

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

## بررسی عملکرد هیدرولیکی و کود آبیاری سطحی در الگوهای متفاوت هیدروگراف جریان ورودی در آبیاری جویچه‌ای

رساله دکتری آبیاری و زهکشی

بی تا مروج الاحکامی

اساتید راهنما

دکتر بهروز مصطفی زاده فرد

دکتر منوچهر حیدرپور



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

رساله دکتری رشته آبیاری و زهکشی بی تا مروج الاحکامی

تحت عنوان

**بررسی عملکرد هیدرولیکی و کود آبیاری سطحی در الگوهای متفاوت هیدروگراف جریان  
ورودی در آبیاری جویچه‌ای**

در تاریخ ۸۹/۸/۱۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| دکتر بهروز مصطفی زاده فرد | ۱- استاد راهنمای پایان نامه   |
| دکتر منوچهر حیدرپور       | ۲- استاد راهنمای پایان نامه   |
| دکتر فریبرز عباسی         | ۳- استاد مشاور پایان نامه     |
| دکتر سعید اسلامیان        | ۴- استاد مشاور پایان نامه     |
| دکتر ارنستو و. فرناندز    | ۵- استاد مشاور پایان نامه     |
| دکتر سید فرهاد موسوی      | ۶- استاد داور پایان نامه      |
| دکتر تیمور سهرابی         | ۷- استاد داور پایان نامه      |
| دکتر محمد محمودیان شوشتری | ۸- استاد داور پایان نامه      |
| دکتر فرشید نوربخش         | سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده |

هدر قدر به طبیعت نزدیک شوی، زندگانی شایسته‌تری را پیدامی‌کنی.

نیایش

د آغاز

پاس و شکر خدا را که بنده بکشد

میان به شکر چو بستیم بنده ما بکشد

“مولوی”

پاسکوارم از

پدر عزیزم که به من آموخت زندگی یعنی دانستن و تلاش برای موفقیت به منظور رشد و تکامل،  
مادر مهربانم که به من آموخت شهامت رویارویی، پشتکار و شوق رسیدن را،  
پاسکوارم از بهیله و بهیله و بهیله صاف‌قند برادر عزیزم.

از راهبانه‌های مفید و ارزنده اساتید راهبانه‌های بزرگوارم آقایان دکتر بهروز مصطفی زاده فرد و دکتر منوچهر حیدرپور و از بهیله و راهبانه‌های دل‌سوزانه اساتید مشهور  
کرامت‌م آقایان دکتر فریبرز عباسی، دکتر ارستو. و. فرناندز و دکتر سید سعید اسلامیان پاسکوارم.  
از اساتید داور کرامی آقایان دکتر محمد محمودیان شوشتری، دکتر سید فرهاد موسوی و دکتر تیمور سهرابی که بازخوانی و داوری این رساله را پذیرفتند قدر دانی  
میکنم.

از کجیه دوستانی که در انجام این رساله همراه و مشوق من بودند پاسکوارم.  
آموختم:

در پس حرف‌های فرودی است و در ادامه حرف‌های یک فرار

صبر کلید پیروزی است

امید روشن‌ترین کلمه است

کرامی حضور دوستان همراه مناسبی است برای سفر زندگی.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،  
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این  
رساله متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

با یاد

پدر گرامی

و

تقدیم به

مادر دلسوز

و برادر مهربانم

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب.....	هشت
چکیده.....	۱
فصل اول: مقدمه و بررسی منابع	
۱-۱ اصلاح سیستم های آبیاری سطحی.....	۳
۱-۱-۱ آبیاری موجی.....	۳
۱-۱-۲ کاهش دبی جریان.....	۴
۱-۱-۳ بازگرداندن رواناب به ابتدای جویچه.....	۴
۱-۴-۱ آبیاری کابلی.....	۵
۲-۱ بهبود مدیریت آبیاری سطحی.....	۶
۱-۲-۱ روش های اندازه گیری دبی جریان ورودی.....	۶
۲-۲-۱ کم آبیاری.....	۶
۳-۲-۱ آبیاری جویچه ای یک در میان.....	۷
۲-۴-۱ لوله های دریچه دار.....	۷
۵-۲-۱ کاربرد هیدروفلوم برای آبیاری مزارع.....	۷
۶-۲-۱ اتوماسیون آبیاری.....	۸
۳-۱ بهبود مدیریت زراعی.....	۸
۴-۱ ضرورت انجام مطالعه.....	۱۰
۵-۱ اهداف مطالعه.....	۱۱
۶-۱ بررسی منابع.....	۱۲
۱-۶-۱ پارامترهای مؤثر بر راندمان آبیاری جویچه ای.....	۱۲
۲-۶-۱ کود آبیاری.....	۲۵
۳-۶-۱ پارامترهای ارزیابی کود آبیاری سطحی.....	۳۱
۴-۶-۱ شاخص های عملکرد آبیاری سطحی.....	۳۶
۵-۶-۱ مدل های آبیاری سطحی.....	۴۰
فصل دوم: مواد و روش ها	
۱-۲ الگوهای پیشنهادی برای جریان ورودی آب به جویچه.....	۴۶

