ارزیابی مدل DRAINMOD در شبکه آبیاری و زهکشی نخیلات آبادان

داود خدادادی دهکردی*[۱]

۱)گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: davood_kh70@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۱۲

چکیده

در این تحقیق، مدل DRAINMOD از نظر مقایسه نوسانات عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده توسط مدل و نیز از نظر مقایسه شدت تخلیه محاسبه شده زهکش‌های مزرعه و شبیه‌سازی شده توسط مدل، مورد ارزیابی قرار گرفت. این تحقیق در بخشی از شبکه آبیاری و زهکشی نخیلات آبادان انجام پذیرفت. با تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش بینی شده عمق سطح ایستابی توسط مدل، معلوم شد که خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) برای عمق سطوح ایستابی، در سال ۲۰۰۳ به‌ترتیب معادل ۸/۸ و ۸/۲۲ سانتی‌متر، در سال ۲۰۰۴ معادل ۱۰/۵۵ و ۹/۹۳ سانتی‌متر، در سال ۲۰۰۵ معادل ۱۰/۱۳ و ۹/۶۸ سانتی‌متر، در سال ۲۰۰۶ معادل ۱۱/۴۸ و ۱۱/۰۸ سانتی‌متر و برای سال ۲۰۰۷ معادل ۱۱/۱۶ و ۱۰/۹۲ سانتی‌متر تعیین شد. این مقادیر، دقت بالای مدل DRAINMOD را در شبیه‌سازی نوسانات عمق سطح ایستابی تایید می‌نمایند. همچنین با تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش بینی شده شدت تخلیه زهکش‌ها توسط مدل، معلوم شد که خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) برای شدت تخلیه زهکش‌ها، در سال ۲۰۰۶ به ترتیب معادل ۱/۹۹ و ۱/۹ سانتی‌متر و در سال ۲۰۰۷ معادل ۱/۱۸ و ۱/۱۵ سانتی‌متر تعیین شد که این مقادیر قابل قبول بودن مدل DRAINMOD را در شبیه‌سازی شدت تخلیه زهکش‌ها تایید می‌نمایند. با توجه به نتایج این تحقیق، مدل DRAINMOD یک مدل مناسب برای شبیه‌سازی نوسانات عمق سطح ایستابی و زهاب خروجی، در اراضی دارای سیستم زهکشی در استان خوزستان معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: DRAINMOD، نوسانات سطح ایستابی، شدت تخلیه زهکش‌ها، خطای استاندارد و میانگین انحراف مطلق.

مقدمه

روش‌های طراحی و ارزیابی سیستم‌های مدیریت آب باید بتوانند تغییرات شرایط جوی را درنظر گرفته و عملکرد سیستم را در طول دوره هایی که شرایط مشابه حاکم است، تشریح نمایند. به‌دلیل پیچیدگی سیستم‌های مدیریت آب، مدلهای شبیه‌سازی برای طراحی و تشریح عملکرد این سیستم‌ها ضروری می‌باشند. یکی از بهترین مدل‌های ریاضی که برای شبیه‌سازی حرکت و ذخیره آب در پروفیل خاک به‌کار می رود، مدل DRAINMOD می‌باشد که توسط Skaggs (۱۹۷۸) در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی آمریکا برای مدیریت آب خاک در شرایط مرطوب و اراضی با سطح ایستابی کم عمق ارائه شده است و قادر است بین سیستم مدیریت آب و سطح ایستابی و شرایط آب خاک رابطه ایجاد نماید. این مدل علاوه بر درنظر گرفتن خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک و پارامترهای گیاهی، می‌تواند شرایط آب و هوایی متغیر را نیز در امر طراحی دخالت دهد. این مدل بر پایه بیلان آب، در پروفیل خاک‌های با سطح ایستابی کم عمق بنا شده و از داده های اقلیمی برای شبیه‌سازی عملکرد زهکشی و سیستم‌های کنترل سطح ایستابی (زهکشی معمولی، زهکشی کنترل شده و آبیاری زیرزمینی) استفاده می‌کند. از معادلات هوخهات، کرکهام و ارنست برای محاسبه شدت زهکشی و آبیاری زیرزمینی و از معادله گرین و آمپت جهت محاسبه شدت نفوذ در مدل استفاده شده است (یاری و همکاران، ۱۳۸۷؛ Skaggs, 1980; Evans and Skaggs, 1996). در این زمینه تحقیقات گوناگونی انجام گرفته، از جمله Wahba and Christen (۲۰۰۶) این مدل را برای اراضی جنوب شرقی استرالیا مورد استفاده قرار دادند و نتایج رضایت بخشی در مورد نوسانات سطح ایستابی و زهاب خروجی بین ارقام پیش بینی شده توسط مدل و مشاهده شده، گزارش نمودند. هدف از این تحقیق، ارزیابی مدل DRAINMOD از نقطه نظر نوسانات سطح ایستابی و زهاب خروجی، در بخشی از شبکه آبیاری و زهکشی نخیلات آبادان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مدل DRAINMOD

مدل یک بعدی DRAINMOD توسط اسکگز در سال ۱۹۷۸ در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی تهیه و تحت عنوان DRAINMOD نسخه ۴/۰ ارائه شد و سپس در سال ۱۹۸۰ توسط خود او توسعه داده شد. به‌طوری که مدل قادر به شبیه‌سازی شدت تخلیه زهکش‌ها، رواناب، نوسانات سطح آب زیرزمینی در وسط بین زهکش‌ها، تبخیر و تعرق و غیره می‌باشد. بعلاوه مدل می‌توانست تاثیر تنش‌های رطوبتی بر عملکرد محصول را نیز محاسبه نماید (رحیمی و کشکولی، ۱۳۸۵؛ Gayle *et al.*, 1985). این مدل توسط Kandil و همکاران (۱۹۹۳) تحت عنوان DRAINMOD-S تکمیل شد که در این صورت، مدل علاوه بر تواناییهای قبلی، قادر به پیش بینی توزیع نمک در پروفیل خاک، غلظت نمک در آب

زهکشی و تاثیر تنش شوری بر میزان عملکرد محصول شد. در ادامه، این مدل توسط Breve و همکاران (۱۹۹۲) و Breve (۱۹۹۴) تحت عنوان DRAINMOD-N توسعه داده شد، که درنتیجه آن، مدل قادر به شبیه‌سازی غلظت نیتروژن در پروفیل خاک، زهکشی سطحی و زیرزمینی و نیز تاثیر آن بر عملکرد محصول شد. نرم افزار DRAINMOD نسخه ۵/۱ که توسط فائو ارائه شده است از تلفیق مدلهای DRAINMOD-S و DRAINMOD-N تشکیل شده است و محاسبات را بر اساس بیلان آب مقطعی از خاک که تا لایه نفوذناپذیر گسترده شده و بین دو زهکش قرارگرفته، انجام می‌دهد. بیلان بندی در این مدل به دو بخش تقسیم می‌شود: الف) توازن سطحی: مدل، توازن آب سطحی را به منظور برآورد نفوذپذیری، رواناب و نگهداشت سطحی انجام می‌دهد:

رابطه ۱: $$P = f + \Delta s + Ro$$

که در آن، P: مقدار بارندگی، f: شدت نفوذ، ΔS: تغییرات نگهداشت سطحی، Ro: رواناب سطحی می باشند. ب) توازن زیرسطحی: مدل، توازن آب را برای مقطع نازکی از خاک که بین دو زهکش قرارگرفته است، تهیه می‌کند.

رابطه ۲: $$\Delta V_a = D + ET + D_S - F$$

که در آن، ΔV_a: تغییرات میزان خلل و فرج خالی از آب، D: عمق آب زهکشی و یا عمق آبی که از طریق آبیاری زیرزمینی تامین می گردد، ET: تبخیر و تعرق، DS: نشت عمقی،F: نفوذ تجمعی می‌باشند.

موقعیت منطقه

محدوده طرح در فاصله ۱۰ کیلومتری جاده آبادان – اهواز و در ساحل چپ رودخانه کارون در محل روستای مارد، شروع و تا انتهای جزیره آبادان ادامه دارد و تقریبا بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۴ دقیقه و ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۳ دقیقه و ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و در قسمت جنوب استان خوزستان قرار دارد. شبکه آبیاری و زهکشی نخیلات آبادان، مشتمل بر ۲۰ ناحیه عمرانی به نام‌های KO1 تا KO5 و KQ1 تا KQ15 می‌باشد. ارزیابی مدل DRAINMOD در بخشی از ناحیه KQ8 صورت پذیرفت. عمده بافت خاک در این بخش سیلتی کلی لوم می‌باشد. لوله های فرعی همگی از نوع پلاستیکی موجدار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر می باشند که در ترانشه هایی به عرض کف ۳۰ سانتی‌متر قرار دارند. بطورکلی سیستم جمع آوری و تخلیه زهکش دشت آبادان بدین صورت است که لوله های فرعی، زهاب جمع آوری شده را به زهکش‌های درجه سه و سپس زهکش‌های درجه سه به زهکش‌های درجه دو و زهکش‌های درجه دو به زهکش‌های درجه یک می ریزند که در انتهای آن‌ها زهاب جمع آوری شده، توسط ایستگاه پمپاژ به رودخانه اروند منتقل می‌شود. طول زهکش‌های فرعی زیرزمینی (لترالها) حداکثر حدود ۳۰۰ متر و شیب آن‌ها ۰/۰۰۰۶ می‌باشد. دشت آبادان دارای آب و هوای خشک و بارندگی نسبتا اندکی می‌باشد و قسمت اعظم نزولات جوی آن در فصول

پاییز و زمستان رخ می‌دهد. متوسط بارندگی سالانه آن در حدود ۱۵۰ میلی‌متر بوده و بیش از نصف آن نیز در زمستان به‌وقوع می پیوندد. متوسط حداکثر و حداقل دمای آن به‌ترتیب معادل ۳۲/۸ و ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد بوده و حداکثر دمای آن در بعضی از روزها در فصل تابستان، متجاوز از ۵۰ درجه نیز می گردد. از نظر رطوبت نسبی، دارای رطوبت بالایی بوده و در بعضی از روزها به ۹۵ درصد نیز می رسد. متوسط رطوبت نسبی سالانه آن معادل ۴۸/۵ درصد می‌باشد.

ورودی‌های مدل

ورودی‌ها در مدل DRAINMOD شامل: داده های هواشناسی، ویژگی‌های خاک و گیاه و داده های مربوط به طراحی سیستم زهکشی می‌باشد.

