فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۷ شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۴۲۱-۴۰۴، (۱۳۸۸)

بررسی رویش راش خزر (*Fagus orientalis* Lipsky) با استفاده از تحلیل سریهای زمانی

محمد امینی[1*]، خسرو ثاقب طالبی[2]، منوچهر نمیرانیان[3] و روجا امینی[4]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران. پست الکترونیک: dr_moamini@yahoo.com
۲- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
٤- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
تاریخ دریافت: ۸۷/٤/۵ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۳

چکیده

گونه راش خزر *Fagus orientalis* Lipsky حدود ۲٤ درصد تعداد درختان و ۳۰ درصد حجم سرپا جنگلهای شمال ایران را تشکیل می‌دهد. تحقیق حاضر با هدف «بررسی امکان وجود نظم زمانی در رویش قطری درختان راش و تعیین رابطه ریاضی بین نوسانهای رویش با تغییر زمان» انجام شده است. بدین منظور فرضیه‌های: ایستا بودن، احتمال وجود اثر روند، تغییرات دوره‌ای و تغییرات تصادفی در سری داده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. برای این بررسی چهار اصله از قطورترین درختان سالم راش، انتخاب شد. میانگین قطر درختان نمونه، ۱۰۳ سانتی‌متر و بیشینه سن درختان نمونه ۳۵۰ سال بود. از هر درخت یک دیسک در ارتفاع برابرسینه تهیه گردید. پس از اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویش سالانه و پردازش داده‌ها با استفاده از تحلیل سریهای زمانی، نتایج به‌شرح زیر بدست آمد: در نمودار رویش شعاعی درختان نمونه بیش از یک روند دیده می‌شود؛ همبستگی بین افزایش سن و مقدار رویش جاری شعاعی سالانه، در سنین کمتر از ۱۲۰ سال، مثبت و در سنین بیشتر از آن منفی است؛ رویش شعاعی درختان در این دو دوره سنی، با معادله درجه سه بهترین برازش را دارد؛ رویش حجمی سالانه همواره روند مثبت دارد و متوقف نمی‌شود. در نمودارهای خودهمبستگی، نوسانهای رویش در تناوب یکساله بیشترین مقدار را نشان می‌دهند. سایر تناوبها به‌صورت نامنظم و کمتر از حدود معنی‌داری دیده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: راش، دیسک، روند، رویش، سریهای زمانی، مازندران.

مقدمه

در فرایند تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری در زمینه‌های مختلف علمی و اجرایی، گاهی ضرورت دارد که تأثیر تغییرات زمان بر تغییرات داده‌ها مورد بررسی قرار گیرد. به‌عنوان مثال، می‌توان از بررسی نوسانهای بارندگی یا دما در طول ماه‌های یک سال یا بین سالهای مختلف، تغییر میزان یک عنصر در خاکها یا گیاهان زراعی، مرتعی یا جنگلی در زمانهای مختلف، یاد نمود. یکی از زمینه‌های کاربرد تحلیل سریهای زمانی در علوم منابع طبیعی، مطالعات واقعه‌نگاری یا گاه‌شناسی درختی (Dendrochronology) (پارساپژوه و همکاران، ۱۳۸۰) است. مطابق نتایج تحقیقاتی که Druckenbrod (2005) بدست آورد، سریهای زمانی درختان در انعکاس دخالتهایی که از طریق نوسانهای رویشی نمود می‌یابند، کارایی مطلوب دارند و از این طریق می‌توان تاریخچه و شدت صدمات یا مداخلات در توده‌های جنگلی را بازسازی کرد. همچنین براساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، در صورت استفاده از تحلیل سریهای زمانی، در مقایسه با روشهای آماری ایستا (غیرزمانی)، عمق و گستره بیشتری برای پردازش داده‌های رویش

Archive of SID
www.SID.ir

درختان فراهم می‌شود. بنابراین در مقاله حاضر، ضمن ارائه نتایج تحقیق در مورد فرضیه «وجود نظم زمانی در رویش قطری درختان راش خزر و تعیین رابطه ریاضی بین نوسانهای رویش با تغییر زمان»، سعی شده است که متناسب با ظرفیت یک مقاله علمی، نحوه استفاده از تحلیل سریهای زمانی برای استفاده در پژوهشهای وابسته به زمان، توضیح داده شود.

براساس نتایج یک تحقیق بین تغییرات قطر در ارتفاع برابرسینه درختان راش با رویش قطری و سن رابطه معنی‌داری وجود ندارد، اما قطر با رویش حجمی رابطه مستقیم دارد (Piovesan *et al.*, 2005). یافته‌های Dittmar (2001) نشان می‌دهد که در عرضهای جغرافیایی پایین (ارتفاع از سطح دریا کمتر از ۶۰۰ متر)، تغذیه آبی، تناوب و فراوانی گلدهی در تعیین رویش شعاعی راش نقش دارند و در ارتفاعهای بالاتر از ۸۰۰ متر تابش نور و گرما اهمیت دارند. براساس تحقیقات Jalilvand *et al.* (2001) بین رویش راش و بارش سالانه در فصل رشد، همبستگی قوی (R^2=۰/۸۲) وجود دارد و دمای تابستان سال قبل نیز ازجمله مهمترین عوامل مؤثر بر رویش است. براساس توصیه Cescatti & Piutti (1999) به‌دلیل تأثیر شدید رقابت بر رویش درختان که حتی در مواردی اثر اقلیم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، بایستی در فرایند روند زدایی، به رقابت بین‌گونه‌ای و بین‌پایه‌ای توجه کافی مبذول شود. مطابق نتایج بررسیهای Bugmann *et al.* (2000) درختان راش زنده و خشک سرپا، الگوهای رشد متنوعی را نشان می‌دهند. در درختان خشک سرپا الگویی از رشد که به مرگ درخت منجر شود، بدست نیامد و کاهش رویش سالانه عاملی است که احتمالا در مرگ درختان نیز وجود دارد. Piovesan *et al.*, (2003) به این نتیجه رسیدند که در سریهای زمانی رویش راش با عمر حدود پنج قرن، خودهمبستگی درجه اول وجود دارد.

تعریف سریهای زمانی و انواع آنها: مشاهده‌های متوالی مربوط به یک پدیده در یک دوره معین از زمان، سریهای زمانی نام دارند (زالی و شبستری، ۱۳۷۳). به‌عبارت دیگر، یک سری زمانی، مجموعه‌ای از مشاهده‌ها یا نمونه‌هایی از یک فرایند تصادفی است که در طول زمان جمع‌آوری شده و برحسب زمان مرتب شده باشند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱). انواع سریهای زمانی عبارتند از: سریهای دوتایی (وقتی مشاهده‌های یک سری زمانی تنها یکی از دو وضعیت، حالت یا مقدار را اختیار نمایند)، سریهای نقطه‌ای (مجموعه‌ای از اتفاقات که با پراکنش تصادفی در یک دوره زمانی، مشاهده و ثبت شوند)، سریهای پیوسته (اطلاعات و مشاهده‌ها به‌طور پیوسته در زمان ثبت شوند یا اتفاق بیفتند، حتی وقتی متغیر اندازه‌گیری شده بتواند مجموعه گسسته ای از مقادیر را اختیار نماید، اصطلاح پیوسته بودن برای این نوع سری بکار می‌رود)، سریهای گسسته (مشاهده‌ها فقط در زمانهای معینی که معمولاً به فواصل مساوی از یکدیگر قرار دارند، اخذ شوند).

اهداف تجزیه و تحلیل سریهای زمانی: مهمترین اهداف تجزیه و تحلیل سریهای زمانی عبارتند از: توصیف، تشریح، پیش‌بینی و کنترل (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱؛ نیرومند، ۱۳۸٤). بنابراین تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، پایه و اساس درک این موارد است: الف) بررسی اوضاع گذشته، ب) ارزیابی وضع موجود، ج) برنامه‌ریزی برای آینده و د) مقایسه سریهای زمانی مختلف با یکدیگر.

شکل‌گیری سریهای زمانی (منشا تغییرات): تغییرات موجود در یک سری زمانی را می‌توان نتیجه تأثیر چهار عامل ذکر نمود: ۱) نوسانهای (روند) عددی، ۲) تغییرات فصلی، ۳) تغییرات دوره‌ای و ٤) تغییرات تصادفی.

روند عددی را می‌توان تغییر درازمدت در میانگین تعریف نمود. هرگاه یک عامل جدید و مهم به مجموعه عوامل موثر در یک سری زمانی افزوده شود یا یک عامل قدیمی حذف گردد، روند، تغییر ناگهانی را نشان می‌دهد (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

Archive of SID

www.SID.ir

تغییرات فصلی به‌طور متوالی، منظم و در فاصله‌های زمانی مشخص اتفاق می‌افتند. براساس این تعریف، سریهای زمانی فصلی، در فواصل معینی از زمان با طول مشخص، رفتار مشابهی را از خود نشان می‌دهند (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷).

تغییرات (نوسانها) دوره‌ای، افزایش و کاهش متناوب در یک فعالیت معین را به شکل مداوم نشان می‌دهند. این تغییرات به‌طور محسوسی کم‌تناوب‌تر از تغییرات فصلی هستند.

