

بررسی تأثیرات زلزله رودبار و منجیل بر رویش درختان زربین (*Cupressus sempervirens* Var. *Horizontalis*) با روش گاه‌شناسی درختی

نسرین آهو قلندری^۱، مهرداد قدس‌خواه دریایی^{۲*}، جواد ترکمن^۳، ابودر حیدری صفری کوچی^۲

۱. دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳. دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۴

چکیده

امروزه امکان تحلیل تأثیرات پدیده زلزله بر رشد درختان با روش‌های گاه‌شناسی فراهم شده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیرات زلزله سهمگین سال ۱۳۶۹ رودبار و منجیل بر رشد درختان زربین منطقه رودبار انجام گرفت. به این منظور پس از دریافت مجوز قطع هشت اصله درخت زربین در این منطقه، برای تهیه دیسک از ارتفاع برابر سینه درختان منتخب اقدام شد. همچنین به منظور بررسی تأثیرات عوامل اقلیمی، داده‌های سی‌ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۲) دما و بارش منطقه از ایستگاه سینوپتیک منجیل دریافت شد. تصویربرداری از مغزی‌های تهیه‌شده از دیسک‌های پژوهش توسط دستگاه رادیولوژی پزشکی انجام گرفت و تاریخ‌گذاری تطبیقی، برآورد مؤلفه‌های اطمینان، تحلیل گاه‌شناسی داده‌ها، رسم نمودارها و ایجاد همبستگی بین رویش و عوامل اقلیمی با استفاده از نرم‌افزارهای ARSTAN، Mini-Viewer، Excel و Spss صورت گرفت. افزون بر این، رشد رها و رشد سرکوب درختان در دوره پنج‌ساله بعد از زلزله با استفاده از معادله‌های تغییرات رشد محاسبه شد. نتایج نشان داد که بین رویش درختان و عامل دما همبستگی وجود ندارد ($r=0/21$)؛ در حالی که همبستگی عامل بارش با رویش درختان در طول ۳۰ سال، مثبت ($r=0/809$) و در خلال سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۹ خورشیدی، منفی ($r=-0/72$) به دست آمد. از این رو، تغییرات رشد این گونه را که در پنج سال اول پس از زلزله افزایشی و در پنج سال دوم کاهش‌یافته بوده می‌توان به اثرهای زلزله بر درختان مرتبط دانست. از سوی دیگر، زربین گونه مقاومی در برابر عامل زلزله شناخته شد، چراکه رشد سرکوب در دیسک‌های مورد بررسی، تفاوت چشمگیری با رشد رها نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: انطباق تغییرات واریانس، پرتو X، حلقه‌های رویشی، رشد رها، رشد سرکوب.

مقدمه

برخی زیرشاخه‌های این علوم مانند دیرینه‌شناسی^۱ امکان‌پذیر است [۱]. در همین زمینه، انسان امروزی به‌خوبی دریافت کرده است که درختان نمایانگر وضعیت محیط پیرامون در قالب ساختار حلقه‌های رویشی خود هستند. تحقیقات در این زمینه نشان می‌دهد که پهنای نسبی حلقه‌های

شناخت پیشینه و سرگذشت طبیعی هر محدوده جغرافیایی خاص و تحولات روی داده در آن با روش‌های مختلف باستان‌شناسی، اقلیم‌شناسی، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی و

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۸۲۳۲۲۳۰۲۳

Email: mdaryaei9@gmail.com

تحقیق آنها نیز نشان داد که تا پنج سال بعد از وقوع زلزله، رشد درختان در شعاع ۱۵ کیلومتری کانون سطحی زلزله افت محسوسی داشته است و در برخی موارد، این درختان به طور کلی از رشد خود بازمانده‌اند [۳]. با وجود لرزه‌خیز بودن ایران، پژوهش مشابهی در زمینه بررسی تأثیرات زلزله بر حلقه‌های رویشی درختان در ایران به چشم نمی‌خورد، اما در تحقیقات فلاح و همکاران (۲۰۱۴)، سوسنی و همکاران (۲۰۱۵)، عزیززی و همکاران (۲۰۲۰) و پورطهماسی و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر عواملی همچون خاک، اقلیم، ارتفاع از سطح دریا و دیگر عوامل فیزیوگرافی بر رشد حلقه‌های رویشی درختانی چون ارس و بلوط و زربین بررسی شده است [۲، ۶، ۷، ۸].

گونه درختی زربین (*Cupressus sempervirens* Var. *Horizontalis*) از جمله گونه‌های سوزنی‌برگ بومی ایران است که با توجه به دیرزیستی فیزیولوژیک زیاد و وضوح حلقه‌های رویشی، گونه‌ای مناسب برای پژوهش‌های گاه‌شناسی به شمار می‌رود. از این رو، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیرات زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار بر رشد حلقه‌های رویشی درختان زربین در محدوده منطقه رودبار است. با توجه به قرار گرفتن ایران در منطقه‌ای زلزله‌خیز و پیشرفت‌های دانش گاه‌شناسی درختی، پژوهش حاضر مقدمه‌ای بر شناخت آثار این پدیده طبیعی بر رشد و عملکرد یک گونه جنگلی خواهد بود که با در نظر گرفتن نتایج آن، مدیریت بهتر توده‌های جنگلی طبیعی و دست‌کاشت در صورت مواجهه با این پدیده طبیعی میسر خواهد بود. به عبارت دیگر با شناخت اثرهای زلزله، اقدامات لازم برای کاهش خسارات زلزله و بهبود رشد و عملکرد این توده‌ها انجام می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

