



دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی آب

پروژه تخصصی مقطع کارشناسی

عنوان:

ارزیابی مدل DRAINMOD

استاد راهنما :

دکتر حسین رضائی

نگارش :

سهند ساعدی

خرداد ۹۶

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## چکیده

مدل های کامپیوتری بدلیل کاهش هزینه ها و کوتاه کردن مدت زمان دستیابی به نتایج اجرای یک سناریو بر روی یک سیستم، بصورت گسترده ای در علوم مختلف بکار می روند . سیستم های زهکشی معمولاً در اراضی نیمه خشک تحت آبیاری برای کنترل شوری و ماندابی شدن خاک نصب میشوند. بدلیل وجود پیچیدگی حرکت آب و انتقال املاح در خاک، مدل های شبیه سازی برای تشریح عملکرد سیستم های مدیریت آب که ممکن است شامل زهکش زیرزمینی، سطحی و آبیاری باشند، به کار می روند . یکی از این مدل ها DRAINMOD است که حرکت و ذخیره آب در خاک را شبیه سازی می کند.

این مدل در سال ۱۹۹۲ توسط Kandil و همکاران برای شبیه سازی حرکت نمک در خاک و در سال ۱۹۹۷ بوسیله Breve و همکاران جهت شبیه سازی تغییرات نیتروژن در خاک اصلاح شده و به ترتیب به مدل های DRAINMOD-N و DRAINMOD-S شهرت یافتند.

کلمات کلیدی : سیستم های زهکشی- کنترل شوری- DRAINMOD- حرکت آب- ذخیره آب

## فهرست :

۶	مقدمه
۷	آزمایشات انجام شده با مدل
۹	کلیات مدل :
۹	۱) مدل DRAINMOD
۱۰	۲) مدل DRAINMOD-S
۱۱	۳) مدل DRAINMOD-N
۱۲	۴) روش ارزیابی مدل
۱۳	۵) تشریح مدل DRAINMOD در محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک
۱۳	فرضیات حاکم بر مدل :
۱۳	۱) اصل بیلان جرمی آب
۱۳	۱-۱) بیلان بندی سطحی
۱۴	۱-۲) بیلان بندی زیر سطحی
۱۴	۲) محدودیت های مدل
۱۵	معادلات حاکم بر مدل
۲۰	راهنمای استفاده از مدل
۲۱	ورودی های مدل
۲۱	۱) پارامترهای هواشناسی
۲۱	۲) خصوصیات خاک
۲۲	۳) پارامترهای زهکشی
۲۲	۴) مدیریت آبیاری
۲۲	۵) پارامترهای گیاهی
۲۵	۶) پارامترهای موردنیاز برای آبیاری با فاضلاب

## مراحل ایجاد یک پروژه

۲۶	(۱) باز کردن پروژه جدید
۲۸	(۲) ورودی های طراحی زهکشی
۲۹	(۳) ورودی های خاک
۳۱	(۴) ورودی های هواشناسی
۳۲	(۵) ورودی های گیاه
	خروجی های نرم افزار
۳۷	(۱) نمودار رواناب سطحی
۳۸	(۲) نمودار تغییرات سطح ایستابی
۳۹	(۳) نمودار بارندگی
۴۰	(۴) نمودار نفوذ
۴۱	(۵) نمودار زهکشی
۴۲	(۶) نمودار تلفات آب
۴۳	(۷) نمودار تبخیر- تعرق
۴۴	(۸) نمودار Dry Zone Depth
۴۵	منابع

## مقدمه

در جهان امروز تقریباً ۹۶۰ میلیون هکتار از اراضی آبیاری می شوند. در حدود نیمی از این اراضی در مناطق نیمه گرمسیری خشک و نیمه خشک واقع شده است. ایران نیز از لحاظ موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی جزو این مناطق محسوب می شود. در این مناطق باران و منابع آب طبیعی جوابگوی نیاز آبی گیاهان در طول فصل رشد نیستند و این کمبود باید از طریق آبیاری جبران گردد. در پروژه های آبیاری اراضی مستعد به زهدار شدن، احداث شبکه زهکشی و یا بهبود شرایط زهکشی موجود جز تفکیک ناپذیر پروژه می باشد.

امروزه به منظور استفاده بهینه از منابع آب موجود می بایست سیستم های مدیریت آب کشاورزی بصورت صحیح و کارآمدی طراحی شوند. در غیر این صورت ممکن است منطقه توسعه ریشه ماندابی شده و یا بدلیل تجمع نمک در این منطقه گیاه دچار تنش شود. از طرفی دیگر زهکشی بیش از حد هم مطلوب نیست چرا که کود و مواد معدنی خاک همراه آب شسته شده و از خاک خارج می شوند و میتواند مشکلات زیست محیطی حادی را ایجاد کند.

استفاده از مدل های ریاضی یکی از روش های کارآمد و اقتصادی برای مدیریت سطح ایستابی و یا ارزیابی سناریوهای مختلف می باشد مدل هایی وجود دارد که با استفاده از آنها می توان وضعیت شوری خاک، رطوبت خاک و رژیم سطح ایستابی را در اثر استفاده ها و مدیریت های مختلفی که صورت می گیرد مشخص نمود. برخی از این مدل ها رشد گیاه را نیز در نظر می گیرند. برای واسنجی این مدل ها غالباً از داده های گذشته و یا آزمایشی استفاده می گردد. دو مدل عمده آگروهیدرولوژیک عبارتند از مدل DRAINMOD و SWAP مدل DRAINMOD در سال های دهه ۱۹۶۰ میلادی در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی در آمریکا توسعه یافت و مدل SWAP در سال های دهه ۱۹۷۰ در دانشگاه واگنینگن هلند تهیه گردید. مدل DRAINMOD بر اساس توازن آب و روابط تجربی استوار می باشد در حالی که در مدل SWAP رژیم آب- خاک بر اساس حرکت آب در خاک و سرعت تبخیر- تعرق استوار می باشد. گرچه استفاده های کاربردی زیادی از اینها برده شده است اما هنوز می توان گفت که مدل های فوق بیشتر خاص پروژه های تحقیقاتی می باشند مدل DRAINMOD اصولاً مدل یک بعدی است ولی مسایل مربوط به حرکت جانبی و نشست در دامنه تپه ها را نیز می توان با آن حل کرد.

## آزمایشات انجام شده با مدل DRAINMOD در جهان و ایران

به دلیل وجود پیچیدگی حرکت آب و انتقال املاح در خاک و همچنین به دلیل وقت و هزینه ی زیادی که برای انجام آزمایشات مزرعه صرف می شود مدل های شبیه سازی برای تشریح عملکرد سیستم های مدیریت آب شامل زهکشی زیرزمینی، سطحی و آبیاری به کار می روند. در سال های اخیر تلاش های زیادی برای ارائه مدل های کامپیوتری برای ارزیابی و طراحی سیستم های مدیریت آب و شبیه سازی حرکت و ذخیره آب در خاک به عمل آمده است. یکی از این مدل ها، مدل معروف DRAINMOD است که توسط اسکگز و همکارانش در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی امریکا تهیه و برای مدیریت آب خاک در شرایط مرطوب و اراضی با سطح ایستابی کم عمق ارائه شد (El-Sadak et al., 2001). این مدل به دلیل اینکه در شبیه سازیهای طولانی مدت وقت کمی از کامپیوتر میگیرد و نتایج شبیه سازیهای آن در نواحی مختلف در مقایسه با مدلهای دیگر موجود در این زمینه بیشتر به واقعیت نزدیک است در واقع نسبت به مدل های دیگر برتری چشمگیری دارد. با استفاده از این مدل شبیه سازی طرح موردنظر با آلترناتیوهای مدیریتی آن برای یک دوره طولانی از داده های اقلیمی جهت بررسی اثرات سالانه و تغییر پذیری فصلی امکان پذیر می باشد. از دیگر ویژگیهای مدل ارزیابی اثرات طراحی سیستم های مدیریت آب بر عملکرد محصول می باشد. (Skaggs, 1980)

آل و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل DRAINMOD اثرات مدیریت آب زهکشی بر هیدرولوژی و عملکرد محصول را برای دوره ۱۵ ساله (۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵) شبیه سازی کردند. نتایج نشان داد که بطور متوسط مقدار جریان زهکشی سالانه و عملکرد محصول به ترتیب ۶۰ و ۰/۵ درصد کاهش و رواناب سطحی ۸۵ درصد افزایش یافت.

وانگ و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مدل DRAINMOD جریان زهکشی و عملکرد محصول را پیش بینی نمودند و نتیجه گرفتند که مدل را میتوان برای بررسی کارایی فواصل مختلف زهکشیها و به عنوان راهنمایی برای طراحی فواصل زهکشی خاکهای مختلف مورد استفاده قرار داد.

سین و همکاران (۲۰۰۶) از مدل DRAINMOD برای طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی استفاده کردند. نتایج حاصل نشان داد که سیستم زهکشی طراحی شده با فاصله ۲۵ متر و عمق ۱/۰۵ متر برای به حداکثر رساندن عملکرد محصول (متوسط عملکرد نسبی برابر با ۹۸ درصد) مناسب می باشد و این سیستم با کاهش زهکشی زیرزمینی تلفات نیتروژن نیترات را کاهش داد.

یانگ (۲۰۰۸) مدل DRAINMOD را برای پیش بینی نوسانات سطح ایستابی در یک مزرعه نیشکر در استرالیا ارزیابی کرد. نتایج مطالعه نشان داد که از این مدل میتوان برای بررسی گزینه های مدیریت زهکشی در شرایط مختلف استفاده نمود.

سالاز و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل DRAINMOD-N تلفات نیتروژن را در اراضی زراعی مناطق سرد جنوب شرق سوئد پیش بینی نمودند و نتیجه گرفتند که این مدل برای پیش بینی تلفات نیتروژن در اراضی زهکشی شده مناطق سرد جنوب شرق سوئد قابل کاربرد می باشد.

وهبا و کریستین (۲۰۰۶) نشان دادند که DRAINMOD-S قادر به توصیف طراحی های مختلف زهکشی و راهکارهای مدیریتی تحت وضعیت نیمه خشک جنوب استرالیا میباشد.

ترک زبان (1379) قابلیت اطمینان مدل DRAINMOD-S را برای اراضی تحت آبیاری در آب و هوای نیمه خشک خوزستان به وسیله داده های صحرایی مورد ارزیابی قرار داد. قسمت شوری مدل با مقایسه مقادیر شوری اندازه گیری شده در سطح مزرعه ارزیابی و واسنجی شد. نتایج نشان داد که مدل DRAINMOD-S میتواند برای ارزیابی طراحی و مدیریت سیستمهای آبیاری و زهکشی در مناطق خشک و نیمه خشک با سطح ایستابی کم عمق به کار رود.

## مروری بر نتایج تحقیقات انجام شده

### در نقاط مختلف دنیا

شدت تخلیه (mm/day)		سطح ایستابی (cm)		منطقه مورد مطالعه	محقق (محققان)
AD	S.E	AD	S.E		
*	*	۸/۱	۷/۵-۱۹/۶	کارولینای شمالی	اسکگر (۱۹۷۸)
*	*	۴-۲۰	۶-۲۴	کالیفرنیا	چنگ و همکاران (۱۹۸۳)
*	*	۱۴-۲۴	۱۵-۳۰	منطقه کونای هند	گوپتا و همکاران (۱۹۹۳)
۰/۹۴۵	*	*	*	کریل هلند	صادق و همکاران (۲۰۰۱)
۰/۲-۰/۸۳	*	۱۱-۱۶	*	مصر	وهبا و همکاران (۲۰۰۲)
۰/۱-۰/۷	۰/۳-۱/۷	*	*	اوهایو	ونگ و همکاران (۲۰۰۶)
*	*	۱۱/۰	۱۴/۸	شیراز	رضایی (۱۳۷۲)
۳/۲	۴/۵	۱۷/۲-۲۷/۹	۲۴/۸-۳۵/۶	اهواز	رحیمی قباقی تپه (۱۳۷۹)

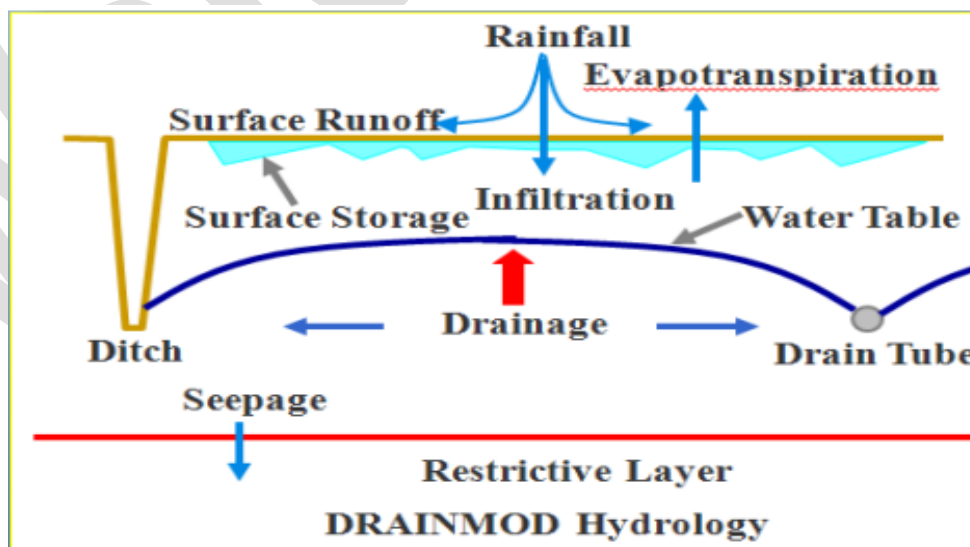


## کلیات مدل

مدل DRAINMOD افزون بر اجزای هیدرولیکی، می تواند استراتژی های متفاوت مدیریت سطح ایستابی را در بازده محصول و کاهش عملکرد بررسی کند. این مدل اواین بار توسط SCS در شمال کارولینا مورد ارزیابی قرار گرفت که البته در چند جای دیگر آزمایشات مشابهی انجام گرفت. اگرچه این مدل توانایی شبیه سازی همه جانبه حرکت آب در پروفیل خاک را دارد ولی محدودیت های هم دارد. از جمله محدودیت های مدل کاربرد آن در شرایط اقلیم مرطوب، موازی بودن زهکش ها در شرایط زهکشی زیر زمینی، کاربرد مدل در شیب کمتر از پنج درصد و عدم کاربرد مدل در شرایط یخبندان است.

