



دانشگاه گیلان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و چهارم، شماره اول، ۱۳۹۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

مطالعه اقلیم‌شناسی درختی درختان آزاد پارک جنگلی دلدان استان گلستان

*سید جلال نیکرای^۱، اصغر امیدوار^۲، تقی طبرسا^۳، حمید جلیوند^۳ و رضا اولادی^۴

^۱دانشجوی دکتری بیولوژی و آناتومی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

^۴دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: طی چند دهه اخیر مطالعات اقلیم‌شناسی متعددی در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است و محققین با روش‌های اقلیم‌شناسی درختی اطلاعات اقلیمی موجود در حلقه‌های رویشی درختان را استخراج و از آن برای بازسازی تغییرات اقلیم در گذشته استفاده کرده‌اند. هدف از انجام این تحقیق بررسی ظرفیت چوب درختان آزاد در بازسازی دما و بارندگی با استفاده از کرنولوژی‌های پهنای حلقه رویشی و مساحت حفرات آوندی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق کرنولوژی‌های پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی درختان آزاد ساخته شد. برای این منظور با استفاده از مته رویش سنج سوئدی ۲۰ مغزه درخت (core) از درختان سالم استخراج شد، نمونه‌ها بعد از مراحل آماده‌سازی و استفاده از تکنیک گچ سفید و مازیک مشکی توسط اسکنر با قدرت تفکیک ۴۸۰۰ dpi (dot per inch) اسکن شدند. بعد از اسکن کردن نمونه‌ها توسط نرم‌افزار ایمج جی (Image J) پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس در محیط اکسل سری‌های زمانی پهنای حلقه و مساحت حفرات آوند ترسیم و این سری‌ها با روش فریتز (۱۹۷۶) استانداردسازی شد. ویژگی‌های کرنولوژی‌های ساخته شده شامل میانگین حساسیت، ضریب خود همبستگی درجه اول، سیگنال جمعیت و ضریب تطابق محاسبه شد، سپس ضرایب همبستگی کرنولوژی‌ها با داده‌های دما و بارش ایستگاه هواشناسی مجاور رویشگاه محاسبه و از این همبستگی‌ها برای بازسازی دما و بارش استفاده شد. برای بازسازی از روش تقسیم داده‌ها (split – sample calibration verification) استفاده شد و برای بررسی اعتبار بازسازی از آماره‌های ساین تست و کاهش خطا استفاده شد.

یافته‌ها: آنالیز همبستگی‌ها نشان داد که در مقیاس سالانه پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی با بارش سال قبل از رویش همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد، در مقیاس فصلی پهنای حلقه با بارش پاییز و بهار سال قبل و سطح آوند با بارش پاییز سال قبل همبستگی مهم و معنی‌دار دارد. در مورد دما، همبستگی منفی و مهم دمای مرداد سال قبل با پهنای حلقه و مساحت آوندها مشاهده شد. نتایج حاصل از بازسازی دما و بارش با استفاده از تغییرات پهنای حلقه و سطح

*مسئول مکاتبه: sayedjalalnikray@yahoo.com

آوند نشان داد که بازسازی بارش بهار سال قبل از رویش با استفاده از کرنولوژی پهنای حلقه و بازسازی پاییز سال قبل از رویش با استفاده از کرنولوژی سطح آوند در این منطقه امکان‌پذیر می‌باشد اما بازسازی دما موفقیت‌آمیز نبوده است. نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد در ارتفاعات پایین بازسازی بارش با استفاده از سری‌های زمانی استاندارد شده تغییرات پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی موفقیت‌آمیز باشد اما بازسازی دما شاید با کمک دیگر فاکتورهای حلقه مانند حداکثر دانسیته چوب پایان یا پهنای چوب پایان موفقیت‌آمیز باشد. همچنین در این مناطق تأثیر اقلیم سال قبل بر رویش مؤثرتر از اقلیم سال جاری بوده و در این میان اثر بارش نسبت به دما مهمتر است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم‌شناسی درختی، درخت آزاد، سیگنال جمعیت، ضریب تطابق، پارک جنگلی دلد

مقدمه

تشریحی چوب مانند آوندهای چوب آغاز می‌تواند اطلاعات بیشتری از فاکتورهای اقلیمی را نسبت به سری‌های پهنای حلقه ذخیره کنند (۱۵، ۷). مطالعات متعددی در زمینه اقلیم‌شناسی درختی صورت گرفته است، در بعضی از این مطالعات تنها همبستگی‌های میان تغییرات پهنای حلقه و ابعاد آوندها و دیگر متغیرهای حلقه مانند حداکثر دانسیته چوب پایان و غیره با متغیرهای اقلیم از جمله دما و بارندگی بررسی و عوامل محدود کننده رویش در مناطق مختلف مطالعه شد و در برخی مطالعات دیگر محققین امکان بازسازی متغیرهای اقلیم با استفاده از تغییرات پهنای حلقه و متغیرهای دیگر حلقه را بررسی کردند و در برخی مناطق موفق به بازسازی دما و بارندگی شدند. پرینزکو و همکاران (۲۰۱۴) رابطه بین تغییرات پهنای حلقه، ویژگی‌های آناتومی و تغییرات دانسیته چوب کاج سیلستر (*Pinus sylvestris L.*) و اقلیم را در ارتفاعات بالا در سوئد شمالی بررسی کردند. نتایج نشان داد تغییرات دانسیته چوب آغاز و چوب پایان با حرارت تابستان همبستگی بالایی دارد. مهمترین ضرایب همبستگی بین بارش و متغیر حلقه همبستگی مساحت حفره آوندها و بارش تابستان گزارش شد (۲۱). ماتیسون (۲۰۱۲) اثر متغیرهای اقلیمی را در تشکیل حلقه درخت در بلوط انگلیسی (*Quercus*

