Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال چهاردهم، شماره‌ی ۴۷
تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۳۸-۱۹

فریبا زارع امینی[۱]
محمدعلی قربانی[۲]
صابره دربندی[۳]

ارزیابی قابلیت برنامه ریزی ژنتیک درتخمین دمای خاک

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱۰/۱۸

چکیده

دمای خاک یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر در فرایندهای هیدرولوژیکی و مطالعات کشاورزی است که اندازه گیری و تخمین آن امری ضروری می باشد؛ بنابراین تاکنون روش‌های مختلفی هم‌چون مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی جهت برآورد دمای خاک مورد استفاده قرار گرفته است. در تحقیق حاضر نیز علاوه بر مدل شبکه عصبی مصنوعی، نخستین بار از برنامه ریزی ژنتیک به‌عنوان روشی نوین از روش‌های فراکاوشی که قادر به ارائه رابطه صریح بین متغیرهای وابسته و مستقل می‌باشد، در تخمین دمای خاک ایستگاه سینوپتیک تبریز در عمق‌های مختلف استفاده شده است. پارامترهای مهم هواشناسی از جمله دمای متوسط هوا، بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد به‌عنوان عوامل موثر بر دمای اعماق مختلف خاک در طول دوره آماری ۱۸ ساله (۱۳۸۸-۱۳۷۱) انتخاب گردید. سپس به منظور بررسی دقت هر یک از روش‌های یاد شده، در مرحله اول ترکیب‌های مختلفی از مقادیر دمای خاک تشکیل گردید و به عنوان ورودی های این مدل ها مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد به همین ترتیب ترکیب

۱- کارشناسی ارشد مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز Email: fzareamini@yahoo.com
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز Emial: M_Ali_Ghorbani@ymail.com
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز Email:sdarbandi.tabrizu@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

های متفاوت با تاخیر یک روزه از پارامترهای مختلف هواشناسی به عنوان ورودی های مدل و دمای خاک به عنوان خروجی هر مدل انتخاب گردید. با توجه به شاخص‌های آماری و هم‌چنین نمودارهای پراکنش هر دو مدل قادر به تخمین قابل قبول دمای اعماق مختلف خاک می‌باشند. هم‌چنین راه حل‌های صریحی که نشانگر ارتباط بین متغیرهای ورودی و خروجی باشد، بر مبنای برنامه ریزی ژنتیک ارائه گردیدند که این امر بر ارجحیت برنامه‌ریزی ژنتیک بر مدل دیگر می‌افزاید.

کلید واژه‌ها: برنامه‌ریزی ژنتیک، تبریز، دمای خاک، شبکه عصبی مصنوعی، روش فراکاوشی.

مقدمه

دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهم‌ترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه می‌توان گفت میزان و جهت کلیه فرایندهای فیزیکی خاک به صورت مستقیم یا غیر مستقیم وابسته به دماست (جکسون[4] ۳۸۲:۲۰۰۸). دما یکی از پارامترهای مهم خاک می‌باشد که تغییرات انرژی گرمایی را بین سطح زمین و اتمسفر تنظیم می‌نماید و به علت تغییرات آشکار و نهان گرما بین اتمسفر و سطح زمین ثابت نبوده و دائما در حال نوسان است (لین[5] ۳۲۵۲:۱۹۸۰) و در فرایندهای تبخیر و تعرق، تهویه خاک، جذب عناصر مهم مانند فسفر و پتاسیم، جوانه زنی بذر، رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، تکوین و فرایندهای خاک سازی نقش به‌سزایی دارد (بروکس و همکاران[6] ۲۰۰٤: ۲۳۵، کویین[7] ۲۰۰٤: ۱۸۰، سییفرپید و همکاران[8] ۲۸٤٥:۲۰۰۱). اندازه‌گیری دمای خاک در ایستگاه‌های سینوپتیک با انواع مختلف حس‌گر و یا دماسنج‌های معمولی صورت می‌گیرد که هزینه بر بوده و به نیروی انسانی ماهر و پایش مداوم نیاز دارد. هانکس و همکاران[9] (٦٦٦:۱۹۷۱) با به کارگیری روش عددی موفق به برآورد دمای خاک به عنوان تابعی از زمان و عمق شدند. میکل و جیلکریس[10] (۱۹۸۳: ۲۲۳) با ارائه مدل چند جمله‌ای درجه چهارم مقدار کمینه و

4 - Jackson
5 - Lin
6 - Brooks, et al
7 - Kevyn
8 - Seyfried, et al
9 - Hanks, et al
10 - Meikle, Gilchrist

www.SID.ir

Archive of SID

بیشینه دمای خاک در هر روز از سال را در ۱۸ منطقه از انگلستان محاسبه نمودند. نتایج نشان داد که بین دمای اندازه‌گیری شده و دمای پیش بینی شده از سری فوریه در عمق ۱۳ سانتی متری خاک همبستگی خوبی برقرار است که حاکی از دقت بالای آنالیز فوریه در این زمینه می‌باشد. یان ین و همکاران[11] (۲۰۱۰: ٤۲۵) روش‌هایی را برای اندازه‌گیری دمای متوسط خاک ارزیابی نموده و به این نتیجه رسیدند که اندازه‌گیری دمای متوسط روزانه خاک به وسیله روش پالمن۰/۲۷درجه کمتر از دمایی بود که به وسیله روش پخشیدگی سلولی اندازه گیری شد. ورنز و همکاران[12] (۲۰۱۰: ۲۳۵۱) به منظور برآورد دمای سطح خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی از متغیرهای مکانی درجه حرارت، رطوبت نسبی و تصاویر ماهواره‌های نووا استفاده نموده و به این نتیجه رسیدند که مقدار دمای اندازه گیری شده و مقدار دمای پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی در سطح ۵٪ معنی‌دار است. سبزی پرور و همکاران (۲۷٦:۱۳۸۹) به مقایسه یافته‌های مدل شبکه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی با مدل‌های رگرسیونی به منظور برآورد دمای خاک در سه اقلیم متفاوت پرداختند. با توجه به آن چه از تحقیقات گذشته در زمینه برنامه‌ریزی ژنتیک بر می‌آید مدل برنامه‌ریزی ژنتیک روشی مناسب برای مدل سازی فرایندهای غیر خطی و پیچیده می‌باشد. مزیت برنامه‌ریزی ژنتیک نسبت به مدل‌های دیگر مثل شبکه‌های عصبی این است که در برنامه‌ریزی ژنتیک ابتدا ساختار بلوک‌ها (متغیرهای ورودی، هدف و مجموعه توابع) تعریف شده و سپس ساختار بهینه مدل و ضرایب طی فرایند آموزش تعیین می‌شوند. هم‌چنین برنامه ریزی ژنتیک به طور خودکار می‌تواند متغیرهای ورودی که در مدل بیش‌ترین تأثیر را دارند انتخاب کند لذا با توجه به قابلیت‌های قابل توجه مدل برنامه ریزی ژنتیک در مقایسه با سایر مدل‌های موجود سعی بر آن است که در این تحقیق برای اولین بار میزان درجه حرارت اعماق مختلف خاک با استفاده از روش مذکور مدل سازی گردد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