پژوهش حاضر در توده‌های طبیعی زربین واقع در شمال شرق شهرستان رودبار با مختصات ۳۰' ۴۹° طول

رویشی درختان به شدت تحت تأثیر نرخ رشد آنها در فصل رویش قرار دارد که خود تابعی از ویژگی‌های اندام‌شناختی گونه، شرایط اقلیمی طی رشد پیشین، شرایط رویشگاهی و نوسان‌های محیطی است [۲]. بنابراین می‌توان ادعان داشت که اغلب وقایع طبیعی و مخاطرات محیطی اثرهای خود را در پهنای حلقه‌های رویشی درختان آشکار می‌سازند که این اطلاعات مانند بانک اطلاعاتی ارزشمندی در کالبد گیاه ذخیره می‌شوند و در هر زمان قابلیت استخراج و تجزیه و تحلیل دارند. در علوم جنگل به این نوع مطالعات، گاه‌شناسی درختی گفته می‌شود [۳].

یکی از این مخاطرات طبیعی که تأثیرات متنوعی بر محیط وقوع خود دارد، پدیده زلزله است که می‌توان آن را از عوامل اثرگذار بر رشد حلقه‌های رویشی درختان قلمداد کرد. این پدیده مخرب، همه‌ساله خسارات و لطمات جبران ناپذیر اجتماعی و اقتصادی را بر کشور ما تحمیل می‌کند. زلزله‌های با منشأ زمین‌شناختی اغلب به علت آزاد شدن انرژی ناشی از گسیختگی سریع در گسل‌های پوسته زمین در زمانی کوتاه روی می‌دهند [۴]. تأثیرات زلزله به پیامدهای زیان‌بار آن برای جوامع انسانی ختم نمی‌شود، بلکه این پدیده با تغییر بر الگوهای رشد درختان، اثرهای خود را بر کارکرد اکوسیستم‌های طبیعی مانند جنگل‌ها نیز نمایان می‌سازد [۵].

در این زمینه پژوهش‌های جالب توجهی در خارج از کشور به انجام رسیده است. از جمله فان و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی پاسخ رشد حلقه‌های رویشی درختان شرق تبت به عامل زمین‌لرزه در یک دوره ۳۵۰ ساله پرداختند و دریافتند که حداقل بزرگی زلزله که می‌تواند آثار محسوسی بر رشد حلقه‌های رویشی درختان جنگلی داشته باشد بین ۶/۲ تا ۸/۸ در مقیاس اصلاح‌شده مرکالی است [۱]. در تحقیقی دیگر، آن و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تأثیرات زلزله‌های قدرتمند بر رشد درختان راش جنوبی کشور نیوزیلند پرداختند. نتایج

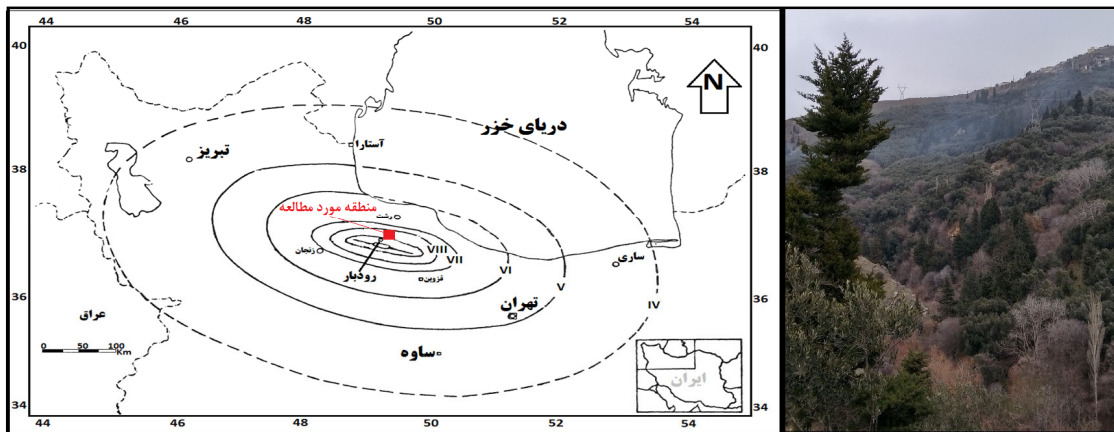
شعاع ۱۰۰ کیلومتری از مرکز زمین‌لرزه موجب خسارات جانی و مالی فراوان شد [۴].

برداشت نمونه و آشکارسازی

از بین درختان قطع شده، هشت اصله درخت زربین سالم و متقارن انتخاب شدند [۱]. از ارتفاع برابر سینه هر درخت یک دیسک برداشته شد [۳]. پس از خشک شدن نسبی در هوای آزاد به مدت ۲۴ ساعت، آشکارسازی دواپر سالیانه دیسک‌ها با استفاده از رنده برقی، سنباده برقی و سنباده نرم نجاری انجام گرفت. برای تهیه تصاویر رادیولوژی از هر دیسک یک نمونه مناسب و بدون عیب مطابق شکل ۲ تهیه شد.

