

طراحی یک سامانه هشدار سریع مبتنی بر آموزش ماشین‌ها جهت پیش‌بینی یخبندان‌های شبانه استان کردستان

پیمان محمودی^۱، ابراهیم مسگری^۲، یحیی کرد تمندانی^۳

^۱ دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

^۲ دانش‌آموخته دوره دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

mesgari.ebrahim@gmail.com

^۳ استادیار، گروه علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

yahya.kord@cs.usb.ac.ir

چکیده

هدف اصلی این مطالعه طراحی یک سامانه هشدار سریع مبتنی بر آموزش ماشین‌ها برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت یخبندان‌های شبانه استان کردستان در غرب ایران است. برای رسیدن به این هدف اصلی از چهار مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM)، سیستم استنتاج نرو-فازی تطبیقی (ANFIS) و رگرسیون چند متغیره (MLR) استفاده شد. داده‌های ساعتی شش متغیر دمای خشک، دمای تر، پوشش ابر، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد مربوط به ساعت ۱۸:۳۰ به وقت محلی به عنوان ورودی‌های این چهار مدل انتخاب و بر اساس آنها دماهای شبانه برای ساعات ۲۱:۳۰، ۲۰:۳۰، ۰۳:۳۰ و ۰۶:۳۰ به وقت محلی پیش‌بینی شدند. با استفاده از نتایج به دست آمده از این چهار مدل یک سامانه هشدار سریع یخبندان‌های شبانه برای استان کردستان در غرب ایران طراحی و توانایی آن در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت یخبندان‌های شبانه مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاکی از مناسب بودن این سامانه برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت یخبندان‌های شبانه بوده است.

واژه‌های کلیدی

آموزش ماشین، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM)، سیستم استنتاج نرو-فازی تطبیقی (ANFIS) و رگرسیون چند متغیره (MLR)، پیش‌بینی، یخبندان، کردستان.

مقدمه

یخبندان یکی از شدیدترین پدیده‌های جوی است که در بسیاری از قسمت‌های این کره خاکی فعالیت‌های کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزان خسارتی که این مخاطره در مقایسه با دیگر مخاطرات جوی بر روی محصولات کشاورزی و فرآورده‌های جنگلی در مقیاس جهانی وارد می‌کند حائز رتبه اول است [۶]. از مصادیق اثرات اقتصادی این پدیده بر روی اقتصاد کشاورزی ایران، می‌توان به خسارت حدود یک میلیارد و چهارصد میلیون تومانی یخبندان اردیبهشت ۱۳۶۸ بر روی محصولات کشاورزی و باغی شمال غرب

ایران [۱] و همچنین خسارت ۶۰۲ میلیارد تومانی یخبندان بر روی محصولات کشاورزی کشور از ابتدای مهر ۱۳۸۴ تا پایان شهریور ۱۳۸۵ [۲] اشاره نمود.

استان کردستان به دلیل واقع شدن در منطقه کوهستانی ایران و برخورداری از اقلیم سرد، در غالب سال‌ها شاهد وقوع یخبندان‌های شدید و وارد آمدن خسارت‌های سنگین بر محصولات زراعی است که نتیجه آن رنج و سختی بیشتر بر روی معیشت و زندگی مردم استان است. لذا با توجه به اتکالی اقتصاد استان به کشاورزی و ضرورت خودکفایی کشور در این بخش، لزوم مطالعات دقیق بر روی این پدیده و پیش‌بینی آن به منظور یاری دادن مدیران و محققان بخش‌های مختلف مطالعاتی و اجرایی در جهت تحقق اهداف برنامه ریزی، بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین پیش‌بینی دقیق این پدیده به خصوص یخبندان‌های شبانه در ابتدا و انتهای فصل سرما برای کشاورزان در نواحی مستعد کشاورزی استان بسیار حائز اهمیت است و یک پیش‌بینی درست، حتی چند ساعت قبل از وقوع آن، این اجازه را به کشاورزان می‌دهد تا تدابیر لازم جهت کاهش خسارت محصولات کشاورزی و یخبندان یا دماهای بحرانی را به کار گیرند.

