Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Application of dendroclimatology in studying climate change in the Guilan province of Iran. The study processing of climate change in Guilan province using dendroclimatology indicator

Farzad shirzad [1] | **Bohloul alijani** [2]✉ | **Mehry akbary** [3] | **Mohammad saligheh** [4]

1. Climatology, Faculty of Geographical Sciences, University of Kharazmi Tehran, Iran, **E-mail:** shirzad@guilan.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. **E-mail:** bralijani@gmail.com
3. Department of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. **E-mail:** mehryakbary@khu.ac.ir
4. Department of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. **E-mail:** saligheh@khu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2020/10/16
Received in revised
2021/03/12
Accepted
2021/03/13
Published
2021/03/14
Published online
2026/03/21

Keywords:
Climate change,
Dendroclimatology,
Hyrcanian forest,
Beach.

ABSTRACT

Climate change and global warming are very important issues of the present century. Climate change process, especially temperature and precipitation changes, the most important issue is environmental science. Climate change means a change in the long-term average. Iran due to its proximity to the equator and the subtropical high pressure zone at the regional shows in arid and semi-arid. The densest forest area of Iran is between the Caspian Sea and the southern Alborz Range, it's called the Hirqani forest. At the 46th UNESCO Summit of Hyrcanian Forests It was listed as the second natural heritage of Iran. Beech is one of the most important tree species and the most industrial species of Hyrcanian forests, The study area is located in the Shanderman basin in western Guilan province, 202-year-old data were obtained from growth rings of beech trees Reconstruction and time adjustment was performed, In this research using tree dendroclimatology, Use of vegetative width of beech tree rings,Weather station statistics located in the study area, And Mann-Kendall nonparametric statistical method, To Investigate Climate Change Trend on Growth Time Series and Pearson Statistical Method, In order to evaluate the correlation of diameter growth of beech tree rings with climate variables in the region, an attempt was made. Results of time series of beech tree growth rings over 202 years. Using the nonparametric method Mann- Kendall showed, Changes in growth rings of beech trees have a downward and negative trend, at level 5 %, it was significant. Temperature Minimum, Average, Maximum, and Evaporation during the growing season, there was an upward trend and Annual precipitation (1337-1395) there was a downward trend. Using the Pearson method Fit correlation of growth ring diameter with temperature, For the average monthly in February and the average minimum temperature in July, August and September and Negative correlation, for average maximum temperature in February, July, August and September at 95% level, it was significant and precipitation in June, the correlation was 95% positive and significant.

Cite this article: shirzad, Farzad., alijani, Bohloul., akbary, Mehry., & saligheh, Mohammad. (2026). Application of dendroclimatology in studying climate change in the Guilan province of Iran. The study processing of climate change in Guilan province using dendroclimatology indicator. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 26 (80), 160-177. DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.26.80.5

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.26.80.5

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

Climate change and global warming constitute some of the most critical challenges of the 21st century, profoundly impacting environmental systems worldwide. The process of climate change, particularly regarding shifts in temperature and precipitation regimes, represents a pivotal discussion within environmental sciences. Climate change is defined as a alteration in long-term averages, distinct from short-term weather variability. Iran, situated near the subtropical high-pressure zone, is predominantly characterized by arid and semi-arid climates, making it highly susceptible to these shifts. The Hyrcanian forests, located between the Caspian Sea and the southern Alborz mountain range, serve as a vital green belt and were registered as Iran's second natural heritage site by UNESCO. Among the species within this ecosystem, the Beech tree (Fagus orientalis) is one of the most industrially and ecologically significant species. However, instrumental meteorological data in northern Iran is limited to approximately 70 years, which restricts the analysis of long-term climate trends. Dendroclimatology offers a solution by utilizing tree-ring widths as proxies for past climatic conditions. This study aims to investigate the process of climate change in Guilan province by analyzing a 202-year chronology of Beech tree growth rings, thereby extending the climate record beyond the limitations of station data to identify long-term trends and correlations between radial growth and climatic variables.

Material and Methods

The study area is located in the Shanderman basin in western Guilan province, specifically within the Aram Japa series of the Masal county. This region encompasses 1,957 hectares of mid-band and upper-band Hyrcanian forests, with elevations ranging primarily between 400 and 1,600 meters above sea level. The soil texture is sandy-loam, and the forest type is broadleaf. For this research, 15 healthy, old-growth Beech trees were selected for sampling. Criteria for selection included large diameter, lack of trunk twisting or injury, and symmetrical crown coverage. Samples were taken as discs at breast height (130 cm) using a chainsaw, ensuring the highest precision for radial growth measurement. The surface of the discs was smoothed using sandpaper to make annual rings clearly visible. Ring widths were measured from bark to pith with a precision of 0.01 mm. To ensure accuracy, cross-dating was performed to match patterns between samples, and the Gliek (GLK) test was used to calculate the variance matching percentage. The Expressive Population Signal (EPS) was calculated to verify the reliability of the chronology, with values exceeding 0.85 indicating sufficient sample depth. Non-climatic trends (such as age-related growth reduction) were removed through standardization. The resulting 202-year tree-ring chronology (covering approximately 1816 to 2017 AD) was analyzed using the non-parametric Mann-Kendall statistical method to detect significant trends in growth and climate variables. Additionally, the Pearson correlation method was employed using SPSS software to evaluate the relationship between tree-ring diameters and monthly climate variables (minimum, average, and maximum temperature, precipitation, and evaporation) obtained from local meteorological stations (Shanderman, Masal, and Olsi Khvar).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Results and Discussion

The analysis of the 202-year time series revealed significant insights into the region's climatic history. The tree-ring chronology showed a mean width of 2.083 mm, with a maximum growth of 2.863 mm recorded in 1951 (1330 SH) and a minimum of 1.101 mm in 2010 (1389 SH). The Mann-Kendall trend analysis indicated a statistically significant downward and negative trend in Beech tree growth rings at the 95% confidence level. This decline in radial growth correlates strongly with observed climatic shifts in the region. Climate data analysis demonstrated an upward trend in minimum, average, and maximum temperatures, as well as evaporation rates during the growing season. Conversely, annual precipitation showed a significant downward trend, particularly over the last five decades.

The Pearson correlation analysis highlighted specific climatic drivers affecting tree growth. A significant positive correlation was found between tree growth and average temperatures in February (Bahman), suggesting that warmer late-winter temperatures may favor early growth initiation. However, significant negative correlations were observed between growth and temperatures during the summer months (July, August, and September). Specifically, higher minimum and maximum temperatures in these months exerted stress on the trees. This is physiologically explained by the fact that while temperature provides energy for growth, excessive heat increases respiration rates beyond photosynthesis, leading to a net loss of carbohydrates. Furthermore, high temperatures increase evaporation, causing moisture stress. A significant positive correlation was also identified between tree growth and precipitation in June (Khordad), indicating that early growing season moisture is critical for cell division and expansion. The reduction in precipitation combined with rising temperatures has led to increased drought stress, reducing the photosynthetic efficiency of the Beech trees. These findings align with broader regional studies indicating that the Hyrcanian forests are experiencing climate-induced stress, manifested in reduced growth, increased vulnerability to pests and diseases, and potential shifts in forest boundaries. The observed decline in growth serves as a biological indicator of climate change in northern Iran.

Conclusion

This study confirms that climate change is actively impacting the Hyrcanian forests of Guilan province. The 202-year dendroclimatic reconstruction reveals a significant decline in Beech tree radial growth, driven by rising temperatures, increased evaporation, and decreasing precipitation. The negative trend in growth rings is a direct biological response to environmental stress, particularly heat and drought during the growing season. While warmer late-winter temperatures show a positive effect, the overwhelming impact of summer heat and moisture deficit poses a serious threat to the sustainability of these forests. Given the ecological importance of the Hyrcanian forests as a UNESCO natural heritage site, these findings underscore the urgency of implementing conservation strategies. Mitigation efforts should focus on reducing greenhouse gas emissions, managing forest density to reduce water competition, and monitoring pest outbreaks associated with climate stress. Preserving these "living fossils" requires immediate attention to global warming trends and the adoption of sustainable forest management practices to ensure their resilience against future climatic extremes.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۷۷۳۶-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۵۱۳۸-۲۵۸۸
https://jgs.khu.ac.ir/

مطالعه فرایند تغییر اقلیم در استان گیلان با استفاده از شاخص‌های اقلیم‌شناسی درختی

فرزاد شیرزاد [۱]، بهلول علیجانی [۲]✉، مهری اکبری [۳] ، محمد سلیقه [۴]

۱. دانشجوی دکترای آب و هواشناسی گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران، ایران. رایانامه: shirzad@guilan.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: bralijani@gmail.com

۳. گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: mehryakbary@khu.ac.ir

۴. گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: saligheh@khu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۷/۲۵

تاریخ بازنگری:
۱۳۹۹/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۲/۲۳

تاریخ انتشار:
۱۳۹۹/۱۲/۲۴

تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۵/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تغییر اقلیم،
اقلیم‌شناسی درختی،
جنگل‌هیرکانی،
راش.