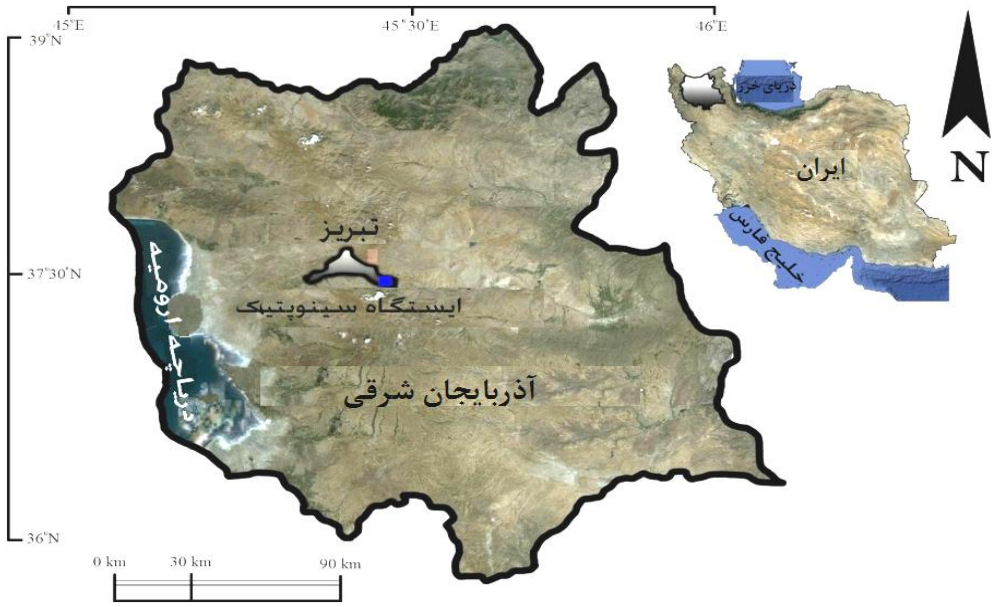
ایستگاه سینوپتیک تبریز در شمال غربی ایران در ٤٦ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و ارتفاع تقریبی آن از سطح دریا ۱۳۳۰متر می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد

11- Yanyin,et al
12 - Veronez, et al

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه را نشان می‌دهد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل دمای روزانه هوا، بارش، رطوبت نسبی، سرعت باد و دمای خاک در اعماق ۵،۱۰،۲۰،۳۰،۵۰ و ۱۰۰ سانتی متری ایستگاه هواشناسی تبریز از سال ۱۳۷۱ تا سال ۱۳۸۸ می‌باشد. در جدول ۱ مشخصات آماری داده‌های به کار رفته در این تحقیق آورد شده است.



شکل ۱ : موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱ - خصوصیات آماری پارامترهای مورد استفاده در بازه زمانی (۱۳۸۸- ۱۳۷۱)

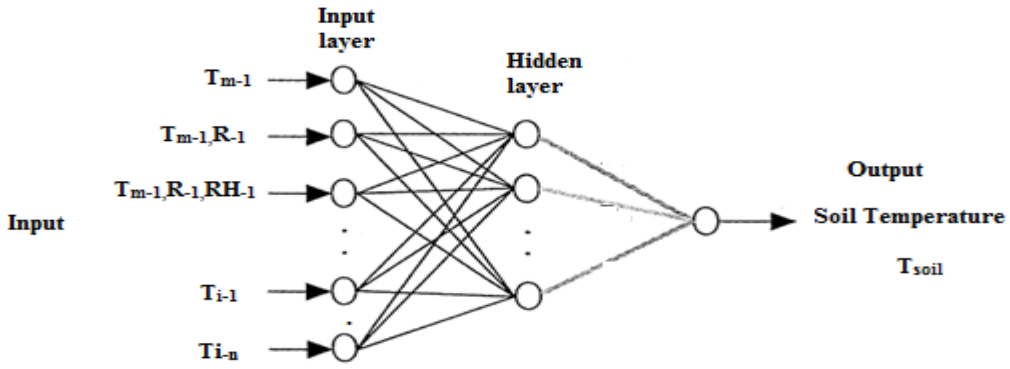
مشخصه‌های آماری	تعداد داده‌ها	میانگین	واریانس	حداکثر	حداقل
دمای هوا (C^0)	٦٢٩٦	١٣	١٠/٢٥	٤٣	-١٥
رطوبت نسبی (%)	٦٢٩٦	٥١	١٧/٦٤	٩٦	١٠
بارش ($mm.year^{-1}$)	٦٢٩٦	٠/٨	١١/٦٢	٩٠٠/٢	٠
سرعت باد ($m.s^{-1}$)	٦٢٩٦	٣/٣	١/٥٦	١٣/٣	٠
دمای عمق ٥ (C^0)	٦٢٩٦	١٦/٤	١٢/٠٣	٤١/١	-٧/٣
دمای عمق ١٠	٦٢٩٦	١٥/٤	١٠/٩٦	٣٧/٣	-٧/٥
دمای عمق ٢٠	٦٢٩٦	١٥/٣	٩/٩١	٣٣/٤	-٥/٢
دمای عمق ٣٠	٦٢٩٦	١٥/١	٩/٦٠	٣٢/٣	-٣/٦
دمای عمق ٥٠	٦٢٩٦	١٥/٥	٨/٨٩	٣٠/٩	-٢/٤
دمای عمق ١٠٠	٦٢٩٦	١٥/٨	٧/٣٨	٢٨/٤	١/٣

www.SID.ir

Archive of SID

شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی بر اساس استنباط از سیستم عصبی بیولوژیکی استوار است. این شیوه از ساختاری نرونی و هوشمند با الگوبرداری مناسب از نرون‌های موجود در مغز انسان سعی می‌کند تا از طریق توابع تعریف شده ریاضی رفتار درون نرون‌های مغز را شبیه‌سازی کند و از طریق وزن‌های محاسباتی موجود در خطوط ارتباطی نرون‌های مصنوعی، عملکرد سیناپسی را در نرون‌های طبیعی به مدل در آورد. ماهیت و ذات تجربی و منعطف این روش باعث می‌شود تا در مسائلی مانند مقوله پیش‌بینی که یک چنین نگرشی در ساختار آن‌ها مشاهده می‌شود و از رفتاری غیرخطی و لجام‌گسیخته برخوردار هستند، به خوبی قابل استفاده باشد. این مدل بر اساس یادگیری فرایند حل مسأله و به عبارتی رسیدن به خروجی از طریق یافتن رابطه نهفته در فرایند مورد نظر کار می‌کند. بدین منظور الگو، با دسته‌ای از داده‌ها آموزش داده شده تا در مورد ورودی‌های جدید با توجه به رابطه پیدا شده در مرحله آموزش، خروجی مناسب را محاسبه نماید. شکل۲ ساختار شبکه عصبی مصنوعی به کار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۲: ساختار شبکه عصبی مصنوعی با لایه‌های ورودی دمای خاک و پارامترهای هواشناسی و لایه خروجی دمای خاک

برنامه‌ریزی ژنتیک

زمینه اصلی برنامه‌ریزی ژنتیک (کوزا[۱۳]، ۱۹۹۲: ٤۲۷) روش الگوریتم ژنتیک (گلد برگ[۱٤]، ۱۹۸۹: ۲۵۳) می‌باشد. تفاوت اساسی موجود بین برنامه‌ریزی ژنتیک و الگوریتم ژنتیک به طبیعت هر یک از افراد بر می‌گردد، به نحوی که افراد در الگوریتم ژنتیک، ردیف‌های خطی با طول ثابت می‌باشند (کروموزوم‌ها) ولی در برنامه‌ریزی ژنتیک، همان

13 - Koza
14 - Goldberg

www.SID.ir

Archive of SID

شاخه‌های مجزا می‌باشند. هم‌چنین در برنامه ریزی ژنتیک بر ساختار درختی مجموعه‌ها تاکید می‌شود ولی الگوریتم ژنتیک، بر اساس سیستم ارقام دوبه دویی عمل می‌نماید. در برنامه‌ریزی ژنتیک، ابتدا بلوک‌های موجود که شامل متغیرهای ورودی و هدف و نیز تابع ارتباط دهنده آن‌ها می‌باشد، تعریف گردیده و سپس ساختار مناسب مدل و ضرایب آن تعیین می‌شوند. این روش شامل یک معادله ارتباط دهنده بین متغیرهای ورودی و خروجی بوده و لذا قادر به انتخاب خودکار متغیرهای مناسب مدل و حذف متغیرهای غیر مرتبط است که این امر سبب کاهش ابعاد متغیرهای ورودی خواهد شد. انتخاب ورودی‌های مناسب مدل یکی از مهم‌ترین مواردی است که بایستی در این روش مورد توجه قرار گیرد. این امر در شرایطی که از داده‌های ورودی ثانویه نیز بهره برده شود، از اهمیت مضاعفی برخوردار خواهد بود؛ زیرا ارائه داده‌های ورودی غیر مرتبط، سبب کاهش دقت مدل و ایجاد مدل‌های پیچیده‌تری می‌شود که تفسیر آن ها با دشواری‌های بیشتری مواجه می گردد. در کاربردهای مهندسی، از برنامه ریزی ژنتیک به طور وسیعی در مدل سازی مسائل مربوط به تعیین ساختار پدیده‌ها استفاده به عمل می‌آید. فرایند گام به گام برنامه‌ریزی ژنتیک به صورت مراحل زیر است (بورللی و همکاران[15]، ۲۰۰۶ : ۱۰۵):