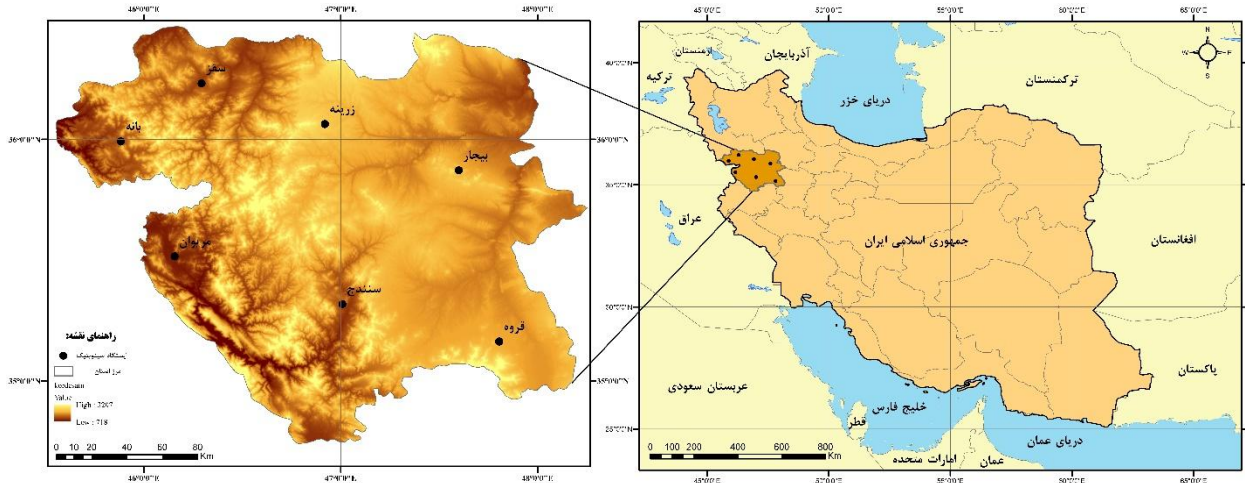
برای بکارگیری بیشتر روش‌های حفاظتی، نیاز به پیش‌بینی‌های دقیق مبتنی بر اصول اقلیم‌شناسی و هواشناسی بسیار وجود دارد. با مطالعه کارهای انجام شده در زمینه پیش‌بینی یخبندان‌ها مشاهده می‌شود که مدل‌های مختلفی جهت پیش‌بینی دماهای حداقل ارائه شده است. برخی از این مدل‌ها مبتنی بر تحلیل آماری روابط بین دماهای حداقل روزانه و دیگر پارامترهای هواشناسی بوده است [۸]، [۱۶]. این مدل‌های تجربی تنها اعتبار محلی داشته‌اند و برای استفاده در مکان‌های دیگر اعتبار چندانی ندارند چونکه شرایط خاص هر مکان با مکان دیگر متفاوت است [۵].

شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز اخیراً به طور گسترده‌ای در مدل‌سازی‌های هواشناسی و اگرواکولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ به طوری که بیشتر کاربردهایی که برای آن گزارش شده در ارتباط با

رگرسیون چند متغیره (MLR)، یک نرم افزار کاربرپسند برای پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان های شبانه استان کردستان در غرب ایران به عنوان یک مطالعه موردی طراحی نماید.

داده ها و روش شناسی

در این پژوهش از داده های ساعتی شش متغیر دمای خشک، دمای تر، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد و پوشش ابری مربوط به هفت ایستگاه همدید در استان کردستان در غرب ایران استفاده شده است. بازه زمانی انتخاب شده در این تحقیق مربوط به نیمه سرد سال و از ماه اکتبر تا ماه می می باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه های هواشناسی مورد بررسی در شکل (۱) آورده شده است.