چکیده

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از موضوعات بسیار مهم عصر کنونی می‌باشد. فرآیند تغییر اقلیم به‌ویژه تغییرات دما و بارش، مهم‌ترین بحث مطرح در قلمرو علوم محیطی است. تغییر اقلیم به معنای تغییر میانگین‌ها در درازمدت است. ایران به دلیل نزدیکی با خط استوا و قرارگیری در محدوده پرفشار جنب‌حاره در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده و جنگل‌هیرکانی از این حیث گردنبند سبزی بین دریای کاسپین و جنوب رشته‌کوه البرز می‌باشد که در چهل‌وسومین اجلاس یونسکو جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان دومین میراث طبیعی ایران به ثبت رسید. راش از گونه‌های درختی مهم و صنعتی‌ترین گونه جنگل‌های هیرکانی است. در این پژوهش با استفاده از علم اقلیم‌شناسی‌درختی از پهنای دوایر رویشی درختان راش و آمار ایستگاه هواشناسی واقع در منطقه مورد مطالعه و روش آماری ناپارامتریک من-کندال برای بررسی تحلیل روند تغییر اقلیم بر روی سری زمانی ۲۰۲ سال حلقه‌های رشد و روش آماری پیرسون برای همبستگی رشد قطری حلقه‌های رشد درختان راش با متغیرهای اقلیمی در منطقه اقدام شد. نتایج به‌دست‌آمده از سری زمانی حلقه‌های رشد درختان راش نشان داد که تغییرات حلقه‌های رشد درختان راش دارای روندی نزولی و منفی بوده و در سطح ۵درصد معنی‌دار بوده و تغییر اقلیم رخ داده است. میانگین دمای کمینه و متوسط و بیشینه و تبخیر در فصل رشد روندی افزایشی داشته و بارندگی سالیانه دارای روندی کاهشی بود. با استفاده از روش پیرسون طی برازش همبستگی قطر حلقه‌های رشد با دما، برای میانگین متوسط در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور همبستگی منفی و بهمن مثبت، میانگین کمینه دما در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور همبستگی منفی و برای میانگین بیشینه دما در ماه بهمن، همبستگی مثبت و در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بوده و با بارش در خردادماه همبستگی در سطح ۹۵٪ مثبت و معنی‌دار بوده است.

استناد: شیرزاد، فرزاد؛ علیجانی، بهلول؛ اکبری، مهری؛ و سلیقه، محمد (۱۴۰۵). مطالعه فرایند تغییر اقلیم در استان گیلان با استفاده از شاخص‌های اقلیم‌شناسی درختی. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۶ (۸۰)، ۱۷۷-۱۶۰.
http://dx.doi.org/10.61882/jgs.26.80.5

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

© نویسندگان.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

مقدمه

تغییر اقلیم به معنای تغییر میانگین‌ها در دراز مدت است. تغییرات کوتاه مدت به معنای نوسانات آب و هوایی است. فرآیند تغییر اقلیم به ویژه تغییرات دما و بارش، مهم‌ترین بحث مطرح در قلمرو علوم محیطی است. تغییر اقلیم به دلیل ابعاد علمی و کاربردی (اثرات محیطی، اقتصادی-اجتماعی) آن از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار است، چراکه سیستم‌های انسانی وابسته به عناصر اقلیمی مانند کشاورزی، صنایع و امثال آن بر مبنای ثبات و پایداری اقلیم طراحی شده و عمل می‌کنند (علیجانی و همکار۱۳۸۴:۲۲). به طور کلی پیامدهایی نظیر خشک‌سالی‌ها، سیلاب‌های شدید و ناگهانی، امواج هوای سرد و گرم، ازجمله آثار و شواهد ناهنجاری‌های اقلیمی است. مسئله تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره زمین و پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولتمردان و سیاستمداران را نیز در سرتاسر دنیا به خود جلب کرده است (عزیزی و همکار، ۱۳۸۷:۲۶). تغییرات اقلیمی افزایش امواج گرمایی، بارش‌های سنگین، زمستان‌های سخت و رخداد طوفان‌های تابستانی بر روی خشکی‌ها را به همراه دارد (ژانگ۱ و همکاران، ۲۰۰۵). میانگین دمای زمین در حال حاضر بیش از ۱ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دوره قبل از انقلاب صنعتی است و پنج سال سپری شده گرم‌ترین پنج سال زمان گذشته است (سازمان جهانی هواشناسی،۲۰۲۰). تغییرات دما و بارش در کشور از مهم‌ترین ویژگی‌های اقلیمی ایران است که در طی سال‌های گذشته رخ داده است؛ ولی توزیع زمانی و مکانی و به عبارتی شدت و ضعف آن در سطح کشور به طور یکسان اتفاق نیفتاده است (فرجزاده اصل و همکاران، ۱۹۹۱،۶۴). تغییرات آب و هوایی چندین اثر مهلک بر روی جنگل‌ها دارد یکی از نتایج این تأثیرات خشک‌سالی است که باعث ضعیف شدن جنگل‌ها از نظر فیزیولوژیکی و نابودی آن‌ها شده است. ضعف درخت سبب هجوم آفات و بیماری‌ها همچنین درخت ضعیف در برابر تنش‌ها و نسبت به بیماری‌ها مقاومت کمتری دارد، بنابراین اکوسیستم جنگل به خطر می‌افتد. دومین مشکلی که در نتیجه تغییرات آب و هوایی و اقلیمی پیش می‌آید این است که بسیاری از گونه‌های گیاهی تحمل گرمای هوا را نداشته و در دمای آب و هوایی خاصی زندگی می‌کنند. درختان "بلوط" و "راش" جزو این گونه‌ها محسوب و نیازمند هوای خنک هستند، افزایش دمای هوا سبب سوختگی برگ، خشکیدگی و در نهایت نابودی "راش" می‌شود (یوسفی آذر،۱۳۹۲). در جهان تحقیقات گسترده‌ای در زمینه گاهشناسی و گاهشناسی درختی انجام شده است، حلقه‌های رویشی درخت یک پدیده بسیار پیچیده و متأثر از مؤلفه‌های مختلف محیطی و فیزیولوژیکی می‌باشد که در شناخت و بیان اقلیم گذشته، بازسازی داده‌های اقلیمی، تغییر شرایط اقلیمی دما و بارش، خشک‌سالی، تنوع و دینامیک جنگل در مناطق معتدله نقش بسیار مهمی دارد (فریتس۲ ۱۹۷۶، شروینگروبر۳ ۱۹۹۸، آرنولد و همکار۴ ۱۹۹۹، آربیتسگبیت۵ ۲۰۱۱ و آنونیموس۶ ۲۰۱۱). اطلاعات و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی شمال کشور حدود ۷۰ سال است. با عنایت به تأثیرپذیری حلقه‌های رشد درختان از عوامل اقلیمی دما و بارش می‌توان از اطلاعات ذخیره شده در اندازه و رنگ حلقه‌های رویشی تنه درختان به منابع ذی‌قیمتی از شرایط اقلیمی گذشته و روند آن پی برد همین مسئله سبب ایجاد علم اقلیم‌شناسی درختی (دندروکلیماتولوژی) شده است. (ارسلانی و عزیزی، ۱۳۹۲). با تأیید کارشناسان "اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت۷" در چهاردهم تیرماه ۱۳۹۸ و در چهل و سومین اجلاس کارگروه میراث جهانی سازمان علمی، آموزشی و فرهنگی ملل متحد (یونسکو) که در باکو، پایتخت جمهوری آذربایجان برگزار شد، جنگل‌های هیرکانی یا جنگل‌های شمال، به عنوان دومین میراث طبیعی ایران بر اساس معیار نهم یونسکو و با تأیید اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت در فهرست میراث جهانی قرار گرفت و ثبت جهانی شد (یونسکو، ۲۰۱۹). جنگل‌های هیرکانی نوار سبزی که از گلی داغی گلستان تا بندر آستارا در گیلان به طول تقریبی ۸۵۰ کیلومتر و تا قسمتی از کشور آذربایجان کشیده شده‌اند. بیش از ۸۰ گونه درختی پهن‌برگ، چهار گونه سوزنی‌برگ و ۵۰ گونه درختچه‌ای تاکنون در آن شناسایی شده است.

[1]. Zhang et al, 2005
[2].Fritts
[3].Shrowingruber
[4].Arnold
[5]. Arbeitsgebiete
[6]. Anonymous
[7]. IUCN

