Archive of SID

کاربرد حالت‌های هارگریوز- سامانی و جنسن- هیز در ارزیابی تبخیر- تعرق گیاه مرجع یونجه در اصفهان

پیام نجفی[1]

چکیده

برآورد دقیق تبخیر– تعرق، یکی از فاکتورهای اساسی در طراحی سیستم‌های آبیاری و ساختمان‌های ذخیره و انتقال آب است. روش‌های متعددی برای محاسبه تبخیر– تعرق گیاه مرجع ارایه شده است. بسیاری از روش‌ها به داده‌های متعدد هواشناسی نیازمند می‌باشد اما برخی از این داده‌ها در دسترس نیستند و به فرض دسترسی، از دقت کافی برخوردار نیستند. بنابر این روش‌های مبتنی بر حداقل داده‌های اقلیمی گسترش یافتند که روش‌های هارگریوز- سامانی و جنسن- هیز از جمله هستند. در این تحقیق، دو روش مذکور هر کدام در چهار حالت متقاوت، بر پایه داده‌های لایسیمتری گیاه مرجع یونجه واقع در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی و هواشناسی کبوترآباد اصفهان مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج این تحقیق حاکی از دقت این دو روش برای ارزیابی تبخیر-تعرق گیاه مرجع یونجه، در صورت استفاده از معادله پیشنهاد شده توسط سامانی و پسرکلی (۱۹۸۶) برای تشعشع برون زمینی، می‌باشد. در این حالت، دقت ارزیابی تبخیر و تعرق افزایش یافته و به حدود ۱۵ درصد می‌رسد. حالت‌های اخیر دارای ضریب همبستگی بالایی نسبت سایر روش‌ها بوده و در نتیجه با اصلاح خطی روابط اصلی بر مبنای داده‌های لایسیمتری منطقه، متوسط خطای نسبی تا حدود ۹ درصد کاهش می‌یابد. در نهایت بررسی‌های این تحقیق نشان داد که روابط ارایه شده آلن (۱۹۹۶) و سامانی- پسرکلی (۱۹۸۶) برای ارزیابی ضریب رابطه هارگریوز- سامانی اختلاف قابل توجهی با یکدیگر ندارند.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، گیاه مرجع یونجه، هارگریوز- سامانی، جنسن- هیز، تشعشع برون زمینی

۱- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، P-najafi@Khuisf.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و بررسی منابع

محاسبه تبخیر - تعرق یکی از اساسی‌ترین نیازهای طراحی سیستم‌های آبیاری و ساختمان‌های ذخیره و انتقال آب می‌باشد. لذا محققین بسیاری طی سالیان طولانی در تلاش بوده‌اند تا بهترین روش‌ها را بیابند و یا اینکه روش‌های موجود را مورد مقایسه قرار داده، دقیق‌ترین آن‌ها را برگزیده و برای مناطق مختلف اصلاح نمایند.

از میان روش‌های مختلف، دو روش هارگریوز- سامانی[1] و جنسن- هیز[2] از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند. زیرا ضمن آنکه از دقت نسبتاً خوبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار هستند، به داده‌های هواشناسی کمی در مقایسه با سایر روش‌ها نیازمند می‌باشند (۱۵).

روش هارگریوز- سامانی حاصل نتایج تحقیقات هارگریوز و سامانی طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۲ می‌باشد. معادله مذکور با استفاده از داده های ۸ ساله منطقه دیویس کالیفرنیا[3] توسعه یافته است. بررسی‌های مختلف خصوصاً در مناطقی چون آسپندال استرالیا[4]، لومپوت کالیفرنیا[5]، سی بورگ نیوجرسی[6]، آریزونا[7]، دامین هائیتی[8] و همچنین مقایسه با روش پنمن اصلاح شده در مناطق مختلف بنگلادش نشان می‌دهد که معادله فوق ارزیابی خوبی از تبخیر- تعرق گیاه مرجع را ارایه می‌دهد (۱۲). در ایران نیز در این زمینه تحقیقاتی صورت گرفته که از آن جمله خواجه زاده (۱۳۷٤) برای ٦٤ نقطه از ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی ایران، روش هارگریوز- سامانی را بر مبنای معادله پنمن اصلاح شده و جنسن- هیز، اصلاح کرده است. بررسی‌ها نشان می دهد که اصلاح معادله مذکور با مرجعیت روش جنسن- هیز، برای ایستگاه دانشگاه صنعتی اصفهان از موفقیت خوبی برخوردار بوده است (۲).