یکی از شاخه‌های دانشگاه‌شناسی درختی، اقلیم‌شناسی درختی است که علم بازسازی اقلیم گذشته با استفاده از حلقه‌های رویشی درخت می‌باشد. رویش درختان از تغییرات اقلیم و توالی سالیانه اقلیم مطلوب و نامطلوب (سال‌های تر و خشک یا گرم و سرد) تأثیر می‌پذیرد و این تغییرات اقلیمی به‌طور صحیح به وسیله توالی حلقه‌های باریک و پهن در تعداد زیادی از درختان ثبت می‌شود. اطلاعات اقلیمی در حلقه‌ها می‌تواند به‌طور صحیح استخراج و آنالیز شود تا تصویری از اقلیم گذشته را در اختیار محققان قرار دهد که می‌تواند اساسی برای پیش‌بینی اقلیم آینده باشد (۹). محققین از متغیرهای مختلف حلقه رویشی درخت در مطالعات اقلیم‌شناسی درختی استفاده می‌کنند. عموماً محققین از تغییرات پهنای حلقه درخت برای مدلسازی روابط حلقه درخت و فاکتورهای اقلیمی استفاده کرده‌اند (۸، ۲۳)، اگرچه پهنای حلقه تحت تأثیر فاکتورهای متعدد محیطی و همچنین شرایط اختصاصی هر درخت می‌باشد (۲۲). از سال ۱۹۷۰ با پیشرفت تکنولوژی‌های دیجیتال و اندازه‌گیری‌های اتوماتیک استفاده از ساختار تشریحی چوب در گاه‌شناسی درختی اهمیت پیدا کرد (۶، ۲۵، ۴). شاخص‌های

مطالعه تغییرات پهنای حلقه و سطح آوندهای درختان آزاد طی چند دهه اخیر، همبستگی آن با متغیرهای اقلیمی دما و بارش بررسی شده و توانایی این گونه در بازسازی دما و بارش در این منطقه از استان آریایی شود.

مواد و روش‌ها

رویشگاه مورد مطالعه (پارک جنگلی دلد) در ۱۱ کیلومتری غرب آزاد شهر - علی‌آباد، شاهراه آسیایی تهران - مشهد و در شرق دلد در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه طول شرقی و ۳۷ درجه عرض شمالی و ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریا واقع شده است. نمونه‌گیری از درختان سالم (۱۰ درخت آزاد، از هر درخت دو نمونه، قطر درختان ۶۵ سانتی‌متر با تلرانس ۵ سانتی‌متر)، دارای تنه راست، تاج متقارن و غالب در ارتفاع برابر سینه با استفاده از یک مته رویش سنج سوئدی با طول ۴۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۵ میلی‌متر انجام و ۲۰ مغزه درخت (Core) از درختان استخراج شد. بعد از نمونه‌گیری محل سوراخ با چسب باغبانی پوشیده شد تا از آسیب حشرات و قارچ محفوظ باشد. در آزمایشگاه بعد از تقسیم نمونه‌ها به قطعات ۵ سانتی‌متری و تثبیت آن‌ها روی نگهدارنده‌های چوبی با استفاده از میکروتوم لغزشی^۱، لایه‌های نازکی از سطح نمونه‌ها برداشته شد. این کار تا نصف قطر نمونه‌ها انجام شد تا حداکثر سطح برای محاسبه مساحت حفرات آوندی به دست آید. سپس به منظور افزایش وضوح آوندها و تفکیک‌پذیری بیشتر بافت زمینه و آوندها از تکنیک گچ سفید و ماژیک مشکی استفاده شد. سطوح مورد نظر با استفاده از یک اسکنر با قدرت تفکیک بالا (۸۰۰DPI) اسکن شد. سپس تصاویر حاصل از اسکنر با استفاده از نرم‌افزار ایمج

robur) در لتونی بررسی کرد. نتایج نشان داد پهنای حلقه با دمای مارچ، می و جون، بارش آگوست سال جاری و دمای جولای و آگوست سال قبل از رویش همبستگی دارد. مساحت حفرات آوندی همبستگی قویتری با اقلیم به ویژه، دمای ماه‌های زمستان و بهار نشان داد (۱۷). زارعان و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند بیشترین حساسیت گونه بلوط ایرانی (*Quercus persica*) در منطقه زاگرس به بارندگی سالیانه می‌باشد و کاهش یا افزایش مقدار بارش بیش از سایر متغیرهای اقلیمی در نوسانات پهنای دوایر رویشی در این منطقه اثرگذار می‌باشد (۲۹). پورطهماسی (۲۰۱۲) رابطه رویش و اقلیم را در بلوط (*Quercus macranthera*) و ارس (*Juniperus polycarpus*) در دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز در منطقه چهار باغ استان گلستان بررسی کرد. همبستگی مثبت سری پهنای حلقه ارس با بارندگی و شاخص خشکسالی پالمیر طی ماه‌های تابستان و بهار ثابت کرد که نرخ رویش در این سایت خشک توسط شرایط رطوبتی محدود می‌شود، بلوط ماکرنترا در سایت‌های مرتفع جهت شمالی با بارندگی رابطه‌ای نشان نداد اما با حرارت طی پاییز سال قبل، تابستان و زمستان فصل جاری همبستگی مثبت نشان داد (۲۰). با لاپور (۲۰۱۲) اثر متغیرهای اقلیمی بر روی رویش سالیانه گونه آزاد (*Zelkova carpinifolia*) در منطقه بادله ساری را بررسی کرد. آنالیز روابط رویش و اقلیم نشان داد که دما تأثیر مهمی بر روی رشد نداشته ولی بارش ماه بهمن سال قبل تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد حلقه‌های سالیانه گونه آزاد داشته است (۲). پارک جنگلی دلد یکی از ذخیره‌گاه‌های با ارزش درختان آزاد بوده و در مناطق مختلف آن توده‌های خالص درخت آزاد یافت می‌شود. با توجه به اهمیت این گونه، تحقیق اقلیم‌شناسی درختی در این منطقه انجام شد تا ضمن

1- Sliding microtome

مواردی که یک نمودار فقط با یک تابع اسپلاین^۱ هموار می‌شد نمودار به چند قسمت تقسیم شد و هر قسمت با یک تابع خطی یا نمایی برازش شد. سپس شاخص‌های حلقه از تقسیم مقادیر واقعی به مقادیر برازش یافته به دست آمد (۹).

