

مدلسازی عددی دمای سطح خاک

محمد تقی زمانیان^۱، الهام مبارک حسن^۲

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۵/۴/۷)

پیش بینی دمای حداقل شبانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مهمترین کاربرد آن در بخش کشاورزی است. اولین گام در پیش بینی دمای حداقل شبانه، پیش بینی دمای سطح خاک می‌باشد. پیش بینی دمای سطح خاک توسط عوامل هواشناختی و با استفاده از روش ترازمندی کارمایه سطحی انجام می‌شود. در این مطالعه با استفاده از معادله کارمایه سطحی مدلی ایجاد شده و بر اساس آن دمای سطح خاک پیش بینی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سرعت قائم بالاسو، شارگرمای بالاسو نیز افزایش می‌یابد و عاملی در جهت کاهش دما می‌باشد. به علاوه با کاهش انرژی تابشی رسیده به سطح زمین دمای سطح کاهش می‌یابد. از جمله عوامل موثر در کاهش تابش خورشیدی پوشش ابری آسمان و دید افقی است. مقادیر دیدبانی شده و نتایج حاصل از مدل با داده‌های میدانی یک ساعته مورد مقایسه قرار گرفته و با یکدیگر تفاوت دارند. با توجه به منابع خطاهای موجود تفاوت نتایج قابل قبول است. یکی از مهم ترین دلایل تفاوت نتایج به کار گرفتن ایستگاه ژئو فیزیک به منظور ایجاد شبکه و محاسبات عددی است. زیرا فاصله ایستگاه یاد شده تا ایستگاه شمیران برای محاسبه مربوط به دمای سطح و یا تراز مرجع بسیار زیاد است. در صورتی که مقدار صحیح عوامل مرتبط با دما با صحت بیشتری برآورد شود، دمای سطح زمین نیز با دقت بهتری بدست می‌آید.

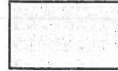
چکیده

*

*

*

کلمات کلیدی: دمای سطح زمین، تشعشع خالص، تشعشع زمین، انتقال حجمی، شارگرمای محسوس، دمای پیش بینی، دمای دیدبانی شده.



مقدمه

در مطالعه حاضر دمای سطح خاک، دمای هوا در پنج سانتی متری سطح زمین در نظر گرفته می شود. به همین دلیل در متن دمای سطح زمین به کار رفته است. متداول ترین روش پیش بینی دمای سطح زمین روش های تجربی برانت و انگستروم بوده است. در ایران در زمینه پیش بینی دمای حداقل یا دمای سطح خاک مطالعات عددی و محاسباتی انجام نشده است. مطالعات انجام شده مبتنی بر روش های شبکه عصبی و یا روش های آماری می باشد. در این زمینه مهدویان مطالعه ای با عنوان «پیش بینی محلی دمای حداقل شبانه روزی در منطقه کرج» انجام داده که در آن از روش شبکه مصنوعی و روابط تجربی برانت استفاده کرده است [۲]. مطالعه دیگر با عنوان «مطالعه دمای اعماق مختلف خاک در تهران و همدان» توسط ابراهیمی انجام شده و در آن روش آماری به کار گرفته شده است [۱].

پیش بینی عددی دمای سطح زمین مستلزم آگاهی نسبت به عوامل موثر در دما می باشد. در این مطالعه با استفاده از عوامل مرتبط مدلی ایجاد شده و بر اساس آن دمای سطح زمین طی روز پیش بینی شده است. در مدل مورد بحث به منظور پیش بینی دمای سطح زمین، معادله ترازمندی کارمایه به کار گرفته شده است. در معادله ترازمندی کارمایه سه موضوع تابش و تشعشع، محاسبه شارهای سطحی و عوامل مرتبط هواشناسی کشاورزی نهفته است. هر یک از عوامل یاد شده با توجه به دستورهای مرتبط، محاسبه می شوند. ساتن در سال ۱۹۵۳ معادله ترازمندی کارمایه را مطرح نموده است [۶]. محاسبه شارسطحی توسط نظریه انتقال حجمی انجام می شود که شرح نظریه در آریا (۱۹۸۳) مطرح شده است [۳]. روابط دقیقی تر محاسبه شارهای سطحی در سال ۲۰۰۰ توسط ونزل و همکاران ارائه شده است [۷]. اقبال (۱۹۸۳) نیز روابط شار خالص را مطرح کرده است [۴]. به این ترتیب با محاسبه چهار عامل موجود در معادله ترازمندی کارمایه می توان دمای سطح زمین را به دست آورد. در انتها نیز به منظور پیش بینی دمای تراز مرجع که یکی از عوامل مهم در پیش بینی دمای سطح زمین می باشد، روش عددی سه تراز-مرکزی به کار گرفته شده است.

