



## ارائه روابط رگرسیونی جهت برآورد میانگین فصلی دمای روزانه خاک در یک منطقه مرطوب

محمدباقر آقاجانلو\* و حسین طبری

دانش آموختگان کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

\* [mba\\_aghajan@yahoo.com](mailto:mba_aghajan@yahoo.com)

### چکیده

در این مطالعه، رابطه بین دمای خاک و سه پارامتر دمای هوا، فشار هوا و فشار بخار اشباع بررسی گردیده و روابط تجربی بر اساس سه پارامتر فوق برای تخمین دمای خاک در اعماق 5، 10، 20، 30، 50 و 100 سانتی‌متری بدست آمدند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده بیشترین همبستگی برای دمای هوا در فصل پاییز با متوسط ضریب تعیین 0/83 و کمترین همبستگی برای فشار هوا در فصل زمستان با متوسط ضریب تعیین 0/032، با دمای خاک بود. در این تحقیق همچنین، آماره‌های اعتبارسنجی روابط پیشنهادی، در عمق‌های مختلف و فصول مختلف سال مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: پارامترهای هواشناسی، دمای خاک، رگرسیون خطی چندمتغیره، منطقه مرطوب

### مقدمه

دمای خاک و میزان تغییرات آن به طور مستقیم و غیرمستقیم بر مقدار و جهت فرآیندهای فیزیکی خاک، رشد گیاهان و توسعه ریشه‌ها مؤثر است (علیزاده، 1383). درجه حرارت یک نقطه از خاک ممکن است به دلایل مختلف از جمله مبادله گرما با هوا (ترکیبی از هدایت گرما و جابجایی آن)، مبادله گرما با محیط (تشعشع)، جریان گرما در درون خاک (هدایت گرما) و فرایندهای فیزیکی و شیمیایی گرمازا یا گرماگیر (برای مثال تبخیر، خیس شدن و میعان) دچار تغییرات گردد (محبوبی، 1368). بدلیل محدودیت در اندازه‌گیری مستقیم دمای خاک، با برآورد آن از روش‌های غیرمستقیم، می‌توان خلا آماری موجود را جبران نمود. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه برآورد دمای خاک در ایران (ادیب عباسی، 1385؛ جعفری گلستانی و همکاران، 1386؛ ثنائی نژاد و همکاران، 1387؛ نجفی مود و همکاران، 1387؛ سبزی پرور و همکاران، 1388، 1389) و سایر نقاط جهان (میهاکاکو، 2002؛ پلابرگ، 2002؛ ورنز و همکاران، 2006؛ طبری و همکاران، 2011) انجام شده است. این مطالعات عمدتاً به تخمین دمای خاک در مقیاس سالانه پرداخته‌اند. لذا در این تحقیق، دمای خاک در اعماق 5، 10، 20، 30، 50 و 100 سانتی‌متری به تفکیک فصول مختلف سال در ایستگاه سینوپتیک رشت با استفاده از روش رگرسیون خطی چند متغیره برآورد شده است.

### مواد و روشها

در تحقیق حاضر، دمای خاک در ایستگاه سینوپتیک رشت که در اقلیم مرطوب شمال کشور واقع شده است، در فصول مختلف سال مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، داده‌های میانگین دمای هوا، فشار هوا و فشار بخار اشباع به عنوان متغیرهای مستقل و دمای خاک به عنوان متغیر وابسته در دوره آماری ده ساله 1996-2005 که از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ شده اند، در نظر گرفته شدند. به منظور برآورد دمای خاک در اعماق 5، 10، 20، 30، 50 و 100 سانتی‌متری برای فصول مختلف سال، معادله خطی چند متغیره زیر در محیط نرم افزار MINITAB بین دمای خاک به عنوان پارامتر پیش بینی شونده و میانگین دمای هوا، فشار هوا و فشار بخار اشباع به عنوان پارامترهای پیش بینی کننده، در نظر گرفته شد.

$$Y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_0 \quad [1]$$



در این رابطه،  $Y$  متغیر پیش بینی شونده (دمای خاک بر حسب درجه سانتی گراد)،  $X_1, X_2, X_3$  و  $X_n$  متغیرهای پیش بینی کننده (پارامترهای هواشناسی)  $b_0, b_1, b_2, b_3$  ضرایب ثابت همبستگی هستند. برای ارزیابی دقت روابط تجربی ارائه شده، مقادیر میانگین روزانه دمای خاک برآورد شده با هر یک از روابط با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه گردیدند. اعتبارسنجی روابط تجربی به دست آمده با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین ( $R^2$ )، میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین انحراف خطا (MBE) انجام گرفت.

