

Research Paper



## Investigating the Effect of Climate Fluctuations on Apple Yield (Case Study: Semiram and Urmia station)



Behrouz Sobhani<sup>1\*</sup>, Minoos Ahmadyan<sup>2</sup>, Saeed Jahanbakhsh Asl<sup>3</sup>



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/GP.2022.52936.3038

**Reference to this article:** Sobhani, B; Ahmadyan, M; Jahanbakhsh Asl, S. (2023). Investigating the Effect of Climate Fluctuations on Apple Yield (Case Study: Semiram and Urmia station). *Geography and Planning*, 27(85): 123-131.

### Keywords

apple, yield, phenology, climate fluctuations, Semiram, Urmia

Received: 2022/08/08

Accepted: 2022/09/29

Available: 2023/10/22

### ABSTRACT

The statistics of the ECMWF database were used for the observation data of the two stations of Semiram and Urmia during a 21-year period (1996-20016). In order to investigate the effects of climate fluctuations, the daily data of dynamic micro-rotation of the CORDEX project was used for the output of the ICHEC-EC-EARTH model under the RCP8.5 and RCP4.5 radiative forcing (RCP) scenarios for the period (2017-2037). By using the data of the stations and the outputs of the micro scale model, and by using the perceptron neural network and linear regression, the performance was simulated. Then, to evaluate the efficiency of the models, R, R<sup>2</sup>, MSE, RMSE, and NRMSE statistics were used, and the non-parametric Menkendall test and age slope were used for the performance trend. The result of comparing the output of artificial neural networks with the linear regression model shows that the error rate of the neural network is less and the simulated results are close to the real observations to a very acceptable extent. The phenological stages, including bud blooming to fruit ripening in the stations under both scenarios, and in all the phenological stages in the future period will be completed earlier than the base period, and the length of the growth period will also decrease. The amount of future yield in Urmia station under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios respectively yield 3.7 and 2.2 tons per hectare and in Semiram station yield 1.4 and 3 respectively tons per hectare will decrease. The results show that in the future in the study areas, with the change in the time of occurrence of the length of the growth period, all the phenological stages as well as the declining performance of apple trees will be subject to climatic fluctuations.

\* **Corresponding Author:** Behrouz Sobhani

**E-mail:** sobhani@uma.ac.ir

1. Associate Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Mohaghegh Ardabili, Iran.

2. PhD Student of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Mohaghegh Ardabili, Iran.

3. Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences. Tabriz, Iran.

## **Extended Abstract**

### **Introduction**

Fluctuations in any of the weather elements cause the variability of the yield of the product. Even when other factors of crop production are at the optimal level, the change in weather elements can determine up to 50% variability in crop performance. Therefore, a deep and accurate understanding of the effect of weather on the performance of agricultural products greatly helps to adjust agricultural operations according to weather conditions. Cultivation of fruit trees and garden products is a well-known advantage of the agricultural economy of Iran and the studied regions. One of the major strategic horticultural products that has made Iran one of the exporting countries is apple production. Since the knowledge of the performance of products is of particular importance for analyzing the effects of climate fluctuations on the production of agricultural products, food security and providing appropriate adaptive solutions.

### **Data and Method**

In this study, the ECMWF database has been used for observation data of Semirrom and Urmia stations during 21-year period (1996-2001). To understand and evaluate the accuracy of ECMWF data with the observation data of the Iranian Meteorological Organization during the common time interval with the nearest point of ERA-Interim to the stations studied, the Pearson Correlation Coefficient (R), Coefficient of Determination (R<sup>2</sup>), mean squared error (MSE), root mean square error (RMSE), and normalized root mean squared error.

To investigate the effect of climate change on yield and Phenological stages, the daily micro scale dynamic data of the CORDEX project with a precision of 44% \* 44% for the output of the ICHEC-EC-EARTH model under the two lines of 4.5 and 8.5 (RCP) was used for the period (2017-2037). In order to reduce the errors in the model estimates, the post-processing action of the estimated events was fulfilled. Then, according to correlate each step of growing apples with thermal operating temperature, length of growing season and vegetative stages of apple tree were calculated using GDD.

### **Artificial neural network**

To predict the performance of neural networks with a multilayer perceptron (MLP) structure in the neural network, the data are divided 70 to 30 for recalibration and evaluation of the final result; training and testing were repeated several times until the error rate was minimized. The output error rate of the neural network model was the lowest by selecting the three-layer perceptron model with one hidden layer and 8 input neurons and the sigmoid tangent driving function in the hidden layer and the Marquardt-Lonberg (LM) training algorithm and the predicted values have the maximum compliance with the measured values.

### **Results and Discussion**

The statistical results between ERA-Interim data and observational data at the stations were examined and the accuracy of the database data was confirmed for both stations. In the next section, in order to select the best model for the studied areas, the data of the base year of the growth season of the CORDEX project models was compared with the observational data. The ICHEC-EC-EARTH model The ICHEC-EC-EARTH has a lower error rate than the other two. Do post processing of historical events has been able to greatly increase the model's performance data.

The results from the comparison of the growth period of the base period and the estimated data at the stations under both scenarios indicate a decrease in the growth period in the future, which their trend was not statistically verified.

The error estimators showed that the artificial neural network model has a lower error as well as a higher correlation and coefficient of determination than linear regression.

Based on the results of the neural network, the future performance in Urmia station under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios is 3.7, 2.2 and maximum performance 2.3, 2 and 86.54, respectively. 1.1 ton per hectare will decrease. The amount of future yield at Semiram station under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios will decrease by 1.4, 3.1, and 3.1, 98.98 and 87.94, 1.91 tons per hectare respectively.

## Conclusion

Based on the evaluation methods, the ECMWF data estimation error with observational data was negligible, and the database data for the studied stations can be verified. The test of the models showed that the best artificial neural network model for predicting the performance of apple trees for the studied stations by choosing the three-layer perceptron model with Marquardt-Lonberg (LM) training algorithm has the best possible output. The result of comparing the output of artificial neural networks with the linear regression model shows that the error rate of the neural network is less and the simulated results are close to the real observations to a very acceptable extent. As a result, it can be said that the artificial neural network has a good performance compared to the regression model. The results show that with the change in the time of occurrence, the length of the growth period will cause changes in all phenology stages and also decrease the yield of apple trees in the future, they will be subject to climate fluctuations in the region.

## References

- Ahmadi, H. (2017). **Investigating the effects of climate change on apple trees in Iran**, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University. (In Persian)
- Ahmadi, H., Fallah Ghalhari, GH. A., Goodarzi, m., (2018), **Estimation and determination of spatial pattern of Apple tree water requirement in Iran**, Iranian Journal of Ecohydrology, vol 5, pp: 149-160.
- Ahangari. S., (2019), **The effect of climate change on the phenological stages of apple trees in the south of West Azerbaijan (the study area, Bukan, Sardasht, Mahabad, Piranshahr, Naqdeh)**, Master's thesis in hydrology and agricultural meteorology. Faculty of Literature and Human Sciences of Mohaghegh Ardabili University. (In Persian).
- Alizadeh, A., Babayan, I., Noori, Hamid., Najatian, M.A., (2020), **Effect of Climate Change on the Phenology and Yield of the White Seedless Grape (Case Study: Golmakan Agricultural Weather Station**, Natural Geography Quarterly, Vol. 3, No.49 .PP: 34-54. (In Persian).
- Babaeian, E., nagafineik, Z., zabolabasi, f., habeibei, M., adab, H., malbisei, SH., (2010), **Climate Change Assessment over Iran During 2010-2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO- G Model**. Geography and Development. Vol. 7, No.16. PP.135-152. (In Persian).
- Baharvandi, K., Khorshiddoust, A. M., Nassaji Zavareh, M., (2021), **The Clarification of Climatic Fluctuations through SNHT Method (Case Study: Khorramabad Station)**. Geography and Planning. Vol. 25, No.75. PP: 51-63. (In Persian).
- Darand, M., Zande Karimi, S., (2016), **Evaluation of Spatio-Temporal Accuracy of Precipitation of European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) over Iran**, Physical Geography Research Quarterly. Vol. 47, No.4.PP: 651-675. (In Persian).
- GHoderzade A., (2015), **Assessment of the Climate Change Effects on the Phonological Stages of Apple Apples in Urmia, Ghad**, Master's Degree in Natural Geography, Supervisor: Behrouz Sobhani, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebi
- Hassani, G., Noorjoo, A., Henareh, M., (2009), **Effects of Rootstock and Different Irrigation Levels on Yield and Fruit Quality of Apple c.v. Golden Delicious**, seed and plant production, Vol. 25, No.1.PP: 51-62. (In Persian).
- Houshyar, H., Mesgari, A., (2012), **Modeling of Oroomieh Township Minimum Temperatures through Linear and Nonlinear Multiple Regression and Artificial Neural Networks Models**, Journal of Geographical Notion, Vol. 6, No.12. PP: 1-33. (In Persian).
- Hashemzadeh, M., Azizi, Gh., Karimi, M., Khoshakhlagh, F., Shamsipour, A. A., (2021), **Evaluating the performance of the reanalyzed ERA-Interim database in temporal-spatial distribution and wind speed trend in eastern Iran**, Physical Geography Research Quarterly. Vol. 52, No.4.PP: 515-533. (In Persian).
- Javadi, Z., Fallah-Ghalhari, GH. A., Entezari, A., (2014), **The role of climatic parameters on yield of almond Case Study: Sabzevar**, journal climate reserch, Vol. 5, No.15. PP: 125-141. (In Persian).
- Lotfi, Z., Shaban, H., Qomi, A., (2021), **Prediction of wheat production in Iran using time series technique and artificial neural network**, International Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 24, No.2. PP: 261-273. (In Persian).
- Mianabadi, A., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Ghahraman, B., Davary, K., (2016), **Prediction of Annual Evaporation Change in Dr y Regions Using the Budyko-type framework (Case Study of Neishaboore-RokhWatershed)**, Iraian journal of irrigation and Drainage, No.3, pp. 411-398.
- Mojarrad, F., Farhadi, B., Olfati, Z., (2019), **Simulation of Yield and Determination of Planting Date of Rainfed and Irrigated Wheat Based on Climatic and Environmental Factors in Kermanshah Province by AquaCrop Model**,Geography and Planning, Vol. 22, No.66. PP: 251-271. (In Persian).
- Rezaim, R., Taifi Rezaeim, H., Hosni, Q., Samadi, M., (2013), **The effects of climate change and warm winters on the performance of apple trees in West Azarbaijan province**, The second national conference on climate change and its impact on agriculture and environment in Urmia.