ایستگاه هواشناسی: نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی مجاور رویشگاه دلند ایستگاه هواشناسی رامیان می‌باشد. این ایستگاه در ۵ کیلومتری رویشگاه مورد مطالعه در ارتفاع ۲۰۰ متری از سطح دریا در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه طول شرقی و ۳۷ درجه عرض شمالی با مشخصات UTM (۳۳۴۲۳۴) x= و Y= ۴۰۹۸۸۹۹ قرار دارد و دارای ۳۸ سال داده‌های هواشناسی می‌باشد. اطلاعات مربوط به بارندگی و حرارت ایستگاه رامیان با مراجعه به اداره کل هواشناسی استان گلستان و سازمان آب به دست آمد. متوسط بارش سالانه در این ایستگاه طی ۳۸ سال ۹۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای آزمون همگنی داده‌های اقلیمی از روش جرم مضاعف که بر اساس مقادیر تجمعی داده‌های هر ایستگاه برای هر سال می‌باشد به منظور اطمینان از یکنواختی داده‌ها استفاده شد (۱).

بازسازی اقلیم: بازسازی با روش تقسیم داده‌ها^۲ انجام شد. در این روش ابتدا طول دوره آماری مشترک حلقه درخت و اقلیم به دو قسمت تقسیم می‌شود، از یک قسمت برای ساختن رابطه رگرسیونی استفاده می‌شود که فاکتور اقلیمی متغیر وابسته و فاکتور حلقه درخت متغیر پیش‌بینی کننده می‌باشد. از این رابطه رگرسیونی استفاده می‌شود تا فاکتور اقلیمی در قسمت دوم تخمین زده شود و چون مقادیر واقعی فاکتور اقلیمی هم موجود است با مقایسه این دو، مدل اعتبارسنجی می‌شود. برای آزمون صحت بازسازی از

جی (Image J) برای اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های سالیانه و مساحت حفرات آوندی مورد بررسی قرار گرفت. برای تضمین این‌که پهنای حلقه و داده اقلیم هر سال درتوالی زمانی درست خودش قرار بگیرد تاریخ‌گذاری عرضی انجام شد. برای این منظور ابتدا در اکسل سری‌های زمانی پهنای حلقه و مساحت آوندها برای هر نمونه رسم شد. سپس نمودارها با هم مقایسه شد، اگر نمودارها تا حدود زیادی بر هم منطبق باشد تاریخ‌گذاری عرضی با دقت انجام خواهد شد در غیر این صورت نمودارهایی که انطباق خوبی با بقیه نمودارها ندارند در مراحل بعدی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. برای ارزیابی کیفیت تاریخ‌گذاری عرضی از آماره ساین تست استفاده شد (۲۰). آماره ساین تست میزان شباهت رفتاری سال به سال درختان را از نظر جهت تغییرات پهنای حلقه رویشی (افزایش یا کاهش) نشان می‌دهد و مقدار بالای آن نشان می‌دهد درختان مختلف پاسخ مشابهی نسبت به تغییرات متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) از خود نشان داده‌اند و تغییرات اقلیم به‌طور یکسان در درختان زیادی ثبت شده است که مناسب برای مطالعه اقلیم‌شناسی درختی می‌باشد (۱۸). این آماره با معادله (۱) محاسبه شد (۵).

$$GLK=100.m(n-1)^{-1}(\%) \quad (\text{معادله ۱})$$

که در آن GLK، ضریب تطابق، m تعداد توافق دو سری از نظر جهت تغییر و n طول سری زمانی (سال) می‌باشد.

سپس به منظور حذف گرایش‌ها به‌ویژه تمایل سنی درخت، سری‌ها به روش فریتز (۱۹۷۶) استانداردسازی شدند. برای استانداردسازی سری‌های پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی، ابتدا نمودار هر سری رسم شد سپس یک تابع هموارکننده خطی یا نمایی بسته به شکل نمودار به آن برازش شد. در

1- Spline

2- Split sample calibration-verification

مناسب می‌دانند (۲۶). همان‌گونه که مشاهده می‌شود کرنولوژی پهنای حلقه دارای سطح سیگنال جمعیت بالاتر از ۰/۸۵ درصد می‌باشد اما کرنولوژی سطح آوند دارای سطح سیگنال جمعیت ۰/۷۷ در صد می‌باشد. سیگنال عمومی جمعیت و نسبت سیگنال به اغتشاش وابسته به تعداد نمونه و متوسط ضریب همبستگی بین نمونه‌ها می‌باشد. متوسط ضریب همبستگی بین نمونه‌هایی که برای اندازه‌گیری سطح آوند استفاده شده است ۰/۳۳ در صد ($r=0.33$) و با ۷ نمونه می‌باشد. به‌نظر می‌رسد برای این که کرنولوژی سطح آوند به سطح سیگنال جمعیت ۰/۸۵ در صد برسد نمونه‌های بیشتری لازم است. نتایج مشابه در تحقیق ماتیسون (۲۰۱۲) نیز مشاهده شده است. ماتیسون علت کمتر بودن سیگنال عمومی جمعیت سری‌های مساحت حفرات آوندی در مقایسه با پهنای حلقه را کم بودن تعداد نمونه، ضریب همبستگی کمتر بین نمونه‌ها و مشکلات و سخت بودن مراحل آماده سازی نمونه به منظور اندازه‌گیری مساحت حفرات آوندی می‌داند (۱۷). خود همبستگی درجه اول (AC1) میزان همبستگی هر عدد در سری زمانی با داده قبل از خود را نشان می‌دهد و بزرگ بودن آن حاکی از آن است که رویش درخت بیشتر تحت تأثیر عوامل غیر اقلیمی قرار دارد. ضریب خود همبستگی درجه اول پهنای حلقه بیشتر از سطح آوند می‌باشد. کامپلو و همکاران (۲۰۱۰)، تاردیف و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش دادند که در مقایسه با مساحت حفرات آوندی، پهنای حلقه وابستگی بیشتری به حلقه سال قبل دارد (ضریب خودهمبستگی بالاتر) (۳، ۲۴). ضریب تطابق (GLK) میزان شباهت روند تغییرات دو سری زمانی را نشان می‌دهد (۱۸، ۱۱، ۱۵). همان‌طور که ملاحظه می‌شود ضریب تطابق سری‌های پهنای حلقه ۷۰ در صد می‌باشد که نشان دهنده هماهنگی و شباهت خوب در روند تغییرات

آماره‌های ساین تست (sign test)، کاهش خطا (reduction of error) و ضریب همبستگی استفاده شد (۹). محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب ۱۷ (Minitab 17) انجام شد.