شکل ۱: موقعیت استان کردستان در غرب ایران و موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه

جهت طراحی سامانه هشدار سریع یخبندان های شبانه استان کردستان، چهار مدل ANN، SVM، ANFIS و MLR جهت پیش بینی دماهای شبانه این استان مورد استفاده قرار گرفتند. ورودی های این چهار مدل، داده های ساعتی شش متغیر دمای خشک، دمای تر، ابرناکی، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد مربوط به ساعت ۱۸:۳۰ به وقت محلی بودند تا براساس آنها بتوان پیش بینی دماهای شبانه برای ساعات ۲۱:۳۰، ۰۰:۳۰، ۰۳:۳۰ و ۰۶:۳۰ به وقت محلی انجام شود. با مقایسه خروجی های این چهار مدل با داده های مشاهداتی در بخش تست به روشنی مشخص شد که تمامی مدل ها تقریباً دماهای شبانه را هم در ساعات اولیه (ساعت ۲۱:۳۰ و ۰۰:۳۰ به وقت محلی) و هم در ساعات انتهایی شب (ساعت ۰۳:۳۰ و ۰۶:۳۰ به وقت محلی) یکسان و کمتر از دماهای مشاهداتی پیش بینی می کنند. همچنین در برخی از ایستگاه ها همچون دو ایستگاه سنندج و سقز مدل ها با خطای بیشتر و در برخی دیگر از ایستگاه ها همچون ایستگاه بیجار با خطای کمتری دماهای شبانه را پیش بینی می کنند. با دقت در رفتار سری های زمانی دماهای شبانه ایستگاه های مورد مطالعه مشاهده شد ایستگاه هایی که دارای تغییرپذیری های دمایی زیادی در بستر زمان هستند، مدل ها با خطای بیشتری پیش بینی های دمایی آنها را انجام داده اند. همچنین تعداد داده های مورد استفاده در بخش

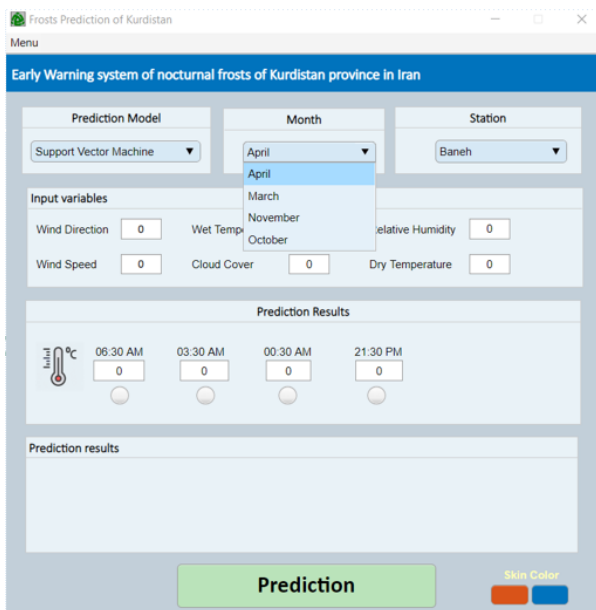
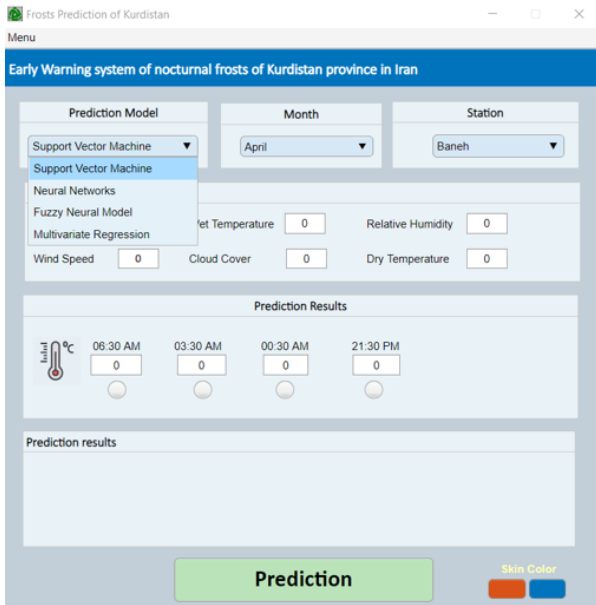
مسائل مربوط به برآورد، پیش بینی و طبقه بندی بوده است [۹، ۱۱، ۱۴]. اما علاوه بر شبکه های عصبی مصنوعی، مدل های خطی و غیر خطی دیگری همچون ماشین های بردار پشتیبانی، مدل های نرو-فازی و رگرسیون های چند متغیره وجود دارند که در مطالعات مختلفی همچون پیش بینی رواناب [۳، ۷، ۱۵]. پیش بینی سیل [۱۳، ۱۵]. طراحی شبکه پایش آبهای زیرزمینی [۴] و پیش بینی سطح آب دریاچه [۴، ۱۲] به کار برده شده اند. اما تا کنون برخی از آنها همچون ماشین بردار پشتیبانی در پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان ها چه در ایران و چه در خارج از کشور به کار برده نشده اند. بنابراین این مطالعه قصد دارد با استفاده از چهار مدل مختلف آموزش ماشین ها شامل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM)، سیستم استنتاج نرو-فازی تطبیقی (ANFIS) و

