٤٠٤١٢

۱۳۸۱ /۲/ ۲۹

بنام خدا

مدل رایانه‌ای برای طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در ریزحوضه‌های کشت انگور دیم

به وسیلهٔ

حمید رضا فولادمند

پایان نامه

ارائه شده به معاونت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی

از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

017138

در رشتهٔ

آبیاری و زهکشی

۴۰۴۱۲

از دانشگاه شیراز

شیراز- ایران

ارزیابی شده توسط کمیتهٔ پایان نامه با درجهٔ **عالی**

دکتر علیرضا سپاس‌خواه، استاد بخش آبیاری (رئیس کمیته)

دکتر سیف ا... امین، دانشیار بخش آبیاری

دکتر علی‌اکبر کامگارحقیقی، دانشیار بخش آبیاری

اسفند ۱۳۸۰

٤٠٤١٢

تقدیم به

مادر و پدر عزیزم

سپاسگزاری

خداوند بزرگ و متعال را سپاسگزارم که در سایهٔ الطاف بی پایانش این تحقیق به سرانجام رسید. در راه انجام این پژوهش عزیزان بسیاری به طرق مختلف به اینجانب کمک و راهنمایی نمودند. استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سپاسخواه به عنوان استاد راهنما بیشترین زحمت را در این زمینه تقبل نمودند که از ایشان بینهایت سپاسگزارم. همچنین از راهنمایی‌های آقایان دکتر امین و دکتر کامگار حقیقی نیز کمال تشکر را دارم. آقای دکتر خلیلی نیز همواره نسبت به بنده لطف داشتند و راهنمایی‌های خود را در حق بنده دریغ نکردند، لذا از ایشان نیز سپاسگزارم. همچنین وظیفهٔ خود می‌دانم که از کمک‌های همه جانبهٔ بستگانم، به خصوص پدر، مادر و خواهرانم تشکر و قدردانی نمایم.

حمید رضا فولادمند

اسفند ۱۳۸۰

چکیده

مدل رایانه‌ای برای طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در ریزحوضه‌های کشت انگور دیم

به وسیلهٔ

حمید رضا فولادمند

در اراضی با شیب مناسب می‌توان اقدام به کشت درختان مختلف به‌صورت دیم نمود. اما معمولاً نفوذپذیری کم سطح خاک و یا شیب زیاد سبب ایجاد رواناب می‌شود. لذا می‌توان با کاربرد روش‌های فنی، بخشی از آب باران را مهار کرده و در خاک ذخیره نمود، تا با این روش از منابع آب خاک استفادهٔ بیشتری به عمل آید. از بهترین روش‌های موجود، ایجاد یک حوضچهٔ کوچک برای هر تک درخت می‌باشد. در این‌صورت آب باران در داخل هر حوضچه جمع‌آوری شده و با نفوذکردن در خاک درون هر حوضچه در پای هر درخت، در طول فصل رشد مورد استفادهٔ گیاه قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر از داده‌های پژوهشی در باجگاه در استان فارس استفاده گردید. در پژوهش مورد نظر ریز حوضه‌های کوچکی برای کشت انگور دیم در منطقهٔ باجگاه به مساحت ۱۳/۴ مترمربع احداث شد و در سال‌های آبی ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۷ رطوبت حجمی آب خاک در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و مقدار رطوبت خاک در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری در طول فصل رشد، در ریزحوضه‌ها و اراضی مجاور فاقد ریزحوضه، اندازه‌گیری گردید. نتایج تحقیقات قبلی نشان داده بود که رطوبت خاک درون ریزحوضه‌ها نسبت به رطوبت خاک اراضی مجاور بیشتر است. علاوه بر آن عملکرد هر تک درخت کشت شده در داخل ریزحوضه نسبت به درختان کشت شده در اراضی معمولی (بدون ریزحوضه) افزایش قابل توجهی داشت.

