مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۱۲

موضوع :

تعیین ضرایب اصلاحی و مناسبترین رابطه برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع برای منطقه ارومیه

توسط :

بهرام قهرمان‌زاده

چکیـــــده

محاسبه نیاز آبی گیاهان از ضروریات هر طرح آبیاری و زهکشی می‌باشد که برای اینکار باید تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع را در منطقه برآورد کرد. نظر به اینکه مدلهای مختلف جهت برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع در اقصی نقاط دنیا با شرایط آب و هوایی و خصوصیات مختلف بوجود آمده‌اند. برای مناطق مختلف کشورمان نتایج مختلفی ارائه می‌کنند. برای مشخص کردن بهترین مدل برای منطقه ارومیه، نتایج مدلهای مختلف با مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل چمن در لایسیمتر مقایسه گردیده و بترتیب مدل طشتک تبخیر با ضریب KP ارائه شده توسط کانکا، مدل کریستینسن و هارگریوز با استفاده از طشتک تبخیر و ... انتخاب گردیده است.

مقدمه

محاسبه نیاز آبی گیاهان قدم اول و اساسی هر طرح آبیاری و زهکشی است و لازمه آن محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع برای منطقه طرح می‌باشد که با استفاده از مدلهای موجود این برآورد انجام می‌شود. چنانچه می‌دانیم تعداد مدلهای موجود برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل زیاد بوده و در اقصی نقاط دنیا با آب و هوای مخصوص بخود توسط افراد مختلفی ارائه شده است. حال کدام یک از مدلهای موجود برای منطقه مورد مطالعه طرح مناسب است جای سئوال دارد.

جهت پاسخگویی به سئوال فوق، از آمار هواشناسی و آمار لایسیمتر موجود در ایستگاه تحقیقاتی کهریز که در ۴۲ کیلومتری ارومیه و درکنار جاده ارومیه به سلماس واقع شده استفاده شده است. که نتایج مدلهای مختلف با تبخیر و تعرق پتانسیل چمن در لایسیمتر مقایسه گردیده و مدلها برای منطقه ارومیه اولویت‌بندی شده است.

مشخصات لایسیمتر موجود بشرح زیر می‌باشد :

در لایسیمتر فوق چمن به عنوان گیاه مرجع کاشته شده است و از تیرماه سال ۱۳۶۶ توسط مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی آماربرداری می‌شود. لایسیمتر از نوع زهکش‌دار بدون سطح ایستابی بوده و جعبه‌ای است که کف مربعی به ضلع ۱/۲۵ متر و شیب دار می‌باشد بطوریکه عمق لایسیمتر در دو دیوار یک متر و در دو دیوار مقابل ۱/۲ متر می‌باشد و دارای لوله زهکش به قطر ۱۰ سانتی‌متر است. همچنین در طرف مقابل آن لوله هوا جهت سهولت خروج زه‌آب وجود دارد. لازم به توضیح است آمار موجود ۷ سال و از اول ماه اردیبهشت تا آخر ماه آبان (دوره فصل رویش گیاهی) می‌باشد که به جهت کوتاه‌بودن دوره آماری (فقط ۷ سال) نتوانستیم تبخیر و تعریق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع را با احتمالات مختلف برآورد نمائیم.

بررسی منابع

بعد از بررسی منابع مختلف تعداد ۲۸ مدل جهت تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی انتخاب شده است که اسامی آنها به صورت زیر می‌باشد [۱ و ۷ و ۱۷ و ۱۹ و ۱۳ و ۱۶]

مدل اول - بلانی کریدل [1]

مدل دوم - بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO[2] با رابطه اصلاحی [۷]

$$ETP = a + b[p(.46*Tmean + 8.13)] \qquad (۱)$$

مدل سوم - بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO با رابطه اصلاحی [۲]

1- Blaney - criddle

2- Food and Agriculture organization

$$ETP = \{a + b[p(.46*Tmean + 8.13)]\}\ (1 + .1(EL/1000)) \quad (۲)$$

مدل چهارم - بلانی کریدل اصلاح شده توسط SCS[1] [۷]

مدل پنجم - تورنت وایت[2] [۱ و ۲ و ۸ و ۱۳]

مدل ششم - هارگریوز[3] [۲]

مدل هفتم - لیناکر[4] [۲۲]

مدل هشتم - جنسن و هیز[5]

مدل نهم - جنسن و هیز اصلاح شده توسط سامانی و پسارکلی [۲۰]

مدل دهم - مک‌کینگ[6] [۱۱]

مدل یازدهم - مک‌کینگ اصلاح شده توسط دورنباس و همکاران [۱۹ و ۱۷]

مدل دوازدهم - تورک[7] [۱۱]

مدل سیزدهم - استفنز[8] [۱۱ و ۱۳]

مدل چهاردهم - اولیور[9] [۱۱ و ۱۳]

مدل پانزدهم - ایوانف[10] [۱۱ و ۱۳]

مدل شانزدهم - اوسترومکی[11] [۱۱]

مدل هفدهم - پاپاداکیس[12] [۱۱]

مدل هیجدهم - پنمن[13] [۱۷ و ۲۵ و ۱۱ و ۷ و ۱۳]

مدل نوزدهم - پنمن اصلاح شده توسط کانکا و جنسن [۱۳ و ۷]

مدل بیستم - پنمن اصلاح شده توسط FAO [۱۷ و ۱۹]

مدل بیست و یکم - پنمن رایت[14] [۷ و ۲۲ و ۲۵]

مدل بیست و دوم - وان بیول[15] [۱۱ و ۱۷]

مدل بیست و سوم - طشتک تبخیر با رابطه K_p ارائه شده توسط کانکا [۷ و ۲۳]

1- Soil Conservation service
2- Thornth Waite
3- Hargreaves
4- Linacre
5- Jensen and Haise
6- Makking
7- Turc
8- Estefnz
9- Oliver
10- Ivanov
11- Ostromecki
12- Papadakis
13- Penman
14- Penman - Wright
15- Vanbavel

مدل بیست و چهارم - طشتک تبخیر با رابطه K_p ارائه شده توسط پروت و همکاران [۱۷]

مدل بیست و پنجم - طشتک تبخیر با رابطه [۱۳ و ۱۷]

$$ETP = (.61 + .00341\ RHmean - .00000187U*RHmean - 000000U*d + \quad (۳)$$

$$.0000378U*Ln(d) - 0.0000332U*Ln(U) - .0106Ln(U)*Ln(d) +$$

$$.00063[Ln(d)^2*Ln(U)*Epan$$

مدل بیست و ششم - کریستینسن[1] و هارگریوز با استفاده از طشتک تبخیر [۱۱]

مدل بیست و هفتم - کریستینسن و هارگریوز با استفاده از تشعشع برون زمینی (Ra) [۱۱]

مدل بیست و هشتم - کریستینسن و هارگریوز با استفاده از تشعشع رسییده به سطح زمین (Rs) [۱۱]

تعیین ضرایب اصلاحی منطقه‌ای برای مدلهای موجود

برای تعیین ضرایب اصلاحی از مدل خطی $ETPA = a + bETP$ استفاده گردیده که در آن

ETP = تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه مدل

ETPA = تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه لایسیمتر

نتایج ضرایب a و b و ضریب همبستگی (r) و درجه اطمینان در جدول (۱) ارائه شده است.

تعیین نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل روشهای مختلف

تعیین نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع برای هر مدل و اصلاح شده مدل برای منطقه ارومیه برآورد گردیده و در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است.

به منظور مقایسه نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع هر مدل و مدل اصلاح شده برای منطقه با مقادیر لایسیمتر، نمودار گرافیکی آنها تهیه گردیده و در نمودار (۱) نشان داده شده است.