داده‌های هواشناسی

در این تحقیق، داده های حداکثر و حداقل روزانه دما، برحسب درجه فارنهایت، برای سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ تهیه شد. این داده‌ها از ایستگاه هواشناسی آبادان تهیه شدند و پس از تبدیل واحد، در اختیار مدل قرار گرفتند. شاخص حرارتی[1] سالانه با توجه به دمای متوسط ماهانه محاسبه شد. در ضمن فاکتورهای ماهانه[2] نیز با توجه به عرض جغرافیایی و ماه مورد نظر تعیین شده و به نرم افزار داده شدند. با توجه به اینکه رابطه تورنث ویت[3] مقدار تبخیر و تعرق مطلق ماهانه را براساس روز ۱۲ ساعتی از تابش خورشید بدست می‌دهد لذا باید با توجه به فاکتورهای ماهانه، به طول واقعی روز تبدیل شوند. داده های بارندگی روزانه نیز با توجه به ساعت بارش آن‌ها، برحسب صدم اینچ، تهیه شده و در نرم افزار وارد شدند.

پارامترهای سیستم زهکشی

این پارامترها شامل: عمق نصب زهکش‌ها، فاصله آن‌ها، عمق لایه نفوذناپذیر، عمق معادل (فاصله معادل بین لوله زهکش و لایه نفوذناپذیر)، شعاع موثر لوله زهکش، عمق اولیه سطح ایستابی در بالای زهکش‌ها و ضریب زهکشی می‌باشد که همگی با توجه به اطلاعات موجود طرح، تهیه شده و در اختیار مدل قرار گرفتند. جدول ۱ پارامترهای سیستم زهکشی طرح را نشان می‌دهد.

اطلاعات مربوط به ویژگی‌ها فیزیکی خاک

یکی از مهمترین داده‌ها در طراحی سیستم زهکشی، داده‌های مربوط به ویژگی‌ها فیزیکی خاک می‌باشد که دقت در تهیه آن‌ها، دقت در طراحی و مدیریت یک سیستم زهکشی را تضمین می‌کند.

[1] Heat Index
[2] Monthly Factors
[3] Thornthwaite

جدول ۱: پارامترهای سیستم زهکشی طرح

پارامتر	مقدار
عمق نصب زهکش	۱۲۰cm
فاصله زهکش‌ها	۲۰m
عمق لایه نفوذ ناپذیر	۱۵۰cm
عمق معادل	۳۰cm
شعاع موثر لوله زهکش	۱/۲۷cm
عمق اولیه سطح ایستابی	۸۰cm
ضریب زهکشی	۱cm/d

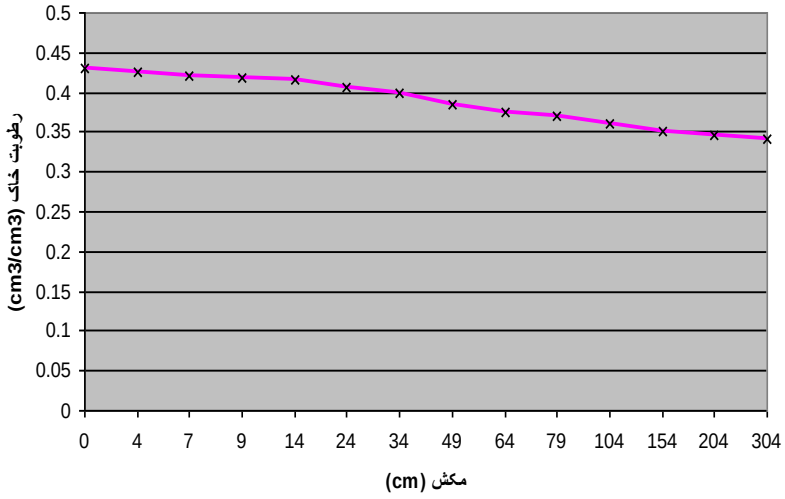
از مهم‌ترین داده‌های خاک می‌توان هدایت هیدرولیکی اشباع، منحنی مشخصه رطوبتی خاک، صعود مویینگی و مقادیر حجم زهکشی شده نسبت به عمق سطح ایستابی و پارامترهای نفوذ گرین و آمپت را نام برد. برای تعیین ویژگی‌ها فیزیکی خاک، دو نمونه خاک یکی از عمق صفر تا ۷۵ سانتی‌متری و دیگری از عمق ۷۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متری با ۳ تکرار، در قطعه مورد نظر از طرح، تهیه و در تعیین ویژگی‌ها فیزیکی خاک بکار برده شد.

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک برای ضخامت خاک صفر تا ۷۵ سانتی‌متر، معادل ۱۰ سانتی‌متر در ساعت و برای ضخامت ۷۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متر، معادل سه سانتی‌متر در ساعت تعیین شد.

منحنی مشخصه رطوبتی خاک

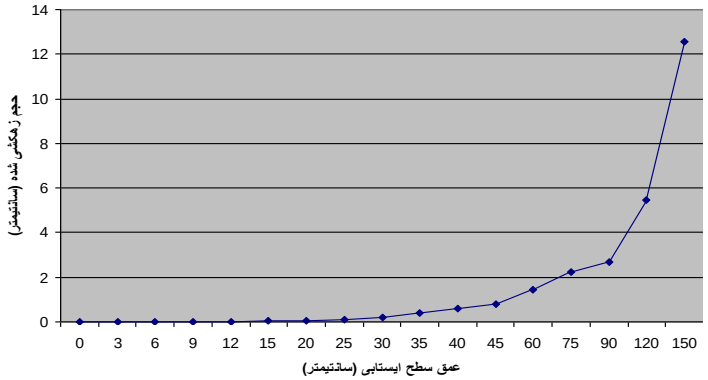
برای تعیین منحنی مشخصه رطوبتی خاک از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد که طی آن میزان رطوبت نمونه خاک، تحت مکش های ۴ تا ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر تعیین شد. شکل ۱ منحنی مشخصه رطوبتی خاک طرح را نشان می‌دهد.



شکل ۱: منحنی مشخصه رطوبتی خاک طرح

حجم زهکشی شده

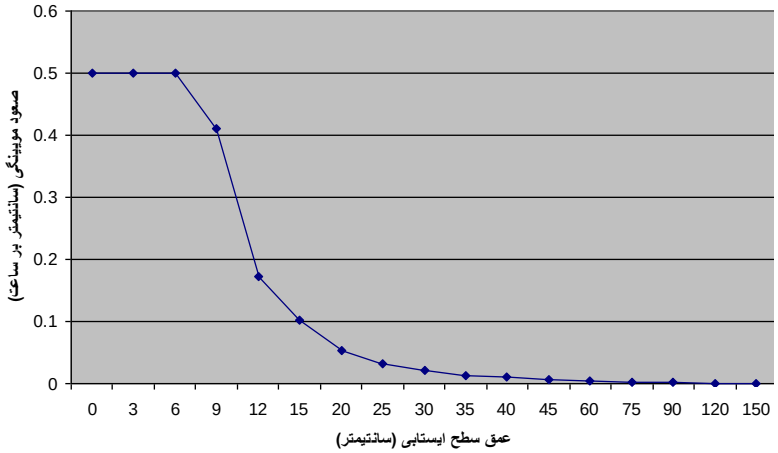
عبارتست از حجم هوای موجود در خلل و فرج خاک بعد از حرکت آب ثقلی به سمت سطح ایستابی. مدل از رابطه مقدار حجم زهکشی شده نسبت به عمق سطح ایستابی برای تعیین میزان افت یا خیز سطح ایستابی در اثر ورود و خروج آب به پروفیل خاک استفاده می‌کند. (شکل ۲) رابطه حجم زهکشی را با عمق سطح ایستابی نشان می‌دهد.



شکل ۲: رابطه حجم زهکشی با عمق سطح ایستابی

صعود موییینگی

عبارتست از شدت جریان رو به بالای آب از سطح ایستابی؛ این پارامتر در زمان خشکی که منطقه توسعه ریشه با کمبود آب مواجه است نقش اساسی ایفا می‌کند. (شکل ۳) رابطه صعود موییینگی را با عمق سطح ایستابی نشان می‌دهد.



شکل ۳: رابطه صعود موییینگی با عمق سطح ایستابی

پارامترهای معادله نفوذ

در مدل DRAINMOD نفوذ آب به داخل خاک از طریق معادله نفوذ گرین و آمپت تعیین می‌شود.

رابطه ۳: $$f = \frac{A}{F} + B$$

که در آن، f: شدت نفوذپذیری (سانتی‌متر بر ساعت)، F : نفوذ تجمعی (سانتی‌متر)، A و B: ضرایب تجربی هستند که به هدایت هیدرولیکی، رطوبت اولیه خاک و توزیع آن و شرایط سطحی نظیر پوشش و سله سطحی بستگی دارند.

پارامترهای گیاهی

در این تحقیق، مزرعه بدون گیاه است لذا از تحلیل عملکرد محصول توسط مدل صرفنظر می‌شود. لازم به ذکر است که مدل DRAINMOD تنها برای گیاه ذرت تهیه شده است ولی با مقداری خطا برای تحلیل عملکرد سایر غلات (شبیه ذرت) هم به‌کار می‌رود، ولی اساسا قادر به تحلیل قابل قبول عملکرد درختان نمی‌باشد. ضمنا با توجه به اینکه طرح فاقد گیاه است، آبیاری در طرح صورت نمی‌پذیرد و درنتیجه بارندگی تنها عامل نوسان آب زیرزمینی و زهاب خروجی می‌باشد.

نتایج و بحث

اساسا دقت مدل، توسط مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه و شبیه‌سازی شده توسط مدل در دوره موردنظر، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. میزان برازش میان مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده سطح ایستابی و شدت تخلیه زهکش‌ها، از لحاظ آماری با محاسبه خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) محاسبه می‌شود(Wahba and Christen, 2006).

خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α)، میزان پراکندگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه و پیش بینی شده توسط مدل را از لحاظ آماری نشان می‌دهند.

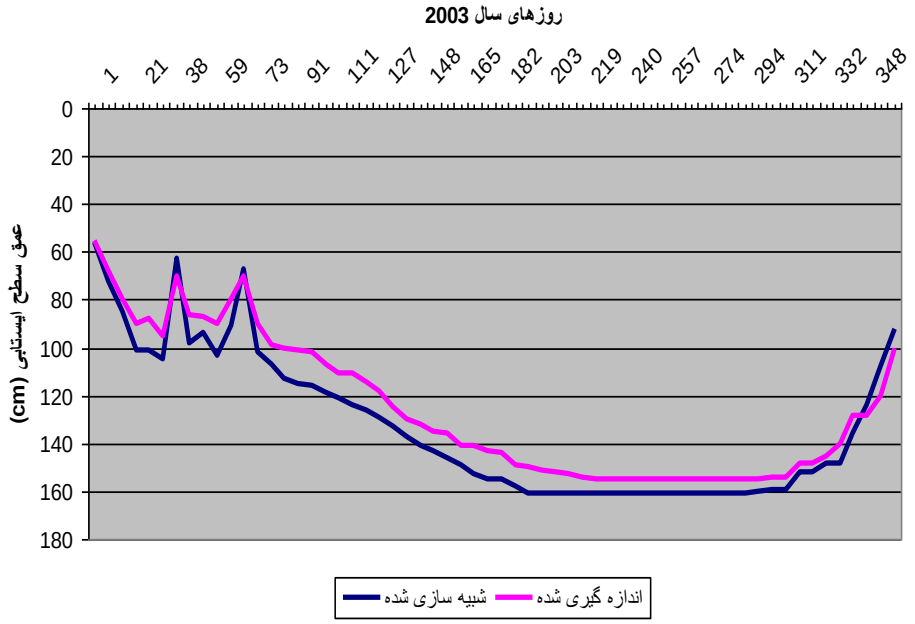
رابطه ۴: $$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_m - Y_p)^2}{n}}$$

رابطه ۵: $$\alpha = \frac{\sum |Y_m - Y_p|}{n}$$

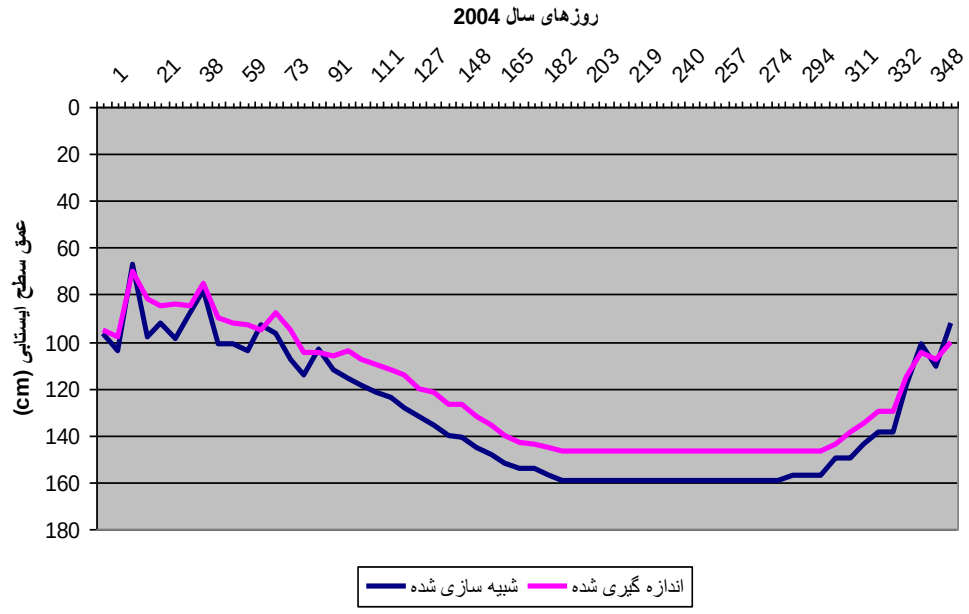
S = خطای استاندارد، Ym = مقدار اندازه‌گیری شده، Yp = مقدار شبیه‌سازی شده، n = تعداد روزهای دوره مورد مطالعه و α = میانگین انحراف مطلق می‌باشد. در این تحقیق، با توجه به مقادیر ورودی، که با دقت کامل تهیه و به مدل داده شده است، نوسانات عمق سطح ایستابی و شدت تخلیه زهکش‌ها، توسط مدل شبیه‌سازی شدند و نتایج حاصله با مقادیر اندازه‌گیری شده در طرح، مقایسه شدند. سپس دقت این شبیه‌سازی صورت گرفته توسط مدل، از طریق محاسبه خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) مورد ارزیابی قرار گرفت.

نوسانات سطح ایستابی

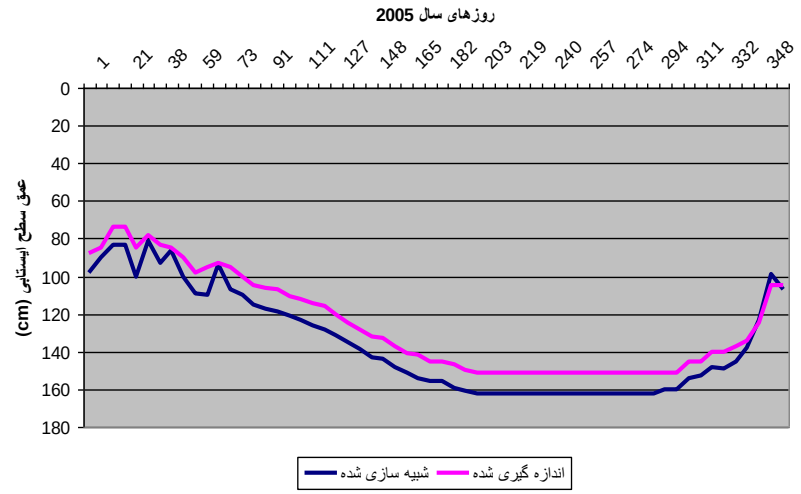
اعماق مختلف سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در طرح، به صورت هفتگی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ موجود می‌باشد. لذا مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده سطح ایستابی طرح، بر همین اساس صورت گرفت. شکل ۴ تا شکل ۸ مقایسه نوسانات سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهند.



