پیش‌بینی حداکثر دمای سطح خاک به روش شبکه عصبی مصنوعی در اراضی دشت سیستان

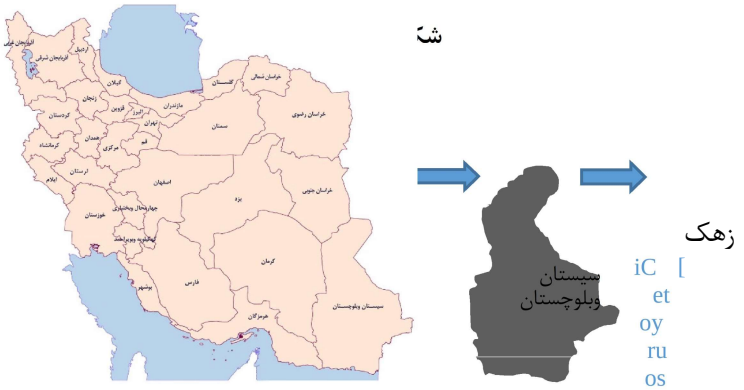
مسعود علی صوفی [۱] و ابوالفضل بامری [۲]
۱-دانشجو کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشگاه زابل، ۲-مربی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه زابل

چکیده
دماي‌خاك يكي از مهم‌ترين ويژگي‌هاي خاک است که با تاثير بر فرآيندهاي متفاوت فيزيكوشيميايي و زيست شناختي خاك نقش ويژه‌اي در تبادلات انرژي بين خاك، گياه و جو دارد. با توجه به اينكه اندازه‌گيري دماي‌خاک فقط در ايستگاه‌هاي سينوپتيک کشور صورت مي‌گيرد، کمبود آن در نقاط فاقد ايستگاه يکي از چالش‌هاي بزرگ در بسياري از مطالعات مرتبط با علوم کشاورزي است، ولي دماي خاك با روش هاي آماري نيز قابل برآورد است. در اين تحقيق با استفاده از داده‌هاي اقليمي ايستگاه هواشناسي زهک طي ۲ سال چندين شبکه جهت تخمين حداکثر دماي خاک پيشنهاد شده است. در اين شبکه‌ها حداکثر دماي‌خاک به عنوان داده ورودي و بقيه داده‌هاي هواشناسي(به ترتيب و بر حسب حداکثر همبستگي با دماي‌خاك به شبکه داده شده و نتايج استخراج وبرحسب معيارهاي آماري دسته بندي شدند. در پايان بنابر نتايج محاسباتي شبکه سوم به عنوان شبکه مطلوب ارائه شد.
واژه‌های کلیدی: حداکثر دمای خاک، شبکه عصبی، داده‌های اقلیمی، حداکثر دمای روزانه هوا، زهک