1- Christiansen

تعیین اختلاف نتایج بین روشهای مختلف با مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع مشاهده‌ای لایسیمتر

برای اینکار از سه روش زیر استفاده گردیده است.

۱- روش همبستگی :

برای تعیین اینکه نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع هر روش و با دخالت دادن ضریب اصلاحی منطقه‌ای برای آن روش و تبخیر و تعرق پتانسیل مشاهده‌ای لایسیمتر چقدر به هم وابسته هستند از روش همبستگی مدل خطی $y = a + bx$ استفاده شده است.

۲- روش خطای متوسط :

رابطه خطای متوسط به صورت زیر می‌باشد.

$$\text{درصد خطای هر روش} = \frac{\text{تبخیر و تعرق پتانسیل لایسیمتر} - \text{تبخیر و تعرق پتانسیل هر روش}}{\text{تبخیر و تعرق پتانسیل لایسیمتر}} \times ۱۰۰$$

رابطه فوق صرفنظر از علامت نتیجه حاصله، مقدار خطا را از مقدار مشاهده شده نشان می‌دهد.

۳- روش جذر میانگین مربعات

محاسبه جذر میانگین مربعات برای هر روش، روش دیگری است که برای ارزیابی دقت یک روش برآورد بکار می‌رود و رابطه آن به صورت زیر می‌باشد.

$$R.M.S = \sqrt{\frac{\Sigma (\text{مقدار برآورد شده} - \text{مقدار اندازه‌گیری شده})^2}{N}}$$

که در آن :

N = تعداد مشاهدات

نتایج سه روش یاد شده در جدول (۴) ارائه شده است.

اولویت‌بندی مدلها

برای اولویت‌بندی مدلها از سه روش جذر میانگین انحرافها، درصد خطا و ضریب همبستگی استفاده شده و

نتایج آن بترتیب اولویت از بالا به پائین در جدول (۵) ارائه شده است. اولویت‌بندی بدین صورت انجام گرفته شده که ابتدا مدلها براساس جذر میانگین انحراف، درصد خطا و ضریب همبستگی بصورت جداگانه انجام شده که معمولاً رتبه هر مدل در روش جذر میانگین انحراف و درصد خطا یکی بوده و احیاناً در صورت یکی نبودن با توجه به ضریب همبستگی برای رتبه هر مدل تصمیم‌گیری شده است.

لازم به توضیح است در قسمت سمت راست جدول (۵) اولویت‌بندی مدلها با دخالت ضرایب اصلاحی برآورد شده برای ارومیه و در قسمت سمت چپ جدول فوق‌الذکر اولویت‌بندی خود مدلها بدون دخالت دادن هیچ ضریب منطقه صورت گرفته است.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از استادان بزرگوارم جناب آقای دکتر علی‌اصغر موحد دانش[۱] استاد راهنما و جناب آقای دکتر سعید جهانبخش اصل[۲] استاد مشاور بنده در این طرح تشکر و قدردانی نمایم.

۱- استاد و مدیر گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه تبریز ۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

منابع و مآخذ :

۱- ابراهیمی پاک، نیازعلی. ۱۳۷۳. برآورد تبخیر و تعرق گیاهان و تعیین نیاز آبی گندم پائیزه با استفاده از لایسیمتر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز

۲- بای‌بوردی، محمد. ۱۳۷۰. مهندسی آبیاری (رابطه آب و خاک). انتشارات دانشگاه تهران.

۳- تقی‌زاده، حبیب. ۱۳۵۵. محاسبه پتانسیل تبخیر و تعرق در ایران. سازمان هواشناسی کشور.

۴- اسماعیل مالک. سپاسخواه، علیرضا. ۱۳۶۰. بررسی ادوکسیون در منطقه باجگاه. مجله علوم کشاورزی. جلد۱۲. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۵- عالمی، محمدحسن. ۱۳۷۱. طراحی سیستمهای آبیاری. انتشارات دانشگاه تهران.

۶- علیزاده، امین. ۱۳۶۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی

۷- علیزاده، امین. ۱۳۷۳. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

۸- علیزاده، امین و عوض کوچکی. ۱۳۵۷. کشاورزی آب و هوا. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۹- کوچکی، عوض، محمد حسینی و مهدی نصیری محلاتی. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰- مالک، اسماعیل. ۱۳۷۰. شناخت و سنجش سازه‌های جوی مؤثر در کشاورزی، انتشارات دانشگاه شیراز.

۱۱- مالک، اسماعیل و محمدحسن عالمی. ۱۳۶۵. آب مصرفی گیاهان و آب موردنیاز آبیاری. مرکز نشر دانشگاهی.

۱۲- موسوی، سیدفرهاد و مهدی کریمی. ۱۳۶۷. تعیین بهترین روش تخمین تبخیر و تعرق بالقوه در دشت اصفهان

۱۳- مولوی، احد. ۱۳۷۴. واسنجی و آنالیز مدلهای برآورد تبخیر و تعرق برای منطقه تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

۱۴- نجمائی، محمد، ۱۳۶۸، هیدرولوژی مهندسی، (جلد اول). انتشارات سارا.

15- Ahmad, S.A. Hussein and Ahmad KEl Daw. 1989. Evapotranspiration in Sudan Gezira irrigation scheme. J.Irrig. Drain. Vol. 115(6): 1018 - 1035.

16- Allen, R.G. and William O.Pruitt. 1986. Rational use of the FAO Blaney - Criddle formula J.Irrig. Drain. Vol. 112(2); 139 - 157.

17- Allen, R.G. and William O.Pruitt. 1991. FAO - 24 reference evapotranspiration factors. J. Irrig. Drain. Vol. 117(5) : 758 - 774.

18- Cuenca, R.H. and Martin T.Nicholson. 1982. Application of penman equation Wind function. J.Irrig. Drain. Vol. 108(1) : 13 - 25.

19- Doorenbos, J.and W.O.Pruitt. 1977. Crop Water requirements, "Food and Agriculture Organization of the United Nations". Irrig. Drain. paper N.24, revised, Rome, Italy.

20- Hargreaves, G.H. and Zohrab Samani. 1989. Evapotranspiration estimates in extremly arid areas. J.Irrig. Drain. Vol. 115(5) : 907 - 913.

21- Jahanbaghsh, Asl - Saeed 1987. Fundamental studies on evapotranspiration in paddy fields, JSIDRE, No. 130 & 131 PP. 17-31 & 11-19.

22- Linacre, E.T. 1977. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates using temperature date alone. Agric. Meteorol. 18:409-424.

23- Snyder, R.L. 1992. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. J.Irrig. Drain. Vol. 118(6) : 977-981.

24- W.L., Pelton. 1961. The use of lysimetric methods to measure evapotranspiration. Proc. 2nd Hydrol. Symp., Toronto, cat. R 32-36112, Queen´s Printer, Ottawa, PP. 106-134.

25- Wright, J.L.1982. New evapotranspiration crop coefficents, J.Irrig. Drain. Vol. 108(1): 57-77.