### نتایج و بحث

سبزی پرور و همکاران (1389) با بررسی رابطه دمای خاک با 7 پارامتر هواشناسی نتیجه گرفتند که دمای خاک دارای بیشترین همبستگی با پارامترهای دمای هوا، فشار بخار اشباع و فشار هوا در اقلیم مرطوب می‌باشد. بنابراین، این سه پارامتر هواشناسی جهت برآورد دمای خاک در این تحقیق بکار گرفته شدند. با استفاده از داده‌های روزانه، روابط خطی چند متغیره در منطقه مورد مطالعه، به طور مجزا در عمق‌های مورد بررسی و برای فصول مختلف سال استخراج گردیدند. در این روابط که در جداول 1 تا 4 ارائه شده اند،  $T_{S-5}, T_{S-10}, T_{S-20}, T_{S-30}, T_{S-50}$  و  $T_{S-100}$  به ترتیب، میانگین فصلی دمای روزانه خاک برآورد شده ( $^{\circ}C$ ) در اقلیم مرطوب در اعماق 5، 10، 20، 30، 50 و 100 سانتی‌متری،  $T_{avg}$  میانگین دمای هوا ( $^{\circ}C$ )،  $e_a$  فشار بخار آب (kPa) و  $P$  فشار هوا (kPa) می‌باشند.

جدول 1. آماره‌های خطاسنجی و روابط رگرسیونی در فصل بهار

رابطه رگرسیونی	n	MAE( $^{\circ}C$ )	MBE( $^{\circ}C$ )	$R^2$	عمق خاک
$T_{S-5} = -93.4 + 0.734T_{avg} + 0.919P + 4.48 e_a$	920	0/400	0/019	0/954	5
$T_{S-10} = -104 + 0.544T_{avg} + 1.03P + 5.96 e_a$	920	0/410	-0/182	0/933	10
$T_{S-20} = -94.7 + 0.396T_{avg} + 0.942P + 6.33 e_a$	920	0/414	-0/055	0/891	20
$T_{S-30} = -98.6 + 0.329T_{avg} + 0.983P + 6.73 e_a$	920	0/458	-0/082	0/881	30
$T_{S-50} = -109 + 0.222T_{avg} + 1.11P + 6.4 e_a$	920	0/562	-0/405	0/831	50
$T_{S-100} = -77.7 + 0.107T_{avg} + 0.821P + 5.18 e_a$	915	0/415	-0/106	0/754	100

n : تعداد داده‌های موجود

جدول 2. آماره‌های خطاسنجی و روابط رگرسیونی در فصل تابستان

رابطه رگرسیونی	n	MAE( $^{\circ}C$ )	MBE( $^{\circ}C$ )	$R^2$	عمق خاک
$T_{S-5} = -19.7 + 0.979T_{avg} + 0.228P - 0.19 e_a$	836	0/900	0/043	0/796	5
$T_{S-10} = -71.3 + 0.834T_{avg} + 0.749P + 0.739 e_a$	920	0/945	-0/071	0/763	10
$T_{S-20} = -85.2 + 0.56T_{avg} + 0.915P + 1.89 e_a$	894	0/981	0/040	0/664	20
$T_{S-30} = -101 + 0.555T_{avg} + 1.07P + 1.77 e_a$	920	0/945	0/356	0/677	30
$T_{S-50} = -149 + 0.532T_{avg} + 1.56P + 1.47 e_a$	920	1/242	-0/242	0/490	50
$T_{S-100} = -143 + 0.375T_{avg} + 1.49P + 2.4 e_a$	909	1/209	0/255	0/474	100

n : تعداد داده‌های موجود

همان طور که ملاحظه می‌گردد، میزان تأثیرگذاری متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در تمامی فصول با افزایش عمق، کاهش می‌یابد. روابط تجربی در اعماق 5 و 10 سانتی‌متری، به ترتیب دارای بیشترین ضریب تعیین و کمترین خطا می‌باشند. روابط به دست آمده نشان می‌دهند که با افزایش عمق خاک، همبستگی‌ها ضعیفتر شده است. به طوری که در عمق 100 سانتی متری، شاهد کمترین ضریب تعیین و بیشترین خطا هستیم. بالا بودن دقت روابط در لایه‌های سطحی خاک، به واسطه تأثیرپذیری بیشتر دمای خاک از عوامل جوی و تأخیر زمانی (Time lag) کمتر جهت انتقال



حرارت از سطح به اعماق 5 و 10 سانتی متری است. مقادیر منفی خطای MBE، حاکی از فرو برآورد (Underestimation) دمای خاک توسط روابط در اقلیم مرطوب می باشد.