تغییرات تصادفی تغییراتی هستند که به‌صورت غیرمنتظره رخ می‌دهند و به‌علل غیرقابل پیش‌بینی مربوط می‌شوند. بنابراین نمی‌توان آنها را به روندهای عددی، تغییرات فصلی یا دوره‌ای منسوب کرد یا بدین وسیله مدل آنها را تعیین نمود (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

در واقع تفکیک انواع تغییرات شامل: روند، فصلی و دوره‌ای، با هدف به نظم درآوردن تغییرات مشاهده شده در یک سری زمانی صورت می‌گیرد. آنچه پس از انجام این فرایند باقی می‌ماند به تغییرات تصادفی مربوط می‌شود (زالی و شبستری، ۱۳۷۳).

بسیاری از سریهای زمانی، روند عددی مشخصی را نشان می‌دهند که تغییرات فصلی، تغییرات دوره‌ای و تغییرات تصادفی بر روی آن اضافه می‌شوند. بنابراین هر مشاهده از یک سری زمانی می‌تواند به‌عنوان جمع جبری این چهار جزء در نظر گرفته شود. جداسازی و بارز کردن قسمتهایی از تغییر کلی یک سری زمانی به هر یک از این چهار جزء مربوط می‌شود و اندازه‌گیری هر جزء به‌طور مستقل، از هدفهای اصلی تجزیه یک سری زمانی به‌شمار می‌روند (زالی و شبستری، ۱۳۷۳). روند عددی، گرایش اصلی و درازمدت یک سری زمانی را نشان می‌دهد (بدون در نظر گرفتن تغییرات تصادفی، تغییرات فصلی کوچک و تغییرات دوره‌ای بزرگ). تجزیه و تحلیل یک سری زمانی که تغییرات میانگین آن در درازمدت بروز می‌نماید (روند دارد) بستگی به هدف بررسی‌کننده دارد: الف) اندازه‌گیری مقدار روند و ب) حذف روند برای مراحل بعدی تجزیه و تحلیل سری زمانی.

ایستایی سری زمانی: هرگاه در یک سری زمانی تغییرات دوره‌ای حذف شده باشند و میانگین و واریانس تغییر منظمی را نشان ندهند، آن را سری زمانی ایستا (Stationary time series) می‌نامند. نظریه احتمال سریهای زمانی بیشتر بر سریهای زمانی «ایستا» متکی است. بنابراین در تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، برای استفاده از نظریه ایستایی لازم است سریهای ناایستا به سریهای ایستا تبدیل شوند. پس از حذف روند و تغییرات فصلی یا دوره‌ای می‌توان به‌وسیله یک فرایند تصادفی ایستا، تغییر در باقیمانده‌ها را با نظریه احتمال، الگوسازی نمود (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱). ایستا بودن سری زمانی مستلزم وجود دو شرط اساسی نرمال بودن و تصادفی بودن است (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷).

رسم نمودار سری زمانی و کاوش نوع معادله مناسب: برای رسم نمودار سری زمانی، بر روی محور افقی، زمان ثبت داده‌ها و بر روی محور عمودی، مقدار مشاهده‌ها قرار می‌گیرند. پس از انجام این مرحله، مهمترین خواص یک سری زمانی از قبیل: احتمال وجود روند، تغییرات فصلی، نوسانهای تصادفی، نقاط عطف و چرخشهای نمایانگر وجود الگوهای متفاوت در سری، ناپیوستگی‌ها و مشاهده‌های دور افتاده (نقاط بیرونی) یا قسمتهای مجزایی که به‌نظر نمی‌رسد با بقیه داده‌ها سازگار باشند، آشکار می‌شوند. مشاهده‌های دور افتاده یکی از دو حالت زیر را دربر می‌گیرد: الف) مشاهده معتبری که در تحلیل سری زمانی بایستی در نظر گرفته شود و ب) یک مشاهده نامربوط که ممکن است ناشی از خطاها باشد. در این صورت قبل از پیشروی در پردازش داده‌های سری زمانی، لازم است که مشاهده بیرونی با مقدار مورد انتظار تحت شرایط نرمال تعدیل شود (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

Archive of SID

www.SID.ir

پس از نمایش یک سری زمانی به‌صورت نمودار پراکنش نقاط، یک منحنی یا یک خط که به بهترین وجه با نقاط پراکنش متناسب شده باشد، جستجو می‌شود. بعد از مشخص نمودن خط روند، مقدار روند، یعنی مقادیری از مشاهده‌ها (Y) که در ازای تغییرات زمان (x) بدست می‌آیند، تعیین می‌گردد. برای تمام منحنی‌ها، تابع برازنده شده، یک اندازه‌گیری از روند را فراهم می‌کند و باقیمانده‌ها که تفاوت بین مشاهده‌ها و مقادیر متناظر منحنی برازنده شده می‌باشند، برآوردی از نوسانهای موضعی را فراهم می‌کنند (زالی و شبستری، ۱۳۷۳). معیارهای مناسب بودن نوع معادله عبارتند از: سطح معنی‌داری اثر جملات متفاوت عامل زمان، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تبیین تعدیل شده (Adjusted R^2)، کمترین مقدار خطای معیار رگرسیون (Se) و معنی‌دار بودن آزمون F (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷؛ ابریشمی و محمدی، ۱۳۷٤).

تبدیل سریهای زمانی: در فرایند تعیین مدل سری زمانی، در برخی موارد اعمال «تبدیل» بر روی سری داده‌ها ضرورت می‌یابد. یکی از این موارد، «ایستا کردن» سری است. منظور از ایستا کردن، ایجاد نوعی تعادل در نوسانهای داده‌های سری زمانی است. یکی از راههای برقرار کردن این تعادل، اعمال تبدیلات تثبیت کننده بر روی سری زمانی است (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷). ضرورتهای اعمال تبدیلات عبارتند از: پایدار کردن واریانس، به‌صورت جمع درآوردن اثر فصلی و تغییر آرایش داده‌ها به نوعی که توزیع نرمال داشته باشند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱). در هر صورت، پس از اجرای هریک از توابع (روشهای) تبدیل داده‌ها، سری زمانی جدیدی بدست می‌آید. سری جدید با آزمونهای ایستایی، رسم نمودار و بررسی روند مورد تحلیل قرار می‌گیرند. رایجترین روشها (توابع) تبدیل سریهای زمانی به‌شرح زیر می‌باشند:

میانگین متحرک (Moving average) : در این روش (تابع)، در ازای هر سال (مثلاً در سال x) به‌جای مقدار مشاهده در آن سال (Y_x)، میانگین چند سال مجاور آن (y_x) مطابق رابطه (۱) نوشته می‌شود (زالی و شبستری، ۱۳۷۳).

$$Y_x = (y_{x-1} + y_x + y_{x+1}) / 3 \qquad (۱)$$

گرچه انتخاب تعداد مشاهده‌های مجاور محدودیت خاصی ندارد و تابع هدف تحقیق و نظر محقق است، اما باید توجه داشت که این عمل، تعداد مشاهده‌های سری را به اندازه تعداد انتخاب مشاهده‌های مجاور آن کاهش می‌دهد. مثلاً میانگین متحرک هر سال با یک مشاهده عقب‌تر و یک مشاهده جلوتر از آن باعث می‌شود تا در ابتدا و انتهای سری از تعداد مشاهده‌ها به اندازه یک مورد کاسته شود. اگر نوسانها زیاد باشد می‌توان این عمل را یک مرتبه یا دو مرتبه دیگر نیز بر روی میانگین‌های محاسبه شده تکرار نمود تا آمار متعادل‌تری بدست آید (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷).

هموارسازی نمایی (Smoothing): با اجرای این تابع طی یک فرایند چند مرحله‌ای، تغییرات نامنظم سری زمانی حذف می‌شود و منحنی هموارتری برای آن بدست می‌آید. برآورد هر مشاهده به مقدار مشاهده‌های قبلی بستگی دارد و با ورود هر مشاهده جدید «بهنگام» می‌شود. ضریب تأثیر مشاهده جدید و مجموعه مشاهده‌های قبل از آن، مؤلفه‌های مدل را تشکیل می‌دهند.

مجموع تجمعی (Cumulative sum): در این روش، هر مشاهده از سری زمانی با مجموع تجمعی مقادیر قبلی سری (از ابتدا تا آن لحظه)، جایگزین می‌شود (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷).

تفاضل‌گیری (Difference): اگر یک سری زمانی تعادل آماری نداشته (ناایستا) باشد، اما رفتاری همگن از خود نشان دهد، می‌توان با اعمال این تابع به دفعات لازم، سری را به حالتی از تعادل آماری انتقال داد. با این کار مقدار هر مشاهده از مقدار مشاهده قبلی خود تفریق

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود. عمل تفاضل‌گیری، تعداد مشاهده‌های سری را در ابتدا و انتهای آن به تعداد مرتبه انجام تفاضل‌گیری کاهش می‌دهد. مثلاً تفاضل‌گیری مرتبه دو باعث می‌شود تا از ابتدا و انتهای سری دو مورد از تعداد مشاهده‌ها کاسته شود. معمولاً در مورد داده‌های غیرفصلی، تفاضلی کردن مرتبه اول برای رسیدن به ایستایی ظاهری کافی می‌باشد (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

تفاضل گیری فصلی: این تابع را در صورتی می‌توان بکار گرفت که دوره تناوب فصلی مشاهده‌ها به‌عنوان متغیر جداگانه‌ای معین شده باشد. به‌عبارت دیگر، آرایش داده‌ها و تناوب درج آنها به‌صورت فصلی تنظیم شده باشد. سریهای زمانی فصلی بر این فرض مبتنی می‌شوند که در فواصل (تناوب) معینی از زمان رفتار مشابهی را از خود نشان می‌دهند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