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

در حقیقت جنگل‌های هیرکانی با قدمتی ۴۰ میلیون ساله یکی از ارزشمندترین جنگل‌های ایران و جهان به شمار می‌رود که از آن به عنوان موزه طبیعی یاد می‌شود. کاهش بارندگی و افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در کره زمین در سال‌های اخیر، اهمیت این جنگل‌ها را در جلوگیری از گرمایش و تغییر اقلیم دوچندان می‌کند. مشکلاتی که در بحث تغییر اقلیم از جمله سرمای زودرس، گرمای طولانی‌مدت و کاهش بارندگی ایجاد شده به علت کاهش سطح جنگل‌ها، تراکم پوشش‌های درختی و علفی، شکنندگی اکوسیستم‌های جنگلی و تعرضات و تخریب‌های زیاد به جنگل است که در نتیجه با کمبود آب و گرم شدن زمین مواجه شدیم. (ساداتی،۱۳۹۶). خشکسالی و افزایش متوسط دمای سالانه از عوامل اصلی طبیعی مؤثر بر شیوع آفات و بیماری‌ها محسوب می‌شوند. آفت شب‌پره متأسفانه در سال ۱۳۹۳ بخشی از جنگل هیرکانی (اراضی جنگلی گیلان و مازندران) دیده شد که تاکنون خسارت زیادی به درختان شمشاد دارای ارزش اکولوژیکی وارد کرده است (فلاح راد،۱۳۹۶،۱۰۲). کاهش یک میلی‌متر بارش باعث افت تولیدات کشاورزی تا ۱۰ کیلوگرم می‌شود، ایران از جهت پوشش جنگلی ضعیف است و پوشش جنگلی کمی دارد. این جنگل‌ها نیز آسیب‌پذیر هستند. در جنگل‌های زاگرس طی ۱۰ سال اخیر به واسطه تغییر اقلیم و خشکسالی‌های مستمر و متوالی، یک میلیون هکتار دچار آفات و بیماری شده است (مقدسی،۱۳۹۶). راش یکی از گونه‌های مهم جنگل خزری است و تیپ‌های خالص و آمیخته این‌گونه از رایج‌ترین تیپ‌های این جنگل‌ها هستند (زبیری و همکاران، ۱۱۵،۱۳۹۲). راشستان‌های هیرکانی به میانگین دمای سالانه در حدود ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد نیاز دارند تا شاداب و سالم باشند اگر چندین سال پشت سر هم خشکی روی دهد، جنگل‌های میان‌بند از جمله راشستان‌ها کم‌کم خشک می‌شوند چون تحمل گرما ندارند. اثر بلندمدت چنین وضعی، تغییر مرز پایینی و بالایی جنگل است (شقاقی افضلی، ۱۳۹۰). برای بررسی رابطه بین عوامل اقلیمی و حلقه‌های رویشی سالیانه به‌طورمعمول از درختانی استفاده می‌شود که حساسیت بیشتری نسبت به شرایط آب و هوایی دارند. از نظر علمی، در نواحی جنگلی درختان مناطق مرتفع نسبت به مناطق کم ارتفاع حساسیت بیشتری به تغییرات آب و هوایی دارند (فروغی و همکاران، ۶۱۷:۱۳۹۴). سال‌های شاخص را سال‌هایی دانسته‌اند که تغییرات زیاد در رشد اتفاق افتاده و در همان سال در سایر نمونه‌ها هم مشاهده شده است پهنه حلقه رویشی با شیب مثبت و یا حداقل با شیب منفی نشان دهنده سال‌های شاخص می‌باشد (تیل۱۹۸۵،۸ و مایر۱۹۹۹،۹:۲۰۰). خشکی تابستان اثر منفی روی رشد بلوط[10] در بریتانیا و مرکز و شرق اروپا و فرانسه و جنوب اروپا داشته است. کاهش رویش در اروپا به ناهنجاری‌های بارندگی و دما بستگی داشته به طوری که دمای ماه جولای بر رشد اثر مساعد دارد که خود توسط چرخه قطبی آتلانتیک شمالی کنترل می‌شود (گری،۱۹۸۱ و بریج۱۱، ۲۶۳:۱۹۸۶، لئبورگیوس۱۲ و همکاران،۱۹:۲۰۰۴). درختان در یک دامنه دمایی مشخصی دارای رشد بهینه هستند دما انرژی لازم را برای شروع رویش و بارش رطوبت لازم را برای رویش سالانه درختان در فصل رشد و بعد از آن فراهم می‌سازد (جلیلوند و همکار،۷:۱۳۹۲). نتایج همبستگی شاخص رویش و فاکتورهای اقلیمی حاکی از اثر مثبت و معنی‌دار کمینه دمای خرداد (ژوئن)، متوسط دمای بهمن (فوریه) و بیشینه دمای بهمن (فوریه) بر حلقه‌های رویش کاج بروسیا می‌باشد بارندگی ماه مهر (اکتبر) نیز اثر مستقیم و معنی‌دار بر رویش داشته است (سوسنی و همکاران، ۲۴:۱۳۹۳). نتیجه بررسی پهنای حلقه رویشی و متغیرهای اقلیمی نشان داد که دمای هوای ماه مارس (اوایل فصل رشد) و جولای (اواسط فصل رشد) همبستگی منفی معنی‌داری با شاخص رویش دارد. و مهم‌ترین عامل اقلیمی تأثیرگذار بر رشد درختان بلوط آوری در دارمرز است (جلیلوند و همکار، ۳:۱۳۹۲). دمای حداکثر در فصل رویش و ماه‌های قبل از فصل رویش تأثیر منفی بر رویش درختان بلوط منطقه زاگرس میانی دارد (ارسلانی و همکاران، ۴۱۴:۲۰۱۵). در منطقه اسالم گیلان، کاهش دمای حداکثر در اوایل دوره رشد عامل محدود کننده رشد درختان راش این منطقه است (نادی و همکاران، ۸:۲۰۱۵). تعداد روزنه گیاهی در واحد سطح در برخی گونه‌های گیاهی، هم‌زمان با افزایش تدریجی دی‌اکسید کربن، در طول ۲۰۰ سال گذشته کاهش یافته است. در مورد هفت گونه درختی جنگل‌های

[8]. Till
[9]. Meyer
[10] Quercus petraea Mill.
[11]. Bridge,1986 and Gray
[12]. Lebourgeos et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

معتدله و یک گونه بوته‌ای، متوسط کاهش تراکم روزنه از سال ۱۷۸۷ تا ۱۹۸۷، ۴۰٪ بود. غلظت دی‌اکسید کربن در مدت مشابه حدود ۶۰ قسمت در میلیون افزایش یافته بود (وودوارد۱۳،۱۹۸۷:۶۱۷). بیشتر مطالعات و شواهد مبتنی بر تغییر متغیرهای اقلیمی بارش و دما است. طول زمانی ثبت شده داده‌های جوی در استان گیلان حدود ۷۰ سال است و در این تحقیق هدف اصلی شناسایی تغییر اقلیم با استفاده از گاهشناسی درختی گونه دیر زیست راش با طول عمر ۲۰۰ تا ۳۰۰ سال جنگل هیرکانی است؛ یعنی استفاده از شواهدی طبیعی با تحلیل سری زمانی ۲۰۲ ساله اندازه قطری حلقه‌های رشد سالانه درختان راش و متغیرهای اقلیمی برای شناسایی تغییر اقلیم در استان گیلان است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جنگل‌های هیرکانی غرب استان گیلان، منطقه جنگلی -کوهستانی شاندرمن انجام شده است. منطقه مورد مطالعه در سری۱۴ آرام جاپا در بخش شاندرمن از شهرستان ماسال قرار دارد. این منطقه سومین سری از حوزه آبخیز ۱۱ شاندرمن است که در جنوب غربی صنایع چوب و کاغذ گیلان واقع است. مساحت کل آن ۱۹۵۷ هکتار است و جزء جنگل‌های میان‌بند و بالابند محسوب می‌شود. در حدود ۷۰ درصد از آن بین ارتفاع ۴۰۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا واقع است. تیپ جنگل پهن‌برگ است. از نظر خاک‌شناسی دارای بافت خاک شنی- لومی. شکل (۱) موقعیت منطقه کوهستانی مورد مطالعه در رشته‌کوه البرز واقع در غرب گیلان را نشان می‌دهد؛ و این منطقه از شمال به منطقه کوهستانی رضوانشهر (حوزه آبخیز چفرود) جنوب به منطقه کوهستانی ماسال (رودخانه مرغک شاندرمن) غرب به کوه‌های شهرستان خلخال و شرق به مناطق غربی جلگه گیلان محدود است.



شکل (۱). نقشه های منطقه مورد مطالعه در جهان،ایران، استان گیلان (شاندرمن) منبع: گوگل ارث

روش انجام کار

درختان راش[15] جنگل هیرکانی از صنعتی‌ترین گونه این جنگل است که حدود ۱۸ درصد از سطح جنگل‌های شمال را به خود اختصاص داده است و در برگیرنده ۳۰٪ از حجم سرپا و ۲۳/۶٪ از پایه‌های درختی جنگل‌های هیرکانی است (رسانه و همکار،۲۰۰۱:۷۷). این‌گونه در ارتفاع ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح دریا گونه درختی غالب است پایه‌های انفرادی یا گروه‌های کوچک از این‌گونه را می‌توان در ارتفاعات ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا دید. ارتفاع درخت خیلی زیاد می‌شود و به ۳۵ متر و قطرش به یک و نیم متر می‌رسد و عمر آن تا ۲۵۰ سال می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از مناطق بسیار مهم غرب استان

---

13. Woodward

۱- سری واحد جنگلداری است وقسمتی از جنگل است که دارای یک روش ویک شیوه ویک دوره واحد ویا سن وقطر قابل بهره برداری یکسانی هستند. به عبارت دیگر سری جنگل قطعه محدود شده ای از جنگل است که مناسب برای عملیات بهره برداری و اداره جنگل (طرح جنگلداری) است. معمولا قسمتی از یک حوزه آبخیز به عنوان سری انتخاب میشود. مساحت هر سری از ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ هکتاراست و حد مطلوب آن ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتار است. بزرگتر از پارسل (۳ تا ۳۰ هکتار) و کوچکتر از بخش می باشد.