## ادامه فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۶	۱-۱-۲ هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....
۴۹	۲-۱-۲ الگوی اصلاحی کاهش تدریجی جریان ورودی.....
۵۲	۲-۳-۱ الگوی ترکیبی افزایشی-کاهشی.....
۵۴	۲-۲ بسط مدل اینرسی-صفر برای هیدروگراف های متفاوت جریان ورودی.....
۵۸	۲-۳ توسعه مدل IDIMOD.....
۶۰	۲-۴ اتوماسیون آبیاری.....
۶۱	۲-۴-۱ اصول کار موتور پله ای.....
۶۱	۲-۴-۲ موتور پله کامل و نیم پله.....
۶۲	۲-۴-۳ راه اندازی موتور پله ای.....
۶۲	۲-۴-۴ انتخاب موتور پله ای.....
۶۲	۲-۴-۵ دستگاه تغییر دبی جریان ورودی آب به جویچه.....
۶۳	۲-۶-۴ واسنجی شیر کنترل.....
۶۴	۲-۵ عملیات صحرايي.....
۶۸	۲-۶ تعیین پارامترهای معادله نفوذ.....
۷۰	۲-۷ ارزیابی عملکرد هیدرولیکی آبیاری جویچه ای.....
۷۳	۲-۸ شرح مدل کود آبیاری سطحی.....

### فصل سوم: نتایج و بحث

۸۰	۳-۱ تعیین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف-لوییس و ضریب زبری مانینگ.....
۸۵	۳-۲ هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۸۵	۳-۲-۱ مشاهدات مزرعه ای.....
۸۹	۳-۲-۲ مدل شبیه سازی ZIMOD.....
۹۱	۳-۲-۳ مدل شبیه سازی IDIMOD.....
۹۳	۳-۳ هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۳	۳-۳-۱ مشاهدات مزرعه ای.....
۹۶	۳-۳-۲ مدل شبیه سازی ZIMOD.....
۹۸	۳-۳-۳ مدل شبیه سازی IDIMOD.....
۹۹	۳-۴ هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....
۹۹	۳-۴-۱ مشاهدات مزرعه ای.....



## ادامه فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰۲.....	۲-۴-۳ مدل شبیه‌سازی ZIMOD.....
۱۰۵.....	۳-۴-۳ مدل شبیه‌سازی IDIMOD.....
۱۰۶.....	۵-۳ هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی.....
۱۰۶.....	۱-۵-۳ مشاهدات مزرعه‌ای.....
۱۰۹.....	۲-۳-۵ مدل شبیه‌سازی ZIMOD.....
۱۱۱.....	۳-۶ هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....
۱۱۱.....	۳-۶-۱ مشاهدات مزرعه‌ای.....
۱۱۵.....	۲-۶-۳ مدل شبیه‌سازی ZIMOD.....
۱۱۷.....	۳-۶-۳ مدل شبیه‌سازی IDIMOD.....
۱۱۸.....	۷-۳ هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....
۱۱۸.....	۱-۷-۳ مشاهدات مزرعه‌ای.....
۱۲۱.....	۲-۷-۳ مدل شبیه‌سازی ZIMOD.....
۱۲۳.....	۳-۷-۳ مدل شبیه‌سازی IDIMOD.....
۱۲۴.....	۸-۳ مقایسه عملکرد هیدرولیکی آبیاری جویچه‌ای در هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....
۱۳۳.....	۹-۳ ارزیابی کود آبیاری سطحی.....
۱۳۴.....	۱-۹-۳ ضریب انتشار طولی ( $K_x$ ).....
۱۴۰.....	۲-۹-۳ غلظت نترات در آب آبیاری در جویچه‌های آزمایشی.....
۱۴۷.....	۳-۹-۳ جرم کود نفوذ یافته در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....

