واکنش رشد حلقه‌های رویشی زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.) به متغیرهای اقلیمی در شمال ایران با استفاده از رگرسیون چندگانه

حمید جلیلوند[۱*]

(تاریخ دریافت: ۸۳/۱۰/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۶)

چکیده

این مطالعه در پارک جنگلی نور انجام شد. به منظور تعیین واکنش رشد حلقه‌ها به متغیرهای اقلیمی، ۳۵ پایه زبان گنجشک از آشکوب غالب گرفته شد و پهنای حلقه‌های رویشی هجده ساله اخیر در قطر برابر سینه اندازه‌گیری شد. هدف این مطالعه یافتن متغیرهای اقلیمی مؤثر در رشد حلقه‌های رویشی گونه زبان گنجشک در سال جاری رویشی و سال‌های قبل از آن (یک، دو و سه سال قبل از سال جاری رویشی) توسط رگرسیون چندگانه در شمال ایران بود. مجموعاً ۸۵ متغیر ماهانه، سالانه، سه فصل سال (بهار، تابستان و پاییز) و فصل رشد و متغیرهای اقلیمی بارندگی، دما، شاخص حرارتی، تبخیر و تعرق و تعادل آبی مورد آزمون قرار گرفت. بهترین مدل رگرسیون چندگانه، واکنش رشد زبان گنجشک را با شرحی معادل ۸۳ درصد از تغییرات واریانس کل تخمین زد. نتایج نشان داد که رشد زبان گنجشک با متغیرهای اقلیمی سال‌های قبل از سال جاری رویشی وابستگی دارد. متغیرهای اقلیمی یک و دو سال قبل از سال جاری رویشی بیشترین نقش را در رشد این گونه نشان دادند (۵۵ در صد). به طوری که تبخیر و تعرق در ماه‌های تیر و شهریور و بارندگی در اردیبهشت - خرداد در دو سال و بارندگی در فروردین - اردیبهشت در سه سال قبل از سال جاری رویشی همگی با ضرایب اثر مثبت نقش خود را روی رشد این گونه آشکار ساختند. نتایج معلوم کرد که زبان گنجشک شرایط گرم‌تر را در انتها و اواسط فصل رشد در حضور رطوبت قابل دسترس و بارندگی را در ماه‌های ابتدای فصل رویش (اردیبهشت- خرداد دو سال قبل) بیشتر می‌پسندد.

واژه‌های کلیدی: زبان گنجشک، واکنش رشد، رگرسیون چندگانه، متغیرهای اقلیمی، حلقه‌های رویشی

مقدمه

با مدل‌های تخمین زننده تغییر اقلیم بر آورد شده است که از سال ۱۸۶۰ تا کنون متوسط درجه حرارت روی زمین حدود نیم الی هفت دهم درجه سانتی‌گراد نسبت به نرمال گرم‌تر شده است. پیش بینی می‌شود که اگر گاز کربنیک جو با همین روند افزایش یابد، ممکن است میانگین درجه حرارت جهانی بین ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد در قرن آینده افزایش یابد (۱۷). افزایش درجه حرارت برای پهناهای جغرافیایی بالا در طی زمستان و در پهناهای میانه در طی تابستان بیشتر از میانگین درجه حرارت جهانی پیش بینی شده است (۳۱). این مقدار گرم شدن جهانی در تاریخ زندگی انسان بی سابقه می‌باشد (۱۱)، که می‌تواند اثرات شدید و قابل توجهی بر اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی در نیمکره شمالی داشته باشد (۱۷). به این دلیل گونه‌های گیاهی در کشورهای مختلف

۱. استادیار جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران، ساری

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.jalilvand@umz.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

جدول ۱. مرور نوشته‌های مربوط به فاکتورهای اقلیمی مؤثر روی رشد گونه‌های مختلف در جهان.

نام علمی گونه	تأثیر فاکتورهای اقلیمی	رویشگاه	شماره منبع
Quercus stellata	خشکی فصل رشد، بارندگی ژوئن (+)	جنوب و مرکز آمریکا	۹
Quercus alba	بارندگی ماه ژوئن (+)	بوستون، آرکانزاس، آمریکا	۱۶
Acer saccharum	دمای زیاد ژوئن و جولای (−)، درجه حرارت اوائل تابستان و پاییز سال قبل (+)	انتریو، کانادا	۳۰
Acer saccharum	بارندگی تابستان (ژوئن، جولای و اوت) (+)	مرکز و جنوب انتاریو، کانادا	۳۴
Fraxinus Americana	بارندگی فصل رشد در یک سال قبل از سال جاری رویشی و سپتامبر و در سال جاری، شاخص حرارتی ژوئن در سه سال قبل از سال جاری رویشی	جنوب استان کبک (کانادا)	۲۵

تحت تأثیر تغییرات محیطی و متغیرهای اقلیمی قرار گرفته و قرار خواهند گرفت.

مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهد که به طور معنی‌داری از سال ۱۸۹۲ درجه حرارت جنگل‌های شمالی افزایش و بارندگی کاهش یافته است (۳۵). هنوز بسیاری از سئوالات در مناطق متعددی در جهان از نظر تغییر اقلیم و متغیرهای اقلیمی و اثر آنها روی گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری بدون پاسخ مانده، که نیاز به مطالعه دارد (۱۸). گونه‌های مختلف سوزنی برگان (۳، ۴، ۸، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۱، ۲۲، ۲۴، ۲۷، ۲۹، ۳۳) و پهن برگان (۹، ۱۶، ۲۵، ۲۸، ۳۰، ۳۴، ۳۸؛ جدول ۱) در جهان مورد پژوهش قرار گرفته‌اند و با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر هر منطقه متغیرهای اقلیمی مؤثر روی رشد آنها شناسایی شده و نشان داده است که نه تنها ساختار جنگل متأثر از رقابت و دخالت می‌باشد بلکه از اقلیم تأثیر فراوانی می‌گیرد (۳۲)، ولی در این مطالعات عمده متغیرها چه در سال رویشی و چه در سال‌های قبل از آن مورد توجه قرار داده نشده است.

طبق مطالعات انجام شده در ایران، گونه ربان گنجشک سریع الرشد بوده و در مناطق با خاک تهویه شده و در پناه باد به ابعاد وسیعی می‌رسد ولی وقتی در معرض باد و خشکی قرار داشته باشد از رشد طولی و قطری آن کاسته می‌شود. در جنگل‌های لومیر و لوه گرگان، تنه درختان دارای کیفیت بهتر و رشد بیشتری در مقایسه با گونه‌های مبدأ اسلونی و بلژیک می‌باشد. گونه زبان گنجشک نسبت به سایه و سیلاب غیر مقاوم است (۵ و ۶). این گونه را در کشور آلمان برای احیای مناطق جمع آوری زباله پیشنهاد نموده‌اند (۷).

جامعه توسکا- سفید پلت در ایران، در جاهایی که آب تجمع یافته است و بیشتر از شش ماه از سال خاک از آب اشباع می باشد اجازه حضور و رشد را از زبان گنجشک در مناطق جلگه‌ای جنگل‌های شمال گرفته است، ولی در مناطق خشک تر با ملج، نمدار، گردو، انجیلی و ممرز ظاهر می‌شود (۱).