مدل DRAINMOD به منظور بررسی استراتژی های مختلف سطح ایستابی و مقایسه آن با ارقام واقعی در چندین منطقه آمریکا به کار گرفته شده است. اسکگز و همکاران مقایسه ای بین نتایج پیش بینی شده به وسیله مدل و ارقام بدست آمده از آزمون های صحرایی را طی یک دوره هشت ساله در شرایطی که منطقه تنها دارای زهکش سطحی بود، منطقه تنها دارای زهکش زیرزمینی متداول بود و حالتی که ترکیبی از زهکش سطحی و زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته بود را انجام دادند. نتایج نشان داد که هماهنگی مطلوبی بین ارقام به دست آمده از مدل و آزمایش ها در مورد حجم رواناب برای هر سه حالت فوق وجود دارد. همین نتایج نیز برای برآورد حجم آب زهکشی در شرایط وجود یا عدم وجود سیستم زهکشی سطحی گزارش شده است.

اسکگز این مدل را برای حالت های آبیاری زیرزمینی که عکس حالت زهکشی است و سیستم زهکشی کنترل شده به کار گرفت و بین ارقام حاصل از مدل و اعداد واقعی سطح ایستابی (با تناوب روزانه) همبستگی مطلوبی مشاهده کرد.



شکل (۱): شکل شماتیک مدل

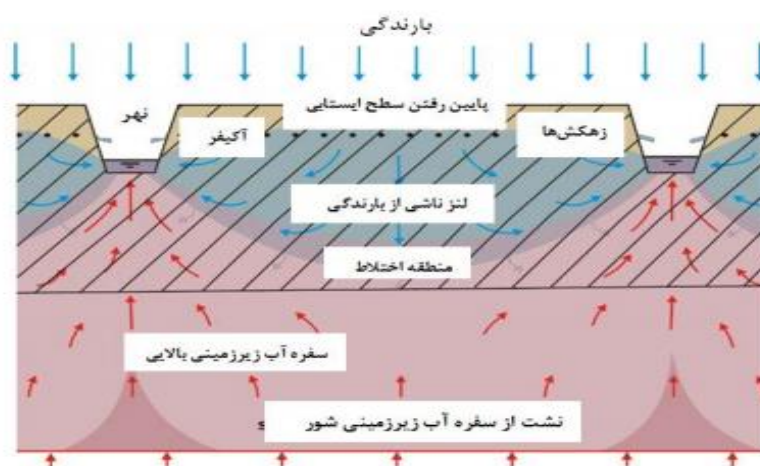
## مدل DRAINMOD-S

مدل DRAINMOD-S از زیر مدلهای مدل DRAINMOD میباشد که علاوه بر قابلیت‌های مدل اصلی، قابلیت شبیه سازی شوری خاک و زه آب را نیز دارا میباشد.

توانایی کشاورزی آبی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک با مجموعه ای از عوامل از قبیل کیفیت پایین آب آبیاری، فقدان یا ضعف زهکشی و سطح ایستابی کم عمق شور تهدید میشود. همچنین شوری خاک یکی از مسائل اصلی در مناطق خشک و نیمه خشک با تراز سطح آب کم عمق میباشد که تحت تأثیر اقلیم، نوع خاک، نوع گیاه، کیفیت آب آبیاری و نوع مدیریت اعمال شده در آبیاری، تراز سطح آب و شوری آب زیرزمینی قرار دارد. در حال حاضر در کشور ما حدود ۳۰ درصد از اراضی تحت آبیاری به دلیل شوری بالای آب زیرزمینی و سطح ایستابی کم عمق شور میباشند (جرعه نوش و سپاسخواه ۲۰۰۳)

وقتی که سفره آب زیرزمینی با کیفیت نامناسب در عمقی نزدیک به سطح زمین قرار دارد، آب زیرزمینی شور ممکن است سطح را به وسیله جریان رو به بالای آب زیرزمینی تحت تأثیر قرار بدهد. این امر باعث شور شدن آبهای سطحی و آب شیرین کم عمق زیرزمینی میشود و آب نامناسب برای آبیاری، ذخیره آب آشامیدنی و یا اهداف صنعتی را به وجود می آورد.

حرکت رو به بالای آب زیرزمینی شور، مانع نفوذ بیشتر آب باران (و یا آب آبیاری با کیفیت مناسب) به اعماق پایین تر شده و در نتیجه لنز آب شیرین کم عمقی را ایجاد میکند. لنز آب شیرین ممکن است خیلی کوچک و یا ناچیز باشد طوریکه آب زیرزمینی کم عمق شور میتواند منطقه توسعه ریشه را با صعود موئینه تحت تأثیر قرار بدهد و روی رشد طبیعی اثر بگذارد، علاوه بر نشت رو به بالای آب زیرزمینی، تأخیر در نفوذ آب آبیاری یا بارندگی به دلیل تشکیل لایه کم عمق بر روی سفره آب زیرزمینی، همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، میتواند برای رشد گیاهان مشکل ساز باشد.

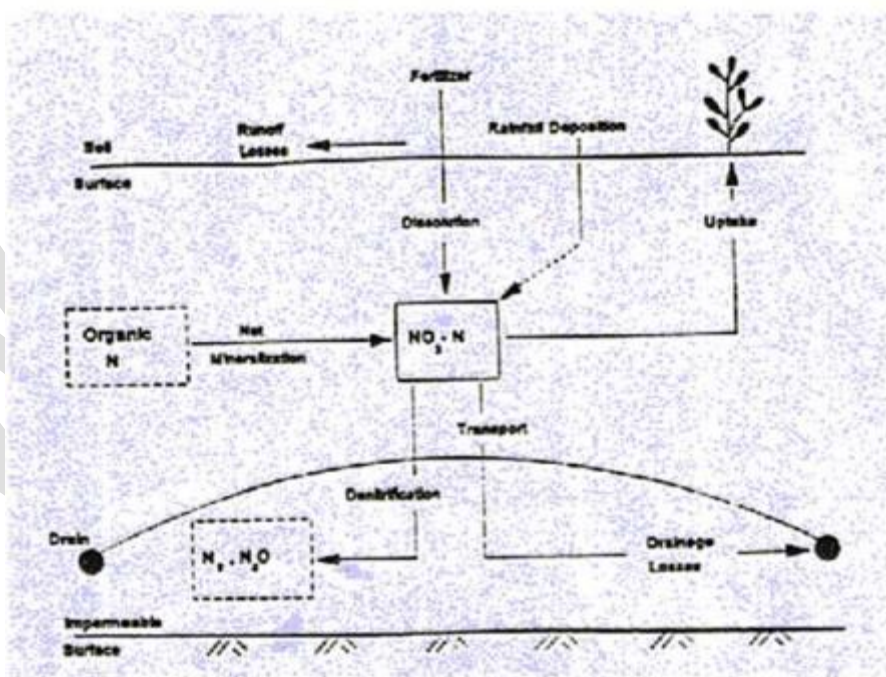


شکل (۲): تصویر شماتیک لنز کم عمق ناشی از بارندگی بر روی آب زیرزمینی شور (دیلاو و همکاران ، ۲۰۱۱)

## مدل DRAINMOD-N

نیترات از جمله ی مهم ترین مواد مغذی گیاه است که عدم استفاده از آن در بخش کشاورزی کاهش شدید محصول را به همراه خواهد داشت. جذب نشدن این ماده به کلونیدهای خاک از یکسو و حلالیت بسیار بالای این ماده در آب از سوی دیگر باعث میشود تا سرعت از دسترس ریشه ی گیاه خارج شده و وارد منابع آب زیرزمینی کم عمق گردد. ورود این ماده به منابع آب سطحی و زیرزمینی باعث کاهش شدید کیفیت آب شده و حتی قادر است یک منبع عظیم آبی را به لحاظ کیفی از حیض انتفاع خارج کند.

مدل DRAINMOD-N یک مدل نیمه دو بعدی است. Breve و همکاران در سال ۱۹۹۷ مدل DRAINMOD-N را از توسعه مدل DRAINMOD به دست آوردند. لذا تمام فرضیات و ساده سازی های انجام شده اینجا نیز صادق میباشد. چون مدل DRAINMOD-N اجزاء نیتروژن را در منطقه غیر اشباع بصورت یک بعدی و در جهت عمودی و در منطقه اشباع بصورت دوبعدی و در هر دو جهت افقی و عمودی مورد بررسی قرار میدهد؛ لذا DRAINMOD-N به یک مدل نیمه دو بعدی شهرت یافته است. DRAINMOD-N- N. نیتروژن را در قالب نیترات تحلیل میکند و آمونیوم را در سیکل نیتروژن وارد نمیکند. در واقع فرض بر این است که آمونیوم (بار مثبت) سرعت توسط کلونیدهای (بار منفی) خاک جذب شده و یا در اثر فعل و انفعالات باکتریایی به نیترات تبدیل می گردد. بنابراین پارامترهای نیتروژن دار مورد نظر در این مدل از ورود اطلاعات نیتروژن باران، کودهای محلول، معدنی شدن مواد آلی نیتروژن دار، دنیتریفیکاسیون، جذب گیاهی و رواناب خروجی و آب زهکشی شده حاصل می گردد (شکل ۳).



شکل (۳) : سیکل نیتروژن در پروفیل خاک غیر اشباع

## روش ارزیابی مدل

اعتبار مدل از طریق مقایسه مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق تطابق بین مقادیر واقعی و مقادیر ششبیه سازی شده با محاسبه چهار پارامتر آماری شامل ضریب تبیین ( $R^2$ )، میانگین انحراف مطلق (AD)، خطای استاندارد (S.E) و آماره CRM (این پارامتر میزان کم یا زیاد برآورد کردن مدل را معین می کند) مشخص شده است:

$$R^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \times \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (1)$$

$$AD = \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - P_i|}{n} \quad (2)$$

$$S.E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (4)$$

که در روابط بالا

$O_i$ : مقدار مشاهده شده پارامتر مورد نظر

$P_i$ : مقدار پیش بینی شده پارامتر مورد نظر

$n$ : تعداد اندازه گیری ها

## تشریح مدل DRAINMOD در محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک

این مدل از بیلان آب در ستون عمودی خاک بین زهکشهای موازی استفاده میکند. مدل DRAINMOD به ویژه برای خاکهای با سطح ایستابی کم عمق به کار گرفته شده است. مدل DRAINMOD برای شرایط مرطوب توسعه داده شده و نتایج آن برای این شرایط قابل اعتماد می باشد، ولی برای شرایط خشک و نیمه خشک نیز با موفقیت آزمایش شده است. با این حال عدم تطابق مقادیر زهکشی شبیهسازی شده توسط مدل با مشاهدات واقعی در این مناطق مشاهده میشود. یکی از مدل هایی است که به منظور شبیه سازی مدیریت آب در سطح وسیعی به کار گرفته شده است. مدل میتواند رژیم جریان آب در خاک را در زهکشهای سطحی و زیرزمینی شبیهسازی کرده و رواناب سطحی، نفوذ، تاخیر و تعرق، زهکشی زیرزمینی و نشست (عمودی و جانبی) را در مناطق زهکشی زیرزمینی برآورد نماید. مدل DRAINMOD در سالهای خشک، به دلیل کمتر برآورد نمودن میزان تبخیر و تعرق، مقادیر رواناب سطحی، حجم آب زهکشی را بیش از آن چه که باید، برآورد مینماید (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴).