- یک جمعیت اولیه از توابع مرکب نشان دهنده مدل‌های پیش بینی، به صورت تصادفی در نظر گرفته می‌شود.
- هر یک از افراد جمعیت مذکور با استفاده از توابع برازش، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.
- در هر تولید، مراحل زیر برای انتخاب یک جمعیت جدید دنبال می‌شود:

الف) یکی از عملگرهای عبور، جهش و کپی انتخاب می‌شود.

ب) تعداد مناسبی از افراد جمعیت حاضر انتخاب می‌شوند.

ج) از عملگر انتخابی برای تولید فرزند استفاده می‌شود.

د) فرزند یاد شده در یک جمعیت جدید وارد می‌شود.

ه) مدل مورد نظر با استفاده از برازش‌های مختلف مورد ارزیابی واقع می‌شود.

٤. گام سوم تا نیل به حداکثر تعداد تولید، تکرار خواهد شد.

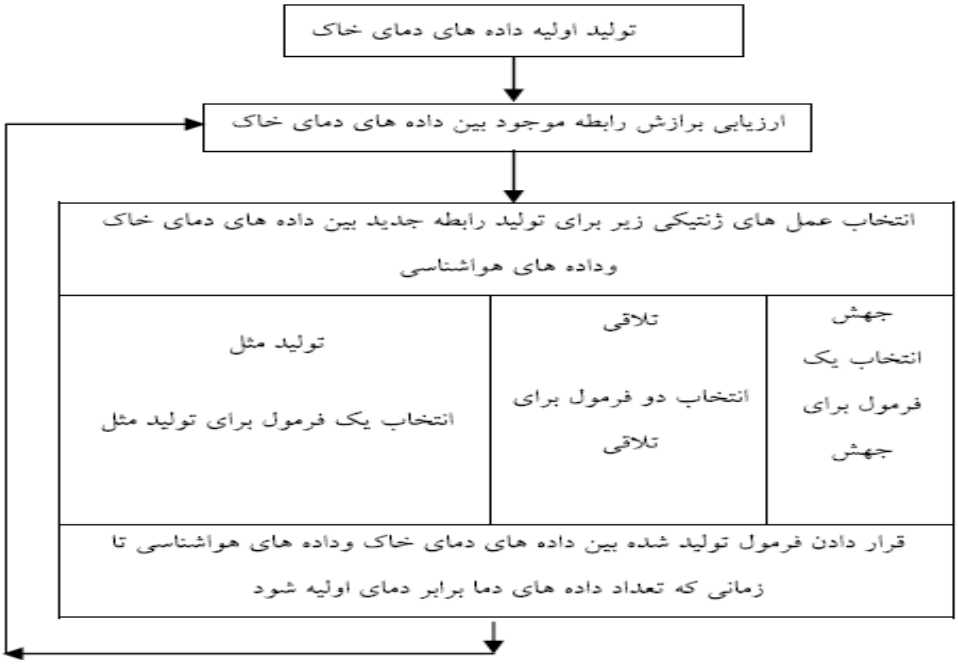
در این روش در ابتدای فرایند هیچ گونه رابطه تابعی در نظر گرفته نشده و این روش قادر به بهینه سازی ساختار مدل و مؤلفه‌های آن می‌باشد. مراحل گام به گام محاسباتی برنامه‌ریزی ژنتیک به صورت فلوچارت در شکل ۳ نشان داده شده است.

15- Borelli, et al

www.SID.ir

Archive of SID

برنامه ریزی ژنتیک می‌تواند به طور موفقیت آمیزی در شرایط زیر به کار بسته شود (بنزهف و همکاران[16]، ۱۹۹۸: ۳۵۱): ۱) رابطه موجود بین متغیرهای مسأله، به خوبی شناخته نشده باشد (یا صحت و سقم شناخت فعلی از رابطه مذکور با تردید همراه باشد)، ۲) پیدا کردن اندازه و شکل روش حل نهایی، بسیار سخت بوده و بخش عمده مسأله را تشکیل دهد، ۳) روش‌های معمول تحلیل ریاضی قادر به ارائه روش‌های حل تحلیل نباشند، ٤) راه حل تقریبی، قابل قبول باشد، ۵) هرگونه بهبود جزئی در عملکرد، به صورت منظم اندازه‌گیری شده و این بهبود از ارزش زیادی برخوردار باشد و ٦) تعداد داده‌هایی که بایستی توسط رایانه مورد آزمون، دسته بندی و جمع بندی قرار گیرند زیاد باشد (نظیر داده‌های مربوط به ستاره شناسی، داده‌های مشاهداتی ماهواره‌ها، داده‌های مالی و یا هرگونه داده دیگر).



شکل ۳: مروری بر شکل کلی گام‌های اجرایی برنامه ریزی ژنتیک (ست و بولارت ۲۰۰۱: ۷۲۸)

استخراج مدل‌های دمای خاک بر اساس برنامه‌ریزی ژنتیک

فرایند مدل سازی میزان دمای خاک با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ژنتیک به صورت زیر می‌باشد:

گام اول، شامل انتخاب تابع برازش مناسب می‌باشد. در مطالعه حاضر، تابع RMSE (جذر میانگین مربع خطاها) به عنوان تابع برازش انتخاب گردید. گام دوم، انتخاب مجموعه ترمینال (متغیرهای ورودی) و مجموعه توابع به منظور تولید کروموزوم ها می‌باشد. در مسأله حاضر، مجموعه ترمینال متشکل از مقادیر دمای خاک می‌باشد. انتخاب

16 - Banzhaf, et al

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه توابع نیز گرچه یک امر صریح و ساده نمی‌باشد، لیکن یک حدس اولیه در این گونه موارد کافی خواهد بود. در این مطالعه از چهار عملگر اصلی که شامل {+، -، / و ×} می‌باشد استفاده به عمل آمد. مرحله سوم شامل انتخاب ساختار و معماری کروموزوم‌ها می‌باشد. اندازه طول هر رأس برابر با ۸ و تعداد ژن‌ها نیز برابر با ۳ در نظر گرفته شد. مرحله چهارم انتخاب تابع پیوندی می‌باشد که در این مطالعه تابع جمع کننده (مجموع) برای ایجاد پیوند بین زیر شاخه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، در مرحله پنجم عملگرهای ژنتیک و نرخ هر یک از آن‌ها انتخاب می‌گردد. در مورد مدل سازی دمای خاک در مطالعه حاضر، ترکیبی از کلیه عملگرها نظیر جهش، برگشت، سه نوع مختلف ترانهش و سه نوع عملگر ترکیب مجدد مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر عددی این پارامترها به صورت خلاصه در جدول ۲ ارائه گردیده است.

جدول۲- مقادیر عددی عملگرهای ژنتیک و نرخ آن‌ها

نرخ ترانهش	نرخ ترکیب مجدد دو نقطه‌ای	نرخ ترکیب مجدد تک نقطه‌ای	نرخ ترکیب مجدد ژنی	نرخ برگشت	نرخ جهش	تعداد ژن	تعدادکروموزوم	توضیحات پارامتریک
۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۰٤٤	۳	۳۰	تنظیمات عملگرها

بحث و یافته‌ها

در این تحقیق برای مدل سازی دمای خاک در اعماق مختلف با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی ۸۰ درصد مقادیر مشاهداتی (۱ بهمن ۱۳۷۱ تا ۲۳ مهر ۱۳۸۵) جهت آموزش و ۲۰ درصد بقیه (۲٤ مهر ۱۳۸۵تا ۲۹ اسفند ۱۳۸۸) به عنوان تست لحاظ شدند.