15. Fagus orientalis lipsky

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

گیلان و دارای جنگل انبوه و متراکم با گونه‌های ارزشمندی همچون راش و بلوط و افرا و...می‌باشد. در این تحقیق تعداد ۱۵ اصله درخت راش رویشگاه مرتفع جنگلی منطقه شاندرمن برای نمونه‌برداری انتخاب شد. این منطقه در ارتفاعات جنگلی سری ۳ از حوزه آبریز ۱۱ شاندرمن در غرب جنگل هیرکانی واقع شده است. در این رویشگاه از درختان راش قدیمی با قطر بالا و سالم و با شاخص‌هایی همچون نداشتن پیچ‌خوردگی و کجی تنه و تاج پوشش متقارن، نداشتن زخم خوردگی و سوختگی تنه، گزینشی اقدام به نمونه‌برداری از هر درخت یک دیسک در ارتفاع برابر سینه (۱۳۰ سانتی‌متری) به قطر ۱۰ سانتی‌متر گردید. البته برای رویش قطری درختان روش‌های مختلفی استفاده می‌شود گه روش استفاده از دیسک دقیق‌ترین آن‌هاست. سطح نمونه‌ها با استفاده از اره‌برقی، سمباده زبر و نرم کاملاً صاف شکل (۲) تا دوایر[۱۶] سالیانه کاملاً قابل‌رؤیت و تفکیک‌پذیر شده وجود هرگونه اشکال در نمونه‌ها مانند حلقه کاذب و ناقص رفع، به منظور تاریخ‌گذاری و تطابق زمانی آسان، پهنای دوایر درختان از پوست به مغز با دقت ۰۰۰۱/. میلی‌متر اندازه‌گیری شکل (۲) شد. پس از تطابق زمانی نمونه‌های اندازه‌گیری شده تاریخ‌گذاری دقیق حلقه‌های رشد انجام و با تهیه سری زمانی اندازه پهنای دوایر سالیانه برای هر درخت و حذف گرایش‌های محیطی سری زمانی استاندارد شده مقدار گاهشناسی هر درخت به دست آمده و با میانگین‌گیری گاهشناسی‌های درختان، سری زمانی ۲۰۲ سال از پهنای دوایر رویش درختان منطقه به دست آمد. از آزمون علامت (GLK) مقادیر تطابق بین نمونه برای محاسبه ضرایب درصد تطابق واریانس بین نمونه‌های رویشی درختان استفاده شد رابطه (۱).

$$GLK=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n=1}|Gix+Giy|$$

رابطه (۱)

GLK=درصد تطبیق واریانس، G_{ix} و G_{iy} علامت اختلاف بین مقادیر پهنای حلقه‌های رویشی در سال i نسبت به سال قبل خود در نمودار y, x, مقدار GLK بین صفر تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. بالا بودن درصد تطبیق واریانس دقت اندازه‌گیری و الگوی رویشی یکسان را بین پایه‌های رویشی درختان را نشان می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر پس از تاریخ‌گذاری تطبیقی و رفع خطای اندازه‌گیری، میانگین مقادیر اندازه حلقه‌های رویشی نمونه‌ها محاسبه و منحنی میانگین رویشی درختان راش تهیه گردید. رویش و دوایر سالیانه هر درخت تحت تأثیر عوامل زنده و غیرزنده است. فاکتورهایی مثل رقابت توده‌ای، سن درختان و عوامل اقلیمی از فاکتورهای که رویش سالیانه درختان را تحت تأثیر قرا می‌دهند. برای حذف گرایشات غیر اقلیمی از روند طولانی‌مدت ضروری است. سری زمانی مربوط به اندازه دوایر سالیانه درختان استانداردسازی شوند و برای ارزیابی سطح اعتبار و اطمینان گاهشناسی به دست آمده (سطح اعتبار و اطمینان به همبستگی بین نمونه‌ها و تعداد درختان بستگی دارد) با محاسبه میزان سیگنال تجمعی (EPS) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (بریفا و جونز،۱۹۹۱):

$$EPS_{(t)}=tr_{eff}/tr_{eff}+(1-r_{eff})$$

رابطه (۲)

EPS تجمع سیگنال‌ها، t تعداد درختان reff میانگین ضرایب همبستگی بین درختان، بالا بودن مقادیر نشان می‌دهد تعداد نمونه‌های استخراج شده برای فرایند مطالعه درختی منطقه کافی به نظر می‌رسد نمونه‌ها دارای میانگین ضریب همبستگی بالای ۵/. بوده و مقدار ESP نیز بالای ۸۵ درصد به دست آمد.. برای حذف اثرات غیر اقلیمی و امکان مقایسه سری زمانی حلقه‌های رویش با متغیرهای اقلیمی، متغیرهای مستقل (دما و بارش) و وابسته (سری زمانی حلقه‌های رویش درختان راش) با استفاده از رابطه (۳) استاندارد شدند.

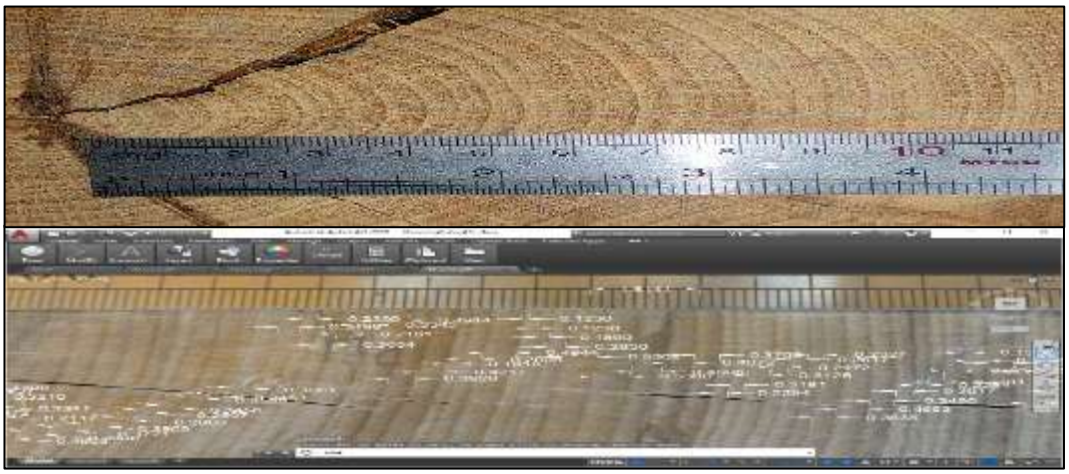
$$Zt=\frac{Xt-mx}{sx}$$

رابطه (۳)

[۱]- در مناطق معتدله، دوره رویش اغلب درفصل بهارآغاز ودراواخر تابستان پایان می یابدکه اصطلاحا دوره رویش سالیانه "یک طبقه سالیانه (Annual growth layer)به کار برده می شود. در اوایل دوره رشد بدلیل وفور آب سلولهایی با حفره سلولی بزرگ و غشاء نازک با رنگ روشن به نظر می آیند که چوب بهاره یا چوب آغاز (Early wood or spring wood) ویک طبقه بافت چوبی که در پایان دوره ایجاد که بواسطه کمبود آب دارای حفره های سلولی تنگ وغشاء ضخیم و با رنگ تیره تر از چوب بهاره که آن را چوب پایان یا چوب تابستانه (Late wood or summer wood) نامیده می شود. مجموع جوب بهاره و تابستانه یک دایره سالیانه را تشکیل می دهد که معرف یکسال سن درخت می باشد

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

Zt، مقدار استاندارد شده عرض حلقه‌های رشد در زمان t و xt، مقدار پهنای حلقه‌های رشد در زمان t و mx، میانگین پهنای حلقه‌های رشد و sx، مقدار انحراف معیار پهنای رشد می‌باشند. برای بررسی تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه از روش تحلیل سری زمانی من –کندال و سپس برای محاسبه مقدار همبستگی بین میانگین متغیرهای دما (کمینه، متوسط، بیشینه) دوازده ماه سال و بارش و متغیر وابسته سری زمانی راش از روش پیرسون از نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها از نرم‌افزار Minitab استفاده گردید.



شکل (۲). نمایی از سطوح اندازه گیری شده و اندازه گیری نشده ازیک نمونه دیسک راش

نتایج و بحث

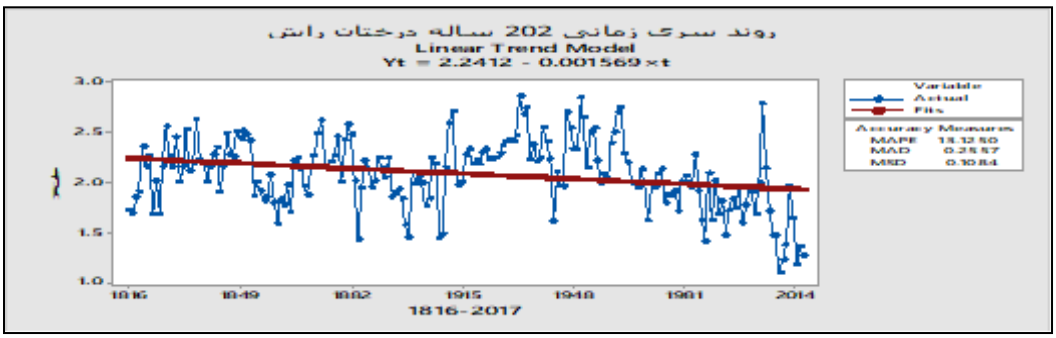
تحلیل سری زمانی درختان راش با اندازه‌گیری قطر حلقه‌های رشد درختان راش کار تطابق زمانی از پوست به مرکز (۱۱۹۵ سال آغاز و ۱۳۹۶ سال پایان) انجام شد. داده‌های ۲۰۲ ساله از اندازه قطری حلقه‌ها تشکیل سری زمانی را می‌دهند که بیشینه اندازه کرونولوژی ۲.۸۶۳ میلی‌متر (سال، ۱۳۳۰) و کمینه اندازه ۱.۱۰۱ میلی‌متر (سال، ۱۳۸۹) و متوسط ۲/۰۸۳ میلی‌متر و انحراف از استاندارد حلقه‌های رشد درختان راش ۰/۳۴۳ بوده است. تحلیل سری زمانی حلقه‌های رشد درختان راش با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال انجام شد. این آزمون متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود. تمایل بلندمدت یا روند، تحول متغیر مورد مطالعه در یک دوره طولانی یا حرکات رو به بالا و پایین یک سری زمانی که نشان دهنده کاهش یا افزایش بلندمدت سری زمانی است. در ابتدا توسط (من[17]، ۱۹۴۵) و بعد توسط (کندال[18]، ۱۹۷۵) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی گسترش یافت. این روش در سال ۱۹۸۸ توسط سازمان هواشناسی پیشنهاد و در بررسی معنی‌داری سری‌های اقلیمی پیشنهاد و استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که روند سری زمانی سالانه حلقه‌های رشد درختان راش منطقه دارای روندی کاهشی می‌باشند شکل (۳) هر چقدر به دهه‌های اخیر نزدیک می‌شویم، شیب خط دارای روند کاهشی و منفی است. این میزان کاهش در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است. این رفتار زمانی مکانی حلقه‌های رشد درختان راش در واقع می‌تواند در پاسخ به افزایش دمای عمومی منطقه، کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و کاهش فتوسنتز باشد و می‌توان آن را به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه مدنظر قرار داد.