مواد و روش ها

معادله ترازمندی کارمایه شامل چهار مولفه تشعشع خالص $R_{\text{ن}}$ ، شارهای گرمای محسوس H ، نهمان E و درون زمین G می باشد [۶].

$$R_{\text{ن}} + H + E + G = 0 \quad (۱)$$

چهار مولفه فوق در ترازمندی هستند. اولین مولفه معادله (۱) تشعشع خالص بوده و توسط معادله ترازمندی تابشی در سطح زمین به دست می آید [۳].

$$R_{\text{ن}} = F_{\text{s}\downarrow} + F_{\text{s}\uparrow} + F_{\text{l}\downarrow} + F_{\text{l}\uparrow} \quad (۲)$$

$F_{\text{s}\downarrow}$ تابش کلی پائین سو و $F_{\text{s}\uparrow}$ بازتاب تابش کلی از سطح زمین است. دو مولفه دیگر به ترتیب تشعشع زمین و تشعشع جو معرفی می شوند. تابش کلی رسیده به سطح زمین شامل دو بخش تابش مستقیم و تابش انتشار یافته می باشد. به منظور محاسبه تابش کلی روش ارایه شده توسط پالتریج و پلات به کار گرفته می شود [۴].

$$i_b = i_n E \cdot \cos \theta_z \quad (۳)$$

i_b و i_n به ترتیب تابش رسیده به سطح زمین و تابش رسیده به سطح افقی زمین، E تصحیح فاصله زمین و خورشید و θ_z زاویه اوج خورشید است [۵].

دو مولفه دیگر معادله (۱) شار گرمای محسوس و نهمان می باشند. به منظور محاسبه دو شار یاد شده، روش انتقال حجمی به کار گرفته شد [۷].

$$E = \rho L_v C_w U_m (q_s - q) \quad (۴)$$

$$H = \rho c_p C_H U_m (\theta_s - \theta) \quad (۵)$$

ρ چگالی هوا، c_p ظرفیت گرمایی در فشار ثابت، U_m میانگین باد، θ_0 و θ دمای نهفته در سطح زمین و تراز مرجع، q_0 و q نم و یژه در سطح زمین و تراز مرجع و C_H و C_w ضرایب انتقال حجمی شار گرمای محسوس و گرمای نهمان معرفی می شوند.

آخرین مولفه معادله (۱) شار گرمایی درون زمین بوده و توسط معادله ذیل داده شده است [۳].

$$G = k_G \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (۶)$$

k_G ضریب انتشار گرمایی زمین بوده و با توجه به نوع زمین تعیین می‌گردد. به دلیل محدودیت در داده‌ها، پیش بینی دمای سطح زمین مستقلاً میسر نمی‌باشد. بنابراین ابتدا دمای تراز مرجع و سپس توسط آن دمای سطح زمین پیش بینی شده است. دمای تراز مرجع به کمک رابطه زیر پیش بینی می‌شود.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -u \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) - v \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) - w \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) + k_x \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) + k_y \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + k_z \left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{J}{c_p} \quad (7)$$

دمای سطح زمین ابتدا توسط داده‌های اولین ساعت تعیین شده و سپس با قرار گرفتن در معادله بالا دمای تراز مرجع در گام بعدی پیش بینی می‌گردد.