لگاریتمی کردن (Logarithmic): اگر در یک سری زمانی روند وجود داشته باشد و به‌نظر برسد که با افزایش میانگین، واریانس نیز تغییر می‌کند، در آن صورت باید داده‌ها تبدیل شوند. اگر انحراف معیار با میانگین نسبت مستقیم داشته باشد، یک تبدیل لگاریتمی مناسب است. اگر به‌نظر برسد که اندازه اثر فصلی با میانگین تغییر می‌کند، بایستی داده‌ها طوری تبدیل شوند که اثر فصلی به‌صورت ثابت درآید. اگر اندازه اثر فصلی با میانگین نسبت مستقیم داشته باشد، اثر فصلی را ضربی می‌نامند و با یک تبدیل لگاریتمی این اثر به‌صورت تجمعی در می‌آید (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

رسم نمودار خودهمبستگی سری زمانی: در فرایند تعیین مدل سری زمانی، پس از رسم مقدار هر مشاهده در مقابل تغییر زمان، می‌توان در مورد شکل کلی سری و نیز ایستایی یا ناایستایی آن اظهارنظر نمود. تناوب تکرار الگوی سری (موجی بودن شکل نمودار)، فصلی بودن آن را مشخص می‌سازد. از طرفی افزایش تدریجی مقدار سری نسبت به زمان، نشان از ناایستایی آن نیز دارد. برای تأئید این حدسها (فرضیه‌ها) رسم نمودار ضریب‌ها «خودهمبستگی» سری زمانی مفید به‌نظر می‌رسد (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱). «ضریب خودهمبستگی» (Autocorrelation) یا «ضریب همبستگی پیاپی»، میزان همبستگی بین مشاهده‌های متوالی را اندازه‌گیری می‌کند. به طریق مشابه، همبستگی مشاهده‌هایی که نسبت به یکدیگر فاصله زمانی معادل K دارند، قابل محاسبه است. در سریهای زمانی عامل K فاصله تناوب یا تکرار را نشان می‌دهد. شاخص این همبستگی را «ضریب همبستگی در تاخیر K» می‌نامند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱). فاصله یا گام تناوبی (r_k) نبایستی برای مقادیر بزرگتر از یک چهارم تعداد کل مشاهده‌ها محاسبه شود. به‌عنوان مثال، اگر در سری زمانی ۱۰۰ مشاهده وجود داشته باشد، تناوبهای ۱ و ۲۶ و ۵۱ و ۷۶ و ۱۰۱، گامهای ۲۵ تایی آن خواهد بود و طولانی‌تر کردن دامنه زمانی تکرارها (دوره بزرگتر از هر ۲۵ سال) درست نخواهد بود. در صورت استفاده از نرم‌افزار SPSS حدود معنی‌داری ضریب خودهمبستگی که از تقریب بارتلت (Bartlet) بدست می‌آید، در دو طرف نمودار ترسیم می‌گردد (شکلهای ۳ و ٤ و ۵). هر گام تناوب (r_k) که از حدود معنی‌دار بودن فراتر برود، نشانگر آنست که همبستگی بین مشاهده‌های سری زمانی تا آن مرتبه (یا آن تناوب) معنی‌دار است. یافتن مدل برای سری زمانی هنگامی معنی‌دار است که حداقل همبستگی «مرتبه یک» بین مشاهده‌های سری نهایی (ایستا شده) بوجود آید. مقدار ضریب خودهمبستگی در سریهای زمانی، مانند ضریب همبستگی بین دو متغیر تصادفی، بین ۱+ تا ۱- تغییر می‌کند. الگوی تغییرات گام تناوب (r_k) یکی از ابزارهای تعیین و تشخیص نوع مدل در سری زمانی است. اگر در مضربهای معینی از گام تناوب، بیشترین مقدار ضریب خودهمبستگی در بین سالهای مجاور دیده شود، همچنین وجود شکل موجی و نظم بین اندیس‌ها (r_k)، بیانگر فصلی یا دوره‌ای بودن سری زمانی مورد مطالعه خواهد بود. این مقدار ممکن است متناسب با زمان، افزایش یا کاهش داشته باشد. اگر ضریب‌های

Archive of SID

www.SID.ir

خودهمبستگی جزئی رسم شوند و مقدار اولین ضریب خودهمبستگی «یک» باشد، نشانه ناایستایی سری زمانی است. دو خط باریک موازی محور افقی نمودار، حدود معنی‌داری ضریب‌های خودهمبستگی جزئی را نشان می‌دهند. اگر مقادیر این ضریب‌ها خارج از این بازه (خط) قرار گیرند، همبستگی معنی‌دار است و باید سری تفاضل‌گیری شود. اگر سری فصلی باشد باید «تفاضل‌گیری فصلی» انجام شود. کاهش واریانس مشاهده‌ها، نشانه مناسب بودن مرتبه تفاضل‌گیری است، زیرا در این صورت نوسانهای نامعقول بین مشاهده‌ها کاهش می‌یابد. اگر بعد از تفاضل‌گیری فصلی، تفاوت بین مقادیر سری، زیاد باشد برای ایستا کردن کامل سری، یکبار تفاضل‌گیری غیرفصلی لازم به‌نظر می‌رسد. اگر انحراف معیار کاهش یافت (تغییرات بین مشاهده‌ها کاهش پیدا کرد) و ضریب‌های خودهمبستگی نسبت به سری اصلی کاهش نشان داد، به این مفهوم است که مشاهده‌ها به‌طور تصادفی در اطراف محور افقی (xها) نوسان دارند، بنابراین سری ایستا شده است و عمل تفاضل‌گیری متوقف می‌شود. در صورت ادامه دادن عمل تفاضل‌گیری (عادی و فصلی) اگر سری از ایستا شدن دور شد (افزایش واریانس نشانه بیشتر شدن اختلافات است)، باید عملیات متوقف شود. باید توجه داشت اگر یک یا چند مشاهده بیرونی در سری زمانی وجود داشته باشد، همبستگی‌نگار را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷؛ نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱).

بررسی تغییرات ادواری: مطالعه تغییرات ادواری و مطالعه تغییرات فصلی مشابه یکدیگر است. با این تفاوت که تغییرات ادواری به دوره‌های طولانی از زمان مربوط می‌گردد، اما تغییرات فصلی بر دوره‌های کوتاهتر دلالت می‌نماید. برای تعیین مدت زمان (طول) دوره‌ها، با مطالعه دقیق نمودار سری زمانی (دیاگرام پراکنش)، فاصله زمانی بین نقاط حداقل و حداکثر معلوم می‌شود. اغلب مطالعه تغییرات ادواری به‌علت تداخل دوره‌هایی با فواصل زمانی متناوب که مجزا نمودن هر دوره را مشکل می‌نماید، پیچیده است. بنابراین در یک سری زمانی فقط بخشی از یک دوره طولانی به‌صورت مجزا و منفرد مورد بررسی قرار می‌گیرد. روشهای معمول برای مجزا کردن یک دوره از سری زمانی با روش میانگین متحرک که برای مطالعه تغییرات فصلی بکار می‌رود، مشابه هستند. با کم کردن مقدار روند از میانگین متحرک مربوط به آن، مقادیر تغییرات تصادفی برآورد می‌شوند.

مواد و روشها

برای انجام این بررسی چهار اصله از قطورترین درختان راش که از نظر ظاهری سالم و فاقد عیوب تاج و تنه بودند، انتخاب شدند. این درختان در زمستان سال ۱۳۸۳ قطع گردیده و از هر درخت، یک دیسک در ارتفاع برابرسینه (۱/۳ متر) به‌صورت عمود بر محور طولی تنه درخت تهیه گردید. به‌منظور هموار کردن سطح دیسک‌ها از رنده و سمباده برقی استفاده شد. سطح بالایی دیسک‌ها در دو نوبت با سیلر رنگ‌آمیزی شدند تا حلقه‌های رویش سالیانه از شفافیت کافی برخوردار و آماده علامت‌گذاری و اندازه‌گیری شوند. بعد از تعیین مسیر اندازه‌گیری از پوست به سمت مرکز دیسک، با استفاده از «بین اکولار» دوچشمی و تاباندن نور مناسب، مرز حلقه‌های واقعی تشخیص داده شد و به‌وسیله قلم ترسیمی ۰/۲ میلی‌متر با رنگ مشکی، علامت‌گذاری گردید. اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی به‌صورت انفرادی (سالانه) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری از بین اکولار با عدسی چشمی مدرج (18mm, 10X) استفاده شد. درجات عدسی پس از کالیبره کردن، برای دقت یکدهم میلی‌متر تنظیم شد و پهنای حلقه‌های رویش با همین دقت اندازه‌گیری و در مقابل نشانی هر حلقه در فرم‌های اندازه‌گیری درج گردید. سپس پهنای حلقه‌های رویش سالیانه به‌ترتیبی که قرائت شده بود، در بانک اطلاعاتی نرم‌افزار $SPSS_{13}$ درج گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

در خروجی‌ها، نتایج مربوط به بررسیهای رویش شعاعی با واحد میلی‌متر ارائه شدند.

به‌منظور ایجاد آرایش زمانی داده‌ها، خارجی‌ترین حلقه به‌نام آخرین سال حیات درخت (۱۳۸۳) و سایرین نیز به‌ترتیب به طرف مرکز دیسک، سال‌گذاری تقویمی شدند. برای تعیین سن حلقه‌ها، نزدیکترین حلقه به مرکز دیسک به سن اول و سایر حلقه‌ها به‌ترتیب برای سالهای بعدی شماره‌گذاری شدند. سری داده‌ها از نوع گسسته و تناوب آنها سالانه می‌باشد. بعد از تشکیل سریهای زمانی چهار درخت نمونه، مشخصه‌های (بازه‌های) آماری آنها شامل: میانگین، بیشینه، کمینه، انحراف معیار و درصد ضریب تغییرات (Cv%) محاسبه شدند.