نتایج و بحث

تاریخ‌گذاری عرضی: قبل از تاریخ‌گذاری عرضی ابتدا تمام سری‌ها به‌صورت بصری و با دقت بررسی شد و الگوهای حلقه‌های پهن و باریک بین نمونه‌ها مقایسه شد، نمونه‌هایی که در آن وضوح کافی برای تشخیص دقیق بعضی حلقه‌ها و شمارش صحیح تعداد حلقه‌ها وجود نداشت در ادامه کار استفاده نشد. برای اندازه‌گیری پهنای حلقه جز در دو نمونه مشکلی در نمونه‌ها مشاهده نشد اما برای اندازه‌گیری سطح آوندها چون نیاز به وضوح بسیار بالا می‌باشد و نمونه‌هایی باید استفاده می‌شد که نیاز به ویرایش زیاد توسط نرم‌افزار ایمیج جی نباشد تا احتمال خطا در برآورد سطح آوند کاهش یابد تنها ۷ نمونه که دارای کیفیت بالا بود برای اندازه‌گیری سطح آوند استفاده شد. سری‌های پهنای حلقه و سری‌های سطح آوند نمونه‌ها جداگانه و به‌صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه شد و میزان انطباق و شباهت رفتاری نمونه‌ها از نظر جهت تغییرات بررسی شد. از آماره ساین تست برای آزمون معنی‌داری شباهت سری‌ها استفاده شد و نشان داد که شباهت سری‌ها در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (۱۹).

ویژگی‌های کرنولوژی^۱ پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی: کیفیت کرنولوژی با دو آماره سیگنال عمومی جمعیت (EPS) و نسبت سیگنال به اغتشاش (SNR) ارزیابی می‌شود. محققین سطح ۰/۸۵ در صد سیگنال عمومی جمعیت را برای کیفیت کرنولوژی

نشان دهنده تغییرات سال به سال پهنای حلقه می‌باشد که از صفر تا ۲ را شامل می‌شود. همان‌گونه که از جدول مشاهده می‌شود سری‌های پهنای حلقه نسبت به سری‌های سطح آوند دارای حساسیت بیشتری می‌باشند و از این جهت ارزش بیشتری برای مطالعات اقلیم‌شناسی دارند (۹، ۱۵).

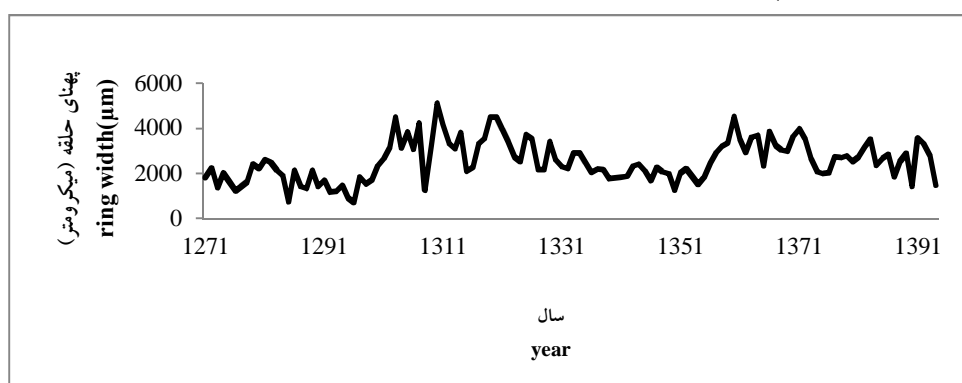
بین درختان می‌باشد و هر چه قدر درختان شباهت بیشتری در روند تغییرات داشته باشند ارزش بیشتری برای مطالعات اقلیم‌شناسی خواهند داشت. ضریب تطابق برای سری‌های سطح آوند کمتر از مقدار آن برای سری‌های پهنای حلقه و حدود ۶۲ در صد می‌باشد. میانگین حساسیت (MS) در رویشگاه‌ها

جدول ۱- آماره‌های کرنولوژی.

Table 1. Chronology statistics.

ACI	EPS	SNR	GLK	MS	فاکتور حلقه
خودهمبستگی اول	سیگنال جمعیت	نسبت سیگنال به اغتشاش	ضریب تطابق	میانگین حساسیت	Tree ring variable
0.59	0.92	12.8	70.8	0.34	پهنای حلقه Ring width
0.49	0.77	3.38	0.62	0.21	سطح آوند VLA

نمودارهای سری‌های زمانی پهنای حلقه رویشی و مساحت حفرات آوندی



شکل ۱- نمودار سری زمانی متوسط پهنای حلقه رویشی رویشگاه دلند.

Figure 1. Ring width time series of Dland site.