بعد از اخذ داده ها و تشکیل بانک اطلاعاتی آنها، از چهار مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM)، سیستم استنتاج نرو-فازی تطبیقی (ANFIS) و رگرسیون چند متغیره (MLR) برای پیش بینی یخبندان های شبانه استان کردستان استفاده شد. برای استفاده از این چهار مدل، ابتدا داده ها به صورت تصادفی به دو پایگاه داده ای تقسیم شدند. به طوریکه ۷۰ درصد از این داده ها برای آموزش مدل ها و ۳۰ درصد آنها برای آزمون دقت مدل ها انتخاب شدند. برای آموزش مدل ها، داده های دمای خشک، دمای تر، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد و پوشش ابری مربوط به ساعت ۱۸:۳۰ به وقت محلی هر کدام از ایستگاه ها به عنوان ورودی های مدل ها انتخاب شدند تا براساس آن بتوان پیش بینی یخبندان (دمای خشک) برای ساعات ۲۱:۳۰، ۰۰:۳۰، ۰۳:۳۰ و ۰۶:۳۰ به وقت محلی انجام گیرد.

در نهایت سامانه هشدار سریع یخبندان های شبانه استان کردستان با استفاده از این چهار مدل در محیط نرم افزاری متلب طراحی و توانایی آن در پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان های شبانه آزمون شدند.

نتایج

سانتیگراد) (جیاردینا و همکاران، ۲۰۱۳). این نرم افزار بر روی آدرس اینترنتی <https://frost.climatology.ir> به دو زبان انگلیسی و فارسی قابل دانلود است (شکل ۳).



تست نیز نقش پررنگی در بالابردن میزان خطای مدل ها داشته اند. دو ایستگاه سقر و سنندج با بیشترین تعداد داده های مشاهداتی در بخش تست دارای بیشتری خطا و ایستگاه بیجار با کمترین داده های مشاهداتی در بخش تست دارای کمترین خطا بوده اند. در نهایت با در نظر گرفتن معیارهای مختلف عملکرد مدل ها مشاهده شد که ANN نسبت به دیگر مدل ها دارای خطای کمتر و در نتیجه عملکرد بهتری بوده است.

اما زمانیکه هدف اصلی پیش بینی مقدارهای فرین دمایی به خصوص یخبندانها (دماهای صفر و زیر صفر درجه سانتیگراد) باشد مشاهده می شود که ANN نسبت به دیگر مدل ها عملکرد بسیار خوبی نداشته است و مدل های ANFIS و SVM در این بخش عملکرد بسیار بهتری را از دیگر مدل ها داشته اند. در یک مقایسه، از مجموع ۵۲ یخبندانی که در مرحله تست برای تمامی ایستگاه های مورد مطالعه در دو ماه اکتبر و آوریل رخ داده بود مشاهده شد که بیشترین برآوردهای صحیح به ترتیب متعلق به ANFIS (۳۵ مورد صحیح)، SVM (۳۴ مورد صحیح)، MLR (۳۲ مورد صحیح) و در نهایت ANN (۲۷ مورد صحیح) بوده است.