جغرافیایی شرقی و $50^{\circ} 36'$ عرض جغرافیایی شمالی به انجام رسید (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا ۴۶۱ متر، دمای سالانه $16/5$ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی ۲۶۵ میلی‌متر است. نوع خاک منطقه نیز آهکی دولومیتی است.

زلزله رودبار و منجیل با بزرگی $7/4$ درجه در مقیاس ریشتر، از تلخ‌ترین تجربه‌های وقوع زلزله در ایران و جهان به شمار می‌رود که در پنجشنبه ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ در ساعت ۳۰ دقیقه بامداد به وقت ایران در نزدیکی شهر رودبار و روستاهای تابعه در استان گیلان رخ داد و تا



شکل ۱. کانون و منحنی‌های هم‌شدت زمین‌لرزه رودبار و منجیل (۱۳۶۹) و نمایی از محل نمونه‌برداری از درختان بررسی شده



شکل ۲. مراحل تهیه نمونه و مغزی آشکار شده با سنباده

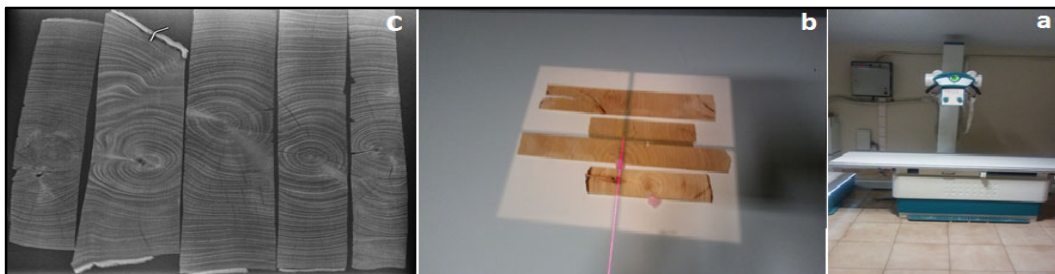
است. در این تحقیق با توجه به قابلیت پرتو ایکس در تفکیک حلقه‌های رویشی و به منظور افزایش دقت، حفظ جزئیات و بهبود کیفیت تصاویر گاه‌شناسی از یک دستگاه رادیولوژی پزشکی مدل دکتور، ساخت شرکت تریکسل

تهیه تصویر از نمونه‌ها

در بیشتر تحقیقات مشابه در ایران، از میز لین تب برای تهیه تصویر از نمونه‌های گاه‌شناسی درختی استفاده شده

تنظیمات ولتاژ دستگاه روی ۴۰ کیلووات، ۱۶۰ میلی آمپر و ۴/۶ میلی آمپر بر ثانیه قرار داده شد و تصاویر حاصل از تابش پرتو ایکس روی نمونه‌ها به دست آمد [۹].

فرانسه استفاده شد (شکل ۳). بدین منظور، پس از تهیه نمونه‌هایی به قطر دو میلی متر با استفاده از ابزار روکش‌گیری نجاری و چیدن آنها روی دستگاه رادیولوژی،



شکل ۳. دستگاه رادیولوژی (a)، چیدن نمونه‌ها روی دستگاه (b) و تصاویر پرتو ایکس تهیه‌شده (c)

ضریب میانگین حساسیت (MS) و میانگین همبستگی بین نمونه‌ها به منظور آزمون اطمینان گاه‌شناسی استفاده شد [۳].

بررسی تأثیرات زلزله بر حلقه‌های رویشی درختان

در این پژوهش، به منظور حذف عامل سن درختان از محاسبات، ابتدا استانداردسازی حلقه‌های رویشی درختان در محیط نرم‌افزار آرستان با روش خودرگرسیون انجام گرفت [۱۰]. سپس، به منظور بررسی کلی تأثیرات زلزله، ابتدا پهنای حلقه‌های رویشی درختان به صورت الگوی رویشی ده‌ساله قبل و بعد از سال وقوع زلزله (۱۳۶۹)، گروه‌بندی شد و با مشاهده تأثیرات محسوس زلزله در دوره پنج‌ساله پس از وقوع زلزله، درصد تغییرات رویش درختان در پنج سال قبل و بعد از زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ که به ترتیب رشد رها و رشد سرکوب‌شده تلقی می‌شوند، مشخص و تأثیرات زلزله بر رشد گونه مورد نظر تحلیل شد.

$$Gc\% = [(M2/M1)/M1] \times 100 \quad (2)$$

$$Gc\% = [(M2/M1)/M2] \times 100 \quad (3)$$

در ادامه، تصاویر به دست آمده وارد نرم‌افزار مینی ویوئر^۱ شد و از سمت پوست (کامبیوم) به سمت مغز از دو جهت عمود بر هم، تعداد و پهنای حلقه‌های رویشی با دقت ۰/۰۱ میلی متر شمارش و اندازه‌گیری شد و برای بررسی‌های آماری به صورت یک فایل با فرمت اکسل خروجی گرفته شد [۹]. با توجه به تعداد حلقه‌ها، سن درختان با استفاده از نرم‌افزار آرستان تاریخ‌گذاری تطبیقی شد و نمودارهای مرتبط به رویش سالانه دیسک‌ها در سال‌های رشد ترسیم شد.