برای انجام محاسبات رویش حجمی تنه درختان نمونه، ابتدا از سمت کنده به فاصله هر ۲/۵ متر، یک دیسک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر به‌طور عمود بر تنه درخت تهیه گردید. پهنای حلقه‌های رویش سالانه همانند دیسک ارتفاع برابرسینه اندازه‌گیری شد. بعد از تطبیق همزمانی سن حلقه‌های دیسک‌های متوالی و استفاده از روش اسمالیان (Smalian؛ زبیری، ۱۳۷۳)، حجم هر گرده‌بینه ۲/۵ متری در سالهای مختلف بدست آمد. با تفریق کردن حجم تنه حلقه‌های مجاور، رویش حجمی واقع بین دو دیسک بالایی و پایینی هر قطعه ۲/۵ متری در ازای هر سال محاسبه شد. از مجموع رویش حجمی قطعات تنه، رویش حجمی درخت بدست آمد (امینی، ۱۳۸۵).

مقایسه سریهای زمانی درختان نمونه با یکدیگر برای تشکیل سری ترکیبی: به‌منظور تعیین میزان تشابه یا تفاوت بین سریهای زمانی چهار درخت نمونه، مقایسه میانگین‌ها با آزمون t، مقایسه واریانس‌ها با آزمون لون (Levene) و مقایسه شکل ظاهری نمودارها به‌طریق مشاهده‌ای، انجام شد. همچنین از آن جا که مقایسه سریهای دارای ساختار زمانی مشابه مدنظر بود، برای مقایسه توزیع (پراکنش) مقدار رویش بر مبنای زمان، آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد استفاده قرار گرفت (زالی و شبستری، ۱۳۷۳؛ زبیری ۱۳۸۱؛ نمیرانیان، ۱۳۸۵؛ گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷). پس از حصول اطمینان از همسانی رویش درختان نمونه، آنها را با روش «تجمیع (Aggregate) بر مبنای میانگین‌ها» تلفیق نموده تا یک سری ترکیبی ایجاد شد. از این مرحله به بعد، به‌جای بررسی چهار سری زمانی به‌صورت جداگانه، سری جدید ترکیبی مورد مطالعه قرار گرفت.

برای بررسی همبستگی بین افزایش سن درخت با نوسانهای مقدار رویش، از ضریب همبستگی (Correlation) پیرسون استفاده شده است.

رسم نمودار سری زمانی و کاوش نوع معادله مناسب: برای رسم نمودار زمانی رویش، سن بر روی محور افقی و میزان رویش بر روی محور عمودی قرار گرفت. سن حلقه‌ها نسبت به زمان تشکیل اولین حلقه، در دیسک ارتفاع برابرسینه منظور گردید. در بررسی تطبیقی نمودار و داده‌های عددی، مشخص شد که اغلب نقاط «دور افتاده»، در گروه مشاهده‌های معتبر جای داشته‌اند، بنابراین بررسیهای سری زمانی بدون حذف آنها انجام شد. نمودار داده‌های سری زمانی رویش درختان، دندانه‌ها و نوسانهای خرد فراوانی را نشان می‌دهد (شکل ۱). این دندانه‌ها باعث می‌شوند که تشخیص نقاط عطف بر روی فراز و فرودهای منحنی، زمان وقوع، تعیین مقدار هر کدام و دامنه (Range) ارقام بین دو نقطه عطف متوالی با دشواری مواجه گردد. بنابراین از فنون آماری متعادل‌سازی نظیر «هموارسازی مرتبه اول» و در صورت باقی بودن مشکل از «میانگین متحرک ده‌ساله مرکزی» استفاده شد. بدین ترتیب امکان تشخیص مختصات تقریبی نقاط عطف (زمان وقوع چرخش بر روی نمودار) بوجود آمد. با مراجعه مجدد به داده‌های اصلی، مشخصات تعدیل نشده آن نقاط استخراج گردید و زمان دقیق شروع و اتمام هر روند (تغییر میانگین) معین شد. پس از تعیین نقاط عطف، برای هر تکه (قطعات) نمودار سری زمانی، معادله‌های

Archive of SID

www.SID.ir

(رگرسیون‌های) مختلف خطی و غیرخطی برازش داده شد و مناسبترین معادله انتخاب گردید. بعد از تعیین نوع معادله مناسب، ضریب‌های آن محاسبه و استخراج گردیدند.

برای بررسی ایستایی سری زمانی رویش درختان نمونه از دو آزمون نرمال بودن و تصادفی بودن استفاده شد. نرمال بودن از طریق آزمون «کولموگروف-اسمیرنوف تک نمونه‌ای» و تصادفی بودن با آزمون Run بررسی شد (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷). برای ایجاد ایستایی، از روشهای تبدیل داده‌ها، شامل: هموارسازی نمایی، میانگین متحرک، تفاضل‌گیری و تابع تجمعی استفاده شد. پس از اجرای هر یک از روشهای تبدیل، برای سری جدید داده‌ها، مراحل رسم نمودار سری، بررسی واریانس و آزمونهای ایستایی، همبستگی تغییرات سری با زمان، کاوش روند در سری و کاوش تناوب در سری انجام شد. شکل ۱ نمودار رویش جاری شعاعی سالانه درختان نمونه را قبل و بعد از تبدیل سری زمانی با روش میانگین متحرک ده‌ساله مرکزی نشان می‌دهد.

نتایج

مشخصات درختان نمونه: در جدول ۱ قطر در ارتفاع برابرسینه درختان نمونه‌ای که از آنها دیسک تهیه شده، سن دیسک های تهیه شده از درختان نمونه و بازه‌های آماری پهنای حلقه‌های رویش هر دیسک آمده است.

جدول ۱ - سن درختان نمونه، سن دیسک‌ها و بازه‌های آماری پهنای حلقه‌های رویش هر دیسک

درخت نمونه		سن دیسک	بازه‌های آماری پهنای حلقه‌های رویش				
شماره	قطر (سانتی‌متر)	(سال)	بیشینه (میلی‌متر)	کمینه (میلی‌متر)	میانگین (میلی‌متر) مقدار	میانگین (میلی‌متر) حدود اعتماد	ضریب تغییرات (درصد)
۱	۹۰	۲٦٦	۳/۹	۰/۵	۱/۵۱	۱/٦ ۱/٤	٤۰
۲	۱۰۷	۲۹٤	۳/۷	۰/۷	۱/۷۵	۱/۸ ۱/۷	۳۳
۳	۱۱۵	۳۵۰	۳/۳	۰/۷	۱/۵۵	۱/٦ ۱/۵	۳۵
٤	۱۰۳	۲۳۸	۵/۱	۰/٤	۲/۰۵	۲/۲ ۱/۹	۵۳
سری ترکیبی		۳۵۰	۳/۱	۰/٦	۱/۵۹	۱/٦۵ ۱/۵٤	۳۳

تجمیع سریهای زمانی درختان نمونه و تشکیل سری ترکیبی: شکل ظاهری نمودار سری زمانی داده‌های چهار درخت نمونه، مشابه یکدیگر است و تا سن حدود ۱۲۰ سالگی روند صعودی دارد ولی از این سن به بعد روند نزولی را طی می‌کند. مقایسه طول دوره سریهای زمانی چهار درخت نمونه که معادل سن دیسک‌های این درختان است، نشان می‌دهد که این درختان در طبقه سنی درختان کهنسال قرار داشته و برای بررسی در دوره طولانی مشترک، مناسبند (جدول ۱). بازه‌های آماری پهنای حلقه‌های رویش شامل میانگین، بیشینه، کمینه، درصد ضریب تغییرات و نیز توزیع رویش در سنین مختلف درختان، به یکدیگر نزدیک است. این مشخصه‌ها در دوره‌های خرد شده صدساله نیز تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند. بنابراین با تجمیع (Aggregate) چهار سری زمانی شامل میانگین متحرک ده‌ساله رویش شعاعی درختان نمونه، یک سری ترکیبی ایجاد شد و از این مرحله به بعد سری جدید مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون ایستایی: بعد از انجام آزمونهای ایستایی (Run و K-S) ملاحظه شد که سری زمانی مورد بررسی، تحت تأثیر اثرهای غیرتصادفی و یا واریانس زیاد قرار داشته و