به منظور بررسی دقت هر یک از روش‌های یاد شده ابتدا مقادیر دمای اعماق مختلف خاک در مقیاس‌های زمانی مختلف در سه ترکیب متفاوت، شامل مقادیر دمای خاک یک روز قبل تا سه روز قبل به عنوان ورودی مدل‌ها لحاظ گردید تا بهترین حالت ممکن ورودی انتخاب گردد. با توجه به افزایش بسیار جزئی دردقت مدل‌ها (در حدود ۰/۰۰۱) و خطا (۰/۰۰۸) و هم‌چنین سعی در ارائه مدلی نسبتا ساده تر و با پارامترهای ورودی کمتر، نتایج چهار روز قبل و بیشتر در اینجا ذکر نگردید. درجدول ۳ مولفه‌های آماری مربوط به مدل‌های مختلف تخمین دمای اعماق مختلف خاک ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مولفه‌های آماری مربوط به مدل‌های مختلف تخمین دمای اعماق مختلف خاک

مدل	ورودی‌های مدل	شاخص‌های آماری							
		آموزش				تست			
		R^2		RMSE		R^2		RMSE	
					عمق خاک (سانتی متر)				
		۵	۱۰	۵	۱۰	۵	۱۰	۵	۱۰
ANN1	T_{i-1}	۰/۹۹۰	۰/۹۸۸	۰/۰۲۳	۰/۰۶۲	۰/۹۹۱	۰/۹۹۲	۰/۰۲۲	۰/۰۴۶
ANN2	T_{i-1},T_{i-2}	۰/۹۸۸	۰/۹۸۸	۰/۰۶۳	۰/۰۶۵	۰/۹۸۶	۰/۹۹۰	۰/۰۶۸	۰/۰۳۶
ANN3	T_{i-1},T_{i-2},T_{i-3}	۰/۹۸۶	۰/۹۸۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۹۸۸	۰/۹۸۴	۰/۰۳۲	۰/۰۵۴
GP1	T_{i-1}	۰/۹۹۰	۰/۹۹۵	۱/۶۲۹	۱/۰۵۹	۰/۹۹۱	۰/۹۹۴	۱/۵۶۹	۱/۱۷۹
GP2	T_{i-1},T_{i-2}	۰/۹۹۰	۰/۹۹۵	۱/۶۲۹	۱/۰۶۱	۰/۹۹۱	۰/۹۹۴	۱/۵۸۹	۱/۱۷۹
GP3	T_{i-1},T_{i-2},T_{i-3}	۰/۹۹۰	۰/۹۹۵	۱/۶۱۰	۱/۰۵۹	۰/۹۹۱	۰/۹۹۴	۱/۵۷۹	۱/۱۷۹
		۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰
ANN1	T_{i-1}	۰/۹۹۱	۰/۹۹۲	۰/۰۴۰	۰/۰۵۴	۰/۹۹۴	۰/۹۹۵	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷
ANN2	T_{i-1},T_{i-2}	۰/۹۹۵	۰/۹۹۲	۰/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵	۰/۰۴۰	۰/۰۷۳
ANN3	T_{i-1},T_{i-2},T_{i-3}	۰/۹۸۹	۰/۹۹۳	۰/۰۴۱	۰/۰۸۸	۰/۹۹۱	۰/۹۸۸	۰/۰۴۲	۰/۰۹۱
GP1	T_{i-1}	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۷۶۷	۰/۶۸۰	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۷۱۴	۰/۶۴۴
GP2	T_{i-1},T_{i-2}	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۷۶۷	۰/۶۸۰	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۷۱۴	۰/۶۴۴
GP3	T_{i-1},T_{i-2},T_{i-3}	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۷۳۷	۰/۶۲۱	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۷۱۶	۰/۴۴۶
		۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰
ANN1	T_{i-1}	۰/۹۹۴	۰/۹۹۸	۰/۰۳۴	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۰۴۱	۰/۰۰۸
ANN2	T_{i-1},T_{i-2}	۰/۹۹۵	۰/۹۹۴	۰/۰۵۵	۰/۰۲۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷	۰/۰۶۱	۰/۰۳۸
ANN3	T_{i-1},T_{i-2},T_{i-3}	۰/۹۹۴	۰/۹۸۷	۰/۰۷۰	۰/۰۵۹	۰/۹۹۲	۰/۹۹۱	۰/۰۴۱	۰/۰۵۲
GP1	T_{i-1}	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۶۰۷	۰/۳۶۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۳۸۸	۰/۳۲۶
GP2	T_{i-1},T_{i-2}	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۵۷۶	۰/۳۵۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۳۹۶	۰/۳۲۸
GP3	T_{i-1},T_{i-2},T_{i-3}	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۵۷۰	۰/۳۵۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۴۰۳	۰/۳۴۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ نتایج حاصل از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی ژنتیک را در دوره آموزش و تست ارائه می‌نماید. در عمق ۵ سانتی متری مدل‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی ژنتیک حساسیت کمتری در برابر افزوده شدن مولفه‌های ورودی دارند و دقت مدل‌های برنامه‌ریزی ژنتیک برای هر سه مورد تقریبا یکسان است. درعمق ۱۰سانتی متری مدل برنامه‌ریزی ژنتیک نیز همانند عمق ۵ سانتی‌متری در مقابل افزایش مولفه‌های ورودی حساسیت قابل توجهی از خود نشان نمی‌دهد و دقت هر سه مدل تقریبا یکسان است. در این عمق مدل‌های شبکه عصبی و برنامه‌ریزی ژنتیک به ترتیب تخمین بهتری مبتنی بر داده‌های سه و یک روز قبل ارائه نموده‌اند. در عمق ۲۰ سانتی‌متری مدل‌های برنامه ریزی ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی همانند اعماق ۵ و ۱۰ سانتی‌متری حساسیت قابل ملاحظه‌ای نسبت به افزایش مولفه‌های ورودی از خود نشان نمی‌دهند. همان‌طوری که مشاهده می‌گردد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی تخمین بهتری در مورد داده‌های یک روز قبل ارائه نموده که در مورد مدل برنامه‌ریزی ژنتیک این تخمین در مورد داده‌های سه روز قبل صدق می‌کند. در عمق ۳۰ سانتی‌متری مدل‌های برنامه‌ریزی ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی نسبت به اعماق پیشین در برابر افزایش مولفه‌های ورودی حساسیت چندانی از خود نشان نمی‌دهند. از سویی می‌توان اظهار داشت مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی ژنتیک به ترتیب در تخمین‌های مبتنی بر داده‌های یک و سه روز قبل بهتر عمل نموده است. در عمق ۵۰ سانتی‌متری هر دو مدل حساسیت چندانی نسبت به افزایش مولفه‌های ورودی از خود نشان نمی‌دهند و دقت هر دو مدل برای هر سه مورد تقریبا یکسان است با این تفاوت که مدل شبکه عصبی مصنوعی تخمین بهتری از داده‌های یک روز قبل را نتیجه می‌دهد در صورتی که مدل برنامه‌ریزی ژنتیک در تخمین داده‌های مبتنی بر سه روز قبل بهتر عمل نموده است. همانند حالت‌های قبل در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری مدل‌های مورد مطالعه حساسیت چندانی نسبت به تغییر مولفه‌های ورودی ندارند. مدل برنامه‌ریزی ژنتیک در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری نتیجه بهتری در تخمین‌های مبتنی بر داده‌های سه روز قبل نشان داده و مدل شبکه عصبی مصنوعی تخمین بهتری از داده‌های یک روز قبل را به‌دست می‌دهد.