رابطه جنسن- هیز برای اولین بار در سال ۱۹٦۳ به چاپ رسید. این روش، حاصل ۳۰۰۰ مشاهده مربوط به تبخیر- تعرق و به وسیله آزمایش‌های نمونه‌برداری از خاک طی ۳۰ سال به‌دست آمده است. این روش بیشتر در غرب آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است (۹).

معادله هارگریوز- سامانی (۱۹۸۵) برای برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع یونجه به شکل زیر ارایه شده است (۱۱):

$$ET_0 = 0.0162 R_S (T_C + 17.8) \qquad (1)$$

که در آن:

ET_0: تبخیر- تعرق گیاه مرجع یونجه برحسب میلی‌متر بر روز

R_S: تشعشع خورشیدی برحسب میلی‌متر بر روز

T_C: میانگین درجه حرارت ماهانه بر حسب سانتی‌گراد

هارگریوز- سامانی(۱۹۸۲) رابطه زیر را برای تشعشع خورشیدی به شکل زیر ارایه داده اند (۱۰):

$$R_S = K_T R_a T D^{0.5} \qquad (2)$$

1- Hargreaves-Sammani
2- Jensen- Haise
3- Davis California
4- Aspendal Australia
5- Lompoc California
6- Seabrook New Jersey
7- Arizona
8- Damin Haiti

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن R_a تشعشع برون زمینی بر حسب میلی‌متر بر روز، TD اختلاف میانگین حداکثر ماهانه و میانگین حداقل ماهانه‌ی درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد و K_T ضریب رابطه هارگریوز- سامانی می باشند.

تشعشع بالای اتمسفری[1] تشعشع خورشیدی است که به سطح افقی بالای اتمسفر زمین می‌تابد و در پیشگویی میزان تابش خورشیدی سطح زمین بسیار مفید است. برای R_a جداول و روابط زیادی ارایه شده است که از جمله آن روابط، رابطه پیشنهاد شده در مقاله سامانی و پسرکلی (۱۹۹۶) می باشد (۱٤):

$$R_a=916.732\times(OM\times\sin(L_a)\times\sin(DEC)+\cos(La)\times\cos(DEC)\times\sin OM)/ES\times10/(596-0.55\,T_C) \quad ۳$$

Ra: تشعشع بالای اتمسفری بر حسب میلی‌متر در روز

TC: متوسط درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد

L : عرض جغرافیایی محل

J : شماره ماه‌های میلادی

OM, EC, DEC مقادیری هستند که جهت کوتاه‌تر شدن معادله اصلی ارائه شده‌اند و به شکل زیر محاسبه می‌شوند:

$$DEC = -0.00117 - 0.40117\times\cos(\Pi J/6) + 0.00163\times\cos(\Pi J/3) + 0.00208\sin(\Pi J/3) \quad ٤$$

$$ES = 1.00016 - 0.032126\times\cos(\Pi J/6) - 0.003354\times\sin(\Pi J/6) \quad ۵$$

$$OM = Arc\cos(-tg(L_a)\,tg(DEC)) \quad ٦$$

کتسوپیلوس و باباجی موپیولوس (۱۹۹۷) برای مقادیر ماهیانه تشعشع برون زمینی رابطه‌ای به شکل زیر ارایه داده‌اند (۱۳):

$$Ra = M + C1\cos(2\Pi J/12+C2) + C3\cos(2\Pi J/12+C4) \quad ٦$$

که در آن:

Ra تشعشع برون زمینی بر حسب میلی‌متر در روز و M و C1 تا C4 همگی مقادیری هستند که جهت کوتاه‌تر شدن معادله اصلی ارایه شده‌اند و به شکل زیر محاسبه می‌شوند:

$$M = 14.9425 - 0.0098\,L_a - 0.00175\,L_a^2 \quad ۷$$

$$C_1 = -0.5801 + 0.1834\,L_a - 0.00066\,L_a^2 \quad ۸$$

$$C2 = 3.1365 - 0.00489\,La + 0.000061\,La2 \quad ۹$$

$$C3 = 0.597 - 5.36\times10(-6)\times La3 \quad ۱۰$$

$$C4 = 2.9588 - 0.00909\,La + 0.00024\,La2 \quad ۱۱$$

برای به‌دست آوردن ضریب رابطه هارگریوز - سامانی، هارگریوز (۱۹۸۵) بر حسب درصد تابش نور خورشید، رابطه‌ای را به شکل زیر ارایه نمود (۱۱):

$$K_T = 0.075\left(\frac{S}{TD}\right)^{0.5} \quad ۱۲$$

1- Extraterrestrial Radiation

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن :

S درصد تابش نور خورشید و TD اختلاف درجه حرارت حداکثر و حداقل بر حسب درجه سانتی‌گراد می باشند.