- Rahimpour, P., Sobhani, B., Salahi, B., (2017), **Assessing the impact of climate change on the flowering stage of apple trees in Mashginshahr area in Ardabil province**, The fifth international conference of new ideas in agriculture, environment and tourism, Tehran, Iran
- Raziei, Tayeb., Sotoudeh, f., (2017), **Investigation of the accuracy of the European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) in forecasting observed precipitation in different climates of Iran**, Journal of the Earth and space physics, Vol. 43, No.1.PP: 133-147. (In Persian).
- Salami, H., Nemati, M., (2014), **Exploring Systematic Yield Risk and Its Strengthening Factors for Apple Product in Iran: Application of Spatial Autoregressive Models**, Vol. 27, No.4.PP: 288-299. (In Persian).
- Sajadi, S. J. Sabouri, H., (2022), **Application of Artificial Neural Networks in Canola Crop Yield Prediction**, JOURNAL of Crop Production and Processing, Vol. 3, No.1.PP: 163-157. (In Persian).
- Rahimi, M., Yazdani, M. R., Asadi, M., Pegah-Far, P., Heydari, M., (2016). **Statistical analysis of periodic fluctuations of climatic parameters in some selected stations of Kurdistan province**, Geography and Planning, Vol. 21, No.60. PP: 121-136. (In Persian).
- Yazdan Panah, H., Soleimani, M., (2013), Investigating **the Effects of Climate Change on Apple Nutrition Phases in Northeast Iran**. First National Climate Conference, Kerman, Industrial and Advanced Technology Graduate University.
- Adnane, El. Y., Gustavo, M., Oukabi, A., Hafidi, M., Michel, J., (2014), **Global warming impacte on floral phenology fruit tree**, Scientia Horticulturae, 180(4): 243- 253.
- Beattie, R., Folley, R.P.W., (1997), **Production varibility in apple crope**, Scientia Horticulturae, 6(5): 271- 279.
- Drummond, S.T., Sudduth, K., Joshi. A., Birrell, s., Kitchen, N., (2003), **Statistical and neural methods for site-specific yield prediction**, Transactions of the ASAE, 46: 5.
- Ferree, D., Warrington, G., (2003), **Apples: botany, production and uses**. CABI publishing.4 (5): 635-701.
- Green, T., Salas, J., Martinez, A., Erskine, R., (2007), **Relating crop yield to topographic attributes using spatial analysis neural networks and regression**, Geoderma 139: 23-37.
- Inmaculada, Funes., Aranda, Xavier., Biel, Carmen., Carbo, Joaquim., Camps, Francesc., Molina, Antonio, H., felicidad, G., (2016), **Future climate change impacts on appl flowering date in a Mediterranean subbasin**, Agricultural Water Management, 164 (7): 19- 27.
- Kaul, M., Hill, R., Walthall, C., (2005), **Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction**, Agricultural Systems 85: 1-18.
- Landeras, G., Ortiz-Barredo, A., Lose. J. l., (2009), **Forecasting weekly evapotranspiration with arima and artificial neural network models**, Journal of Irrigation and Drainage Engineering 135: 323-334.
- Lobell, D, Field, C., Cahill. K., Bonfils, C., (2006), **Impacts of future Climat change on California perennial crop yields, Model projections with climate and crop uncertainties**, 8(9): 56-64.
- Li, M., Jianping, G., He, J., Xu, C., Li, j., Mi, ch., Tao, s., (2020), **Possible impact of climate change on apple yield in Northwest China**, Theoretical and Applied Climatology, 139 (11): 191-203
- Pfleiderer, P., Menke, I., Friedrich, S., (2019), **Increasing risks of apple tree frost damage under climate change**, climate change, 157 (3): 515-525
- Zhu, h., Borsboom, O. Tomp, j., (1997), **The effect oftemperature on flower-bud formation in apple including some morphological aspects**, Scientia Horticulturae, 70 (1): 1-8.

## مقاله پژوهشی



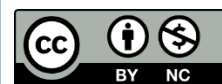
## بررسی اثر نوسانات آب و هوایی بر میزان عملکرد سیب درختی (مطالعه‌ی موردی: ایستگاه‌های سمیرم و ارومیه)



بهروز سبحانی<sup>۱\*</sup>، مینو احمدیان<sup>۲</sup>، سعید جهانبخش اصل<sup>۳</sup>



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کریتیو کامنز قابل استفاده است.



**ارجاع به این مقاله:** سبحانی، بهروز؛ احمدیان، مینو؛ جهانبخش اصل، سعید. (۱۴۰۲). بررسی اثر نوسانات آب و هوایی بر میزان عملکرد سیب درختی (مطالعه‌ی موردی: ایستگاه‌های سمیرم و ارومیه). نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۷ (۸۵): ۱۲۳-۱۳۱.

DOI:10.22034/GP.2022.52936.3038



## چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر نوسانات آب و هوایی بر مراحل فنولوژیکی و میزان عملکرد سیب درختی می‌باشد. به این منظور از آمار پایگاه ECMWF برای داده‌های مشاهداتی دو ایستگاه سمیرم و ارومیه طی بازه زمانی ۲۱ ساله (۱۹۹۶-۲۰۱۶) استفاده شد. برای بررسی اثرات نوسانات آب و هوایی از داده‌های روزانه ریز گردانی دینامیک پروژه CORDEX برای خروجی مدل ICHEC-EC-EARTH تحت دو خط سیر RCP4.5 و RCP8.5 واداشت تابشی (RCP) برای بازه زمانی (۲۰۳۷-۲۰۱۷) بهره گرفته شد. با استفاده از داده‌های ایستگاه‌ها و خروجی‌های مدل ریزمقیاس‌نمایی و با به کارگیری شبکه عصبی پرسپترون و رگرسیون خطی میزان عملکرد شبیه‌سازی شد. سپس برای ارزیابی کارایی عملکرد مدل‌ها از معیار آماره‌های  $R_2$ ،  $R$ ،  $MSE$ ،  $RMSE$  و  $NRMSE$  و از آزمون ناپارمتریک من-کندال و شیب سن برای روند عملکرد استفاده گردید. نتیجه مقایسه خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی با مدل رگرسیون خطی نشان می‌دهد که میزان خطای شبکه عصبی کم‌تر و نتایج شبیه‌سازی شده تا حد بسیار قابل قبولی به مشاهدات واقعی نزدیک می‌باشد. مراحل فنولوژیکی شامل شکفتن جوانه تا رسیدن میوه در ایستگاه‌ها تحت هر دو سناریو و در کلیه مراحل فنولوژیکی در دوره آینده نسبت به دوره پایه در زمان جلوتری تکمیل خواهند شد و طول دوره رشد نیز کاهش خواهد یافت. میزان عملکرد آینده در ایستگاه ارومیه تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب عملکرد ۳/۷، ۲/۲ تن در هکتار و در ایستگاه سمیرم به ترتیب عملکرد ۴/۱، ۳ تن در هکتار کاهش پیدا خواهد کرد. نتایج نشان می‌دهند که در آینده در مناطق مورد مطالعه با تغییر در زمان رخداد طول دوره رشد، کلیه مراحل فنولوژیکی و همچنین عملکرد کاهشی سیب درختی تحت نوسانات آب و هوایی خواهند بود.