الف) عمق ۵ سانتی‌متری: با توجه به نتایج قابل مشاهده در جدول می‌توان دریافت در تخمین‌هایی که بر اساس دمای خاک صورت گرفته مدل‌های GP1، ANN1 بالاترین دقت را در برآورد دمای خاک عمق ۵ سانتی‌متری ارائه نموده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر دو مدل از دقت قابل قبولی برخوردارند و لذا می‌توان آن‌ها را در تخمین میزان دمای خاک در این عمق به کاربست. از سویی دیگر مدل‌های میتنی بر برنامه‌ریزی ژنتیک دارای ارجحیت نسبی در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد و آن عبارت از ارائه یک روش حل صریح بین

www.SID.ir

Archive of SID

مولفه‌های ورودی و خروجی مدل می‌باشد به بیان دیگر برنامه‌ریزی ژنتیک قادر به ارائه معادله تقریب موجود بین ورودی‌ها و خروجی مدل می‌باشد و این ویژگی آن را از سایر مدل‌ها نظیر شبکه عصبی مصنوعی متمایز می‌سازد.

ب) عمق ۱۰سانتی‌متری: در این عمق مدل شبکه عصبی مصنوعی با تاخیر زمانی دو روزه (ANN2) و مدل برنامه ریزی ژنتیک با تاخیر زمانی سه روزه (GP3) بهترین تخمین را نتیجه می‌دهد.

ت) عمق ۲۰سانتی‌متری: تخمین‌های مبتنی بر دمای خاک یک روز قبل حاکی از دقت بالای مدل‌های ANN1 و GP1 در این عمق می‌باشد به عبارتی هر دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی ژنتیک تخمین بهتری از دمای خاک یک روز قبل را برای این عمق ارائه داده است. در تفسیر مدل‌هایی که در آن‌ها از پارامترهای هواشناسی به عنوان ورودی بهره گرفته شد می‌توان گفت مدل‌های ANN1 و GP3 تخمین بهتری ارائه کرده است.

ج) عمق ۳۰ سانتی‌متری: با توجه به نتایج موجود در جدول می‌توان گفت در این عمق نیز مدل شبکه عصبی مصنوعی دقت بالایی در تخمین دمای خاک یک روز قبل و مدل برنامه‌ریزی ژنتیک دقت بالایی در تخمین‌های مبتنی بر دمای خاک سه روز قبل داشته است.

د) عمق ۵۰ سانتی‌متری: نتایج نشان می‌دهد در این عمق هر دو مدل دقت بالایی در تخمین‌های مبتنی بر دمای خاک یک روز قبل داشته اند.

ه) عمق ۱۰۰ سانتی‌متری: در این عمق هر دو مدل بهترین تخمین را بر مبنای دمای خاک یک روز قبل نتیجه می‌دهند.

در مرحله بعد مقادیر پارامترهای هواشناسی در چهار ترکیب متفاوت، شامل مقادیر متوسط دمای هوا (T_m)، متوسط دمای هوا و بارش (R)، متوسط دمای هوا، بارش و رطوبت نسبی (RH)، متوسط دمای هوا، بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد (FF) یک روز قبل به صورت ورودی در نظر گرفته شد (جدول٤). جدول ٤ مقدار R^2 و RMSE را به منظور ارزیابی الگوهای متفاوت ورودی جهت مدل سازی دمای اعماق مختلف خاک، برای ایستگاه سینوپتیک تبریز نشان می‌دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مولفه‌های آماری مربوط به مدل های مختلف تخمین دمای اعماق مختلف خاک

مدل	ورودی های مدل	شاخص‌های آماری							
		آموزش				تست			
		R^2		RMSE		R^2		RMSE	
					عمق خاک (سانتی متر)				
		۵	۱۰	۵	۱۰	۵	۱۰	۵	۱۰
ANN1	T_{m-1}	۰/۹۸۰	۰/۹۷٦	۰/۰٦۸	۰/۰۷٤	۰/۹۸۵	۰/۹۸۳	۰/۰۵۳	۰/۰٦۲
ANN2	T_{m-1},R_{-1}	۰/۹۸۲	۰/۹۸۷	۰/۰٤٤	۰/۰۳۵	۰/۹۸۵	۰/۹۸۳	۰/۰٤۹	۰/۰٤۰
ANN3	T_{m-1},R_{-1},RH_{-1}	۰/۹۸۷	۰/۹۸۰	۰/۰۲۷	۰/۰۸٦	۰/۹۸۷	۰/۹۸۰	۰/۰۲۹	۰/۰۸۲
ANN4	$T_{m-1},R_{-1},RH_{-1},FF_{-1}$	۰/۹۸۷	۰/۹۸۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳٤	۰/۹۸۷	۰/۹۸۵	۰/۰۲۹	۰/۰۳۷
GP1	T_{m-1}	۰/۹۸۲	۰/۹۷٤	۲/۱۹۵	۲/٤۰۸	۰/۹۸۵	۰/۹۸۰	۲/۱۳٤	۲/۳۹٤
GP2	T_{m-1},R_{-1}	۰/۹۷۹	۰/۹۷٤	۲/٤۱٦	۲/٤۲۵	۰/۹۸۱	۰/۹۸۰	۲/٤۰۳	۲/٤٦۵
GP3	T_{m-1},R_{-1},RH_{-1}	۰/۹۷۹	۰/۹۷٤	۲/٤۲۵	۲/٤۰٦	۰/۹۸۱	۰/۹۸۰	۲/٤۱٦	۲/۳٦٤
GP4	$T_{m-1},R_{-1},RH_{-1},FF_{-1}$	۰/۹۸۷	۰/۹۷۵	۲/٤٤۱	۲/٤۰٤	۰/۹۸۲	۰/۹۸۰	۲/٤۰۵	۲/٤۳۹
		۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰
ANN1	T_{m-1}	۰/۹٦۷	۰/۹٦٤	۰/۰۵۱	۰/۰٦۷	۰/۹۷٦	۰/۹٦۷	۰/۰٤۱	۰/۰۷۳
ANN2	T_{m-1},R_{-1}	۰/۹٦۹	۰/۹٦۲	۰/۰٤٤	۰/۰۷۰	۰/۹۷٦	۰/۹٦٤	۰/۰۵۱	۰/۰۷٦
ANN3	T_{m-1},R_{-1},RH_{-1}	۰/۹۷۳	۰/۹٦۷	۰/۰٤۱	۰/۰٤٦	۰/۹۷۹	۰/۹۷۱	۰/۰٤٤	۰/۰٤٦
ANN4	$T_{m-1},R_{-1},RH_{-1},FF_{-1}$	۰/۹٦٦	۰/۹٦۷	۰/۰۹۸	۰/۰٤۸	۰/۹۷۳	۰/۹۷۱	۰/۰۹۰	۰/۰٤۸
GP1	T_{m-1}	۰/۹٦٤	۰/۹۵۷	۲/۷۰۰	۲/۷۳۷	۰/۹۷۰	۰/۹٦۰	۲/۵۲۵	۲/۷٤٤
GP2	T_{m-1},R_{-1}	۰/۹٦٤	۰/۹۵۷	۲/۵۹۳	۲/۹۳۲	۰/۹۷۲	۰/۹٦۰	٤/۰۸۹	۲/۹۱٦
GP3	T_{m-1},R_{-1},RH_{-1}	۰/۹٦۷	۰/۹۵۷	۲/٤۸۲	۲/۷۳٤	۰/۹۷٤	۲/۹۲۹	۲/٤۰٦	۳/٦۸۵
GP4	$T_{m-1},R_{-1},RH_{-1},FF_{-1}$	۰/۹٦٦	۰/۹۵۷	۲/۵۲۰	۲/۹۳۲	۰/۹۷۲	۰/۹٦۰	۲/٤۷۲	۲/۹۱۷
		۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰
ANN1	T_{m-1}	۰/۹٤٦	۰/۸۸۳	۰/۰٦۳	۰/۰۹۳	۰/۹٤۹	۰/۸۷۹	۰/۰٦۸	۰/۰۹۷
ANN2	T_{m-1},R_{-1}	۰/۹٤٦	۰/۸۸۳	۰/۰۸۲	۰/۰۹۰	۰/۹٤۸	۰/۸۷۹	۰/۰۸۹	۰/۰۹۵
ANN3	T_{m-1},R_{-1},RH_{-1}	۰/۹٤۷	۰/۸۸٤	۰/۰۷۹	۰/۱۰۸	۰/۹۵۱	۰/۸۸۵	۰/۰۸٤	۰/۱۱۲
ANN4	$T_{m-1},R_{-1},RH_{-1},FF_{-1}$	۰/۹٤٤	۰/۸۹۱	۰/۰۹٦	۰/۱۰۸	۰/۹۵۰	۰/۸۹۳	۰/۰۹۲	۰/۱۰۵
GP1	T_{m-1}	۰/۹٤٤	۰/۸۷٦	۲/۹۲٤	۳/۵۳۳	۰/۹٤۷	۰/۸۷۰	۲/۹۵۰	۳/٦۵۹
GP2	T_{m-1},R_{-1}	۰/۹۳۹	۰/۸۷٦	۳/۰۷۱	۳/٦۱۵	۰/۹٤۱	۰/۸۷۰	۳/۰۹۸	۳/۷۱٤
GP3	T_{m-1},R_{-1},RH_{-1}	۰/۹۳۹	۰/۸۷۷	۳/۰۳۷	۳/۵۳٤	۰/۹٤۱	۰/۸۷۱	۳/۰۷۰	۳/٦۵۹
GP4	$T_{m-1},R_{-1},RH_{-1},FF_{-1}$	۰/۹۳۸	۰/۸٦۵	۳/۲۱۷	۳/۸۳۲	۰/۹۳۹	۰/۸٦۱	۳/۲۹۰	۳/۹۸۰