همچنین آلن (۱۹۹۶) در مقاله خود رابطه زیر را برای مناطق غیر ساحلی پیشنهاد نموده است (۷):

$$Kt = \left(\frac{P}{P_0}\right)^{0.5}$$

۱۳

که در آن P متوسط فشار اتمسفر در محل بر حسب کیلو پاسکال و P_0 متوسط فشار اتمسفر در سطح دریا (۱۰۱/۳ کیلوپاسکال) می باشند.

روش جنسن- هیز بیشتر برای گیاه یونجه به کار می‌رود. استفاده از روش مذکور، برای گیاه مرجع چمن نیز با به کار بردن ضریب گیاهی مربوط به آن، امکان‌پذیر است، ولی این کار به ندرت صورت می گیرد (۸). در هر صورت، رابطه جنسن- هیز برای گیاه مرجع یونجه به شکل زیر ارایه می شود (۸):

$$ET_0 = \frac{Ct(T - Tx)Rs}{x}$$

۱۴

که در آن Ct، CH، C1 و Tx مقادیری هستند که جهت کوتاه‌تر شدن معادله اصلی ارایه شده‌اند و به شکل **زیر محاسبه می‌شوند:**

$$c_t = \frac{1}{C1 + 7.3CH}$$

۱۵

$$CH = \frac{5}{e2 - e1}$$

۱۶

$$C1 = 38 - \frac{z}{152.5}$$

۱۷

$$Tx = \frac{-2.5 - 1.4(e2 - e1) - z}{550}$$

۱۸

که در روابط فوق e1,e2 به‌ترتیب فشار بخار اشباع در میانگین حداکثر و حداقل دما در گرم ترین ماه سال بر حسب کیلوپاسکال و Z ارتفاع از سطح دریا می‌باشند.

نتایج حاصل از روش فوق می‌تواند از روزانه تا ماهانه باشد، ولی انجمن مهندسین عمران آمریکا توصیه می‌کند که حداقل زمان استفاده از آن ۵ روزه باشد (۸).

دورنباس و پرویت (۱۹۹۷) رابطه ارزیابی تشعشع خورشیدی را به شکل زیر ارایه داده‌اند (۹):

$$Rs = Ra(0.25 + 0.5\frac{n}{N})$$

۱۹

که در آن n ساعت واقعی روشنایی روز بر حسب ساعت در روز

کتسوپیلوس و باباجی موپیولوس (۱۹۹۷) رابطه زیر را برای محاسبه مقدار متوسط N در یک ماه ارایه داده‌اند (۱۳):

$$N = M + C1 \cos(2\Pi J/12 + C2)$$

۲۰

که در آن M ، C1 و C2 مقادیری هستند که جهت کوتاه‌تر شدن معادله اصلی ارایه شده‌اند **و به** شکل زیر محاسبه می‌شوند:

$$M = 12.073 + 0.00284\ La$$

۲۱

www.SID.ir

Archive of SID

$$C1 = 0.0434\ La + 0.00075\ La2 \quad (۲۲)$$

$$C2 = 3.0376 \quad (۲۳)$$

J و La پیش از این معرفی شده‌اند.

سامانی و پسرکلی (۱۹۸٦) در تحقیق خود، برای محاسبه Rs به‌جای رابطه (۱۹) از رابطه (۲) استفاده کرده و تبخیر-تعرق را به روش جنسن-هیز محاسبه کرده‌اند (۱٤).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی و هواشناسی کبوترآباد اصفهان انجام گرفته است. کبوترآباد در فاصله ۲۲ کیلومتری شرق شهرستان اصفهان در عرض جغرافیایی ۳۱/۳۲ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱/۵۱ درجه شرقی واقع است. این منطقه، در ارتفاع ۱۵٤۵ متری از سطح دریا واقع است و در ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵٤۵ می‌باشد.