## کلیدواژه‌ها

سیب درختی، عملکرد، فنولوژی، نوسانات آب‌وهوایی، سمیرم، ارومیه

دریافت شده: ۱۴۰۱/۰۵/۱۷

پذیرفته شده: ۱۴۰۱/۰۷/۰۷

منتشر شده: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

\* نویسنده مسئول: بهروز سبحانی  
sobhani@uma.ac.ir

۱. عضو هیات علمی و دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشجویی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. عضو هیات علمی و استاد دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

عوامل زیادی بر عملکرد سیب درختی تاثیر گذار هستند که از جمله آن ها می توان آب و هوا، خاک، ناهمواری ها، حشرات، سیستم کاشت و آبیاری را نام برد. در بین این عوامل نوسان در هر یک از عناصر آب و هوایی باعث تغییرپذیری قابل توجهی در میزان عملکرد محصول می شود به طوری که حتی اگر سایر عوامل تولید در سطح مطلوبی قرار داشته باشند، تغییر در عناصر آب و هوایی می تواند تا ۵۰ درصد موجب تغییر پذیری در میزان عملکرد محصول شود. لذا آشنایی دقیق تأثیر آب و هوا بر عملکرد محصولات کشاورزی، می تواند به تنظیم عملیات زراعی مطابق با شرایط آب و هوایی کمک شایانی داشته باشد. سیب درختی از جمله محصولاتی است که شرایط آب و هوایی از مهم ترین متغیرهای تأثیر گذار در رشد و عملکرد آن محسوب می شوند (سلامی و نعمتی، ۱۳۹۲:۲۸۸). سیب که یکی از مهم ترین محصولات باغی ایران بوده و در حال حاضر از نظر وزنی بالاترین حجم محصولات باغی کشور را به خود اختصاص داده است، در بسیاری از مراکز کشت در معرض بیشترین خسارت های ناشی از نوسانات و رخداد های فرین آب و هوایی قرار دارد (آمارنامه محصولات باغی کشور، ۱۳۹۹:۹). بنابراین بررسی تأثیر هرگونه نوسان آب و هوایی بر روی عملکرد این محصول از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. تأثیر تعیین کننده آب و هوا بر محصولات کشاورزی موجب شده است تا بررسی اثرات آب و هوایی بر روی محصولات باغی و بیشتر محصولات زراعی در کانون توجه پژوهشگران زیادی قرار گیرد از جمله: بتی و فولی (۱۹۷۸) نشان دادند که دما در دوران گل دهی بر عملکرد سیب تأثیر مثبت دارد. زول و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر دماهای مختلف در مراحل گل دهی سیب را بررسی کرده و دماهای مناسب گل دهی این گیاه را مشخص کرده اند. عدنان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) تأثیر گرمایش جهانی بر درختان سیب و زیتون در مرحله گل دهی را با استفاده از مقایسه روند تغییرات دما بررسی کرده و نشان داده اند که افزایش دما منجر به گل دهی زودهنگام در این درختان در مناطق مختلف می شود. فیونز و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) پیامدهای رخداد تغییر آب و هوا بر روی تاریخ گل دهی درخت سیب در زیر حوضه شمال دریای مدیترانه را بررسی نموده و با استفاده از نتایج گزارش چهارم تغییر آب و هوا مشخص کرده اند که تاریخ گل دهی درخت سیب در اواسط قرن ۲۱ زودتر رخ خواهد داد. همچنین در دوره آینده، محصول سیب با معضل عدم تکمیل و تأمین نیاز سرمایی مواجه خواهد شد. اینمکالدرا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) تأثیر دگرگونی اقلیم بر روی مرحله گل دهی درخت سیب را در حوضه مدیترانه بررسی کرده و نشان دادند که زمان شکوفه دادن گونه های سیب از میانه های قرن ۲۱ به تأخیر خواهد افتاد. پفلیدر و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) در بررسی خطرات ناشی از ریسک یخبندان بر درخت سیب در اثر تغییر اقلیم نشان دادند که هر چند تعداد روزهای یخبندان رو به کاهش بوده و زمستان های گرم تر نیز به شکوفه شدن زودهنگام درختان میوه منجر می شوند ولی به نوبه ی خود می تواند سبب افزایش خسارت پدیده

یخ زدگی به درختان پس از شکوفه شدن آن ها شود. لی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۲۰) تأثیر احتمالی تغییر آب و هوا بر عملکرد سیب درختی را در شمال شرق چین با کمک ۸۸ فاکتور آب و هوایی مؤثر بر عملکرد سیب بررسی کردند. نتایج نشان داد که فاکتورهای آب و هوایی برای دوره های ۱۰ روزه و ماهانه بر میزان عملکرد مؤثرتر می باشد. همچنین به طور قابل توجهی فصل بهار نسبت به سایر فصول تأثیر بیشتری بر عملکرد دارد. میزان عملکرد، تحت همه سناریوهای مورد استفاده روند کاهشی نشان می دهد.

رزایی و همکاران<sup>۶</sup> (۱۳۹۲) برای ارزیابی اثرات تغییر آب و هوا و زمستان-های گرم بر عملکرد سیب درختی در استان آذربایجان غربی، همبستگی بین باردهی درختان سیب و متوسط دمای زمستان سال قبل را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که همبستگی منفی معنی داری بین افزایش دمای فصل زمستان و کاهش عملکرد هکتاری سیب وجود دارد. یزدان پناه و سلیمانی تبار<sup>۷</sup> (۱۳۹۲)، قادر زاده<sup>۸</sup> (۱۳۹۴)، رحیم پور<sup>۹</sup> (۱۳۹۶) و آهنگری<sup>۱۰</sup> (۱۳۹۸) اثرات تغییر آب و هوا بر مراحل فنولوژیکی محصول سیب در ایستگاه های گل مکان، ارومیه، مشکین شهر و جنوب آذربایجان غربی را بررسی کردند. نتایج همه این مطالعات نشان دادند که در ایستگاه ها زمان گلدهی و رسیدن میوه متأثر از افزایش دما در زمانی جلوتر نسبت به میانگین رخ خواهد داد. احمدی<sup>۱۱</sup> (۱۳۹۶) به بررسی اثرات تغییر آب و هوا بر روی درخت سیب در ایران پرداخته و نتیجه گرفته است که درختان سیب به تغییر آب و هوا در آینده واکنش نشان خواهند داد. همچنین افزایش دمای هوا موجب کاهش طول دوره رشد، تغییر زمان رخداد مراحل فنولوژیکی، افزایش نیاز آبی و تغییر محدوده های کشت درخت سیب خواهد شد.

بررسی سوابق پژوهشی، در خصوص اثرات نوسانات آب و هوایی بر روی محصولات کشاورزی نشان داد که مطالعات صورت گرفته برای محصولات باغی از جمله سیب بیشتر در زمینه ی اثر تغییر آب و هوا بر مراحل فنولوژیکی، سرمازدگی و خطر یخبندان، نیاز سرمایی، نیازهای آب و هوایی و دمایی، پتانسیل و مکان یابی، گونه شناسی و فیزیولوژی گیاهی، مزیت نسبی و صادرات، گیاه پزشکی، و غیره متمرکز بوده است. در اکثر این مطالعات از روش ریزمقیاس نمایی آماری استفاده شده و روش ریزمقیاس نمایی دینامیکی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت باغات سیب در مناطق سمیرم و ارومیه از لحاظ آب و هوا، اقتصاد و اشتغال لازم است که تأثیر نوسانات آب و هوایی بر عملکرد سیب این مناطق مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

## روش

### منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد بررسی در این پژوهش، شهرستان های ارومیه و سمیرم می باشند. به طور کلی موقعیت جغرافیایی و شرایط طبیعی استان آذربایجان غربی برای تولید و صادرات سیب بسیار مناسب است. این استان دارای باغ های سیب فراوانی است که شهرستان ارومیه با دارا بودن ۴۵ درصد از

4- Pfliederer et &amp; al

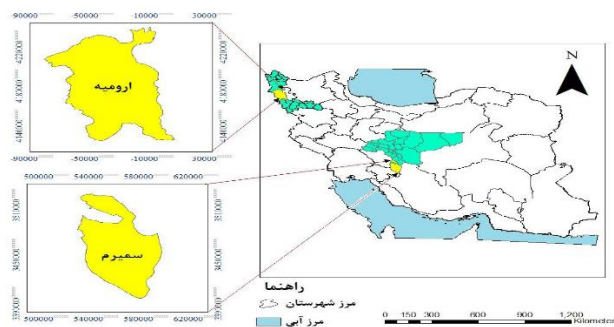
5- Li et &amp; al

1-Adnane et &amp; al.

2- Funes

3- Inmaculada et &amp; al

باغات استان آذربایجان غربی در رتبه اول تولید سیب درختی قرار دارد. شهرستان سمیرم که دارای آب و هوای کوهستانی با زمستان های سرد و پربرف و تابستان های خشک و معتدل است، ۴/۹ درصد مساحت استان اصفهان را شامل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در نقشه ایران و استان های مربوطه (منبع: نگارنده)

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base}) \quad (1)$$

$$f_{fut} = f_{obs} \times \left( \frac{f_{GCM}^{fut}}{f_{GCM}^{base}} \right) \quad (2)$$

در روابط بالا،  $f_{base}$ ،  $f_{GCM}^{fut}$ ،  $f_{T_{obs}}$ ،  $f_{T_{fut}}$  به ترتیب مربوط به متغیر های آب و هوایی پس پردازش شده، مشاهده شده، پیش‌بینی شده بر روی شبکه مدل در دوره آینده و بر روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی گذشته می‌باشند. رابطه (۱) برای پارامترهای دما و رابطه (۲) برای بارش به کار برده شده است. در نهایت سه سری داده تولید شد، سری اول داده‌های مربوط به متغیر های آب‌وهوایی محاسبه شده با توجه به داده‌های پایگاه ECMWF برای هر دو ایستگاه که تحت عنوان متغیرهای آب و هوایی مشاهده شده (obs) ثبت شده‌اند. سری دوم داده‌های مربوط به متغیرهای آب‌وهوایی محاسبه شده با توجه به داده‌های حاصل از خروجی مدل در دوره پایه ICHEC-EC-EARTH که تحت عنوان داده‌های تاریخی برآورد شده (hist) نام‌گذاری شدند و دسته سوم داده‌های پس پردازش شده (pp) می‌باشند. درجه - روز رشد:

با توجه به همبستگی مرحله رشد سیب با عامل حرارتی دما، دوره های رویشی درخت سیب شامل مراحل تشکیل جوانه، شکفتن جوانه، گل‌دهی، رشد میوه و رسیدن میوه به تفکیک هر سال با استفاده از شاخص درجه-روز بر اساس رابطه (۳) محاسبه شد. در این شاخص میانگین درجه حرارت روزانه از آستانه دمای یخبندان (صفر درجه سانتی‌گراد) تا تکمیل ضریب حرارتی گونه درختی مورد نظر محاسبه می‌شود.

$$GDD = \sum_{i=1}^N \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_{Bas} \quad (3)$$

در رابطه بالا، GDD معرف درجه-روز است که طی N روز جمع‌آوری شده است،  $T_{max}$  بیشینه دمای روزانه (°C)،  $T_{min}$  کمینه مای روزانه (°C)، و  $T_{Bas}$  دمای هوای پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه (°C) و N تعداد روزها در یک زمان معین را نشان می‌دهند (فری و وارینگتون<sup>۴</sup>: ۲۰۰۳: ۶۴۱).

#### شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی از لحاظ نوع شبکه به دو گروه شبکه‌های پیشخور و پسخور تقسیم می‌شوند که در این بررسی از شبکه‌های پیشخور و ساختار پرسپترون

داده‌های مشاهداتی این پژوهش مربوط به دوره‌ی پایه ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ است که شامل پارامترهای آب‌وهوایی، کمینه، بیشینه و متوسط دما، بارش، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعت آفتابی است که به صورت روزانه از نسخه‌ی ERA-Interim<sup>۱</sup> با تفکیک مکانی ۰/۱۲۵×۰/۱۲۵ درجه قوسی به دلیل کوتاه‌مدت بودن طول دوره داده‌های سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه سمیرم دریافت شد. برای شناخت و ارزیابی مقدار دقت و صحت داده‌های پایگاه ECMWF با داده‌های مشاهداتی سازمان هواشناسی کشور طی بازه زمانی مشترک (ایستگاه ارومیه از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ و ایستگاه سمیرم از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶) از آماره‌های (R)، (R2)، (MSE)، (RMSE) و NRMSE بهره گرفته شد. این آماره‌ها بیش‌ترین کاربرد را در تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای را داشته و از آن‌ها برای مقایسه پیش‌بینی‌های یک مدل در برابر داده‌های مشاهداتی استفاده می‌شود (رضیعی و ستوده، ۱۳۹۶: ۱۳۳).

#### مدل اقلیمی

برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژیکی و عملکرد سیب درختی ایستگاه‌های مورد مطالعه، مدل اقلیمی جهانی منتخب از مرکز هواشناسی و آب‌شناسی سوئد (SMHI) که طی طرح CORDEX ریزمقیاس شده بود، تحت دو خط سیر RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره‌ی ۲۰ ساله‌ی ۲۰۳۷-۲۰۱۷ تهیه شد. خروجی CORDEX برای دوره تاریخی (۲۰۰۵-۱۸۵۰) و در دوره آینده (۲۰۰۶-۲۱۰۰) و در شبکه ۰/۲۲ و ۰/۴۴ درجه فراهم شده است (میان‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۹۸).

با توجه به این که داده‌های CORDEX با قدرت تفکیک مکانی ۰/۴۴ داده‌های برآورد شده تحت سناریوی تغییر اقلیم و داده‌های تاریخی برای دامنه مینا را پوشش می‌دهند، از داده‌های این تفکیک مکانی استفاده شد. از میان سه مدل پیشنهادی، ICHEC-EC-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

2- Growth Degree days (GDD)  
3-ferree & Warrington

1-ECMWF پایگاه داده‌ی مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپا  
1- Change factor

بررسی اثر نوسانات آب و هوایی بر میزان عملکرد سیب درختی ...

چند لایه (MLP)<sup>۱</sup> به دلیل کاربرد بیشتر در مسائل اقلیم‌شناسی استفاده گردید (هوشیار؛ ۱۳۹۱:۴۴). در شبکه عصبی داده‌ها برای واسنجی و ارزیابی نتیجه نهایی، به صورت ۷۰ به ۳۰ تقسیم شده‌اند؛ که ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش و ۳۰ درصد برای واسنجی (۱۵ درصد) و آزمایش (۱۵ درصد) و ارزیابی نتیجه بررسی شده‌اند. ۷۰ درصد نخست و ۳۰ درصد دوم به صورت تصادفی از میان مجموعه داده‌ها انتخاب شده‌اند. در شبکه عصبی نتایج مقادیر پیش‌بینی به‌دست‌آمده از مدل‌ها با مقادیر واقعی مقایسه شد و میزان خطا و ضرایب تبیین آن‌ها محاسبه گردید. چندین بار عمل آموزش و تست تکرار شد تا زمانی که میزان خطابه حداقل رسید. میزان خطای خروجی مدل شبکه عصبی با انتخاب مدل پرسپترون سه لایه با یک لایه پنهان و ۸ نرون ورودی و تابع محرک تانژانت سیگموئید در لایه پنهان و الگوریتم آموزشی مارکورات-لونبرگ (LM)، کمترین مقدار را دارا بود و مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر انطباق را با مقادیر اندازه‌گیری شده داشتند. در این حالت شبکه بهترین نتیجه ممکن را برای پیش‌بینی عملکرد با شبکه مصنوعی در ایستگاه‌های مطالعاتی ارائه می‌دهد.

مدل‌سازی رگرسیون خطی چندگانه

هدف کلی از مدل‌سازی رگرسیون خطی چندگانه پیدا کردن رابطه بین چند متغیر مستقل و یک متغیر وابسته است (اسماعیلیان، ۱۳۸۵: ۲۰۲). برای مدل‌سازی این روش از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای مشخص کردن روند عملکرد از آزمون آماری-گرافیکی من-کنندال و جهت برآورد نمودن شیب واقعی روند زمان از روش نا پارامتریک سن استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

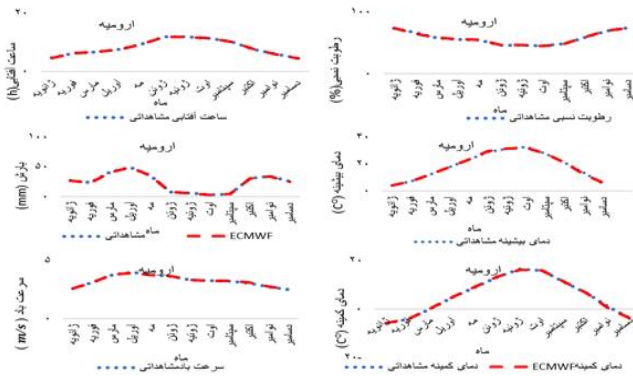
نتایج حاصل از این پژوهش در چند بخش عرضه شده‌اند. بخش اول نتایج آماری بین داده‌های ERA-Interim و داده‌های مشاهداتی در ایستگاه‌های مطالعاتی هستند که در جدول (۱) و شکل‌های (۳و۲) ارائه شده‌اند. وجود دقت زیاد داده‌های این پایگاه برای ایستگاه‌های سمیرم و ارومیه تأیید شد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران در زمینه دقت زیاد داده‌های نسخه‌ی ERA-Interim از جمله (دارند و زندکریمی، ۱۳۹۴:۶۶۰). همچنین (هاشم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵:۵۱۵) همخوانی دارد.

در بخش بعدی برای انتخاب بهترین مدل برای مناطق مورد مطالعه، خروجی داده‌های دوره پایه مدل‌های مختلف پروژه CORDEX با داده‌های مشاهداتی مقایسه گردید. همان‌طور که در جداول (۲، ۳ و ۴) نشان داده شده است مدل ICHEC-EC-EARTH خطای کمتری در مقایسه با دو مدل دیگر را دارد. سپس انتخاب مدل برای کاهش خطای داده‌های منتخب، عمل پس پردازش صورت گرفت. اعمال پس پردازش روی داده‌های تاریخی، توانسته است به مقدار بسیار زیادی کارایی مدل را در شبیه‌سازی داده‌ها افزایش دهد.

