییرات اقلیمی و محیطی یکنواخت و ادامه‌دار است، اثرات آن با وضوح بیشتری قابل ملاحظه می‌باشد، و تغییرات معنی‌داری در درختان بوجود می‌آید. اثر گذاری تغییرات اقلیمی با توجه به سرشت گونه‌های درختی اثرات متفاوتی را درپی خواهد داشت. به‌طوری‌که بعضی از گونه‌ها نسبت به تغییرات بارش و یا دما حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند.

تغییرات عوامل و عناصر اقلیمی ازجمله دما، بارش، رطوبت و یا باد ممکن است اثرات منفی و یا مثبت در رشد درختان جنگلی داشته باشند. براساس نتایج بدست‌آمده در تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در منطقه ارتفاع پائین (I)، تغییرات اقلیمی بوجود آمده بر روی رشد گونه راش تأثیر منفی داشته و باعث کاهش رشد دوایر رویشی شده است. عرض دوایر رویشی از ۲/٦۰٦ میلیمتر در سال ۱۳۳۳ به ۲/٤٤۱ در سال ۱۳۸۸ کاهش یافته است. این تغییرات، رشد سایر گونه‌ها را (بلوط، ممرز و توسکا) را بطور نسبی افزایش داده است (جدول۳).

درصورتی‌که رشد دوایر رویشی راش در منطقه ارتفاعی میانی (II) و بطور خیلی مختصر در ارتفاع بالا (III) افزایش را نشان می‌دهد (شکل٤). عرض دوایر رویشی در منطقه ارتفاعی میانی از ۲/۳۹ میلیمتر در سال ۱۳۳۳ به ۲/۸۳ میلیمتر در سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است. همچنین بجز افرا که در ارتفاع میانی دارای رشد کاهشی است، سایر گونه‌ها در ارتفاع میانی و ارتفاع بالا، افزایش رشد نسبی داشته‌اند. (جدول۳). این در صورتی است که رشد دوایر رویشی را بصورت مجزا بررسی کنیم، و اگر ارتباط آماری بین گونه‌ها (Pearson Correlation) را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم به رقابت بین گونه‌ها (جدول٤)، و واکنش متفاوت آنها به تغییرات عوامل اقلیمی در فصول مختلف (جدول۵)، پی خواهیم برد.

در منطقه مورد مطالعه در طول ٥٤ سال روند تغییرات میزان مجموع بارش سالیانه ۳۷۲ میلیمتر کاهش و روند تغییرات دما میزان ۰/۵۹ درجه سانتیگراد افزایش را نشان می‌دهد. رفتارهای رویشی متفاوت این گونه‌های درختی و واکنش آنها نسبت به تغییرات اقلیمی و محیطی، بیان‌کننده تفاوت عملکرد یک گونه معین در مقابل عوامل بیرونی (اقلیمی) و درونی (رقابت) در ارتفاعات مختلف می‌باشد. سرشت گونه‌ها در بروز این تفاوت‌ها مؤثر هستند. پهنای دوایر رویشی راش در منطقه ارتفاع پائین (I) در طول ۵۵ سال کاهش یافته است، اما عرض دوایر رویشی این گونه در منطقه ارتفاع میانی (II) در همین مدت افزایش یافته است. البته پهنای دوایر رویشی این گونه در منطقه ارتفاع بالا (III) تغییر قابل اشاره‌ای نداشته است.

بنابراین بررسی روند تغییرات بارش و دما، بصورت فصلی و سالانه نشان داده است که ارتباط این دو عنصر مهم در شکل‌گیری اقلیم در فصول مختلف متفاوت می‌باشد (جدول٦). به‌طوری‌که گونه‌ها متناسب با سرشت خود نسبت به تغییرات واکنش نشان می‌دهند (Grime, 1966) و با بهره‌مندی مطلوب از این تغییرات بهره‌وری خود را افزایش می‌دهند.

منابع مورد استفاده

References

Abdi, H., 2010. Partial least squares regression and projection on latent structure regression (PLS Regression). Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2(1): 97–106

Anonymous, 2011a. Appalachian Tree Ring Lab, Department of Geography and Planning, Appalachian State University, Dendroecology lab, available from: http://www.geo.appstate.edu/facilities-equipment/dendroecology-lab. Accessed: 1 Oct. 2012

Anonymous, 2011b. Laboratory of Tree-Ring Research, UAScience, The University of Arizona, Tucson Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research, Dendroecology, and Summer Pre-Session 2007, 14 May-1 June, Course Syllabus, available from: http://www.ltrr.arizona.edu/ecology/. Accessed: 3 Oct. 2012

Anonymous, 2011c. Ecosystem Dynamics, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Instituts für Botanik und Landschaftsökologie, available from: http://biogeo.botanik.uni-greifswald.de/index.php?id=9. Accessed: 10 Oct. 2012

Anonymous, 2011d. Dendroecology. The Yale School of Forestry & Environmental Studies, available from: https://classes.yale.edu/02-03/fes519b/methods-2003/Methods_and_ Results/ dendrodef.html.

Arbeitsgebiete, 2011. Dendroecology and Dendroclimatology. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), Institute for Wood Biology and Wood Protection, Leuschnerstraße 91, D-21031 Hamburg, University of Hamburg, Department of Wood Science, Division Wood Biology, Leuschnerstraße 91, D-21031 Hamburg, available from: http://www.bfafh.de/inst4/42/oekoklim1.htm.

Axelrod, D. I., 1983. Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary Province. Annals of the Missouri Botanical Garden, 70(4): 629-657.