بعد از مقایسه دقت روش های مختلف آموزش ماشین ها در پیش بینی کوتاه مدت یخبندان های شبانه استان کردستان، بسته نرم افزاری پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان های شبانه استان کردستان با استفاده از زبان برنامه نویسی متلب طراحی شد. این نرم افزار که یک نرم افزار کارپسند است به راحتی بر روی تمامی سیستم عامل های ویندوز نصب می شود (شکل ۲). همانگونه که در شکل ۲ قابل مشاهده است این نرم افزار از چندین بخش مختلف تشکیل شده است. بخش ورودی داده ها که داده های مربوط به شش متغیر دمای خشک، دمای تر، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد و پوشش ابری ساعت ۱۸:۳۰ به وقت محلی (۱۵ به وقت گرینویچ) ایستگاه های مورد مطالعه را دریافت می کند (شکل ۲). بخش انتخاب مدل مورد نظر (تنها یک مدل قابل انتخاب هستند)، بخش انتخاب ایستگاه (تنها یک ایستگاه قابل انتخاب است)، بخش انتخاب ساعت (هر چهار ساعت مورد نظر قابل انتخاب هستند) و بخش انتخاب ماه مورد نظر (تنها یک ماه قابل انتخاب است) نیز از دیگر بخش های این نرم افزار می باشد (شکل ۲). بعد از انتخاب تمامی گزینه های مورد نظر با کلیک بر روی دکمه پیش بینی، پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان های شبانه ایستگاه مورد نظر برای چهار ساعت ۰۶:۳۰، ۰۳:۳۰، ۰۰:۳۰، ۲۱:۳۰ در اختیار قرار می گیرد. این نرم افزار به گونه ای طراحی شده است که هر زمان دمای خشک پیش بینی شده یکی از ساعت های چهارگانه مورد مطالعه به صفر یا زیر صفر درجه سانتیگراد برسد رنگ آن به یکی از طیف های رنگ قرمز تغییر پیدا می کند. در این نرم افزار پنج طبقه برای یخبندان های تعریف شده است: بدون یخبندان (دما شبانه بالاتر از صفر درجه سانتیگراد)، یخبندان ملایم (دمای شبانه بین ۰ تا ۲- درجه سانتیگراد)، یخبندان متوسط (دمای شبانه بین ۲- تا ۳/۵- درجه سانتیگراد)، یخبندان شدید (دمای شبانه بین ۳/۵- تا ۶- درجه سانتیگراد) و یخبندان بسیار شدید (دمای شبانه کمتر ۶- درجه

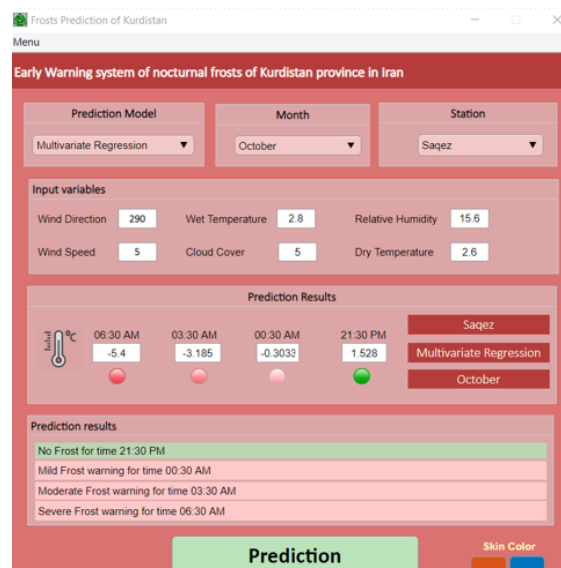
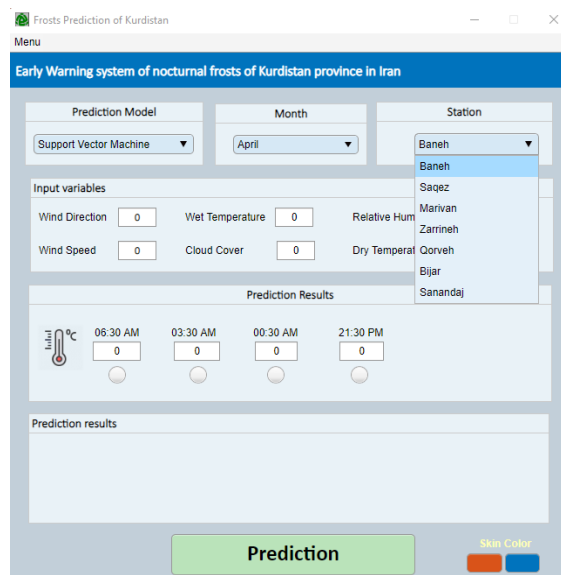
نتیجه گیری