گزارش شده که پایه‌های زیادی از زبان گنجشک در آمریکا، در سال‌های اخیر از بین رفته و عامل اصلی مرگ آنها را افزایش بیش از حد دما در فصل رشد درخت دانسته‌اند (۱۱). مطالعات اخیر نیز نشان می‌دهد که در اکوسیستم‌های طبیعی تفاوت‌های معنی‌داری بین رشد گونه‌ها ی گیاهی در سال‌ها و پهناهای مختلف جغرافیایی اتفاق افتاده است (۱۹ و ۲۶).

از آنجا که گونه زبان گنجشک یکی از گونه‌هایی است که در ترکیب‌های مختلف توده‌های جنگل‌های شمال ایران به‌خصوص با بلند مازو ظاهر می‌شود و خود نیز توده‌های خالص را تشکیل می‌دهد و مطالعاتی در زمینه اثر متغیرهای اقلیمی روی رشد آن صورت نگرفته و یا بسیار نادر انجام شده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

است (۳، ۴، ۲۵ و ۲۶). به علاوه اکثر قریب به اتفاق تحقیقات انجام شده در جهان، تعداد متغیرهای اقلیمی اندکی را، آنهم فقط در سال جاری رویشی و یا یک سال قبل از آن به‌کار برده اند (۱۷)، لذا در این مطالعه واکنش پهنای حلقه‌های رویشی سالانه زبان گنجشک به عمده متغیرهای اقلیمی، نه تنها در سال جاری رویشی بلکه در سه سال قبل از آن نیز به شکل سال به سال در مدل‌های رگرسیون خطی ساده، درجه دو و چندگانه در هجده ساله اخیر مورد آزمون قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محل این مطالعه در ساحل جنوبی خزر در پارک جنگلی نور به مساحت ۴۰۰۰ هکتار بود. این پارک در کنار جاده استان گیلان به مازندران بین نور و محمود آباد قرار دارد (طول ۵۲ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و پهنای ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی). در این پارک جوامع مختلف درختان جنگلی مانند ممرز-توسکا (Carpineto-Alnetum)، ممرز- بلوط (Carpineto-Quercetum)، ممرز- انجیلی (Carpineto-Parrotium)، توسکا- لیلکی (Alnetum-Gledietum) و سفید پلت - توسکا (Populeto-Alnetum) و یا توسکا – سفیدپلت (Alneto-Populetum) دیده می‌شود، با توجه به برداشت نمونه‌های گیاهی از منطقهٔ پارک نور و شناسایی در آزمایشگاه، به طور کلی گونه‌های زیر در تمامی پارک به صورت توده‌های متنوعی انتشار دارند:

Quercus castaneafolia, Carpinus betulus, Alnus glutinosa, Acer insigne, Fraxinus excelsior, Populus caspica, Parrotia persica, Rubus hyrcanum, Carex grioleti, Carex sylvatica, Oplesmenus undolatifolius, Bromus tectorum, Dactylis glomerata, Nonea lutea, Smilax excelsa, Hypericum androsaemum, Ruscus hyrcanus, Plantago major, Sphagnum SP, Microstegium vimineum, Ammonia baccifera, Polygonum convolvulus, Chenopodium album, Equisetum ravens, Hedera helix, Circaea lutetiana, Potentilla reptens, Sambucus ebulus, Viola odorata, Euphorbia amygdaloides, Verbena officinalis, Cynodon dactylon, Bromus tomentellus, Digitaria samquinalis, Artemisia compester, Nonea annua, Polysticum woronowii.

همان طوری که مشاهده می‌شود، گونه‌های بلند مازو، ممرز، توسکای قشلاقی، افرا پلت، زبان گنجشک، سفید پلت، لیلکی و لرگ از جمله گونه‌های غالب درختی در منطقه هستند. بر حسب وضعیت میکروکلیمای هر توده ترکیبات مختلفی از گونه‌های فوق نیز به وجود آمده است (۲۳).

اکثر جنگل‌های جلگه‌ای از جمله پارک جنگلی نور روی رسوبات جوان استقرار یافته‌اند. به‌خصوص، این جنگل روی رسوبات دوران چهارم شامل رسوبات سیلابی و آبرفتی، دلتائیک، رسوبات کنارهٔ دریای خزر و ماسه بادی، رسوبات دریایی باقی مانده از پس روی دریای خزر و ته نشست‌های رودخانه‌ای قرار دارد.

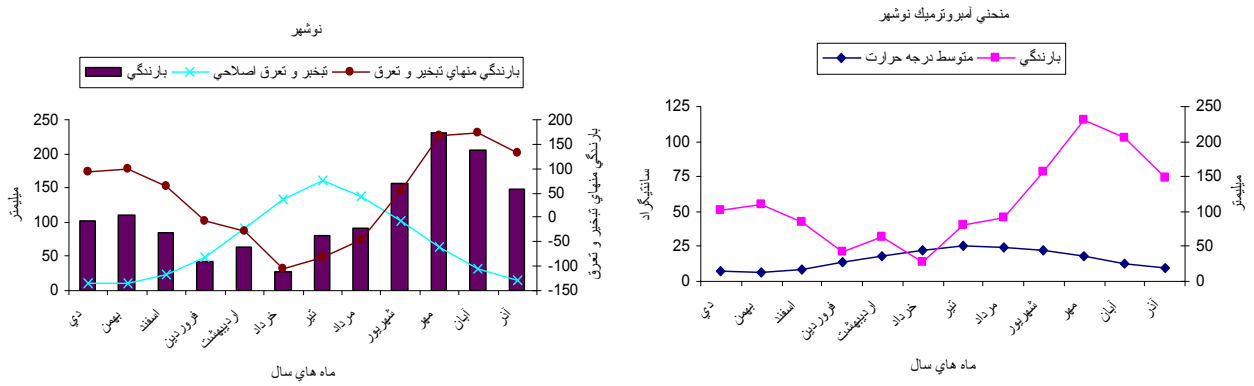
تراکم گونهٔ بلوط بیشتر در روی خاک‌های سنگین‌تر به چشم می‌خورد. گونهٔ توسکا، لرگ و سفید پلت در کناره‌های آبراهه‌ها و میکروکلیماهای خاص با توجه به بالا بودن سفرهٔ آب زیرین، که در فصل زمستان آب در آنها تجمع پیدا می‌کند مستقر شده اند، در حالی که زبان گنجشک در حد نهایی این آبراهه‌ها و به فاصلهٔ متوسط حدود ۱۰ متر و در جاهایی که تجزیهٔ عناصر خاک به خوبی صورت می‌گیرد و تجمع آب نسبتاً کمتر می‌باشد رشد می‌کند (مشاهدات نگارنده).

داده‌های اقلیمی از ایستگاه هواشناسی نوشهر گرفته شد، زیرا نزدیک‌ترین ایستگاه به پارک جنگلی نور، ایستگاه چمستان و نور بود که با بررسی داده‌ها معلوم گردید از دقت مناسبی برخودار نیست. نقشه‌های منحنی هم‌بارش و هم‌دمای نوشهر سطح پارک جنگلی را نیز زیر پوشش خود قرار می‌داد. بنا بر این از اطلاعات ایستگاه نوشهر استفاده شد. نمودارهای آمبروترمیک و اقلیم نگاری تهیه شده برای شمال ایران (۲) حاکی از آن است که در تیر و مرداد شدت خشکی نسبت به سایر ماه‌های سال بیشتر است (شکل ۱).