### فرضیات حاکم بر مدل

#### ۱) اصل بیلان جرمی آب

یکی از معادلات پایه در مدل، معادله بیلان آبی است که برای مقطعی از خاک با سطح واحد در نقطه میانی بین دو زهکش در نظر گرفته شده است و از سطح زمین تا لایه غیر قابل نفوذ ادامه دارد بیلان بندی در این مدل به دو بخش طبقه بندی میشود:

#### ۱-۱) بلان بندی سطحی

مدل بیلان آب سطحی را به منظور برآورد نفوذپذیری، رواناب و نگهداشت سطحی انجام میدهد که مقدار نگهداشت سطحی بسته به نوع عملیات شخم و تهیه ی زمین از ۰/۱ تا بیش از ۳ سانتیمتر متغیر می باشد.

$$P = F + RO + \Delta S \quad (5)$$

F : نفوذ پذیری

RO : رواناب سطحی

$\Delta S$ : تغییرات میزان ذخیره ی رطوبت در خاک

P : بارش

## ۱-۲) بیلان بندی زیر سطحی

مدل لبیلانن آبی را برای مقطع نازکی از خاک که بین دو زهکش قرار گرفته است تهیه می کند. بیلان زیر سطحی آب به صورت زیر نوشته می شود :

$$\Delta V_a = D + ET + DS - F \quad (۶)$$

$\Delta V_a$  : تغییرات آب آزاد در خلل و فرج یا حجم هوا (سانتی متر)  
D : مقدار زهکشی از مقطع (و یا ابیاری زیر زمینی به درون مقطع) (سانتی متر)  
ET : تبخیر و تعرق (سانتی متر)  
DS : نشست عمقی (سانتی متر)

## ۲) محدودیت های مدل

- ✓ کاربرد آن در شرایط اقلیم مرطوب که سطح ایستابی در عمق کمی از سطح زمین واقع شده
- ✓ موازی بودن زهکش ها در شرایط زهکشی زمین
- ✓ کاربرد مدل در شیب کمتر از پنج درصد
- ✓ عدم کاربرد مدل در شرایط یخبندان

## معادلات حاکم بر مدل

برای شبیه سازی منحنی مشخصه خاک، مدل DRAINMOD از مدل وان گنوختن-معلم (۱۹۸۰) استفاده می کند، این مدل به صورت زیر است:

$$\theta_{(h)} = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{1 + (\alpha h)^{nm}} \quad (۷)$$

$$K(S_e) = K_s S_e^L [1 - (1 - S_e^{1/m})^m]^2 \quad (۸)$$

$$m = 1 - \frac{1}{n}, \quad n > 1 \quad (۹)$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (۱۰)$$

$\theta_{(h)}$ : مقدار اب خاک تحت مکش

$\theta_r$ : مقدار اب خاک در شرایط پژمردگی دائم

$\theta_s$ : مقدار اب خاک در شرایط اشباع

$S_e$ : اشباع نسبی

$K_s$ : هدایت هیدرولیکی اشباع

$L$ : پارامتر مربوط به پیوستگی خلل و فرج

$h$ : مکش

$K(S_e)$ : هدایت هیدرولیکی

$m, n, \alpha$ : پارامتر های شکل

برای شبیه سازی نفوذ، مدل DRAINMOD از معادله گرین آمپت استفاده میکند. این معادله به صورت زیر است:

$$f = \frac{A}{F} + B \quad (11)$$

f: سرعت نفوذ

F: نفوذ تجمعی

A, B: پارامترهایی هستند که به خصوصیات و رطوبت اولیه خاک و شرایط سطح زمین مانند نوع پوشش بستگی دارند. A و B با استفاده از معادله های زیر به دست می آیند:

$$A = K_S M S_{av} \quad (12)$$

$$B = K_S \quad (13)$$

S: هدایت هیدرولیکی اشباع

M: تخلخل قابل پرشدن خاک

$S_{av}$ : مکش در جبهه رطوبتی

مدل برای شبیه سازی وضعیت زهکشی دو حالت را مدنظر قرار میدهد:

الف) هرگاه سطح خاک به وسیله آب پوشیده نشده باشد: این حالت زمانی اتفاق می افتد که سطح ایستابی پایین تر از سطح خاک واقع شده باشد. در چنین حالتی شدت تخلیه زهکش زیرزمینی با استفاده از معادله هوخهات محاسبه می شود:

$$q_e = \frac{4 \times k_e \times m \times (2 \times d_e + m)}{l^2} \quad (14)$$

$q_e$ : شدت تخلیه ی زهکش

$k_e$ : هدایت هیدرولیکی موثر جانبی خاک

m: ارتفاع سطح ایستابی در وسط و بالای عمق نصب زهکش ها



1: فاصله زهکش ها از یکدیگر

$d_e$ : عمق معادل لایه ی غیرقابل نفوذ تا عمق نصب زهکش ها

در این معادله عمق معادل بجای عمق واقعی غیرقابل نفوذ لحاظ میگردد. علت این امر، وارد نمودن افت بار و همگرایی جریان در نزدیکی زهکش ها بیان شده است و از روابط زیر بدست می آید:

$$d_e = \frac{d}{1 + \frac{d}{l} \times (8 \times \pi \times \ln(\frac{d}{r}) - \alpha)} \quad 0 < \frac{d}{l} < 0.3$$

$$d_e = \frac{l\pi}{8 \times (\ln(\frac{l}{r}) - 1.15)} \quad \frac{d}{l} > 0.3$$

$$\alpha = 3.55 - 1.6 \times (\frac{d}{l}) + 2 \times (\frac{d}{l})^2$$

با قبول خطای ناچیز در طراحی میتوان  $\alpha = 3.4$  را فرض کرد.

اثر افت باری که بدلیل همگرایی خطوط جریان بطرف منافذ لوله های زهکش وجود دارد بوسیله پارامتری به نام شعاع مؤثر لوله زهکش وارد معادلات میشود. فرض بر این است که یک لوله زهکش کاملاً باز با شعاع همان افت باری را تولید میکند که یک لوله واقعی با شعاع  $r$  ایجاد می نماید.

در صورتی که خاک مطبق وجود داشته باشد هدایت هیدرولیکی معادل برای پروفیل خاک در نظر گرفته میشود:

$$K_e = \frac{K_1 D_1 + K_2 D_2 + K_3 D_3}{D_1 + D_2 + D_3}$$

(ب) هرگاه سطح ایستابی دقیقاً روی سطح خاک و یا بالاتر از آن قرار گرفته و حالت غرقابی برقرار باشد در این حالت شدت تخلیه از معادله کرکهام محاسبه می گردد:

$$q = \frac{4 \times \pi \times K_e \times (\delta + b - r_e)}{G \times l}$$

$$G = 2Ln \left\{ \frac{\tan(\pi(2b-r)/4h)}{\tan(\pi r/4h)} \right\} + 2 \sum Ln \left\{ \frac{\cosh(\pi ml/4h) + \cos(\pi r/2h) \cosh(\pi ml/4h) - \cos(\pi(2d-r)/2h)}{\cosh(\pi ml/4h) - \cos(\pi r/2h) \cosh(\pi ml/4h) + \cos(\pi(2d-r)/2h)} \right\}$$

استفاده از معادله های بالا با این فرض صورت میگیرد که حرکت آب به طرف زهکشها به واسطه خصوصیات خاک محدود می باشد و ظرفیت هیدرولیکی لوله های زهکش عامل محدود کننده نیست.

مدل DRAINMOD به منظور شبیه سازی نوسانات سطح ایستابی، چهار مدیریت متفاوت را اعمال میکند. این مدیریتها عبارتند از: زهکشهای معمولی، زهکشهای کنترل شده، آبیاری زیرزمینی و ترکیبی از سه مورد.

زهکش های کنترل شده به منظور صرفه جویی در مصرف آب و کاهش آلودگی خروجی از مزارعی که دارای سیستم زهکشی میباشند احداث میگردد. این مدیریت با قرار دادن یک سرریز در محل خروجی زهکش صورت میگیرد. با نصب سرریز در خروجی، ارتفاع آب در پشت آن بالا آمده و باعث ذخیره رطوبت در پروفیل خاک میگردد. آب ذخیره شده در طی دوره های خشک سال به مصرف تبخیر و تعرق میرسد. تأثیر زهکشهای کنترل شده بستگی به پارامترهای مؤثر در طراحی زهکش ها بعلاوه ارتفاع سرریز و زمان قرارگیری سرریز دارد.

مدیریت اعمال شده در آبیاری زیرزمینی شبیه به زهکش های کنترل شده می باشد. تنها تفاوت در این است که در آبیاری زیرزمینی ارتفاع آب در خروجی بوسیله پمپ در یک ارتفاع معین حفظ میشود. شدت جریان ورودی در این مدیریت از طریق معادله ارنست بدست می آید:

$$q = \frac{4 \times K_e \times m \times (2 \times h_0 + (\frac{h_0}{D_0}) \times m)}{l^2}$$

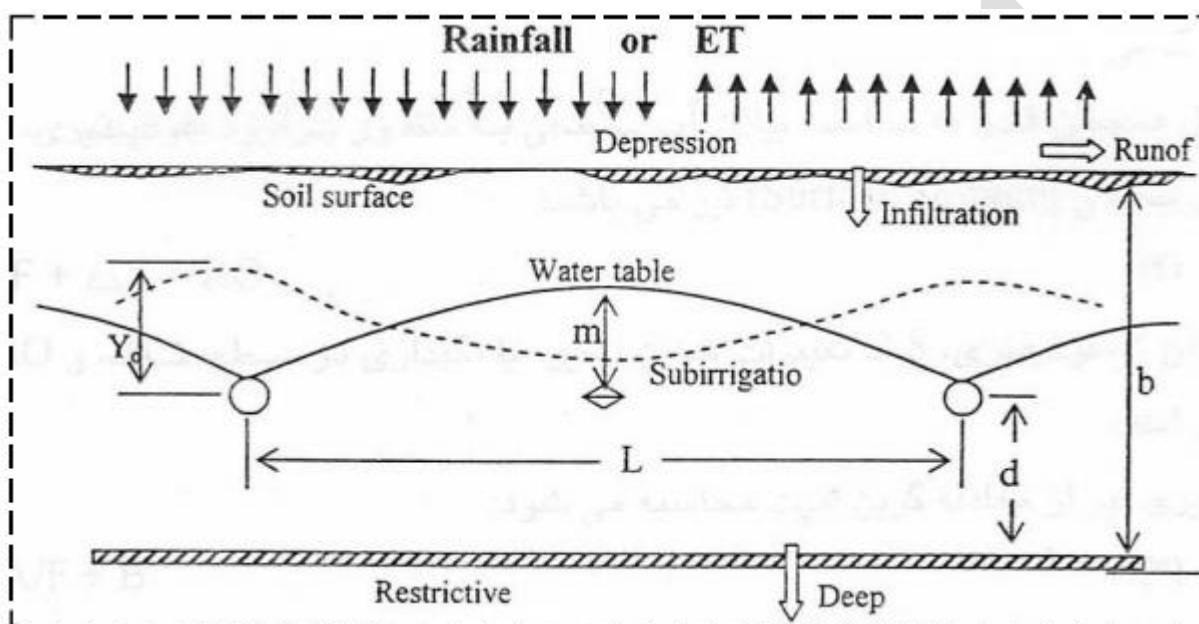
$m$ : اختلاف سطح ایستابی در مرکز دو زهکش و ارتفاع سطح آب درون زهکشها.

$h_0$ : ارتفاع معقول سطح ایستابی درون زهکشها

$D_0$ : ارتفاع واقعی سطح ایستابی درون زهکشها

$$2 \times d_e + m = 2 \times h_0 + (\frac{h_0}{D_0}) \times m$$

در سیستم زهکش کنترل شده و آبیاری زیرزمینی که ارتفاع آب در زهکش ها بالاست شدت زهکش کاهش مییابد و ممکن است منفی باشد. تحت چنین شرایطی آب از زهکش ها به داخل پروفیل خاک نفوذ کرده و سطح ایستابی در شکل ۴ بصورت منحنی خط چین در می آید. اگر این دو مدیریت زهکشی درست طراحی نشود باعث ایجاد سطح ایستابی بالا، کاهش ظرفیت خاک برای پذیرش نفوذ (بارندگی) و در نهایت ماندابی شدن مکرر خاک می گردد.



شکل(۴): نمونه ای از سیستم مدیریتی آب با زهکش و آبیاری زیرزمینی

اصولاً مدل DRAINMOD برای اراضی صاف و با شیب کمتر از ۵ درصد نگاشته شده است. اما بتدریج با مطرح شدن شیبهای بیش از ۵ درصد و نشست؛ مدل اصلاح گردید. بطوری که معادله زیر جهت برآورد ظرفیت هیدرولیکی زهکش در اراضی شیب دار به مدل اضافه گردید:

$$q_{ds} = K_e \times D \times \frac{\alpha}{l}$$

$K_e$ : هدایت هیدرولیکی جانبی

$l$ : طول شیب

$\alpha$ : شیب (%)

$D$ : ارتفاع آب بالای لایه غیرقابل نفوذ

## راهنمای استفاده از مدل

مدل Drainmod برای تجزیه و تحلیل سریع کاربرد عمق های مختلف زهکش و فواصل مختلف زهکش مورد استفاده قرار میگیرد و شامل شاخه های هیدرولوژی، نیتروژن، و شوری میباشد ابتدا به بررسی شاخه هیدرولوژی و سپس به بررسی شاخه های نیتروژن و شوری می شود.

این مدل تحت Windows می باشد و یک منوی Help دارد. در منوی Help اطلاعاتی راجع به مدل وجود دارد که به صورت زیر می باشد:

- ✓ درباره مدل
- ✓ تابع های مشاهده
- ✓ کاربردها
- ✓ محدودیت ها

یک پروژه مدل شامل مجموعه ای از فایل های ورودی متنی (\*.GEN, \*.SIN, \*.RAI) می باشد که اطلاعاتی درباره طرح زهکشی را نگهداری می کند. فایل پروژه این مدل (\*.PRJ) لیستی از زیر فایل های هر پروژه را نگهداری می کند. وقتی یک پروژه انتخاب شد، زیر فایل های ورودی لیست شده در فایل پروژه به وسیله مدل قبل از شروع شبیه سازی خوانده می شوند .

فایل های متنی برای یک پروژه هیدرولوژی شامل اطلاعاتی درباره هوا (\*.PET, \*.RAI, \*.TEM) عملکرد محصول (\*.CIN) و خاک ها (\*.SIN) و عمق و فاصله زهکش ها (\*.GEN) می باشد. فایل متنی برای پروژه های نیتروژن و شوری شامل همه اطلاعات فایل هیدرولوژی به اضافه اطلاعاتی درباره شوری (\*.SAL) و نیتروژنی (\*.NIT) و فایل GEN در زیر شاخه Input می باشند. فایل خاک در زیر شاخه خاک ها ( Soils )، فایل هوا در زیر شاخه هوا ( Weather ) و فایل عملکرد در زیر شاخه محصول ( Crops ) قرار دارند.

### ۱- پارامتر های هواشناسی

#### ۱-۱ بارندگی

با توجه به اینکه دقت برآورد مقادیر نفوذ، رواناب و نگهداشت سطحی وابسته به دقت داده های بارندگی است لذا داده های بارندگی یکی از پارامترهای مؤثر بر دقت مدل محسوب می شود. بنابراین ثبت دادهها با فواصل زمانی کمتر نتایج بهتری برای برآورد اجزاء مدل حاصل خواهد کرد. چون در بسیاری از ایستگاه های هواشناسی آمار بارندگی بصورت ساعت به ساعت ثبت میشود لذا گام زمانی مدل یک ساعت انتخاب میگردد. مدل DRAINMOD قادر به تحلیل مقادیر حاصل از ذوب برف نیست و این از جمله محدودیتهای مدل محسوب میشود.