مطالعه موردی کاربرد مدل در ایستگاه شمیران

شرایط اولیه

داده‌های اولیه ورودی مدل از دو نوع ثابت و متغیر می‌باشد. داده‌های ثابت شامل بلندی ناهمواری $Z_0 = 0.04$ متر، ثابت هوا (ژول بر کیلوگرم بر درجه کلوین) $R = 287.04$ ، ظرفیت گرمایی در فشار ثابت $c_p = 1005$ (ژول بر کیلوگرم بر درجه کلوین)، ثابت فون کارمن $k = 0.4$ ، ارتفاع ده متری برای Z_{10} و ارتفاع دومتری برای Z ارتفاع تراز مرجع در نظر گرفته شده‌اند. برخی داده‌ها نیز داده‌های متغیر مدل می‌باشند که در بخش آتی معرفی می‌گردند. دمای تراز مرجع نیز به عنوان ورودی مدل و داده در اولین گام زمانی می‌باشد.

شرایط مرزی

ایستگاهی که می‌توان داده‌های آن را به عنوان نقطه قبلی شبکه بکار برد ایستگاه ژئوفیزیک می‌باشد. داده‌های ایستگاه ژئوفیزیک در دو راستای شرق سو و شمال سو به عنوان نقاط قبلی شبکه در مدل به کار گرفته شد. در محاسبات مدل، دما در نقاط جلویی شبکه نیز لحاظ می‌گردد. از آن جا که ایستگاه دیگری جلوتر از ایستگاه شمیران در راستاهای شرق سو و شمال سو وجود ندارد، لذا دما در نقاط بعدی شبکه در دسترس نمی‌باشد. به منظور حل این مشکل، مرزها در دو راستای

شرق سو و شمال سو مرز باز در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب داده‌های ایستگاه مبدا در نقاط بعدی در دو راستا به کار می‌روند. در مورد راستای قائم نیز به همین ترتیب عمل می‌شود.

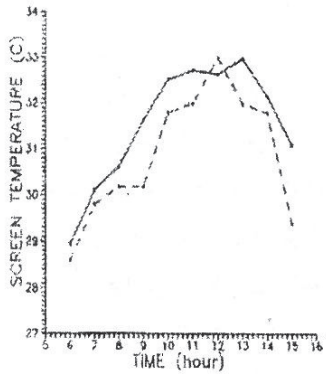
بحث

داده‌های روز ۱۴ شهریور ماه ۱۳۸۰ به عنوان اولین انتخاب در نظر گرفته شد. داده‌ها از ساعت شش صبح^۱ تا پانزده به فاصله زمانی یک ساعت به عنوان ورودی مدل در هر ساعت استفاده شد. جدول ۱ کمیت‌های اندازه‌گیری شده روز چهاردهم شهریور ماه در ایستگاه شمیران و جدول ۲ مقادیر به دست آمده مدل را نشان می‌دهند. که عوامل موجود در جدول ۲ عبارتند از: T_{gs} دمای پیش بینی شده سطح زمین، T_{zs} دمای پیش بینی شده دمای تراز مرجع، H_s شار گرمای محسوس، E_s شار گرمای نهان، k پارامتر پایداری و W سرعت قائم. در شکل ۱ دمای پیش بینی شده و دمای دیدبانی سطح زمین مورد قیاس قرار گرفته است. خط پر دمای پیش بینی شده و خط چین دمای دیدبانی را نشان می‌دهد. تفاوت‌هایی بین این دو دما مشاهده می‌شود که در ذیل به بررسی علت وجود این تفاوت‌ها پرداخته شده است. همان گونه که از جدول ۲ مشاهده می‌شود، از ساعت ده به بعد تا ساعت سیزده سرعت قائم بالاسو وجود داشته است، از طرفی شار گرمای بالاسو نیز نسبت به گرمای نهان افزایش نشان می‌دهد.^۲ با افزایش شار گرمای بالاسو، تبادل گرما بیشتر شده و هوای گرم از نزدیکی سطح زمین با سرعت بیشتری به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابد. پس از جابجایی هوای گرم نزدیک سطح، هوای سرد جایگزین می‌شود. استقرار هوای سرد باعث می‌شود، سطح زمین با آهنگ سریع تری تشعشع نماید. به همین دلیل آهنگ کاهش دما افزایش می‌یابد. در ساعت سیزده سرعت قائم پایین سو بوده و جو حالت پایدار نشان می‌دهد. در ساعت چهارده سرعت قائم بالاسو بوده و ناپایداری جو بسیار ناچیز است. به همین دلیل آهنگ کاهش دما کمتر می‌شود. بنابراین کاهش دما طی ساعات ده تا سیزده مشاهده می‌گردد.