بیشینه بارندگی در این رویشگاه در پاییز و در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر (مهر، آبان و آذر) و کمینه بارندگی در تابستان و در ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت (تیر، مرداد و شهریور) رخ می‌دهد. گرمترین ماه‌های سال تیر و مرداد و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]



شکل ۱. منحنی آمبروترمیک (سمت راست) و الیم نگار نوشهر با توجه به بارندگی، تبخیر و تعرق اصلاحی و تعادل آبی

سردترین ماه‌های سال بهمن و اسفند می‌باشد (ایستگاه هواشناسی نوشهر (شماره ایستگاه ۴۰۷۳۴، پهنای جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹۹ دقیقه شمالی، درازای جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۲۰/۹-)، اختلاف فاحشی از نظر موقعیت و ارتفاع از سطح دریا با محل رویشگاه ندارد و تغییرات آب و هوای آن در مقایسه با محل نمونه برداری محسوس نیست.

سن متوسط پایه‌های نمونه‌برداری شده حدود ۹۰ سال بود، که در دو کلاسه قطری ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر قرار داشتند. با استفاده از آنالیز واریانس ساده معلوم گردید که بین این دو کلاسه قطری در تکرار ۱۸ سال پهنای حلقه‌های سالیانه سال‌های اخیر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. چون پایه‌های سرور به شکل گروهی در مناطق رویشی مختلف پارک با بلند مازو مخلوط بودند، سعی شد نمونه‌های انتخابی از پایه‌هایی که کمتر متأثر از سایه درختان بلند مازو باشند، گرفته شود. نمونه‌ها از پایه‌های گونه زبان گنجشک (*Fraxinus exceksior* L.) در جایی که بیشترین پایه‌ها متعلق به این گونه بود در تابستان سال ۱۳۸۲ برداشت شد. سی و پنج پایه انتخاب گردید و با مته سال سنج یک نمونه از قطر برابر سینه در جهت شمالی جنوبی گرفته شد. نمونه‌ها درون قاب‌های ناودانی مخصوص قرار داده شدند. پس از خشک شدن در هوای آزاد روی آنها با سمباده صاف گردید و برای وضوح بیشتر دوایر از یکدیگر به روغن جلا آغشته شدند. پهنای دوایر رویشی سالانه با خط کش میلی‌متری مخصوص و با استفاده از ذره بین با بزرگنمایی ده برابر اندازه‌گیری شد. هیچ‌کدام از نمونه‌ها دارای مشکل قرائت نادرست نبودند و همه آنها در آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

مجموعاً ۳۴۰ متغیر اقلیمی گروه‌بندی شده (۸۵ متغیر در چهار گروه رگرسیون ساده و درجه دو)، شامل درجه حرارت (T)، بارندگی (P)، شاخص حرارتی تورنت ویت (H)، تبخیر و تعرق واقعی (E) و تعادل آبی (W) در سال جاری رویشی (C)، یک (P1)، دو (P2) و سه سال (P3) قبل از سال جاری رویشی روی حلقه‌های رویشی گونه زبان گنجشک (FR) با اطلاعات و داده‌هایی که از ایستگاه هواشناسی نوشهر به مدت ۲۱ سال گرفته شد به عنوان متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). هر یک از متغیرهای پنج گانه فوق در دوازده ماه سال، سه فصل سال، فصل رویشی و سالانه (۱۷ متغیر) به شکل خطی و درجه دو در مدل‌های ساده آزمون گردیدند. با روش فیلتراسیون (۱۰، ۱۲ و ۲۵) مهم‌ترین متغیرها گام به گام در بهترین مدلِ رگرسیون چندگانه شناسایی گردید. آنالیزهای آماری در نرم افزارهای SAS و Excel انجام شد. در هر مرحله آماره‌های مجموع مربعات باقی‌مانده، مجموع مربعات برآورد باقی‌مانده و توزیع پخشیدگی نقاط باقی‌مانده در برابر مقدار واقعی و برآورد مورد توجه قرار داده شد. برای تأیید مدل‌ها علاوه بر کنترل موارد اشاره شده در مدل نهایی،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

جدول ۲. تعداد و نوع متغیرهای اقلیمی به‌کار برده شده در مدل‌های خطی و درجه دو رگرسیون

زمان	سال جاری رویشی					یک سال قبل از سال جاری رویشی (P1)					دو سال قبل از سال جاری رویشی (P2)					سه سال قبل از سال جاری رویشی (P3)					جمع
(C)																					
متغیرها	P	T	H	E	W	P	T	H	E	W	P	T	H	E	W	P	T	H	E	W	
سالانه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲۰
ماهانه	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۲۴۰
سه فصل سال	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۴۵
فصل رویش	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲۰
جمع	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۳۴۰

علائم: سال جاری رویشی، C؛ یک دو و سه سال قبل از سال جاری رویشی به ترتیب P1, P2 ,P3؛ سالانه، ANL؛ ماه‌های سال به ترتیب برای ژانویه الی دسامبر، JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC؛ سه فصل سال به ترتیب بهار، تابستان و پاییز، SP, SU, FAL؛ P، بارندگی؛ T، درجه حرارت؛ H، شاخص حرارتی؛ E، تبخیر و تعرق و W، تعادل آبی.

لگاریتم طبیعی تجمعی مقدار واقعی متغیر وابسته و برآورد در طول سال‌های اندازه‌گیری شده ترسیم گردیدند. علاوه بر آن کالیبراسیون مدل‌نهایی، با توجه به روش هوکینگ (۲۰) و روزنبلت و اسپیگلمن (۳۴) انجام و شکل ترسیمی آن با توجه به باقی‌مانده کالیبراسیون، مشاهدات و برآورد ارائه شد.

نتایج و بحث

از مجموع ۶۸۰ متغیر اقلیمی درجه یک و دو، ۱۲۰ متغیر معنی‌دار در مدل‌های ساده باقی ماندند (در سطح ۹۰ الی ۹۹ درصد اطمینان). از این تعداد پس از عمل فیلتراسیون هفت متغیر در مدل رگرسیون خطی ساده و پنج متغیر در رگرسیون خطی چندگانه باقی ماند (جدول ۳).

در دو سال قبل از سال جاری رویشی نیز اثر تبخیر و تعرق در ماه‌های جولای (مرداد) و سپتامبر (شهریور) به شکل خطی در مدل ترکیبی معنی‌دار شد (سطح احتمال معنی‌داری ۰/۱ در صد). در مدل درجه دو، اثر بارندگی در ماه می(خرداد) و تبخیر و تعرق در ماه اکتبر (مهر) به ترتیب با ضریب مثبت و منفی باقی ماندند. این چهار متغیر مجموعاً ۸۵ درصد تغییرات پهنای دوایر رویشی زبان گنجشک را توانستند تخمین بزنند. متغیرهای خطی بارندگی در ماه مارس و درجه دو تبخیر و تعرق در تابستان در سه سال قبل از سال جاری رویشی، هر دو با ضریب اثر مثبت، ۵۱ درصد از واریانس کل تغییرات پهنای دوایر رویشی را توجیه نمودند (جدول ۳).

درستی مدل‌های برتر و تناسب برازش آنها، برحسب سال‌های مورد آزمون و مدل نهایی، مورد ارزیابی قرار گرفت که مدل نهایی مناسب‌ترین برازش را نشان داد (شکل ۲). تمامی مراحل رسیدن به مدل نهایی از جنبه نرمال بودن مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۳).