به‌منظور تعیین تبخیر - تعرق گیاه مرجع یونجه، از سه عدد لایسیمتر به ابعاد ۱/۲×۲×۱ متر استفاده شده است. لایسیمترها از نوع زهکش‌دار بدون سطح ایستابی و بافت خاک داخل آن، رس سیلتی بود. مکش رطوبتی خاک همواره توسط تانسیومترهای نصب شده در اعماق ۳۰ و ٦۰ سانتی‌متری کنترل گردید و مواقعی که قرائت تانسیومتر نصب شده از حد معینی (٤۰ سانتی‌بار) بیشتر می‌شد، آبیاری انجام گرفت. علت انتخاب ٤۰ سانتی‌بار برای زمان آبیاری، تعریف گیاه مرجع است که بر اساس آن هیچ‌گونه تنش رطوبتی نباید به گیاه وارد گردد (۹). در طول مدت آبیاری آب ورودی توسط کنتور اندازه‌گیری شد. بعد از هر آبیاری، آب داده شده به داخل لایسیمترها و همچنین در فاصله بین دو آبیاری، مقدار زهاب با ظروف مدرج بر حسب لیتر اندازه‌گیری شد و سپس با توجه به مساحت لایسیمتر مقادیرحاصل به عمق معادل تبدیل گردید (٦،۵،٤،۳). رطوبت ابتدا و انتهای دوره معادل و تغییرات رطوبتی صفر در نظر گرفته شد. از آن جا که روش مورد استفاده در آبیاری لایسیمتر مذکور دوره ای می باشد، لذا بعد از هر عمل آبیاری، قسمتی از آب در خاک باقی می‌ماند، بخشی توسط گیاه مصرف شده و نهایتاً بخش دیگری در عمق نفوذ کرده و به وسیله لوله‌های جمع‌آوری کننده زهکشی به مخزن آب زهکش می ریزد. با توجه به توضیحات فوق، میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع در لایسیمتر از طریق رابطه ذیل به‌دست می‌آید:

$$ET0 = I + R - D + \Delta S \quad (۲٤)$$

که در آن ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر، I آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، R بارندگی بر حسب میلی‌متر، D زهاب بر حسب میلی‌متر و ΔS تغییرات رطوبت بر حسب میلی‌متر می باشند.

در رابطه فوق، واحد همه عوامل یکسان است. لازم به ذکر است مقادیر بارندگی به همراه کلیه داده‌های هواشناسی مورد نیاز در روش‌های هارگریوز- سامانی و جنسن- هیز از ایستگاه هواشناسی که در فاصله ۲۰۰ متری محل تحقیق قرار دارد، جمع آوری گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

این تحقیق، در سه سال متوالی (۱۳۷۲، ۱۳۷۳ و ۱۳۷٤) انجام گرفت. در سال ۱۳۷۲، گیاه در لایسیمتر یونجه، در سومین سال رشد بود. در این تحقیق، دو روش‌هارگریوز-سامانی و جنسن- هیز

پتاسیل محاسبه شده در یک روش در یک ماه، N تعداد کل ماه‌های مورد مطالعه در یک ماه، L میانگین داده‌های لایسیمتری و C میانگین داده‌های محاسباتی در یک روش می باشند.

جدول۱- تعریف شیوه‌های مورد بررسی بر اساس روابط بکار رفته

عنوان شیوه	رابطه اصلی	رابطه Rs	رابطه Ra	رابطه Kt
H – S (1)	1	2	3	12
H - S (2)	1	2	3	13
H - S (3)	1	2	6	12
H - S (4)	1	2	6	13
J – H (1)	14	2	3	12
J – H (2)	14	2	6	12
J – H (3)	14	19	6	–
J – H (4)	14	19	3	-

هر کدام به چهار شیوه مختلف با نتایج به‌دست آمده از داده‌های لایسیمتری مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. این هشت شیوه، مطابق جدول ۱ تعریف می‌شوند.

به منظور مقایسه شیوه‌های مختلف فوق از پارامترهایی نظیر میانگین درصد متوسط قدر مطلق خطای نسبی (MARE)، تعداد خطاهای بزرگ تر از ۱۰ درصد (NE>10%)، حداکثر خطای نسبی (MAX) و همچنین ضریب همبستگی (R2) استفاده شد. مقادیر درصد متوسط قدرمطلق خطای نسبی و ضریب همبستگی به شرح زیر محاسبه می‌شوند (۱۲):

$$MARE = \frac{\sum_{i=1}^{N} \frac{ABS(L_i - C_i)}{L_i}}{N} \times 100 \qquad ۲۵$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} L_i C_i - nLC}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N} L_i^2 - NL^2\right)\left(\sum_{i=1}^{N} C_i^2 - NC^2\right)}} \qquad ۲۶$$

که در آن‌ها L_i تبخیر و تعرق پتاسیل حاصل از لایسیمتری در یک ماه، C_i تبخیر و تعرق