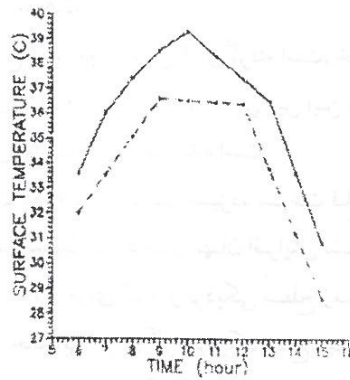
۱- ساعات قید شده با ساعت U.T.C (گرینویچ) می‌باشند که چهار ساعت و نیم با ساعت تابستانی محلی تفاوت دارند $(06(U.T.C)=10.5)$

۲- لازم به ذکر است، از آن جا که داده‌های هر ساعت برای پیش بینی ساعت آینده استفاده می‌شود، مقادیر ثبت شده در هر ساعت مربوط به داده‌های ساعت گذشته می‌باشد. به عنوان مثال مقادیر پیش بینی شده در ساعت (08) توسط داده‌های ساعت (07) انجام شده است

شکل ۲ منحنی دمای تراز مرجع را نشان می‌دهد. خط پر مقادیر دمای حاصل از مدل و خط خط چین مقادیر دمای دیدبانی را نشان می‌دهند. دمای تراز مرجع اندازه گیری شده در ساعت دوازده به بیشینه مقدار رسیده است اما نتایج حاصل از مدل از ساعت یازده تا دوازده روند کاهشی داشته و در ساعت سیزده به بیشینه می‌رسد. از آن جا که پیش بینی دمای تراز مرجع توسط داده‌های ایستگاه ژئوفیزیک انجام می‌شود، با افزایش دما در ایستگاه ژئوفیزیک افزایش دما در ایستگاه شمیران مشاهده خواهد شد. اما در صورتیکه دمای ایستگاه ژئوفیزیک در ساعات متوالی یکسان باقی مانده و تغییر نداشته باشد، دمای پیش بینی شده شمیران نیز آهنگ افزایشی نخواهد داشت.



شکل ۲- مقایسه دمای دیده بانی شده و پیش بینی شده تراز مرجع (۱۴ شهریور ۱۳۸۰)



شکل ۱- مقایسه دمای دیدبانی شده و پیش بینی شده در سطح زمین (۱۴ شهریور ۱۳۸۰)

جدول ۱- کمیت‌های اندازه‌گیری شده در روز چهاردهم شهریور ماه ۱۳۸۰
(دما بر حسب درجه سلسیوس، دید افقی بر حسب متر و سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه)

U _G (متر بر ثانیه)	T _{ZG} (سلسیوس)	VIZ (متر)	پدیده	1/n	U _A (متر بر ثانیه)	T _{WA} (سلسیوس)	T _{ZA} (سلسیوس)	T _{W0} (سلسیوس)	T _g (سلسیوس)	کمیت (ساعت)
2	29.2	10000		0	2	15	28.6	18	32	06
4	29.8	10000		0	2	16	29.8	18.13	33.53	07
3	30.2	10000		0	3	15.8	30.2	18.2	35.06	08
4	31.6	10000		0	2	15.8	30.2	18.4	36.6	9
7	32.6	10000		0	4	16.4	31.8	18.53	36.53	10
5	32.6	10000		0	5	16	32	18.66	36.47	11
6	32.6	10000		0	6	15.4	33	18.8	36.4	12
8	33	10000		0	4	15.6	32	17.8	33.8	13
6	32.2	10000		0	3	15.6	31.8	16.8	31.2	14
4	31.2	10000		0	3 calm	15	29.4	15.8	28.6	15

همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، دمای ایستگاه ژئوفیزیک طی ساعات ده تا دوازده یکسان بوده و تغییر ندارد و از طرفی دمای ایستگاه شمیران در ساعت دوازده بیشتر از دمای ژئوفیزیک می‌باشد.