دو هدف اصلی در پژوهش حاضر ساخت مدل رایانه‌ای بیلان آب خاک در ریزحوضه‌های کشت و تعیین مساحت ریزحوضه‌های کشت برای انگور دیم در منطقهٔ باجگاه در استان فارس بود. برای این منظور از مدل بیلان آب خاک استفاده گردید و عمق خاک در ناحیهٔ ریشه به هفت لایهٔ ۲۰ سانتی‌متری تقسیم شد. سپس با توجه به آمار هواشناسی باجگاه در سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۷ و با استفاده از معادلات و روابط حاکم بر آب خاک، از طریق بیلان آب خاک در لایه‌های مختلف، مقدار رطوبت حجمی آب خاک در هر لایه در هر روز سال محاسبه گردید. برای استفاده از معادلات بیلان نیز به پارامترهایی مانند مقدار بارندگی و رواناب ایجاد شده و تبخیرتعرق واقعی گیاه نیاز بود. همچنین از عددی ثابت به‌عنوان کمک رطوبت از اعماق پایین ریشه به لایه‌های مختلف خاک استفاده گردید. عدد فوق با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ آب خاک در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و مقدار آب خاک اندازه‌گیری شده در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری در منطقهٔ باجگاه واسنجی گردید و برای لایه‌های اول تا پنجم برابر ۰/۱۴ و برای لایه‌های ششم و هفتم برابر ۰/۰۱ میلی‌متر در روز بدست آمد. مقادیر رطوبت حجمی آب خاک در حد ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم خاک در لایه‌های مختلف نیز اندازه‌گیری گردید. ضمن آن‌که رابطهٔ بین بارندگی و رواناب روزانه در منطقهٔ باجگاه که توسط محققینی در منطقه قبلاً تعیین شده بود، در این مدل استفاده شد. همچنین برای محاسبهٔ تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع از چهار روش پنمن فائو، پنمن- مانتیت، هارگریوز و جنسن- هیز استفاده گردید. تحقیقات قبلی نشان می‌داد که برای منطقهٔ باجگاه، روش پنمن فائو مناسب‌ترین روش محاسبهٔ تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع می‌باشد. نتایج مدل بیلان آب خاک نیز نشان داد که روش پنمن فائو مناسب‌تر از سایر روش‌ها است و بین مقادیر تخمین زده شده و اندازه‌گیری شدهٔ رطوبت حجمی آب خاک در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و مقدار رطوبت تخمین زده شده و اندازه‌گیری شده در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. درصورتی‌که با استفاده از سایر روش‌های محاسبهٔ تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع، بین نتایج بدست آمده از مدل و نتایج اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌دار وجود داشت.

از طرف دیگر اندازهٔ مساحت هر ریزحوضهٔ کشت به عواملی مانند عمق فعال ریشه، قابلیت نگهداری آب در خاک، ضریب رواناب، مساحت کشت شدهٔ هر تک درخت، مقدار بارندگی سالانه و مقدار تبخیرتعرق واقعی درخت بستگی دارد. عمق فعال ریشهٔ انگور ۱/۲ متر درنظر گرفته شد و قابلیت نگهداری آب در خاک نیز با اندازه‌گیری برابر ۱۶۰ میلی‌متر در متر بدست آمد. در این پژوهش از ضریب رواناب برای شرایط شیب کوهپایه‌ای ۵ تا ۶ درصد باجگاه و خاک لوم سنگریزه‌ای برابر ۰/۰۸ که توسط محققین دیگر بدست آمده بود، استفاده شد. میانگین قطر تاج هر درخت هم برابر ۱/۵ متر منظور شد و لذا مساحت کشت شدهٔ هر تک درخت برابر ۱/۸ مترمربع درنظر گرفته شد. مقدار بارندگی سالانه هم با احتمال وقوع‌های مختلف منظور گردید، به‌طوری‌که با بارندگی با احتمال وقوع ۹۰ درصد مساحت هر ریزحوضه

برابر ۲۱ متر مربع تخمین زده شد، درصورتی‌که برای بارندگی‌های با احتمال وقوع کمتر (مقدار باران بیشتر)، مساحت‌های کوچکتری بدست آمد. از طرف دیگر با کوچکتر شدن مساحت هر ریزحوضه گرچه عملکرد هر درخت کاهش می‌یابد، اما در مقابل تعداد کل درخت در هر هکتار زیادتر شده و لذا عملکرد کل در هکتار افزایش می‌یابد. بنابراین استفاده از مساحت کوچکتر اقتصادی‌تر می‌باشد و از آن‌جا که در شرایط معمولی (بدون ریزحوضه) در منطقهٔ باجگاه درختان انگور به فاصلهٔ ۳ متر از یکدیگر کشت می‌شوند، لذا مناسب‌ترین مساحت ریزحوضه ۹ مترمربع می‌باشد.