جدول (۱) : ضرایب اصلاحی منطقه ارومیه با مدلهای مختلف

جنسن‌وهیزاصلاح‌شده توسط سامانی و پسرکلی	جنسن و هیز	لیناکر	هارگریوز	تورنث وایت	بلانی‌کریدل‌اصلاح شده توسط SCS	بلانی‌کریدل‌اصلاح‌شده توسط FAO (۲)	بلانی‌وکریدل‌اصلاح‌شده توسط FAO(۱)	بلانی کریدل	نام مدل
-۲۳/۹۴۶۵	۳۳/۶۸۶۲	۶/۵۳۸۳	-۷/۱۷۰۹	۸۴/۸۰۸۸	۲۹/۰۷۷۵	-۱۹/۵۳۰۱	-۱۳/۹۴۵۳	-۱۰۶/۴۴۳۱	ضریب A
۰/۵۷۰۳	۰/۸۹۷۴	۰/۶۶۸۲	۱/۱۹۱۴	۰/۸۰۰۷	۱/۰۵۲۱	۰/۸۲۹۲	۰/۸۹۹۹	۱/۷۸۳۴	ضریب B
۰/۸۹۸۲	۰/۸۳۱۹	۰/۵۹۹۹	۰/۸۶۷۹	۰/۴۵۶۹	۰/۷۲۴۱	۰/۸۰۴۵	۰/۸۰۰۸	۰/۸۳۸۲	ضریب r
۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	درجه اطمینان
پنمن	پاپاداکیس	اوسترومکی	ایوانف	اولیور	استفنز	تورک	مک کینگ اصلاح شده	مک کینگ	نام مدل
-۶/۱۴۳۷	۴۷/۳۴۷۴	۵۵/۹۵۰۴	۳۷/۰۸۸۵	۱۵/۳۰۱۶	۳۶/۷۲۳۷	۱۱/۵۰۱۲	۲/۲۲۸۴	۳/۷۷۹۰	ضریب A
۱/۱۷۱۸	۱/۰۲۹۲	۰/۴۹۳۷	۰/۷۱۸۶	۱/۰۶۷۶	۰/۸۹۹۵	۱/۲۳۸۲	۰/۸۴۷۳	۱/۵۱۵۶	ضریب B
۰/۸۴۳۱	۰/۶۰۶۴	۰/۵۹۲۶	۰/۵۹۲۲	۰/۸۳۴۵	۰/۸۲۲۱	۰/۸۴۶۱	۰/۸۵۵۴	۰/۸۴۳۱	ضریب r
۰/۰۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	درجه اطمینان
کریستنسن و هارگریوز (طشتک تبخیر)	کریستنسن و هارگریوز (Ra)	طشتک تبخیر با K_p...	طشتک تبخیر با K_pفائو	طشتک تبخیر با k_pکاتکا	وان بیول	پنمن - رایت	پنمن اصلاح شده توسط FAO	پنمن اصلاح شده توسط کاتکا	نام مدل
۲۷/۰۸۰۶	۲۱/۵۵۵۷	۲۱/۱۶۸۲	۱۹/۷۱۳۱	۲۰/۷۸۸۸	۲۱/۳۶۷۵	۷/۴۱۳۵	-۰/۳۸۸۲	۵/۷۳۰۴	ضریب A
۰/۹۴۰۲	۰/۹۵۷۲	۱/۱۱۴۳	۱/۰۲۷۸	۰/۹۵۳۰	۱/۴۷۰۶	۱/۱۵۶۱	۱/۱۵۰۷	۱/۱۱۴۵	ضریب B
۰/۸۹۰۲	۰/۸۲۳۹	۰/۸۹۱۴	۰/۸۹۶۰	۰/۸۹۵۶	۰/۸۷۳۷	۰/۷۷۵۵	۰/۸۶۰۰	۰/۸۵۷۸	ضریب r
۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	درجه اطمینان

کریستنسن و هارگریوز (Rs)	نام مدل
۲۷/۷۲۷۱	ضریب A
۱/۰۳۰۰	ضریب B
۰/۸۱۸۳	ضریب r
۰/۰۱	درجه اطمینان

جدول (۲) : نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع مدلهای مورد بررسی برحسب میلی متر در ماه

ماه / مدل	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
بلانی کریدل	۹۹/۳۴	۱۳۳/۱۲	۱۶۱/۲۸	۲۰۸/۳۰	۱۸۴/۳۱	۱۶۳/۳۴	۱۳۰/۶۵	۹۶/۶۰	۷۵/۵۵	۵۶/۶۰	۵۲/۷۳	۵۷/۰۸
بلانی کریدل اصلاح شد توسط FAO(1)	۱۲۷/۷۷	۱۸۶/۱۱	۲۱۵/۰	۲۷۵/۰۴	۲۴۹/۶۹	۲۰۲/۰۶	۱۵۶/۳۹	۱۰۳/۷۰	۶۷/۱۵	۴۵/۰۹	۴۴/۱۸	۵۶/۶۴
بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO(2)	۱۴۲/۲۸	۲۱۰/۰۱	۲۴۰/۹۴	۳۰۹/۷۳	۲۷۸/۱۰	۲۳۰/۲۵	۱۷۵/۷۵	۱۱۷/۴۳	۷۶/۰۴	۵۰/۵۹	۴۹/۶۷	۶۳/۷۳
بلانی کریدل اصلاح شده توسط SCS	۴۴/۲۲	۸۳/۴۶	۱۲۴/۱۲	۲۲۴/۱۳	۱۷۹/۷۳	۱۵۰/۸۳	۱۰۷/۵۵	۶۰/۷۵	۳۵/۶۱	۱۴/۹۷	۹/۹۷	۱۱/۴۰
تورث وایت	۱۶/۲۶	۴۳/۶۲	۷۴/۴۴	۱۵۶/۷۰	۱۴۰/۹۸	۱۳۲/۳۰	۱۰۰/۷۳	۵۳/۵۰	۲۳/۶۶	۰/۹۴	۰/۰	۰/۰
هارگریوز	/۲۷.۹۰	۱۴۵/۳۳	۱۶۰/۴۸	۲۲۵/۲۵	۲۰۱/۷۸	۱۵۰/۷۴	۹۹/۸۶	۵۶/۱۷	۴۲/۵۲	۲۲/۱۲	۲۵/۱۲	۴۳/۵۹
لیناکر	۱۲۲/۲۷	۱۷۶/۴۷	۲۱۳/۹۲	۳۰۳/۸۴	۲۹۲/۶۳	۲۷۵/۶۶	۲۲۷/۵۴	۱۵۴/۹۳	۱۰۴/۲۷	۶۱/۲۶	۵۲/۹۵	۵۸/۷۵
جنسن و هیز	۷۳/۸۸	۱۲۱/۷۳	۱۵۷/۱۹	۲۱۱/۸۵	۱۸۶/۲۴	۱۳۱/۳۸	۹۲/۹۶	۵۰/۵۱	۲۷/۲۲	۱۴/۵۰	۱۲/۸۷	۱۹/۵۸
جنسن و هیز اصلاح شده توسط سامانی	۱۸۴/۵۵	۲۹۰/۴۶	۳۵۶/۰۸	۴۵۸/۱۶	۳۹۴/۵۸	۳۲۵/۶۳	۲۳۱/۰۵	۱۳۸/۶۳	۸۸/۲۳	۵۵/۸۶	۶۵/۰۶	۸۹/۹۷
مک کینگ	۸۳/۷۶	۱۱۳/۵۱	۱۳۰/۶۵	۱۴۴/۴۱	۱۳۴/۶۶	۹۷/۱۶	۷۲/۸۰	۴۴/۹۵	۲۷/۵۰	۲۰/۸۸	۲۴/۵۹	۳۷/۵۸
مک کینگ اصلاح شده	۱۴۷/۸۳	۲۰۶/۱۷	۲۳۲/۸۹	۲۶۱/۲۷	۲۴۰/۶۲	۱۷۹/۳۶	۱۳۱/۸۴	۸۲/۱۶	۵۰/۵۴	۳۸/۴۴	۴۴/۷۷	۶۷/۰۲
تورک	۶۷/۶۱	۱۱۶/۶۰	۱۴۱/۲۹	۱۶۸/۰۵	۱۵۸/۳۵	۱۱۹/۳۷	۸۷/۷۴	۵۲/۸۷	۲۹/۶۴	۴/۳۹	۰/۰	۰/۰
استفنر	۶۴/۰۱	۱۱۹/۳۶	۱۶۲/۲۰	۲۳۲/۱۶	۲۰۱/۰	۱۴۰/۴۹	۹۷/۲۸	۴۹/۵۶	۲۴/۱۷	۸/۶۰	۴/۰۹	۷/۲۴
اولیور	۷۷/۹۹	۱۲۹/۹۵	۱۵۴/۱۵	۲۰۹/۸۸	۱۷۷/۱۶	۱۵۷/۲۵	۱۰۲/۳۹	۴۵/۳۶	۱۹/۸۱	۱۳/۲۶	۱۷/۶۴	۳۰/۴۶

ادامه جدول (۲) : نتایج تبخیر و تعرق سطوح گیاهی مرجع مدلهای مورد بررسی بر حسب میلی متر در ماه.