هدف اصلی این مطالعه طراحی یک سامانه هشدار سریع یخبندان های شبانه برای استان کردستان در غرب ایران بود. برای رسیدن به این هدف اصلی از چهار مدل ANN، SVM، ANFIS و MLR استفاده شد. با مقایسه خروجی های این چهار مدل با داده های مشاهداتی نتایجی به شرح ذیل دست آمد:

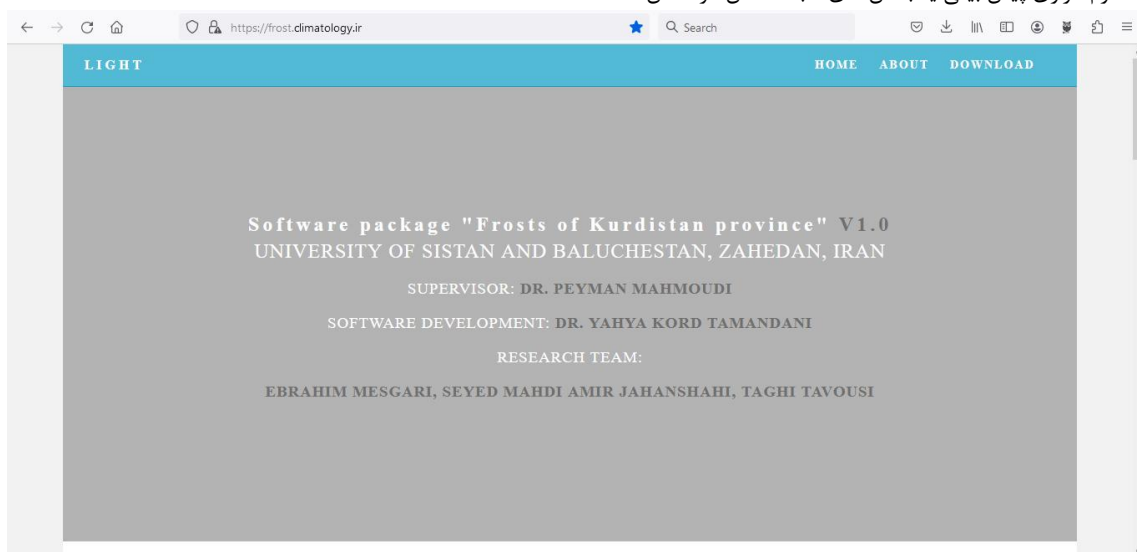
تمامی مدل ها تقریباً دماهای شبانه را برای تمامی ساعت های ۰۱:۳۰، ۰۳:۳۰، ۰۵:۳۰ و ۰۶:۳۰ به وقت محلی یکسان پیش بینی کرده اند. در مقایسه دماهای پیش بینی شده با دماهای مشاهداتی مشاهده شد که مدل های چهارگانه تقریباً دماهای شبانه را کمتر از دماهای مشاهداتی پیش بینی می کنند.

با در نظر گرفتن معیارهای مختلف عملکرد مدل ها مشاهده شد که ANN نسبت به دیگر مدل ها دارای خطای کمتر و در نتیجه عملکرد بهتری در پیش بینی دماهای شبانه بوده است. اما زمانیکه هدف اصلی پیش بینی مقدارهای فرین دمایی به خصوص یخبندان ها باشد مشاهده می شود که ANN نسبت به دیگر مدل ها عملکرد بسیار خوبی نداشته است و مدل های ANFIS و SVM در این بخش عملکرد بسیار بهتری را از دیگر مدل ها داشته اند.