همچنین با توجه به رابطه‌های بدست آمده بین عملکرد انواع مختلف انگور دیم توسط محققین دیگر در منطقهٔ باجگاه و با درنظر گرفتن عمر مفید ۵۰ ساله برای باغ انگور دیم و نرخ بهرهٔ ۱۴ درصد، تحلیل اقتصادی انجام شد. نتایج بررسی‌های اقتصادی نشان داد که انگور دیم سیاه ریش‌بابا مناسب‌ترین انگور برای کشت در منطقه می‌باشد، به‌طوری‌که احتمال سوددهی انگورهای دیم سیاه ریش‌بابا، رطبی، عسکری و سیاه در طرح هرزآب با درنظر گرفتن ریزحوضه‌های با مساحت ۹ مترمربع به‌ترتیب برابر ۵۹، ۴۷، ۲۹ و ۱۲ درصد بدست آمد.

برای پیش‌بینی وضعیت بیلان آب خاک و عملکرد انگور در سال ۱۳۸۱ نیز مقدار بارندگی روزانه با استفاده از مدل نمایی زنجیر مارکوف پیش‌بینی گردید. علاوه بر آن مقدار تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع نیز بر مبنای روش پنمن فائو از روش تحلیل فراوانی تبخیرتعرق در سطوح احتمالاتی مختلف پیش‌بینی شد. سرانجام مقدار محصول بر اساس نتایج مدل بیلان برای مقادیر بارندگی و تبخیرتعرق پیش‌بینی شده در سال ۱۳۸۱ تخمین زده شد. نتایج تخمین عملکرد محصول با توجه به پیش‌بینی مقدار بارندگی روزانه نشان داد که درصورت ایجاد ریزحوضه‌های با وسعت ۹ مترمربع، عملکرد انگور سیاه دیم در طرح هرزآب برابر ۱۶۹۳/۷ کیلوگرم در هکتار خواهد شد که این مقدار در مقایسه با میانگین عملکرد این نوع انگور در شرایط معمولی (بدون ریزحوضه) که برابر ۷۶۳/۱ کیلوگرم در هکتار است، تقریباً ۱۲۰ درصد بیشتر است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها	ده
فهرست شکل ها	سیزده
فصل اول : مقدمه	۱
۱-۱ : سیستم های زراعی متداول در مناطق خشک و نیمه خشک	۲
۱-۱-۱ : دیمکاری	۳
۱-۱-۲ : رواناب کاری	۳
۱-۱-۳ : سیلاب کاری	۴
۱-۱-۴ : زراعت آبی	۴
۱-۲ : سیستم جمع‌آوری آب باران	۴
۱-۳ : تولید و پرورش انگور	۵
۱-۳-۱ : دیمکاری انگور	۵
۱-۴ : مدل‌های گیاهی	۶
۱-۵ : هدف تحقیق	۶
فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته	۷
۲-۱ : افزایش بازدهٔ استفاده از آب باران و عملکرد سیستم جمع‌آوری آب باران	۷
۲-۲ : مدل‌های بیلان آب خاک	۸
۲-۳ : مدل‌های تخمین عملکرد محصول	۹
۲-۴ : پیش‌بینی بارندگی روزانه	۹
۲-۵ : تعیین روابط بین بارندگی و رواناب	۱۱
۲-۶ : تبخیر تعرق بالقوهٔ گیاه مرجع	۱۱
۲-۷ : تغییرات دوره‌ای تبخیر تعرق بالقوهٔ گیاه مرجع	۱۲
۲-۸ : تبخیر تعرق بالقوهٔ گیاه	۱۳
۲-۹ : تبخیر تعرق واقعی گیاه	۱۴