www.SID.ir

Archive of SID

در عمق ۵ سانتی‌متری همانند حالت قبل افزودن پارامترهای ورودی سبب ایجاد تغییرات قابل توجهی در دقت مدل‌های برنامه‌ریزی ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی نمی‌شود. از طرفی با توجه به آن چه از این جدول بر می‌آید نتیجه می‌شود مدل شبکه عصبی مصنوعی در تخمین‌های مبتنی بر سه پارامتر دمای متوسط هوا، بارش و رطوبت نسبی یک روز قبل بالاترین دقت را داشته و مدل برنامه‌ریزی ژنتیک در تخمین مبتنی بر پارامتر دمای متوسط هوای یک روز قبل از بالاترین دقت برخوردار بوده است. در عمق ۱۰ سانتی‌متری نتایج حاصل حاکی از عدم حساسیت مدل برنامه‌ریزی ژنتیک به افزایش مولفه‌های ورودی می‌باشد. از طرفی هر دو مدل در تخمین داده‌های مبتنی بر چهار پارامتر دمای متوسط هوا، بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد از دقت بالایی برخوردار بوده‌اند. در عمق ۲۰ سانتی‌متری حساسیت هر دو مدل نسبت به افزایش مولفه‌های ورودی تقریبا یکسان است. هم‌چنین در هر دو مدل دمای متوسط هوا، بارش و رطوبت نسبی پارامترهای تاثیر گذار در این عمق به شمار می‌روند. در عمق ۳۰ سانتی‌متری نتایج موید این نکته است که دمای متوسط هوا، بارش و رطوبت نسبی در هر دو مدل جزء پارامترهای تاثیر گذار در این عمق محسوب می‌شوند. در عمق ۵۰ سانتی‌متری مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی ژنتیک در تخمین داده‌های مبتنی بر دمای متوسط هوا با تاخیر یک روزه نتیجه بهتری ارائه داده‌اند. در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری حساسیت هر دو مدل نسبت به مولفه‌های ورودی کم و دقت هر دو مدل برای ورودی‌های مختلف تقریبا یکسان است. در مدل شبکه عصبی مصنوعی مدل ANN1 با پارامتر دمای متوسط هوا و در مدل برنامه‌ریزی ژنتیک مدل GP1 با یک پارامتر دمای متوسط هوا بهترین نتیجه را برای این عمق به‌دست می‌دهند.

الف) عمق ۵ سانتی‌متری: با توجه به نتایج قابل مشاهده در جدول می‌توان دریافت در تخمین‌هایی که بر اساس پارامترهای هواشناسی حاصل گشته مدل ANN3 و GP1 بالاترین دقت را در برآورد دمای خاک عمق ۵ سانتی‌متری ارائه نموده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر دو مدل از دقت قابل قبولی برخوردارند و لذا می‌توان آن‌ها را در تخمین میزان دمای خاک در این عمق به کاربست. از سویی دیگر مدل‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی ژنتیک دارای ارجحیت نسبی در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد و آن عبارت از ارائه یک روش حل صریح بین مولفه‌های ورودی و خروجی مدل می‌باشد به بیان دیگر برنامه‌ریزی ژنتیک قادر به ارائه معادله تقریب موجود بین ورودی‌ها و خروجی مدل می‌باشد و این ویژگی آن را از سایر مدل‌ها نظیر شبکه عصبی مصنوعی متمایز می‌سازد.

www.SID.ir

Archive of SID

ب) عمق ۱۰ سانتی‌متری: در این عمق مدل شبکه عصبی مصنوعی با ترکیب سه گانه دمای هوا، بارش و رطوبت نسبی بالاترین دقت را داشته و مدل برنامه‌ریزی ژنتیک تخمین بهتری با ترکیب چهارگانه دمای هوا، بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد نتیجه می‌دهد.

ت) عمق ۲۰ سانتی‌متری: با توجه به آن چه از جدول برمی‌آید می‌توان گفت مدل ANN1 و GP3 تخمین بهتری برای عمق ۲۰ سانتی‌متری ارائه کرده است.

ج) عمق ۳۰ سانتی‌متری: با توجه به نتایج موجود در جدول می‌توان گفت مدل ANN3 و GP2 بهترین تخمین را برای دمای عمق ۳۰ سانتی‌متری نتیجه داده است.

د) عمق ۵۰ سانتی‌متری: نتایج نشان می‌دهد در این عمق هر دو مدل بهترین تخمین را در رابطه با پارامتر دمای هوا ارائه نموده است.

ه) عمق ۱۰۰ سانتی‌متری: نتایج حاصل حاکی از این است مدل برنامه‌ریزی ژنتیک دقت بالایی در تخمین‌های مبتنی بر سه پارامتر هواشناسی شامل دمای متوسط هوا، بارش و رطوبت نسبی و مدل شبکه عصبی مصنوعی بهترین تخمین را براساس دو پارامتر دمای متوسط هوا و بارش نتیجه می‌دهد. در جدول ۵ روابط ریاضی مستخرج بر اساس برنامه‌ریزی ژنتیک ارائه گردیده است و شکل ٤ نمودار پراکندگی مقادیر مشاهداتی و تخمینی دمای اعماق مختلف خاک را بر اساس دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی ژنتیک نشان می‌دهد.