Archive of SID

www.SID.ir

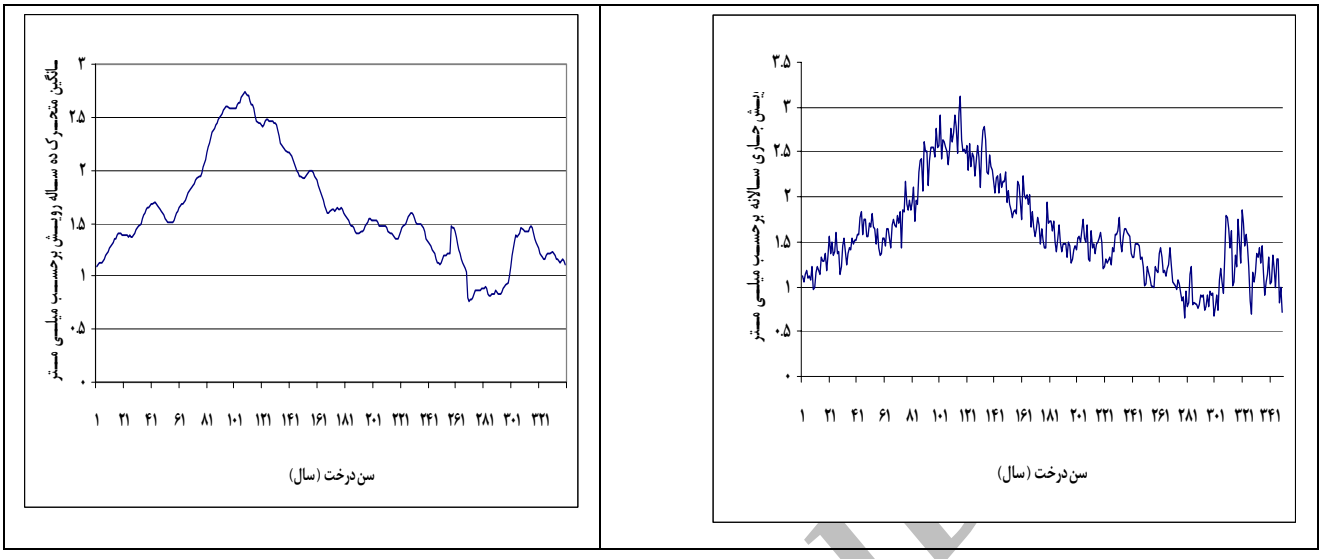
در سطح ۹۹ درصد ناایستا می‌باشد (آماره تصادفی بودن Z = - ۱۴/۱ و آماره نرمال بودن ۱/۷ = K-S, Z).

همبستگی بین سن با تغییرات رویش: همبستگی بین سن ۳۵۰ حلقه رویش سالانه با پهنای این حلقه‌ها، در سطح ۹۹ درصد، r = -۰/۴۷ می‌باشد. این همبستگی تا سن ۱۲۰ سالگی با جهت مثبت برابر r = ۰/۹ و از این سن به بعد با جهت منفی برابر r = -۰/۸ است.

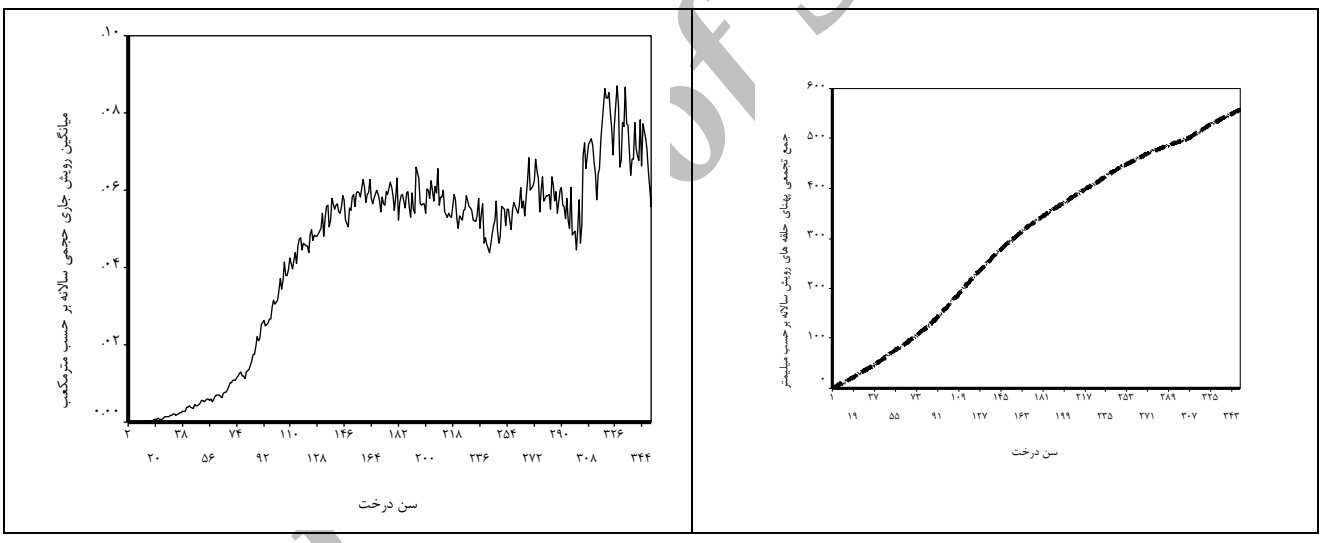
بررسی نمودارهای رویش سالانه: بر روی نمودار سری زمانی رویش سالانه دندانه‌های زیاد وجود دارند، به‌طوری‌که تفکیک نقاط عطف به‌طریق مشاهده‌ای با مشکل روبرو می‌گردد. بنابراین برای تبدیل داده‌ها از دو روش «میانگین متحرک» و «مجموع تجمعی» استفاده شد. سپس نمودار سری جدید داده‌ها رسم گردید. پس از رسم نمودار سری زمانی، نقاط چرخش و تغییر روند بر روی آن تعیین گردید و معادله رویش برای دامنه‌های سنی قابل تمایز به‌طور جداگانه محاسبه شد. شکل ۱ نمودارهای رویش جاری شعاعی سالانه درختان نمونه را قبل و بعد از تبدیل سری زمانی با روش میانگین متحرک ده‌ساله مرکزی نشان می‌دهد. همان‌طوری که در شکل ۱ دیده می‌شود تا سن ۱۲۰ سالگی درخت، پهنای حلقه‌های رویش سالیانه سیر صعودی دارد. از سن ۱۲۰ سالگی به بعد، این روند تغییر جهت داده، سیر کاهنده پیش می‌گیرد و تا ۳۰۰ سالگی ادامه می‌یابد. از این سن به بعد، پهنای حلقه‌ها با اندکی افزایش تقریباً ثابت می شود. از طرفی به‌دلیل تجمعی بودن افزایش قطر درخت، ادامه بررسی روند با روش تبدیل سری زمانی با تابع تجمعی و نیز بررسی رویش حجمی منجر به نتایج روشن‌تری می‌شود. چنان که در نمودار سمت راست شکل ۲ دیده می‌شود، به‌رغم آن که در سنین بعد از ۱۲۰ سالگی درخت رویش جاری شعاعی کاهش می‌یابد، روند افزایش قطر درخت متوقف یا کند نشده و با شیب قبلی ادامه دارد. همان‌طوری که در شکل ۲ (نمودار سمت چپ) دیده می‌شود، پس از سن ۱۲۰ سالگی درخت، نمودار رویش حجمی، سه نقطه اوج و سه نقطه فرود را نشان می‌دهد، اما به‌دلیل افزایش سنواتی سطح مقطع، شیب کلی رویش حجمی، روند افزایشی دارد. بین روند رویش حجمی در سنین پس از ۱۲۰ سالگی درخت (شکل ۲ نمودار سمت چپ) با نمودار رویش شعاعی (شکل ۱)، تفاوت محرز دیده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمودار رویش جاری شعاعی سالانه قبل (راست) و پس از تبدیل با روش میانگین متحرک (چپ)



شکل ۲- نمودار افزایش تجمعی شعاع (تبدیل سری زمانی با روش تجمعی) (راست) و نمودار رویش جاری حجمی درختان نمونه (چپ)

برازش معادله‌های رویش درختان: به‌منظور تعیین مناسبترین معادله‌های رویش شعاعی و حجمی درختان نمونه، انواع معادلات خطی و غیرخطی، ابتدا بر روی کل سری زمانی برازش شد. بعد همین روال بر روی دامنه‌های سنی که با رجوع به نمودار سری، قابل تفکیک هستند، تکرار شد. پس از برازش معادلات، براساس بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای معیار رگرسیون، معادله درجه سه به‌عنوان مناسبترین گزینه انتخاب شد (جدول ۲).

www.SID.ir

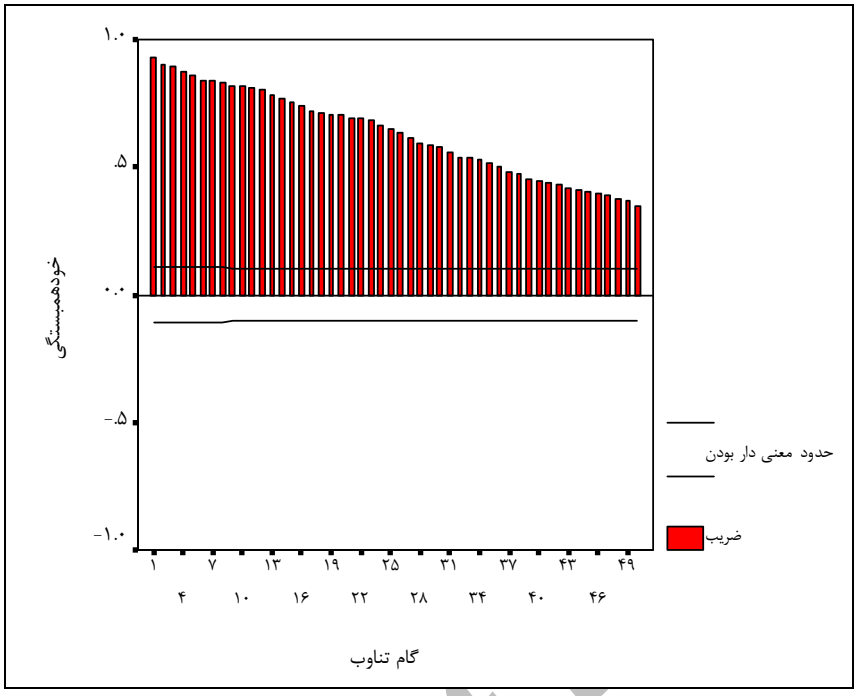
جدول ۲- ضریب‌ها و معادلات برازش شده در دامنه‌های سنی قابل تفکیک بر روی نمودار سریهای زمانی رویش شعاعی و حجمی