#### ۱-۲ تبخیر و تعرق پتانسیل

عبارت است از مجموع تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه و از طریق آب خاک تأمین می شود. نیاز تبخیری اتمسفر از طریق جریانهای رو به بالا از سطح ایستابی صورت میگیرد. نیاز تعرق نیز از طریق جذب رطوبت موجود در خاک در محیط ریشه صورت می پذیرد. اگر مقدار رطوبت موجود در محیط ریشه و حرکت رو به بالا از سطح ایستابی کمتر از حد تبخیر و تعرق پتانسیل باشد آنگاه تبخیر و تعرق واقعی کمتر از تبخیر و تعرق پتانسیل خواهد بود.

تبخیر و تعرق پتانسیل مورد نیاز به دو طریق وارد می گردد. مدل حداکثر و حداقل دمای روزانه را از کاربر دریافت نموده و از طریق روش ترنت وایت (Thorntwaite) مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل را برآورد میکند و یا اینکه مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل مستقیماً به مدل وارد میشود.

### ۲- خصوصیات خاک

#### ۲-۱ هدایت هیدرولیکی افقی

آنالیز حساسیت مدل ثابت میکند که مدل DRAINMOD نسبت به خطای ایجاد شده در تبخیر و تعرق پتانسیل و هدایت هیدرولیکی بترتیب بیشترین حساسیت را نشان می دهد.

#### ۲-۲ منحنی مشخصه رطوبتی

با استفاده از دستگاه صفحات غشایی و صفحات فشاری تا مکش ۱۵۰۰۰۰ سانتیمتر تعیین شده و به مدل داده میشود.

### ۳- پارامتر های زهکشی

- ۳-۱) عمق نصب زهکش
- ۳-۲) فاصله زهکش ها از یکدیگر
- ۳-۳) فاصله زهکش ها تا لایه غیرقابل نفوذ
- ۳-۴) نوع مدیریت زهکش ها
- ۳-۵) شعاع لوله زهکش
- ۳-۶) شیب کارگذاری زهکش
- ۳-۷) حداکثر عمق نگهداشت سطحی
- ۳-۸) عمق سطح ایستابی اولیه
- ۳-۹) عمق معادل

### ۴- مدیریت ابیاری

- ۴-۱) عمق اب ابیاری
- ۴-۲) روز و ماه شروع ابیاری
- ۴-۳) دور ابیاری
- ۴-۴) ساعت شروع و پایان ابیاری در هر روز
- ۴-۵) عمق بارش احتمالی در طول ابیاری

### ۵- پارامتر های گیاهی

- ۵-۱) عمق مؤثر ریشه

عمقی است که رطوبت آن توسط ریشه یا تبخیر از سطح خاک تخلیه میشود. چون فرایند شبیه سازی یک فرایند پیوسته است یک عمق مؤثر برای تمام طول دوره شبیه سازی تعریف میشود. وقتی که خاک آیش است عمق مؤثر ۲ تا ۵ سانتیمتر در نظر گرفته میشود. این عمق در طول دوره ی رویش بصورت یک جدول در اختیار مدل قرار میگیرد. عمق مؤثر ریشه برای روزهایی که در جدول داده نشده است بوسیله ی میانابایی توسط مدل برآورد میشود .

جدول زیر عمق ریشه بعضی از گیاهان زراعی را برای شرایط بهینه آورده است . با توجه به اینکه شرایط بهینه فیزیکی و شیمیایی برای توسعه ریشه ها همواره موجود نیست لذا این عمق با یک ضریب تعدیل شده و سپس وارد مدل میشود.

گیاه	عمق ریشه در شرایط بهینه (فوت)
یونجه	۳-۶
ذرت	۲/۵
پنبه	۴

## ۵-۲ زمان آستانه ی کاشت

اگر گیاه مورد نظر از یک زمان معین دیرتر کاشته شود مقداری کاهش محصول را شاهد خواهیم بود. لذا مدل دو زمان را بعنوان آستانه ی تأخیر در کاشت از کاربر دریافت میکند. زمان اول حداکثر تأخیر مجاز در کاشت و زمان دوم آخرین زمان تأخیر در کاشت میباشد. مقدار نسبی محصول تولید شده تحت تأثیر تأخیر در کاشت بصورت زیر برآورد می شود:

$$yr_p = 100 - PDRF_1 \times PDELAY \quad PDELAY < DELAY_1$$

$$yr_p = 100 - PDRF_1 \times PDELAY_1 - PDRF_2 \times (PDELAY_2 - PDELAY_1) \quad PDELAY \geq DELAY_1$$

$yr_p$ : محصول نسبی با تأخیر در کاشت

$PDELAY_1$ : زمان تأخیر اول

$PDELAY_2$ : زمان تأخیر دوم

$PDRF_1$ : ضریب مربوط به تأخیر اول

$PDRF_2$ : ضریب مربوط به تأخیر دوم

## ۵-۳ پارامتر های مربوط به تنش غرقابی

اثرات غرقاب شدن محیط ریشه کاملاً شناخته شده است. بالا بودن سطح ایستابی و ورود رطوبت بیش از حد در محیط ریشه باعث تغییر بسیاری از فرایندهای مؤثر بر رشد گیاه شده و طبیعی است که کاهش محصول را به همراه خواهد داشت. لذا هر گیاه با توجه به شرایط فیزیولوژیکی و عمق توسعه ریشه در آن دارای یک حد آستانه می باشد. مجموع آب اضافی در محیط ریشه یک گیاه به این صورت محاسبه میشود:

$$SEW = \sum_i^n (SEW_c - x_i)$$

$SEW_c$ : حد آستانه آب اضافی هر گیاه

$X_i$ : عمق سطح ایستابی در روز  $i$  ام

$n$ : تعداد روزهای فصل رشد

مقدار نسبی کاهش محصول در اثر حضور آب اضافی در محیط ریشه بوسیله معادله ارائه شده توسط Hardjoamidjojo تعیین می گردد:

$$yr_w = yrd \max - Dslope \times SDI_w \quad SDI_w < 141$$

$$yr_w = 0 \quad SDI_w > 141$$

$$SDI_w = \sum_j^n CS_{wj} \times SDW_j$$

$yrd \max$ : عرض از مبدأ مختصات منحنی‌های تنش رطوبتی و محصول نسبی

$Dslope$ : شیب خط حاصل در مختصات منحنی‌های تنش رطوبتی و محصول نسبی

$SDI_w$ : شاخص روزهای تنش غرقابی

$CS_w$ : فاکتور حساسیت گیاه نسبت به تنش غرقابی

$SDW$ : فاکتور تنش غرقابی که شبیه به مقدار  $SEW$  می باشد.

$n$ : تعداد روزهای فصل رشد

#### ۵-۴) پارامترهای تنش خشکی

روز خشک روزی است که تبخیر و تعرق در اثر شرایط رطوبتی خاک محدود گردد. زمانی که سطح ایستابی تا یک عمق معین پایین رفت، جریان رو به بالا به تنهایی جوابگویی تبخیر و تعرق نخواهد بود و رطوبت ناحیه ریشه میبایست از طریق آبیاری تأمین شود. روزهایی که مقدار تبخیر و تعرق واقعی کمتر از تبخیر و تعرق پتانسیل باشد بشدت روی عملکرد گیاهی اثر کرده و بعنوان روزهای خشک مطرح می باشند. مدل DRAINMOD با استفاده از رابطه ارائه شده توسط Shaw مقدار نسبی محصول تولید شده از یک گیاه تحت تنش خشکی را بصورت زیر برآورد میکند:



$$yr_d = 100 - 1.22 \times SDI_d$$

$$SDI_d = \sum_j^n SD_{dj} \times CS_{dj}$$

$$SD_{dj} = \sum_k^n (1 - \frac{AET_k}{PET_k})$$

$yr_d$ : محصول نسبی تولید شده در اثر تنش خشکی

$SDI_d$ : شاخص تنش خشکی

$SD_{dj}$ : شاخص روز-تنش

$CS_{dj}$ : شاخص روز-حساسیت

$AET$ : تبخیر و تعرق واقعی

$PET$ : تبخیر و تعرق پتانسیل

$n$ : تعداد دوره‌ها (هر ۵ روز یک دوره در نظر گرفته می‌شود).

#### ۶- پارامترهای مورد نیاز برای آبیاری با فاضلاب

۶-۱ روز و ماه‌های شروع آبیاری

۶-۲ دور آبیاری

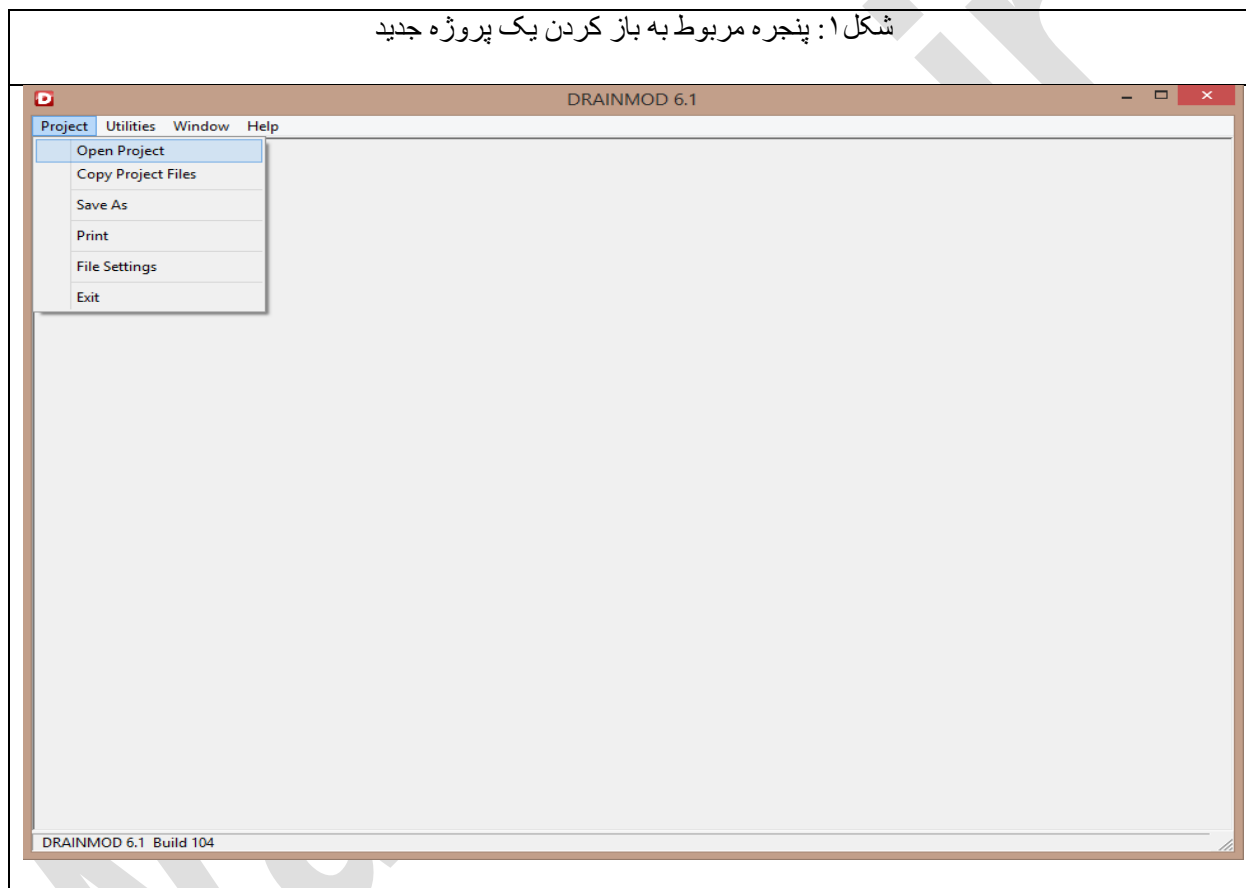
۶-۳ ساعت شروع و پایان آبیاری در هر روز

## مراحل ایجاد یک پروژه

برای ایجاد یک پروژه جدید باید یک پروژه جدید ایجاد کرد که در نسخه ۶/۱ این ممکن نیست و باید از گزینه open project وارد شویم.