### فصل چهارم: تحلیل سناریوها

۱۵۴.....	۱-۴ مقایسه هیدروگراف جریان ورودی ثابت و کابلی اصلاح شده.....
۱۵۴.....	۱-۱-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و کابلی اصلاح شده برای طول‌های متفاوت جویچه.....
۱۶۱.....	۲-۱-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و کابلی اصلاح شده برای شیب‌های متفاوت مزرعه.....
۱۶۷.....	۲-۴ مقایسه هیدروگراف جریان ورودی ثابت و افزایشی-کاهشی.....
۱۶۷.....	۱-۲-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و افزایشی-کاهشی برای طول‌های متفاوت جویچه.....
۱۷۴.....	۲-۲-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و افزایشی-کاهشی برای شیب‌های متفاوت مزرعه.....
۱۸۰.....	۳-۴ مقایسه هیدروگراف جریان ورودی ثابت و پلکانی.....
۱۸۰.....	۱-۳-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و پلکانی برای طول‌های متفاوت جویچه.....
۱۸۷.....	۲-۳-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و پلکانی برای شیب‌های متفاوت مزرعه.....
۱۹۳.....	۴-۴ مقایسه هیدروگراف جریان ورودی ثابت و سیگمایی.....

## ادامه فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۹۳.....	۱-۴-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و سیگمایی برای طول‌های متفاوت جریچه.....
۱۹۹.....	۲-۴-۴ شبیه‌سازی هیدروگراف جریان ورودی ثابت و سیگمایی برای شیب‌های متفاوت مزرعه.....
۲۰۵.....	۵-۴ بررسی عملکرد کودآبیاری سطحی در هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....
۲۰۶.....	۱-۴-۵ مقایسه هیدروگراف‌های جریان ورودی ثابت و پلکانی.....
۲۱۰.....	۲-۵-۴ مقایسه هیدروگراف‌های جریان ورودی ثابت و سیگمایی.....
	<b>فصل پنجم: نتیجه‌گیری</b>
۲۱۸.....	۱-۵ جمع‌بندی کلی نتایج.....
۲۲۳.....	۲-۵ پیشنهادها.....
۲۲۶.....	فهرست منابع.....

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ الگوی ثابت دبی جریان ورودی به جویچه یا نوار.....	۲۲
شکل ۲-۱ الگوی کاهش دبی جریان ورودی به جویچه یا نوار.....	۲۲
شکل ۳-۱ الگوی کاهش تدریجی دبی جریان ورودی به جویچه.....	۲۳
شکل ۴-۱ الگوی اصلاحی کاهش دبی جریان ورودی به جویچه.....	۲۳
شکل ۵-۱ الگوی اصلاحی کاهش تدریجی دبی جریان ورودی به جویچه.....	۲۳
شکل ۱-۲ الگوی هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....	۴۷
شکل ۲-۲ هیدروگراف جریان ورودی پلکانی در مزرعه آزمایشی.....	۴۸
شکل ۳-۲ الگوی هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده (حالت ۱).....	۵۰
شکل ۴-۲ هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده در مزرعه آزمایشی.....	۵۰
شکل ۵-۲ الگوی هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....	۵۱
شکل ۶-۲ هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی در مزرعه آزمایشی.....	۵۱
شکل ۷-۲ الگوی هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی.....	۵۲
شکل ۸-۲ هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی در مزرعه آزمایشی.....	۵۳
شکل ۹-۲ شبکه حل فاصله- زمان برای مدل اینرسی- صفر به روش حجم کنترل متحرک.....	۵۷
شکل ۱۰-۲ نمایی از حل عددی مدل به روش تفاضل‌های محدود.....	۵۹
شکل ۱۱-۲ نمایی از سیستم انتقال آب به جویچه و ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی به جویچه.....	۶۱
شکل ۱۲-۲ مدار راه‌انداز موتور پله‌ای.....	۶۲
شکل ۱۳-۲ نمایی از بخش الکترونیکی دستگاه ایجاد هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....	۶۳
شکل ۱۴-۲ نمایی از دستگاه انتقال آب به جویچه‌های آزمایشی.....	۶۳
شکل ۱۵-۲ منحنی واسنجی ولو.....	۶۴
شکل ۱۶-۲ دستگاه مقطع سنج جویچه.....	۶۵
شکل ۱۷-۲ نمایی از دستگاه انتقال کود به جویچه‌های آزمایشی.....	۶۸
شکل ۱۸-۲ فلوچارت روش واسنجی چند مرحله‌ای.....	۷۱
شکل ۱-۳ هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....	۸۵
شکل ۲-۳ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت تکرار اول.....	۸۶
شکل ۳-۳ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت تکرار دوم.....	۸۶
شکل ۴-۳ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت تکرار سوم.....	۸۷