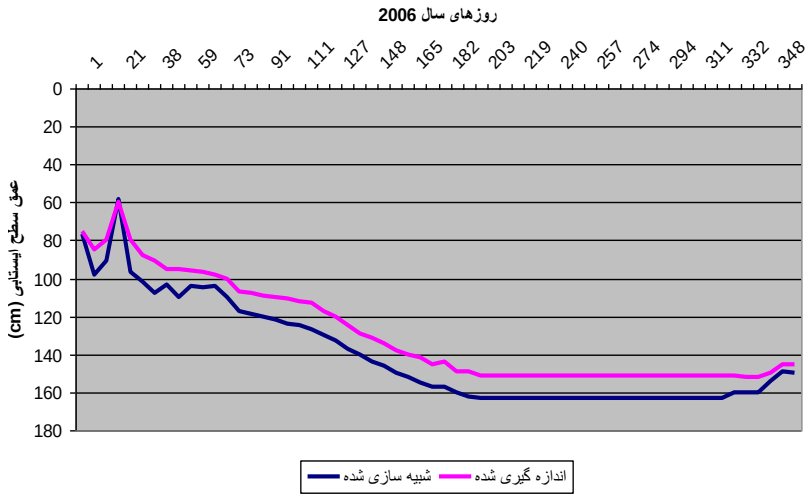
شکل ۴: مقایسه نوسانات سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای سال ۲۰۰۳



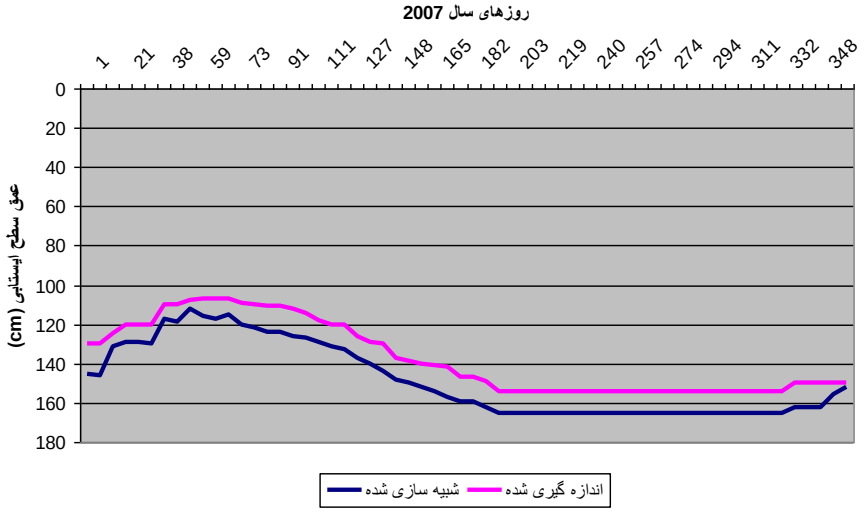
شکل ۵: مقایسه نوسانات سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای سال ۲۰۰۴



شکل ۶: مقایسه نوسانات سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای سال ۲۰۰۵



شکل ۷: مقایسه نوسانات سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای سال ۲۰۰۶



شکل ۸: مقایسه نوسانات سطح ایستابی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای سال ۲۰۰۷

جدول ۲ خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نوسانات سطح ایستابی طرح را برای هر سال نشان می‌دهد.

جدول ۲: تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده

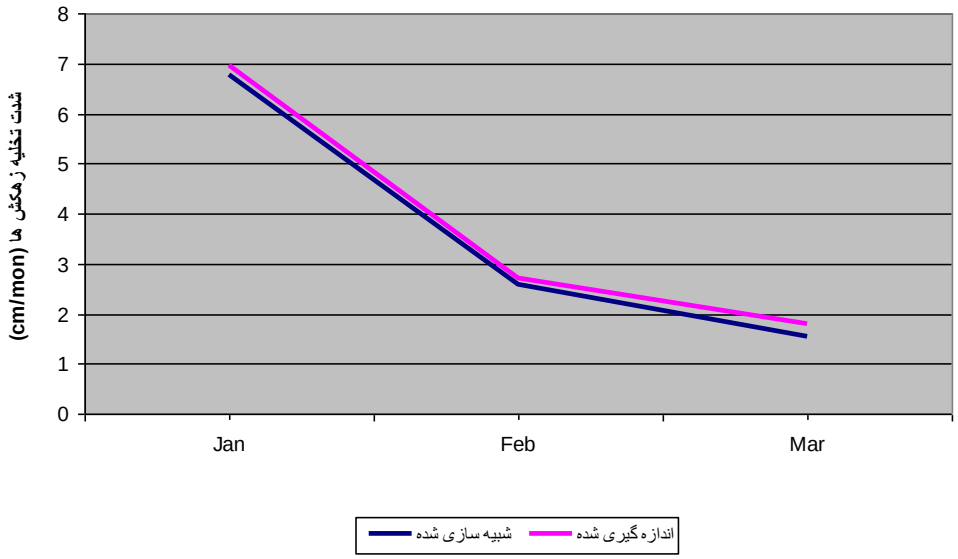
پارامتر مورد مطالعه	سال ۲۰۰۳		سال ۲۰۰۴		سال ۲۰۰۵		سال ۲۰۰۶		سال ۲۰۰۷	
	S	α	S	α	S	α	S	α	S	α
سطح ایستابی (cm)	۸/۸	۸/۲۲	۱۰/۵۵	۹/۹۳	۱۰/۳۳	۹/۶۸	۱۱/۴۸	۱۱/۰۸	۱۱/۱۶	۱۰/۹۲

شکل ۴ تا شکل ۸ و جدول ۲ نشان می‌دهند که مدل DRAINMOD شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی را با دقت بسیار خوبی انجام داده است. همان‌طور که اشکال نشان می‌دهند، مدل DRAINMOD موقعیت سطح ایستابی را در زمان اوج آن، بهتر از سایر موارد شبیه‌سازی نموده است، چنانچه منحنی های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده بر هم منطبق شده و یا بسیار نزدیک شده‌اند. ضمنا در این تحقیق مقادیر شبیه‌سازی شده سطح ایستابی، بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده هستند که این موضوع مشابه با تحقیق انجام گرفته توسط Wahba and Christen (۲۰۰۶) است.

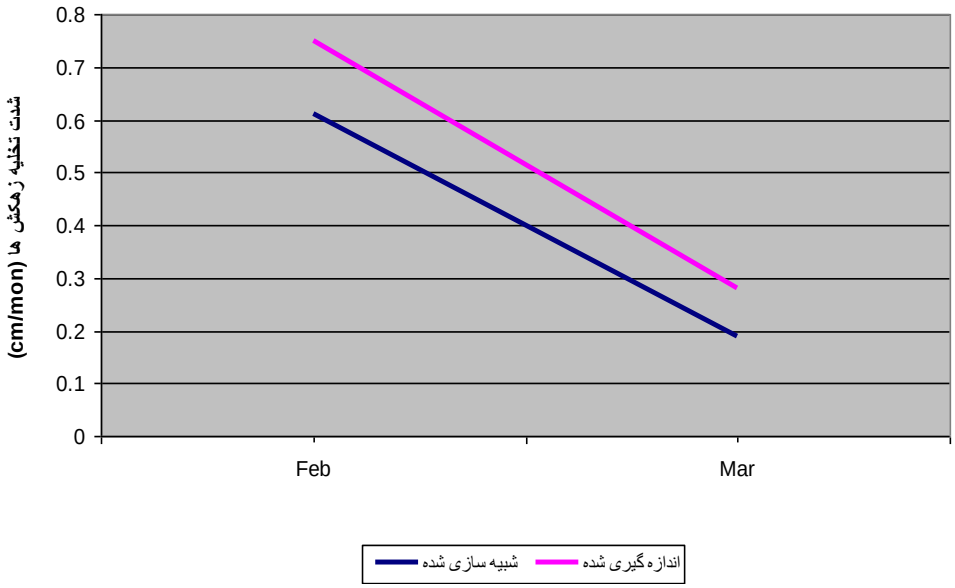
مقادیر خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) در هر پنج سال، نشان دهنده دقت بالای مدل بوده و میزان اندک پراکندگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل را از لحاظ آماری اثبات می کنند. چنانچه در تحقیق مشابهی که توسط Gupta و همکاران (۱۹۹۳) صورت پذیرفت، خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده سطح ایستابی، به‌ترتیب ۱۵ تا ۲۰ و ۱۴ تا ۲۴ سانتی‌متر به‌دست آمد که در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر دارای پراکندگی بیش‌تری می‌باشد. همچنین در تحقیقی که توسط Wahba and Christen (۲۰۰۶) انجام گرفت، خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده سطوح ایستابی، به‌ترتیب برای زهکش‌های کم عمق ۱۶ و ۱۳ سانتی‌متر و برای زهکش‌های عمیق ۲۱ و ۱۹ سانتی‌متر به‌دست آمد که دارای پراکندگی بیش‌تری نسبت به نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین در تحقیق انجام گرفته توسط رحیمی و کشکولی (۱۳۸۵) خطای استاندارد (S) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده سطوح ایستابی، در قطعات مختلف با فواصل زهکش ۸۰، ۶۰ و ۴۰ متری به ترتیب ۳۴/۷۵، ۳۵/۵۸ و ۲۴/۷۸ سانتی‌متر و میانگین انحراف مطلق (α) به ترتیب ۲۷/۷۹، ۲۳/۱۴ و ۱۷/۱۹ سانتی‌متر محاسبه شد که کمتر بودن پراکندگی نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند.

شدت تخلیه زهکش‌ها

شدت تخلیه زهکش‌های طرح تنها در سالهای ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ اندازه‌گیری شده است و با توجه به کمبود بارش در این سال‌ها (بدلیل خشکسالی) تنها در دو یا سه ماه اول، زهکش‌ها دارای خروجی بودند. شکل ۹ و شکل ۱۰ شدت اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌های طرح را نشان می‌دهند.



شکل ۹: شدت اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌های طرح در سال ۲۰۰۶



شکل ۱۰: شدت اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌های طرح در سال ۲۰۰۷

جدول ۳ خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌های طرح را نشان می‌دهد.