برای محاسبه ضریب همبستگی متغیرهای اقلیمی با اندازه حلقه‌های رشد درختان راش از روش پیرسون (ضریب همبستگی پیرسون در محدوده $+1 \geq r \geq -1$ در نوسان است و هرچه به دو حد نهایی نزدیک‌تر باشند شدت رابطه بیشتر است که این ارتباط به دو حالت مستقیم و غیرمستقیم می‌باشد) استفاده شد. در این روش ضریب همبستگی میانگین دماهای

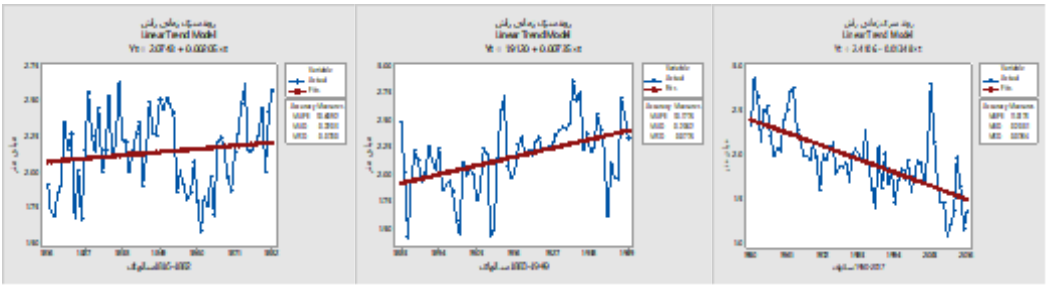
[17].Mann
[18].Kendall

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

ماهانه -بیشینه و متوسط و کمینه -در دوره آماری (۱۳۹۵-۱۳۳۷) با گاهشناسی دوره مزبور مورد آزمون و محاسبه قرار گرفت و نتایج اندازه حلقه‌ها با دمای بیشینه در سطح اطمینان ۹۵٪ در بهمن‌ماه معنی‌دار و مثبت بوده است. با عنایت به روند کاهش دمای بیشینه در بهمن ماه با درختان راش، رابطه مستقیم و معنی‌دار است. برای متوسط دما در ماه‌های تیر مرداد و شهریور در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار و منفی و برای بهمن ماه معنی‌دار و مثبت بوده است و با بارش در خردادماه همبستگی معنی‌دار بوده است. که در این رابطه با افزایش دمای فصل رشد در تابستان و کاهش بارش رابطه غیرمستقیم و معنی‌دار با ماه‌های فصل تابستان دارد؛ و نتیجه آزمون با کمینه دمای ماه‌های تیر و مرداد و شهریور در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار و منفی بوده، افزایش دمای کمینه در تابستان اثر غیرمستقیم و معکوس با اندازه حلقه‌های رشد را نشان می‌دهد.



شکل (۳). نمودار روند سری زمانی ۲۰۲ ساله درختان راش



اشکال (۴، ۵، ۶). نمودار روند سری زمانی درختان راش در سه دوره ۱۸۱۶-۱۸۸۲ و ۱۱۸۳-۱۹۴۹ و ۱۹۵۰-۲۰۱۷

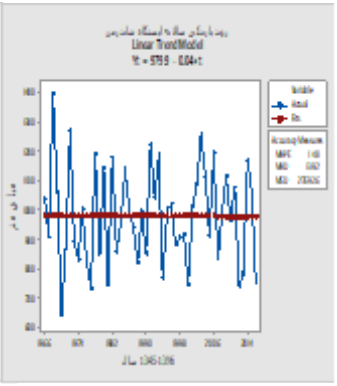
تحلیل بارش و تبخیر

میانگین بارش سالانه منطقه مطالعاتی ۱۰۰۴/۹ میلی‌متر، بیشینه سالانه ۱۳۶۸/۸ میلی‌متر و بارش در پنج دهه اخیر دارای روندی کاهشی شکل (۷) است. فصل پاییز و زمستان به دلیل دما و تبخیر کمتر می‌تواند بیشترین ذخایر آبی برای محیط‌زیست درختان جنگلی به خصوص درختان راش ایجاد کند. آب قابل‌دسترسی حدود ۸۰٪ از تغییرات رشد را شامل می‌شود آب محدودترین منبع اکولوژیکی برای اکثر مناطق درختی و جنگلی است (کودر[19]، ۱۹۹۹). نتیجه افزایش دما به همراه کاهش بارندگی، کاهش رشد شعاعی درختان راش را به همراه داشت (آگوستایتیس[20] و همکاران، ۲۰۱۲). بارش کرانه خزر در طی نیم سده گذشته عموماً رو به کاهش بوده و این روند کاهشی به ویژه در ماه سپتامبر آشکارتر بوده است. در مقابل مقدار بارش نواحی شرقی، جنوبی و میانی کشور در برخی ماه‌ها روند افزایشی داشته است (صوفی و علیجانی،۱۳۹۱،۶۴). در منطقه گلوگاه گلستان در طول ۵۴ سال (۱۳۳۳-۱۳۸۸) روند تغییرات میزان مجموع بارش سالیانه کاهشی گزارش شده است (جعفری و خورتکه، ۱۳۹۲،۱۸۱). در مطالعه آشکارسازی و به‌روزرسانی تغییر اقلیم ایران در دوره (۱۳۹۶-۱۳۳۶) نرخ کاهش بارش کشور در ۳۰ سال اخیر ۲۰ میلی‌متر بر دهه که ۴ برابر سریع‌تر از نرخ کاهش بارش در دوره ۶۰ ساله و کاهش بارش

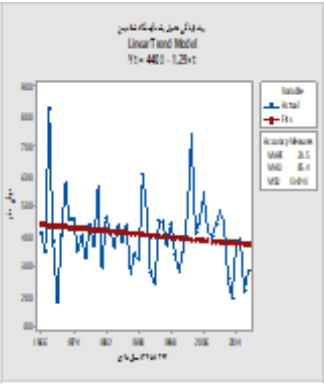
[19].Coder
[20]. Augustaitis et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

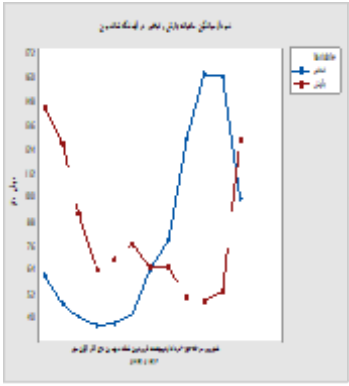
در غرب خزر و شمال غرب و غرب کشور و گرگان گزارش نمودند (عباسی و همکاران،۱۳۹۶). میانگین سالانه و فصل‌های رشد منطقه مطالعاتی اشکال (۷ و ۸ و ۹) کاهش روند بارش و افزایش تبخیر را نشان می‌دهند که عمده کاهش روند بارش در شش ماه اول سال اتفاق افتاده است. کاهش روند باران در منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هم‌جوار غرب گیلان با اکوسیستم جنگل که با شرایط نرمال گذشته سازگاری داشته‌اند، می‌تواند تنش‌های مختلفی را ایجاد نماید.