بهرورز سبحانی و همکاران

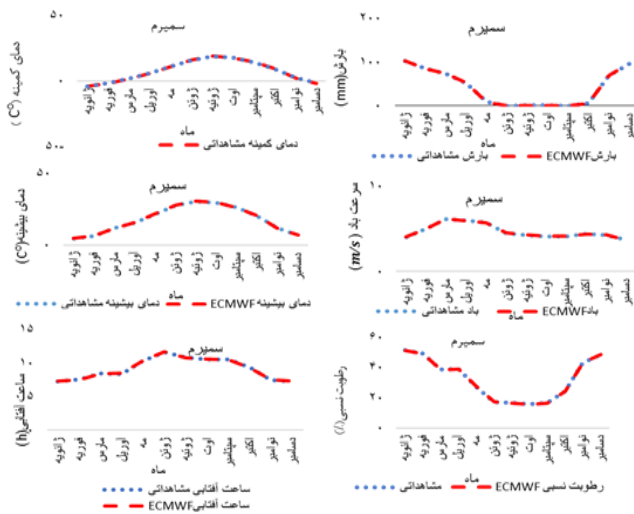
جدول (۱). مقادیر R<sup>2</sup>، MSE، RMSE و NRSME مقایسه‌ی متغیرهای آب و هوایی مشاهداتی یا داده‌های پایگاه ECMWF ایستگاهها

ارومیه					سمیرم					داده ابروهیولی
NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	
-۰.۴	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰۴	۰.۲۲	-۰.۱	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰۱	۰.۱۱	صافکیتبه (C)
-۰.۰۳	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۴	۰.۰۶	۰.۰۲	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۱	۰.۰۲	دما بیشینه (C)
-۰.۰۲	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰۲	۰.۰۶	-۰.۰۶	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰۷	۰.۲۸	بارش (mm)
-۰.۰۵	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۶	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۳	۰.۰۵	ساعت لغتی (h)
-۰.۱	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۲۸	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۰۶	۰.۰۲	رطوبت نسبی (h)
-۰.۲	۰.۹۸	۰.۹۶	۰.۰۸	۰.۰۹	-۰.۰۶	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰	۰.۰۲	باد (m/s)



شکل (۱). مقایسه متغیرهای آب و هوایی مشاهداتی ایستگاه ارومیه یا داده‌های پایگاه CMWF

منبع: نگارندگان



شکل (۲). مقایسه متغیرهای آب و هوایی مشاهداتی ایستگاه سمیرم یا داده‌های پایگاه CMWF

منبع: نگارندگان

جدول (۲). مقادیر R<sup>2</sup>، MSE، RMSE و NRSME مقایسه‌ی متغیرهای مدل NOAA-GFDL-GFDL یا داده‌های مشاهداتی ایستگاهها

ارومیه					سمیرم					داده ابروهیولی
NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	
-۰.۳۵	۰.۹۸	۰.۹۶	۰.۹۳	۰.۳۹	۰.۲۲	۰.۹۸	۰.۹۹	۰.۷۷	۰.۶۶	صافکیتبه (C)
-۰.۷۷	۰.۹۸	۰.۹۷	۰.۱۵	۰.۳۶	۰.۰۳	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۲۶	۰.۶۰	دما بیشینه (C)
-۰.۰۲	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰۳	۰.۰۶	-۰.۰۲	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۱۷	۰.۲۸	بارش (mm)
۰.۰۵	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۱۵	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۶	۰.۴۰	ساعت لغتی (h)
۰.۱۹	۰.۹۸	۰.۹۶	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۱۱	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۱۳	۰.۱۵	رطوبت نسبی (h)
۰.۰۳	۰.۹۸	۰.۹۶	۰.۰۹	۰.۰۹	-۰.۲۲	۰.۹۸	۰.۹۸	۰.۱۲	۰.۵۳	باد (m/s)



جدول (۳) مقادیر R<sup>2</sup>، MSE، RMSE و NRSME متغیرهای مدل CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 با داده‌های مشاهداتی ایستگاهها

داده‌های هواشناسی	ارومیه					سمیرم				
	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE
دما (C)	-۰.۳۶	-۰.۹۸	-۰.۹۵	۱۷۸۱	۱۷۹۵	-۰.۱۹	-۰.۹۸	-۰.۹۷	۱۷۰۷	۱۷۳۳
دما بیشینه (C)	-۰.۰۶	-۰.۹۹	-۰.۹۸	۱۷۶۶	۱۷۳	-۰.۹۸	-۰.۹۸	-۰.۹۶	۱۷۰۷	۱۷۷۵
بارش (mm)	-۰.۱۰	-۰.۹۸	-۰.۹۷	۶۱۲۵	۲۱۰۵	-۰.۰۴	-۰.۹۹	-۰.۹۹	۱۷۸۷	۱۶۹
ساعت کافتی (h)	-۰.۰۵	-۰.۹۹	-۰.۹۹	۱۰۰۱	۱۰۰۴	۱.۱۸	۱.۷۷	-۰.۵۹	۱۷۲۴	۱۶۵
رطوبت نسبی (%)	-۰.۰۴	۱.۸۳	-۰.۶۹	۱۷۸۲	۱۶۷	-۰.۰۴	-۰.۹۹	-۰.۹۸	۱۷۵۱	۱۸
باد (m/s)	۱.۶۵	-۰.۱۸	-۰.۰۲	۱۶۵۵	۱۷۱	-۰.۳۶	-۰.۴۱	-۰.۱۷	۱۷۸۶	۱۶۹

جدول (۴) مقادیر R<sup>2</sup>، MSE، RMSE و NRSME متغیرهای مدل ICHEC-EC-EARTH با داده‌های مشاهداتی ایستگاهها

داده‌های هواشناسی	ارومیه					سمیرم				
	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE
دما (C)	-۰.۱۴	-۰.۰۱	-۰.۹۹	۱۶۴	۱۸۰	-۰.۱۱	-۰.۹۹	-۰.۹۸	۱۶۳۳	۱۸۵
دما بیشینه (C)	-۰.۰۴	-۰.۹۹	-۰.۹۹	۱۶۶	۱۸۱	-۰.۰۲	-۰.۹۹	-۰.۹۹	۱۰۰۱	۱۰۰۳
بارش (mm)	-۰.۰۲	-۰.۹۹	-۰.۹۸	۱۰۰۲	۱۶	-۰.۰۲	-۰.۹۹	-۰.۹۹	۱۸۳	-۰.۹۱
ساعت کافتی (h)	-۰.۰۹	۱.۹۲	-۰.۶۶	۱۶۶	۱۶۵	-۰.۰۹	۱.۸۵	۱.۷۲	۱۶۳۳	۱۸۵
رطوبت نسبی (%)	-۰.۰۱	-۰.۹۹	-۰.۹۹	۱۶۹	۱۶۶	-۰.۰۲	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۸۹	-۰.۹۴
باد (m/s)	۱.۲۱	-۰.۵۲	۱.۷۲	۱۶۷	۱۶۹	-۰.۱۷	-۰.۳۳	-۰.۵۳	۱۶۶	۱۸۱

## بحث و نتیجه‌گیری

### طول دوره رشد درخت سیب

با استفاده از درجه رشد، در دوره مشاهداتی، تاریخ شروع و پایان رشد درخت سیب در مناطق مورد مطالعه بدست آمد. نتایج نشان می‌دهند که در هر دو ایستگاه زمان‌های شروع و پایان مراحل رشد متفاوت می‌باشند. این امر می‌تواند بدلیل وجود شرایط آب و هوایی مختلف در مناطق مطالعاتی باشد. بر اساس محاسبه درجه رشد، طول دوره رشد درخت سیب در ایستگاه سمیرم از اول آوریل تا اوایل اکتبر و در ایستگاه ارومیه از نهم آوریل تا نهم اکتبر می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه تعداد روز از مرحله تشکیل جوانه تا رسیدن میوه دوره پایه و داده‌های برآورد شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه تحت هر دو سناریو حاکی از کاهش طول دوره رشد در آینده است که روند آن‌ها از لحاظ آماری تأیید نگردید. تعداد روزهای مرحله تشکیل جوانه تا رسیدن میوه تحت تأثیر نوسانات آب و هوایی قرار گرفته و مراحل فنولوژیکی زودتر رخ خواهند داد. بر اساس میزان تغییرپذیری در ایستگاه ارومیه، شروع تشکیل جوانه با سناریوی RCP4.5 مدت ۴ روز و با سناریوی RCP8.5 مدت ۳ روز زودتر رخ داده است. میانگین طول دوره رشد تا مرحله رسیدن در دوره مشاهداتی در این ایستگاه ۱۸۳ روز می‌باشد که بر اساس سناریوی RCP4.5 به ۱۶۵ روز خواهد رسید که به میزان ۱۸ روز جلوتر رخ خواهد داد (جدول ۵). این مورد بر اساس سناریوی RCP8.5 به ۱۶۲ روز خواهد رسید که به میزان ۲۱ روز جلوتر رخ خواهد داد. در ایستگاه سمیرم بر این اساس میزان تغییرپذیری تشکیل جوانه با سناریوی RCP4.5 مدت ۵ روز و با سناریوی RCP8.5 مدت ۷ روز زودتر رخ داده است. میانگین طول دوره رشد تا مرحله رسیدن در دوره مشاهداتی در این ایستگاه ۱۸۵ روز می‌باشد که بر اساس سناریوی RCP4.5 به ۱۷۰ روز خواهد رسید که به میزان ۱۵ روز جلوتر رخ خواهد داد (جدول ۶). این مورد بر اساس سناریوی RCP8.5 به ۱۶۴ روز خواهد رسید که به میزان ۲۱ روز جلوتر رخ خواهد داد. به عبارتی مراحل فنولوژیکی زودتر رخ خواهند داد. این داده‌ها نشان می‌دهند که سناریوی RCP8.5 تغییرات بیشتری نسبت به سناریوی RCP4.5 را در پی

خواهد داشت. نتایج این بخش با مطالعات (احمدی و فلاح قاهری، ۱۳۹۷:۱۴۷) همخوانی دارند. نامبردگان بر اساس این سناریوها مشخص نموده‌اند که در آینده با توجه به افزایش دمای هوا و بالا رفتن میزان درجه-روزهای رشد، طول فصل رشد درخت سیب کوتاه‌تر خواهد شد.