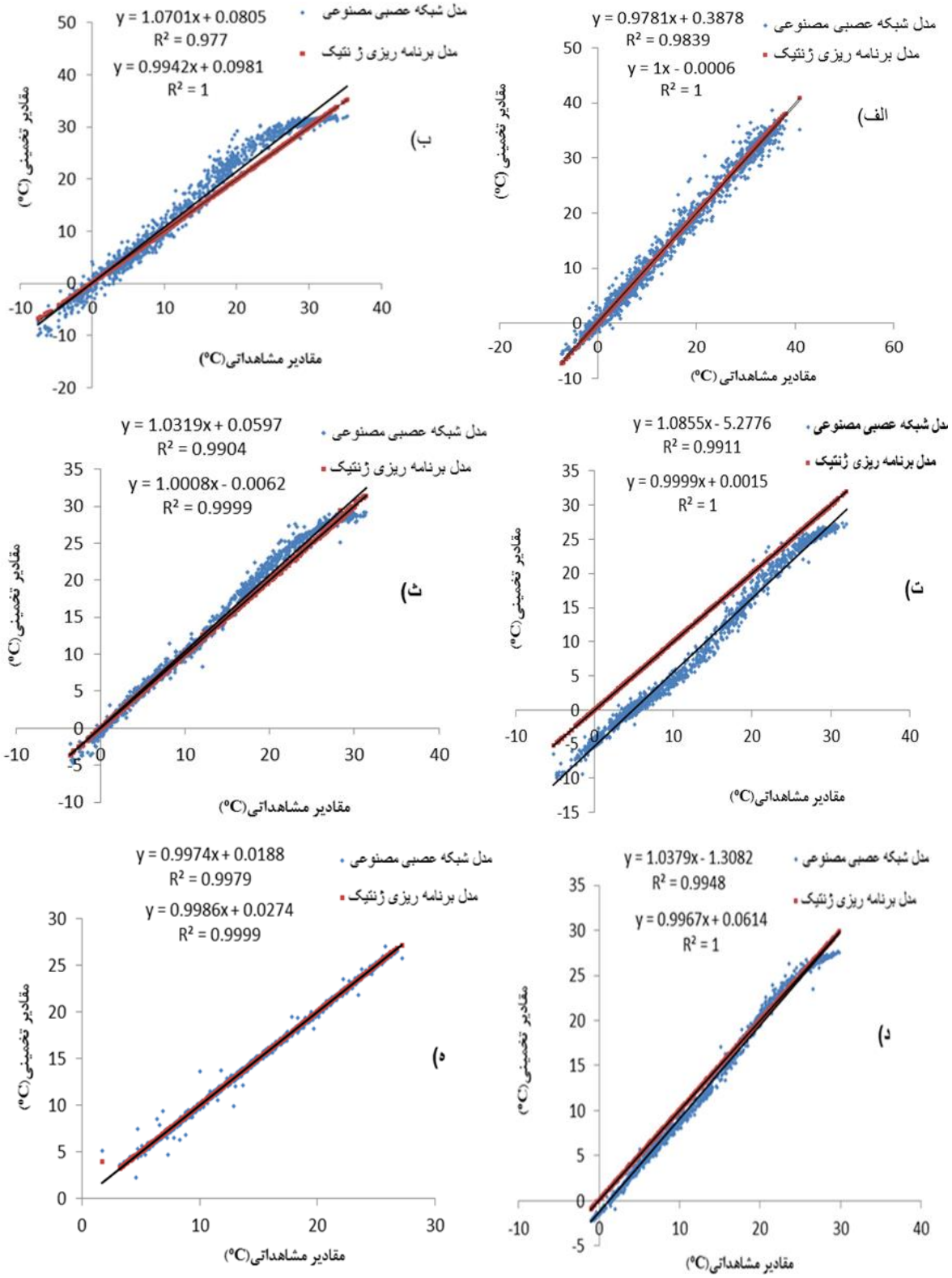
جدول ۵- روابط ریاضی مستخرج بر اساس برنامه ریزی ژنتیک

عمق (سانتی‌متر)	فرم ریاضی مدل‌ها
۵	$T_t = T_{i-1}$
۱۰	$T_t = 9.758+(0.078/(T_{i-1}+ 9.758))$
۲۰	$T_t= 56.734T_{i-1}$
۳۰	$T_t= (T_{i-2}- T_{i-1}/(-9.084+ T_{i-1}- T_{i-2})) + (T_{i-2}- T_{i-3}/(T_{i-3} - T_{i-2} + T_{i-1}+13.418)$
۵۰	$T_t = (T_{i-1}/(26.614) +(2 T_{i-1}/(-32.33+ 64.67 T_{i-1})$
۱۰۰	$T_t = T_{i-1}+1.056/(T_{i-1})^2 (-1.056+ T_{i-1})^2$

T_t دمای خاک،T_i دمای خاک مبدا و T_{i-1} ، T_{i-2} وT_{i-3} به ترتیب دمای خاک یک،دو و سه روز قبل

www.SID.ir

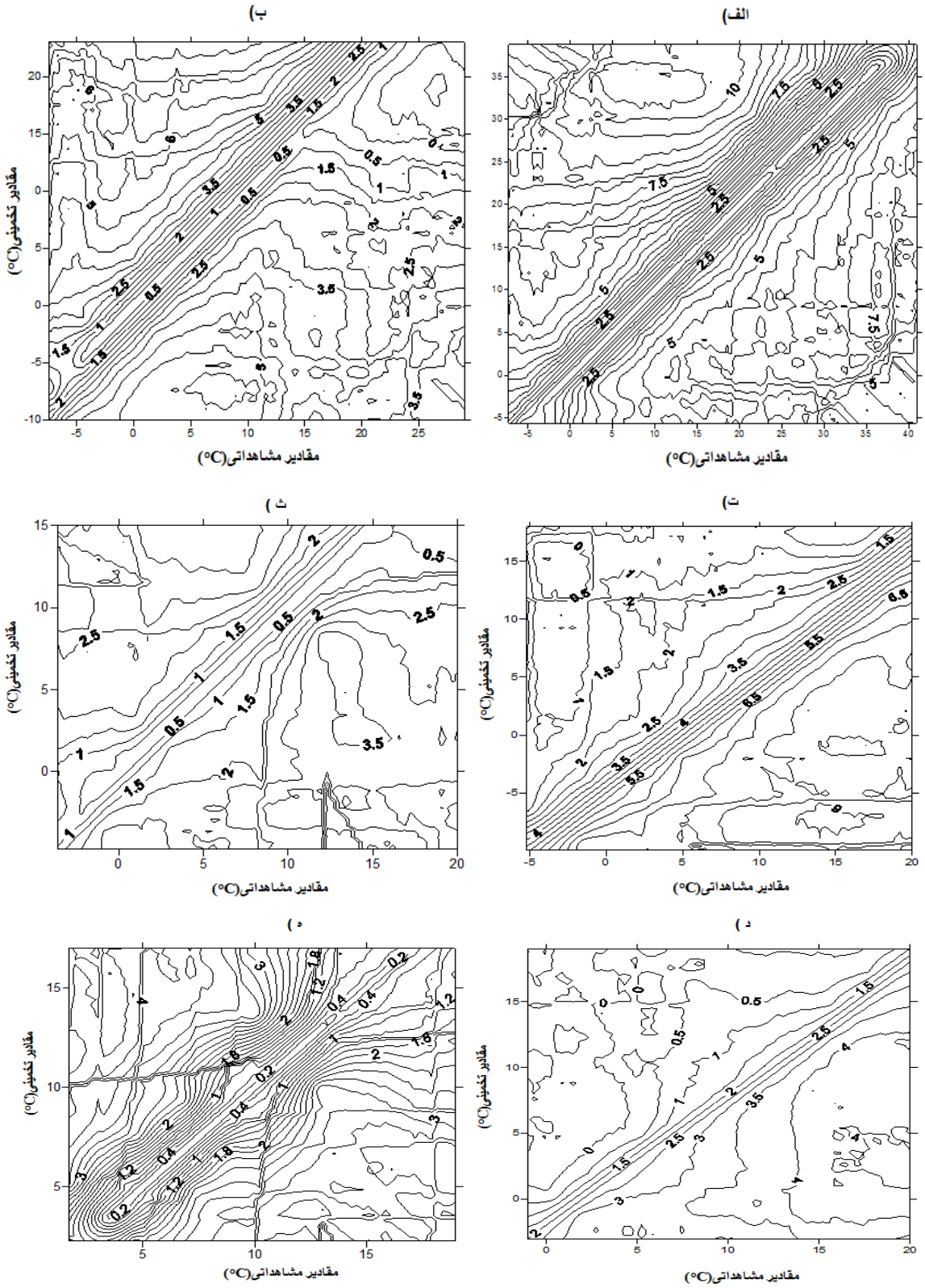
Archive of SID



شکل٤ : نمودار پراکندگی مقادیر مشاهداتی و تخمینی دمای اعماق مختلف خاک الف)۵، ب) ۱۰، ت)۲۰، ث)۳۰، د)۵۰، ه)۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵: خطوط تراز خطای مطلق دمای اعماق مختلف خاک بر اساس مدل شبکه عصبی مصنوعی