مؤلفه‌های آزمون اطمینان گاه‌شناسی

در این تحقیق، به منظور تطابق داده‌های اندازه‌گیری‌شده نمونه‌های مورد بررسی از شاخص ضریب تطابق واریانس (GLK) استفاده شد (رابطه ۱). در این رابطه G_{xi} و G_{xi-1} به ترتیب مقادیر پهنای حلقه‌های سال i ام و سال پیش از آن هستند [۱۰].

$$GLK = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{t=n-1} [G_{xi} - G_{xi-1}] \quad (1)$$

همچنین در این پژوهش از مؤلفه‌های نسبت سیگنال به ناهنجاری (SNR)، بیان سیگنال جمعیت (EPS) و

1. Mini-viewer
2. ARSTAN
3. Gleichlaufigkeit (sum of equal slope intervals in %)
4. Signal to noise ratio
5. Expressed population signal

6. Mean of sensitivity
7. Rbt

درختان زربین و تفسیر اثرهای آن در کنار اثرهای زلزله، با استفاده از داده‌های اقلیمی سی‌ساله ایستگاه سینوپتیک منجیل مربوط به سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۱ به محاسبه همبستگی بین دما و بارش با رشد گیاهان در منطقه پرداخته شد و درباره تأثیر این عوامل نسبت به تأثیرات زلزله بحث شد. ایستگاه سینوپتیک منجیل با مختصات ۲۴' ۴۹۵ طول جغرافیایی شرقی و ۳۶۰ ۴۳' عرض جغرافیایی شمالی در ارتفاع ۳۳۸/۳ متری از سطح دریا قرار گرفته و فاصله آن از محل نمونه‌برداری ۱۶ کیلومتر است. برای بررسی دقیق‌تر تأثیرات اقلیمی همبستگی عامل مؤثر بر رویش، در دوره ده‌ساله پس از زلزله نیز با همبستگی پیرسون آزمون شد.

نتایج و بحث

نتایج انطباق تغییرات واریانس نمونه‌های پژوهش در جدول ۱ خلاصه شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، انطباق تغییرات واریانس برای هر هشت دیسک مورد بررسی معنی‌دار به‌دست آمد. همچنین سن جوان‌ترین درخت مقطوعه ۴۰ سال و سن مسن‌ترین درخت مقطوعه نیز ۵۴ سال اندازه‌گیری شد.

در رابطه‌های بالا Gc ، درصد تغییرات رویش بین دوره اثرگذار قبل و بعد از زلزله، $M1$ میانگین رشد حلقه‌های رویشی درختان در سال‌های قبل از زلزله و $M2$ میانگین رشد حلقه‌های رویشی درختان در سال‌های اثرگذار بعد از زلزله است [۱۱]. دامنه تغییرات این مقدار از ۲۵ تا ۲۵۰ درصد است. شاخص ۲۵ درصد معرف مقدار محدود اثرهای عامل آشفستگی، شاخص ۱۰۰ درصد معرف مقادیر متوسط اثرهای عامل، شاخص ۱۵۰ درصد معرف مقادیر شدید اثرهای عامل آشفستگی است. مقدار شاخص ۲۵۰ بیشترین شدت ممکن را نشان می‌دهد [۱۱]. در نهایت رشد حلقه‌های رویشی گونه‌های مورد بررسی، پنج سال قبل از زلزله منجیل و رودبار و پنج سال پس از زلزله منجیل و رودبار با آزمون t جفت‌شده در محیط نرم‌افزار SPSS مورد مقایسه آماری قرار گرفت تا تأثیرات زلزله بر رشد درختان زربین در منطقه روشن شود. برای مقایسه بین دیسک‌ها و طبقات آماری از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت.

بررسی تأثیر عوامل اقلیمی

با توجه به اهمیت زیاد تأثیر عوامل اقلیمی بر رویش

جدول ۱. سن درختان و نتایج تطابق زمانی برای دیسک‌های تحت بررسی

آماره	شماره دیسک							
	یک	دو	سه	چهار	پنج	شش	هفت	هشت
سن	۵۱	۴۲	۵۴	۵۰	۴۵	۴۶	۴۰	۴۴
GLK	۸۲/۲۳	۶۴/۰۱	۷۱/۶۶	۷۵	۶۳/۲۳	۷۰/۱۰	۵۹/۱۰	۶۱/۵۴
GSL(معنی‌داری)	***	*	**	**	*	**	*	*

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ *** معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱

قبول اندازه‌گیری و گاه‌شناسی تصاویر تهیه‌شده با پرتو X است [۱۲]. در پژوهش هدایتی و همکاران (۲۰۱۴)، ضریب تطابق واریانس برای نمونه‌های اخذشده از گونه زربین در دره علی‌آباد کتول بین ۵۹ تا ۷۵ محاسبه شد که در مقایسه با مقدار محاسبه‌شده در پژوهش حاضر

نتایج بررسی شاخص‌های تطابق زمانی در منطقه تحقیق نشان می‌دهد که نمونه‌های منتخب شرایط لازم را برای بررسی‌های گاه‌شناسی درختی دارند. زیاد بودن ضریب تطابق واریانس (GLK) نشان‌دهنده تطابق سری‌های زمانی تغییرات رویش در نمونه‌ها و دقت قابل

(SNR) می‌توان گفت نمونه‌های منتخب معرف‌های خوبی از وضعیت گاه‌شناسی درختان در منطقه تحقیق هستند. همچنین مقدار به‌دست‌آمده برای ضریب حساسیت (MS_X) محاسبه‌شده برای نمونه‌های منتخب، نشان‌دهنده حساسیت نسبی درختان تحت بررسی به عوامل محیطی است [۱].