دومین روز مورد بررسی پانزدهم شهریور ماه است. جدول ۳ مقادیر دیدبانی کمیات را در این روز نشان می‌دهد. در جدول ۴ مقادیر کمیات حاصل از نتایج مدل ارایه شده است. در شکل ۳ دمای سطح زمین حاصل از پیش‌بینی با مقدار دیدبانی دما مقایسه شده است. خط پر دمای پیش‌بینی و خط چین دمای دیدبانی را نشان می‌دهد. در شکل یاد شده و در ساعت شش دمای

پیش بینی شده با دمای دیدبانی تفاوت محسوسی دارد. در ساعات هفت تا هشت دمای پیش بینی روند طبیعی تری داشته و از ساعت نه به بعد تا ساعت یازده افت دمای محسوسی وجود دارد. با توجه به مقادیر اندازه گیری شده در جدول ۳ از ساعت هفت تا ساعت یازده دید کمتر از هشت هزار متر بوده است. از جدول ۴ مشاهده می شود که میزان تابش رسیده به سطح زمین کاهش دارد. اگر میزان کارمایه رسیده به سطح زمین کاهش یابد، جذب توسط سطح زمین نیز کاهش یافته و افزایش دمای سطح زمین رخ نخواهد داد. در جدول ۴ از ساعت هفت تا ساعت نه سرعت قائم پائین سو مشاهده می شود، گرچه در طی این ساعات سرعت قائم پائین سو وجود دارد و عاملی در جهت افزایش دما می باشد.

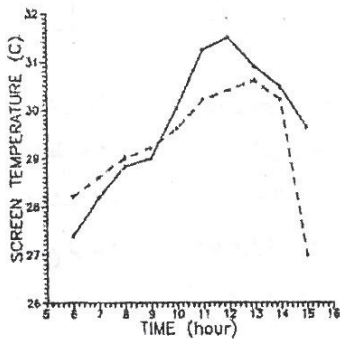
جدول ۲- کمیت های پیش بینی شده روز چهاردهم شهریور ماه ۱۳۸۰

(دما بر حسب درجه سلسیوس، شار گرمای محسوس و نهان بر حسب وات بر مترمربع و سرعت قائم بر حسب متر بر ثانیه)

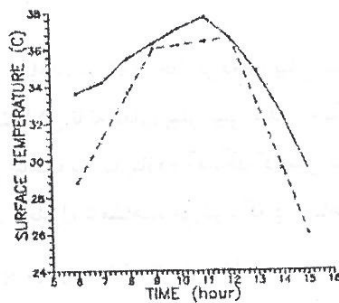
W (متر بر ثانیه)	ζ	E_s (متر بر مجذور ثانیه)	H_s (متر بر مجذور ثانیه)	T_{Zs} (سلسیوس)	T_{gs} (سلسیوس)	کمیت (ساعت)
$10^{-4} \times -1.2$	$10^{-3} \times 2.9$	249	166	28.94	33.60	06
$10^{-4} \times -1.2$	$10^{-3} \times 5.8$	287	186	30.12	36	07
$10^{-5} \times 4.5$	$10^{-3} \times -2.4$	275	223	30.62	37.40	08
$10^{-6} \times -2.5$	$10^{-5} \times 4.5$	276	228	31.10	38.10	8:30
$10^{-6} \times -2.5$	$10^{-5} \times 5.2$	272	223	31.64	38.50	9
$10^{-5} \times -8.9$	$10^{-3} \times 7.5$	254	204	32.53	39.30	10
$10^{-5} \times 7.7$	$10^{-4} \times -8.6$	215	179	32.72	38.30	11
$10^{-5} \times 1.64$	$10^{-5} \times -9.4$	151	152	32.65	37.40	12
$10^{-5} \times 2.2$	$10^{-5} \times -7.7$	62	113	32.99	36.50	13
$10^{-5} \times -6.4$	$10^{-4} \times 6.7$	-8	43	32.16	33.60	14
$10^{-5} \times 5$	$10^{-3} \times -10$	-61	-12	31.10	30.80	15