ماه / مدل	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
ایوانف	۸۰/۷۶	۱۲۸/۰۸	۱۵۶/۴۵	۲۴۹/۲۳	۲۲۳/۹۱	۲۱۲/۶۸	۱۷۰/۵۸	۱۰۱/۷۹	۵۶/۶۲	۳۰/۸۱	۲۸/۹۳	۳۴/۱۳
استرومکی	۸۲/۱۷	۱۴۰/۹۵	۱۸۳/۰۹	۱۸۱/۷۲	۲۸۸/۷۴	۲۷۳/۴۹	۲۰۴/۷۵	۱۱۱/۹۴	۵۹/۹۳	۳۳/۷۳	۲۹/۶۸	۴۶/۹۸
پاپاداکیس	۴۲/۷۴	۷۴/۲۸	۹۶/۶۳	۱۰۹/۸۵	۱۴۷/۹۱	۱۳۸/۶۵	۱۰۶/۵۷	۶۱/۱۶	۳۵/۱۶	۱۸/۰۶	۱۶/۳۳	۲۳/۷۰
پنمن	۱۰۰/۷۶	۱۴۷/۶۲	۱۶۹/۵۲	۲۱۱/۶۶	۱۸۰/۵۷	۱۵۰/۶۵	۱۰۲/۷۰	۶۰/۰۳	۳۰/۳۵	۲۰/۵۲	۳۱/۳۱	۴۶/۵۶
پنمن اصلاح شده توسط کانکا	۱۰۱/۰۸	۱۴۷/۳۱	۱۷۴/۲۲	۲۱۲/۶۱	۱۸۰/۴۴	۱۳۸/۰۷	۹۳/۸۱	۵۴/۳۷	۲۸/۱۸	۱۹/۷۰	۳۰/۲۲	۴۵/۱۹
پنمن اصلاح شده توسط FAO	۱۰۲/۳۳	۱۴۸/۷۴	۱۷۴/۰۷	۲۱۳/۳۶	۱۸۱/۳۰	۱۴۱/۷۸	۹۶/۵۹	۵۵/۵۹	۲۸/۲۰	۱۹/۵۴	۳۰/۴۱	۴۵/۹۹
پنمن - رایت	۷۹/۸۹	۱۱۹/۱۹	۱۴۱/۰۹	۱۹۰/۸۵	۱۷۹/۶۸	۱۶۲/۰۲	۱۰۳/۹۳	۵۵/۴۳	۲۴/۲۵	۱۴/۷۰	۲۳/۷۹	۳۶/۴۳
وان بیول	۷۲/۹۹	۱۰۲/۰۲	۱۲۴/۴۳	۱۵۰/۶۲	۱۲۷/۷۸	۸۹/۸۶	۵۸/۵۹	۲۸/۹۸	۱۳/۱۹	۱۱/۲۴	۲۱/۲۵	۳۲/۹۳
طشتک تبخیر با Kp کانکا	-	۱۰۹/۳۸	۱۷۷/۰۱	۲۲۳/۹۸	۲۰۵/۶۰	۱۷۲/۴۶	۱۱۴/۳۵	۳۵/۴۸	-	-	-	-
طشتک تبخیر با Kp فائو	-	۱۰۲/۵۳	۱۶۵/۸۲	۲۰۹/۳۵	۱۹۱/۵۰	۱۶۱/۰۳	۱۰۶/۷۰	۳۳/۵۴	-	-	-	-
طشتک تبخیر با Kp	-	۹۱/۹۵	۱۵۰/۷۶	۱۸۹/۶۶	۱۷۵/۵۷	۱۴۴/۸۴	۹۷/۸۵	۳۰/۷۱	-	-	-	-
کریستینسن و مارگریوز (Rs)	۹۳/۰۴	۱۵۲/۲۱	۱۷۸/۰۴	۲۴۲/۲۸	۲۰۰/۱۵	۱۵۷/۸۵	۱۰۲/۱۵	۵۷/۷۳	۲۹/۳۰	۱۷/۴۷	۲۱/۴۲	۳۶/۵۹
کریستینسن و مارگریوز (طشتک تبخیر)	-	۱۰۰/۸۸	۱۷۰/۴۹	۲۲۰/۶۷	۲۰۴/۰۱	۱۶۰/۳۶	۱۰۸/۸۲	۳۳/۱۵	-	-	-	-
کریستینسن و مارگریوز (Rs)	۸۲/۵۶	۱۳۵/۱۱	۱۵۷/۳۳	۲۱۲/۸۳	۱۷۶/۹۷	۱۳۶/۸۰	۸۸/۸۱	۴۹/۹۲	۲۵/۲۸	۱۵/۱۰	۱۸/۵۰	۳۱/۶۱

جدول (۳) : نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع با دخالت ضرایب منطقه‌ای برای مدلهای مورد بررسی بر حسب میلیمتر در ماه

ماه / مدل	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
ابوائف	۱۲۹/۱۳	۱۴۹/۵۱	۲۱۶/۱۸	۱۹۷/۹۹	۱۸۹/۹۲	۱۵۹/۶۶	۱۱۰/۲۳
اوسترومکی	۱۲۵/۵۴	۱۴۶/۳۴	۱۴۵/۶۷	۱۹۸/۵۰	۱۹۰/۹۷	۱۵۷/۰۳	۱۱۱/۲۲
پاپاداکیس	۱۲۳/۸۰	۱۴۶/۸۰	۱۶۰/۴۱	۱۹۹/۵۸	۱۹۰/۰۵	۱۵۷/۰۳	۱۱۰/۲۹
پنمن	۱۶۶/۸۴	۱۹۲/۵۰	۲۴۱/۸۷	۲۰۵/۴۵	۱۷۰/۳۹	۱۱۴/۲۱	۶۴/۲۰
پنمن اصلاح شده توسط کاتکا	۱۶۹/۹۱	۱۹۹/۹۰	۲۴۲/۶۹	۲۰۶/۸۳	۱۵۹/۶۱	۱۱۰/۲۸	۶۶/۳۳
پنمن اصلاح شده توسط FAO	۱۷۰/۷۷	۱۹۹/۹۲	۲۴۵/۱۳	۲۰۸/۲۳	۱۶۲/۷۶	۱۱۰/۷۶	۶۳/۵۸
پنمن - رایت	۱۴۵/۲۱	۱۷۰/۵۳	۲۲۸/۰۶	۲۱۵/۱۴	۱۹۴/۷۳	۱۲۷/۵۸	۷۱/۵۰
وان بول	۱۷۱/۳۹	۲۰۴/۳۵	۲۴۲/۸۷	۲۰۹/۲۸	۱۵۳/۵۲	۱۰۷/۵۳	۶۳/۹۹
طشتک تبخیر k_p کاتکا	۱۲۵/۰۲	۱۸۹/۴۸	۲۳۴/۲۴	۲۱۶/۷۳	۱۸۵/۱۴	۱۲۹/۷۷	۵۴/۶۰
طشتک تبخیر با k_p فائو	۱۲۵/۱۰	۱۹۰/۱۴	۲۳۴/۸۹	۲۱۶/۵۴	۱۸۵/۲۲	۱۲۹/۳۸	۵۴/۱۹
طشتک تبخیر با k_p	۱۲۳/۶۳	۱۸۹/۱۵	۲۳۲/۵۰	۲۱۶/۸۰	۱۸۲/۵۷	۱۳۰/۲۰	۵۵/۳۸
کریستینس و هارگریوز (Ra)	۱۶۷/۲۵	۱۹۱/۹۸	۲۵۳/۴۷	۲۱۳/۱۴	۱۷۲/۶۵	۱۱۹/۳۴	۷۶/۸۱
کریستینس و هارگریوز (طشتک تبخیر)	۱۲۱/۹۳	۱۸۷/۳۸	۲۳۴/۵۵	۲۱۸/۸۹	۱۷۷/۸۵	۱۲۹/۴۰	۵۸/۲۴
کریستینس و هارگریوز (R_s)	۱۶۶/۸۹	۱۸۹/۷۸	۲۴۶/۹۴	۲۱۰/۰۱	۱۶۸/۶۳	۱۱۹/۲۰	۷۹/۱۴