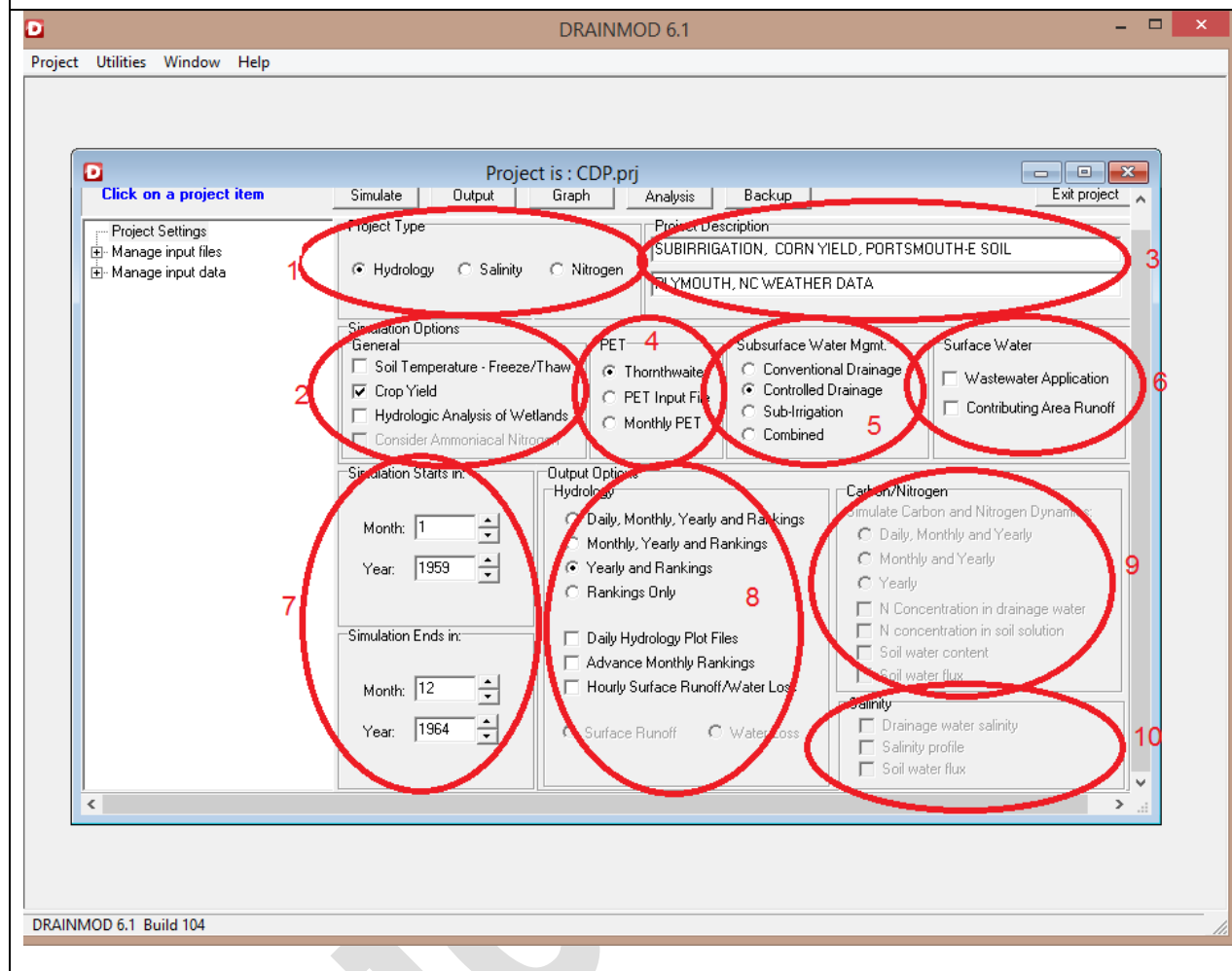
وقتی دستور open project کلیک شود جعبه ای باز می شود که در آن یک سری پروژه های پیش فرض وجود دارد و یکی از پروژه ها را انتخاب کرده تغییراتی را در آن اعمال نموده و اسم پروژه را به نام خود با پسوند .prj ذخیره میکنیم.

شکل ۱: پنجره مربوط به باز کردن یک پروژه جدید



در مرحله بعد با باز کردن یک پروژه پیش فرض تحت عنوان CDP.prj صفحه اول مربوط به تنظیمات اولیه نرم افزار و شبیه سازی ظاهر میشود .

شکل ۲: پنجره مربوط به تنظیمات اولیه شبیه سازی و نرم افزار



- ۱- این پنجره متناسب با نوع و هدف پروژه مشخص میشود
- ۲- اطلاعاتی کلی در مورد شبیه سازی و خروجی های آن
- ۳- تفسیری کلی از پروژه که بستگی به خود شخص در نحوه تکمیل آن دارد. در خرجی نرم افزار بالای گراف مشاهده می شود.
- ۴- اطلاعات مربوط به تبخیر-تعرق نحوه وارد کردن و معادلات حاکم
- ۵- اطلاعات مربوط به نوع زهکشی انجام شده در منطقه
- ۶- اطلاعات مربوط به میزان آب سطحی
- ۷- زمان شروع و پایان شبیه سازی
- ۸- زمان های خروجی نرم افزار در واقع منحنی زمان گراف که البته در خروجی میتوان تغییراتی در آن ایجاد کرد.
- ۹- اطلاعات مربوط به نیتروژن خاک که اگر پروژه ما مربوط به نیتروژن در خاک و شبیه سازی آن باشد این قسمت پررنگ می شود.
- ۱۰- اطلاعات اولیه مربوط به شوری خاک که متناسب با نوع پروژه ظاهر می شود.

بعد از اینکه تنظیمات اولیه شبیه سازی را انجام دادیم نوبت به ورودی های نرم افزار می رسد. نحوه وارد کردن دادن در نسخه ۶/۱ به صورت فایل می تواند باشد و هم به صورت دستی و استفاده از نرم اکسل می باشد.

## ورودی های طراحی زهکشی (Drainage Design)

داده های مربوط به طراحی سیستم (System Design) را در این بخش وارد میکنیم که شامل :

- عمق زهکش ها
- فاصله بین زهکش ها
- شعاع تأثیر
- عمق لایه غیرقابل نفوذ
- ضریب زهکشی
- سطح ایستابی اولیه

شکل ۳: پنجره مربوط به طراحی سیستم (system design)

The screenshot shows the 'System Design' window in the CDP project software. The window is titled 'Project is : CDP.prj' and has tabs for 'Simulate', 'Output', 'Graph', 'Analysis', and 'Backup'. On the left, a tree view shows the project structure with 'System Design' selected. The main area is divided into 'Subsurface' and 'Surface' sections.

**Subsurface parameters:**

- Depth from soil surface to drain, B (cm): 100
- Spacing between drains, L (cm): 2000
- Effective radius of drains, Re (cm): 1.5
- Actual distance from surface to impermeable layer, H (cm): 215
- Equivalent depth from drain to permeable layer, De (cm): 80.07
- Drainage coefficient (cm/day): 2.5
- Kirkham's coefficient G: 10.17
- Initial depth to water table, W (cm): 50
- Max. subirrigation pump capacity (cm/day): 0

A 'Recalc' button is located below the subsurface parameters.

**Surface parameters:**

- Maximum surface storage, Sm (cm): 0.5
- Kirkham's depth for flow to drains, Sl (cm): 0.5

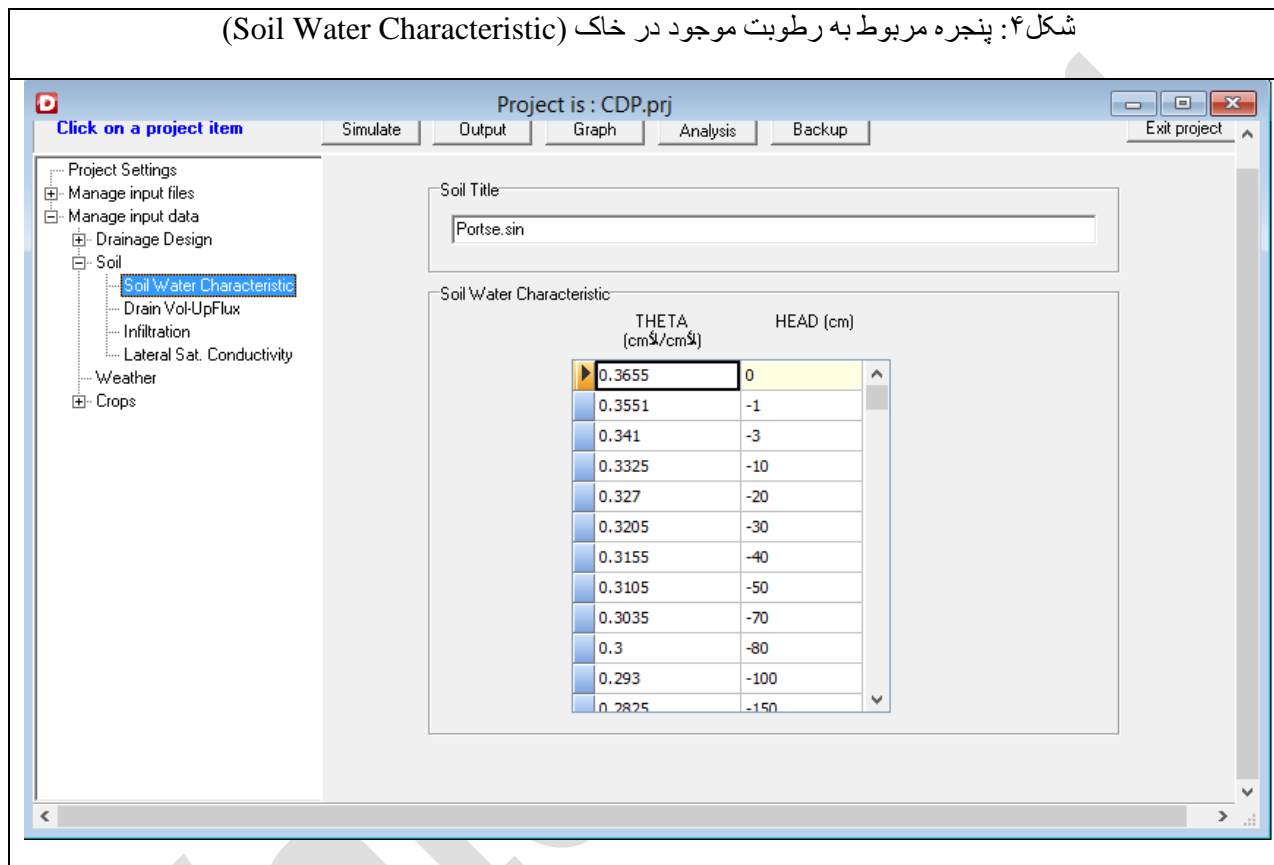
At the bottom, there is a 'Drainage Design Diagram' button.

## ورودی های خاک (Soil)

داده های مربوط به رطوبت موجود در خاک (Soil Water Characteristic) را در این بخش وارد می کنیم که شامل :

- رطوبت خاک
- مکش

شکل ۴: پنجره مربوط به رطوبت موجود در خاک (Soil Water Characteristic)

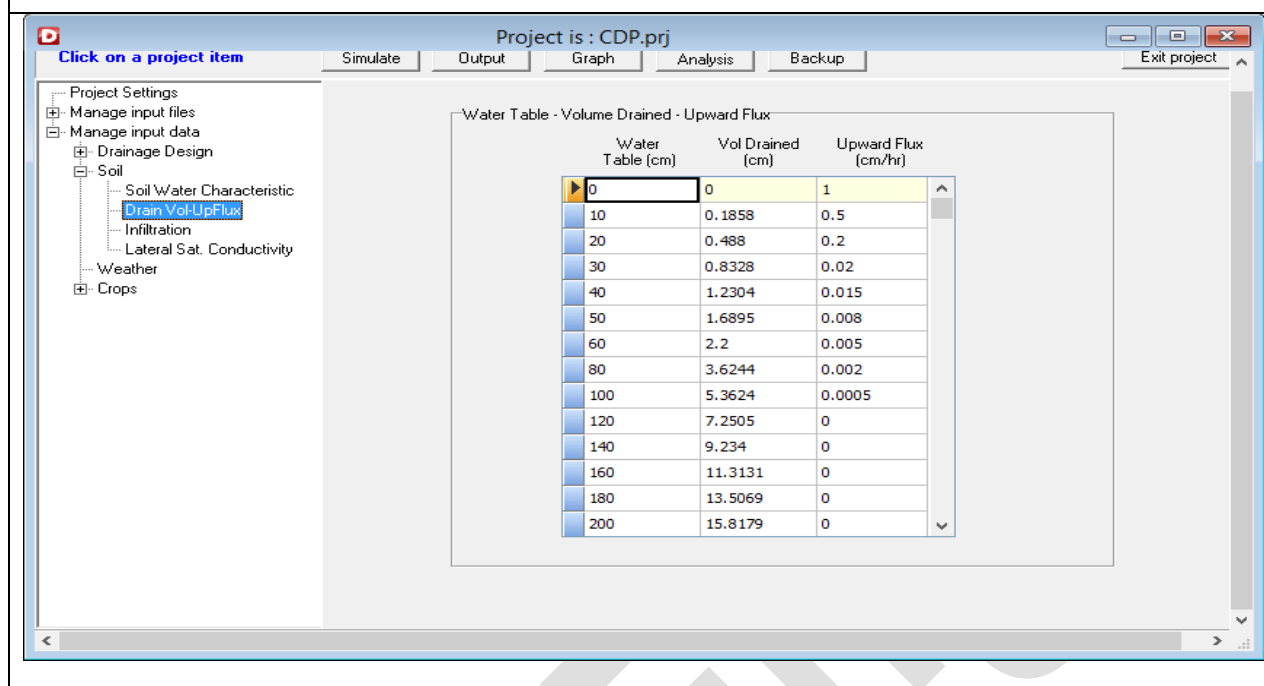


داده های

- حجم زهکشی شده (Vol Drained)
- عمق سطح ایستابی (Water Table)
- صعود کاپیلاری (Upward Flax)

را در پنجره زیر وارد می کنیم.

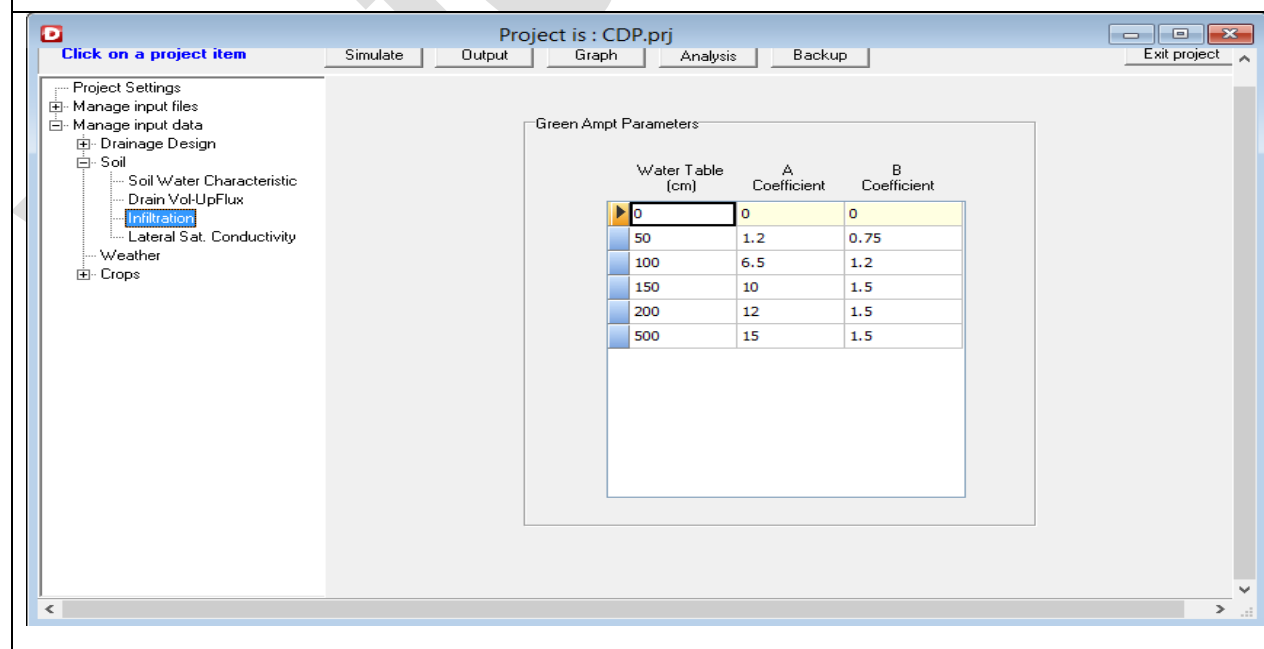
شکل ۴: پنجره مربوط به (Drain Vol-UpFlux)



داد های معادله گرین-امپت را در پنجره زیر وارد می کنیم.