شکل (۷). نمودار روند سالانه ایستگاه شاندرمن ۱۳۹۶-۱۳۴



شکل (۸). نموداررروند فصول رشد ایستگاه شاندرمن ۱۳۹۶-۱۳۴۵



شکل (۹). نمودار میانگین سالانه بارش و تبخیر در ایستگاه شاندرمن ۱۳۹۶-۱۳۴۹

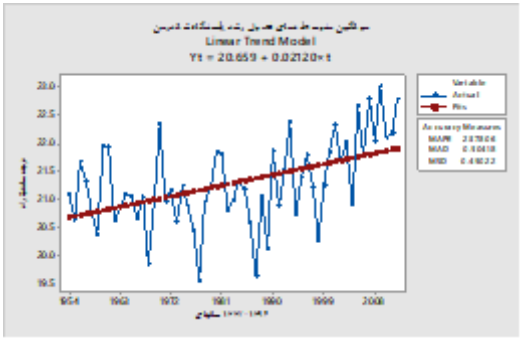
تحلیل دما

مطالعات دانشمندان اقلیم‌شناسی دلیل برافزایش دمای کره زمین است. در این باره هیئت بین دول تغییر اقلیم افزایش دمای کره زمین را در قرن گذشته تا ۰/۷۴ سانتی‌گراد اعلام نموده و میانگین دمای زمین در حال حاضر بیش از ۱ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دوره قبل از انقلاب صنعتی است و پنج سال سپری شده گرم‌ترین پنج سال زمان گذشته است (سازمان جهانی هواشناسی،۲۰۲۰). تغییر میانگین دمای متوسط، بیشینه و کمینه در هر اقلیم می‌تواند پیامدهایی برای آغاز، دوره فعالیت و رشد گیاهان به همراه داشته باشد. درختان راش جنگل هیرکانی در شرایط خنک و مرطوب دارای رشد مطلوبی می‌باشند. مطالعات مختلفی در خصوص تأثیر دما بر درختان جنگلی انجام شده است. اکتبر (مهر) و فوریه (بهمن) گرم‌تر می‌تواند باعث رشد بهتر درختان راش کشور چین در بهار بعدی شود (یو[۲۱] و همکاران، ۱۷۶۰،۲۰۰۴). مهم‌ترین عامل مؤثر بر رشد، میانگین دمای هوا در ماه مارس (اواخر زمستان) قبل از فصل رشد بوده است (فلاح و همکاران، ۲،۲۰۱۴). با مطالعه گاهشناسی روی دو گونه ارس و صنوبر در شرق تبت دریافتند که رشد درختان ارس این منطقه با دمای اکتبر (مهر) تا ژانویه (دی) همبستگی مثبت دارد (دنگ[۲۲] و همکار، ۲۹،۲۰۱۵). در مطالعه‌ای دیگر، دمای حداکثر در ایستگاه‌های کبوتر آباد و خور دارای تغییرات معنی‌دار افزایشی، بررسی تغییرات حداقل سالانه هوا بیانگر افزایش نسبی در ایستگاه شرق اصفهان و میانگین دما در هردو مدل در شرق اصفهان و کبوتر آباد دارای روند افزایشی است (مریانجی و همکاران، ۱۵،۱۳۹۲). کاهش دما باعث کاهش توسعه سلولی، کاهش تقسیم سلولی، توقف زود سرمای نیمه اول فصل رشد سبب کاهش رشد شعاعی راش می‌شود (آگوستایتیس و همکاران، ۲۰۱۲). بیشترین هنگام رشد و رشد دیرهنگام می‌شود. علت افزایش شدید رویش را مربوط به دوره‌هایی از[۲۳] افزایش رطوبت خاک و کاهش شدید رویش را مربوط به کاهش دما و کاهش رطوبت خاک می‌دانند (دروبیشو[۲۴] و همکاران، ۲۰۰۸). بیش از ۹۰ درصد از ایستگاه‌های زاگرس سری زمانی میانگین دمای شبانه‌روز دارای روند بوده است. میانگین دمای شبانه‌روز در ناهمواری‌های زاگرس عمدتاً افزایشی است (صوفی و علیجانی، ۶۴:۱۳۹۱). دمای سالانه طی دهه‌های آینده روند افزایشی در پیش خواهد گرفت. نشانه‌های تغییر اقلیم در ایران، به ویژه از نظر دما، قابل‌مشاهده است. با توجه به نقش دما در تبخیر و تعرق، باید به دنبال راهکارهایی برای مدیریت بهتر منابع آب بود (تیرگرفاخری و همکاران،

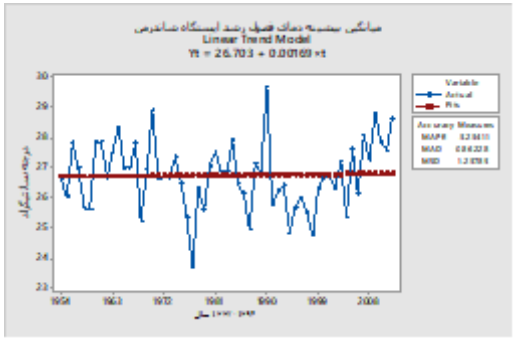
21. Yu et al
22. Deng and Zhang
23. Augustaitis et al
24. Drobyshev et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

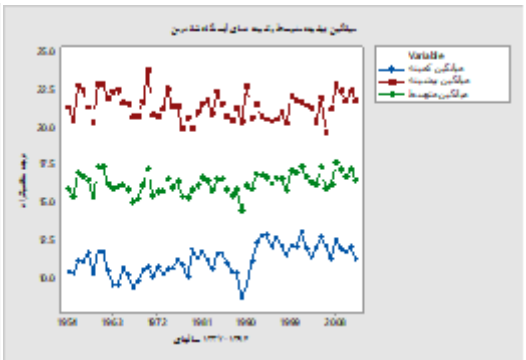
۳۶۵:۱۳۹۶، آذرخشی و همکاران، ۱۳،۱۳۹۲). به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که افزایش دما باعث کاهش رشد بلوط[۲۵] می‌شود. در یک بررسی بر حلقه‌های گونه بلوط تأثیر منفی دما در بهار و تابستان بر پهنای دوایر سالیانه گونه مذکور گزارش گردید (شنگ[۲۶] و همکاران، ۳۴:۲۰۰۷). دمای بالا باعث ایجاد تنش‌های خشکی در درختان راش و بلوط شده و با کاهش فتوسنتز، کاهش رویش درختان را به همراه دارد (واندر[۲۷] و همکاران، ۱۱۰:۲۰۰۷). در شمال شرقی اروپا دریافتند که افزایش دمای تابستان و خنکی و مقدار افزایش دمای حداقل در فصل بهار و تابستان بوده و روند تغییر ایستگاه انزلی، رشت، مثبت است (عزیزی و همکار، ۲۶:۱۳۸۷، ابراهیمی و کردوانی،۷۰:۱۳۹۳). روند تغییرات دما ۵۹/. درجه سانتی‌گراد افزایش را در منطقه جنگلی گلوگاه گلستان نشان می‌دهد. (جعفری و همکار، ۱۸۱:۱۳۹۲). میانگین دمای بیشینه، متوسط و کمینه سالانه و فصول رشد منطقه اشکال (۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲) دارای روند افزایشی و مثبت است. افزایش دما و کاهش بارش شکل (۸) سبب تبخیر بیشتر شکل (۹) در فصل رشد و واکنش درختان به تنش کم‌آبی در نهایت کاهش رشد را به همراه خواهد داشت.



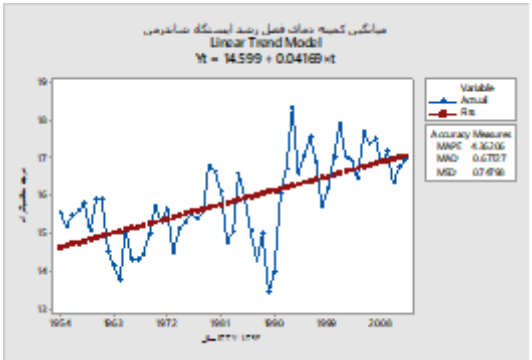
شکل (۱۰). نمودارمیانگین متوسط دمای فصول رشد ایستگاه شاندرمن (۱۳۹۶-۱۳۳۷)



شکل (۱۱). نمودارمیانگین بیشینه دمای فصول رشد ایستگاه شاندرمن (۱۳۹۶-۱۳۳۷)



شکل (۱۲). نمودارهای سه گامه میانگین دمای ایستگاه شاندرمن (۱۳۹۶-۱۳۳۷)



شکل (۱۳). نمودار میانگین کمینه سالانه ایستگاه شاندرمن (۱۳۹۶-۱۳۳۷)

[25]. Quercus liaotungensis
[26].Sheng et al
[27]. van der et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

تشعشع خورشیدی که اساس نیرو و انرژی همه نظام‌های زنده روی زمین را تشکیل می‌دهد. گیاه سبز قادر به گرفتن و ذخیره بخش مرئی از این انرژی تابان از طریق فرایند فتوسنتز است (گالستون[۲۸]، ۱۳:۱۹۹۵). فتوسنتز فرایندی است که درختان راش با جذب نور خورشید در طول‌موج مرئی حدود ۸۰۰-۴۰۰ نانومتر و جذب رطوبت از خاک و دی‌اکسید کربن هوا تولید مواد قندی و افزایش رشد می‌کنند شکل (۱۴). این فرآیند در محدوده دمای معینی انجام می‌گیرد، با افزایش دما به بالاتر از دامنه فتوسنتزی، گیاه دچار تنفس گشته و عکس فرآیند فتوسنتز اتفاق می‌افتد.