تأثیرات زلزله

با استفاده از منحنی‌های استانداردشده، رشد حلقه‌های رویشی درختان نمودارهای گاه‌شناسی مربوط به هشت دیسک بررسی‌شده به‌دست آمد که تغییرات رشد دیسک‌های پژوهش را در خلال سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۹ نشان می‌دهد. (شکل ۴).

با توجه به تعدد دیسک‌ها و به‌منظور درک بهتر تغییرات رشد گونه تحت مطالعه در طی سال‌های رشد، نتایج طبقه‌بندی رشد حلقه‌های رویشی نمونه‌های پژوهش در طبقات پنج‌ساله تهیه شد که نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار رشد درختان در سال‌های نخستین پس از زلزله (۱۳۷۰-۷۵) و بازگشت به حد رشد پیش از زلزله در خلال سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ است (شکل ۵). بنابراین رشد درختان در سال‌های پس از زلزله، ابتدا افزایشی و سپس کاهشی بوده است.

درمی‌یابیم که دیسک‌های انتخاب‌شده در تحقیق حاضر برای تعیین اثر زلزله بر خصوصیات رویشی گونه زربین، دقت قابل قبولی را در محاسبات ارائه داده‌اند [۱۳].

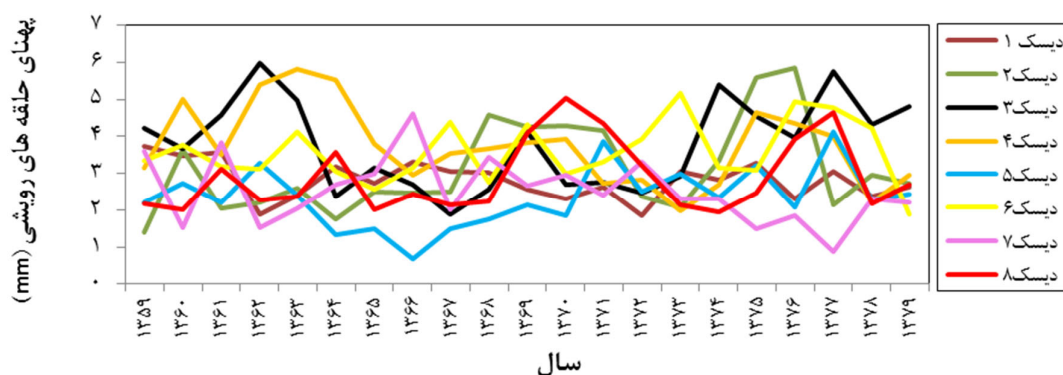
آزمون اطمینان گاه‌شناسی

مؤلفه‌های آزمون اطمینان گاه‌شناسی درختی دیسک‌های بررسی‌شده در جدول ۲ خلاصه شده است که نتایج آن مناسب بودن نمونه‌ها را برای تشریح وضعیت گاه‌شناسی درختان تحت بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۲. مؤلفه‌های آزمون اطمینان گاه‌شناسی

نوع تصویر	EPS	SNR	R_{bt}	MS_X
اشعه X	۰/۶۹۷۳۹۴	۰/۹۸۹۲۳۳	۰/۷۸	۰/۵۵۷۴۸

از بین مؤلفه‌های موجود مقدار شاخص بیان سیگنال جمعیت (EPS) به تعداد نمونه‌ها و همبستگی بین آنها بستگی دارد. هرچقدر همبستگی بین نمونه‌ها زیاد باشد، می‌توان با تعداد کمی نمونه گاه‌شناسی گونه‌ای را تهیه کرد، اما در صورت ضعیف بودن همبستگی، باید تعداد نمونه‌ها را افزایش داد [۹]. با توجه به حفاظتی بودن گونه زربین و صدور نشدن مجوز قطع بیشتر برای این گونه، افزایش نمونه‌ها ممکن نیست، اما با توجه به ضرایب همبستگی و بیان سیگنال در کنار زیاد بودن نسبت سیگنال به ناهنجاری



شکل ۴. گاه‌شناسی نمونه‌های بررسی‌شده درختان مقطوعه زربین در سال‌های نزدیک به سال وقوع زلزله رودبار



شکل ۵. طبقه‌بندی پنج‌ساله رویش زربین در منطقه تحقیق در طی سال‌های رشد

گرفت. نتایج آزمون t مستقل در مقایسه میانگین رویش درختان تحت مطالعه پنج سال پیش و پس از وقوع زلزله نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار رشد حلقه‌های رویشی درختان پس از وقوع زلزله در منطقه است (جدول ۳).