- سطح ایستابی
- ضرایب معادله گرین-امپت A,B

شکل ۵: پنجره مربوط به معادله گرین-امپت



داده های

- عمق لایه ها
  - هدایت هیدرولیکی
- را در پنجره زیر وارد میکنیم.

شکل ۶: پنجره مربوط به هدایت هیدرولیکی خاک

Project is : CDP.prj

Click on a project item

Simulate Output Graph Analysis Backup Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
    - Soil Water Characteristic
    - Drain Vol-UpFlux
    - Infiltration
    - Lateral Sat. Conductivity**
  - Weather
- Crops

Lateral Saturated Hydraulic Conductivity

	Bottom Depth of Layer (cm)	Saturated Hydraulic Conductivity (cm/hr)
Layer 1	30	15
Layer 2	100	2
Layer 3	215	8
Layer 4	0	0
Layer 5	0	0

## ورودی های هواشناسی (Weather)

- شماره ایستگاه
- پارامترهای معادله ترن وایت
- ورودی های تبخیر براساس داده های ماهانه یا روزانه

شکل ۷: پنجره مربوط به داده های هواشناسی

Project is : CDP.prj

Click on a project item

Simulate Output Graph Analysis Backup Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
    - Soil Water Characteristic
    - Drain Vol-UpFlux
    - Infiltration
    - Lateral Sat. Conductivity
  - Weather
  - Crops

Station ID

Rainfall: 1

Temp: 1

Thornthwaite Parameters

Latitude: 35 D 47 M

Heat Index: 75

PET Factors

☐ Daily

☒ Monthly

Monthly Factors

January	2.01	July	0.86
February	2.32	August	0.82
March	2.1	September	0.92
April	1.72	October	1.05
May	1.23	November	1.22
June	1	December	1.44

## ورودی های گیاه (Crops)

داده های مربوط به محصول

داده های مربوط به کاشت محصول (Planting) را در این بخش وارد می کنیم که شامل :

- روز شروع و پایان
- فصل رشد محصول
- آخرین روز کشت در سال بدون کاهش محصول
- تعداد روز مورد نیاز برای خوابیدن بذر در داخل خاک
-



شکل ۸: پنجره مربوط به داده های کاشت محصول (planting)

Project is : CDP.prj

Click on a project item | Simulate | Output | Graph | Analysis | Backup | Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
  - Weather
  - Crops
    - C:\DRAINMOD\CROPS\CO
      - Yield
        - Planting**
        - Excess Water Stress
        - Deficit Water Stress
      - Root Depths
      - SEW
      - 1st Work Period
      - 2nd Work Period
      - Weir Settings

Cropping Window

Beginning Day: 1 Ending Day: 365

Growing Season

Desired Planting Date: 100 Growing Days: 130

Planting Date Reduction Parameters

Last day of year to plant without yield loss: 105

Days required to prepare seedbed and plant: 5

First stage reduction factor: 0.88

Days to use 1st stage reduction factor: 40

Second stage reduction factor: 1.667

داده های مربوط به کمبود و زیادی استرس اب را در بخش زیر وارد می کنیم:

شکل ۹: پنجره مربوط به داده های کمبود استرس اب (Excess Water Stress)

Project is : CDP.prj

Click on a project item | Simulate | Output | Graph | Analysis | Backup | Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
  - Weather
  - Crops
    - C:\DRAINMOD\CROPS\CO
      - Yield
        - Planting
        - Excess Water Stress**
        - Deficit Water Stress
      - Root Depths
      - SEW
      - 1st Work Period
      - 2nd Work Period
      - Weir Settings

Excess Water Stress Parameters

Yield intercept for crop (%): 100

Slope for yield versus stress day index: 0.71

Susceptibility Factors

Days After Planting	Factor
0	0.21
30	0.22
50	0.31
70	0.19
90	0.08
110	0.02
130	0

شکل ۱۰: پنجره مربوط به داده های زیادی استرس اب (Deficit Water Stress)

Project is : CDP.prj

Click on a project item

Simulate Output Graph Analysis Backup Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
  - Weather
  - Crops
    - C:\DRAINMOD\CROPS\CO
      - Yield
        - Planting
        - Excess Water Stress
        - Deficit Water Stress
      - Root Depths
      - SEW
      - 1st Work Period
      - 2nd Work Period
      - Weir Settings

Deficit Water Stress Parameters

100 Yield intercept 1.22 Deficit slope

1 Factor for two successive periods of deficit soil water

130 Susceptibility period length (days)

Susceptibility Factors

Period	Factor
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0.5

داده های مربوط به عمق ریشه

عمق ریشه در یک روز از هر ماه را وارد این بخش میکنیم.

شکل ۱۱: پنجره مربوط به داده های عمق نسبت به زمان (Root Depths)

Project is : CDP.prj

Click on a project item

Simulate Output Graph Analysis Backup Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
  - Weather
  - Crops
    - C:\DRAINMOD\CROPS\CO
      - Yield
        - Planting
        - Excess Water Stress
        - Deficit Water Stress
        - Root Depths
        - SEW
        - 1st Work Period
        - 2nd Work Period
        - Weir Settings

Root Depths

	Month	Day	Depth (cm)
1	1	3	
4	15	3	
5	1	4	
5	15	15	
5	24	25	
6	12	30	
7	12	30	
8	15	30	
9	15	3	
9	25	3	
12	31	3	

داده های مربوط به SEW که شامل :

- حداقل رطوبت مورد نیاز برای گیاه
- حد عمق سطح ایستابی
- دوره ترسالی
- دوره خشکسالی

را در پنجره زیر وارد می کنیم.

شکل ۱۲: پنجره مربوط به داده های SEW

The screenshot shows the SEW software interface. The title bar indicates the project is 'CDP.prj'. The sidebar on the left lists project settings: Project Settings, Manage input files, Manage input data, Drainage Design, Soil, Weather, Crops, and a tree view for 'C:\DRAINMOD\CROPS\CORN13' including Yield, Planting, Excess Water Stress, Deficit Water Stress, Root Depths, **SEW** (highlighted), 1st Work Period, 2nd Work Period, and Weir Settings. The main area contains input fields for 'Lower limit of water content in root zone (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)' set to 0.17 and 'Limiting water table depth (cm)' set to 30. Below these are sections for 'Wet Period' and 'Dry Period', each with 'Begin' and 'End' date pickers. For both periods, the 'Begin' date is set to Month: 4, Day: 10, and the 'End' date is set to Month: 9, Day: 30.

داده های مربوط به دوره کارکردن ( Work Period ) که شامل :

- ماه و روز شروع کار
- ماه و روز پایان کار
- ساعت شروع
- ساعت اتمام

را در پنجره زیر وارد می کنیم.

شکل ۱۳: پنجره مربوط به داده های دوره کارکردن (Work Period)

Project is : CDP.prj

Click on a project item

Simulate Output Graph Analysis Backup Exit project

Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
  - Weather
  - Crops
    - C:\DRAINMOD\CROPS\CD
      - Yield
        - Planting
        - Excess Water Stress
        - Deficit Water Stress
        - Root Depths
        - SEW
        - 1st Work Period**
        - 2nd Work Period
        - Weir Settings

1st Work Period

3 Month number to begin counting work days

15 Day to begin counting work days

10 Month to end counting work days

31 Day to end counting work days

8 Starting hour of work day

20 Ending hour of work day

3 Minimum air volume required to work land (cm)

1.2 Minimum rain to delay work (cm)

2 Delay after rain to restart work

داده های مربوط به عمق اب در داخل سرریز یا بند (Weir settings)

شکل ۱۴: پنجره مربوط به داده های عمق اب در داخل سرریز (Weir settings)

Project is : CDP.prj

Click on a project item

Simulate Output Graph Analysis Backup Exit project

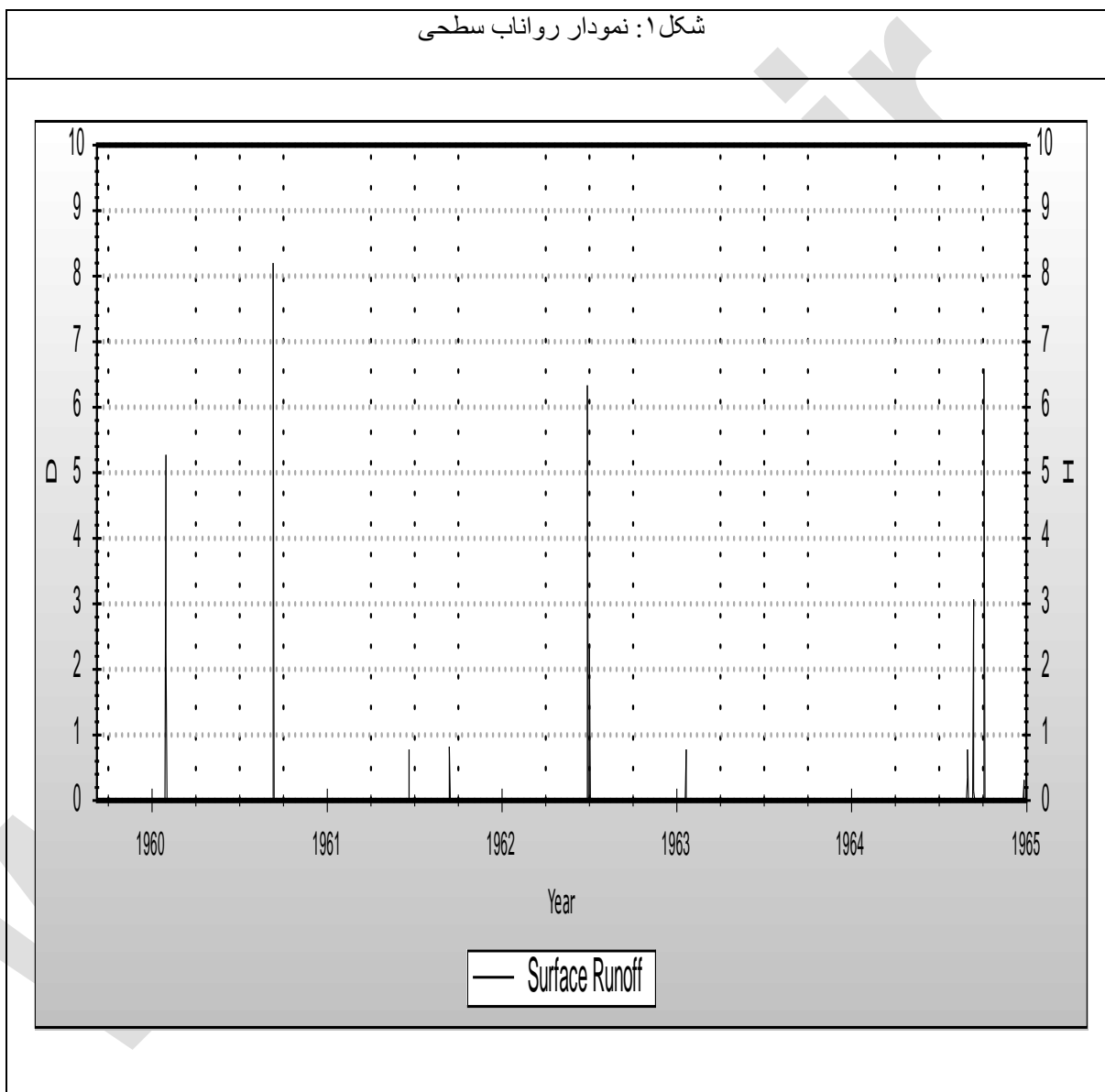
Project Settings

- Manage input files
- Manage input data
  - Drainage Design
  - Soil
  - Weather
  - Crops
    - C:\DRAINMOD\CROPS\CD
      - Yield
        - Planting
        - Excess Water Stress
        - Deficit Water Stress
        - Root Depths
        - SEW
        - 1st Work Period
        - 2nd Work Period
        - Weir Settings**

Weir Settings

	Day	Depth		Day	Depth
January	1	150	July	1	60
February	1	150	August	16	150
March	1	150	September	1	150
April	15	150	October	1	150
May	15	60	November	1	150
June	1	60	December	1	150