۲-۱۰ : جذب آب توسط ریشهٔ گیاه ۱۴

فصل سوم : روش تحقیق ۱۵

۳-۱ : معادلهٔ بیلان آب خاک در لایه‌های مختلف خاک ۱۵

۳-۱-۱ : معادلهٔ بیلان آب خاک در لایهٔ اول ۱۶

۳-۱-۲ : معادلهٔ بیلان آب خاک در لایهٔ دوم ۱۷

۳-۲ : تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع ۱۸

۳-۲-۱ : روش پنمن- مانتیت ۱۸

۳-۲-۲ : روش پنمن فائو ۲۳

۳-۲-۳ : روش هارگریوز ۲۵

۳-۲-۴ : روش جنسن- هیز ۲۵

۳-۳ : تبخیر تعرق واقعی گیاه ۲۵

۳-۴ : ضریب تنش آب خاک ۲۶

۳-۵ : تعیین حد ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم ۲۸

۳-۶ : ضریب گیاهی روزانه ۲۸

۳-۷ : تفکیک مقدار جذب آب توسط ریشه در لایه‌های مختلف خاک ۳۰

۳-۸ : تعیین رواناب روزانه ۳۲

۳-۹ : تعیین مساحت ریزحوضه‌های کشت دیم ۳۳

۳-۱۰ : پیش‌بینی وضعیت بیلان آب خاک ۳۶

۳-۱۰-۱ : پیش‌بینی مقدار تبخیر تعرق بالقوهٔ گیاه مرجع ۳۶

۳-۱۰-۲ : پیش‌بینی مقدار بارندگی روزانه ۳۸

۳-۱۰-۳ : پیش‌بینی مقدار رواناب روزانه ۳۹

۳-۱۱ : تعیین عملکرد انگور سیاه دیم در طرح هرزآب ۳۹

۳-۱۲ : برنامهٔ رایانه‌ای مدل ۴۱

۳-۱۲-۱ : زیر برنامهٔ محاسبهٔ تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع ۴۱

۳-۱۲-۲ : زیر برنامهٔ بیلان آب خاک در هفت لایه ۴۱

۳-۱۲-۳ : زیر برنامهٔ پیش‌بینی بارندگی روزانه ۴۳

فصل چهارم : نتایج و بحث ۴۵

۴-۱ : تعیین حد ظرفیت زراعی و پژمردگی دایم لایه‌های مختلف خاک ۴۵

۴-۲ : نتایج بیلان آب خاک مدل ۴۵

۴-۳ : مساحت ریزحوضهٔ کشت انگور دیم ۴۷

۴-۴ : تعیین مساحت اقتصادی ریزحوضه‌های کشت دیم ۶۸

۴-۵ : پیش‌بینی بارندگی روزانه ۷۷

۴-۶ : پیش‌بینی تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع ۸۳

۴-۷ : پیش‌بینی بیلان آب خاک و تخمین عملکرد محصول ۸۳

۴-۸ : بررسی اقتصادی کشت انگور دیم در منطقه باجگاه ۹۱

۴-۸-۱ : هزینهٔ احداث باغ ۹۱
۴-۸-۲ : هزینهٔ نگهداری سالانه ۹۲
۴-۸-۳ : هزینهٔ کل سالانه ۹۲
۴-۸-۴ : سود سالانهٔ کشت انگور دیم ۹۳
۴-۹ : بحث ۹۶