بهترین مدل‌های رگرسیون چندگانه با توجه به همه متغیرهای اقلیمی به عنوان متغیرهای مستقل اعم از بارندگی، حرارت، شاخص حرارتی، تبخیر و تعرق و تعادل آبی و سال اثر گذاری آنها نشان داد که همه سال‌های قبل از سال جاری رویشی به شکل خطی و درجه دو (بر حسب نوع و زمان اثر) بر رشد گونه زبان گنجشک مؤثر می‌باشند. صحت مدل‌ها مورد تأیید قرار گرفت. در رگرسیون خطی چندگانه مراحل اولیه، دو متغیر بارندگی (P2PMAY) و تعادل آبی (P2WMAY) در دو

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

جدول ۳. مشخصات مدل‌های معنی‌دار رگرسیون خطی ساده. (الف) و رگرسیون خطی چندگانه (ب) با استفاده از روش گام به گام

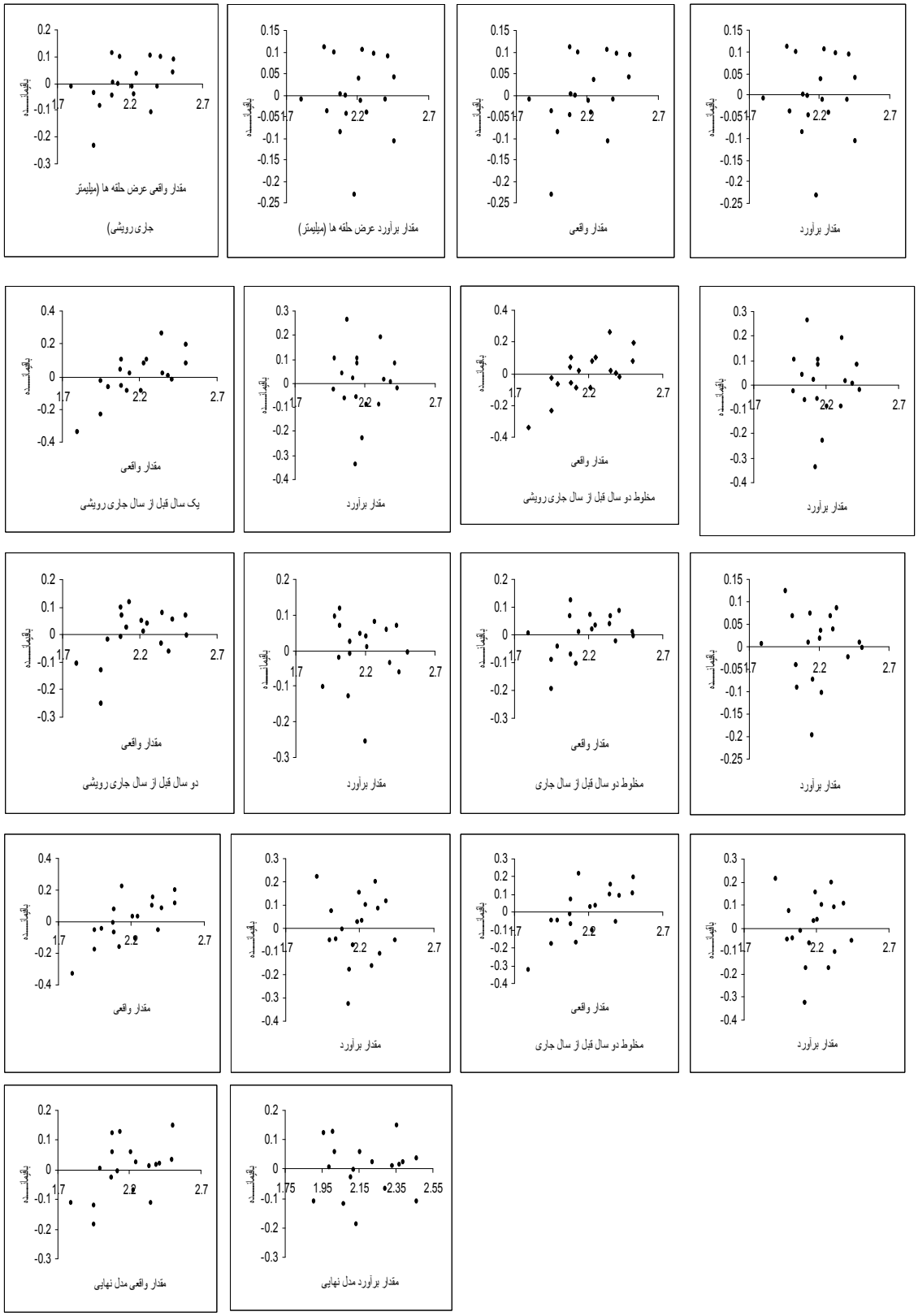
الف

متغیرهای مستقل	سال جاری رویشی (C) ضریب ثابت	ضریب خط	ضریب تعیین	یک سال قبل از سال جاری رویشی (P1) متغیرهای مستقل	ضریب تغییرات	ضریب تعیین	ضریب ثابت	ضریب خط	دو سال قبل از سال جاری رویشی (P2) متغیرهای مستقل	ضریب تغییرات	ضریب تعیین	ضریب ثابت	ضریب خط	سه سال قبل از سال جاری رویشی (P3) متغیرهای مستقل	ضریب تغییرات	ضریب تعیین	ضریب ثابت	ضریب خط	ضریب تغییرات
	۰/۷۶۴ [a]		۰/۷۷			۰/۵۱	۰/۲۹۹ [ns]				۰/۷۹					۰/۵۱	۰/۹۳۳ [*]		
CEAUG		−۹۶۶×۱۰$^{-۳}$ [***]	۰/۱۱	P1TJAN	۴/۸	۰/۱۱		۰/۰۵۰۳ [a]	P2PMAY	۶/۹	۰/۰۷	۰/۰۱۰۸ [a]		P3PMAR		۰/۱۶		۲۵×۱۰$^{-۳}$ [*]	۶/۹
CESGR		۴۸۳×۱۰$^{-۳}$ [***]	۰/۲۲	P1TJUL		۰/۴۰		۰/۰۰۵۳ [*]	P2EJUL		۰/۵۱	۰/۰۰۵۳ [***]		P3ESUM	۴/۸	۰/۳۵	۰/۹۴۷ [*]	۲۷×۱۰$^{-۳}$ [***]	
CEJUL			۰/۴۴						P2ESEP		۰/۱۶	۰/۰۰۷۶ [***]							
									P2WMAY		۰/۰۴	−۷۰×۱۰$^{-۳}$ [a]							

توجه: متغیر CEJUL، به مدل وارد و سپس خارج شده است.