جدول (۵). مقایسه تعداد روزهای مراحل فنولوژی دوره پایه با مقادیر شبیه‌سازی شده و میزان تغییرات دوره آینده بر اساس سناریوها ایستگاه ارومیه

مراحل رشد درخت سیب	تعداد روز دوره مشاهداتی	سناریوی RCP4.5		سناریوی RCP8.5	
		تعداد روزهای آینده	تغییرات روزهای آینده	تعداد روزهای آینده	تغییرات روزهای آینده
تشکیل جوانه	۹	۷	-۲	۶	-۳
شکفتن جوانه	۲۲	۱۶	-۶	۱۳	-۹
گل‌دهی	۳۷	۲۸	-۹	۲۴	-۱۳
رشد میوه	۱۶۷	۱۵۲	-۱۵	۱۴۹	-۱۸
رسیدن میوه	۱۸۳	۱۶۵	-۱۸	۱۶۲	-۲۱

جدول (۶). مقایسه تعداد روزهای مراحل فنولوژی دوره پایه با مقادیر شبیه‌سازی شده و میزان تغییرات دوره آینده بر اساس سناریوها ایستگاه سمیرم

مراحل رشد درخت سیب	تعداد روز دوره مشاهداتی	سناریوی RCP4.5		سناریوی RCP8.5	
		تعداد روزهای آینده	تغییرات روزهای آینده	تعداد روزهای آینده	تغییرات روزهای آینده
تشکیل جوانه	۹	۷	-۲	۸	-۱
شکفتن جوانه	۱۸	۱۳	-۵	۱۲	-۶
گل‌دهی	۳۳	۲۶	-۷	۲۴	-۹
رشد میوه	۱۶۴	۱۵۴	-۱۰	۱۵۱	-۱۳
رسیدن میوه	۱۸۵	۱۷۰	-۱۵	۱۶۴	-۲۱

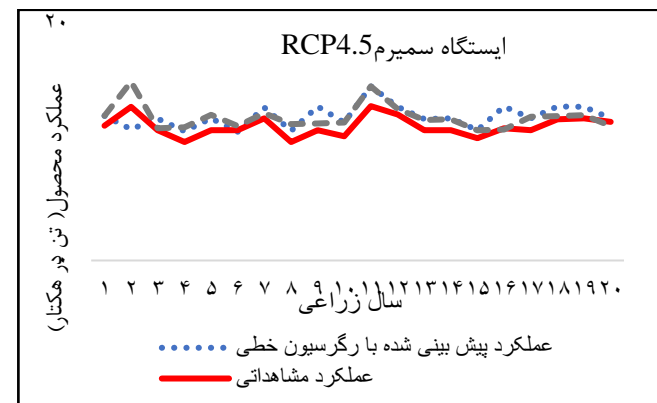
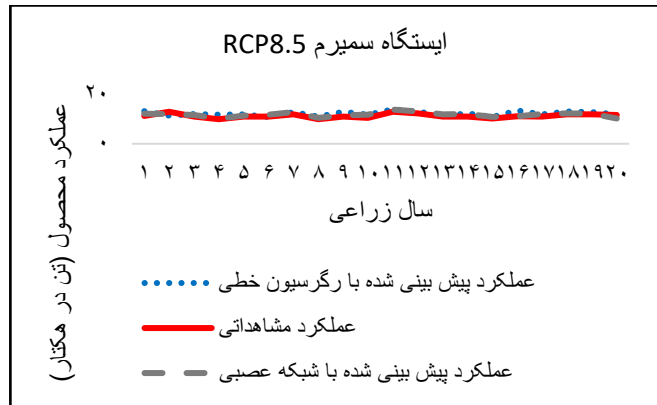
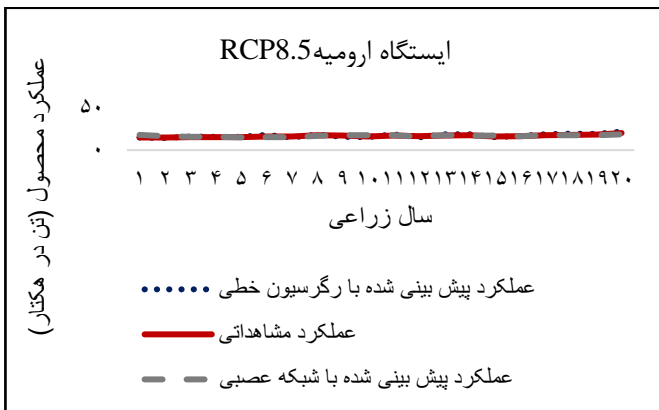
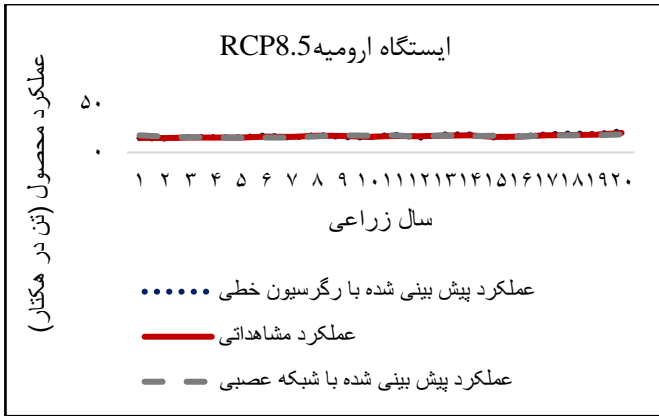
### پیش‌بینی عملکرد

نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد با شبکه عصبی و رگرسیون خطی با شاخص-های ارزیابی مختلف در جدول (۷) ارائه شده‌اند. مقایسه تخمین گره‌های خطا نشان دادند که مدل شبکه عصبی مصنوعی خطای کمتر و همچنین همبستگی و ضریب تعیین بالاتری نسبت به رگرسیون خطی دارد. لازم به ذکر است که میزان همبستگی رگرسیون خطی نیز قابل قبول می‌باشد. نتیجه مقایسه خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی با مدل رگرسیون خطی نشان می‌دهد که شبکه عصبی، توانایی بیشتری در مقایسه با مدل رگرسیونی دارد (شکل، ۴ و ۵). این نتایج در راستای تأیید نتایج دیگر پژوهشگران نیز می‌باشد

از جمله: (دراموند و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳: ۴۸)، (کائول و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵: ۱۷) و (محنت کش و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۹۹).

جدول (۷) نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد در هر دو مدل سازی عملکرد سیب درختی

ارومیه					سمیرم					خطا کرها
NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	
۱.۱	۰.۹۶	۰.۹۲	۱.۰۶	۱.۱۵	۱.۰۲	۰.۹۸	۰.۹۶	۱.۱۴	۱.۱۷	شبکه عصبی RCP4.5
۱.۰۲	۰.۹۰	۰.۸۵	۱.۱۸	۱.۲۲	۱.۰۵	۰.۹۳	۰.۸۸	۱.۲۶	۱.۲۰	رگرسیون خطی RCP4.5
۱.۲	۰.۹۸	۰.۹۴	۱.۰۴	۱.۱۷	۱.۰۵	۰.۹۷	۰.۹۵	۱.۱۶	۱.۲۲	شبکه عصبی RCP8.5
۱.۰۲	۰.۹۲	۰.۸۳	۱.۱۶	۱.۲۸	۱.۰۷	۰.۹۴	۰.۸۶	۱.۲۴	۱.۲۸	رگرسیون خطی RCP8.5



شکل (۵). مقایسه عملکرد پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی و رگرسیون خطی با عملکرد مشاهداتی ایستگاه ارومیه تحت هر دو سناریو

در این پژوهش همبستگی بین داده‌های عملکرد مشاهداتی با داده‌های عملکرد پیش‌بینی شده با شبکه‌های عصبی در دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۳۷ محاسبه گردید (جدول ۸). هدف از این کار راستی آزمایی داده‌های پیش‌بینی شده عملکرد سیب درختی توسط شبکه‌های عصبی ایستگاه‌ها می‌باشد. نتایج نشان دادند که همبستگی قوی بین داده‌های عملکرد مشاهداتی و داده‌های پیش‌بینی شده شبکه‌های عصبی وجود دارد (شکل ۵). همانطور که در جدول (جدول ۹) مشاهده می‌شود در هر دو ایستگاه مقدار R حاکی از معنی دار بودن آزمون و مقدار P-Value حاکی از تأیید رابطه می‌باشد.