عامل	دامنه سنی	نوع معادله	ضریب تبیین	خطای معیار	مجموع مربعات	عدد ثابت	سن	توان دوم سن	توان سوم سن	روند
رویش شعاعی	۱ – ۳۵۰	درجه سه	۰/۷۲	۰/۲۷۵	۲۶/۲۲۷	۰/۶۸۵۹	۰/۰۳۲۷	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳٤	–
	۱ – ۱۱۰	درجه دو	۰/۸۷	۰/۱۷۳٤	۳/۲۲۰۵	۱/۱۸۸٤	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۱	–	صعودی
	۱۱۰ – ۳۰۰	درجه دو	۰/۸۸	۰/۱۸۸	٦/٦۰۹۹	٤/۷۳۷۱	-۰/۰۲۲٤	۰/۰۰۰۰۳۲٤	–	نزولی
	۳۰۱ – ۳۵۰	درجه سه	۰/۳۰	ضریب دخالت عامل سن در معادله ضعیف بوده و قابل توصیه نیست						–
رویش حجمی	۱-۳۵۰	درجه سه	۰/۸۸	۰/۰۰۸	۰/۰۲٤	-۰/۰۱۸۰	۰/۰۰۰۷	-۰/۰۰۰۰۰۳	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	صعودی

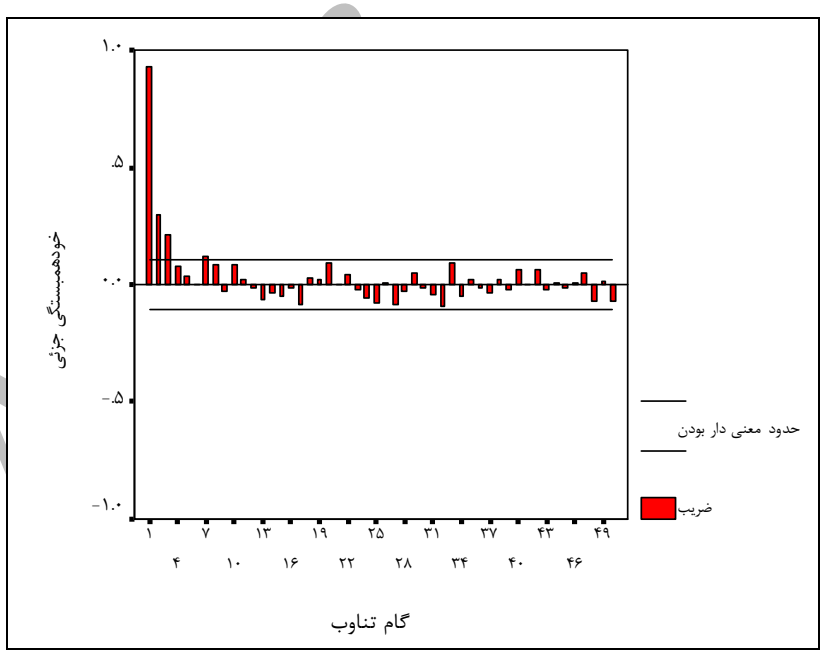
نمودارهای خودهمبستگی رویش: برای تعیین تناوب تکرار میزان رویش بین سالهای حیات درخت، نمودار «خودهمبستگی» و نمودار «خودهمبستگی جزئی» رسم شد (شکلهای ۳ و ٤). بر روی محور عمودی مقدار ضریب خودهمبستگی و بر روی محور افقی، گام (فاصله) تناوبی ۵۰ سال قرار گرفته است. در شکل ۵ گام تناوبی معادل ١٦ سال انتخاب شده است. طول ١٦ سال با این هدف انتخاب شد که تا ضمن آن که نسبت به نمودار قبلی، وضوح بیشتری ایجاد می‌شود، دوره‌های (تناوبهای) کوتاه‌تر تغییر مقدار رویش نیز شناسایی شوند. دوره ١٦ سال از نظر جنگل‌شناسی، دو دوره طولانی‌ترین زمان بذرآوری فراوان درختان راش و اثر بذرآوری بر رویش درختان را در بر می‌گیرد. همان‌طوری که در شکلهای ۳، ٤ و ۵ دیده می‌شود، در نمودارهای خودهمبستگی، مقدار اولین ضریب به عدد «یک» نزدیک است که دلیل ناایستا بودن سری مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین چنین استنباط می‌شود که تغییرات رویش در تناوب یکساله بیشترین وقوع را دارند. سایر گامهای تناوبی به‌صورت نامنظم و کمتر از حدود معنی‌داری دیده می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

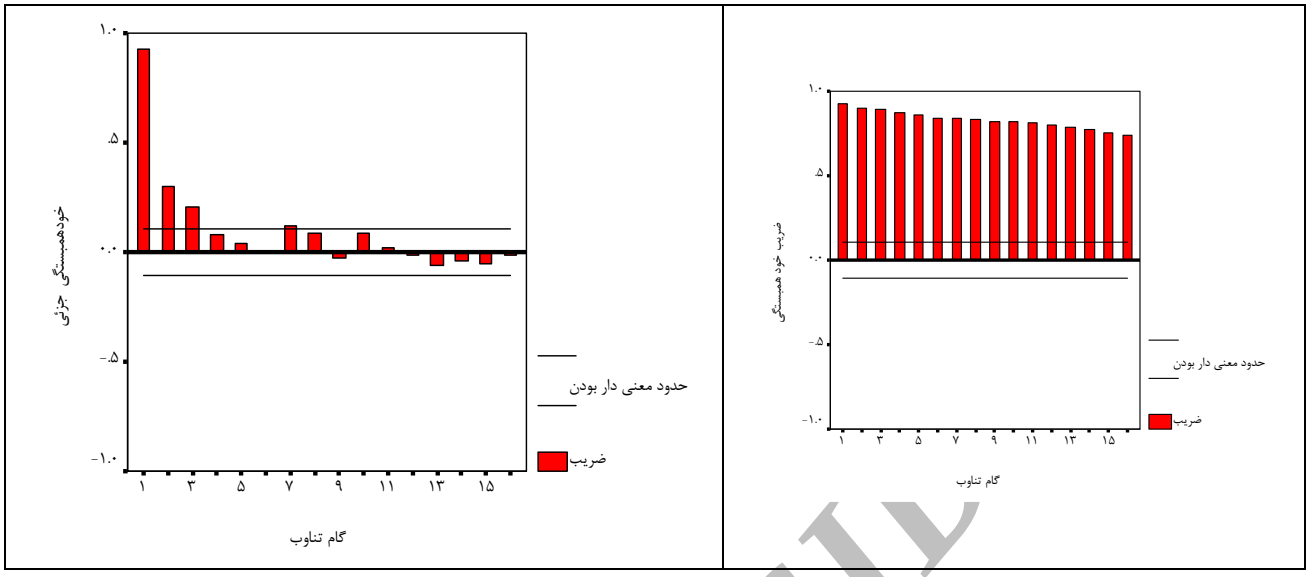


شکل ۳ - نمودار خودهمبستگی پهنای حلقه‌های رویش با گام تناوبی ۵۰ سال



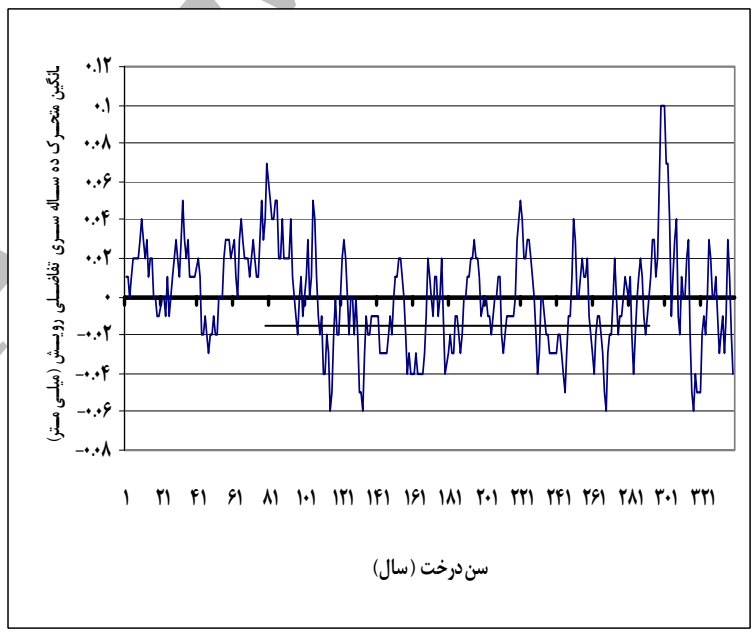
شکل ٤- نمودار خودهمبستگی جزئی پهنای حلقه‌های رویش بر مبنای گام تناوبی ۵۰ سال

www.SID.ir



شکل ۵- نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی پهنای حلقه‌های رویش بر مبنای گام تناوبی ۱۶ سال

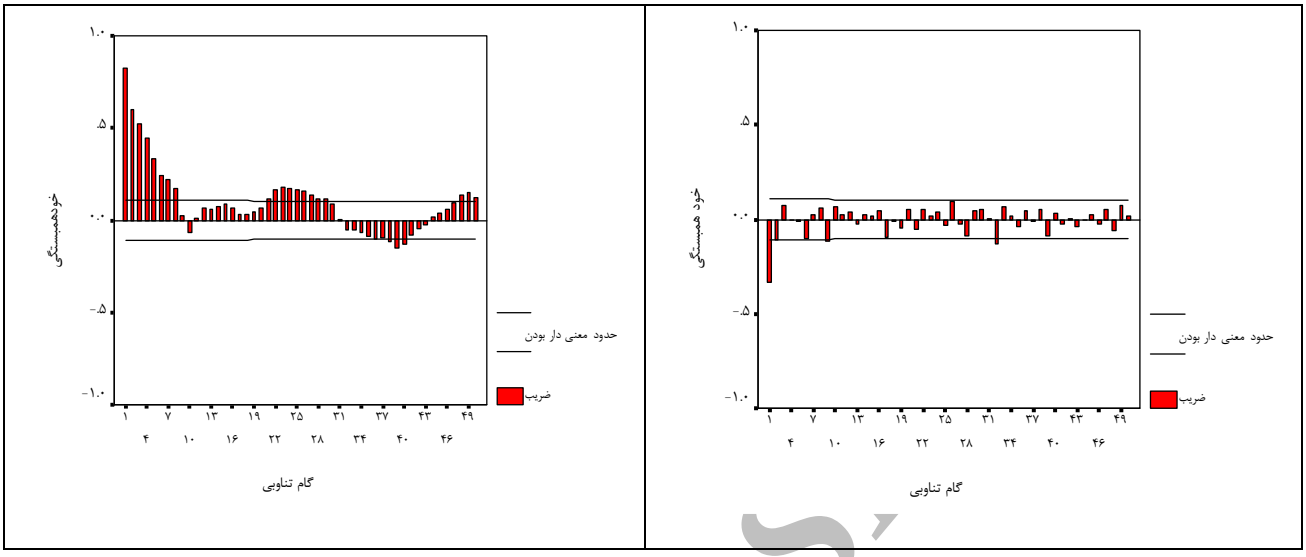
تبدیل داده‌های سری زمانی با روش تفاضل‌گیری: به‌منظور حذف اثر روند و بررسی تغییراتی که پراکنش تصادفی دارند، روش تفاضل‌گیری سالانه بر روی سری داده‌های رویش شعاعی اجرا شد. سری تفاضل‌گیری شده جدید با اجرای میانگین متحرک ده‌ساله مرکزی، به‌صورت متعادل‌تری درآمد. همان طوری که در شکل ٦ دیده می‌شود، کاهش رویش شعاعی که پس از ۱۲۰ سالگی درخت اتفاق می‌افتد، بر روی خط تعادل سری یک، پله ایجاد می‌کند. این پله حکایت از وجود دو الگوی رشد مستقل در این دو دوره زمانی حیات درخت دارد.



شکل ٦- نمودار سری داده‌های تفاضل‌گیری شده رویش پس از تبدیل با روش میانگین متحرک ده‌ساله و خط تعادل سری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- نمودار خودهمبستگی پهنای حلقه‌های رویش، تبدیلی با روش تفاضل‌گیری بر مبنای گام تناوبی ۵۰ سال (راست) و نمودار خودهمبستگی جزئی پهنای حلقه‌های رویش، تبدیلی با روش تفاضل‌گیری و میانگین متحرک ده‌ساله بر مبنای گام تناوبی ۵۰ سال (چپ)

به‌طوری که در شکل ۷ (نمودار سمت راست) دیده می‌شود، در سری جدید که با روش تفاضل‌گیری سالانه تبدیل شده است، مقدار اولین ضریب از حدود معنی‌دار بودن گذشته است که این امر دلیل ناایستا بودن سری مورد مطالعه می‌باشد. همچنین سایر گامهای تناوبی به‌صورت نامنظم و اغلب کمتر از حدود معنی‌داری دیده می‌شوند. در نمودار سمت چپ اگرچه سیمای موجی بودن بوجود آمده و به مرز معنی‌دار بودن وارد شده است، اما فاصله تناوبها هر ۴۰،۲۵ و۵۰ سال است که کاربرد جنگل‌شناسی آن ضعیف است. به هر حال مفهوم این پدیده آن است که در تناوبهای یادشده، تفاضل رویش به‌صورت دوره‌های متوالی تکرار می‌شود. این تکرار در تناوب ۴۰ سال به‌صورت معکوس درمی‌آید.

جدول ۳ مشخصه‌های آماری سری زمانی را قبل و بعد از اجرای تابع تبدیل نشان می‌دهد. در اثر اجرای تابع تفاضلی سالانه و سپس میانگین متحرک ده‌ساله مرکزی، واریانس و میانگین کاهش یافته‌اند؛ بنابراین سری مورد مطالعه به تعادل نزدیک شده است. اگر این فرایند برای دو دوره قبل و پس از ۱۲۰ سالگی درخت به‌طور جداگانه اجرا شود، سریهای مستقل این دو دوره، ایستایی بیشتری را نشان می‌دهند. اگر با افزایش مرتبه تفاضل‌گیری، مقدار میانگین، واریانس و انحراف معیار کاهش یابد، سری به ایستایی نزدیک شده است. در غیر این صورت سری زمانی از ایستا شدن دور شده است. در اولین مرحله‌ای که ایستایی برقرار شد، تفاضل‌گیری در این مرتبه متوقف می‌شود. اکنون سری زمانی برای یافتن مدل آماده شده و می‌تواند به فرمان ARIMA (Auto Regression Integrated Moving Average) منتقل شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مشخصه‌های آماری داده‌های سری زمانی قبل و بعد از اجرای توابع تبدیل

مشخصه	رویش جاری	میانگین متحرک رویش جاری	تفاضل‌گیری رویش جاری	میانگین متحرک رویش جاری تفاضل‌گیری شده
تعداد حلقه‌های رویش	۳۵۰	۳۴۰	۳۴۹	۳۳۹
میانگین (میلی‌متر)	۱/۵۹	۱/۶۱	-۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۲
انحراف معیار	۰/۵۲	۰/۴۹۵	۰/۱۹۰	۰/۰۲۶
واریانس	۰/۲۷۱	۰/۲۴۵	۰/۰۳۶	۰/۰۰۱

بحث

همبستگی رویش شعاعی با سن و قطر در ارتفاع برابرسینه (R^2=۰/۴۷) نسبت به همبستگی رویش حجمی با سن درخت (R^2=۰/۸۸) ضعیف است. این نتیجه با یافته‌های Piovesan *et al.* (2005) مشابهت دارد. بازه‌های آماری پهنای حلقه‌های رویش و میزان همبستگی بین سن و تغییرات رویش درختان، دلیل بر زیاد بودن نوسانهای میزان رویش درختان در طول حیات آنهاست. تا سن ۱۲۰ سالگی درخت، پهنای حلقه‌های رویش سالیانه سیر صعودی دارد. از سن ۱۲۰ سالگی این روند تغییر جهت داده و سیر کاهنده در پیش می‌گیرد. هر چند معادله درجه سه برای تبیین رویش درختان برازش شده است، ولی برازش معادله‌های رویش برای سده‌های مختلف حیات درختان به‌طور جداگانه، نتیجه دقیق‌تری بدست می‌دهد. نمودار زمانی رویش شعاعی درختان نمونه، شکل یک عطفی (یک کوهانه) منحنی رویش درختان پهن‌برگ سالمند مناطق معتدله را نشان می‌دهد. تعداد زیاد نوسانهای رویش شعاعی، تناوبهای متعدد با دوره متفاوت و مقدارهای مختلف آن (وجود الگوهای متفاوت رویش، Bugmann *et al.*, 2000) در بین درختان، نشان از تأثیر عوامل متعدد بر وقوع این تغییرات در سری زمانی رویش دارد. عوامل درونی درخت مثل سن و مرحله رویشی، دوره‌های بذرآوری و گلدهی (میربادین و گرجی، ۱۳۷۵)، خصوصیات فردی و ژنتیک رشد درختان که در سالهای مختلف بر تغییر شکل منحنی رویش اثرات متفاوتی می‌گذارند؛ عوامل محیطی مانند تغذیه آبی و خاکی (حبیبی، ۱۳۵۳ و ۱۳۵٤)، رقابت تاجی و آشکوبی با درختان مجاور (Podlaski, 2002)، عوامل آب و هوایی در سال رویش و قبل از آن (Dittmar, 2001; Longina, 2004; Moshtagh Kahnamoie *et al.*, 2004; Jalilvand *et al.*, 2001) به‌صورت چند عامل مرکب بر رویش درختان اثر می‌گذارند. اگرچه میزان رویش برایند همه آنها فرض می‌شود، ولی تفکیک سهم هر کدام نیازمند وجود اطلاعات دوره‌ای از شرایط رشد درختان و سپس اجرای فرایند تحلیل چندمتغیره است که می‌تواند موضوع تحقیقات آینده باشد. در تحقیق حاضر از بین مجموعه عوامل برای تعیین تأثیر عامل زمان (سن درخت) بر رویش درختان از تحلیل سریهای زمانی استفاده شده است. براساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر و دیگر مطالعات مانند Druckenbrod (2005)، استفاده از تحلیل سریهای زمانی در مقایسه با روشهای آماری ایستا (غیر زمانی)، عمق و گستره بیشتری را برای پردازش داده‌های رویش درختان فراهم می‌کند. بررسی روند با تابع تبدیل تجمعی و نیز بررسی رویش حجمی منجر به نتایج روشن‌تری می‌شود. برای این کار دو دلیل وجود دارد: اول این که روند بین قبل و پس از سن ۱۲۰ سال تغییر می‌کند، دوم این که افزایش قطر درختان به‌صورت تجمعی شکل می‌گیرد.