ب

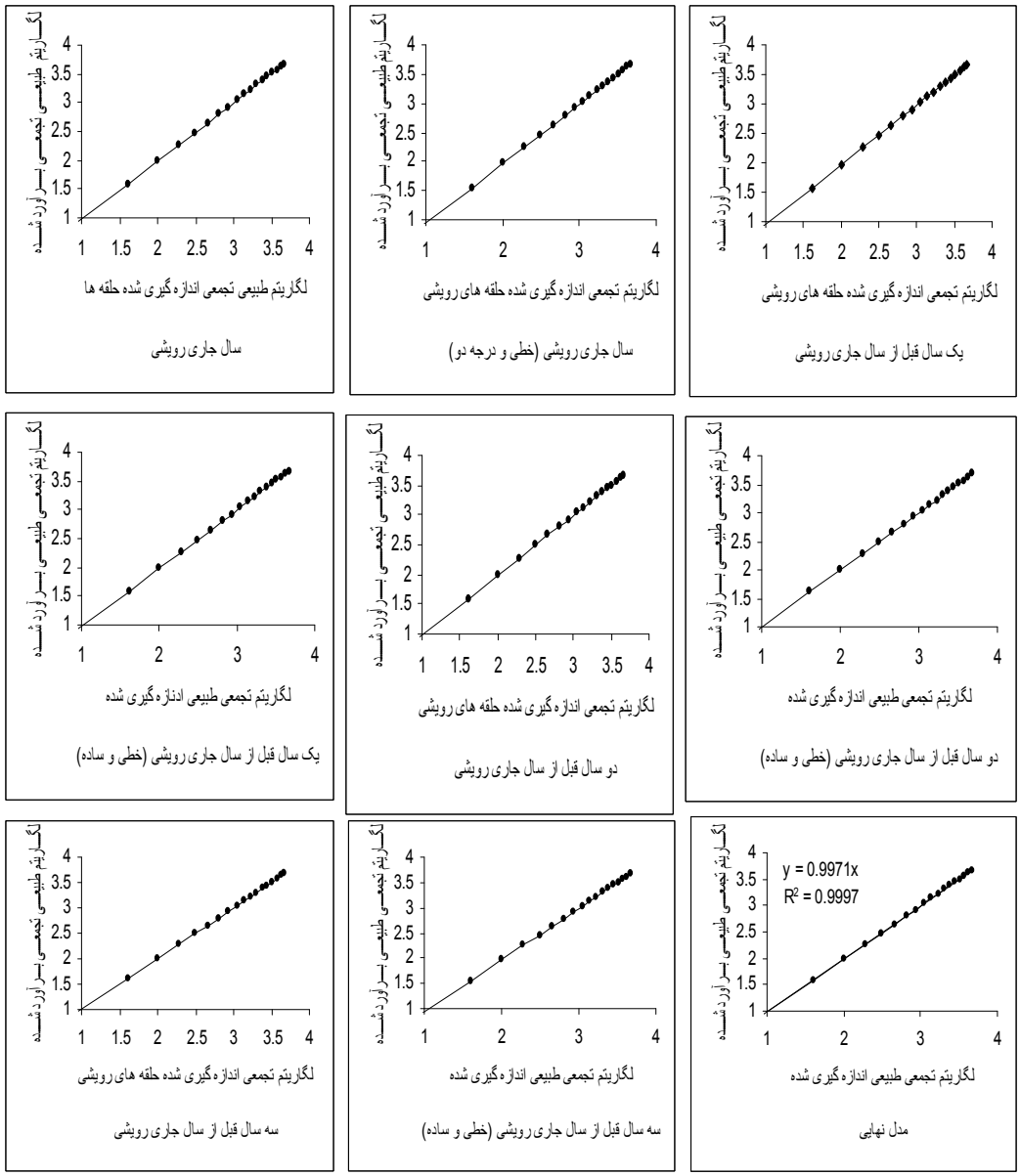
متغیرهای مستقل	ضریب ثابت	ضریب خط	ضریب تعیین	متغیرهای مستقل	ضریب ثابت	ضریب خط	ضریب تعیین	متغیرهای مستقل	ضریب ثابت	ضریب خط	ضریب تعیین	متغیرهای مستقل	ضریب ثابت	ضریب خط	ضریب تعیین
	۱/۳۳۷ [***]		۰/۸۱		۱/۱۰۶ [***]		۰/۸۵		۱/۳۹۲ [**]		۰/۵۱		۱/۴۸۳ [***]		۰/۵۱
(CEFEB)^{۲}		۰/۰۳۶۳ [a]	۰/۰۶	P1TJAN	۰/۰۵۰۹ [a]	۴/۶	۰/۱۱	P2EJUL	۵۰×۱۰$^{-۳}$ [***]	۶/۸	۰/۵۱	P3PMAR	۲۵×۱۰$^{-۳}$ [*]	۶/۸	۰/۱۶
(CEAUG)^{۲}		−۴۶×۱۰$^{-۶}$ [***]	۰/۱۱	(P1EJUL)^{۲}	۱۷×۱۰$^{-۵}$ [***]		۰/۴۰	P2ESEP	۵۲×۱۰$^{-۳}$ [***]		۰/۱۶	(P3ESUM)^{۲}	۳۸×۱۰$^{-۶}$ [***]		۰/۳۵
(CESGR)^{۲}		۵۱×۱۰$^{-۶}$ [***]	۰/۲۱					(P2PMAY)^{۲}	۲۵×۱۰$^{-۵}$ [***]		۰/۰۸				
								(P2EOCT)^{۲}	−۱۵×۱۰$^{-۴}$ [***]		۰/۰۹				



شکل ۲. ابر نقاط باقی‌مانده در برابر مقدار واقعی و برآورد در حالت معمول و مخلوط متغیرهای اقلیمی خطی و درجه دو، با توجه به اثر داده‌های اقلیمی در سال جاری، یک سال، دو سال و سه سال قبل از سال جاری رویشی و ترکیب همه متغیرهای اقلیمی در مدل نهایی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]



شکل ۳. لگاریتم طبیعی تجمعی مقدار واقعی در برابر مقدار برآورد در سال جاری رویشی و یک، دو، و سه سال قبل از آن با توجه به حالت ساده و مخلوط و در مدل نهایی به صورت ترکیبی

سال قبل از سال جاری رویشی با یکدیگر هم‌بستگی شدید داشتند که به دلیل آن تورم واریانس ایجاد شده بود. در مدل پایانی، تعادل آبی از مدل نهایی حذف گردید و مناسب‌ترین برازش به‌دست آمد (جدول ۴). متغیرهای اقلیمی، از مرحله اول تا مرحله نهایی، هر کدام که ضعیف‌تر بودند حذف شدند. در مدل رگرسیون چندگانه نهایی، پنج متغیر اقلیمی روی پهنای دوایر رویشی زبان گنجشک اثر داشتند. مدل نهایی ۸۳ درصد از تغییرات رشد را تفسیر کرد.