جدول (۸). مقادیر ضریب همبستگی بین عملکرد با میزان عملکرد پیش‌بینی شده شبکه عصبی تحت هر دو سناریو با دوره مشاهداتی در ایستگاه‌ها

ایستگاه‌ها	سمیرم	ارومیه
ضریب همبستگی RCP4.5	۰.۸۲	۰.۸۳
ضریب همبستگی RCP8.5	۰.۷۹	۰.۸۵

شکل (۴). مقایسه عملکرد پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی و رگرسیون خطی با عملکرد مشاهداتی ایستگاه سمیرم تحت هر دو سناریو

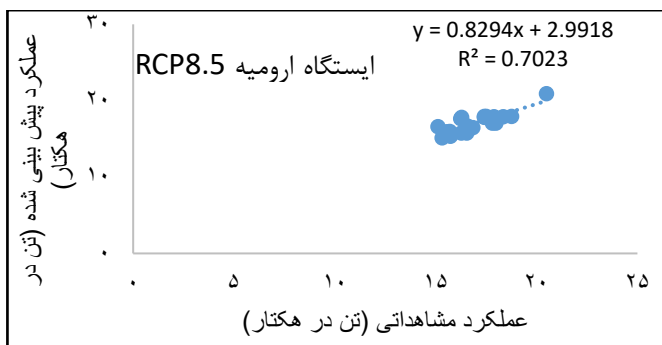
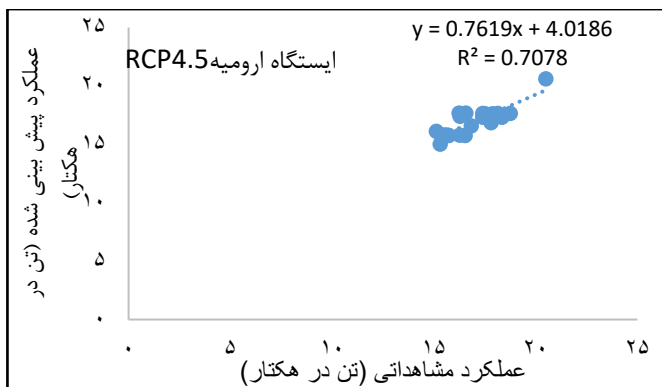
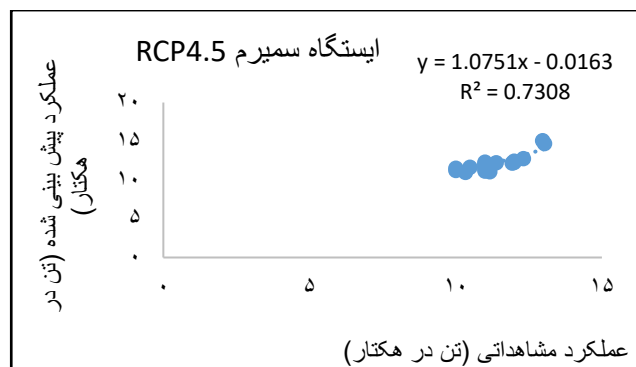
جدول (۹). آزمون آماری مقادیر عملکرد در دوره مشاهداتی و پیش‌بینی شده

ایستگاه سناریو	R	Paride T Test	p-value	فاصله - اطمینان ۹۵ درصد
ایستگاه ارومیه RCP4.5	۰.۹۷**	۱/۴۶	۰.۰۹	۴۰-۸۰
ایستگاه ارومیه RCP8.5	۰.۹۱**	۱/۲۳	۰.۰۸	۳۰-۷۰
ایستگاه سمیرم RCP4.5	۰.۹۴**	۱/۴۲	۰.۰۷	۴۰-۸۰
ایستگاه سمیرم RCP8.5	۰.۹۲**	۱/۲۶	۰.۰۷	۳۰-۷۰

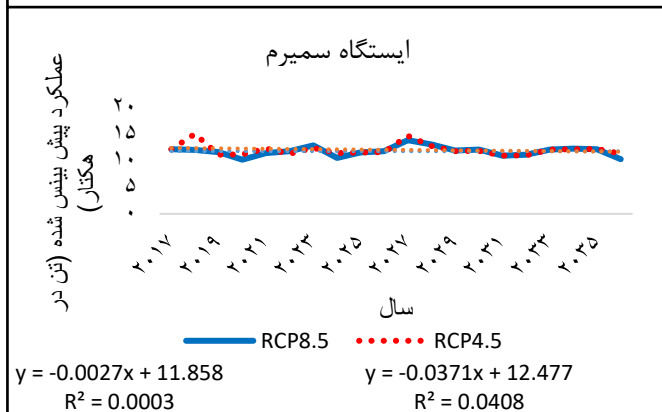
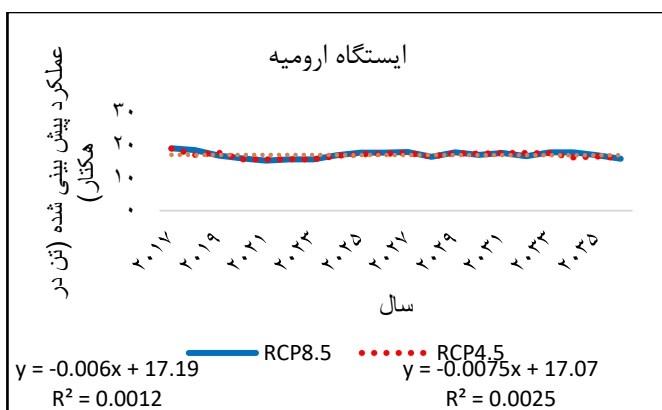
\*\* به معنای ۹۹٪ است

بدین ترتیب صحت برآورد شبکه‌های عصبی از داده‌های عملکرد سیب‌درختی در ایستگاه‌ها تأیید می‌شود. در هر دو سناریو ضریب همبستگی ایستگاه ارومیه بیش‌تر از ایستگاه سمیرم است. این نتایج نشان می‌دهند که شبکه عصبی به‌صورت معناداری قادر به پیش‌بینی میزان عملکرد محصول سیب درختی برای آینده است. در بین عوامل آب‌وهوایی در هر دو ایستگاه بیشینه-ی دما در طول دوره رشد بیشترین تأثیر را بر روی شبکه عصبی و رگرسیون خطی داشته است؛ بنابراین دمای دوره‌ی رشد فاکتور تعیین‌کننده در میزان تولید سیب در ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده و هرگونه تغییر در بیشینه دما در طول دوره رشد با ظهور زود هنگام شکوفه‌ها، افزایش نیاز آبی و آفات اثرات زیان‌باری را بر درخت سیب وارد می‌سازد.

پس از عامل بیشینه‌ی دما، بیشترین حساسیت شبکه عصبی ساخته‌شده برای سیب در ایستگاه ارومیه تخیر-تعرق مرجع و در ایستگاه سمیرم رطوبت نسبی است. در هر دو ایستگاه بارش کم‌ترین تأثیر را در بین سایر پارامترها برای پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی دارا می‌باشد. بررسی نتایج پیش‌بینی عملکرد شبکه عصبی با استفاده از آماره‌های آزمون من‌کندل و شیب سن نشان‌دهنده کاهش عملکرد در دهه‌های آینده برای هر دو ایستگاه می‌باشد شکل (۶). بر اساس نتایج حاصل از شبکه عصبی، میزان عملکرد آینده در ایستگاه ارومیه تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب عملکرد ۲/۲، ۳/۷ تن در هکتار و در ایستگاه سمیرم تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب عملکرد ۴/۱، ۳ تن در هکتار کاهش پیدا خواهد کرد.



شکل (۶). نمودار همبستگی بین عملکرد سیب درختی دوره مشاهداتی با عملکرد پیش‌بینی شده شبکه عصبی در ایستگاه‌ها



شکل (۷). روند عملکرد پیش‌بینی شده سیب درختی ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۳۷ تحت هر دو سناریو منبع: نگارندگان

## نتیجه‌گیری

بر پایه‌ی روش‌های ارزیابی، مقایسه داده‌های برآورد شده پایگاه ECMWF با مقادیر مشاهده شده نشان می‌دهد که در همه پارامترها همبستگی (R) بسیار زیاد است. مقدار خطای برآورد شده داده‌های پایگاه ECMWF در مقایسه با داده‌های مشاهداتی بسیار ناچیز بوده و داده‌های این پایگاه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه قابل تأیید هستند. مدل ICHEC-EC-EARTH توانایی نسبتاً بهتری در برآورد داده‌های آب و هوایی در مقایسه با دو مدل دیگر را دارند. تأمین زود هنگام نیاز حرارتی موجب کاهش طول دوره رشد درخت سیب شده و در واقع درخت چرخه رویشی و زایشی خود را زودتر تکمیل می‌کند. پیامدهای این رخداد می‌تواند کاهش عملکرد، کاهش کیفیت و رنگ‌پذیری، افزایش دما و افزایش نیاز آبی را در پی داشته باشد. جهت پیش‌بینی عملکرد سیب‌درختی دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون مدل‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی عملکرد سیب‌درختی با انتخاب مدل پرسپترون سه لایه با الگوریتم آموزشی مارکورات-لونبرگ (LM)، بهترین خروجی ممکن را به همراه دارد. به‌طور کلی هر دو روش شبکه عصبی و رگرسیون خطی قادر به پیش‌بینی عملکرد سیب‌درختی می‌باشند و متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر بر عملکرد تا حد زیادی مشابه هستند. نتیجه مقایسه‌ی خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی با مدل رگرسیون خطی نشان می‌دهد که میزان خطای شبکه عصبی کم‌تر بوده و نتایج شبیه‌سازی شده تا حد بسیار قابل قبولی با مشاهدات واقعی نزدیک است. در نتیجه شبکه مصنوعی از عملکرد مناسبی در مقایسه با مدل رگرسیونی برخوردار می‌باشد. میزان عملکرد آینده در ایستگاه ارومیه تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب عملکرد ۳/۷، ۲/۲ تن در هکتار و در ایستگاه سمیرم تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب عملکرد ۴/۱، ۳ تن در هکتار کاهش پیدا خواهد کرد. نتایج نشان می‌دهند که در آینده، تغییر در زمان طول دوره رشد تغییر در کلیه مراحل فنولوژیکی و همچنین کاهش عملکرد سیب درختی را تحت نوسانات آب و هوایی در پی خواهد داشت.