ماه / مدل	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
بلانی کریدل	۱۳۰/۹۷	۱۸۱/۱۹	۲۶۵/۰۳	۲۲۲/۲۶	۱۸۴/۸۵	۱۲۶/۸۴	۶۵/۸۴
بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO(۱)	۱۵۳/۵۳	۱۷۹/۵۳	۲۳۳/۵۶	۲۱۰/۷۵	۱۶۷/۸۸	۱۲۶/۷۹	۷۹/۳۷
بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO(۲)	۱۵۴/۶۱	۱۸۰/۲۶	۲۳۷/۲۹	۲۱۱/۰۷	۱۷۱/۳۹	۱۲۶/۲۰	۷۷/۸۴
بلانی کریدل اصلاح شده توسط SCS	۱۱۶/۸۹	۱۵۹/۶۷	۲۶۴/۸۹	۲۱۸/۱۷	۱۸۷/۷۷	۱۴۲/۲۳	۹۲/۹۹
تورث وایت	۱۱۹/۷۴	۱۴۴/۴۱	۲۱۰/۲۸	۱۹۷/۶۹	۱۹۰/۷۴	۱۶۵/۴۴	۱۲۷/۶۵
هارگریور	۱۶۵/۹۸	۱۸۴/۰۳	۲۶۱/۱۹	۲۳۳/۲۳	۱۷۲/۴۲	۱۱۱/۸۰	۵۹/۷۵
لیناکر	۱۲۴/۴۵	۱۴۹/۴۸	۲۲۷/۶۱	۲۰۲/۰۸	۱۹۰/۷۳	۱۵۸/۵۸	۱۱۰/۰۶
جنسن و هیز	۱۴۲/۹۳	۱۷۴/۷۵	۲۲۳/۸۰	۲۰۰/۸۲	۱۵۱/۵۹	۱۱۷/۱۱	۷۹/۰۱
جنسن و هیز اصلاح شده توسط سامانی	۱۴۱/۷۰	۱۷۹/۱۳	۲۳۷/۳۴	۲۰۱/۰۸	۱۶۱/۷۶	۱۰۷/۸۲	۵۵/۱۲
مک کینگ	۱۷۵/۸۱	۲۰۱/۷۹	۲۲۲/۶۲	۲۰۷/۸۷	۱۵۱/۰۳	۱۱۴/۱۱	۷۱/۹۱
مک کینگ اصلاح شده	۱۷۶/۹۱	۱۹۹/۵۵	۲۲۳/۶۰	۲۰۶/۱۱	۱۵۴/۲۰	۱۱۳/۹۳	۷۱/۸۴
تورک	۱۵۵/۸۷	۱۸۶/۴۴	۲۱۹/۵۸	۲۰۷/۵۷	۱۵۹/۳۱	۱۲۰/۱۵	۷۶/۹۷
استفنز	۱۴۴/۰۸	۱۸۲/۶۲	۲۴۵/۵۵	۲۱۷/۵۳	۱۶۳/۱۰	۱۲۴/۲۳	۸۱/۳۱
اولیور	۱۵۴/۰۴	۱۷۹/۸۸	۲۳۹/۳۷	۲۰۴/۴۴	۱۸۳/۱۹	۱۲۴/۶۲	۶۳/۷۳

جدول دوره آماری لایسیمتر از ماه اردیبهشت تا ماه آبان می‌باشد ضرایب اصلاحی برای دوره فوق (دوره رویش گیاهی) محاسبه شده است.

جدول (۴) نتایج اختلافات با مقادیر مشاهده‌ای تبخیر و تعرق پتانسیل لایسیمتر در دوره

۷ ماهه اردیبهشت تا آبان ماه

METHOD	BLAN.CR	B.C.FAO1	B.C.FAO2	B.C.SCS	THR.WA.	HARGER.	LINACRE	JEN.HAI.	J.H.SAM	MAKING
ERROR(%)	35.03	45.24	58.36	30.99	44.48	20.42	80.05	20.29	121.50	33.69
R.M.S	47.04	53.71	71.20	59.69	90.32	40.99	92.23	43.39	173.45	71.48
RESULT S FOR SAME METHOD WITH CORRECTED COEFFICIENT FOR REGION										
METHOD	BLAN.CR	B.C.FAO1	B.C.FAO2	B.C.SCS	THR.WA.	HARGER.	LINACRE	JEN.HAI.	J.H.SAM	MAKING
R	0.83821	0.80077	0.80457	0.61610	0.45695	0.82683	0.59997	0.83196	0.89847	0.8406
ERROR (%)	23.79	30.14	29.81	35.93	51.70	21.47	43.67	27.67	18.09	25.88
R.M.S.	37.79	41.51	41.15	55.18	61.64	39.15	55.44	38.45	30.42	37.27

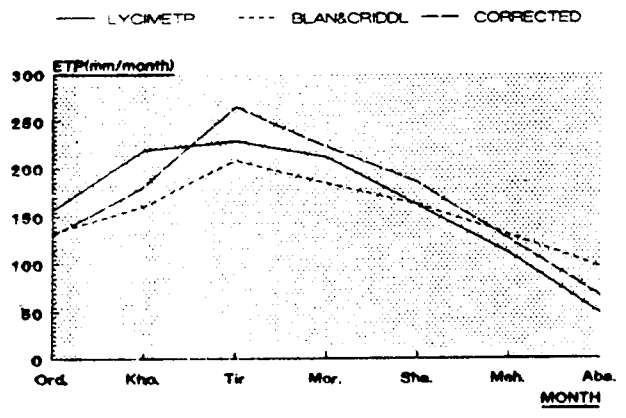
METHOD	MAK.ADJ.	TURC	ESTEFNZ	OLIVER	INANVO	OSTROME.	PAPADAK.	PENMAN	PEN.KAV	FRIMANRAO
ERROR(%)	34.84	26.26	22.33	23.17	44.14	65.15	39.26	24.74	21.86	22.34
R.M.S.	47.30	55.96	45.97	45.57	59.31	87.75	74.62	42.49	42.21	41.61
RESULT S FOR SAME METHOD CORRECTED COEFFICENT FOR REGION										
METHOD	MAK.ADJ.	TURC	ESTEFNZ	OLIVER	INANVO	OSTROME.	PAPADAK.	PENMAN	PEN.KAV	FRIMANRAO
R	0.83929	0.84611	0.82219	0.33454	0.59226	0.58681	0.60638	0.84329	0.85779	0.86003
ERROR (%)	26.44	26.27	28.47	24.92	44.26	44.90	43.73	26.48	24.81	24.40
R.M.S	37.68	36.94	39.44	38.18	55.83	56.35	55.10	37.24	36.62	35.36