در نهایت سامانه هشدار سریع یخبندان های شبانه استان کردستان با استفاده از این چهار مدل طراحی و توانایی آن در پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان های شبانه آزمون شد. نتایج حاکی از مناسب بودن این سامانه برای پیش بینی های کوتاه مدت یخبندان های شبانه بوده است.



شکل ۲: بسته نرم افزاری پیش بینی یخبندان های شبانه استان کردستان



شکل ۳- صفحه اول آدرس اینترنتی <https://frost.dimatology.ir>

- feature space. *Journal of Hydrology*, 332(3-4):290-302.
- [16] Young, F. D., 1920. Forecasting minimum temperatures in Oregon and California. *Monthly Weather Review*, 16, Supplement, pp. 53-60
1. Yu, P. S., S. T. Chen, I. F. Chang., 2006. Support vector regression for real-time flood stage forecasting. *Journal of Hydrology*, 328(3-4): 704-716.
- [۱] براتی، غلامرضا (۱۳۷۵). طراحی و پیش بینی الگوهای هم‌دید یخبندان های بهاره ایران. رساله دکتری اقلیم شناسی، استاد راهنما: دکتر بهلول علیجانی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۲۱۳-۱.
- [۲] رحیمی، محمد (۱۳۸۸). مدل سازی خطر خسارت یخبندان بهاره درختان میوه: مطالعه موردی (محصول سیب، مکان منطقه مشهد). رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۸۱ ص.
- [3] Asefa, T., M. Kemblowski, M. Mckee, A. Khali., 2006. Multi-time scale stream flow predictions: the support vector machines approach. *Journal of Hydrology*, Volume 318, Issues 1-4, pages 7-16.
- [4] Asefa, T., M. W. Kemblowski, G. Urroz, M. Mckee, A. Khali., 2004. Support vectors-based groundwater head observation networks design. *Water Resources Research*, Volume 40, W11509, 14 pages.
- [5] Bagdonass, A., J. C. Georg and J. F. Gerber (1978): Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection. Technical Note No. 157, WMO, 160 p.
- [6] Cesaraccio, A., D. Spano, R. L. Snuder and P. Duce (2004). Chilling and forcing model to predict bud – burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology*. 126: 1-13.
- [7] DiBike, B. Y., S. Valickov, D. Solomatine, and B. M. Abbot., 2001. Model induction with support vector machines: introduction and applications. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 15(3): 208-216.
- [8] Ellison, E. S., 1928. A critique on the construction and use of minimum temperature formulas. *Monthly Weather Review*, 55, pp. 485-495.
- [9] Francl, L. J., and S. Panigrahi., 1997. Artificial neural network models of wheat leaf wetness. *Agricultural and forest meteorology*, 88, 57-65.
- [10] Giardina, J., Digonzelli, P. A., Romero, E., Duarte, D., 2013. Frost Severity Effect on Sprouting and Seedling Emergence of High Quality Seed Cane in Tucuman, Argentin. In Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol 28:1-11.
- [11] Hayati, M., and Z. Mohebi., 2007. Application of artificial neural networks for temperature forecasting. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 28, 275-279.
- [12] Khan, M. S., and P. Coulibay., 2006. Application of support vector machine in Lake water level prediction. *Journal of Hydrologic Engineering*, 11(3), 199-205.
- [13] Liong, S. Y., and C. Sivaoragasam., 2002. Flood stage forecasting with support vector machine. *Journal of the American Water Resources Association*, 38(1): 173-186.
- [14] Schultz, A., R. Wieland, A. Baumann., 1995. The use of neural networks in agroecological modeling. *Artificial Intelligence in agriculture. Proc. of IFAC Workshop*, 55-60.
- [15] Yu, X. Y., S. Y. Liong., 2007. Forecasting of hydrology time series with ridge regression in