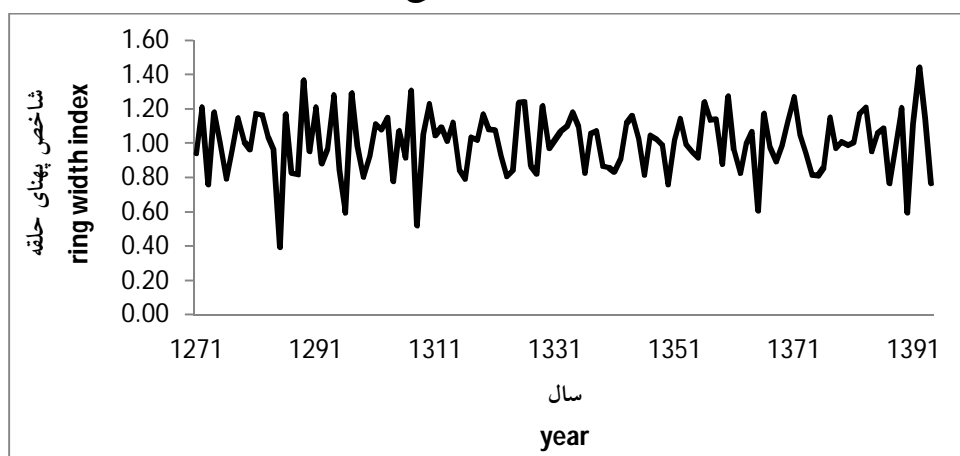
شکل ۲- نمودار سری زمانی متوسط مساحت حفرات آوندی رویشگاه دلند.

Figure 2. VLA time series of Dland site.

سالیانه در پهنای چوب آغاز ناچیز بوده (۲۲) و درصد چوب پایان به صورت سیستماتیک با تغییر خصوصیات رویشگاه و رژیم‌های اقلیمی محیط ممکن است تغییر کند (۱۲). سری سطح آوند نشان می‌دهد که در مقایسه با سری پهنای حلقه این سری تغییرات کمتری داشته و دارای واریانس همگن تری می‌باشد. محققین عقیده دارند در شکل‌گیری اندازه سطح آوند محدودیت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی بیشتری نسبت به پهنای حلقه وجود دارد (۱۰، ۱۴، ۲۷). برعکس پهنای حلقه، مساحت حفرات آوندی با افزایش سن روند افزایشی نشان می‌دهد این افزایش احتمالاً به این دلیل است که با افزایش سن درخت نیاز به حمل و نقل آب افزایش می‌یابد در حالی که پهنای حلقه کاهش می‌یابد و درخت برای جبران کاهش پهنای حلقه سطح بیشتری از آوندها را تولید می‌کند (۱۳).

همان‌طور که از شکل ۱ برداشت می‌شود سری پهنای حلقه دارای سیکل‌های کاهش-افزایش می‌باشد که روند کاهشی آن دارای زمان طولانی‌تری می‌باشد. در رویشگاه دلند از سال ۱۲۷۱ تا ۱۲۹۵ پهنای حلقه تمایل کاهشی نشان می‌دهد و از سال ۱۲۹۵ تا ۱۳۰۳ روند افزایشی داشته و از سال ۱۳۰۳ تا ۱۳۵۰ دوباره روند کاهشی داشته است. از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۰ دوباره روند افزایشی بوده و در ادامه از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۴ این روند کاهشی بوده است. محققین معتقدند با افزایش سن درخت پهنای حلقه کاهش می‌یابد و در اکثر سری‌های پهنای حلقه روند کاهشی دیده می‌شود (۲۳). این تمایل احتمالاً با کاهش پهنای چوب پایان در حلقه با افزایش سن مربوط می‌باشد (۲۸). اعتقاد بر این است که پهنای چوب آغاز و چوب پایان در بخش روزنه‌ای‌ها با افزایش سن کاهش می‌یابد اما چوب آغاز سهم بیشتری در حلقه دارد و تغییرات

نمودارهای سری‌های زمانی استاندارد پهنای حلقه رویشی و سطح آوند (کرنولوژی)



شکل ۳- سری زمانی استاندارد شده پهنای حلقه رویشی در رویشگاه دلند.

Figure 3. Standardized ring width time series of Dland site.



شکل ۴- سری زمانی استاندارد شده سطح آوند رویشگاه دلند.

Figure 4. Standardized VLA time series of Dland site.

دارد. پهنای حلقه با بارش آبان سال رویش همبستگی منفی و با بارش آبان، فروردین و اردیبهشت سال قبل همبستگی مثبت دارد. سطح آوند با دمای مرداد سال قبل از رویش همبستگی منفی دارد. سطح آوند با بارش بهمن سال رویش همبستگی منفی و با بارش آبان، آذر، دی و اردیبهشت سال قبل همبستگی مثبت دارد. در مقیاس فصلی پهنای حلقه با بارش بهار و پاییز سال قبل همبستگی مثبت دارد. سطح آوند با بارش زمستان سال رویش همبستگی منفی و با بارش پاییز سال قبل همبستگی مثبت دارد. سطح آوند با بارش زمستان سال رویش همبستگی منفی و با بارش پاییز سال قبل همبستگی مثبت دارد. سطح آوند با دمای تابستان سال قبل همبستگی منفی دارد. و در مقیاس سالانه پهنای حلقه با مجموع بارش سالانه سال قبل همبستگی مثبت دارد. سطح آوند رویشگاه دلند با مجموع بارش سالانه سال رویش همبستگی منفی و با مجموع بارش سالانه سال قبل همبستگی مثبت دارد.

همان‌طور که از نمودارها ملاحظه می‌شود استانداردسازی موجب حذف گرایش‌ها، تمایلات، سیکل‌ها و دیگر نامنظمی‌ها در سری‌های زمانی شده و این سری‌ها را به شاخص‌ها یا اندیس‌های بدون واحد با میانگین یک و واریانس برابر تبدیل می‌کند و موجب می‌شود ضمن تضعیف نقش عوامل غیر اقلیمی و تقویت نقش عوامل اقلیمی در تشکیل حلقه، وقتی از سری‌ها میانگین گرفته می‌شود همه سری‌ها وزن برابر داشته و یک سری با داده‌های بزرگ بر سری‌های دیگر با داده‌های کوچک مسلط نخواهد شد (۱۶). از این شاخص‌ها برای تعیین همبستگی میان عوامل اقلیمی (دما و بارش) و محاسبه توابع پاسخ و انتقالی و بازسازی اقلیم استفاده می‌شود.