Badeau, V.t., Becker, M., Bert, Didier, Dupouey, Jean-Luc, Lebourgeois, FranÇois and Picard, Jean-FranÇois, 1996. Long-term growth trends of trees: Ten years of dendrochronological studies in France (INRA), in: Spiecker, H.; Mielikäinen, K.; Köhl, M.; Skovsgaard, J. (Eds),"Growth trends in European Forests": studies from 12 countries, European forest institute research report, 5 European Forest Institute, 372 p.

Barnes, B. V., Zak Donald, R., Denton Shirley, R., and Spurr, S. H., 1998. Forest Ecology, 4th Edition, John Willey & Sons, Inc., 774 p.

Di Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F., Blasi, S., Portoghesi, L. and Piovesan, G., 2010. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy. Annals of Forest Science, 67(7): 706 p.

Drobyshev, I., Övergaard, R., Saygin, I., M., Niklasson, M., Hickler, T., Karsson, M. and Sykes, M.T., 2010. Masting behavior and

Science Research, 27(4): 690-706.

Lieth, H. 1973. Primary production in terrestrial ecosystems. Human Ecology, 1: 303-332.

Nuhoglu, Y., 2006. A new approach to air pollution determination using annual rings: dendro-chemical elemental analysis of annual rings by SEM-EDS. Polish Journal of Environmental Studies, 15: 111-119.

Salehi Shanjani, P. and Sagheb-Talebi, KH., 2006. Genetic differentiation of Caspian beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests from European and Asian Minor beech (*Fagus* sp.) stands. Iranian Journal of Natural Resources, 58(4): 779-791.

Salehi Shanjani P. and Vendramin G.G. 2008. Genetic differentiation between generations of

beech (*Fagus orientalis* Lipsky) populations in Caspian forests, Iranian Journal of Biology, 20: 50-60.

Salehi Shanjani, P., Assareh, M.H. and Calagari, M., 2011. Genetic differentiation among the forked and monopodial beech (*Fagus orientalis* Lipsky) groups. Iranian Journal of Biology, 24(5): 752-765.

Sheppard, Paul R., Ort, Michael H., Anderson, Kirk C., Elson, Mark D., Vazquez-Selem, Lorenzo, Clemens, Angelika W., Little, Nicole C. and Speakman, Robert Jeff 2008. Multiple Dendrochronological Signals Indicate the Eruption of Parícutin Volcano, Michoacán, Mexico. Tree-Ring Research, 64(2): 97-108.

Swetnam, T. W., Allen, C.D. and Betancourt, J.L., 1999. Applied historical ecology: Using the past to manage for the future. Ecological Applications, 9: 1189-1206.

dendrochronology of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in southern Sweden. Forest Ecology Management, 259: 2160-2171.

Fritts, H. C., and Swetnam, T. W., 1989. Dendroecology: A tool for evaluating variations in past and present forest environments. Advances in Ecological Research, 19: 111-188.

Grime, J. P. 1966. Shade avoidance and shade tolerance in flowering plants. In: R. Bainbridge, G. C. Evans, and O. Rackham (eds.), Light as an Ecological Factor. Blackwell, Oxford, England: 281-301.

Jafari, M., 2008a. Investigation and analysis of climate change factors in Caspian Zone forests for last fifty years, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(2): 314-326.

Jafari, M., 2008b, Thunder and storm fluctuations in the Caspian region over the last half century. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(4): 583-598.

Jafari, M., 2010a. Climate change impact on Iranian ecosystems, with review on climate change study methods. Publication. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 332 p.

Jafari, M. 2010b. Net Primary production (NPP) changes in Iranian forest, rangeland and desert ecosystems impacted by climate change as doubling CO_2 concentration, presented in 4rCCC 2010 (4^{th} Regional Conference on Climate Change Proceeding).

Jafari, M., 2012. New Method approach to dendroecological studies: Climate change impact on forest' wood production in Astara (Guilan), Iranian Journal of Wood and Paper

Impact of climate and environmental changes on forest ecosystem's productivity (case study: Galugah)

M. Jafari[1*] and S. Khorankeh[2]

[1*] - Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
Email: mostafajafari@rifr-ac.ir.

[2]- Senior Research Expert, Agricultural and Natural Resources Research Centre of Mazandaran province, Sari, I.R. Iran.

Received: 22.10.2012 Accepted: 28.01.2013

Abstract

According to the results of the current research, a new approach in application of dendrochronology, using broadleaved tree rings, as main element of productivity, to evaluate forest ecosystem productivity, has been introduced. In this investigation, tree ring widths of sample cores which have been taken by borer from various species at different elevations, have been analyzed to evaluate their productivity and possible competitions between species. Ecological application of dendrochronology is main aspect of this study. Results provided in this research, are part of a wide range of dendrochronology study which have been taken during more than six years (started in 2006) to consider climate change impacts on Hyrcanian forest ecosystems. Target species in this study are beech tree (*Fagus orientalis* Lipsky), oak (*Quercus castanaefolia* C. A. Mey.), hornbeam (*Carpinus betulus* L.), alder (*Alnus subcordata*), and maple (*Acer velutinum*), which have been selected in Galugah forest district in Mazandaran province. After visiting the forest site and considering the adapting maps, sample cores were collected along a transect line (profile) at three elevation levels, namely 350, 800, and 1380 meters above sea level. Target trees were more or less at same ages. In the study region, during the last 54 years, precipitation trend shows a decrease by 372 mm and temperature trend shows an increase by 0.59 ^{o}C. Variability in different species responses to inner (competition between species) and outer elements (environmental and climatic changes), at various elevations are highly dependent on species' nature. Tree ring widths of *Fagus orientalis* Lipsky in low elevation during last 55 years has decreased, but tree ring widths of this species in medium elevation in the same period has increased. Tree ring widths of beech tree in high elevation have not changed significantly.

Keywords: Dendrology, Broadleaved, temperature, precipitation, altitude, competition