METHOD	PEN.WRI.	VANBAVEL	EVA.PAN1	EVA.PAN2	EVA.PAN3	CHRIS.Ra	CHRI.Pan	CHRIS.RS
ERROR(%)	26.13	38.90	15.95	13.63	23.92	25.54	17.87	26.27
R.M.S.	52.61	76.98	33.92	33.80	47.92	42.21	36.79	50.90
RESULT S FOR SAME METHOD CORRECTED COEFFICENT FOR REGION								
METHOD	PEN.WRI.	VANBAVEL	EVA.PAN1	EVA.PAN2	EVA.PAN3	CHRIS.Ra	CHRI.Pan	CHRIS.RS
R	0.77534	0.87366	0.089555	0.39601	0.89141	0.82390	0.89023	0.81830
ERROR (%)	29.97	22.17	15.61	15.39	15.96	26.26	16.65	28.91
R.M.S.	43.76	33.72	30.83	30.77	31.40	39.27	31.56	39.83

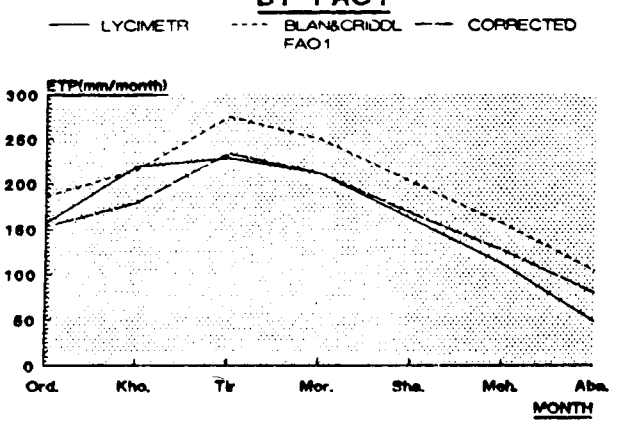
جدول (۵) : اولویت بندی مدلهای مورد استفاده در کل دوره

اولویت بندی مدلها با دخالت ضرائب منطقه‌ای برای کل دوره		اولویت بندی مدلها در کل دوره	
شماره اولویت	نام مدل	شماره اولویت	نام مدل
۱	طشتک تبخیر با ضریب Kp ارائه شده توسط پروت و همکاران	۱	طشتک‌تبخیر با ضریب kp ارائه شده توسط کانکا
۲	جنسن و هیز اصلاح شده توسط سامانی و پسارکلی	۲	کریستینسن و هارگریوز با استفاده از طشتک تبخیر
۳	طشتک تبخیر با ضریب Kp ارائه شده توسط کانکا	۳	طشتک‌تبخیربا‌ضریب Kp ارائه‌شده‌توسط‌پروت‌و همکاران
۴	طشتک تبخیر با ضریب Kp رابطه (۳)	۴	هارگریوز
۵	کریستینسن و هارگریوز با استفاده از طشتک تبخیر	۵	جنسن و هیز
۶	وان بیول	۶	پنمن اصلاح شده توسط FAO
۷	هارگریوز	۷	پنمن اصلاح شده توسط کانکا و جنسن
۸	پنمن اصلاح شده توسط FAO	۸	کریستنسن و هارگریوز با استفاده از تشعشع برون زمینی
۹	پنمن اصلاح شده توسط کانکا و جنسن	۹	استفنز
۱۰	بلانی کریدل	۱۰	پنمن
۱۱	تورک	۱۱	اولیویر
۱۲	پنمن	۱۲	طشتک تبخیر با ضریب kp رابطه (۳)
۱۳	مک کینگ	۱۳	بلانی کریدل
۱۴	اولیویر	۱۴	مک کینگ اصلاح شده
۱۵	مک کینگ اصلاح شده	۱۵	کریستینسن و هارگریوز با استفاده از تشعشع رسیده به سطح زمین
۱۶	جنسن و هیز	۱۶	تورک
۱۷	کریستینسن و هارگریوز با استفاده از تشعشع برون زمین	۱۷	پنمن رایت
۱۸	استفنز	۱۸	بلانی کریدل اصلاح شده توسط SCS
۱۹	کریستینسن‌وهارگریوزبااستفاده‌ازتشعشع‌رسیده‌به سطح زمین	۱۹	بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO با رابطه اصلاحی(۱)
۲۰	بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO با رابطه اصلاحی (۲)	۲۰	مک کینگ
۲۱	بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO با رابطه اصلاحی (۱)	۲۱	ایوانف
۲۲	پنمن رایت	۲۲	بلانی کریدل اصلاح شده توسط FAO با رابطه اصلاحی (۲)
۲۳	بلانی کریدل اصلاح شده توسط SCS	۲۳	وان بیول
۲۴	پاپاداکیس	۲۴	پاپاداکیس
۲۵	لیناکر	۲۵	تورنث وایت
۲۶	ایوانف	۲۶	اوسترومکی
۲۷	اوسترومکی	۲۷	لیناکر
۲۸	تورنث وایت	۲۸	جنسن و هیز اصلاح شده توسط سامانی و پسرکلی

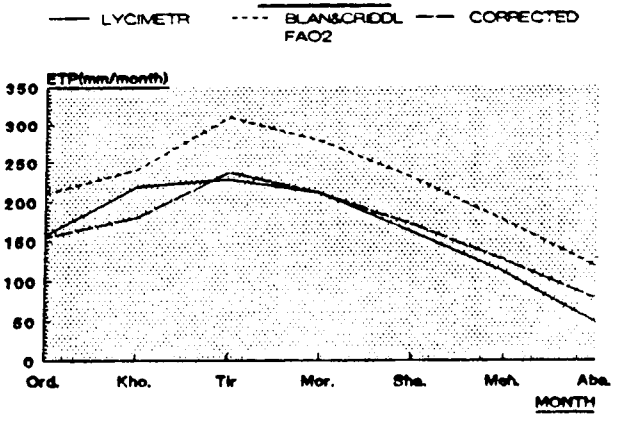
BLANEY-CRIDDLE METHOD



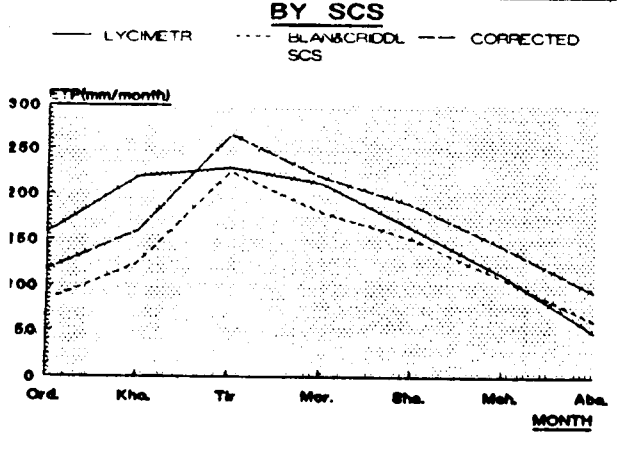
BLANEY-CRIDDLE METHOD ADJUSTMENT BY FAO1