ضرایب همبستگی میان کرونولوژی‌های پهنای حلقه و سطح آوند و دما و بارندگی: در مقیاس ماهانه پهنای حلقه با دمای مرداد سال قبل همبستگی منفی

جدول ۲- ضریب همبستگی حلقه- اقلیم، رویشگاه دلند- ایستگاه رامیان (مقیاس فصلی).

Table 2. Tree ring- climate correlation coefficient (seasonally scale).

سال جاری Current year	پهنای حلقه Ring width	سطح آوند VLA			
		بارش precipitation	دما Temp.		
		بارش precipitation	دما Temp.		
سال جاری Current year	spring بهار	-	-	-	-
	summer تابستان	-	+	-	+
	fall پاییز	-	+	-	+
	winter زمستان	-	-	*-	-
سال قبل Previous year	spring بهار	**+	-	+	+
	summer تابستان	-	-	-	*-
	fall پاییز	*+	-	**+	-
	winter زمستان	+	+	+	-

یک ستاره (*)، معنی دار در سطح ۹۵ درصد و دو ستاره (***) معنی دار در سطح ۹۹ درصد.

کامپیوم قرار گیرد که در نتیجه حلقه کوچکتر همراه با آوند کوچکتر تولید خواهد شد.

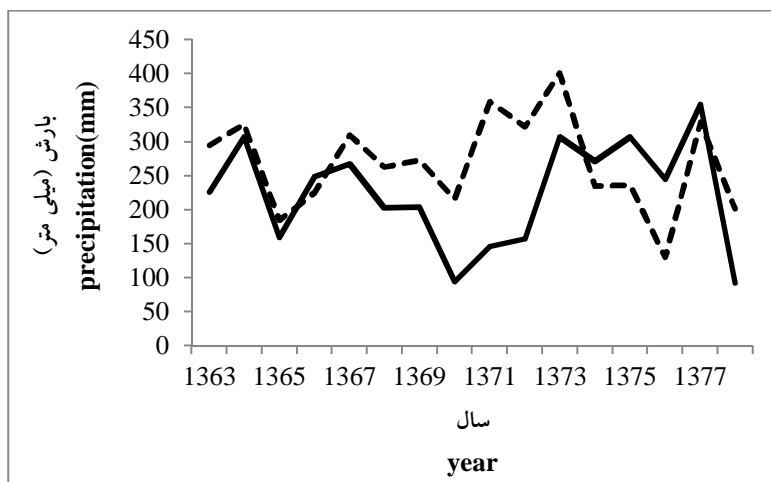
بازسازی بارش پاییز و بهار سال قبل از رویش ایستگاه هواشناسی رامیان: بارش پاییز سال قبل از رویش ایستگاه رامیان و سطح آوند رویشگاه دلند دارای همبستگی بالا می باشد ($r=0.53$). همان گونه که جدول ۳ نشان می دهد آماره ساین تست شباهت داده های واقعی و تخمین زده را در سطح ۹۵ درصد تأیید می کند زیرا از ۱۵ سال دوره آماری مشترک، داده های واقعی و بازسازی شده در ۱۲ سال در جهت تغییرات مشابه هستند (۹). ضمن این که آماره کاهش خطا نیز دارای مقدار مثبت است که بازسازی را تأیید می کند. بارش بهار سال قبل از رویش ایستگاه رامیان و پهنای حلقه رویشگاه دلند دارای ضریب همبستگی بالا می باشد ($r=0.61$). همان گونه که جدول ۳ نشان می دهد. دوسری در ۱۵ سال طول دوره آماری از نظر جهت تغییرات، در ۱۳ سال شباهت رفتاری دارند که در سطح ۹۹ درصد شباهت دو سری مورد تأیید می باشد (۹).

نکته مشترک در تمام همبستگی ها همبستگی مثبت بارش سال قبل و همبستگی منفی بارش سال جاری بر فاکتورهای حلقه می باشد. تأثیر اقلیم سال قبل بر رویش سال جاری شاید از طریق تأثیر آن بر تشکیل جوانه ها باشد. هر گونه آسیب جوانه ها می تواند بر قدرت و پتانسیل گیاه در تشکیل چوب تأثیر بگذارد. آنچه همبستگی ها نشان می دهند باران فراوان در سال قبل همراه با دمای کم موجب تشکیل جوانه های با کیفیت در سال آینده خواهد شد و در سال جدید باران کم و دمای بالا موجب تشکیل حلقه بزرگتر با آوندهای درشت تر خواهند شد، شاید دلیل این باشد که به دلیل بارش کافی در سال قبل رطوبت کافی در خاک وجود دارد و باران کم هم می تواند نیاز آبی درخت را تأمین کند در حالی که باران فراوان سال رویشی شاید هوادهی خاک را کاهش داده و در متابولیسم ریشه تأثیر منفی گذارد که موجب جذب کمتر آب و مواد معدنی خواهد شد ضمن این که باران بیشتر سال رویشی به معنی ابر بیشتر و کاهش تشعشعات خورشید می باشد که می تواند فتوسنتز کمتر را به همراه داشته باشد و مواد غذایی کمتری در اختیار

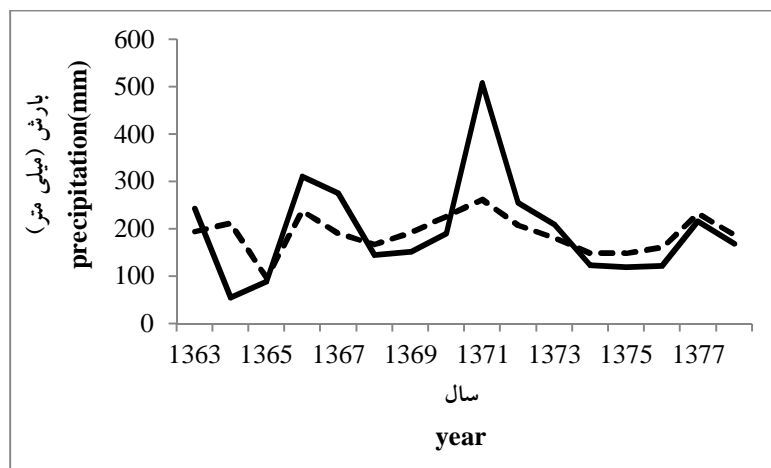
جدول ۳- آمار بازسازی بارش پاییز و بهار ایستگاه هواشناسی رامیان.