مقدمه
دماي خاك يكي از پارامترهاي بسيار مهم در مطالعات خاکشناسي، هيدرولوژي، هواشناسي کشاورزي و اقليم‌شناسي مي‌باشد که برفعاليت‌هاي بيولوژيکي و جذب عناصر مهم مانند فسفر و پتاسيم تأثير بسزايي دارد. علاوه براين در فرآيندهايي مانند تبخير- تعرق، تهويه، توسعه ريشه ها، جوانه زني و رشدگياه نيز موثر است (نجفي‌مود و همکاران، ۱۳۸۷). گونه هاي مختلف گياهي به دماهاي متفاوتي نيازمندند و باردهي آنها در محدوده معيني از درجه حرارت به بيش ترين مقدار مي‌رسد (عليزاده، ۲۰۰۲). در دماي کمتر از صفر درجه سانتي‌گراد، فعاليتهاي زيستي متوقف شده و در دماي صفر تا پنج درجه سانتي‌گراد، نمو ريشه بسياري از گياهان و جوانه زدن بذرهاي اغلب کشت‌ها امکان پذير نيست (بابي‌بوردي، ۱۳۷۲). اندازه‌گيري مستقيم دماي خاك در ايستگاه‌هاي سينوپتيك توسط حسگر (Sensor) و يا با استفاده از دماسنج‌هاي معمولي صورت مي‌گيرد و در آن چندين حسگر و يا دماسنج را در اعماق خاک انجام مي‌دهند ولي اين کار هزينه‌بر بوده و به نيروي انساني ماهر و پايش مداوم نياز دارد (Plauborg ۲۰۰۲). روش‌هاي آماري و تجربي که قادر به ارائه نتايج قابل قبول در برآورد دماي خاك باشد، مي‌تواند راه‌حل مناسبي براي بدست آوردن اين متغير مهم در نقاط فاقد سيستم‌هاي اندازه‌گيري باشد، ازاين روش‌ها مي‌توان به روشهاي سري فوريه، رگرسيون خطي چندمتغيره، شبکه‌هاي عصبي، معادلات موازنه انرژي و سيستم اطلاعات جغرافيايي اشاره کرد که در بيشتر اين روشها، پارامترهاي پايه، دماي هوا و رطوبت خاك هستند. سبزي‌پرور و همکاران (۱۳۸۹) با بررسي آماره‌هاي واسنجي نشان دادند که با افزايش عمق، ميزان تأثير متغيرهاي هواشناسي بر دماي خاك کاهش مي‌يابد و همچنين اينکه دامنه حساسيت دماي خاك تابع اقليم منطقه است. (۱۹۸۲) Ghuman & Lal دماي خاک منطقه استوا را با استفاده از تحليل فوريه مورد ارزيابي قراردادند. نتايج اين تحقيق نشان داد که روش فوريه در سنجش دماي خاک منطقه استوا از دقت بالايي برخوردار است.. Aldridge & (۱۹۸۳) Cook با ارائه مدل رگرسيون چند متغيره، ميانگين سالیانه دماي خاك در عمق‌هاي ۱۰ و ۳۰ سانتيمتر را محاسبه کردند. (۱۹۸۵) Maclean & Ayres با استفاده از رگرسيون خطي چند متغيره ارتباط بين دماي خاك با پارامترهاي هواشناسي را تعيين و با ارائه مدل به برآورد دماي خاك در اعماق ۵ ،۲ ،۱ و ۱۰ سانتيمتر پرداختند. متغيرهاي مورد استفاده شامل، دماي‌هوا و ابرناکي در روز، برآورد دماي هوا در دو روز قبل، نسبت ساعات آفتابي و روز فصل بود. علي‌صوفي و بامري (۱۳۹۳) با استفاده از روش رگرسون خطي چند متغيره رابطه بين حداکثر دماي خاك و ساير داده‌هاي اقليمي را مورد بررسي قراردادند و توانستند يك مدل جهت پيش بيني حداکثر دماي خاك در منطقه سيستان ارائه دهند زارع‌امينی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از داده‌هاي اقليمي ۱۸ ساله ايستگاه سينوپتيک تبريز و بوسيله شبکه عصبي مصنوعي به اين نتيجه رسيدند که شبکه عصبي از قابليت بالايي در پيش بيني دماي خاک داراست.
هدف از تحقيق حاضر ارائه روش‌هايي به‌منظور تسريع وتسهيل تخمين حداکثر دماي خاک با استفاده از شبکه عصبي بر اساس داده‌هاي هواشناسي با دماي خاک مي‌باشد و در نهايت از بين چندين شبکه پيشنهاد شده بهترين شبکه جهت پيش‌بيني اين پارامتر براساس داده‌هاي اقليمي معرفي مي‌شود..

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه شهرستان زهک واقع در استان سيستان و بلوچستان با طول جغرافيايي ۶۱ درجه و ۴۰ دقيقه وعرض جغرافيايي ۳۰ درجه و ۵۳ دقيقه است و ارتفاع آن از سطح دريا ۴۸۳ متر مي‌باشد (شکل ۱).

