۱۳۸۱ /۲/ ۲۹

بنام خدا

ارائه مدلی برای تخمین شوری ناشی از صعود مویینه از سطح ایستآبی کم‌عمق شور

به وسیله:

محمد هادی جرعه‌نوش

017209

پایان نامه

ارائه شده به معاونت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

آبیاری و زهکشی

۴۰۴۵۷

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر علیرضا سپاس‌خواه، استاد بخش آبیاری (رییس کمیته) .....

دکتر سیف الله امین، دانشیار بخش آبیاری .....

دکتر علی اکبر کامگارحقیقی، دانشیار بخش آبیاری .....

اسفندماه ۱۳۸۰

٤٠٤٨٧

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و همسر وفادارم

۷۸۳۰۳

سپاسگزاری

شایسته است از جناب آقای دکتر علیرضا سپاس‌خواه که در طول این تحقیق همواره اینجانب را راهنمایی فرمودند، صمیمانه سپاسگزاری نمایم. همچنین از آقایان دکتر سیف الله امین و دکتر علی اکبر کامکار بخاطر همکاریشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

ارائه مدلی برای تخمین شوری ناشی از صعود مویینه از سطح ایستآبی کم‌عمق شور

به وسیله:

محمد هادی جرعه‌نوش

باپیشرفت علوم رایانه‌ای، بشر توانایی پیش بینی اثرات بلندمدت و کوتاه مدت عوامل و پدیده‌های طبیعی را پیدا کرده‌است. از جمله مواردی که علوم رایانه ای کمک زیادی به بشر نموده است، شبیه‌سازی فرآیندهای مؤثر بر یک پدیده طبیعی است که تحت عنوان مدل مطرح می‌شود. مدل رایانه‌ای مجموعه عملیاتی است که طی آن یک فرآیند بصورت مصنوعی و با تقلید از حالت واقعی آن بررسی می‌شود.

حفاظت از منابع آب و خاک یکی از مسائل مهمی است که امروزه مورد توجه بوده و روز به روز نیز بر اهمیت آن افزوده می‌شود. این مسأله در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا، که معمولاً از نظر منابع آبی و خاکی دارای محدودیت می باشد، اهمیت بیشتری دارد. از جمله مواردی که در این زمینه مطرح است، مسأله شوری آب و خاک است. شوری مسأله‌ای با اهمیت روزافزون در تولید محصولات کشاورزی بسیاری از زمین‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است. کشت مداوم اراضی همراه با افزودن کود و نقصان برنامه زمان‌بندی برای شستشو و زهکشی باعث شور شدن بسیاری از زمین‌های زراعی شده است. خاک‌های حاوی املاح زیاد باعث توقف رشد گیاه در اثر تقابل عواملی چون پتانسیل اسمزی، یون‌های سمی و عدم تعادل مواد مغذی خاک می شوند.

تجمع نمک در سطح خاک در اثر صعود مویینه[1] یک مسأله جدی است، خصوصاً در خاک‌هایی با سطح ایستآبی کم‌عمق که در آنها شوری خاک تأثیر قابل توجهی روی تولید

1- Capillary Rise

محصولات زراعی دارد. در سال‌های اخیر مدل‌های فراوانی بسط و توسعه یافته است که با استفاده از آنها می‌توان میزان صعود مویینه و شوری ناشی از آن را پیش‌بینی نمود. در اغلب مدل‌های پیش‌بینی برای صعود مویینه و شوری خاک معمولاً از بیلان آب و املاح در خاک و عواملی مانند تبخیرتعرق در دوره تخمین، شوری آب زیر زمینی و عوامل گیاهی استفاده می‌شود.

میزان صعود مویینه به ناحیه ریشه و سطح خاک تابع عوامل مختلفی مثل جریان آب زیرزمینی، نوع خاک، نوع گیاه، کیفیت آب زیرزمینی، میزان بارندگی، تبخیرتعرق گیاهی و عوامل دیگر می‌باشد. با معلوم شدن عوامل آب و خاک در دوره رشد می توان تخمین مناسبی از میزان شوری خاک ناحیه ریشه ارائه داد.

مدل مورد بحث این تحقیق، یک مدل غیرهمگام جبری است که بر اساس حل معادله ریچاردز[1] بنا شده است. در این مدل افزایش نمک‌های محلول در منطقه ریشه‌دار خاک تحت تأثیر اقلیم، نوع خاک، پوشش گیاهی، آبیاری و عمق سطح ایستآبی قرار گرفت. روابط اساسی جهت کاربرد دراین مدل توسط محققین دیگر بیان شده است که به عنوان قسمت مرکزی مدل مورد استفاده قرار گرفت.

حداقل دو زیرمدل برای فراهم آوردن مبنای پیش‌بینی لازم بود. یکی زیرمدل بیلان آب برای پیش‌بینی میزان آب خاک، دیگری زیرمدل صعود مویینه برای تخمین صعود مویینه از سطح ایستآبی کم‌عمق. با معلوم بودن غلظت نمک در سطح ایستآبی و میزان صعود مویینه، مقدار افزایش شوری خاک در یک مدت معین، در منطقه ریشه نیز پیش‌بینی شد.

مدل بیلان آب برای برآورد عناصر کلیدی معادله بیلان آب خاک از قبیل تبخیر از سطح خاک، تعرق گیاه، جذب آب توسط ریشه گیاه، نفوذ عمقی آب و برخی عوامل دیگر توسعه یافت. عوامل مورد استفاده در زیرمدل بیلان آب، بارندگی، قدرت تبخیرپذیری اتمسفر و رطوبت در ابتدای دوره تخمین می‌باشد. صعود مویینه نیز به صورت حجم آب خارج شده از سطح ایستآبی که به خاک وارد و سرانجام در اثر تبخیرتعرق از آن خارج می‌شود، در نظر گرفته شد. برآورد صعود مویینه در دو حالت همگام و غیر همگام مورد بررسی قرار گرفت.

پس از توسعه مدل رایانه‌ای و اطمینان از صحت عملکرد روابط آن، مدل براساس مشاهدات آب و خاک در شرایط محلی و گیاهی خاص واسنجی شده و مورد آزمون قرار گرفت. مدل مورد بحث این تحقیق که مدل *SEM*[2] نام گرفت، برای دو سری داده‌های اندازه گیری شده برازش داده شد. در یک مورد نتایج مدل با نتایج حاصل از پژوهش تعیین صعود مویینه از سطح ایستآبی کم‌عمق شور مقایسه گردید. در مورد دیگر نتایج حاصل از آزمایش گلخانه‌ای که تاثیر سطوح ایستآبی کم عمق و شور را بر رشد، ترکیب شیمیایی و میزان جذب آب از سطح

1- Richards Equation
2- Salinity Estimation Model

سازمان اطلاعات و مدارک علمی ایران

آب زیر زمینی پایه پسته بادامی زرندی در شرایط دیم و آبی مورد مطالعه قرار داد، با نتایج حاصل از مدل مقایسه شد.

نتایج شبیه سازی شده صعود مویینه، نشان داد که مدل *SEM* به خصوص در شرایط آب زیر زمینی با شوری کم، جواب‌های معقولی ارائه کرده است. مدل *SEM* در شرایط همگام نتوانست تخمین مناسبی از صعود مویینه به ناحیه ریشه، چه در حالت تجمعی و چه برای دوره‌های ۱۲ روزه ارائه دهد. مدل *SEM* در شرایط غیرهمگام، تخمین مناسبی از مقدار صعود مویینه به خاک ناحیه ریشه، به خصوص در حالت تجمعی ارائه داد. مقدار صعود مویینه در دوره‌های ۱۲ روزه نیز، تا حد قابل قبولی به مقادیر اندازه گیری شده نزدیک بود.

در حالت وجود سطح ایستآبی با شوری زیاد، به خصوص وقتی سطح ایستآبی به سطح زمین خیلی نزدیک است، مدل *SEM* دقت کمتری در تخمین صعود مویینه داشت. این امر می‌تواند به علت شوری زیاد در خاک ناحیه ریشه و اثرات آن روی ریشه گیاه ، جذب آب و عوامل دیگر باشد.

شوری خاک ناحیه ریشه (به صورت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ناحیه ریشه) با استفاده از نتایج صعود مویینه حاصل از مدل *SEM* در شرایط غیرهمگام ارائه شد. مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در انتهای دوره در کل تیمارها همبستگی خوبی با مقادیر اندازه گیری شده نشان داد. مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمارهای مختلف نیز، بطور جداگانه بررسی شد. داده‌ها نشان داد که نتایج مدل با نتایج اندازه‌گیری شده همبستگی خوبی دارد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها	ی
فهرست تصاویر	م
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته	۴
فصل سوم: اصول نظری مدل	۱۱
۳-۱- ساختار تخمین صعود مویینه و شوری حاصل از آن	۱۳
۳-۲- زیرمدل بیلان آب	۱۵
۳-۲-۱- شرح زیرمدل بیلان آب خاک	۱۵
۳-۲-۱-۱- تبخیرتعرق بالقوه گیاه مرجع	۱۵
۳-۲-۱-۲- تبخیرتعرق بالقوه گیاه زراعی	۱۹
۳-۲-۱-۳- تبخیرتعرق واقعی گیاه زراعی و بیلان رطوبتی	۲۳
۳-۳- زیرمدل برآورد صعود مویینه و شوری خاک حاصل از آن	۳۴
۳-۴- شرح مدل	۴۱
۳-۴-۱- هسته مرکزی	۴۲
۳-۴-۲- زیربرنامه مقادیر ورودی	۴۲
۳-۴-۳- زیربرنامه بیلان آب خاک	۴۳
۳-۴-۴- زیربرنامه محاسبه تبخیرتعرق	۴۴
۳-۴-۵- زیربرنامه تعیین تابع هدایت هیدرولیکی ، مکش و تابع پخشیدگی هیدرولیکی	۴۴
۳-۴-۶- زیربرنامه تعیین صعود مویینه	۴۵
۳-۴-۷- زیربرنامه تعیین شوری خاک ، حاصل از صعود مویینه	۴۵
۳-۴-۸- زیربرنامه تعیین مقادیر خروجی	۴۵
فصل چهارم: نتایج و بحث	۴۶
۴-۱- اصلاح و برازش مدل	۴۷

عنوان	صفحه
۴-۲- مشخصات پژوهش پراتاپار و همکاران	۴۷
۴-۲-۱- نتایج اجرای مدل *TSAM*	۴۸
۴-۲-۲- نتایج اجرای مدل *SEM*	۵۱
۴-۳- مشخصات پژوهش گلخانه‌ای پسته	۵۷
۴-۴- مقایسه نتایج صعود مویینه حاصل از مدل *SEM* در حالت همگام ، با نتایج اندازه‌گیری شده در پژوهش گلخانه‌ای پسته	۶۰
۴-۵- مقایسه نتایج صعود مویینه حاصل از مدل *SEM* در حالت غیرهمگام ، با نتایج اندازه‌گیری شده در پژوهش گلخانه‌ای پسته	۷۸
۴-۶- مقایسه نتایج شوری خاک ناحیه ریشه ، حاصل از مدل *SEM* در حالت غیرهمگام ، با نتایج اندازه‌گیری شده در پژوهش گلخانه‌ای پسته	۱۱۹
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات	**۱۳۵**
فصل ششم: ضمائم	**۱۳۷**
ضمیمه ۱: راهنمای استفاده از مدل *SEM*	۱۳۸
ضمیمه۲: متن برنامه رایانه‌ای *SEM* به زبان فرترن	۱۴۶
ضمیمه ۳: نمونه فایل نگهداری مقادیر ثابت ورودی	۱۷۶
ضمیمه ۴: نمونه فایل ورودی عمق ریشه	۱۷۷
ضمیمه ۵: نمونه فایل اطلاعات جوی (تبخیر از تشت، آبیاری و بارندگی)	۱۷۸
ضمیمه ۶: نمونه فایل مقادیر خروجی	۱۷۹
ضمیمه ۷: نمونه فایل خروجی مقادیر *EC* لایه‌ای (۶ لایه)	۱۸۰
ضمیمه ۸:نمونه فایل اطلاعات جوی پنمن-مانتیث	۱۸۱
ضمیمه ۹-۱: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود مویینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط همگام)، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته)	۱۸۲
ضمیمه ۹-۲: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود مویینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام)، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته)	۱۸۲
ضمیمه ۹-۳: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود مویینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط همگام)، عمق سطح ایستآبی ۶۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته)	۱۸۳

عنوان	صفحه

ضمیمه ۹-۴: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود موبینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام)، عمق سطح ایستآبی۶۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته) ۱۸۳

ضمیمه ۹-۵: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود موبینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط همگام)، عمق سطح ایستآبی۹۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته) ۱۸۴

ضمیمه ۹-۶: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود موبینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام)، عمق سطح ایستآبی۹۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته) ۱۸۴

ضمیمه ۹-۷: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود موبینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط همگام)، عمق سطح ایستآبی۱۲۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته) ۱۸۵

ضمیمه ۹-۸: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده صعود موبینه *(CR)* حاصل از مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام)، عمق سطح ایستآبی۱۲۰ سانتی متر در هر دوره حسب میلی متر (پژوهش پسته) ۱۸۵

ضمیمه ۹-۹: مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده *ECe* توسط مدل *SEM* در اعماق مختلف سطح ایستآبی در پایان پژوهش پسته ۱۸۶

ضمیمه ۱۰: راهنمای استفاده از *CD* حاوی نتایج اجرای مدل ۱۸۷

فصل هفتم: منابع ۱۹۰

فهرست جدول‌ها

جدول صفحه

جدول ۴-۲-۱- عوامل ورودی مربوط به خاک در مدل *TSAM* ۴۹

جدول ۴-۲-۲- مقادیر هفتگی تبخیر از تشت و آبیاری در مدل *TSAM* و مقادیر هفتگی صعود مویینه اندازه‌گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۰

جدول ۴-۲-۳- نتایج حاصل از همبستگی بین مقادیر هفتگی صعود مویینه حاصل از مدل *TSAM* با مقادیر اندازه گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۴

جدول ۴-۲-۴- - نتایج حاصل از همبستگی بین مقادیر هفتگی صعود مویینه حاصل از مدل *SEM* با مقادیر اندازه گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۸

جدول ۴-۳-۱- مقادیر متوسط دما ، تبخیر و آب آبیاری در دوره‌های مختلف۱۲ روزه ۵۹

جدول ۴-۳-۲- عوامل ورودی مربوط به خاک پژوهش گلخانه‌ای در مدل *SEM* ۶۱

جدول ۴-۵-۱- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۸۸

جدول ۴-۵-۲- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۹۰

جدول ۴-۵-۳- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۹۲

جدول ۴-۵-۴- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۹۴

جدول ۴-۵-۵- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۹۶

جدول

صفحه

جدول ۴-۵-۶- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۹۸

جدول ۴-۵-۷- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۰۰

جدول ۴-۵-۸- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۰۲

جدول ۴-۵-۹- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۰۴

جدول ۴-۵-۱۰- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۰۶

جدول ۴-۵-۱۱- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۰۸

جدول ۴-۵-۱۲- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۱۰

جدول ۴-۵-۱۳- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۱۲۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۱۲

جدول ۴-۵-۱۴- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۱۲۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۱۴

جدول ۴-۵-۱۵- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۱۲۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۱۶

جدول صفحه

جدول ۴-۵-۱۶- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط غیرهمگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۱۲۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۱۱۸

جدول ۴-۶-۱- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ، توسط مدل *SEM* درانتهای پژوهش در تیمارهای آبی و دراعماق مختلف سطح ایستابی (پژوهش پسته) ۱۲۱

جدول ۴-۶-۲- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ، توسط مدل *SEM* درانتهای پژوهش در تیمارهای دیم و دراعماق مختلف سطح ایستابی (پژوهش پسته) ۱۲۳

جدول ۴-۶-۳- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ، توسط مدل *SEM* درانتهای پژوهش در تیمارهای آبی و دیم ،دراعماق مختلف سطح ایستابی (پژوهش پسته) ۱۲۵

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

شکل ۳-۱- شمای کلی مدل با نمایش نحوه ارتباط قسمت‌های مختلف آن ۱۴
شکل ۳-۲- نمای کلی زیربرنامه محاسبه تبخیرتعرق بالقوه گیاه مرجع به روش پنمن- مانتیث ۲۰
شکل ۳-۳- - نمای کلی زیربرنامه محاسبه تبخیر از سطح خاک ۲۴
شکل ۳-۴- بیلان رطوبتی در منطقه ریشه ۲۶
شکل ۳-۵- نمای کلی زیرمدل بیلان آب و محاسبه تخلیه آب در منطقه ریشه ۲۹
شکل ۳-۶- الگوهای عمومی رشد ریشه نسبت به زمان ۳۱
شکل ۳-۷- منحنی جذب آب توسط ریشه در اعماق مختلف در حالت آبی ۳۲
شکل ۳-۸- منحنی جذب آب توسط ریشه در اعماق مختلف در حالت دیم ۳۳
شکل ۳-۹- نمای کلی زیربرنامه محاسبه صعود مویینه در حالت همگام ۳۶
شکل ۳-۱۰- نمای کلی زیربرنامه محاسبه صعود مویینه در حالت غیرهمگام ۳۹
شکل ۴-۲-۱- مقایسه مقادیر تجمعی صعود مویینه حاصل از مدل *TSAM* با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۲
شکل ۴-۲-۲- مقایسه مقادیر هفتگی صعود مویینه حاصل از مدل *TSAM* با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۳
شکل ۴-۲-۳- مقایسه مقادیر تجمعی صعود مویینه حاصل از مدل *SEM* با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۵
شکل ۴-۲-۴- مقایسه مقادیر هفتگی صعود مویینه حاصل از مدل *SEM* با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط پراتاپار و همکاران ۵۶
شکل ۴-۴-۱- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۲

شکل | صفحه

شکل ۴-۴-۲- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۲

شکل ۴-۴-۳- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی۳۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۳

شکل ۴-۴-۴- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۳

شکل ۴-۴-۵- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۴

شکل ۴-۴-۶- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=13dS/m* (پژوهش پسته) ۶۴

شکل ۴-۴-۷- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی۳۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۵

شکل ۴-۴-۸- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی ۳۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۵

شکل ۴-۴-۹- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۶

شکل ۴-۴-۱۰- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستابی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۶

شکل ۴-۴-۱۱- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستابی۶۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۷

شکل | صفحه

شکل ۴-۴-۱۲- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۷

شکل ۴-۴-۱۳- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۸

شکل ۴-۴-۱۴- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=13dS/m* (پژوهش پسته) ۶۸

شکل ۴-۴-۱۵- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی۶۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۹

شکل ۴-۴-۱۶- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی ۶۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۶۹

شکل۴-۴-۱۷- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی۹۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۷۰

شکل ۴-۴-۱۸- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۷۰

شکل ۴-۴-۱۹- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی۹۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۷۱

شکل ۴-۴-۲۰- نتایج مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت دیم ، عمق سطح ایستآبی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=0.5 dS/m* (پژوهش پسته) ۷۱

شکل ۴-۴-۲۱- نتایج مقادیر تجمعی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده صعود مویینه توسط مدل *SEM* (شرایط همگام) در حالت آبی ، عمق سطح ایستآبی ۹۰ سانتی‌متر و *EC=13 dS/m* (پژوهش پسته) ۷۲