این مدل نسبت به مدل‌های مراحل قبلی دارای کمترین ضریب تغییرات (۰/۱۷) و کمترین مجموع مربعات باقی‌مانده (۰/۱۱) بود. مدل نهایی به شرح زیر تعیین گردید:

$$FR = 0.788 + 0.0448\ (P1TJAN) + 0.00368\ (P2EJUL) + 0.00429\ (P2ESEP) + 187\times10^{-5}(P2PMAY)^2 + 0.001524\ (P3PMAR) \quad [۱]$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

جدول ۴. سایر مشخصات درستی و تأیید مدل‌های برازش شده در مرحله رگرسیون خطی چند گانه (الف) و مخلوط خطی با درجه دو (ب)، بر حسب سال‌های اثرگذاری متغیرهای اقلیمی روی حلقه‌های رویشی زبان گنجشک

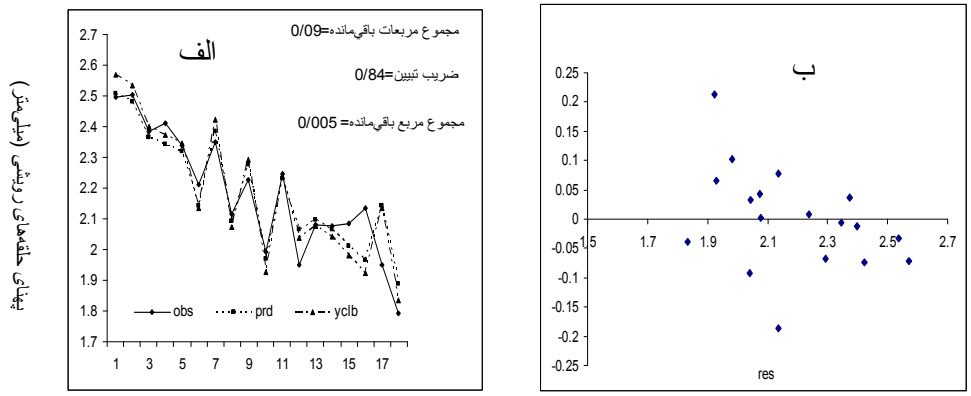
نوع مدل بر حسب سال	متغیر اقلیمی	VIF‡	MAC	SSR	PRESS
الف- رگرسیون خطی چندگانه با روش گام به گام					
سال جاری(C)	CEAUG	۲/۰۷۰	۹/۳۲۹	۰/۱۶۰۸	۰/۳۲۴۷
	CESGR	۲/۸۷۸			
	CEJUL	۲/۲۴۵			
یک سال (P1)	P1TJAN	۱/۲۱۶۹	۶/۳۳۴	۰/۳۷۳۹	۰/۵۱۱۹
	P1TJUL	۱/۲۱۶۹			
دو سال (P2)	P2PMAY	۳۵/۰۸۱۴	۹/۴۸۹	۰/۱۴۴۴	۰/۲۶۵۱
	P2EJUL	۱/۱۰۶۸			
	P2ESEP	۱/۱۰۰۸			
	P2WMAY	۳۵/۱۲۲۴			
سه سال (P3)	P3PMAR	۱/۰۷۸۱	۶/۶۴۹	۰/۳۳۹۲	۰/۴۸۵۷
	P3ESUM	۱/۰۷۸۱			
ب- رگرسیون خطی و درجه دو چندگانه با روش گام به گام					
سال جاری(C)	$(CEFEB)^2$	۲/۰۴۴۲	۱۰/۳۰۸	۰/۱۳۱۸	۰/۲۲۰۷
	$(CEAUG)^2$	۲/۴۵۳۲			
	$(CESGR)^2$	۱/۹۵۶۱			
یک سال (P1)	P1TJAN	۱/۱۲۶۶	۶/۷۱۱	۰/۳۳۳۰	۰/۴۴۱۱
	$(P1EJUL)^2$	۱/۱۲۶۶			
دو سال (P2)	P2EJUL	۱/۰۶۹۶	۱۱/۰۸۵	۰/۱۰۵۸	۰/۱۸۲۱
	P2ESEP	۱/۰۵۶۶			
	$(P2PMAY)^2$	۱/۰۸۲۱			
	$(P2EOCT)^2$	۱/۰۸۰۶			
سه سال (P3)	P3PMAR	۱/۰۷۹۷	۶/۶۹۷	۰/۳۳۴۴	۰/۴۷۶۶
	$(P3SUM)^2$	۱/۰۷۹۷			

VIF، فاکتور تورم واریانس؛ MAC، درستی مدل؛ SSR، مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها و PRESS، مجموع مربعات باقی‌مانده برآورد

که در آن FR، پهنای حلقه‌های رویشی زبان گنجشک؛ P1TJAN، درجه حرارت ماه ژانویه در یک سال قبل از سال جاری رویشی؛ P2EJUL و P2ESEP به ترتیب تبخیر و تعرق ماه جولای و سپتامبر در دو سال قبل از سال جاری رویشی، P2PMAY، بارندگی ماه می‌در دو سال قبل از سال جاری رویشی و P3PMAR، بارندگی ماه مارس در سه سال قبل از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]



شکل ۴. مقادیر واقعی (obs)، برآورد (prd) و کالیبراسیون (yclb) در مدل نهایی برای گونه زبان گنجشک، در طول ۱۸ سال اخیر (الف) و مقدار باقی‌مانده کالیبراسیون (res) در مقابل مشاهدات (ب)

سال جاری رویشی می‌باشند. برآورد مدل نهایی با مقدار واقعی کالیبره شد و نشان داد که ۸۴ درصد با یکدیگر هم آوایی دارند (شکل ۴).

چنین نتیجه‌ای برای زبان گنجشک سفید در پهناهای بالاتر جغرافیایی در نیمکره شمالی و در جنگل‌های استان کبک (کانادا) حاصل شده است. تنها تفاوتی که در نتایج پهنای بالای جغرافیایی و این مطالعه وجود دارد یک ماه تأخیر در واکنش رشد در برابر متغیرهای اقلیمی است. به علاوه در پهناهای جغرافیایی بالاتر، بهترین تخمین زننده‌ها برای زبان گنجشک سفید، بارندگی در یک و دو سال قبل از سال جاری رویشی در فصل رشد گزارش شده است (۲۵). در جنگل‌های مناطق معتدله شمالی، آشکوب فوقانی را بلوط قرمز شمالی و افرا قندی به خود اختصاص داده‌اند، به طوری که زبان گنجشک سفید همیشه در زیر آشکوب قرار می‌گیرد و در این حالت رقت برگ، نازکی تنه و کاهش رشد ارتفاعی درخت مشهود است (۳۶)، هر چند که این گونه به عنوان گونه‌ای نیمه بردبار به سایه دسته بندی شده است.

در هر صورت فقط متغیرهای اقلیمی به تنهایی نیستند که روی رشد حلقه‌های رویشی اثر می‌گذارند، سایر متغیرهای محیطی مانند نور، عناصر غذایی موجود در خاک، شرایط تجمعی گیاهان همسایه و غیره نیز رشد را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. به عنوان مثال معلوم شده است که در هنگام بهار، تبخیر و تعرق به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و برگ‌های درختان خزان کننده توسعه پیدا می‌کنند، در حالی که بر عکس در هنگام پیری و ریزش برگ، تبخیر و تعرق کاهش یافته و مقدار جریان سطحی آب افزایش نشان می‌دهد. مشخص شده که آثار منفی خشکی در ارتباط با توانایی استفاده از آب قابل تبادل در اکوسیستم است (۴۰). مشخصات هیدرولیکی درخت در سنین مختلف با توجه به محدودیت‌ها و کمبود آب قابل تبادل در اکوسیستم مورد مطالعه قرار گرفته است، که نشان دهنده تفاوت نیاز آبی گونه‌ها بر حسب سن می‌باشد (۴۱).