## منابع

- آمانامه محصولات باغی کشور. (۱۳۹۹). «وزرات جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات».
- آهنگری، سمیه. (۱۳۹۸). «تأثیر تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژی سیب درختی در جنوب آذربایجان غربی (منطقه‌ی مورد مطالعه، بوکان، سردشت، مهاباد، پیرانشهر، نقده)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کشاورزی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه محقق اردبیلی.
- اسماعیلیان، مهدی. (۱۳۸۵). *راهنمای جامع spss14* تهران، موسسه فرهنگی هنری دیباگران، چاپ اول.
- احمدی، حمزه. (۱۳۹۶). «بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی درخت سیب در ایران، پایان‌نامه دکتری آب و هواشناسی کشاورزی»، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی دانشگاه حکیم سبزواری.

احمدی حمزه؛ فلاح قالهری غلامعباس؛ گودرزی مسعود. (۱۳۹۷). برآورد و تعیین الگوی فضایی نیاز آبی درخت سیب در ایران، *اکوهیدرولوژی*، ۱۵(۱): ۱۶۰-۱۴۹.

بابائیان ایمان؛ نجفی نیک زهرا؛ زابل عباسی فاطمه؛ حبیبی نوخندان مجید؛ ادب حامد؛ ملبوسی شراره. (۱۳۸۸). ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره‌ی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمای داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G. *جغرافیا و توسعه*، ۷(۱۶): ۱۳۵-۱۵۲.

بهاروندی کبری؛ خورشید دوست محمد علی؛ نساجی زواره. (۱۴۰۰). آشکارسازی نوسانات اقلیمی با استفاده از روش آزمون همگنی نرمال استاندارد (مطالعه موردی: ایستگاه خرم‌آباد)، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۵): ۶۳-۵۱.

جواد زهرا؛ فلاح قالهری غلامعباس؛ انتظاری علیرضا. (۱۳۹۳). نقش پارامترهای آب و هوایی بر عملکرد محصول بادام مطالعه موردی: سبزورا، *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۵(۱۷): ۱۴۱-۱۲۵.

حسینی قاسم؛ نورجو امیر؛ هناره مشهدید. (۱۳۸۸). اثر پایه و مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد و کیفیت میوه سیب رقم گلدن دلشیز، *مجله به‌زراعی نهال و بذر*، ۲۵(۱): ۶۲-۵۱.

دارند محمد؛ زند کریمی سوما. (۱۳۹۴). واکاوی سنجش دقت زمانی-مکانی بارش پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF) بر روی ایران زمین، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۷(۴): ۶۷۵-۶۵۱.

رضایی رضا؛ طایفه رضایی حیدر؛ حسینی قاسم؛ صمدی مختار. (۱۳۹۲). «اثرات تغییرات اقلیمی و زمستان‌های گرم بر عملکرد درختان سیب در استان آذربایجان غربی»، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست ارومیه، ۱ مرداد.

رضیعی طیب؛ ستوده فاطمه. (۱۳۹۶). بررسی دقت مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF) در پیش‌بینی بارش مناطق گوناگون آب و هوایی ایران، *فیزیک زمین و فضا*، ۱۳۳(۱): ۱۳۳-۱۴۷.

سلامی حبیب اله؛ نعمتی مهدی. (۱۳۹۲). بررسی سیستماتیک عملکرد و عوامل مؤثر بر شدت آن در محصول سیب در ایران: کاربرد الگوهای اتورگرسو فضایی، *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۷(۴): ۲۹۹-۲۸۸.

رحیم‌پور پروین؛ سبحانی بهروز؛ صلاحی برومند. (۱۳۹۶). «ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر روی مرحله گلدهی درخت سیب در منطقه مشگین شهر در استان اردبیل»، پنجمین کنفرانس بین‌المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری تهران، ایران، ۸ مرداد.

رحیمی محمد؛ یزدانی محمد رضا؛ اسدی مسلم؛ پگاه فر نفیسه؛ حیدری محمدطالب. (۱۳۹۶). تحلیل آماری نوسانات ادواری پارامترهای اقلیمی در چند ایستگاه منتخب استان کردستان، *نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۱(۶۰): ۱۲۱-۱۳۶.

سجادی سید جواد؛ صبوری حسین. (۱۳۹۲). کاربرد شبکه‌های عصبی و مصنوعی در پیش‌بینی عملکرد محصول کلزا، *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۳(۱۰): ۱۵۷-۱۶۳.

علیزاده احمد؛ بابائیان ایمان؛ نوری حمید؛ نجائیان محمدعلی. (۱۳۹۹). بررسی اثر تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژی و عملکرد انگور بی‌دانه سفید (مطالعه موردی: ایستگاه هواشناسی کشاورزی گل‌مکان)، *جغرافیای طبیعی*، ۱۳(۴۹): ۳۴-۵۴.

قادرزاده، آرزو. (۱۳۹۴). «تغییر آب‌وهوا بر مراحل فنولوژی درختان سیب شهرستان ارومیه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی.

- Adnane, El. Y., Gustavo, M., Oukabi, A., Hafidi, M., Michel, J., (2014), **Global warming impacte on floral phenology fruit tree**, *Scientia Horticulturae*, 180(4): 243- 253.
- Beattie, R., Folley, R.P.W., (1997), **Production variability in apple crope**, *Scientia Horticulturae*, 6(5): 271- 279.
- Drummond, S.T., Sudduth, K., Joshi. A., Birrell, s., Kitchen, N., (2003), **Statistical and neural methods for site-specific yield prediction**, *Transactions of the ASAE*, 46: 5.
- Ferree, D., Warrington, G., (2003), **Apples: botany, production and uses**. CABI publishing.4 (5): 635-701.
- Green, T., Salas, J., Martinez, A., Erskine, R., (2007), **Relating crop yield to topographic attributes using spatial analysis neural networks and regression**, *Geoderma* 139: 23-37.
- Inmaculada, Funes., Aranda, Xavier., Biel, Carmen., Carbo, Joaquin., Camps, Francesc., Molina, Antonio, H., felicidad, G., (2016), **Future climate change impacts on appl flowering date in a Mediterranean subbasin**, *Agricultural Water Management*, 164 (7): 19- 27.
- Kaul, M., Hill, R., Walthall, C., (2005), **Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction**, *Agricultural Systems* 85: 1-18.
- Landeras, G., Ortiz-Barredo, A., Lose. J. I., (2009), **Forecasting weekly evapotranspiration with arima and artificial neural network models**, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 135: 323-334.
- Lobell, D, Field, C., Cahill. K., Bonfils, C., (2006), **Impacts of future Climat change on California perennial crop yields, Model projections with climate and crop uncertainties**, 8(9): 56-64.
- Li, M., Jianping, G., He, J., Xu, C., Li, j., Mi, ch., Tao, s., (2020), **Possible impact of climate change on apple yield in Northwest China**, *Theoretical and Applied Climatology*, 139 (11): 191-203
- Pfleiderer, P., Menke, I., Friedrich, S., (2019), **Increasing risks of apple tree frost damage under climate change**, *climate change*, 157 (3): 515-525
- Zhu, h., Borsboom, O. Tomp, j., (1997), **The effect oftemperature on flower-bud formation in apple including some morphological aspects**, *Scientia Horticulturae*, 70 (1): 1-8.
- لطفی زهرا؛ شعبانعلی قمی حمید. (۱۴۰۰). پیش بینی تولید گندم در ایران با استفاده از تکنیک سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی، *مجله بین المللی علوم و فناوری کشاورزی*، ۲۴(۲): ۲۶۱-۲۷۳.
- میان آبادی آمنه؛ علیزاده امین؛ ثنایی نژاد سیدحسین؛ قهرمان بیژن؛ داوری کامران. (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییرات تأخیر واقعی سالانه در مناطق خشک با استفاده از چهار چوب اصلاح شده بادیکو ( مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور- رخ)، *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۰(۳): ۳۹۸-۴۱۱.
- مجرد فیروز؛ فرهادی بهمن؛ الفتی ژیا. (۱۳۹۷). شبیه‌سازی عملکرد و تعیین تاریخ کاشت گندم دیم و آبی بر مبنای عوامل اقلیمی و محیطی در استان کرمانشاه با مدل آکواکراپ، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۲(۶۶): ۲۵۱-۲۷۱.
- هوشیار محمود؛ حسینی سید اسعد؛ مسگری ابراهیم. (۱۳۹۱). مدل‌سازی دماهای حداقل شهرستان ارومیه با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه و شبکه‌های عصبی مصنوعی، *اندیشه جغرافیایی*، ۶(۱۲): ۳۳-۵۵.
- هاشم‌زاده محمد؛ عزیزی قاسم؛ مصطفی کریمی؛ خوش اخلاق فرامرز؛ شمسی‌پور علی اکبر. (۱۳۹۹). ارزیابی پایگاه داده بازکاوی ERA- interim در ارزیابی توزیع زمانی- مکانی و روند تندی باد در شرق ایران، *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۵۲(۴): ۵۱۵-۵۵۳.
- یزدان پناه حجت‌الله؛ سلیمانی تبار مریم. (۱۳۹۲). «بررسی اثرات تغییر آب و هوا بر مراحل فنولوژی سیب در شمال شرق ایران» نخستین کنفرانس ملی آب و هوا شناسی، کرمان، ۳۱ اردیبهشت.