الف)۵، ب) ۱۰، ت)۲۰، ث)۳۰، د)۵۰، ه)۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵ خطوط تراز مربوط به خطای مطلق را با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان می‌دهد. همان طوری که در شکل مشاهده می‌گردد خطای مطلق بر اساس مدل ANN کمتر و تخمین دمای اعماق مختلف خاک بر اساس این مدل از دقت کافی برخوردار است. ماکزیمم مقدار خطای مطلق مربوط به عمق ۱۰ سانتی‌متری و برابر ۹/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در تمامی اعماق مورد مطالعه به‌جز عمق ۲۰ سانتی‌متری مینیمم مقدار خطا ۰ درجه سانتی‌گراد است؛ بنابراین می‌توان گفت که پیش‌بینی دمای اعماق مختلف خاک بر اساس مدل ANN بهتر از مدل GP می‌باشد.

با توجه به نتایج حاصل ملاحظه می‌شود که استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تمامی حالت‌ها برای تخمین میزان دمای اعماق مختلف خاک نتایج مطلوبی ارائه می‌نماید. با وجود این که نتایج حاصل از کاربرد برنامه‌ریزی ژنتیک در مورد برخی از ترکیب‌ها در مقایسه با نتایج شبکه‌های عصبی مصنوعی از دقت نسبی کمتری برخوردارند، ولی تفاوت یاد شده بسیار ناچیز بوده و دقت این روش نیز در حد قابل قبولی می‌باشد؛ به نحوی که هر یک از این مدل‌ها می‌توانند به تنهایی در تخمین میزان دمای اعماق مختلف خاک به کار بسته شوند. در حالت کلی می‌توان اظهار داشت که کاربرد روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و نیز برنامه‌ریزی ژنتیک در مدل‌سازی و تخمین مقادیر دمای اعماق مختلف خاک از دقت بالایی برخوردار است و لذا می‌توان با اطمینان بیشتری از روش‌های یاد شده به منظور انجام مدل سازی و تخمین‌های مورد نظر بهره برد و در این میان، ارائه راه حل صریح توسط مدل‌های برنامه‌ریزی ژنتیک، بر مطلوبیت این مدل‌ها می‌افزاید. شبکه‌های عصبی مصنوعی با فرآوری داده‌های ورودی و ایجاد ترکیب‌های مختلف، بهترین حالت را از نظر به حداقل رسیدن خطا انتخاب می‌نمایند و در نهایت، خروجی‌های مدل ارائه می‌شود. در چنین مدل‌هایی که از نوع Black Box می‌باشند هیچ گونه اطلاعی از وضعیت رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی حاصل نمی‌شود؛ ولی برنامه‌ریزی ژنتیک می‌تواند چنین رابطه‌ای را شناسایی و ارائه دهد و لذا با استفاده از این مدل می‌توان اقدام به بررسی و صحت سنجی برخی از مدل‌های تجربی نمود. این امر می‌تواند به عنوان یک موضوع تحقیق مطرح شود.

نتیجه گیری

مدل‌سازی و تخمین میزان دمای خاک یکی از مؤلفه‌های مهم و قابل توجه در زمینه کشاورزی و نیز برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت منابع آب می‌باشد. در تحقیق حاضر از تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی ژنتیک به منظور تخمین میزان دمای خاک بهره برده شد. بر پایه محاسبات انجام یافته، هر دو روش داری توانایی قابل توجهی

www.SID.ir

Archive of SID

در تخمین میزان دمای خاک می‌باشند. در حالت کلی می‌توان هر دو مدل را به عنوان مدل‌های قابل قبول تخمین دمای خاک معرفی نمود. مدل‌های مبتنی بر برنامه ریزی ژنتیک راه حل‌های صریحی ارائه می‌نمایند که بر مبنای آن‌ها می‌توان رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی را مشخص نمود. در این تحقیق چنین رابطه‌های صریحی برای تخمین میزان دمای خاک ارائه گردید که بر مبنای آن‌ها می‌توان مدل‌های تجربی تخمین دمای خاک را صحت سنجی نمود. این امر می‌تواند به عنوان یک موضوع تحقیق در آینده مطرح شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- سبزی پرور، ع.ا؛ زارع ابیانه، ح؛ بیات ورکشی، م (۱۳۸۹)، «مقایسه یافته‌های مدل شبکه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی با مدل‌های رگرسیونی به منظور برآورد دمای خاک در سه اقلیم متفاوت»، ***نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)***، شماره۲، صص ۲۸۵- ۲۷٤.

- فربودفام، ن؛ قربانی، م. ع؛ اعلمی، م. ت (۱۳۸۸)، «پیش بینی جریان رودخانه با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیک (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه لیقوان)»، ***مجله دانش کشاورزی***، شماره ۱۹، صص ۱۲۳-۱۰۷.

- Borelli, A., De Falco, I., Della, C.A., Nicodemi, M., Trautteur, G., (2006), "Performance of genetic programming to extract the trend in noisy data series". ***Physica A***, 370: 104-108.

-Brooks,P.D.,Mcknight,D.,Elder,K.,(2004), "Carbon limitation of soil respiration under winter snowpacks: potential feedbacks between growing season and winter carbon fluxes". ***Global Change Biology***, 11: 231-238.

-Banzhaf, W., Nordin, P., Keller, R.E., Francone, F.D, (1998), "Genetic Programming". ***Morgan Kaufmann, San Francisco***, CA.

-Goldberg, D. E., (1989), ***"Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning",*** Addison –Wesley, Reading, Mass.

-Hanks, R.J., Austin, D.D., Ondrechen, W.T., (1971), "Soil temperature estimation by a numerical method". ***Proc Soil Science Society Am***, 35 (5): 665-667.

-Jackson,T.,Mansfield,K.,Saaf,M., Colman ,T., Romine ,p., (2008), "Measuring soil temperature and moisture using wireless MEMS sensors", ***Measurement,*** 41:381-390.

-Kevyn , I. P. Polglase, P. J., Smethurst, P. J., (2004), "Soil temperature under forests: a simple model for predicting soil temperature under a range of forest types", ***Agric.and Forest Meteorol***, 121:167-182.

-Koza, J.R., (1992), "Genetic Programming: On the programming of computers by means of Natural Selection " Cambridge, MA, MIT Press.

-Lin,J.D.,(1980), "On the force –restore method for prediction of ground surface temperature". ***Journal of Geophysical Research,*** 85(C6):3251-3254.

-Meikle, R.W., Gilchrist, A.J., (1983), "A mathematical method for estimation of soil temperatures in England andScotland" , ***Agricultural Meteorology***. 30(3): 221-225.

www.SID.ir

Archive of SID

-Seyfried ,M.S., Flerchinger, G.N., Murdock ,M.D., Hanson, C.L., Van Vactor ,S.,(2001), "Longterm soil temperature data base, Reynolds Creek Experimental Watershed, Idaho, United States". ***Water Resources Research,*** 37:2843-2846.

-Sette, S., Boullart, L., (2001), "Genetic programming: principles and applications". ***Engineering Applications of Artificial Intelligence***, 14: 727–736.

-Veronez, M.R., Wittmann ,G.,Reinhardt ,A.O., DaSilva ,R.M.(2010), "Surface temperature estimation using artificial neural network". Ag ricultural Meteorology, 31: 325- 337.

-Yanyin, B., Prasher, S. o., Mehuyse,G. R., (2010),"An artificial nerural network to estimate soil temperature.can". ***J.Soil Sciences***,77:421-429.

www.SID.ir