با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین تأثیرات زلزله در فاصله زمانی یک تا پنج ساله از وقوع زلزله بروز کرده است. از این رو میزان رویش درختان تحت بررسی در پنج سال پیش و پس از وقوع زلزله مورد آزمون آماری قرار

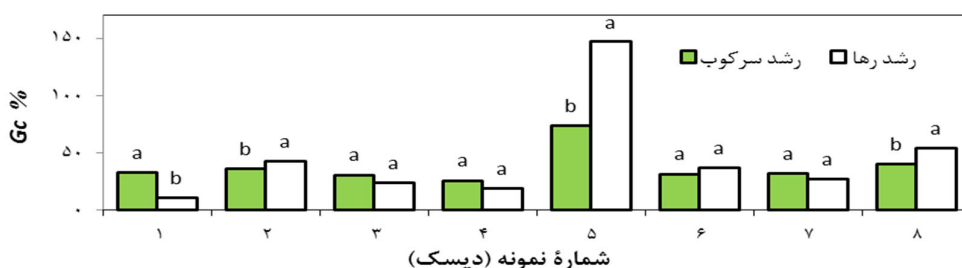
جدول ۳. آزمون t مستقل در مقایسه میانگین رویش درختان تحت بررسی پنج سال پیش و پس از وقوع زلزله

متغیر	زمان	میانگین (mm)	انحراف معیار	t	p-value
رویش	پیش از زلزله	۲/۹۰	۰/۵۶	۲/۳۰	۰/۰۳۳*
	پس از زلزله	۳/۴۲	۰/۹۶		

استرس به گیاهان، تغییر در وضعیت قرارگیری، آسیب به ریشه‌های گیاه و تغییر در مقدار آب در دسترس گیاه را از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات روند رشد گیاهان در سال‌های پس از زلزله بر شمرده‌اند.

در ادامه نتایج محاسبه رشد رها و رشد سرکوب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از گونه‌های درختی زربین در منطقه رودبار به انجام رسید که نشان‌دهنده اختلاف ناچیز بین رشد رها و رشد سرکوب درختان در مورد اغلب دیسک‌های بررسی شده است که گویای بردباری و مقاومت گونه زربین به تغییرات ناگهانی در شرایط محیطی است (شکل ۶).

با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه رویش درختان زربین در سال‌های پیش و پس از وقوع زلزله رودبار، درمی‌یابیم که رشد درختان بررسی شده در اثر وقوع زلزله در منطقه پژوهش در سال‌های ابتدایی بعد از وقوع زلزله به شکل محسوسی افزایش یافت و با گذشت حدود پنج سال از این واقعه، نرخ رشد درختان مجدداً روند نزولی یافت و در سال ۱۳۸۰ به حالت قبل از وقوع زلزله بازگشت. البته این تغییرات در مورد نمونه‌های مختلف، تفاوت‌های جزئی نیز دارد. تحقیقات در این زمینه، اغلب بر تأثیرات اختلال‌زای زلزله بر رشد و توسعه پوشش گیاهی تأکید کرده‌اند [۱، ۴، ۵]. تحقیقات یادشده، اعمال



شکل ۶. نتایج مقایسه رشد سرکوب و رشد رها در حلقه‌های رویشی دیسک‌های بررسی شده

وجود نداشته است. درحالی که تأثیرات بارندگی سالانه بر رشد حلقه‌های رویشی معنی دار به دست آمد (جدول ۴). این درحالی است که در خلال سال‌های پس از وقوع زلزله، رشد درختان از عامل بارش تبعیت نمی‌کند و همبستگی منفی بین آن‌ها مشاهده می‌شود.

با توجه به معنی دار بودن تأثیر تغییرات بارش بر رشد حلقه‌های رویشی نمونه‌های بررسی شده گونه زربین به تفسیر تغییرات رشد درختان در رابطه با عامل اقلیم، در خلال سال‌های بعد از زلزله پرداخته شد. همان‌طور که در شکل ۷ نیز نمایان است، در طی سال‌های بعد از زلزله تا سال ۱۳۷۷ ارتباط منفی بین رویش درختان و عامل بارش مشاهده می‌شود و بیشترین رشد در کم‌بارش‌ترین سال‌ها ثبت شده است که نشان می‌دهد افت رویش درختان در این سال‌ها ضمن افزایش بارندگی، از اختلالات ناشی از زلزله رودبار متأثر شده است.