فصل پنجم : نتیجه‌گیری ۱۰۲

منابع ۱۰۵

ضمائم ۱۰۹
ضمیمهٔ ۱ : راهنمای استفاده از مدل ۱۱۰
ضمیمهٔ۲ : متن برنامهٔ رایانه‌ای مدل ۱۱۳
ضمیمهٔ ۳ : فایل ورودی بارندگی از ۱۱ دی ۱۳۶۵ تا ۱۰ دی ۱۳۶۶ ۱۴۶
ضمیمهٔ ۴ : نمونهٔ فایل اطلاعات هواشناسی از ۱۱ دی ۱۳۶۵ تا ۱۰ دی ۱۳۶۶ (به ترتیب از چپ به راست: حداقل دمای روزانه، حداکثر دمای روزانه، حداقل درصد رطوبت نسبی روزانه، حداکثر درصد رطوبت نسبی روزانه، سرعت باد حسب مایل در روز و ساعات آفتابی واقعی حسب ساعت) ۱۵۴
ضمیمهٔ ۵ : فایل ورودی پیش‌بینی بارندگی روزانه در باجگاه تا آخر سال ۱۳۷۹ ۱۶۲
ضمیمهٔ ۶ : فایل ورودی تبخیر تعرق بالقوهٔ گیاه مرجع با احتمال وقوع ۱۰ درصد ۱۶۳
ضمیمهٔ ۷ : نتایج خروجی بیلان آب خاک مدل بر مبنای فرمول پنمن فائو در سال ۱۳۶۶ (از اول فروردین تا آخر شهریور یعنی از روزهای ۸۰ تا ۲۶۵ سال میلادی) ۱۷۱
ضمیمهٔ ۸ : نتایج تعیین مساحت ریزحوضهٔ کشت بر مبنای فرمول پنمن فائو و تخمین عملکرد انگور دیم سیاه در طرح هرزآب در سال ۱۳۸۱ با درنظر گرفتن عدد اولیهٔ ۹۹۹۹۹ و عدد پرش ۶۶۶۶۶ برای تولید اعداد تصادفی ۱۷۵
ضمیمهٔ ۹ : نتایج پیش‌بینی بیلان آب خاک در سال ۱۳۸۱ با درنظر گرفتن تبخیر تعرق با احتمال وقوع ۱۰ درصد و درنظر گرفتن عدد اولیهٔ ۹۹۹۹۹ و عدد پرش ۶۶۶۶۶ برای تولید اعداد تصادفی ۱۷۶
ضمیمهٔ ۱۰ : راهنمای استفاده از برنامهٔ مقایسه با خط یک به یک ۱۸۰
ضمیمهٔ ۱۱ : متن برنامهٔ مقایسه با خط یک به یک ۱۸۱
ضمیمهٔ ۱۲ : فایل ورودی مقایسه با خط یک به یک (به ترتیب از چپ به راست مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده) ۱۸۵
ضمیمهٔ ۱۳ : فایل خروجی مقایسه با خط یک به یک ۱۸۶

فهرست جدول‌ها

جدول **صفحه**

جدول ۳-۱ : ضریب آب سهل‌الوصول، طول دوره‌های مختلف رشد و ضریب گیاهی بعضی از گیاهان ۳۱

جدول ۳-۲ : بعضی از خواص فیزیکی خاک محل آزمایش (خاک سری بمو در باجگاه، اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه) ۳۴

جدول ۳-۳ : ضرایب a و b و m برای محاسبهٔ تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع در سطوح احتمال مختلف ۳۷

جدول ۴-۱ : مقادیر رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی دائم برای لایه‌های مختلف خاک سری بمو در باجگاه ۴۶

جدول ۴-۲ : مقایسهٔ ضرایب معادله‌های رگرسیون خطی برای مقادیر آب خاک در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متر و رطوبت حجمی در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری نسبت به خط یک به یک ۶۶

جدول ۴-۳ : محاسبهٔ بارندگی سالانه با احتمال وقوع‌های مختلف ۶۷

جدول ۴-۴ : تبخیرتعرق واقعی گیاه در فصل رشد، تبخیر در دورهٔ خواب و مجموع تبخیرتعرق سالانه با روش‌های مختلف محاسبهٔ تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع در سال‌های آبی ۶۳-۶۲ تا ۶۶-۶۵ ۶۹

جدول ۴-۵ : مقایسهٔ نتایج عملکرد انگور سیاه دیم در طرح هرزآب در شرایط معمولی (بدون ریز حوضه)، ریزحوضه‌های با مساحت ۱۳/۴ مترمربع و ریزحوضه‌های با مساحت متناسب با باران هر سال ۷۰