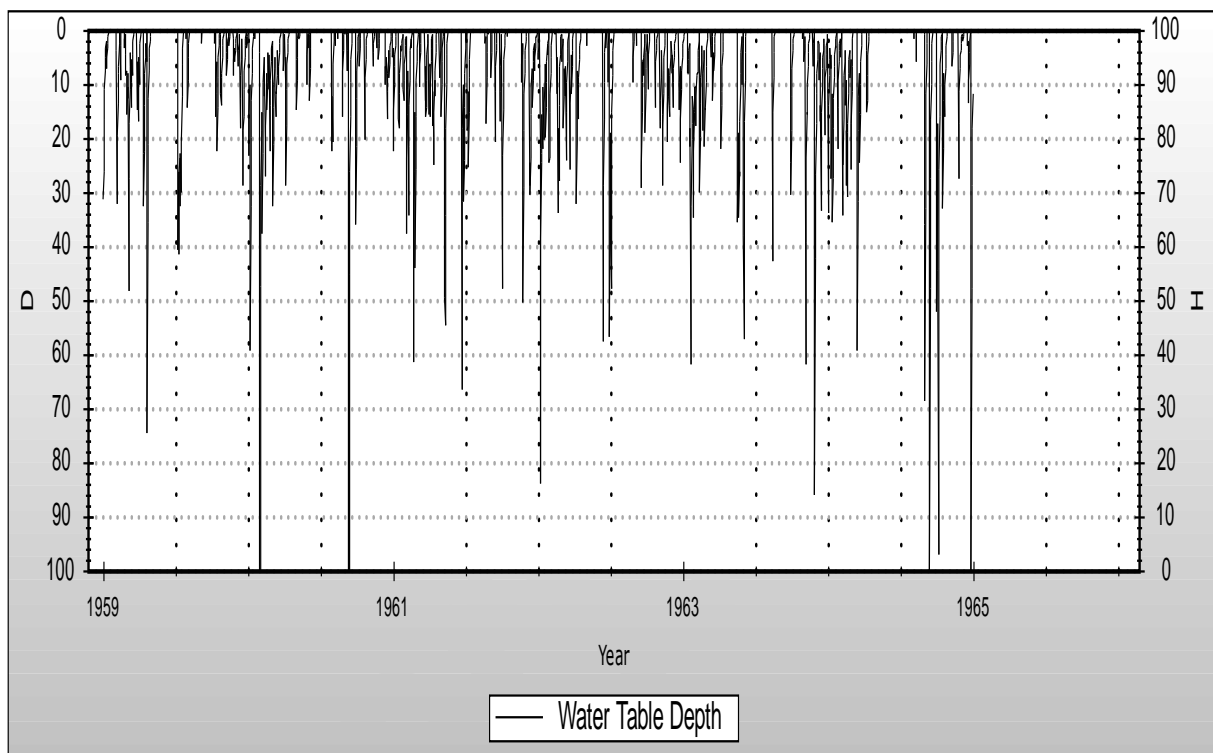
۱) نمودار رواناب سطحی



نمودار حاصله مربوط به میزان رواناب سالیانه بر حسب (cm) است. به دلیل اینکه در ماه فوریه میزان بارندگی بیشتر از ماه های دیگر بوده لذا بیشترین مقدار رواناب سطحی نیز متعلق به همین بازه است.

## ۲) نمودار تغییرات سطح ایستابی

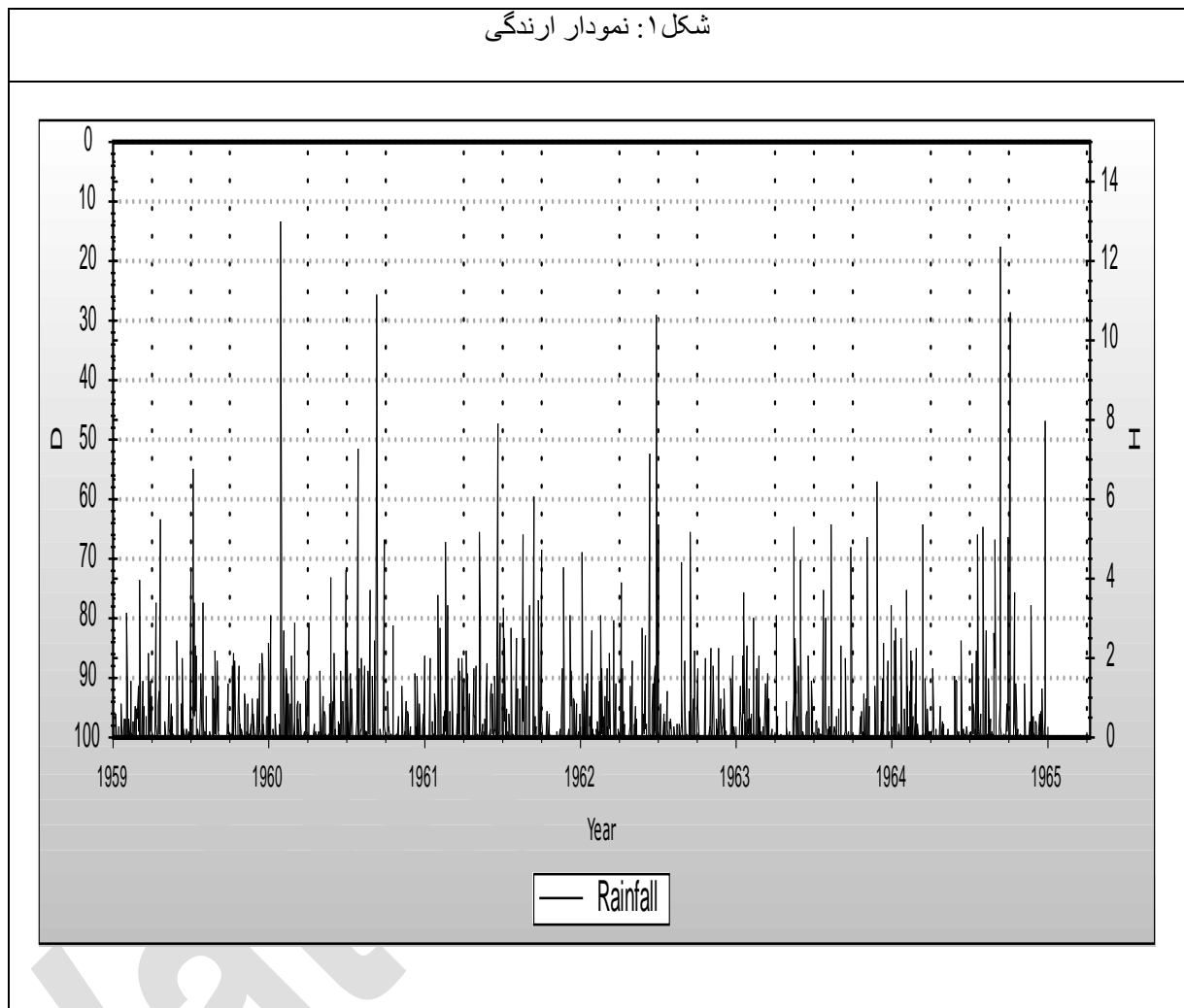
شکل ۱: نمودار تغییرات سطح ایستابی



این نمودار نشان دهنده ی تغییرات سطح ایستابی است. که طبق تغییرات بارندگی و نوع آب و هوا و همچنین میزان بهره برداری از آب های زیر زمینی طی سالهای مورد بررسی حاصل شده است.

### ۳) نمودار بارندگی

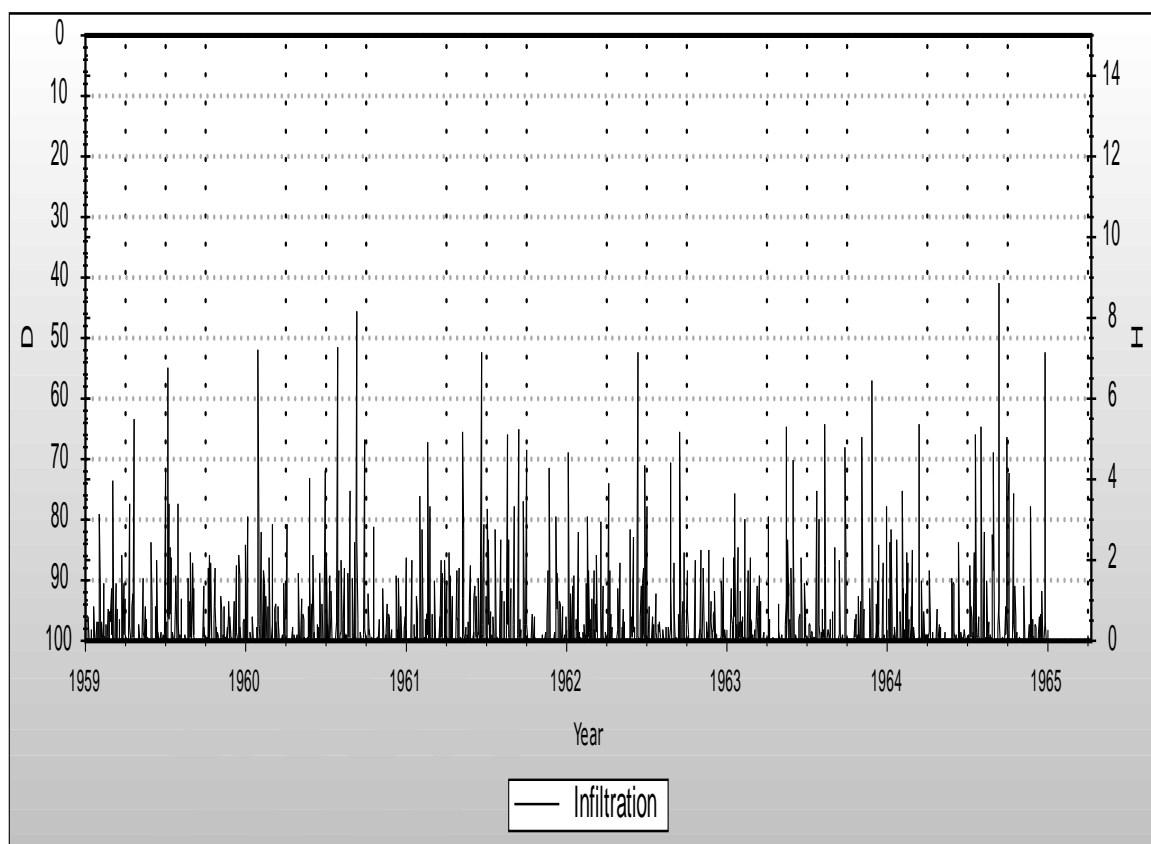
شکل ۱: نمودار آرنجی



این نمودار مربوط به نوسانات ارتفاع بارندگی طی پندین سال پیاپی است که در ماه فوریه بیشترین میزان بارندگی را داریم.

#### ۴) نمودار نفوذ

شکل ۱: نمودار نفوذ

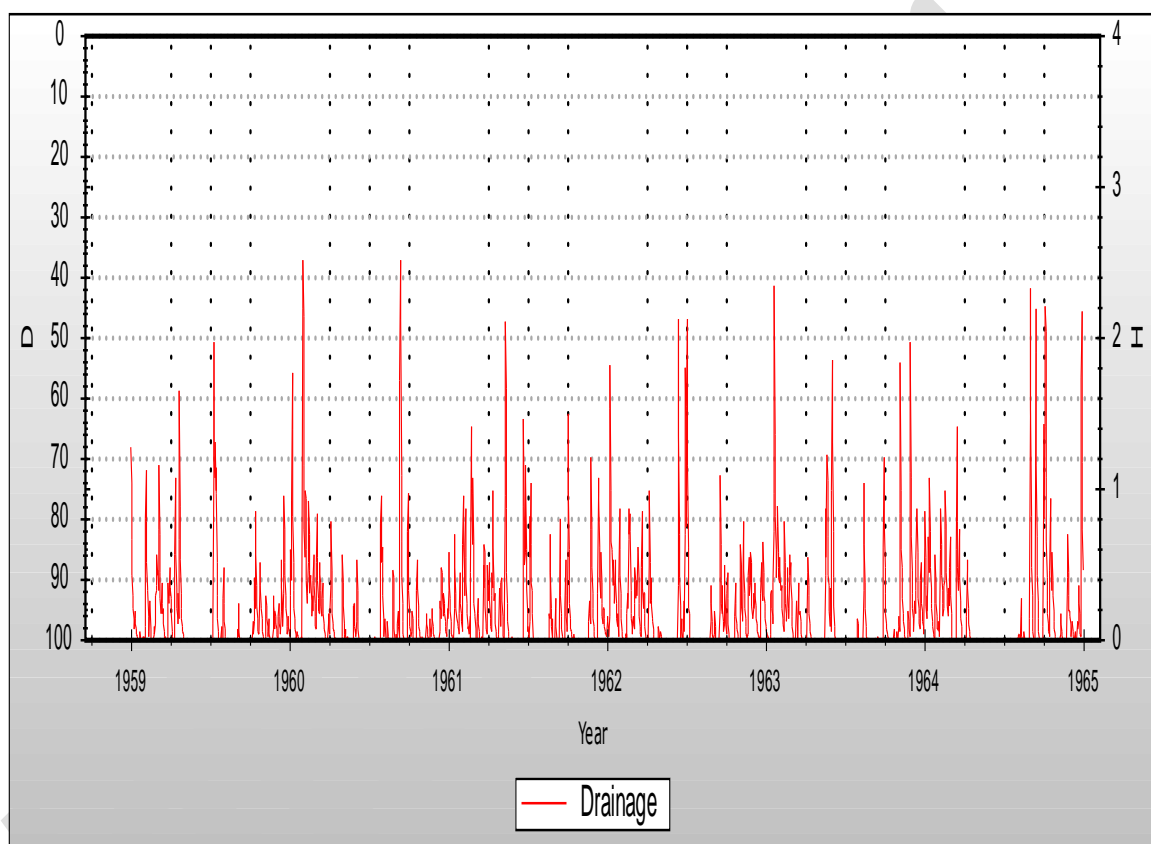


نفوذپذیری خاک در طول زمان را معمولاً به صورت معادلات مختلف نفوذ می‌توان نمایش داد که این نمودار حاصل از معادله گرین امپت می‌باشد.