نتایج و بحث

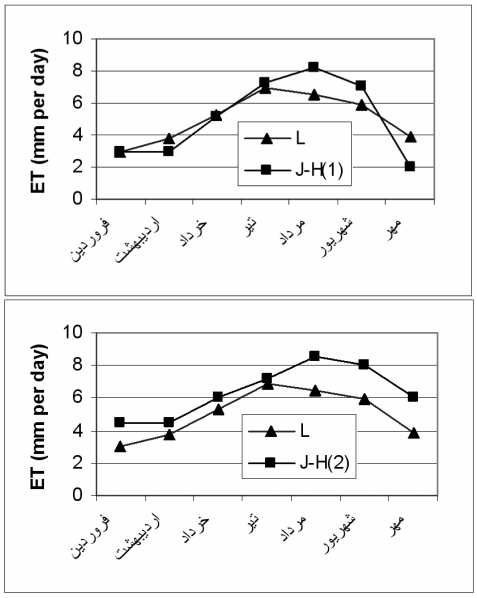
مقادیر مختلف تبخیر-تعرق گیاه مرجع یونجه برای منطقه کبوترآباد اصفهان بر اساس داده‌های لایسیمتری و هواشناسی و حالت‌های روابط تجربی هارگریوز-سامانی و جنسن-هیز بر اساس آن‌چه در جدول۱ شرح داده شد، محاسبه گردید. نمودار۱ میانگین مقادیر محاسبه شده و تفاوت میزان محاسبه شده به روش‌های مذکور را در مقایسه با داده‌های لایسیمتری به صورت نمودار نمایش می‌دهد. بر اساس این نمودار در مجموع در میان هشت حالت مورد مطالعه، میزان تبخیر- تعرق محاسبه شده در روش‌های H-S(1)، H-S(2)، J-H(1) و J-H(4) کمتر از چهار حالت دیگر بود و همین امر باعث شد که اختلاف بین نمودارهای حالت‌های فوق الذکر با نمودار لایسیمتری کمتر باشد. این وضعیت در ماه فروردین بیشتر مشهود است. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که نقطه نمودارهای مربوط

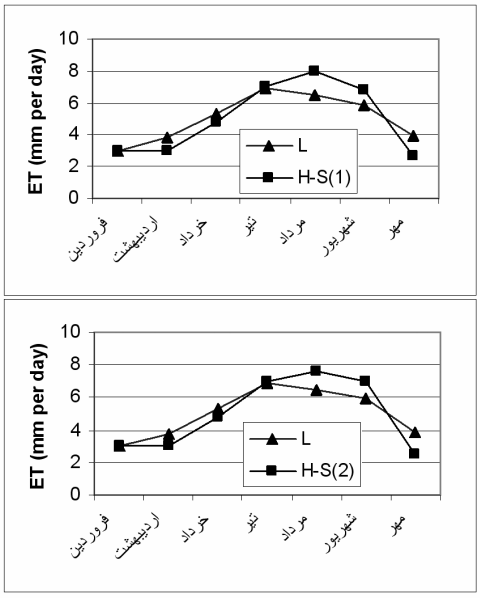
www.SID.ir

Archive of SID

به هارگریوز- سامانی (۱) و (۲) و جنسن- هیز (۱) و (٤) نسبت به سایر شیوه‌ها کمتر و نزدیک‌تر به نمودار لایسیمتری است. به علاوه در ماه مهر تبخیر– تعرق محاسبه شده در چهار حالت مورد بحث کمتر از مقدار لایسیمتری است در حالی‌که در سایر حالت‌ها مقدار محاسبه شده بیشر از لایسیمتری برآورد شده است. بررسی دامنه نوسانات تبخیر– تعرق محاسبه شده نشان دهنده نوسانات بیشتر در حالت‌های هارگریوز- سامانی (۱) و (۲) و جنسن- هیز (۱) و (٤) در مقایسه با چهار حالت دیگر است. این مطلب نشان می‌دهد که که چهار حالت مذکور (روش‌های H-S(1)، H-S(2)، J-H(1) و J-H(4)) حساسیت بیشتری نسبت تغییرات درجه حرارت دارند.