جدول 3. آماره‌های خطاسنجی و روابط رگرسیونی در فصل پاییز

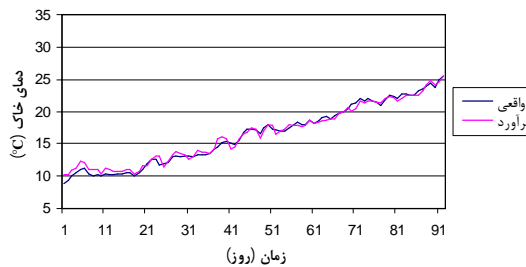
رابطه رگرسیونی	n	MAE(°C)	MBE(°C)	R <sup>2</sup>	عمق خاک
$T_{S-5} = -51.7 + 0.658T_{avg} + 0.519P + 3.71 e_a$	827	0/707	0/015	0/963	5
$T_{S-10} = -53.9 + 0.457T_{avg} + 0.55P + 5.31 e_a$	910	0/869	0/012	0/939	10
$T_{S-20} = -56.6 + 0.349T_{avg} + 0.588P + 5.75 e_a$	910	1/020	0/007	0/907	20
$T_{S-30} = -63.6 + 0.326T_{avg} + 0.67P + 5.4 e_a$	910	1/054	-0/069	0/891	30
$T_{S-50} = -76.7 + 0.302T_{avg} + 0.825P + 4.68 e_a$	910	1/143	0/003	0/833	50
$T_{S-100} = -37.8 + 0.212T_{avg} + 0.488P + 3.14 e_a$	910	0/966	-0/021	0/775	100

n : تعداد داده‌های موجود

جدول 4. آماره‌های خطاسنجی و روابط رگرسیونی در فصل زمستان

رابطه رگرسیونی	n	MAE(°C)	MBE(°C)	R <sup>2</sup>	عمق خاک
$T_{S-5} = -29.8 + 0.447T_{avg} + 0.287P + 6.15 e_a$	850	0/819	0/029	0/811	5
$T_{S-10} = -33.6 + 0.373T_{avg} + 0.329P + 6.54 e_a$	850	0/862	-0/016	0/730	10
$T_{S-20} = -44.9 + 0.301T_{avg} + 0.45P + 6.35 e_a$	850	1/004	0/005	0/661	20
$T_{S-30} = -50.3 + 0.263T_{avg} + 0.512P + 6.02 e_a$	850	1/025	0/063	0/609	30
$T_{S-50} = -46.2 + 0.197T_{avg} + 0.5P + 5.27 e_a$	839	1/126	-0/058	0/482	50
$T_{S-100} = -40.1 + 0.127T_{avg} + 0.471P + 4.23 e_a$	851	1/385	-0/028	0/254	100

n : تعداد داده‌های موجود



شکل 1- نمودار مقایسه‌ای مقادیر واقعی و برآورد شده دمای خاک در عمق 5 سانتی متری برای فصل بهار

نتایج ارائه شده در جداول 1 تا 4، نشان‌دهنده آن است که برای تمامی اعماق در فصل بهار، ضریب تعیین دارای بیشترین مقدار و خطاهای MAE و MBE دارای کمترین مقدار هستند. سبزی پرور و همکاران (1389) نشان دادند که روابط تجربی ارائه شده در عمق 10 سانتی متری نسبت به بقیه اعماق بیشترین ضریب تعیین و کمترین خطا را داشته است. در حالی که با تفکیک فصل‌ها از همدیگر، چنین نتیجه‌ای حاصل نشده و برای تمامی فصول سال، ضریب تعیین دارای روند نزولی از عمق 5 سانتی متری تا 100 سانتی متری می باشد. همچنین کمترین مقادیر خطای MAE در تمامی فصول برای عمق 5 سانتی متری بدست آمده است. با این حال کمترین خطای MBE در فصل زمستان در عمق 20 سانتی متری و در فصل بهار در عمق 5 سانتی متری رخ داده است. این خطا همچنین برای فصول تابستان و پاییز به ترتیب در اعماق 20 و 50 سانتی متری رخ داده است که روند خاصی را نشان نمی دهد. به منظور بررسی میزان همبستگی و مطابقت مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده دمای خاک، نمودار مقایسه‌ای برای اعماق مختلف خاک و فصول سال به صورت سری زمانی ترسیم شده و مشاهده گردید که روند تغییرات زمانی دمای خاک برای مقادیر برآورد