## ۵) نمودار زهکشی

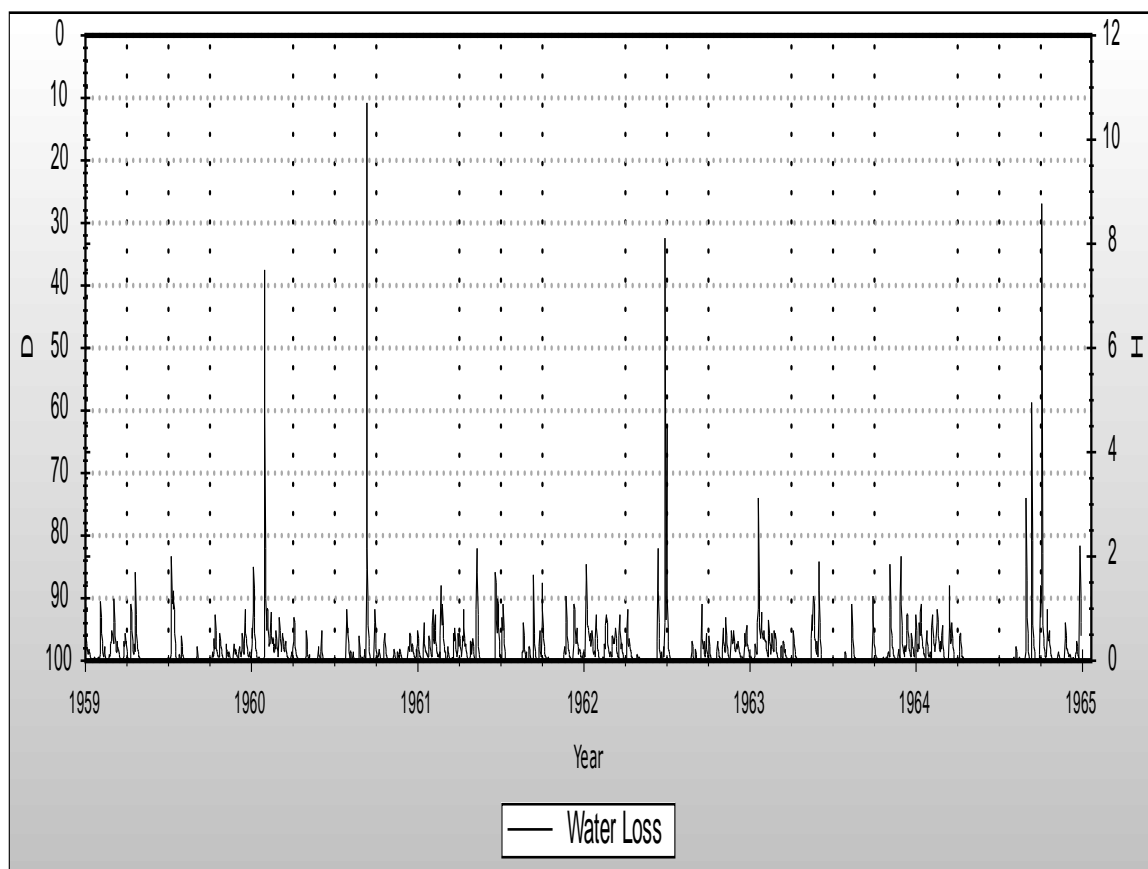
شکل ۱: نمودار زهکشی



نمودار فوق نشان می دهد که با افزایش بارندگی و یا میزان آبیاری مقدار تخلیه یا همان زهکشی در بعضی سالها افزایش یافته به طور کلی حالت نوسانی داشته است.

## ۶) نمودار تلفات آب

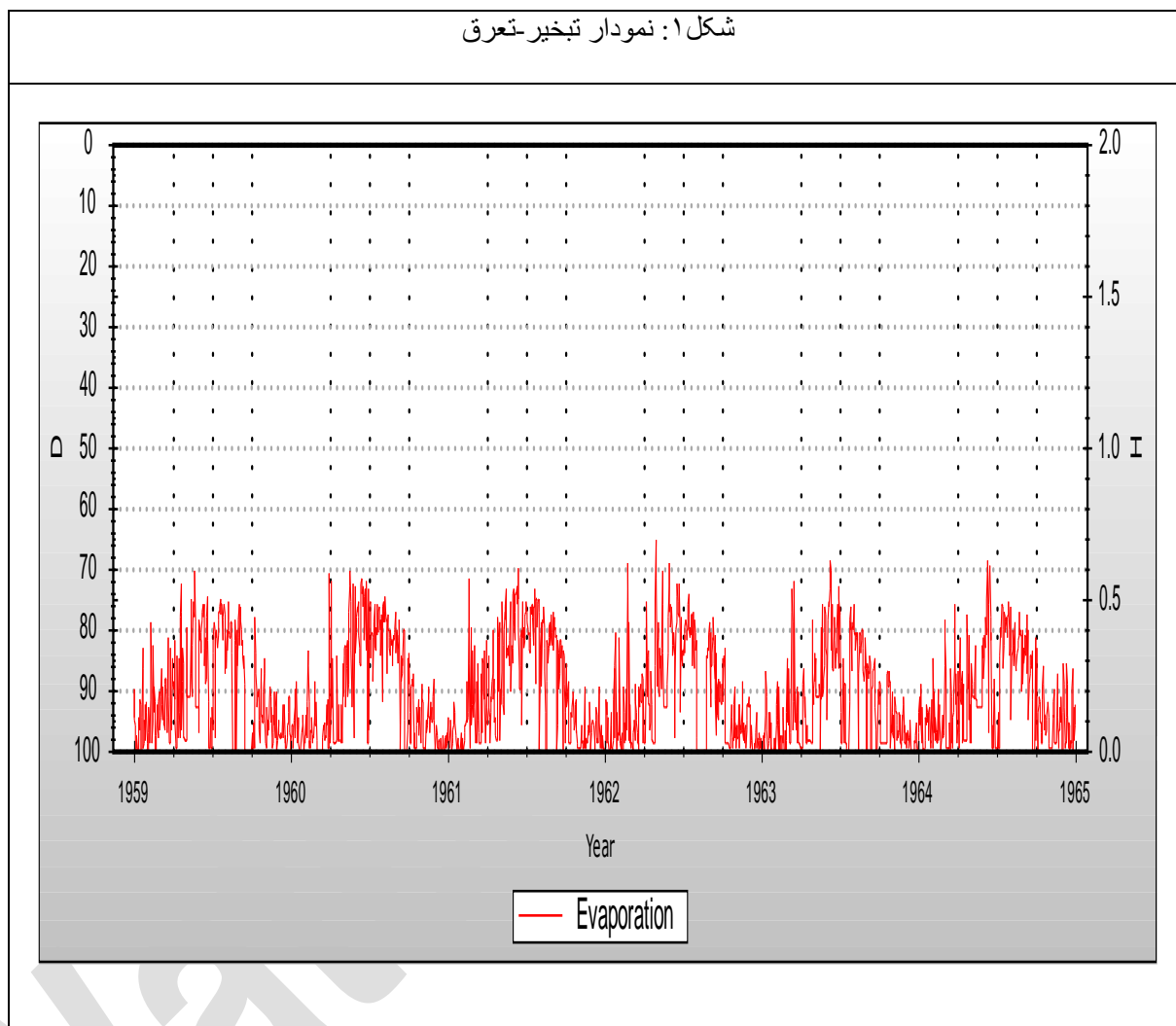
شکل ۱: نمودار تلفات آب



این نمودار مربوط به میزان تلفات آب ناشی از نشت آب و تبخیر در کانال می باشد.

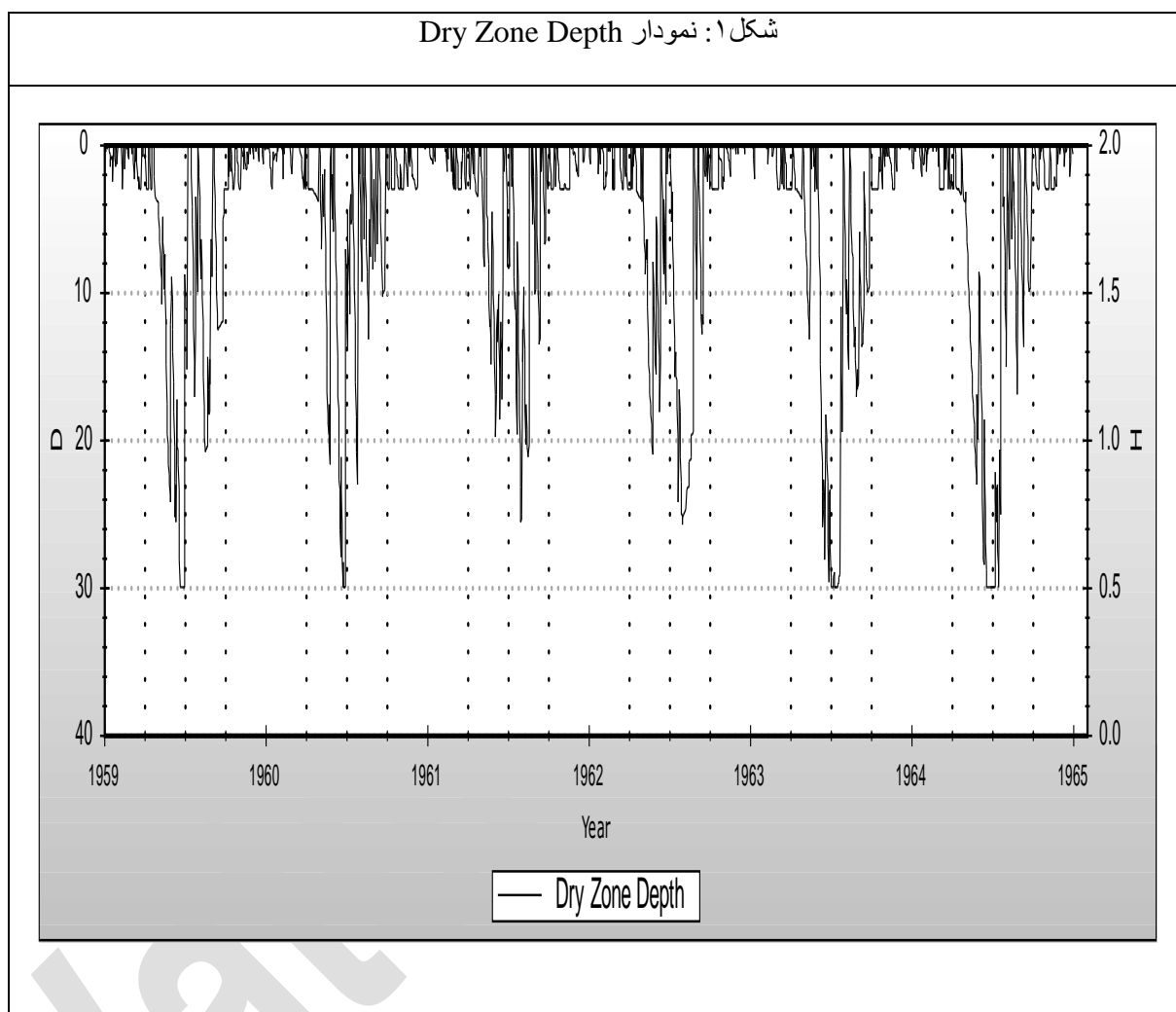
## ۷) نمودار تبخیر-تعرق

شکل ۱: نمودار تبخیر-تعرق



این نمودار نمایانگر میزان تغییرات سالانه تبخیر و تعرق طبق چهار پارامتر اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق (دمای بیشینه، دمای کمینه، رطوبت نسبی و سرعت باد) می باشد.

٨) نمودار Dry Zone Depth



- ۱- عباس کاویانی، عبدالمجید لیاقت ۱۳۸۴. شبیه سازی حرکت آب و املاح به طرف زهکش ها با استفاده از نرم افزار Drainmod، کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی؛ ۲۴ آذر ماه ۱۳۸۴
- ۲- بای بوردی، م. ۱۳۷۸. اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک. چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۱ صفحه.
- ۳- علیزاده، ا. ۱۳۸۲. زهکشی اراضی، طرح و برنامه ریزی سیستم های زهکشی در کشاورزی. چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۴۸ صفحه.
- ۴- اکبری، م.، نظری، ب.، پارسی نژاد، م. و ح. ابراهیمیان. ۱۳۹۱. تخمین معکوس هدایت هیدرولیکی خاک با استفاده از مدل DRAINMOD. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۶ (۴): ۹۲-۸۵.
- ۵- حسن پور، س.، پارسی نژاد، ب.، سلحشور، م.، دلیوند، ف. و ه. کوثری. ۱۳۸۹. برآورد نوسانات سطح ایستابی در اراضی شالیزاری با استفاده از مدل DRAINMO (مطالعه موردی رشت). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲: ۱۶۷-۱۶۴.
- ۶- لیاقت. عبدالمجید. ۱۳۸۳، جزوه درسی رابطه آب و خاک و گیاه تکمیلی. بخش آبیاری و زهکشی. دانشگاه تهران.
- 7- Breve', M.A., R.W.Skaggs., J.E.Parsons., J.W.Gilliam. 1997. DRAINMOD-N, A Nitrogen Model For Artificially Drained Soils. Soil&Water Div. of ASAE. Vol40(4):1067-1075.
- 8- Breve', M.A., R.W.Skaggs., J.E.Parsons., J.W.Gilliam., A.T.Mohammad., G.M.Chescheir., R.O.Evans. 1997. Field Testing Of DRAINMOD-N. Soil&Water Div. of ASAE. Vol40(4):1077-1085.
- 9- Skaggs, R.W. 1980. DRAINMOD Reference Report. Method For Design And Evaluation Of Drainage-Water Management Systems For Soils With High Water Tables. USDA-SCS 329 PP.
- 10- Ehteshami, M. 1988. Optimol Design Of Subsurface Drainage Systems. Ph.D Dissertation Utah State University Logal, 215P.