شکل



زهک

در این تحقیق به منظور برآورد حداکثر دمای‌خاک منطقه مورد مطالعه، یک‌سری اطلاعات اقلیمی مانند حداقل و حداکثر دمای روزانه، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، میزان بارندگی، حداقل و حداکثر سرعت باد به‌عنوان داده‌های ورودی به شبکه و حداکثر دمای خاک به‌عنوان داده خروجی از شبکه مورد سنجش قرارگرفتند. داده‌های مورد مطالعه طی ۲۲ ماه متوالی در سال ۹۰-۹۱ جمع آوری شده است. در این پژوهش ابتدا همبستگی داده‌های اقلیمی با حداکثر دمای‌خاک مورد بررسی قرار گرفت سپس این داده‌ها جهت به حداقل رساندن خطاها با توجه به فرمول شماره ۱ نرمال سازی شدند و در نرم افزار متلب قرار گرفتند.

$$\text{نرمال سازی} = ((\frac{y-\bar{y}}{ymax-ymin}) * ۰/۵) + ۰/۵ \quad ۱$$

در این فرمول $\bar{y}$ میانگین داده‌ها و ymin و ymax به ترتیب حداقل و حداکثر داده‌ها هستند.

برای انجام این آزمایش از نرم افزار متلب ۲۰۱۱ استفاده شد. جهت تعیین دقت هریک از شبکه‌ها ، ۵۰ داده به‌طور تصادفی انتخاب و به‌صورت آزمون به شبکه داده شد. در نهایت پس از اعتبارسنجی شبکه ها نتایج توسط آماره‌های ضریب تعیین(R^2)، میانگین خطا (ME)، میانگین مربعات خطا (MSE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) بهترین شبکه از بین ۸ شبکه معرفی شد. درزیر فرمول‌های آنها را مشاهده می کنید.

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n}|(Xi-Yi)|}{n} \quad ۲)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-Yi)^2}{n} \quad ۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-Yi)^2}{n}} \quad ۴)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X})(Yi-\bar{Y})]^2}{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X})^2\sum_{i=1}^{n}(Yi-\bar{Y})^2} \quad ۵)$$

در این روابط Yi و Xi به ترتیب i امین داده واقعی (اندازه گیری شده)و برآوردشده. $\bar{X}$ و $\bar{Y}$میانگین کل داده‌های Yi و Xi درکل جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های ارزیابی‌شده می‌باشند.

نتایج و بحث

در آغاز داده‌های توصیفی مثل میانگین، انحراف معیار، ضریب همبستگی و سایر داده های آماری را بدست آمد. در جدول ۱ داده‌های توصیفی مشاهده می‌شود. ضریب تغییرات به عنوان یک شاخص، تغییرات و ناهمگنی پارامترهای به‌دست آمده در منطقه زهک را نشان می‌دهد. براساس طبقه‌بندی Nielsen & Bouma (۱۹۸۵) اگر ضریب تغییرات کمتر از ۱۰درصد باشد، تغییرپذیری ضعیف، اگر بیش از ۱۰ درصد باشد متوسط واگر ضریب تغییرات برابر با ۱۰۰ درصد نشان دهنده تغییرات بسیار شدید متغیرمی‌باشد. بنابراین همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود دو پارامتر حداقل سرعت باد و بارندگی دارای ضریب تغییرات بیش از ۱۰۰ می‌باشند که نشان‌دهنده تغییرات بسیار شدید است، دمای‌خاک دارای تغییرات نرمال است و بقیه داده‌ها دارای تغییرات متوسط هستند

جدول ۱ داده‌های توصیفی

تعداد داده ها	۶۵۴	۶۵۴	۶۵۴	۶۵۴	۶۵۳	۶۵۲	۶۵۳	۶۵۱	۶۵۴	۶۵۴	۶۵۴
مجموع	۲۰۸۱۴	۱۰۹۹۷	۱۵۹۰۵	۲۶۶۲۸	۹۳۱۱	۱۷۹۴۷	۶۲	۴۶۰۲	۱۴۹۳	۸۱۰۱	۶۲۰۳	۲۱۸۱۸
کمترین داده	۴/۶	-۶	۱/۶	۱۰	۲	۷	۰	۰	۰	۰	۰	۵
بیشترین داده	۴۷/۶	۳۳/۸	۴۰/۲	۹۷	۸۸	۹۱	۱۵/۲	۱۷	۱۳	۳۴/۱	۱۳/۲	۵۰
میانگین	۳۱/۸۲	۱۶/۸۱	۲۴/۳۲	۴۰/۷۱	۱۴/۲۵	۲۷/۴۴	۰/۰۹	۷/۰۴	۲/۲۹	۱۲/۳۸	۹/۴۸	۳۳/۳۶۰
انحراف معیار	۱۰/۰۸	۹/۹۸	۹/۸۶	۲۱/۸۰	۹/۹۹	۱۵/۲۷	۰/۸۸	۳/۹۲	۲/۹۵	۸/۵۷	۲/۶۰	۱۰/۲۱
ضریب تغییرات	۳۱/۶	۵۹/۳	۴۰/۵	۵۳/۵	۷۰	۵۵/۶	۹۱۶/۶	۵۵/۷	۱۲۸/۶	۶۹/۱	۲۷/۴	۳۰/۶۰

همبستگی داده‌های اقلیمی در جدول ۲ مشاهده می‌شود و در بین داده‌های موجود حداکثر دمای روزانه هوا بیشترین همبستگی را با حداکثر دمای خاک دارد که این امر در تحقیقی که در منطقه ساری انجام شده تاکید شده‌است (گلستانی و همکاران، ۱۳۸۶) همچنین حداکثر دمای خاک با حداقل و میانگین دمای هوا، حداکثر و حداقل سرعت باد، تبخیر و تابش‌خورشید در سطح یک درصد دارای همبستگی معنی‌داری است و با حداقل و میانگین رطوبت روزانه وبارندگی و میزان دید در سطح یک درصد دارای همبستگی منفی است که با نتایج تحقیق مزیدی و فلاح‌زاده (۱۳۹۰) مطابقت داشت.

جدول ۲ همبستگی داده های اقلیمی

	تابش خورشید	تبخیر (mm)	حداقل سرعت باد	حداکثر سرعت باد	بارندگی (mm)	میانگین رطوبت روزانه	حداقل رطوبت نسبی	حداکثر رطوبت نسبی	میانگین دمای هوا	حداقل دمای هوا	حداکثر دمای هوا
حداکثر دمای خاک	/۹۸۳**	/۹۲۰**	/۹۶۷**	-/۷۲۶**	-/۶۲۶**	-/۷۱۹**	-/۱۲۵**	/۳۷۵**	/۲۶۲**	/۷۶۸**	/۴۷۷**

از مجموع داده‌های ورودی ۵۰ داده به طور تصادفی انتخاب شد و پس از ایجاد شبکه جهت اعتبار سنجی در مرحله آزمون به شبکه داده شد. در هر دو مرحله آموزش و آزمون داده‌ها بر حسب همبستگی با حداکثر دمای خاك وارد شبکه ها شدند. بدین صورت که در شبکه اول پارامتر اقلیمی قرار گرفت که بیشترین همبستگی را با حداکثر دما ی خاك داشت و به همین صورت بقیه پارامتر ها نیز بر اساس میزان همبستگی وارد شبکه ها شدند و در آخرین شبکه تمامی پارامترهای اقلیمی قرار داده شدند. در تمامی شبکه های برآورد، سه پارامتر روز ، ماه و سال به عنوان ورودی های ثابت در ساختار لایه ورودی این شبکه ها قرار داده شدند .در جدول ۳ نحوه ورود داده‌ها به شبکه مشاهده می‌شود.

جدول شماره ۳ ترتیب ورود اطلاعات در هر شبکه در هر دو حالت آزمون و آزمایش

شماه شبکه	اطلاعات ورودی به شبکه
۱	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا-حداکثر دمای خاك
۲	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداکثر دمای خاك
۳	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداقل دمای هوا-حداکثر دمای خاك
۴	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداقل دمای هوا-تبخیر-حداکثر دمای خاك
۵	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداقل دمای هوا-تبخیر-میزان نور خورشید-حداکثر دمای خاك

۶	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداقل دمای هوا-تبخیر-میزان نور خورشید-حداکثرسرعت باد-حداکثر دمای خاك
۷	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداقل دمای هوا-تبخیر-میزان نور خورشید-حداکثرسرعت باد-حداقل سرعت باد-حداکثر دمای خاك
۸	سال-ماه-روز-حداکثر دمای هوا -میانگین دمای هوا-حداقل دمای هوا-تبخیر-میزان نور خورشید-حداکثرسرعت باد-حداقل سرعت باد-حداکثر رطوبت نسبی روزانه-حداقل رطوبت نسبی روزانه-میانگین رطوبت نسبی روزانه-حداکثر دمای خاك

پس از وارد کردن داده‌ها به شبکه‌ها نتایج مورد بررسی و واسنجی قرار گرفت. مقادیر واسنجی این شبکه ها در جدول شماره ۴ مشاهده می شود.

جدول شماره ۴ نتایج داده‌های واسنجی شده

شماره شبکه	تعداد داده ورودی	تعداد نورون لایه پنهان	مرحله آموزش		مرحله آزمون	
			R^2	RMSE	R^2	RMSE
۱	۴	۷	۰/۹۶	۰/۵۲۴۳	۰/۹۷	۰/۰۱۷
			۱		۵	۵
۲	۵	۹	۰/۹۶	۰/۰۱۹۵۴	۰/۹۷	۰/۰۱۹
			۸		۲	۱
۳	۶	۱۱	۰/۹۷	۰/۰۱۶۸۵	۰/۹۸	۰/۰۱۴
			۷		۴	۹
۴	۷	۱۳	۰/۹۷	۰/۰۱۹۱	۰/۹۷	۰/۰۱۷
			۰		۶	۹
۵	۸	۱۵	۰/۹۸	۰/۰۱۵۷۶	۰/۹۸	۰/۰۱۶
			۰		۰	۱
۶	۹	۱۷	۰/۹۶	۰/۰۱۹۵۱	۰/۹۷	۰/۰۱۶
			۷		۹	۸
۷	۱۰	۱۹	۰/۹۶	۰/۱۳۹۶	۰/۹۷	۰/۰۱۷
			۲		۵	۶
۸	۱۴	۲۷	۰/۹۶	۰/۳۷۳۷	۰/۹۷	۰/۰۱۸
			۱		۴	۵

با توجه به نتایج در مرحله آموزش شبکه شماره ۵ و در مرحله آزمون شبکه شماره ۳ بیشترین ضریب تبیین و کمترین مجذور میانگین مربعات خطا را دارد. که این با نتایجی که یزدانی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیق خود رسیده اند مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر به منظور پیش بینی حداکثر دمای خاک متغیرهای هواشناسی منطقه زهک مورد بررسی و چندین شبکه عصبی برآورد گردید. نتایج حاکی از آن بود که روش شبکه عصبی بصورت موفقیت‌آمیزی در تخمین حداکثر دمای خاک می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.. با تحلیل و پردازش نتایج حاصل از سنجش این شبکه ها در بین ۸ مدل بدست آمده شبکه سوم با داده‌های ورودی سال، ماه، روز، حداکثر دمای هوا ، میانگین دمای هوا، حداقل دمای هوا، می‌تواند بهترین نتیجه را در پیش‌بینی دمای حداکثر خاک ارائه دهد. این شبکه می‌تواند برای آن دسته از کسانی که در نقاط فاقد ایستگاه هستند یا به ایستگاه سینوپتیک دسترسی ندارند برای تعیین حداکثر دمای خاک قابل استفاده باشد.