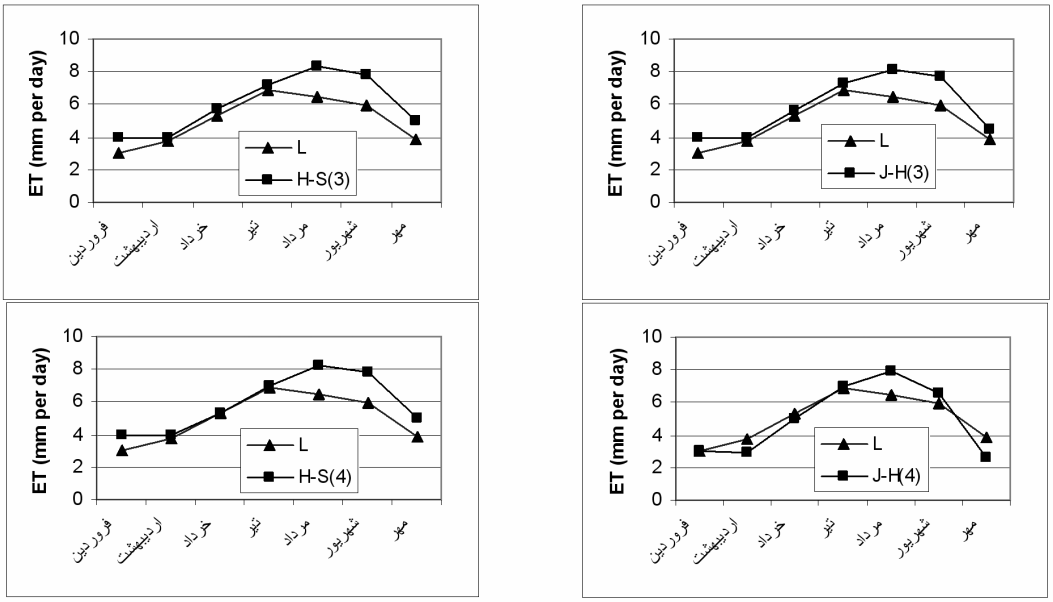
جدول ۲ مقادیر میانگین پارامترهای فوق را به تفکیک نشان می‌دهد. در این جدول با توجه به میزان خطا، روابط رده‌بندی شده‌اند. جدول ۲ نشان می‌دهد میزان دقت چهار روش هارگریوز–سامانی (۱) و (۲) و جنسن- هیز (۱) و (٤) تقریباً در یک رده و بهتر از سایر روش‌هاست. در این حالت‌ها خطاهای بیشتر از ۱۰ درصد و حداکثر خطای نسبی نیز بهتر از چهار روش دیگر برآورد شده‌اند. بالاتر بودن ضریب همبستگی در روابط مذکور نشان دهنده مناسب بودن رگرسیون خطی برای اصلاح روش‌های مذکور است. این چهار رابطه روابطی هستند که از رابطه سامانی و پسرکلی (۱۹۸٦) برای محاسبه تشعشع برون زمینی استفاده کرده‌اند. همچنین این شرایط نشان می‌دهد که روابط ارزیابی Rs یا تشعشع خورشیدی تفاوت چندانی را در ارزیابی تبخیر- تعرق گیاه مرجع یونجه ایجاد نکرده‌اند. همین طور دو رابطه ارایه شده برای ضریب رابطه هارگریوز- سامانی تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. در هر صورت چهار رابطه برگزیده با میزان واقعی تبخیر- تعرق ۱۵ درصد خطا نشان می‌دهند که لازم است بر پایه داده‌های لایسیمتری اصلاح شوند.





www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۱- مقایسه تبخیر و تعرق محاسبه شده در روش‌های مختلف با مقادیر لایسیمتری برای گیاه مرجع یونجه در منطقه کبوتر آباد اصفهان

جدول۲- رده بندی روش‌های مختلف مورد استفاده برای ارزیابی تبخیر و تعرق گیاه مرجع یونجه در منطقه

R^2	*MAXE (%)*	*NE>=10%*	*MARE (%)*	روش	رده بندی
۰/۹٤	۳۹/۷۱	٤	۱۵/۳۲	J-H(4)	۱
۰/۹٤	٤۰/٦۰	٤	۱۵/٤۷	H-S(2)	۲
۰/۹٤	٤۰/۸۹	٤	۱۵/۸۸	H-S (1)	۳
۰/۹٤	۳۷/۸۹	٤	۱۵/۹٤	J-H(1)	٤
۰/۸۸	۵۲/۹۹	۵	۲٤/۵۳	H-S (3)	۵
۰/۸٦	۵٤/۷۵	۵	۲٤/۹۳	H-S (4)	٦
۰/۸۹	۵۷/۳۰	۵	۲٦/۱۰	J-H(3)	۷
۰/۸۹	٦۵/٤٤	٦	۳۰/۸۷	J-H(2)	۸

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور اصلاح روش‌های برگزیده از مدل رگرسیون خطی استفاده شده است (۱). بر اساس اصلاح خطی روابط برگزیده جنسن- هیز به شکل زیر در می‌آیند:

J-H(1) :

$$ET_0 = 1.502 + 0.6804\ Ct \times (T\text{-}Tx) \times Rs/X \qquad ۲۷$$

که در آن Rs از رابطه ۲ محاسبه می شود.

J-H(4) :

$$ET_0 = 1.5534 + 0.693 \times Ct \times (T\text{-}Tx) \times Rs/X \qquad ۲۸$$

که در آن Rs از رابطه ۱۹ محاسبه می‌شود.