اما با توجه به افت دمای ساعات یاد شده به نظر می‌رسد کاهش تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین در افت دما نقش غالب را نسبت به سرعت قائم پائین سو دارد. در ساعات انتهایی پیش بینی سرعت قائم بالا سو است و افزایش شار و کاهش دما در سطح زمین رخ داده است. اندازه سرعت قائم بالا سو بسیار کوچک است و افت دما انتظار می‌رود. در شکل ۴ دمای پیش بینی شده تراز مرجع با دمای اندازه گیری شده در ایستگاه مقایسه شده است. خط پر دمای پیش بینی شده و خط چین دمای دیدبانی را نشان می‌دهد. دمای پیش بینی کمتر از دمای دیدبانی است. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌گردد که دمای ایستگاه شمیران نسبت به ایستگاه ژئوفیزیک بیشتر است و این وضعیت تا ساعت نه ادامه دارد. به این ترتیب با وجود چنین شرایطی فرارفت هوای سرد بر روی ایستگاه شمیران رخ خواهد داد. از آن جا که دمای تراز مرجع شمیران با توجه به دمای ایستگاه ژئوفیزیک انجام می‌شود، کاهش دمای پیش بینی شده تراز مرجع ایستگاه شمیران انتظار می‌رود. در ساعات بعدی که دمای ایستگاه ژئوفیزیک بیشتر از دمای ایستگاه شمیران می‌شود، دمای پیش بینی شده تراز مرجع از دمای دیدبانی شده بیشتر می‌گردد.

سومین مورد بررسی، شانزدهم شهریور ماه همان سال است. جدول ۴ مقادیر دیدبانی شده و جدول ۵ مقادیر حاصل از مدل را نشان می‌دهند.



شکل ۴- مقایسه دمای دیده بانی شده و پیش بینی شده تراز مرجع (۱۵ شهریور ۱۳۸۰)



شکل ۳- مقایسه دمای دیدبانی شده و پیش بینی شده در سطح زمین (۱۵ شهریور ۱۳۸۰)

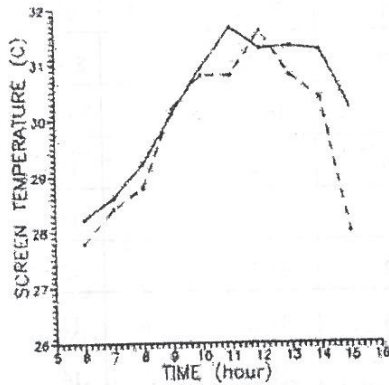
جدول ۴- کمیت‌های پیش بینی شده روز پانزدهم شهریور ماه ۱۳۸۰

(دما بر حسب درجه سلسیوس، شار گرمای محسوس و نهان بر حسب وات بر مترمربع و سرعت قائم بر حسب متر بر ثانیه)

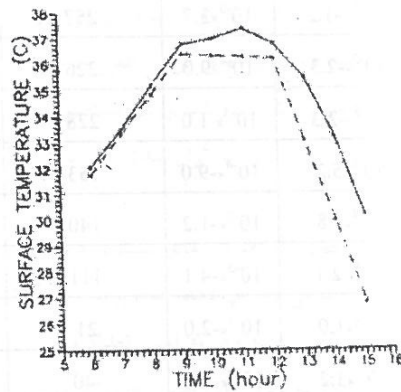
W (متر بر ثانیه)	ζ	E_s (متر بر مجذور ثانیه)	H_s (متر بر مجذور ثانیه)	T_{Zs} (سلسیوس)	T_{gs} (سلسیوس)	کمیت (ساعت)
$10^{-4} \times 1.2$	$10^{-4} \times 5.8$	247	177	27.38	33.60	06
$10^{-4} \times 1.2$	$10^{-4} \times 5.8$	282	199	28.19	34.20	07
$10^{-5} \times 4.1$	$10^{-4} \times 9.8$	269	218	28.82	35.50	08
$10^{-5} \times 7.0$	$10^{-3} \times 1.7$	252	236	28.89	36.20	8:30
$10^{-6} \times 7.0$	$10^{-3} \times 1.8$	252	235	28.99	36.30	9
$10^{-4} \times 1.3$	$10^{-3} \times 6.0$	203	240	30.04	37.10	10
$10^{-5} \times 2.3$	$10^{-4} \times 4.2$	171	212	31.23	37.70	11
$10^{-5} \times 2.4$	$10^{-3} \times 1.6$	117	167	31.48	36.60	12
$10^{-5} \times 6.7$	$10^{-3} \times 1.2$	38	125	30.90	34.80	13
$10^{-5} \times 6.4$	$10^{-3} \times 1.03$	-24	61	30.46	32.40	14
$10^{-5} \times 5.4$	$10^{-4} \times 6.7$	-72	-3	29.64	29.60	15