شکل (۱۴). فرآیند فتوسنتز و تنفس در درختان

اگر دما از یک حداقل معینی کاهش یافته و یا از حداکثری تجاوز کند رشد آن گیاه کاسته می‌شود. مابین دو حد یک درجه دمایی مطلوب قرار دارد که در آن گیاه سریع‌ترین رشد خود را دارد. این سه‌نقطه، دماهای اصلی نامیده می‌شوند (علیزاده و کوچکی، ۴۵،۱۳۶۸). رشد گیاه بستگی به تفاوت مقدار مواد خشک تولید شده به‌وسیله فتوسنتز و مقدار مواد مصرف شده به‌وسیله تنفس دارد. این تفاوت را تنفس خالص یا میزان مواد ساخته شده خالص می‌نامند در حالی که فتوسنتز تنها در طول روز و تنفس در تمامی ۲۴ ساعت می‌تواند ادامه داشته باشد (علیزاده و کوچکی، ۱۱۷:۱۳۶۸) بالا رفتن میزان دی‌اکسید کربن به واسطه کاهش کارایی فتوسنتز در درجه حرارت زیاد، با کاهش تولید دی‌اکسید کربن نیز همراه است حتی در صورت دو برابر شدن دی‌اکسید کربن عملکرد محصول را کاهش می‌دهد.(حیدری شریف‌آباد، ۱۳،۱۳۸۳، کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷). در پنج دهه اخیر روند بارش کاهشی، دما و تبخیر افزایشی، درختان در فصل رشد از رطوبت قابل‌دسترس کمتری بهره‌مند بوده‌اند. دمایی که در آن بیشترین فتوسنتز مشاهده می‌شود دمای بهینه نامیده می‌شود. وقتی دما بیش از این میزان شود فتوسنتز کاهش می‌یابد. بهترین دما نقطه ایست که در آن ظرفیت‌های مراحل مختلف فتوسنتزی بیشترین هماهنگی را با برخی مراحل محدود شونده (بر اثر کاهش یا افزایش دما) دارند. شدت تنفس با افزایش دما زیاد می‌شود. تایز و زایکر (کافی، محمد و همکاران،۴۰۵،۱۹۹۲). تغییر اقلیم، بر فتوسنتز، تنفس گیاه و تجزیه مواد آلی که تمام آن بر جریان کربن اتمسفر نقش دارند اثرگذار است (ولفگانگ کنور[۲۹] و همکاران، ۲۰۰۶) شناخت شرایط فنولوژی گیاه به منظور ارزیابی میزان قدرت انطباق با شرایط محیطی یک اصل اساسی میباشد ((حجازی زاده، ۱۰۸،۱۳۹۹) داده‌های به دست آمده از گاهشناسی درختان راش نشان می‌دهد علاوه بر نوسان‌های کاهشی در سال‌های ۱۲۳۳- ۱۲۴۴ و ۱۲۷۴-۱۲۸۵ و ۱۳۵۵-۱۳۶۳ و ۱۳۶۵ -۱۳۸۳ و ۱۳۸۶-۱۳۹۶ و افزایشی در سال‌های ۱۲۵۰-۱۲۶۱ و ۱۳۲۵-۱۳۳۵ شرایط اقلیمی در دهه‌های اخیر روند کاهشی و در سطح ۹۵ درصد معنی‌داری را داشته، اثرات تغییر اقلیم در گیلان سبب کاهش حلقه‌های رشد درختان راش شده است. این رویداد نگرانی‌های جدی و عمیقی را در زمینه اکوسیستم جنگل به همراه دارد از آن جمله خواب و خزان زودرس تابستانی، طغیان آفات و بیماری‌ها، تنش‌های خشکی و آبی، مرگ‌ومیر و نابودی گیاهان و جانوران، بارش‌های یکباره و عدم نگهداشت کافی آب در خاک و ایجاد سیلاب و رانش در دامنه‌های کوه، بادهای سهمگین و خسارت زا، آتش‌سوزی‌ها، رویدادهایی همچون زمین‌لغزش و سیل همراه با خسارت‌های اقتصادی-

[28]. Galeston et al
[29]. Wolfgang Knorr et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

اجتماعی، سیل شدید مرداد ماه ۱۳۷۷ و تیر ماه ۱۳۹۹ در ماسوله و رانش زمین در ۱۰۵ نقطه استان گیلان در فروردین ۱۳۹۹، زمین‌لغزش اشکورات رودسر در اردیبهشت ۱۳۹۹ و سیل شهریور ۱۳۹۹ در شهر تالش.

نتیجه‌گیری

جنگل یکی از مهم‌ترین منابع تجدید پذیر نقش حیاتی در استمرار حیات و حفظ پایداری زیست‌بوم‌ها ایجاد می‌کند. ایران از جمله کشورهای کم آب، نیمه‌خشک تا خشک جهان قلمداد می‌شود و محدودیت شدید پوشش گیاهی به‌ویژه جنگل دارد. بی‌شک مصرف بالای سوخت‌های فسیلی و ایجاد گازهای گلخانه‌ای توسط انسان از عوامل گرمایش جهانی می‌باشد. یکی از همین گازهای مهم گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن است که در روز طی فرایند غذاسازی جذب گیاهان شده و در این چرخه اکسیژن آزاد می‌شود. نقش جنگل ارزشمند و ذخیره‌گاه قدیمی هیرکانی در شمال ایران بی‌بدیل می‌باشد. جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان دومین میراث طبیعی ایران در فهرست میراث جهانی یونسکو به ثبت رسید. در این تحقیق با استفاده از اندازه قطری حلقه‌های سالانه درختان راش با طول گاهشناسی ۲۰۲ (۱۱۹۵-۱۳۹۶) سال، همچنین داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی شاندرمن و ماسال و ایستگاه باران‌سنجی اولسی‌خوار که در حوزه مطالعاتی و همجوار آن واقع می‌باشد، تحلیل سری زمانی اندازه گاهشناسی راش (۲۰۲ ساله) با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال نشان داد که سری زمانی گاهشناسی درختان راش منطقه دارای روند کاهشی می‌باشند. این میزان کاهش در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین با استفاده از روش پیرسون طی برازش همبستگی قطر حلقه‌های رشد با دما، برای میانگین متوسط ماهیانه در ماه بهمن و میانگین کمینه دما در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور و برای میانگین بیشینه دما در ماه‌های بهمن، تیر، مرداد و شهریور همبستگی منفی و در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده همچنین با بارش در خردادماه در سطح ۹۵ درصد همبستگی معنی‌دار است. میانگین سالانه و فصول رشد متغیر بارش دارای روندی کاهشی، تبخیر و میانگین دماهای کمینه، متوسط و بیشینه افزایشی بوده است. این رفتار سری زمانی حلقه‌های رشد درختان راش در واقع می‌تواند در پاسخ به افزایش دمای عمومی منطقه، کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و کاهش فتوسنتز باشد و می‌توان آن را به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه مدنظر قرار داد. تغییر اقلیم از نگرانی‌های جدی برای درختانی شاخص همچون راش و دیگر جمعیت جنگلی هیرکانی می‌باشد برای حفظ و نگهداری این‌گونه فسیل‌های زنده می‌بایست به انحاء مختلف تلاش شده تا از آسیب و تخریب در امان بمانند. توجه جدی به مقوله گرمایش جهانی و کاهش علل ایجاد و احیاء و افزایش سطح پوشش گیاهی (صیانت جنگل‌های کره زمین) و استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر و دیگر راه‌های بازدارنده از روند افزایشی گرمایش و تخریب، ضروری است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

منابع

ابراهیمی، هدی، کردوانی، پرویز. (۱۳۹۳). مطالعه تغییر اقلیم بین‌المللی تالاب انزلی به روش من کندال، فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ششم. شماره ۲۱، ۷۹-۵۲. ص ۷۰

آذرخشی، مریم، فرزاد مهر، جلیل، اصلاح، مهدی، صحابی، حسین. (۱۳۹۲). بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶ شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ۱-۱۶. ص ۱۳

تیرگرفاخری، فاطمه، علیجانی، بهلول، ضیاییان فیروزآبادی، پرویز، اکبری، مهری. (۱۳۹۶). شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف تحت سناریوهای تغییر اقلیم در حوضه ارمند، مجله اکو هیدرولوژی. دوره ۴، شماره ۲، ص ۳۶۸-۳۵۷

جعفری، مصطفی، خورتکه، سیف اله. (۱۳۹۲). اثر تغییرات اقلیمی و محیطی بر بهره‌وری اکوسیستم‌های جنگلی (مطالعه موردی، گلستان)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۱ شماره ۱، ۱۸۳-۱۶۳. ص ۱۸۱

جلیلوند، حمید، بالاپور، شمس‌الدین. (۱۳۹۲). تأثیر اقلیم بر رویش آوری (Quercus macranthera Fisch. et Mey.) در حد فوقانی جنگل‌های هیرکانی، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل –جلد بیستم-شماره چهارم-ص ۷

حجازی زاده، زهرا، شاه نظری، مجتبی، سلیقه، محمد. اثر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی در شمال ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۹. ص ۱۰۸

حیدری شریف‌آباد، حسین.(۱۳۸۳). جذب آب و تعرق. چاپ اول. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت، کمیته ملی خشکی و خشکسالی کشاورزی. ص ۳۵

زبیری، محمود، نوری، زهرا، فقهی، جهانگیر، مروی مهاجر، محمدرضا. (۱۳۹۲). بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان و ساختار در راشستان‌های طبیعی شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)، مجله محیط‌زیست طبیعی، دوره ۶ شماره ۱ه ص،ص ۱۱۳-۱۲۵ (۱۱۵)

ساداتی، سیداحسان. (۱۳۹۶). نیمی از جنگل‌های هیرکانی به مخروبه تبدیل شده است. https://www.isna.ir/news/9612160900

سوسنی، جواد، اوستاخ، عصمت، پیله‌ور، بابک، پورسرتیپ، لادن، موسوی، سمانه. (۱۳۹۳). مطالعه اثر متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) بر پهنای دوایر سالانه کاج بروسیا*Pinus brutia* در استان لرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، بوم‌شناسی جنگل‌های ایران سال دوم /شماره چهارم ص ۲۴

شقاقی افضلی. (۱۳۹۶/۰۶/۰۱) پیامدهای تداوم گرما و خشکسالی بر جنگل‌های شمال را جدی بگیریم Htpp://WWW.Irna.ir

صوفی، معصومه، علیجانی، بهلول. (۱۳۹۱). تغییر اقلیم در ناهمواری‌های زاگرس، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال نهم، شماره ۳۴، ۴۵-۶۴ ص ۴۶