منابع

بایبوردی، م. ۱۳۷۲. فیزیک خاك کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.

پیله‌ورشهری، ا.، ایوبی، ش.، خادمی، ح. ۱۳۸۹. مقایسه مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره در پیش‌بینی کربن آلی خاک به کمک داده‌های آنالیز سطح زمین. نشره آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۶، صفحه‌های ۱۱۵۱ تا ۱۱۶۳

جعفری گلستانی، م.، رائینی سرجاز، م. و ضیاءتباراحمدی، م. ۱۳۸۶. برآورد دمای ژرفای خاک با بهره گیری ازروش تجزیه منحنی و همبستگی‌های رگرسیونی برای شهرستان ساری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی(ویژه نامه زراعت واصلاح نباتات) شماره ۱، صفحه‌های ۱۱۲ تا ۱۲۳

سبزی پرور، ع. طبری، ح. و آیینی ع. ۱۳۸۹. برآوردمیانگین روزانه دمای خاك درچند نمونه اقلیمی ایران بااستفاده از داده‌های هواشناسی. علوم وفنون کشاورزی ومنابع طبیعی، علوم آب و خاك، سال چهاردهم، شماره ۵۲
علیزاده، ا. ۱۳۹۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
علی‌صوفی، م. و بامری، ا. ۱۳۹۳. پیش‌بینی حداکثر دمای سطح خاک به روش رگرسیون خطی چند متغیره در اراضی دشت سیستان. کنگره ایتحصال آب و آبخیزداری، دانشگاه بیرجند، بیرجند
مزیدی.ا. و فلاح زاده، ف. ۱۳۹۰. تحلیل روند دمای سالانه ی خاک در ایستگاه یزد. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۴، پاییز ۹۰
یزدانی، و.، نظرجانی، م.، فاظلی، ا. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی رابطه دما در عمق‌های مختلف خاک و دمای هوا با استفاده از شبکه عصبی و رگرسیون. اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان
Aldridge R. and Cook, FJ. ۱۹۸۳. Estimation of soil temperatures at ۰.۱m and ۰.۳m depths. New Zealand Soil Bureau Scientific Report, ۶۲ : ۱۸.
Ghuman, B S. and R. Lal. ۱۹۸۲. Temperature regime of a tropical soil in relation to surface condition and airtemperature and its Fourier analysis. Soil Sci, ۱۳۴: ۱۳۳-۱۴۰.
Maclean, SF. and Ayres, MP. ۱۹۸۵. Estimation of soil temperature from climatic variables at Barrow, Alaska, USA. Arctic and Alpine Research, ۱۷: ۴۲۵-۴۳۲.
Nielsen, D R. and Bouma, J. ۱۹۸۵. Soil Spatial Variability In: Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSSA. Pudoc, Wageningen, Las Vegas, USA
Plauborg, F. ۲۰۰۲. Simple model for ۱۰ cm soil temperature in different soils with short grass. European Journal of Agronomy, ۱۷: ۱۷۳-۱۷۹.

Abstract

soil temperature is one of the most important characteristics soil is the origin of the major effects on different processes, physical, chemical and biological of soil and has special role in the exchange of energy between the soil and the atmosphere. Since soil temperature measured at the cinoptic country stations of the country, Its deficiency is one of the major challenges in locations without stations in many studies related to agricultural science But soil temperature with statistical methods can also be estimated.. In this study, some models have been suggested to estimate the maximum soil temperature with the using of Zahak continental aerology station data during two years several networkshave been proposed. In this networks, the maximum soil temperature has been considered as inputting data variables and other aerology variables has been input to network in sequence and according to maximum correlation with soil temprature and results were derivated and grouped at statistic scals in the Finally, on the computational results of third network as the optimal model.