نتایج حاصل از اصلاح روابط برگزیده هارگریوز- سامانی به شکل زیر است:

H-S(1) :

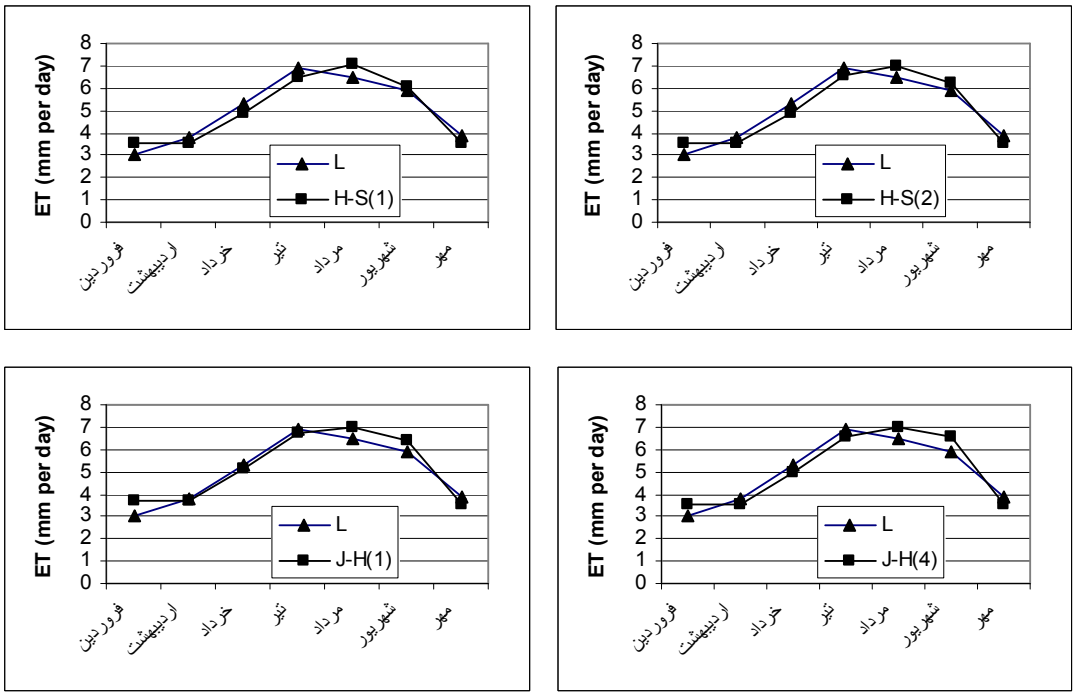
$$ET. = 1.6236 + 0.0110566 \times Rs \times (TC + 17.8) \qquad ۲۹$$

H-S(2) :

$$ET. = 1.5827 + .0111375 \times Rs \times (TC + 17.8) \qquad ۳۰$$

که در آن Rs از رابطه ۲ محاسبه می شود.

همچنین در روابط فوق با توجه به نتایج به‌دست آمده برای محاسبه تشعشع برون زمینی، از رابطه سامانی و پسرکلی (۱۹۸۶) استفاده می‌شود. به علاوه در معادله ۲۹ برای به دست آوردن Kt موجود در رابطه Rs از رابطه ۱۲ و در معادله ۳۰ از رابطه ۱۳ استفاده می‌گردد. روابط اصلاحی مذکور برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل را بر حسب میلی‌متر در روز در دوره‌های ماهانه ارایه می‌دهد.



نمودار۲- مقایسه مقادیر اصلاح شده روش‌های برگزیده با مقادیر لایسیمتری

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ مقادیر متوسط قدر مطلق خطای نسبی را نشان می‌دهد. همچنین در نمودار۲ این مقادیر در مقایسه با مقادیر لایسیمتری ترسیم شده‌اند. هر دو گواهی هستند بر این مطلب که اصلاح خطی، روش‌های فوق الذکر را قادر ساخته که دقت مقادیر ارزیابی شده را افزایش دهند. همان طور که در نمودار۲ مشهود است نمودارها در مقایسه با نمودار۱ به نمودارهای لایسیمتری بسیار نزدیک‌تر شده‌اند و جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که خطای ارزیابی به حدود ۹٪ تقلیل یافته است. بر این اساس، اصلاح انجام شده برای منطقه‌ی مورد بررسی قابل قبول بوده است.

روش‌های هارگریوزسامانی و جنسن- هیز تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند و ارزیابی نسبتاً مشابهی را ارایه می‌دهند.

به علاوه نتایج محاسبات ثابت کرد که از میان روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی تشعشع برون زمینی، برای گیاه مرجع یونجه، معادلات توصیه شده توسط سامانی- پسرکلی مناسب است و در ارتباط با ضریب رابطه هارگریوز- سامانی (Kt)، معادلات سامانی- پسرکلی و آلن تفاوتی با یکدیگر ندارند.