Table 3. Reconstruction statistics of autumn and spring precipitation of Ramian meteorological station.

کالیبراسیون Calibration			تأیید Verification			
پریود Period	فصل Season	آر اسکوار R ²	پریود Period	ساین تست Sign test	کاهش خطا (RE)	ضریب همبستگی (r)
1379 - 1393	پاییز Autumn	43.0%	1363 - 1378	12.15	+	0.33
1379 - 1393	بهار Spring	30.3%	1363 - 1378	13.15	+	0.69



شکل ۵- سری زمانی داده‌های واقعی (خط پر) و تخمینی (خط چین) بارش پاییز ایستگاه دلد. Figure 5. Actual (solid line) and estimated (dashed line) data of fall precipitation.



شکل ۶- سری زمانی داده‌های واقعی (خط پر) و تخمینی (خط چین) بارش بهار ایستگاه رامیان. Figure 6. Actual (solid line) and estimated (dashed line) data of spring precipitation.

حفرات آوندی درخت آزاد موفقیت‌آمیز می‌باشد. به‌نظر می‌رسد برای بازسازی دما باید به دنبال متغیر دیگری در حلقه بود که می‌تواند حداکثر دانسیته

همان‌طور که ملاحظه می‌شود بازسازی بارندگی در استان گلستان در منطقه مورد مطالعه با استفاده از سری‌های زمانی پهنای حلقه رویشی و مساحت

نتیجه‌گیری کلی

تحقیق اقلیم‌شناسی درختی درختان آزاد در منطقه پارک جنگلی دلند نشان داد که این‌گونه برای مطالعات اقلیم‌شناسی درختی مناسب می‌باشد. نتایج بازسازی‌های بارش و دما با استفاده از تغییرات پهنای حلقه و سطح آوند نشان داد بازسازی بارش بهار با استفاده از تغییرات پهنای حلقه و بازسازی بارش پاییز با استفاده از تغییرات سطح آوند در این منطقه موفقیت‌آمیز می‌باشد و آماره‌های ساین تست و کاهش خطا بازسازی را تأیید می‌کند. اگرچه پهنای حلقه و سطح آوند با دمای مرداد سال قبل همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد اما بازسازی موفقیت‌آمیز نیست و شاید فاکتور دیگر حلقه مخصوصاً تغییرات دانسیته چوب پایان بتواند در بازسازی دما در این منطقه موفقیت‌آمیز باشد.

چوب پایان باشد که البته نیاز به تجهیزات پیشرفته تری دارد که استفاده از دانسیتومتري اشعه ایکس می‌باشد که فعلاً در داخل کشور این امکان برقرار نمی‌باشد. به هر حال می‌توان با اطمینان از این تحقیق استنباط نمود که بازسازی بارش به کمک سری پهنای حلقه و مساحت حفرات آوندی درخت آزاد در استان گلستان به احتمال خیلی زیاد موفقیت‌آمیز خواهد بود. بالاپور (۲۰۱۲) نیز با بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر رویش درختان آزاد در منطقه بادله ساری گزارش داد، بین دما و رویش همبستگی معنی‌داری وجود ندارد اما پهنای حلقه تحت تأثیر بارش بهمن سال قبل از رویش ($r=0.45$) می‌باشد و گونه آزاد به دلیل حساسیت و سیگنال جمعیت بالا، برای مطالعات اقلیم‌شناسی درختی مناسب می‌باشد (۲).

منابع

1. Alizadeh, A. 2008. The basic of hydrology, Ferdousi University, Mashhad, Iran, pages 811. (in Persian)
2. Balapour, S.H., and Kazemi, M. 2012. Effect of climatic factors (temperature and precipitation) on *Zelkova carpinifolia* growth. J. wood and paper researches, 27(1): 69–80. (In Persian)
3. Campelo, F., Nabais, C., and Guitierrez, E. 2010. Vessel features of *Quercus Ilex* l. growing under Mediterranean climate have better climatic signals than tree ring width. *Trees struct funct.* 24: 463-470.
4. Eckstein, D., and Frisse, E. 1982. The influence of temperature and precipitation on vessel area and ring width of oak and beech. In: Hughes MK et al (eds) *Climate from tree rings*. Cambridge University Press, Cambridge, Pp: 12–13.
5. Feliksik, E., and Wilcznski, S. 2009. The effect of climate on tree-ring chronologies of native and nonnative tree species growing under homogenous site conditions. *Geochronometria*: 33: 49-57.
6. Fonti, P., Eilmann, B., Garcia-Gonzalez, I., and Von Arx, G. 2009a. Expedient building of ring-porous early wood vessel chronologies without losing signal information. *Trees Struct Funct* 23: 665–671. doi:10.1007/s00468-008-0310-z [CrossRef](#).
7. Fonti, P., von Arx, G. Garcia-Gonzalez, I., Elimann, B., Sass-Klaassen, U., Gärtner, H., Eckstein, D. 2010. Studying global changes through investigation on the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytol*, 185: 42–63.
8. Fritts, H.C. 2001. *Tree Rings and Climate*. The Blackburn Press, New Jersey.
9. Fritts, H.C. 1976. *Tree-Rings and Climate*. New York, London, San Francisco. Academic Press: 567p.
10. Garcia-Gonzalez, I., and Eckstein, D. 2003. Climatic signals of earlywood vessels of oak on a maritime site. *Tree Physiol* 23: 497–504.

11. Huber, B. 1943. Über die sicherheit jahrring chronologischer datierung. Holz als roh – und werksstoff 6(10 – 12): 263 – 268.
12. Larson, P.R. (1957). Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. *Yale Univ. Sch. Forest. Bull.* 63, New Haven.
13. Leal, S., Souse, V.B., and Pereira, H. 2007. Radial variation of vessel size and distribution in cork oak wood (*Quercus suber*). *Wood sic technol*, 41: 339- 350.
14. Mather, R.A., Kanowski, P.J., and Savill, P.S. 1993. Genetic determination of vessel area in oak (*Quercus robur* L., and *Q. petraea* Liebl): a characteristic related to occurrence of stem shakes. *Ann Sci for*, 50: 395–398.
15. Matisons, R., and Dauškane, I. 2009. Influence of climate on early wood vessel formation of *Quercus robur* at its northern distribution range in central regions of Latvia. *Acta U Latviensis*, 753: 49–58.
16. Matalas, N.C. 1962. Statistical properties of tree-ring data. *Intern. Ass. Sei. Hydrol. Publ* 7, 39-47.
17. Matisons, R., and Brumelis, G. 2012. Influence of climate on tree ring and early wood vessel formation in *Quercus robur* in Latvia. *Trees*, 26: 1251-1261.
18. Parsapajoh, D., Taghiyari, H., Faezipour, M. 2003. Multilingual glossary of Denderochronology, 308p. (Translated in Persian)
19. Pourtahmasi, K., Parsapajouh, D., Mohajer, M.M., and Karavi, S. 2008. Assessment of J. polycarpous radial growth in three growth sites in Iran. *J. Jangle and populous*, 16(2): 327-342. (in Persian)
20. Pourtahmasi, K., Brauning, A., and Poursartip, L. 2012. Growth climate responses of oak and juniper trees in different exposures of the Alborz mountains northern Iran, *Trace vol* 10, 49-53.
21. Pritzkow, C., Heinrich, H., Grudd, H., and Helle, G. 2014. Relationship between wood anatomy, tree ring widths and wood density of *Pinus sylvestris* L. and climate at high latitude in northern Sweden. *Dendrochronologia*, 32: 295-302.
22. Phipps, R.L. 1967. Annual growth of suppressed Chestnut Oak and Red Maple, a basis for hydrologic inference. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 485-C.
23. Speer, J.H. 2010. Fundamentals of tree-ring research. The University of Arizona Press, Tucson.
24. Tardif, J.C., and Conciatori, F. 2006. Influence of climate on tree rings and vessel features in red oak and white oak growing near their northern distribution limit, south-western Quebec, Canada. *Can J. For Res*, 36: 2317–2330.
25. Woodcock, D.W. 1989. Climate sensitivity of wood anatomical features in a ring-porous oak (*Quercus macrocarpa*). *Can J for Res* 19: 639–644.
26. Wigley, T.M.L., Briffa, K.R., and Jones, P.D. 1984. On the average value of correlated time series with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23(2): 201-213.
27. Zakrzewski, J. 1983. Hormonal control of cambial activity and vessel differentiation in *Quercus robur*. *Physiol Plantarum*, 57: 537–542.
28. Zhang, S.Y. 1997. Variations and correlations of various ring width and ring density features in European oak: implications in dendroclimatology. *Wood Sci Technology*. 31: 63–72.
29. Zarean, H., Yazdanpanah, H., Movahedi, S., Jalilvand, H., Momeni, M., and Yarali, N. 2014. Chronological Study of *Quercus Persica* Growth Ring Response to Climatic Variables of Precipitation and Temperature in Zagros Forests *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 4(4): 247-255.

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (1), 2017
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Dendroclimatological study on *Zelkova carpinifolia* in Dland national park in Gorgan province

*S.J. Nikray¹, A. Omidvar², T. Tabarsa², H. Jalilvand³ and R. Oladi⁴

¹Ph.D. Student, of Forestry and Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Professor, Dept., of Sciences and Wood and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Professor, Dept., of Forestry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Associate Prof., Dept., of Sciences and Wood and Paper Technology, Faculty of Natural Resources, Tehran University

Received: ; Accepted:

Abstract

During recent few decades several dendroclimatological studies have been done in different places of the world and researches using dendroclimatology methods extracted the climatic related information from the tree ring and reconstructed past climatic variations. The purpose of this study was to investigate the potential of Siberian elm wood (*Zelkova carpinifolia*) in reconstruction of precipitation and temperature using tree-ring width and vessel lumen area chronologies.

Materials and methods: In this study, we built *Zelkova carpinifolia* ring width and vessel lumen area chronologies we extracted 20 cores from intact trees using Swedish increment borer. After preparation the samples were scanned using a 4800 DPI scanner. After scanning ring width and vessel lumen area were measured by image j software. Afterwards ring width and vessel lumen area time series were drawn by Excel software. Standardization of time series was performed by Fritts's method (1976). Chronologies characteristics including mean sensitivity, first autocorrelation, express population signal and GLK coefficient were calculated. Correlation coefficient was calculated between ring width and vessel lumen area indexes and neighboring meteorological station precipitation and temperature data. We used Ramian meteorological station data. It was 5 kilometers far from Dland Park. Variations with the most important correlations were used for temperature and precipitation reconstruction. Reconstruction performed by split-sample calibration verification method. For testing validity of reconstruction we used sign test and reduction of error (RE) statistics.

Results: Correlation coefficient's analysis indicated that at seasonal scales ring width was significantly, positively correlated with previous year spring and fall precipitation and vessel lumen area was correlated with previous year autumn precipitation. About temperature the only important correlation was observed in August. Ring width and vessel lumen area were negatively correlated with the previous year August temperature. The validity of reconstruction by sign test and reduction of error statistics indicated that reconstruction of previous year spring precipitation using ring width variation and reconstruction of previous year fall precipitation by vessel lumen area variation in this region is the successful, but reconstruction of temperature was not successful.

Conclusion: It seems that at low elevation reconstruction of precipitation by ring width and vessel lumen area variation is the successful but reconstruction of temperature perhaps needs other tree ring variables such as maximum late wood density or late wood ring width. Also at this region the effect of previous year climatic condition on ring width and vessel lumen area is more important than current-year climatic conditions.

Keywords: Dendroclimatology, *Zelkova carpinifolia*, Expressed population signal, GLK coefficient, Dland national park.

*Corresponding author: sayedjalalnikray@yahoo.com