عباسی، فاطمه، کوهی، منصوره، جوانشیری، زهره، ملبوسی، شراره، حبیبی نوخندان، مجید، فلامرزی، یاشار.(۱۳۹۷) آشکاررسانی و بروز رسانی تغییر اقلیم در ایستگاه‌های کشور (۲۰۱۷-۱۹۵۸)، پژوهشکده اقلیم‌شناسی

عزیزی، قاسم، روشنی، محمود. (۱۳۸۷). مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من -کندال، پژوهش‌های جغرافیایی-شماره ۶۴- ص ۱۳- ۲۸

علیجانی، بهلول، قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۸۴). مقایسه و پیش‌بینی تغییرات دمای سالانه‌ی تبریز با ناهنجاری‌های دمای کره زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی، جغرافیا و توسعه.، ۳، ۶،۲۱ و ۲۲

علیزاده، امین، کوچکی، عوض. (۱۳۶۸).ُس ("چانگ، هو -جان). کشاورزی و آب‌وهوا، انتشارات جاوید ص ۴۵ و ۱۱۷

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

فرج زاده اصل، منوچهر، فیضی، وحید. (۱۳۹۱). آشکارسازی تغییر زمانی-مکانی عناصر دما و بارش در ایران. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس. دوره شانزدهم شماره چهارم ۱۳۹۱ ص ۶۴(۴۹-۶۷)

فروغی، فرید، عراقی نژاد، شهاب، عزیزی، قاسم، ارسلانی، محسن. (۱۳۹۴). بازسازی جریان رودخانه با استفاده از گاهشناسی درختی، و مدل‌سازی و طبقه‌بندی خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه کرخه، تحقیقات آب‌وخاک ایران. دوره ۴۶. شماره ۴.(ص ۶۱۷-۶۲۹)

فلاح راد، میثم. (۱۳۹۶). جنگل‌های شمال در خطر بزرگ شب‌پره‌ها بلای جان جنگل‌های، گیلان. مهر htpp//baztab.ir/119233،۱۳۹۶

قصاب فیض، مصطفی، اسلامی، حسین. (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان. فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، ۱۲۱-۱۱۳ ص ۱۲۰

کافی، محمد، زند، اسکندر، کامکار، بهنام، مهدوی دامغانی، عبدالمجید، عباسی، فروغ، شریعتی، حمیدرضا. (۱۳۹۲). (تایز و زایگر). فیزیولوژی گیاهی ۱ چاپ پنجم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۴۰۵

کوچکی، علیرضا، نصیری، مهدی. (۱۳۸۷). تأثیر تغییر اقلیم با افزایش غلظت CO2 بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۶، شماره ۱، ص ۱۴۹

گالستون، دیویس، ساتر. (۱۳۹۴). زندگی گیاه سبز، مسعود مجتهدی، حسن لسانی. انتشارات دانشگاه تهران

مریانجی، زهره. حسین کریمی جاوید، یوسف شیخ الملوکی. بررسی زمانی دما به منظور آشکارسازی تغییرات روند آن در استان اصفهان با استفاده از روش‌های Man-Kendal,NRMC، سال مجله سپهر دوره بیست و دوم شماره هشتادوشش ۱۶-۱۲ ص ۱۵

مقدسی، ناصر.(۱۳۹۶). بیماری جنگل‌های زاگرس در اثر تغییرات اقلیمی./https://www.isna.ir/news/96021005446

منابع:

یوسفی آذر، پیمان (۱۳۹۲). جنگل‌های ایران مقابله با تأثیر تغییرات اقلیمی. https://www.yjc.ir/00JHT3

Anonymous, (2011), Dendrochronology.Yale school of forestry and Environmental studies, available from:http//classes.yale.edu/0203/fes519b/methods-2003/methods_and_Results/dendrodef.html.

Arbeitsgebiete, (2011), Dendrochronology and dendroclimatology. Federal Research center for Forestry and forest Product(BFH) Institute for wood Biology and wood protection, Leuschnerstrabe 91, D-21031 Hamburg, University of Hamburg, department of wood science,Division Wood Biology, Leuschnerstrabe 91, D-21031 Hamburg, available from:http://www.bfafh.de/inst4/42/oekocliml.htm.

Arsalani, M..Azizi.GH..and Brauning,A, (2015), Dendroclimatic reconstruction of May-June maximum temperature in the central Zagros Mountains, Western Iran. International Journal of climatology,35:408-416

Augustaitis, A., Jasineviciene, D., Girgzdiene, R., Kliucius, A. & Marozas, V, (2012) 'Sensitivity of beech trees to global environmental changes at most north-eastern latitude of their occurrence in Europe', *Scientific World Journal*, Article ID: 743926.

Bridge, M.C., Gasson, P.E. and Cutler, D.F, (1996), Dendroclimatological observations on trees at Kew and Wake hurst Place: Event and pointer years. Forestry, 69: 263-.962

coder. Kim D, (2014), A study into the effect of climate conditions on radial growth patterns of a number of tree species. *the UCLan Journal of Undergraduate Research* Volume 7 Issue 1

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

coder. Kim. D. & Warnell, D. B, (1999), 'Drought Damage to Trees', School of Forest Resources, University of Georgia 4/99. Available online at: http://warnell.forestry.uga.edu/service/library/for99-010/for99-010.pdf

Deng, X., and Zhang, Q.B, (2015), Tree growth and climate sensitivity in open and closed forests of the southeastern Tibetan Plateau. Dendrochronologia, 33: 25-30.

development of ÓArnold.D.H..and Mauseth.J.D, (1999), Effect of environmental factors on wood.Americal Gornal of botany,86:367-371.)

Drobyshev, I., Mats, N., Olafur, E., Hans, L. and Kerstin, S (2008), Influence of annual weather on growth of pedunculate oak in southern Sweden Ann. For. Sci. Pp: 65-512

Fallah, A., Balapour, Sh., Yekekhani, M., and Jalilvand, H,(2014), Dendrochronological studies of Juniperus polycarpos in alborz mountains (case study: Shahkuh of shahrood). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(1): 94-105.

Fritts, H.C,(1962), The relation of growth ring widths in American beech and white oak to variations in climate, Tree-Ring Bulletin, 25(1-2): 2–10.

Fritts, H.C,(1976), Tree ring and climate. Academic Press, Londen Newyork Sanfrancisco. A subsidiary of Harrcourt Brace Jovanovich publisher university of Arizona, U.S.A. 576 pp.

Gray, M., Wigley, T.M.L. and Pilcher, J.R,(1981), Statistical significance and reproducibility of tree-ring response function. Tree Ring Bulletin, 41: 21-35.

https://public.wmo.int/en/media/press-release/new-climate-predictions-assess-global-temperatures-coming-five-years

IPCC.2007. Assesment report4,1387.climate change 2007:synthesis Report IPCC

Jalilvand, H., and Balapour, Sh,(2014), The effect of climate on tree-ring chronologies of Oak (Quercus macranthera) on tree line of Hyrcanian forest. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 20(4).1-19

Lebourgeo, F., Cousseau, G. and Duco, Y,(2004), Climate-tree-growth relationships of Quercus petraea Mill. Stand in the Forest of Bercé ("Futaie des Clos", Sarthe, France). Ann. For. Sci. 61: 1-.21

Meyer, F.D,(1998-1999), Pointer year analysis in Dendrochronology: A comparison of methods, Dendrochrnologia. 16-17: 193-.202

Nadi, M., Pourtahmasi, K., Bazrafshan, J., and Sadeghpour, M,(2016), Two century tree-ring temperature reconstruction in the western part of the Alborz Mountains. 5th Regional Conference on Climate Change. Jan.25-26, Tehran, Iran, pp.8: 1-12

Resaneh, Y., Moshtagh, M.H., Salehi, P,(2001), "Quantitative study of North forests," In: National Seminar of Management and Sustainable Development of North forests, Iran, Ramsar, Forest and Range Organization Press, 55-79.

Sheng, D.U., N. Yamanaka, F. Yamamoto, K. Otsuki, S.H. Wang and Q. Hou,(2007), The effect of climate on radial growth of Quercus liaotungensis forest trees in Loess Plateau, China. Dendrochronologia, 25: 29-36

Till, C,(1985), Recherches dendrochronologiques su le Cedre de Iatlas (Cedrus atlantica Endl.) Carriere) au Maroc, Doktora tezi, Lauvain Katolik Üniversitesi, Belçika.

Van der werf, G.W., U.G.W. Sass-Klaassen and G.M.J. Mohren,(2007), The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (Fagus sylvatica L.) and oak (Quercus robur L.) on a dry site in the Netherlands. Dendrochronologia, 25: 103-112

Wolfgang Knor,M.S.,Amell,N.W.,prentice,I.C,(2006), A Climate Change Risk Analysis For World Ecosystems.Physical and Biological sciences. Environmental Sciences.19p

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]
[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]

Woodward F. I,(1987), Stomatal numbers are sensitive to increases in CO_2 from pre-industrial levels. Nature volume 327, pages617–618

World Meteorological Organization (WMO),2020, www.irimo.ir

Yu, D., L. Tang, S. Wang and L. Dai (,2004), Quantitative methodologies for ecotone determination on north slope of Changbai Mountains. Chin Journal Applied Ecology, 15: 1760-1764.

Zhang,X.Auilar,E.Sensoy,S.Melkonyan,H.Tajieva,U.Ahmed,N.et al,(2005),Trend in the middle east climate extreme indices from 1950to2003.J.Geophys.Res.110

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.191.4]

[DOI: 10.66224/jgs.26.80.5]