جدول ۴-۶ : نتایج عملکرد انگور سیاه دیم در طرح هرزآب در ریزحوضه‌های با مساحت ۲۵ مترمربع

حاصل از بارندگی با احتمال وقوع ۹۰ درصد برای سال‌های ۶۲-۶۱ تا ۶۷-۶۶ با بارندگی مربوط به همان سال ۷۳

جدول ۴-۷ : نتایج طراحی ابعاد ریزحوضه و تعیین عملکرد انگور سیاه دیم در طرح هرزآب در احتمال وقوع‌های مختلف بارندگی ۷۴

جدول ۴-۸ : نتایج عملکرد انگور سیاه دیم در طرح هرزآب در ریزحوضه‌های با مساحت ۹ مترمربع ۷۶

جدول ۴-۹ : ماتریس‌های احتمال و میانگین داده‌های بارندگی ۲۴ ساعته در ماه‌های مختلف سال ۷۸

جدول ۴-۱۰ : مقایسهٔ توزیع داده‌های بارندگی مهرماه با توزیع نمایی ۸۰

جدول ۴-۱۱ : نتایج پارامترهای لازم برای مقایسهٔ داده‌های بارندگی ماه‌های مختلف سال با توزیع نمایی ۸۱

جدول ۴-۱۲ : میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات میانگین دمای ماه‌های مختلف سال حسب درجهٔ سانتی‌گراد ۸۴

جدول ۴-۱۳ : میانگین تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع به روش پنمن فائو در ماه‌های مختلف سال حسب میلی‌متر ۸۵

جدول ۴-۱۴ : تبخیرتعرق بالقوهٔ گیاه مرجع در سطوح احتمال‌های مختلف در ماه‌های سال حسب میلی‌متر ۸۶

جدول ۴-۱۵ : مقایسهٔ سود سالانهٔ کشت انواع انگور در شرایط کشت معمولی (بدون ریزحوضه) و ریز حوضه‌های با مساحت ۹ مترمربع در هر هکتار ۹۴

جدول ۴-۱۶ : عملکرد محصول انگور سیاه دیم در طرح هرزآب در کلیهٔ سال‌های دارای آمار برای ریزحوضه‌های با مساحت ۹ مترمربع ۹۵

جدول ۴-۱۷ : سود سالانهٔ کشت انواع انگور دیم در احتمال وقوع‌های مختلف ۹۷

جدول ضمیمهٔ ۱ : آمار بارندگی روزانهٔ فروردین ماه در باجگاه ۱۸۷

جدول ضمیمهٔ ۲ : آمار بارندگی روزانهٔ اردیبهشت ماه در باجگاه ۱۸۸

جدول ضمیمهٔ ۳ : آمار بارندگی روزانهٔ خرداد ماه در باجگاه ۱۸۹

جدول ضمیمهٔ ۴ : آمار بارندگی روزانهٔ تیر ماه در باجگاه ۱۹۰

جدول ضمیمهٔ ۵ : آمار بارندگی روزانهٔ مرداد ماه در باجگاه ۱۹۱

جدول ضمیمهٔ ۶ : آمار بارندگی روزانهٔ شهریور ماه در باجگاه ۱۹۲

جدول ضمیمهٔ ۷ : آمار بارندگی روزانهٔ مهر ماه در باجگاه ۱۹۳

جدول ضمیمهٔ ۸ : آمار بارندگی روزانهٔ آبان ماه در باجگاه ۱۹۴

جدول ضمیمهٔ ۹ : آمار بارندگی روزانهٔ آذر ماه در باجگاه ۱۹۵

جدول ضمیمهٔ ۱۰ : آمار بارندگی روزانهٔ دی ماه در باجگاه ۱۹۶

جدول ضمیمهٔ ۱۱ : آمار بارندگی روزانهٔ بهمن ماه در باجگاه ۱۹۷

جدول ضمیمهٔ ۱۲ : آمار بارندگی روزانهٔ اسفند ماه در باجگاه ۱۹۸

جدول ضمیمهٔ ۱۳ : اجرای برنامهٔ پیش‌بینی بارندگی روزانه با اعداد اولیه و اعداد پرش متفاوت برای تولید اعداد تصادفی ۱۹۹