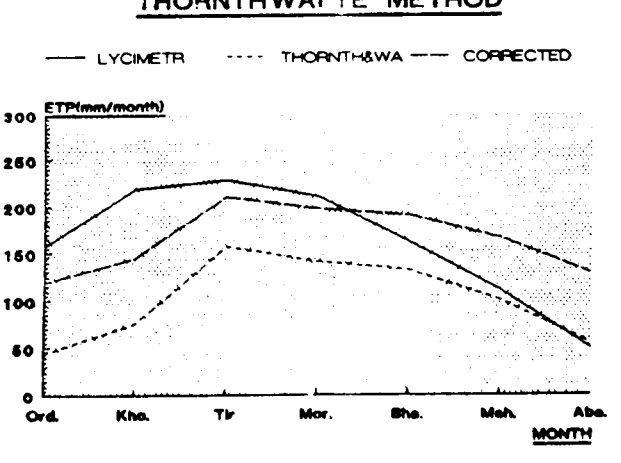
BLANEY-CRIDDLE METHOD ADJUSTMENT BY FAO2



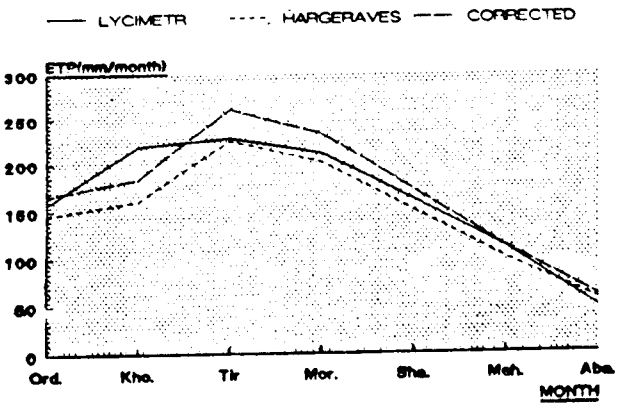
BLANEY-CRIDDLE METHOD ADJUSTMENT BY SCS



THORNTHWAITE METHOD

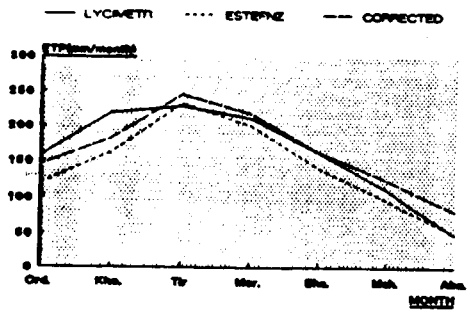


HARGERAVES METHOD

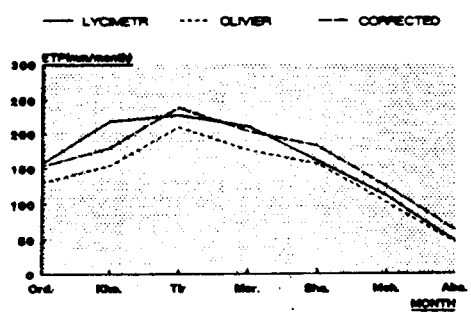


شکل (۱) نمودار تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روشهای مختلف و مقادیر مشاهده ای در منطقه مورد مطالعه

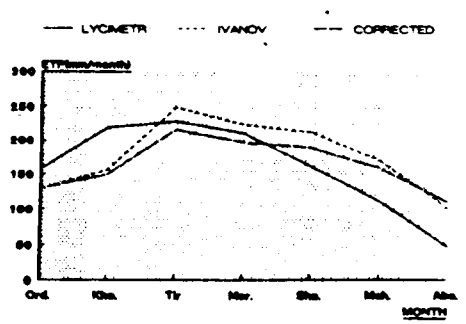
ESTEFNZ METHOD



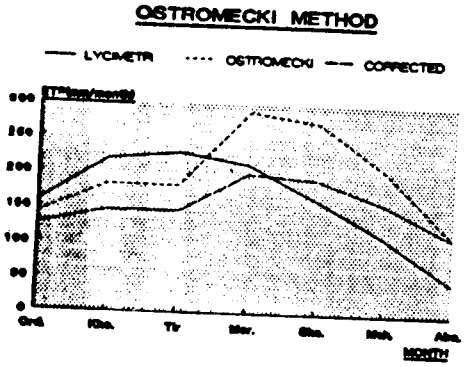
OLIVIER METHOD



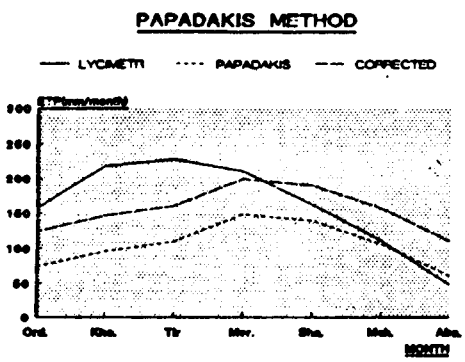
IVANOV METHOD



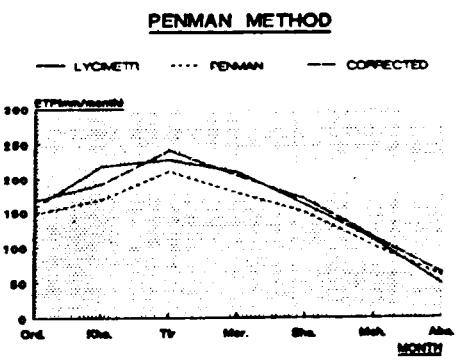
OSTROMECKI METHOD



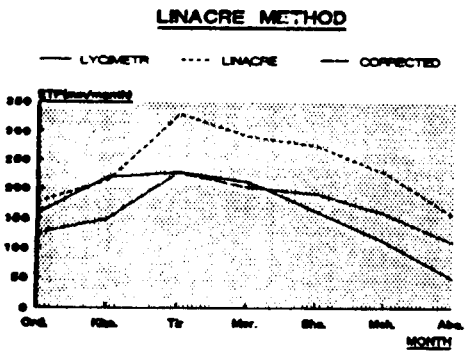
PAPADAKIS METHOD



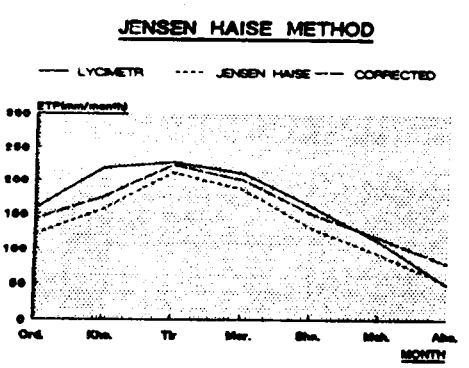
PENMAN METHOD



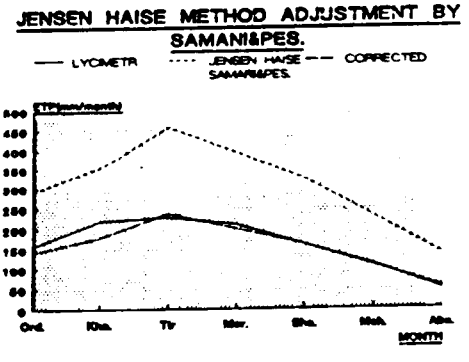
LINACRE METHOD



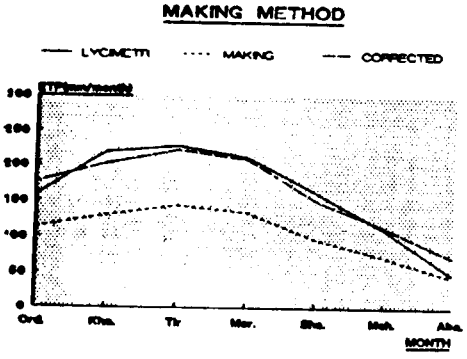
JENSEN HAISE METHOD



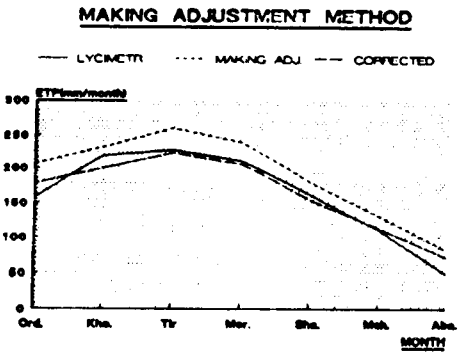
JENSEN HAISE METHOD ADJUSTMENT BY SAMANI&PES.