در شکل ۵ دمای پیش بینی و دیدبانی در سطح زمین مشاهده می‌شود. خط پر دمای پیش بینی و خط چین دمای دیدبانی را نشان می‌دهند. از ساعت شش تا نه دمای پیش بینی شده آهنگ افزایشی داشته، اما نسبت به حالت آرمانی افت دارد. طی ساعت نه تا یازده آهنگ کاهش دما سریع تر بوده و افت دما افزایش یافته است. پس از بررسی جدول ۵ مشاهده می‌شود که در ساعت نه پوشش ابری ($\frac{2}{8}$) گزارش شده و پوشش ابر نسبت به دیگر ساعات افزایش نشان می‌دهد. در جدول ۶ مقادیر حاصل از مدل مشاهده می‌شود که در فاصله زمانی ساعت نه تا یازده تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین نسبت به روزهای دیگر کاهش یافته است. به علاوه در ساعت نه سرعت قائم بالاسو وجود داشته و میزان شار بالا سو بیشینه مقدار را دارد. در ساعات قبل از ساعت نه سرعت قائم پایین سو وجود داشته است. سرعت قائم بالاسو در ساعت نه نسبت به ساعات دیگر

و کاهش تابش کلی رسیده به سطح زمین آهنگ افزایشی کاهش دما را توجیه می‌کند. بعد از ساعت یازده افت دما آهنگ طبیعی دارد. در شکل ۶ دمای پیش بینی شده و دمای دیدبانی در تراز مرجع نشان داده شده است. خط پر دمای پیش بینی و خط چین دمای دیدبانی را نشان می‌دهد. در ساعت دوازده بیشینه دمای تراز مرجع دیدبانی شده مشاهده می‌شود، در حالی که طی ساعت فوق دمای پیش بینی شده کاهش یافته است.



شکل ۶- مقایسه دمای دیده بان‌ی شده و پیش بینی شده تراز مرجع (۱۶ شهریور ۱۳۸۰)



شکل ۵- مقایسه دمای دیدبانی شده و پیش بینی شده در سطح زمین (۱۶ شهریور ۱۳۸۰)

منابع

- ۱- ابراهیمی، اسدا...، ۱۳۷۴، مطالعه دمای اعماق مختلف خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ۲- مهدویان، مسعود، ۱۳۷۸، پیش بینی محلی دمای حداقل شبانه روزی در منطقه کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.
3. Aray, S., 1983, Introduction to Micrometeorology, Academic Press, 420 pp.
4. Igbal, M., 1983, An Introduction to Solar Radiation., Academic Press, 293 pp.
5. Paltridge, G.W. and Platt, C.M.R., 1976, Radiative Processes in Meteorology and Climatology Developments in Atmospheric Science. ELSIVER SCIENTIFIC, 318 pp.
6. Sutton, O.G., 1953, Micrometeorology, McGraw Hill, 333 pp.
7. Wenzel, A. and Kalthoff, N., 2000, Method for Calculating the Whole Area Distribution of Sensible and Latent Heat Fluxes Based on Climatological Observation, J. Theor and App clim.No 66, p 139-160.