در سنین بعد از ۱۲۰ سال که رویش جاری شعاعی کاهش می‌یابد، روند افزایش قطر درخت متوقف یا کند

Archive of SID

www.SID.ir

نشده بلکه با شیب قبلی ادامه دارد. همچنین پس از سن ۱۲۰ سالگی درخت، نمودار رویش حجمی، سه نقطه اوج و سه نقطه فرود را نشان می‌دهد. اما به‌دلیل افزایش مداوم سطح مقطع در سالهای متوالی، شیب کلی رویش حجمی، روند افزایشی دارد. از این رو بین روند رویش حجمی در سنین پس از ۱۲۰ سالگی درخت با نمودار رویش شعاعی تفاوت محرز دیده می‌شود.

بدین ترتیب با استفاده از تحلیل سریهای زمانی می‌توان روند را از سری داده‌های رویش حذف نمود و در مراحل بعدی تجزیه و تحلیل سری متعادل (ایستا) شده را مورد مطالعه قرار داد. در سری تبدیل شده با روش تفاضل‌گیری سالانه، مقدار اولین ضریب از حدود معنی‌دار بودن گذشته است که این امر دلیل ناایستا بودن سری مورد مطالعه می‌باشد. این نتیجه با نتایج پژوهش Piovesan *et al.*, (2003) مشابهت دارد. همچنین سایر گامهای تناوبی به‌صورت نامنظم و اغلب کمتر از حدود معنی‌داری دیده می‌شوند. فاصله تناوبهای تغییر رویش، هر ۴۰،۲۵ و ۵۰ سال است که کاربرد جنگل‌شناسی آن ضعیف است. به هر حال مفهوم این پدیده آنست که در تناوبهای یادشده، تفاضل رویش در دوره‌های متوالی تکرار می‌شود. این تکرار در تناوب ۴۰ سال به‌صورت معکوس درمی‌آید. در نمودارهای خودهمبستگی، حتی با گام تناوبی ۱۶ ساله، تغییرات رویش در تناوب یکساله بیشترین وقوع را دارند. سایر گامهای تناوبی به‌صورت نامنظم و کمتر از حدود معنی‌داری دیده می‌شوند. در اثر اجرای تابع تفاضلی سالانه و سپس میانگین متحرک ده‌ساله مرکزی، واریانس و میانگین کاهش می‌یابد و سری مورد مطالعه به تعادل نزدیک می‌شود. در اثر اجرای این فرایند برای دو دوره مستقل قبل و پس از ۱۲۰ سالگی درخت، ایستایی بیشتری بوجود می‌آید و سری مورد مطالعه به تعادل نزدیک می‌شود.

منابع مورد استفاده

- ابریشمی، ح. و محمدی، ت.، ۱۳۷٤. کاربرد تحلیل رگرسیونی. انتشارات دانشگاه تهران، ٤۱۵ صفحه.
- امینی، م.، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات رویش قطری و طولی درختان راش در راشستانهای شرق مازندران. رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۱۱۷ صفحه.
- پارساپژوه، د.، فائزی‌پور، م. و تقی‌یاری، ح.، ۱۳۸۰. گاه‌شناسی درختی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۸ صفحه.
- حبیبی، ح.، ۱۳۵۳. بررسی تاثیر بافت خاک در میزان رویش راش ایران. مجله منابع طبیعی ایران، ۳۱: ٦۹-٦۰.
- حبیبی، ح.، ۱۳٥٤. بررسی وضعیت ازت، فسفر، پتاسیم و کلسیم خاک در راشستانهای شمال ایران و نقش آنها در میزان رویش راش. مجله منابع طبیعی ایران، ۳۲: ٦۲-٤۷.
- زالی، ع. و شبستری، ج.، ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر آمار و احتمالات. انتشارات دانشگاه تهران، ٤۷۷ صفحه.
- زبیری، م.، ۱۳۷۳. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). انتشارات دانشگاه تهران، ٤۰۱ صفحه.
- زبیری، م.، ۱۳۸۱. زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ٤۲۸ صفحه.
- گلدسته، ا.، آقامیرکریمی، س.، خدارحمی، م.، ترابی، م. و اصغری، ر.، ۱۳۷۷. راهنمای کاربران SPSS FOR WINDOWS جلد دوم. انتشارات حامی، تهران، ۵۳۳ صفحه.
- میربادین، ع. و گرجی، ی.، ۱۳۷۵. تعیین سیکل بذردهی راش. پژوهش و سازندگی، ۳۲: ٤٤-٤۰.
- نمیرانیان، م.، ۱۳۸۵. اندازه‌گیری درخت و زیست‌سنجی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۷٤ صفحه.
- نیرومند، ح. و بزرگ‌نیا، ا.، ۱۳۸۱. مقدمه‌ای بر تحلیل سریهای زمانی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۸۹ صفحه.
- نیرومند، ح.، ۱۳۸٤. تجزیه و تحلیل سریهای زمانی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ سوم، ٤۰٤ صفحه.

Bugmann, H., Bigler, C., Delmaz, M.D., Gaggen, M., Arillaga, M., Bonvehi, J.R. and Tichy, T., 2000. Growth and mortality in an old growth high elevation beech stand. 15th international

Archive of SID

www.SID.ir

Moshtagh Kahnamoie, M.H., Bijker, W. and Sagheb-Talebi, Kh., 2004. The relation between annual diameter increment of *Fagus orientalis* and environmental factors. (Hyrcanian forest): 76-82, In: Sagheb-Talebi, Kh., Madsen, P. and Terazawa, K. (eds.). Improvement and silviculture of beech. Proceedings from 7th international beech symposium, IUFRO research group 1.10.00, 10-20 May 2004, Tehran, Iran. 186 p.

Piovesan, G., Bernabei, M., Di Filippo, A., Romagnoli, M. and Schirone, B., 2003. A long term tree ring beech chronology from a high elevation old growth forest of central Italy. Dendrochronologia, 21(1): 13-22.

Piovesan, G., Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F. and Schirone, B., 2005. Structure, dynamics and dendrochronology of an old growth fagus forest in the Apennines. Vegetation science, 16: 13-28.

Podlaski, R., 2002. Relationship between crown characteristics and the radial increment of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Poland. Forest science, 48(3): 93-99.

dendrochronological fieldwork 2000, 2-8 july 2000, Slovenia. www.dendro.bf.uni-lj.si/dw2000/abstracts.

Cescatti, A. and Piutti, E., 1999. A new detrending method for the analysis of the climatic – competition relations in tree rings sequences. Tree ring analysis, Sec., 17: 249-264.

Dittmar, C., 2001. Influence of climate on tree rings of common beech (*Fagus sylvatica* L.). Poster abstract 7th conference "Tree rings and people", Sep. 22-26, 2001, Switzerland.

Druckenbrod. D.L., 2005. Dendroecological reconstructions of forest disturbance history using time- series analysis with intervention detection. Can. J. For. Res., 35: 868-876.

Jalilvand, H., Jalali, Gh., Akbarnia, M., Tabari, M. and Hosseini, M., 2001. Growth response to eight hardwood species to current and past climatic variations using regression models. J. Agri. Sci. Tech. (JAST), 3: 209-225.

Longina, C.O., 2004. The influence of air temperature and precipitation on the radial increment of beech (*Fagus sylvatica* L.) in northern Poland. Abstracts of Eurodendro 2004, 15-19 Sep., Germany.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on increment of *Fagus orientalis* Lipsky using time series analysis

M. Amini[1*], Kh. Sagheb-Talebi[2], M. Namiranian[3] and R. Amini[4]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Research center of agriculture and natural resources of Mazandaran province. E-mail: dr_moamini@yahoo.com
2- Associate Prof., Research institute of forests and rangelands.
3- Associate Prof., Faculty of natural resources, University of Tehran.
4- M.Sc. student, University of Gorgan.

Abstract

Fagus orientalis Lipsky accounted for 24 percent of stem number and 30 percent of total volume in northern forests of Iran. The aim of this research is finding the regularity in frequencies of diameter increment, determining the relationship between tree age and fluctuations in radial increment of beech trees. Several hypotheses including stationary, secular trend, cyclic and random variations in data series of the beech tree increment, were examined to find out the main effective factor on variations. Four sound beech trees with mean diameter of 10 cm and maximum age of 350 years were selected. One disk was prepared at breast height from each sample tree. Then rings width was measured and data processed with the Time Series analysis. Results showed that there is more than one trend (model) in radial increment diagram of the sample beech trees. Positive correlation was calculated between tree age and radial increment up to the age of 120 years, where as this correlation turns to negative after this age. The mean and distribution of radial increment differ in periods of tree life. Radial increment of the beech trees is fitted with cubic model along the two age periods. Volume trend of annual increment always is positive and is not inversed. Autocorrelation diagrams show one year periodicity for the fluctuations of radial increments. The other periodicities are irregular and the alterations are not statistically significant.

Key words: beech, disk, trend, increment, time series, Mazandaran.

Archive of SID

www.SID.ir