جدول ۳: تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده

پارامتر مورد مطالعه	سال ۲۰۰۶		سال ۲۰۰۷	
	S	α	S	α
شدت تخلیه زهکش‌ها (mm)	۱/۹۹	۱/۹	۱/۸	۱/۱۵

شکل ۹ و شکل ۱۰ مشخص می‌کنند که مدل DRAINMOD شبیه‌سازی خروجی زهکش‌ها را با دقت خوبی انجام داده است. ضمنا مقادیر شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌ها کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده آن‌ها هستند که این موضوع مشابه با تحقیق انجام گرفته توسط Wahba and Christen (۲۰۰۶) است. مقادیر خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌ها در این دو سال، نشان دهنده دقت قابل قبول مدل می‌باشد، چنانچه در تحقیق انجام پذیرفته توسط Wahba and Christen (۲۰۰۶) خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) تخلیه زهکش‌ها به‌ترتیب ۱/۸ تا ۲/۸ و ۱/۱ تا ۲/۱ میلی‌متر به‌دست آمد و نیز در تحقیقی که توسط Fernandez و همکاران (۲۰۰۵) انجام گرفت، میانگین انحراف مطلق (α) تخلیه زهکش‌ها معادل ۰/۴ میلی‌متر و در تحقیقی دیگر توسط Sing و همکاران (۲۰۰۶) خطای استاندارد (S) تخلیه زهکش‌ها ۷/۶ تا ۲۵/۹ میلی‌متر به‌دست آمد. همچنین در تحقیق رحیمی و کشکولی (۱۳۸۵) خطای استاندارد (S) و میانگین انحراف مطلق (α) تخلیه زهکش‌ها به ترتیب ۴/۵ و ۳/۲ میلی‌متر تعیین شد. در نتیجه پراکندگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده تخلیه زهکش‌ها، در طرح حاضر، در حد قابل قبول می‌باشد. به طورکلی با توجه به نتایج این تحقیق، ثابت می‌شود که مدل DRAINMOD یک مدل مناسب مدیریتی برای زهکشی در اراضی استان خوزستان می‌باشد که قادر است نوسانات سطح ایستابی و زهاب خروجی را با دقت بالایی شبیه‌سازی نماید و در نتیجه کارشناسان آبیاری و زهکشی می توانند با استفاده از این مدل به شرط ارائه داده های ورودی دقیق، مدیریت مناسبی را در مزارع دارای سیستم زهکشی در این استان اعمال نمایند.

منابع

رحیمی قباق تپه، م. و کشکولی، ح. (۱۳۸۵). ارزیابی مدل DRAINMOD و بررسی تاثیر منطقه غیراشباع خاک بر نوسانات سطح ایستابی در شرایط نیمه خشک خوزستان. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۱۹۹-۲۰۶.

یاری، ع.، درزی، ع.، موسوی، م.، یاری، ر. و سلطانی محمدی، ا. (۱۳۸۷). کاربرد مدل DRAINMOD در طراحی و پایش سیستم‌های زهکشی اراضی فاریاب "مطالعه موردی: اراضی کشت و صنعت واحد غزالی خوزستان" . همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۷۲۹-۷۳۹.

Breve, M. A., Skaggs, R.W., Kandil, H., Parsons, J. E. and Gilliam, J. W. (1992). DRAINMOD-N: A nitrogen model for artificially drained soils. In Proc. 6th Int. Drainage Symp, pp: 327-336. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Breve, M. A. (1994). Modeling the movement and fate of nitrogen in artificially drained soils. PhD Thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC 27965-7625, 225 p.

Evans, R. and Skaggs, R.W. (1996). Operating controlled drainage and subirrigation systems, North Carolina Cooperative Service. Publication Number: AG356.

Fernandez, G. P., Chescheir, G.M., Skaggs, R. W. and Amatya, D. M. (2005). DRAINMOD-GIS: A lumped parameter watershed scale drainage and water quality model. Agricultural Water Management, 81, pp: 77–97.

Gayle, G. A., Skaggs, R.W. and Carter, C. E. (1985). Evaluation of a water management for a louisiana sugarcane field. Jour. Amer. soc. of sugar cane Technology, 4, pp: 18-28.

Gupta, G. P., Prasher, S. O., Chieng, S. T. and Mathur, I. N. (1993). Application of DRAINMOD under semi-arid conditions. Agricultural Water Management, 24, pp: 63-80.

Kandil, H. K., Skaggs, R.W., Abdel-Dayem, S. and Aiad, Y. (1993). DRAINMOD-S: water management model for irrigated arid lands, crop yields and applications. Irrig Drain Syst 9, 259–277.

Skaggs, R.W. (1978). A water management model for shallow water table soils, water resources research institute. University of North Carolina, Report No. 134, Raleigh, USA.

Skaggs, R.W. (1980). DRAINMOD reference report. Methods for design and evaluation of drainage-water management systems for soils with high water tables. USDA-SCS, South National Technical Center, Fort Worth, Texas. 329 p.

Sing, R., Helmers, M. J. and Zhiming, Q. (2006). Calibration and validation of DRAINMOD to design subsurface drainage systems for Iowa's tile landscapes. Agricultural Water Management, 85, pp: 221–232.

Wahba, M. A. S. and Christen, E. W. (2006). Modeling subsurface drainage for salt load management in southeastern Australia. Irrig Drain Syst, 20, pp: 267-28.