متغیرهای باقی مانده در شش مدل مجزای ساده و ترکیبی دسته بندی شدند، که به ترتیب تبخیر و تعرق، شاخص حرارتی و درجه حرارت ماه تیر – مرداد (جولای)، با اثرات مثبت و تعادل آبی در همان ماه با اثر منفی بیشترین تأثیر را روی حلقه‌های رویشی زبان گنجشک از خود باقی گذاشتند. به نظر می‌رسد که چون آب قابل استفاده در خاک در ماه تیر و مرداد، به علت تبخیر و تعرق زیاد به شدت کاهش می‌یابد و بارندگی در این دو ماه نسبت به سایر ماه‌های سال کمترین می‌باشد، احتمالاً آب موجود در خاک کافی برای جبران نیاز آبی این گونه نیست، در نتیجه اثر منفی آن آشکار گردیده است.

وضعیت رویشگاه طوری است که خاک مدت مدیدی از سال، اشباع از آب می‌باشد. این گونه در شرایط رویشگاهی با آب زیاد، سازگار شده است. در هنگامی که در سال‌های اخیر،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

در یک یا دو ماه از سال با توجه به افزایش گرمای بیش از حد تحمل گونه، موجب شده تا تبخیر و تعرق از میزان بارندگی و ذخیره آب پیشی بگیرد و در رشد این گونه اثر بگذارد (جدول ۳). شکل ۴ نشان می‌دهد که رویش در طول ۱۸ سال اخیر روند کاهنده نشان می‌دهد، و این احتمالاً می‌تواند دلیل تأثیر به هم پیوسته اقلیم سال‌های گذشته (تا سه سال در این تحقیق) را روی رویش سال جاری زبان گنجشک نشان دهد. دلائل تأثیر فیزیولوژیکی در این تحقیق انجام نشده است، ولی چون زبان گنجشک گونه‌ای پر توقع می‌باشد و به دلیل گرم شدن هوا و بالا رفتن سطح تبخیر و تعرق در ماه‌های تیر و مرداد، از ذخایر مواد غذایی و آب کاسته شده و در نتیجه روی اندازهٔ پهنای حلقه‌ها اثر گذاشته است. به‌خصوص وضعیت خاک طوری است که به راحتی آب را در شرایط کم آبی از دست می‌دهد، به همین دلیل در دو ماه تیر و مرداد دچار کم آبی شده است. گزارش‌های علمی نیز این موضوع را مورد تأیید قرار داده‌اند. به عنوان مثال دو گونه *Fraxinus profunda* و *F. caroliniana* دارای چنین خصوصیاتی می‌باشند (۳۹).

نتیجه‌گیری

وارد سازی درجه حرارت یا شاخص حرارتی و بارندگی در مدل‌ها موجب اصلاح آنها در هر مرحله به‌خصوص در مرحله نهایی گردید و پیشنهاد کرد که متغیرهای اقلیمی روی رشد اثر دارند. بنابراین باید همیشه شاخص حرارتی را با بارندگی، درجه حرارت و تعادل آبی در مدل‌های خطی و درجه دو رگرسیون وارد نمود. همان‌طوری که در جدول یک نشان داده شد، ضریب تغییرات با روش فیلتراسیون به‌کار برده شده اصلاح شد و مرحله به مرحله از مقدار ضریب تغییرات کم و بر ضریب تعیین افزوده گردید.

الگوی مشابهی در تخمین مدل‌ها با اندازه‌گیری‌های واقعی وجود داشت، که نشان دهنده برازش مناسب مدل نهایی است (شکل ۳). متغیرهای اقلیمی با اهمیت در مدل نهایی، برآوردی که برای رشد محاسبه نمود، با مشاهدات مطابقت نشان داد و کالیبراسیون مدل، دقت و صحت مدل نهایی را تأیید کرد (شکل ۴). بنابراین الگوی تخمینی حلقه‌های رویشی توسط مناسب‌ترین مدل به‌دست آمده قابل توصیه و توسعه می‌باشد. مشابهت تغییرات و نوسانات مدل‌ها با اندازه‌گیری واقعی حلقه‌های رویشی در طول هجده ساله اخیر زبان گنجشک به‌خوبی واکنش رشد را نشان داد.

معلوم شد که بر حسب سال رویش، با توجه به تغییر شرایط، واکنش رشد یکسان نیست، ولی در مجموع ماه‌های گرم‌تر در فصل رشد سال‌های قبل از سال جاری رویشی، اثرات منفی خود را آشکار می‌سازند، هر چند که نیاز به مطالعات گسترده‌تری احساس می‌شود. زیرا تعداد کمی از مدل‌های ساده در ابتدای ورود برای انجام مراحل بعد معنی‌دار شدند، که این خود در نتیجه‌گیری نهایی بی تأثیر نخواهد بود.

مدل نهایی اثر هر یک از متغیرهای معنی دار باقی مانده را مشخص کرد. اثرات متغیرها هم به شکل خطی و هم به صورت درجه دو، در مدل نهایی ظاهر گردید. مناسب‌ترین مدل رگرسیون خطی چندگانه از تمامی متغیرهای اقلیمی و سال اثر گذاری آنها نشان داد که فاکتورهای اقلیمی سال‌های قبل از سال جاری رویشی به شکل خطی و درجه دو از اهمیت زیادی برخوردارند. احتمال دارد که زبان گنجشک، در مراحل اولیهٔ رشد تحت تأثیر سایهٔ نهال‌های بلند مازو قرار گرفته باشد، که این خود بی تأثیر در تأخیر رشد سال‌های بعد نبوده است. روند کاهندگی رشد حلقه‌ها یک هشدار مهم محسوب می‌شود، که اگر به همین حالت دمای هوا در ماه‌های گرم‌تر سال ادامه یابد، احتمال انقراض گونه زبان گنجشک وجود خواهد داشت. برای اطمینان بیشتر از نتایج این تحقیق توصیه می‌شود، رشد زبان گنجشک در توده‌های خالص و در ترکیب با گونه‌هایی مانند بلند مازو در جاهای دیگر مورد توجه قرار داده شود و علاوه بر مطالعهٔ پهنای حلقه‌های رویشی، سطح مقطع دوایر رویشی نیز به عنوان متغیر وابسته مورد ارزیابی قرار گیرد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

منابع مورد استفاده

۱. جلیلوند، ح. ۱۳۶۷. بررسی انتشار جغرافیایی و شرایط اکولوژیکی گونه سفید پلت در جنگل‌های شمال ایران. پایان نامه جهت اخذ دانشنامه مدرسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲. جلیلوند، ح.، م. حبیب نژاد روشن و ک. سلیمانی. ۱۳۸۲. بررسی اقلیم ساحل جنوبی خزر. ارائه شده به تخستین همایش بین‌المللی دریای خزر. بررسی روابط و روند همکاری‌ها میان کشورهای ساحلی. ۲۷ و ۲۸ مهر ماه ۱۳۸۲، بابلسر، دانشگاه مازندران، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی. ایران.

۳. صفدری، ح.ر.، د. پارساپژوه، ا. ه حمصی و آ. برونینگ. ۱۳۸۵. مطالعه گاه‌شناسی (Dendrochronology) به منظور بررسی اثرات آلودگی هوای تهران بر روی رویش شعاعی درخت زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*). منابع طبیعی ایران ۵۹(۱):۲۱۳-۲۲۳.

۴. صفدری، ح.ر. و همکاران. ۱۳۸۳. مطالعه اقلیم نگاری درختی گونه زبان گنجشک در سه منطقه تهران. مجله علوم کشاورزی، ۱۰(۴): ۷۹-۹۲.