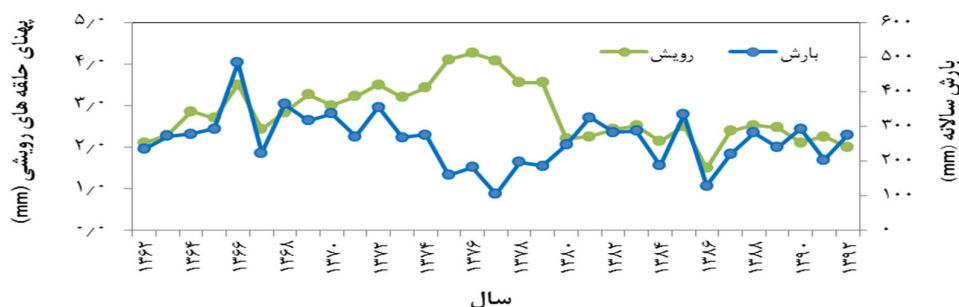
فو و همکاران (۲۰۲۰) با روش‌های گاه‌شناسی درختی به بررسی تأثیرات زلزله قدرتمند زایو مدونگ (Zayu-Medog) در جنوب غربی چین که با بزرگای گشتاوری ۸/۶ در سال ۱۹۵۰ رخ داد پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که تأثیرات محسوس زلزله بر رویش گیاهان در پنج سال نخست پس از وقوع زلزله پدیدار شد. براساس نتایج تحقیق ایشان، این اختلال رشد در سال وقوع و سال‌های اول و دوم پس از زلزله شدیدتر بود و بازگشت درختان به نرخ رشد قبل از زلزله بین ۵ تا ۴۵ سال بسته به آسیب‌های وارد شده طول کشید که در این پژوهش نیز این اثرها در سال‌های نخست پدیدار شد و پس از ده سال به روند عادی خود بازگشت [۱۴].

تأثیرات عوامل اقلیمی

بررسی اثر عوامل اقلیمی بر رشد حلقه‌های رویشی درختان در منطقه نشان داد که همبستگی معنی دار و مثبتی بین رشد حلقه‌های رویشی درختان با عامل دما در منطقه

جدول ۴. نتایج همبستگی پیرسون بین تغییرات دما و بارش با حلقه‌های رویشی نمونه‌های بررسی شده

عامل اقلیمی	کرونولوژی
دما	۰/۳۱ ^{ns}
بارش در دوره ۳۰ ساله	۰/۸۰۹ ^{**}
بارش در دوره ۱۰ ساله پس از زلزله (۱۳۷۰-۱۳۷۹)	-۰/۷۳ ^{**}



شکل ۷. نمودار ارتباط بارش سالانه و سری زمانی پهنای حلقه‌های رویشی نمونه‌های بررسی شده

به‌طور معمول در اثر اختلال در فعالیت کامبیوم به‌عنوان بخش فعال کامبیوم ایجاد می‌شود [۳]. در اثر تنش‌های محیطی از جمله تنش‌های اقلیمی یا تنش‌های فیزیکی مانند زلزله فعالیت کامبیوم از حالت طبیعی و نرمال خارج

نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده ایجاد اختلال در روند رویش گونه تحت بررسی در سال‌های نخست پس از زلزله است و پس از سال ۱۳۷۶ این اختلال به تدریج اصلاح شده است. این تغییرات در رشد قطری درختان

پژوهش حاضر، نشان‌دهنده افزایش غیرعادی رشد درختان در سال‌های نخست پس از رشد به‌ویژه پنج سال نخست است، درحالی که در طی این سال‌ها بارندگی کاهش داشته است. به‌طور کلی زربین گونه مقاومی در برابر عامل زلزله شناخته شد، چراکه رشد سرکوب در بیشتر دیسک‌های بررسی شده تفاوت چشمگیری با رشد رها نشان نداد. با توجه به اینکه تحقیق حاضر مقدمه‌ای بر بررسی تأثیرات زلزله بر رشد درختان در داخل کشور است، تحقیقات تکمیلی با نمونه‌های بیشتر، در تکمیل دانسته‌های ما از زلزله به‌عنوان نوعی مخاطره طبیعی رایج در کشور و اثرهای آن بر پوشش گیاهی حائز اهمیت فراوان خواهد بود.

می‌شود و تأثیرات عامل تنش را در رشد درختان نمایان می‌سازد که در برخی موارد کاهش رشد و در برخی موارد مانند تأثیرات زلزله بر گونه زربین، افزایش غیرعادی رشد را در پی دارد [۵، ۱۱].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، تصاویر حاصل از عکس‌برداری با پرتو X کیفیت مطلوبی از داده‌های ورودی به مطالعات گاه‌شناسی ایجاد کرده است که تاریخ‌گذاری دقیق حلقه‌های رویشی درختان را میسر ساخته است. از این‌رو این روش نیز همانند دیگر روش‌های مرسوم تهیه تصاویر گاه‌شناسی حائز توجه خواهد بود. علاوه‌بر این، نتایج