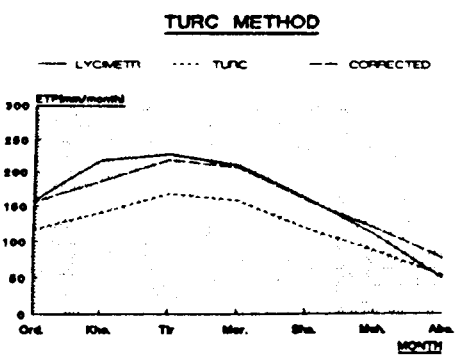
MAKING METHOD



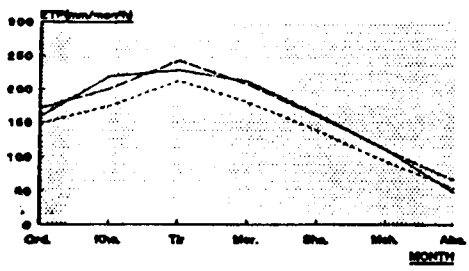
MAKING ADJUSTMENT METHOD



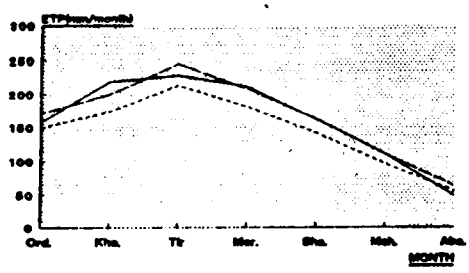
TURC METHOD



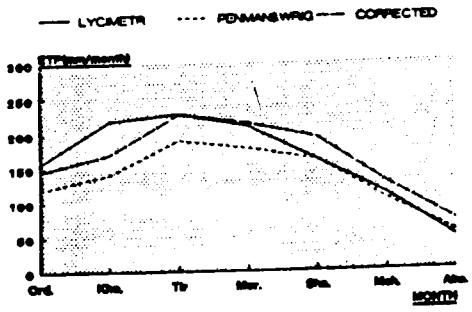
PENMAN METHOD ADJUSTMENT BY KANKA&JENSEN



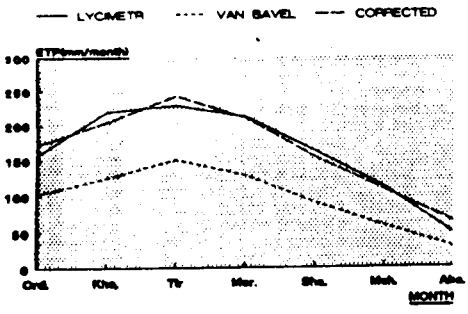
PENMAN METHOD ADJUSTMENT BY FAO



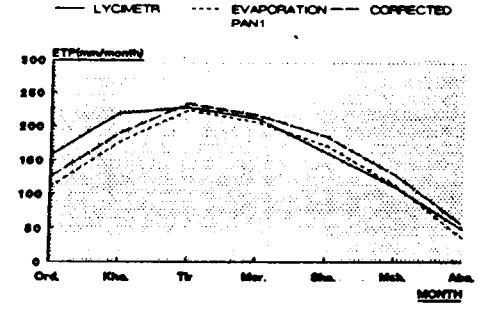
PENMAN WRIGHT METHOD



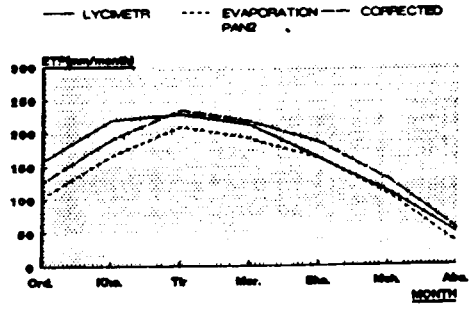
VAN BAVEL METHOD



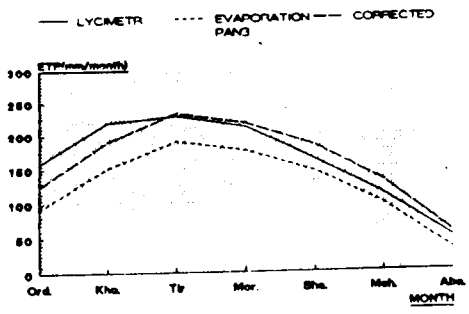
EVAPORATION PAN1 METHOD



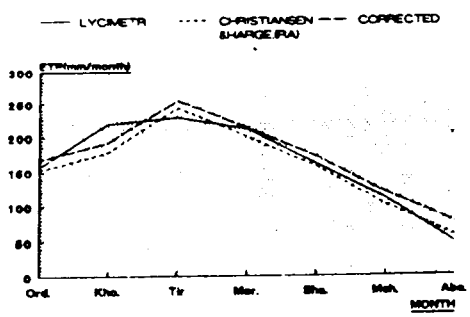
EVAPORATION PAN2 METHOD



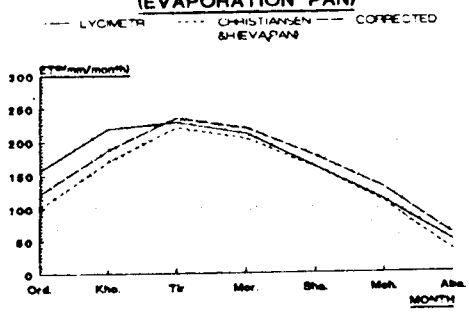
EVAPORATION PAN3 METHOD



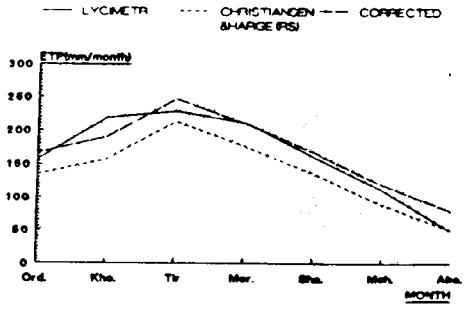
CHRISTIANSEN&HARGERAVES METHOD (RA)



CHRISTIANSEN&HARGERAVES METHOD (EVAPORATION PAN)



CHRISTIANSEN&HARGERAVES METHOD (RS)



ABSTRACT :

Calculation of crop water requirements is one the most important necessities for any model of Irrigation and Drainage, and it is necessary to evaluate potential evapotranspiration in the area. Since there are several models for evaluation of potential evaportanspiration depending on weather conditions and other characters in different parts of the world, thus they present different results for different areas of our country.

In order to determine the best model for Urmia region, We´ve compared the results of different models With Lysimeter potentila evaportranspiration values and the following models have been selected respectively :

Cuenca´s evaporation pan model with K_p coefficient and christiansen and Hargreaves, model utilizing evaporation pan.