جدول ضمیمهٔ ۱۴ : مقادیر Ft در سطح ۹۵ درصد برای استفاده در آزمون‌های F و تجزیهٔ واریانس ۲۰۰

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

شکل ۳-۱ : منحنی رشد گیاه و طول دورهٔ مراحل مختلف رشد ۲۹

شکل ۳-۲ : الگوریتم کلی مدل ۴۲

شکل ۳-۳ : الگوریتم زیر برنامه پیش‌بینی بارندگی روزانه ۴۴

شکل ۴-۱ : رطوبت حجمی آب خاک (θ) در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۲-۶۳ ۴۸

شکل ۴-۲ : رطوبت حجمی آب خاک (θ) در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۳-۶۴ ۴۹

شکل ۴-۳ : رطوبت حجمی آب خاک (θ) در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۴-۶۵ ۵۰

شکل ۴-۴ : رطوبت حجمی آب خاک (θ) در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۵-۶۶ ۵۱

شکل ۴-۵ : مقدار آب خاک (D) در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۳-۶۲ ۵۲

شکل ۴-۶ : مقدار آب خاک (D) در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۴-۶۳ ۵۳

شکل ۴-۷ : مقدار آب خاک (D) در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۵-۶۴ ۵۴

شکل ۴-۸ : مقدار آب خاک (D) در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری در دورهٔ رشد سال‌های ۶۶-۶۵ ۵۵

شکل ۴-۹ : رگرسیون خطی بدون عرض از مبدأ بین مقادیر رطوبت حجمی آب خاک(θ)
اندازه‌گیری شده و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بر مبنای روش پنمن فائو ۵۶
شکل ۴-۱۰ : رگرسیون خطی بدون عرض از مبدا بین مقادیر آب خاک(D) اندازه‌گیری شده
و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری بر مبنای روش پنمن فائو ۵۷
شکل ۴-۱۱ : رگرسیون خطی با عرض از مبدأ بین مقادیر رطوبت حجمی آب خاک(θ)
اندازه‌گیری شده و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بر مبنای روش پنمن فائو ۵۸
شکل ۴-۱۲ : رگرسیون خطی با عرض از مبدا بین مقادیر آب خاک(D) اندازه‌گیری شده
و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری بر مبنای روش پنمن فائو ۵۹
شکل ۴-۱۳ : رگرسیون خطی با عرض از مبدأ بین مقادیر رطوبت حجمی آب خاک(θ)
اندازه‌گیری شده و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بر مبنای روش پنمن- مانتیت ۶۰
شکل ۴-۱۴ : رگرسیون خطی با عرض از مبدا بین مقادیر آب خاک(D) اندازه‌گیری شده
و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری بر مبنای روش پنمن- مانتیت ۶۱
شکل ۴-۱۵ : رگرسیون خطی با عرض از مبدأ بین مقادیر رطوبت حجمی آب خاک(θ)
اندازه‌گیری شده و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بر مبنای روش هارگریوز ۶۲
شکل ۴-۱۶ : رگرسیون خطی با عرض از مبدا بین مقادیر آب خاک(D) اندازه‌گیری شده
و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری بر مبنای روش هارگریوز ۶۳
شکل ۴-۱۷ : رگرسیون خطی با عرض از مبدأ بین مقادیر رطوبت حجمی آب خاک(θ)
اندازه‌گیری شده و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری بر مبنای روش جنسن- هیز ۶۴
شکل ۴-۱۸ : رگرسیون خطی با عرض از مبدا بین مقادیر آب خاک(D) اندازه‌گیری شده
و حاصل از مدل در عمق ۱۲۰-۰ سانتی‌متری بر مبنای روش جنسن- هیز ۶۵
شکل ۴-۱۹ : رابطهٔ بین عملکرد محصول در ریزحوضه‌های با مساحت ۱۳/۴ مترمربع و
ریزحوضه‌های با مساحت متناسب با بارندگی همان سال ۷۲