شده و اندازه گیری شده کاملاً مشابه بوده و روابط ارائه شده به خوبی قادر به برآورد دمای خاک در اعماق مختلف هستند. در شکل 1، نتایج بدست آمده برای عمق 5 سانتی متری در فصل بهار به عنوان نمونه ارائه شده است.

### نتیجه گیری

در این تحقیق، میزان تأثیر متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در فصول مختلف، مقادیر متفاوتی را نشان دادند. در همه فصول، میانگین دمای هوای روزانه، بیشترین همبستگی و فشار هوا کمترین همبستگی را با دمای خاک در اقلیم مورد مطالعه نشان دادند. بررسی آماره‌های خطاسنجی نشان داد که با افزایش عمق، میزان تأثیر متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در هر چهار فصل سال کاهش می‌یابد. همچنین، روابط تجربی ارائه شده در اعماق 5 و 10 سانتی متری، بیشترین همبستگی و در عمق 100 سانتی متری کمترین همبستگی را با متغیرهای هواشناسی ارائه نمودند. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین همبستگی بین پارامترهای دمای هوا، فشار هوا و فشار بخار اشباع با دمای خاک، در فصل پاییز و کمترین همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک در فصل زمستان رخ داده است. انجام مطالعات مشابه جهت برآورد دمای خاک در فصول مختلف در دیگر اقلیم‌های کشور توصیه می‌گردد.

### منابع مورد استفاده

- ادیب عباسی م.، 1385. بررسی روابط بین رژیم دمایی اعماق خاک با دمای هوا (اسکرین) و تعیین عمق یخبندان در استان کردستان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ثنائی نژاد ح.، ادیب عباسی م.، موسوی بایگی م.، و حیدری گندمان م. ط. 1387. بررسی رژیم دمایی هوا و اعماق خاک و تعیین توابع نوسانات ادواری آنها در ایستگاههای استان کردستان. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه آب و خاک، جلد 22، 25-33.
- جعفری گلستانی، م.، م. رائینی سر جاز و م. ضیاء تبار احمدی. 1386. برآورد دمای ژرفای خاک با بهره گیری از روش تجزیه منحنی و همبستگی های رگرسیونی برای شهرستان ساری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات) 1 (5): 112-123.
- سبزی پرور، ع. ا.، ح. زارع ابیانه، و م. بیات ورکشی. 1388. مقایسه یافته های مدل شبکه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی با مدل‌های رگرسیونی به منظور برآورد دمای خاک در سه اقلیم متفاوت. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) 24(2): 274-285.
- سبزی پرور، ع. ا.، ح. طبری، و ع. آیینی. 1389. برآورد میانگین روزانه دمای خاک در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از داده های هواشناسی. مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). 52: 125-137.
- علیزاده، ا. 1383. فیزیک خاک، انتشارات آستان قدس رضوی، 438 صفحه.
- محبوبی، ع. ا.، نادری، ع. ا. 1368. فیزیک خاک کاربردی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- نجفی مود، م. ح. ا.، علیزاده، ا. محمدیان و ج. موسوی. 1387. بررسی رابطه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک و برآورد عمق یخبندان (مطالعه موردی استان خراسان رضوی). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) 22(2): 456-466.
- Mihalakakou, G. 2002. On estimating soil surface temperature profiles, Energy and Building. 34, 251-259.
- Plauborg, F. 2002. Simple model for 10 cm soil temperature in different soils with short grass. Eur. J. Agron. 17: 173-179.
- Tabari, H., Sabziparvar, A.A., Ahmadi, M. 2011. Comparison of artificial neural network and multivariate linear regression methods for estimation of daily soil temperature in an arid region. Meteorology and Atmospheric Physics 110:135-142.
- Veronez, M. R., Thum, A. B., Luz, A. S., Da Silva, A. R. 2006. Artificial Neural Networks applied in the determination of Soil Surface Temperature. 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences. Lisbon, Portugal.



دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران  
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390  
(فیزیک خاک و رابطه آب خاک و گیاه)