جدول۳- میانگین قدر مطلق خطای نسبی روش‌های اصلاح شده به تفکیک ماه

	H-S (1)	H-S (2)	J-H (1)	J-H (4)
فروردین	۲٦/٤۷	۲٦/۷۸	۳۰/۳۵	۲٦/۷۱
اردیبهشت	۵/۳۵	۵/۰٦	۲/٤۳	۵/۱۸
خرداد	۷/۵٦	۷/۰٦	٤/۳۱	۷/۲۱
تیر	٦/۲۹	٦/۸۳	۳/۹٤	۵/۹۸
مرداد	۳/۸٤	۳/٦۷	۵/۷۸	۳/۵۷
شهریور	٤/۹۸	۵/٤۷	٦/۸۱	٤/۸۱
مهر	۷/۹٤	۸/۷۵	۷/٤۸	۸/۷٤
میانگین	۸/۹۲	۹/۰۹	۸/۷۳	۸/۸۸

نتیجه گیری کلی و پیشنهادها

در این تحقیق حالت‌های مختلف دو روش هارگریوز- سامانی و جنسن- هیز برای ارزیابی تبخیر- تعرق گیاه یونجه مورد بررسی قرار گرفت و برخی از شیوه‌ها که خطای کمتری را در ارزیابی داشتند، انتخاب شده و برای منطقه کبوترآباد واسنجی شدند. همچنین در این بررسی نشان داده شد که در میان حالت های برتر، نتایج تحقیق فوق برای مناطق دیگری که از لحاظ شرایط هواشناسی با منطقه اصفهان مشابه باشند، احتمالاً مطابقت دارد. لذا پیشنهاد می شود که مشابه تحقیق فوق برای مناطق مختلف کشور خصوصاً برای روش هارگریوز- سامانی صورت پذیرد. زیرا روش مذکور تنها به درجه حرارت متکی است و Kt برای نقاط مختلف ایران از طریق روابط ارایه شده، به راحتی قابل محاسبه است.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

در اینجا لازم است از مسوولین و کارشناسان بخش تحقیقات آب و خاک سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان خصوصاً جناب آقای مهندس ستار و همچنین از آقای مهندس نیک سار کارشناس محترم سازمان هواشناسی استان اصفهان که این تحقیق را ممکن ساختند سپاسگزاری شود.

منابع

۱- بارچاریا، گ. ک. و ر. جانسون. ۱۳٦٦. مفاهیم و روشهای آماری، جلد دوم. ترجمه مرتضی ابن شهر آشوب، فتاح میکائیلی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۲- خواجه زاده، غ. ۱۳۷٤. اصلاح معادله های بلانی-کریدل و هارگریوز- سامانی برای مناطق مختلف ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز.

۳- عقدایی، م. ۱۳٦۸. تعیین آب مصرفی گیاه یونجه به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.

٤- عقدایی، م. ۱۳۷۲. تعیین آب مصرفی گیاه یونجه به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.

۵- عقدایی، م. ۱۳۷۳. تعیین آب مصرفی گیاه یونجه به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.

٦- عقدایی، م. ۱۳۷٤. تعیین آب مصرفی گیاه یونجه به روش لایسیمتری. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.

7- Allen, R.G. 1996. Assessing intergrity of data for reference evaportranspiration estimation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ., Dir., ASCE. 122 (2): 97-106.

8- Burman, R. and L. O. Pochop. 1994. Evaporation, Evapotranspiration and climatic data. Elsever Sicence B. V.pp., 278.

9- Doorenbos J. and W.O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. Irrig and Drain., Paper No 24, FAO., Rome, Italy . pp. 248.

10- Hargreaves G. H., and Z. A. Samani. 1982. Estimating potential evapotranspiration. Journal of the Irrigation and Drainage Divion, Proceedings of the American Society of Civil Engineere, ASCE, Vol. 108, No. IR3, pp. 223-230.

11- Hargreaves G. H., and Z. A. Samani. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperation". Transactions of the ASAE. 28 (2): 96-99.

12- Jacovides C. P. and H. Kontoyiannis. 1995. Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. Agric. Water Manage. 27, 365–371.

13- Kotsopoulos S. and C. Babajimopoulos. 1997. Analytical estimation of penman eqation parameter. Journal of Irrigation and Drainage Engineering., Dir., ASCE. 123 (4): 253-256.

www.SID.ir

Archive of SID

14- Samani Z.A. and M. Pessarakli. 1986. Estimating potential crop evapotranspiration with minimum data in Arizana. Transactions of the ASAE. 29 (2): 552-524.
15- Samani Z. 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. J. Irrig. And Drain. Eng. ASCE. 126 (4): 265-267.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir