

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده تولید گیاهی، گروه زراعت

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی (Ph.D.) در رشته زراعت

**تحلیل محدودیت‌های عملکرد گندم در شرایط گرگان با استفاده از مدل شبیه‌سازی و  
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)**

پژوهش و نگارش

بنیامین ترابی

اساتید راهنما

دکتر افشین سلطانی

دکتر سراله گالشی

استاد مشاور

دکتر ابراهیم زینلی

۱۳۹۰



### **تعهدنامه پژوهشی**

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **بنیامین ترابی** دانشجوی رشته **زراعت مقطع دکتری** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.



به نام خداوندی که نعمت بزرگ پدر و مادر را بر سر فرزندانش ارزانی داشت.  
تقدیم به همسر مهربانم که در تمام طول تحصیل یاریم نمود.  
تقدیم به فرزندانم که در تمام طول تحصیل کم لطفی مرا تحمل کردند.  
تقدیم به آنان که در رهنوردی عمریاری کردند و لکرمی من بودند.  
تقدیم به آنان که در راه کسب علم و معرفت برای من آنچه در توان داشتند انجام دادند.  
تقدیم به آنان که مشوق راه دانشم بودند.  
امیدوارم بتوانم ادای دین کنم و به خواسته آنان جامه عمل بپوشانم.  
خدایا عاقبت به خیری و عافیت و طول عمر برای آنان از درگاهت مسألت دارم.

بنیامین ترابی

شهریور ۱۳۹۰





## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>فصل ۱</b>	
کلیات .....	۱
تعریف خلا عملکرد .....	۲
تخمین خلا عملکرد .....	۶
کاهش خلا عملکرد .....	۸
<b>فصل ۲</b>	
مستندسازی فرآیند تولید .....	۱۳
چکیده .....	۱۴
مقدمه .....	۱۵
مواد و روش‌ها .....	۱۶
اقلیم .....	۱۶
مناطق مورد مطالعه .....	۱۶
جمع‌آوری داده‌ها .....	۱۷
تجزیه و تحلیل داده‌ها .....	۱۷
نتایج و بحث .....	۱۷
مستندسازی فرآیند تولید .....	۱۷
مستندسازی فرآیندهای مراحل تهیه بستر بذر و کاشت .....	۱۷
مستندسازی فرآیندهای مرحله داشت .....	۲۱
مستندسازی فرآیندهای مرحله برداشت .....	۲۴
<b>فصل ۳</b>	
روابط بین متغیرهای مدیریتی، خاکی و گیاهی با عملکرد .....	۴۱

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۲	چکیده
۴۳	مقدمه
۴۴	مواد و روش‌ها
۴۴	جمع‌آوری داده‌ها
۴۶	تجزیه و تحلیل داده‌ها
۴۶	نتایج و بحث
۴۶	بررسی تغییرات عملکرد در مزارع
۴۷	بررسی روابط بین متغیرهای مختلف و عملکرد
۵۵	نتیجه‌گیری

## فصل ۴

۷۷	کمی کردن خلا عملکرد گندم در شرایط گرگان
۷۸	چکیده
۷۹	مقدمه
۸۳	مواد و روش‌ها
۸۳	تخمین خلا عملکرد در منطقه مورد مطالعه
۸۳	عملکرد پتانسیل آبی شبیه‌سازی شده
۸۴	عملکرد متداول شبیه‌سازی شده
۸۴	عملکرد پتانسیل در مزارع محققین
۸۵	حداکثر عملکرد قابل حصول در مزارع کشاورزان
۸۵	عملکرد واقعی کشاورزان
۸۵	محاسبه خلاهای عملکرد
۸۶	نتایج و بحث

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۶	روند تغییرات عملکرد در منطقه مورد مطالعه.....
۸۷	کمی کردن خلا بین عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده و واقعی.....
۸۸	کمی کردن خلا بین عملکرد متداول شبیه‌سازی شده و واقعی.....
۸۹	کمی کردن خلا بین عملکرد پتانسیل در مرکز تحقیقات کشاورزی و عملکرد واقعی.....
۹۰	کمی کردن خلا بین حداکثر عملکرد قابل حصول در مزارع کشاورزان و عملکرد واقعی.....
۹۰	تخمین متوسط خلا عملکرد منطقه.....
۹۲	نتیجه‌گیری.....

## فصل ۵

۹۹	بررسی محدودیت‌های عملکرد گندم در گرگان با استفاده از مدل CropSyst.....
۱۰۰	چکیده.....
۱۰۱	مقدمه.....
۱۰۶	مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی.....
۱۱۳	مواد و روش‌ها.....
۱۱۳	شبیه‌سازی عوامل مدیریتی موثر بر عملکرد با مدل شبیه‌سازی CropSyst.....
۱۱۴	تاریخ کاشت.....
۱۱۴	کود نیتروژن.....
۱۱۵	آبیاری.....
۱۱۵	تراکم بوته.....
۱۱۶	بافت خاک.....
۱۱۶	آنالیز شبیه‌سازی عوامل مدیریتی مورد مطالعه.....
۱۱۷	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از عوامل مدیریتی در شبیه‌سازی‌ها.....

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱۸	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از عوامل مدیریتی در مزارع مورد مطالعه
۱۱۸	نتایج و بحث
۱۱۸	بررسی نقش تاریخ کاشت در ایجاد خلا عملکرد
۱۱۸	ارزیابی تاریخ کاشت در مزارع
۱۱۹	آنالیز شبیه‌سازی عملکرد در تاریخ‌کاشت‌های مختلف
۱۲۰	عملکرد و فنولوژی
۱۲۱	عملکرد و تشعشع
۱۲۳	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از تاریخ کاشت در شبیه‌سازی
۱۲۴	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از تاریخ کاشت در مزارع مورد بررسی
۱۲۵	بررسی نقش میزان کود نیتروژن مصرفی در ایجاد خلا عملکرد
۱۲۵	ارزیابی میزان کود نیتروژن مصرفی در مزارع
۱۲۶	آنالیز شبیه‌سازی عملکرد در سطوح مختلف کود نیتروژن
۱۲۸	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از کود نیتروژن در شبیه‌سازی
۱۲۹	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از کود نیتروژن در مزارع مورد بررسی
۱۳۱	بررسی نقش رژیم‌های آبیاری در ایجاد خلا عملکرد
۱۳۱	ارزیابی رژیم‌های آبیاری در مزارع
۱۳۱	آنالیز شبیه‌سازی عملکرد در رژیم‌های مختلف آبیاری
۱۳۴	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از رژیم‌های آبیاری در شبیه‌سازی
۱۳۵	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از آبیاری در مزارع مورد بررسی
۱۳۶	بررسی نقش تراکم بوته در ایجاد خلا عملکرد
۱۳۶	ارزیابی تراکم بوته در مزارع
۱۳۷	آنالیز شبیه‌سازی عملکرد در تراکم‌های مختلف بوته
۱۳۹	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از رژیم‌های آبیاری در شبیه‌سازی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴۰	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از تراکم بوته در مزارع مورد بررسی
۱۴۱	بررسی نقش بافت خاک در ایجاد خلا عملکرد
۱۴۱	ارزیابی بافت خاک در مزارع
۱۴۱	آنالیز شبیه‌سازی عملکرد در بافت‌های مختلف خاک
۱۴۴	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از بافت خاک در شبیه‌سازی
۱۴۵	ارزیابی خلا عملکرد ناشی از بافت خاک در مزارع مورد بررسی
۱۴۷	نتیجه‌گیری

## فصل ۶

۱۷۵	اولویت‌بندی عوامل ایجادکننده خلا عملکرد با تکنیک‌های AHP و آنتروپی
۱۷۶	چکیده
۱۷۷	مقدمه
۱۷۹	اصول فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی
۱۷۹	مزایای (ویژگی‌های) فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی
۱۸۰	محدویت عمده روش AHP
۱۸۱	مواد و روش‌ها
۱۸۱	تکنیک AHP
۱۸۵	AHP گروهی
۱۸۵	تکنیک آنتروپی
۱۸۷	نتایج و بحث
۱۸۷	ارزش‌گذاری عوامل ایجادکننده خلا عملکرد از دید کارشناسان کشاورزی و کشاورزان
۱۹۲	نتیجه‌گیری

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل ۷
۲۰۹	پیشنهادات
۲۱۲	منابع مورد استفاده

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳- حداقل، میانگین و حداکثر مقدار متغیرهای مورد بررسی و روابط آنها با عملکرد.....	۵۷
جدول ۲-۳- حالات ممکنه برای متغیرهای کیفی مورد بررسی تاثیر آنها بر عملکرد.....	۶۰
جدول ۱-۴- برآورد پارامترهای مربوط به رقم تجن برای شبیه‌سازی‌های انجام شده.....	۹۴
جدول ۲-۴- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی لایه‌های خاک‌های مورد استفاده در شبیه‌سازی عملکرد در منطقه گرگان.....	۹۵
جدول ۱-۵- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای عملکرد، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و دوره پرشدن دانه شبیه‌سازی شده در تاریخ کاشت‌های مختلف.....	۱۵۰
جدول ۲-۵- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در تاریخ کاشت‌های مختلف (روز پس از اول اکتبر).....	۱۵۰
جدول ۳-۵- روز تا گلدهی، متوسط دمای هوا در طول دوره گلدهی (درجه سانتی‌گراد) و متوسط طول روز در طول دوره گلدهی (ساعت در روز) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در تاریخ کاشت‌های مختلف (روز پس از اول اکتبر).....	۱۵۱
جدول ۴-۵- حداقل، متوسط و حداکثر خلا عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در تاریخ کاشت‌های مختلف (روز پس از اول اکتبر).....	۱۵۱
جدول ۵-۵- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای عملکرد، تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) دریافتی و نسبت تبخیر به تعرق در مقادیر مختلف کود نیتروژن.....	۱۵۲
جدول ۶-۵- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در سطوح مختلف کود نیتروژن.....	۱۵۲
جدول ۷-۵- حداقل، متوسط و حداکثر خلا عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در سطوح مختلف کود نیتروژن.....	۱۵۲
جدول ۸-۵- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای عملکرد، متوسط شاخص تنش آب در طول دوره رشد، تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی و تعرق شبیه‌سازی شده در رژیم‌های مختلف آبیاری.....	۱۵۳
جدول ۹-۵- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در رژیم‌های مختلف آبیاری.....	۱۵۳
جدول ۱۰-۵- حداقل، متوسط، حداکثر خلا عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در رژیم‌های مختلف آبیاری.....	۱۵۴

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۵-۱۱- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای عملکرد شبیه‌سازی شده در تراکم‌های مختلف ..... ۱۵۴	
جدول ۵-۱۲- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در تراکم‌های مختلف ..... ۱۵۴	
جدول ۵-۱۳- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات خلا عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در تراکم‌های مختلف بوته ..... ۱۵۵	
جدول ۵-۱۴- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای عملکرد شبیه‌سازی شده در بافت‌های مختلف خاک ..... ۱۵۵	
جدول ۵-۱۵- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در بافت‌های مختلف خاک ..... ۱۵۵	
جدول ۵-۱۶- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات خلا عملکرد (مگاگرم در هکتار) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی در بافت‌های مختلف خاک ..... ۱۵۶	
جدول ۶-۱- روش ارزش‌گذاری معیارها یا زیرمعیارهای مختلف نسبت به یکدیگر ..... ۱۹۵	
جدول ۶-۲- درجه اهمیت یک معیار نسبت به معیار دیگر و مقداری عددی مربوط به آن ..... ۱۹۵	
جدول ۶-۳- میزان شاخص تصادفی بودن (R.I.) با توجه به تعداد معیارها (n) ..... ۱۹۵	
جدول ۶-۴- ارزش وزنی معیارهای اصلی از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان ..... ۱۹۵	
جدول ۶-۵- ارزش وزنی زیرمعیارهای مربوط به مدیریت نامناسب رقم از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان ..... ۱۹۶	
جدول ۶-۶- ارزش وزنی زیرمعیارهای مربوط به مدیریت نامناسب کود از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان ..... ۱۹۶	
جدول ۶-۷- ارزش وزنی زیرمعیارهای مربوط به مدیریت نامناسب برداشت از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان ..... ۱۹۶	
جدول ۶-۸- ارزش وزنی زیرمعیارهای مربوط به مدیریت نامناسب عوامل زیستی از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان ..... ۱۹۶	



## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۶-۹- ارزش وزنی زیرمعیارهای مربوط به مدیریت نامناسب کاشت از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان.....	۱۹۷
جدول ۶-۱۰- ارزش وزنی زیرمعیارهای مربوط به عوامل نامناسب اقلیمی و خاکی از دیدگاه کارشناسان کشاورزی در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان.....	۱۹۸

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- خلا عملکرد ایجاد شده و عوامل موثر بر آن با استفاده از روش متداول.....	۱۱
شکل ۲-۱- خلا عملکرد ایجاد شده و عوامل موثر بر آن با استفاده از روش شبیه‌سازی.....	۱۱
شکل ۱-۲- آمار دراز مدت (۴۰ ساله) کل بارندگی ماهانه، میانگین تشعشع خورشیدی روزانه (سمت راست)، و میانگین ماهانه دماهای حداکثر و حداقل (سمت چپ) در ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان.....	۲۸
شکل ۲-۲- فراوانی محصولات کشت شده قبل از گندم در مزارع مورد مطالعه در گرگان.....	۲۸
شکل ۳-۲- فراوانی عمل دیسک‌زنی در مزارع مورد مطالعه در گرگان.....	۲۸
شکل ۴-۲- فراوانی کودهای استفاده شده قبل از کاشت در مزارع مورد مطالعه در گرگان.....	۲۹
شکل ۵-۲- احتمال توزیع تجمعی بذر مصرفی در مزارع مورد مطالعه بدون در نظر گرفتن وسیله کاشت (سمت راست) و به تفکیک وسیله کاشت (سمت چپ).....	۳۰
شکل ۶-۲- فراوانی استفاده از ارقام بذر گندم استفاده شده در مزارع مورد مطالعه گرگان.....	۳۰
شکل ۷-۲- فراوانی استفاده از وسیله کاشت در مزارع مورد مطالعه در گرگان.....	۳۱
شکل ۸-۲- احتمال توزیع تجمعی تاریخ کاشت مزارع گندم مورد مطالعه در گرگان.....	۳۱
شکل ۹-۲- فراوانی زمان مصرف کود اوره (الف) و میزان کود اوره مصرفی در طی مراحل مختلف رشد (ب) در مزارع مورد مطالعه در گرگان.....	۳۲
شکل ۱۰-۲- فراوانی انواع کود میکرو مصرفی در مزارع مورد مطالعه در گرگان.....	۳۲
شکل ۱۱-۲- فراوانی مزارع آبیاری شده در سال اول و دوم مطالعه در شرایط گرگان.....	۳۳
شکل ۱۲-۲- فراوانی تعداد دور آبیاری در مزارع مختلف به تفکیک سال در گرگان.....	۳۳
شکل ۱۳-۲- فراوانی کل آبیاری‌های انجام شده در زمان‌های مختلف به تفکیک سال در گرگان.....	۳۴
شکل ۱۴-۲- احتمال توزیع تجمعی تاریخ برداشت مزارع گندم مورد مطالعه در گرگان.....	۳۴
شکل ۱-۳- توزیع داده‌های عملکرد و منحنی توزیع نرمال برازش داده شده بر آن‌ها (الف). آزمون نرمال بودن برای داده‌های عملکرد (ب).....	۶۱
شکل ۲-۳- رابطه بین عملکرد با شاخص حاصلخیزی خاک.....	۶۱
شکل ۳-۳- رابطه بین عملکرد با میزان نیتروژن کودی مصرف شده در کل دوره رشد (الف) و میزان نیتروژن کودی مصرف شده بعد از کاشت (ب).....	۶۱
شکل ۴-۳- رابطه بین عملکرد با میزان $P_2O_5$ مصرفی بعد از کاشت.....	۶۲

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۵- رابطه بین عملکرد با میزان کود کامل NPK (الف)، تاثیر مصرف (۱) و عدم مصرف (۰) کود کامل در مزارع نشان داده شده است (ب).....	۶۲
شکل ۳-۶- رابطه بین عملکرد با تقسیم کود اوره پس از کاشت (الف) و میزان کود اوره مصرفی پس از کاشت (ب).....	۶۲
شکل ۳-۷- رابطه بین عملکرد با میزان مصرف کود اوره در مرحله ساقه رفتن (الف) و زمان مصرف کود اوره در ساقه رفتن (ب).....	۶۳
شکل ۳-۸- رابطه بین عملکرد و میزان کود سولفات آمونیوم پس از کاشت (الف)، تاثیر مصرف (۱) و عدم مصرف (۰) کود سولفات آمونیوم پس از کاشت در بین مزارع مختلف (ب) نشان داده شده است.....	۶۳
شکل ۳-۹- تغییرات عملکرد در مزارعی که از کود فوسین روی (FZ)، هورتیگرو (H)، پروپلکس (Px) و یونی‌گرین (UG) استفاده کرده اند، نشان داده شده است.....	۶۳
شکل ۳-۱۰- دامنه تغییرات عملکرد به دست آمده در ارقام مختلف.....	۶۴
شکل ۳-۱۱- تغییرات عملکرد حاصل از سه وسیله کاشت استفاده شده در مزارع مختلف.....	۶۴
شکل ۳-۱۲- تاثیر استفاده (۱) و عدم استفاده (۰) از قارچ کش بر روی عملکرد.....	۶۴
شکل ۳-۱۳- دامنه تغییرات عملکرد در مزارع با تعداد آبیاری مختلف.....	۶۵
شکل ۳-۱۴- تاثیر نوع گیاه قبلی بر روی تغییرات عملکرد.....	۶۵
شکل ۳-۱۵- رابطه بین تاریخ کاشت و عملکرد.....	۶۵
شکل ۳-۱۶- رابطه بین تاریخ برداشت و عملکرد.....	۶۶
شکل ۳-۱۷- رابطه بین عملکرد با کل طول دوره رشد (الف) و طول دوره رشد رویشی (ب).....	۶۶
شکل ۳-۱۸- رابطه بین تراکم و عملکرد.....	۶۶
شکل ۳-۱۹- رابطه بین شاخص برداشت و عملکرد.....	۶۷
شکل ۳-۲۰- رابطه بین شاخص کلروفیل برگ پرچم و عملکرد.....	۶۷
شکل ۳-۲۱- رابطه بین شاخص سطح برگ و عملکرد.....	۶۷
شکل ۴-۱- روند تغییرات سطح زیر کشت (الف) و عملکرد (ب) در سیستم آبی تحت شرایط گرگان.....	۹۶
شکل ۴-۲- روند تغییرات عملکرد پتانسیل آبی شبیه‌سازی شده (دایره) و عملکرد واقعی (لوزی) تحت شرایط گرگان.....	۹۶

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۴- رابطه بین عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده با میزان تشعشع خورشیدی (الف) و متوسط دمای هوا (ب).....	۹۶
شکل ۴-۴- روند تغییرات تشعشع خورشیدی (الف)، متوسط دمای هوا (ب) و بارندگی تجمعی (ج) در سال‌های مختلف.....	۹۷
شکل ۴-۵- روند تغییرات عملکرد متداول شبیه‌سازی شده (مثلث) و عملکرد واقعی (لوزی) تحت شرایط گرگان.....	۹۷
شکل ۴-۶- رابطه بین عملکرد متداول شبیه‌سازی شده با میزان تشعشع خورشیدی (الف) و متوسط دمای هوا (ب).....	۹۸
شکل ۴-۷- روند تغییرات عملکرد پتانسیل مرکز تحقیقات کشاورزی (مربع) و عملکرد واقعی (لوزی) تحت شرایط گرگان.....	۹۸
شکل ۴-۸- روند تغییرات حداکثر عملکرد کشاورزان (ضربدر) و عملکرد واقعی (لوزی) تحت شرایط گرگان.....	۹۸
شکل ۴-۹- میزان عملکرد و خلا عملکرد در حالات‌های مختلف در شرایط گرگان.....	۹۸
شکل ۵-۱- توزیع فراوانی تاریخ کاشت در مزارع مختلف در دو سال مطالعه ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸.....	۱۵۶
شکل ۵-۲- واکنش عملکرد مزارع مورد مطالعه در برابر تاریخ کاشت‌های مختلف.....	۱۵۶
شکل ۵-۳- واکنش متوسط عملکرد شبیه‌سازی شده بلند مدت و عملکرد مزارع مورد مطالعه در برابر تاریخ کاشت‌های مختلف.....	۱۵۷
شکل ۵-۴- رابطه بین عملکرد شبیه‌سازی شده و متوسط دمای هوا از کاشت تا رسیدگی.....	۱۵۷
شکل ۵-۵- رابطه بین عملکرد شبیه‌سازی شده و طول دوره گلدهی.....	۱۵۸
شکل ۵-۶- روند تغییرات متوسط دمای هوا در طول دوره پرشدن (الف) و دوره پرشدن دانه (ب) در تاریخ کاشت‌های مختلف. همچنین رابطه بین عملکرد و طول دوره پرشدن دانه (ج) نیز نشان داده شده است.....	۱۵۸
شکل ۵-۷- روند تغییرات میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی در تاریخ کاشت‌های مختلف (الف) و رابطه بین متوسط عملکرد شبیه‌سازی شده طولانی مدت و تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده توسط گیاه در طول دوره فصل رشد (ب).....	۱۵۹
شکل ۵-۸- توزیع فراوانی عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده در تاریخ کاشت مطلوب (الف) و خلا عملکرد تخمین زده شده در برخی از تاریخ کاشت‌های مورد مطالعه (ب).....	۱۵۹