References

- [1]. Fan, J., Wei, X., Wei Sh., Guo, Q., Zhang, S., and Xu, H., Song, H., Xu, CH., An, W., and Jiang, H. (2020). Response of tree rings to earthquakes during the past 350 years at Jiuzhaigou in the eastern Tibet. *Science of the Total Environment*, 731, 138714.
- [2]. Fallah, A., Balapour, B., Yekekani, M., and Jalilvand, H. (2014). Dendrochronological studies of *Juniperus polycarpus* in Alborz mountains (case study: Shahkuh of Shahrood). *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 29 (1): 94-105.
- [3]. Allen, R.B., MacKenzie, D.I., Bellingham, P.J., Wiser, S.K., Arnst, E.A., Coomes, D.A., and Hurst, J.M. (2020). Tree survival and growth responses in the aftermath of a strong earthquake. *Journal of Ecology*, 108: 107-122.
- [4]. Berberian, M., Qorashi, M., Jackson, J.A., and Priestley, K. (1992). The Roudbar-tarom earthquake of 20 June 1990 in north west of Iran: preliminary field and seismological observations, and its tectonic significance. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82(4): 1726-1755.
- [5]. Ren, J.J., Xu, X.W., Zhang, S.M., Yeats, R.S., Chen, J.W., Zhu, A.L., and Liu, S. (2018). Surface rupture of the 1933 M 7.5 Diexi earthquake in eastern Tibet: implications for seismogenic tectonics. *Geophysical Journal International*, 212: 1627-1644.
- [6]. Soosani, J., Radmeh, A., Ghalebahmani, S., Balapour, S., and Sepahvand, A. (2015). Effects of climate variables (temperature and precipitation) on the width of Rings-growth in Persian coppice oak in the central Zagros (Case study: Khoramabad). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 22(1): 93-110.
- [7]. Azizi, G., Robertson, I., Karimi, M., and Abadijoui Ravari, M.M. (2020). Relationship between Altitude and Juniper Genus Tree-Rings Width Case Study: *Juniperus* Habitats in North of Kerman Province. *Ecology of Iranian Forest*, 8 (15): 115-127.
- [8]. Pourtahmasi, K., Lotfiomran, N., Brauning, A., and Parsapajouh, D. (2011). Tree-ring width and vessel characteristics of oriental beech (*Fagus Orientalis*) along an altitudinal gradient in the caspian forests, northern Iran. *IAWA Journal*, 32 (4):461-473
- [9]. Vannoppen, A., Maes, S., Kint, V., De Mil, T., Ponette, Q., Van Acker, J., Van den Bulcke, J., Verheyen, K., and Muys, B. (2017). Using X-ray CT based tree-ring width data for tree growth trend analysis. *Dendrochronologia*, 44: 66-75.

- [10]. Kazemi, S.M., Asadpour, H., and Balapour, Sh. (2012). Investigation on relationship between tree rings of *Cupressus sempervirens* . var . *horizontalis* and climatic variables. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 27(2): 361-371.
- [11]. Orwig, D.A., and Abrams, M.D. (1997). Variation in radial growth responses to drought among species, site, and canopy strata. Trees, 11: 474-484.
- [12]. Martin-Benito, D., Kint, V., del Río, M., and Cañellas, I. (2011). Growth responses of West-Mediterranean *Pinus nigra* to climate change are modulated by competition and productivity: Past trends and future perspectives. Forest Ecology and Management, 262(6): 1030-1040.
- [13]. Hedayati, S., Sosani, J., Akbari, H., Fallah, A., and Balapour, Sh.A. (2014). Assessment of radial growth (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) trees by use of dendrochronology knowledge in its native site (case study: Gorgan Ali abad catool). Iranian Journal of Forest, 5(4): 361-376.
- [14]. Fu, T., Liang, E., Lu, X., Gao, Sh., Zhang, L., Zhu, H., Rossi, S., and Camarero, J.J. (2020). Tree growth responses and resilience after the 1950-Zayu-Medog earthquake, southeast Tibetan Plateau. Dendrochronologia, 62, 125724.

Investigation of the Effects of Roudbar and Manjil Earthquake on the Growth of *Cupressus sempervirens* Var. *Horizontalis* Trees, Using Dendrochronological Methods

N. Ahooghalandari; Ph.D. Graduate, Department of Forestry, University campus 2, University of Guilan, Rasht, I.R. Iran.

M. Ghodskhah Daryae*; Assoc., Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I.R. Iran.

J. Torkaman; Assoc., Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I.R. Iran.

A. Heidari Safari Kouchi; Ph.D Graduate of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, I.R. Iran.

(Received: 08 August 2020, Accepted: 25 October 2020)

ABSTRACT

Today, analyzing the effects of earthquakes on tree growth became possible by using dendrochronological methods. This study is done by the aim of investigating the effects of the severe Roudbar-Manjil earthquake in 1990 on the growth of *Cupressus sempervirens* trees in Rudbar county. For this purpose, after obtaining a license to cut down eight *Cupressus* trees in Roudbar city, the trees were randomly selected; cut down and eight discs were taken from their diameter at breast height. Also, in order to investigate the effects of climatic factors, 30 years (1983-2012) temperature and precipitation data of the region were received from Manjil synoptic station. Preparation of images of research disks slices with 2mm thickness were done using, medical radiology device and comparative dating, estimation of reliability components, chronological analysis of data, plotting and correlation between growth and climatic factors were performed using Mini-Viewer, ARSTAN, Excel and Spss software's. In addition, release and suppressed growth of trees in the five year after earthquake period were calculated, using growth change equations. The results showed that there was no correlation between tree growth and temperature factor ($r = 0.21$); While the correlation of precipitation factor with tree growth during 30 years was positive ($r = 0.809$) and during the years (1991 to 2000) was negative ($r = - 0.72$). Therefore, the growth changes of this species, which increased in the first five years after the earthquake and decreased in the second five years, can be related to the effects of the earthquake on trees. On the other hand, *Cupressus sempervirens* was recognized as an earthquake-resistant species because the growth of suppression in the studied disks did not show a significant difference with the release growth.

Keywords: X-ray, Gleichlaufigkeit, growth rings, suppressed growth, release growth.

* Corresponding Author: Email: mdaryaei9@gmail.com, Tel: +98 1823223023