۵. طبری، م. ۱۳۷۱. مطالعات بررسی شرایط زیست محیطی و مشخصات جنگلشناسی درخت زبان گنجشک در جنگل‌های کرانه دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۶. طبری، م. ۱۳۸۰. نحوه زیست، پرورش و مدیریت توده‌های طبیعی آمیخته زبان گنجشک در جنگل‌های خزری. همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار. جلد ۲، صفحات ۳۸۵-۳۹۸.

۷. مجنونیان، ب. ۱۳۷۰. *درختان و محیط زیست*. سازمان محیط زیست ایران، تهران.

8. Arp, P.A. and J. Manasc. 1988. Red spruce stands downwind from a coal-burning power generator: tree-ring analysis. Can. J. For. Res. 18: 251-264.
9. Blasing, T.J., D.W. Stahle and D.N. Duvick. 1988. Tree-ring based reconstruction of annual precipitation in the south-central United States from 1750 to 1980. Water Resources Res. 24: 163-171.
10. Blasing, T.J., D.N. Duvick and E.R. Cook 1983. Filtering the effects of competition from ring width series. Tree-Ring Bull. 43:19-30.
11. Canadian Climate Program Board. 1991. Climate change and Canadian impacts: the scientific perspective. Environ. Can. Publ. EN57-27/1991-01.
12. Cook, E.R. 1985. A time-series analysis approach to tree-ring standardization. Ph.D. dissertation, University of Arizona. Tocson.
13. Cook, E.R. 1988. A tree-ring analysis of red spruce in southern Appalachian mountains. In analyses of great smoky mountain red spruce tree ring data. Eds. P.C. Van Deusen. USDA For Serv. Gen. Tech. Rep. So. 69: 6-20.
14. Cook, E.R. and A.H. Johnson. 1989. Climate change and forest decline: a review of the red spruce case. Water Air Soil Pollutt. 48: 127-140.
15. Federer, C.A, L.M. Tritton, J.W. Hornbeck and R.B. Smith. 1989. Physiologically based dendroclimate models for effects pf weather on red spruce basal-area growth. Agric. For. Meteorol. 46: 159-172.
16. Gyette, R.P. and C.F. Rabeni. 1995. Climate response among growth increments of fish and trees. Oecologia. 104: 272-279.
17. Hansen, J.E. 1988. The greenhouse effect: Impact on current global temperature and regional heat waves. Washington D.C.
18. Harvey, L.D.D. 2000. Understanding global environmental change: climate and global environmental change. Prentric Hall, Toronto, Canada.
19. Hendershot, W.H. and B. Cote. 1992. Soil acidification, forest fertilization and maple decline. Invited presentation to the Environmental Resources Research Institute, Penn State Univ.
20. Hocking, R.R. 2003. Methods and Applications of Linear Models: Regression and the analysis of variance. Second Ed., Wiley Series in Probability and Statistics, Wiley Interscience, A John Wiley & Sons Pub., USA.
21. Innes, J.L. and E.R. Cook 1989. Tree-ring analysis as an aid to evaluating the effects of pollution on tree growth. Can. J. For. Res. 19: 1174-1189.
22. Jacoby, G.C. and E.R. Cook. 1981. Past temperature variations inferred from a 400 year tree ring chronology from Yukon Territory. Canada, Arct. Alp. Res. 13: 409-418.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]

23. Jalilvand, H. 1992. Geographical desimination and ecological conditions of *Populus caspica* in northern forest of Iran. In: International Symposium of Integrated of Forest Information Management Systems, October, Tesokuba, Japan.
24. Jalilvand, H. 1997. The growth responses to climatic variables in mixed regression models. In The 8th International Conference on Rainwater Catchment Systems. Tehran, I.R. Iran: 1941-1951.
25. Jalilvand, H., S. Gh. M. Jalali, Akbarinia, M. Tabari and M. Hosseini. 2001. Growth response of eight hardwood species to current and past climatic variations using regression models. J. Agric. Sci. and Tech: 3(3): 209-225.
26. Jalilvand, H., S.G. Jalali, M. Akbarionia, M. Tabari and S.M. Hosseini. 2002. Growth response function of eight hardwood forest species to climatic variations. Dendrochronology, Environmental Change and Human History, 6th International Conference on Dendrochronology, Quebec City, Canada, August 22nd- 27th 2002.
27. Jordan, D.N. and B.G. Lockaby. 1990. Time series modeling of relationship between climate and long-term radial growth of loblolly pine. Can. J. For. Res. 20: 738-742.
28. Lane, C.J., D.D. Reed, G.D. Mroz and H.O. Liechty. 1993. Width of suhar maple (*Acer saccharum*) tree rings as sffected by climate. Can. J. For. Res. 23: 2370-2375.
29. Larsen, C.P.S. and G.M. McDonald. 1995. Relationship between tree-ring widths, climate, and annual burned in the boreal forest of Alberta. Can J. For. Res. 25: 1746-1755.
30. McLaughlin, D.L. 1991. Dendrochronological study of nine tree species exposed to fluoride emission from an aluminium smelter. MSc. Thesis. University of Toromto. Toronto, Ont.
31. Mitchell, J.F.B. 1990. Is the holocene a good analogue for greenhouse warming? J. Climate 3:1177-1192
32. Piowesan, G., A. Difilippo, A. Alessandrini, F. Biodi and B. Schirone. 2005. Structure dynamics and dendroecology of an old-growth fagu forest in the Apennines. J. Veg. Sci. 16:13-28.
33. Robertson, E.O. and L.A. Joza. 1988. Climatic reconstruction from tree rings at Banff. Can. J. For. Res. 18: 888-900.
34. Rosenblatt, J.R. and C. Spiegelman. 1981. Discussion of Bayesian analysis of the linear calibration problem. Technometrics 23: 329-333.
35. Ryan, D.A.J., O.B. Allen, D.L. McLaughlin and A.M. Gordon. 1994. Interpretation of sugar maple (*Acer saccharinum*) ring chronologies from central and southern Ontario using a mixed linear model. Can. J. For. Res. 24: 568-575.
36. Singh, T. and J.M. Powell. 1986. Climatic variation and trends in the boreal forest region of western Canada. Climatic Change 8: 267-278.
37. Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty and P.M.S. Ashton. 1996. The practice of silviculture: Applied forest ecology. Ninth Edition, New John Wiley & Sons Inc., New York.
38. Tardif, J., J. Brison and Y. Bergeron. 2001. Denroclimatic analysis of *Acer saccharin*, Fagus grandifolia, and Tsuga Canadensis from an old growth forest, southwestern Ouebec. Can. J. For. Res. 31:1491-1501.
39. USDA Forest Sevice. 1990. Silvics of North America. Vol 2: Hardwoods, Written by: Harm, W.R. PP. 355-357, Burns, R. M. and B.H. Honkala (Eds.), (Technical Coordinators), USA.
40. Wilson, K. B., D. D. Baldocchi and P.J. Hanson. 2001. Leaf age affects the seasonal pattern of photosynthetic capacity and net ecosystem exchange of carbon in a deciduous forest. Plant Cell Environ 24: 571-583.
41. Yoder, B.J., M.G. Ryan, R.H. Waring, A.W. Schoettle and M. K. Kaufman. 1994. Evidence of reduced photosynthetic rates in old trees. Forest Sci. 40: 513-527.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.49.8]