## ادامه فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۸۸.....	شکل ۳-۵ نمودار سطح مقطع هندسی جویچه آزمایشی بر اساس سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای جویچه برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت تکرار اول.....
۸۸.....	شکل ۳-۶ درصد رطوبت وزنی در ابتدا، وسط و انتهای جویچه آزمایشی ۴۸ ساعت بعد از آبیاری برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۸۹.....	شکل ۳-۷ مقایسه ارقام پیشروی شبیه‌سازی شد با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۹۰.....	شکل ۳-۸ مقایسه ارقام پسروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۹۱.....	شکل ۳-۹ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۹۲.....	شکل ۳-۱۰ مقایسه زمان‌های پیشروی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۹۲.....	شکل ۳-۱۱ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....
۹۳.....	شکل ۳-۱۲ هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۴.....	شکل ۳-۱۳ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده تکرار اول.....
۹۴.....	شکل ۳-۱۴ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده تکرار دوم.....
۹۵.....	شکل ۳-۱۵ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده تکرار سوم.....
۹۵.....	شکل ۳-۱۶ درصد رطوبت وزنی در ابتدا، وسط و انتهای جویچه آزمایشی ۴۸ ساعت بعد از آبیاری برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۶.....	شکل ۳-۱۷ مقایسه ارقام پیشروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۶.....	شکل ۳-۱۸ مقایسه ارقام پسروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۷.....	شکل ۳-۱۹ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....

## ادامه فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
شکل ۳-۲۰	مقایسه زمان‌های پیشروی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۸	.....
شکل ۳-۲۱	مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده برای هیدروگراف جریان ورودی کابلی اصلاح شده.....
۹۸	.....
شکل ۳-۲۲	هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....
۹۹	.....
شکل ۳-۲۳	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی تکرار اول.....
۱۰۰	.....
شکل ۳-۲۴	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی تکرار دوم.....
۱۰۱	.....
شکل ۳-۲۵	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی تکرار سوم.....
۱۰۱	.....
شکل ۳-۲۶	نمودار سطح مقطع هندسی جویچه آزمایشی بر اساس سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای جویچه برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی تکرار اول.....
۱۰۲	.....
شکل ۳-۲۷	مقایسه ارقام پیشروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....
۱۰۳	.....
شکل ۳-۲۸	مقایسه ارقام پسروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان سیگمایی.....
۱۰۴	.....
شکل ۳-۲۹	مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....
۱۰۴	.....
شکل ۳-۳۰	مقایسه زمان‌های پیشروی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....
۱۰۵	.....
شکل ۳-۳۱	مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی.....
۱۰۶	.....
شکل ۳-۳۲	هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی.....
۱۰۷	.....
شکل ۳-۳۳	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی تکرار اول.....
۱۰۷	.....
شکل ۳-۳۴	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی تکرار دوم.....
۱۰۸	.....

## ادامه فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان	
شکل ۳-۳۵	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی تکرار	
۱۰۸	سوم.....	
شکل ۳-۳۶	نمودار سطح مقطع هندسی جویچه آزمایشی بر اساس سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای جویچه برای هیدروگراف	
جریان ورودی افزایشی-کاهشی تکرار اول.....	۱۰۹	
شکل ۳-۳۷	مقایسه ارقام پیشروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی	
برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی.....	۱۱۰	
شکل ۳-۳۸	مقایسه ارقام پسروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی	
برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی.....	۱۱۰	
شکل ۳-۳۹	مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چندمرحله‌ای برای	
هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی.....	۱۱۱	
شکل ۳-۴۰	هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....	۱۱۲
شکل ۳-۴۱	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی تکرار	
اول.....	۱۱۲	
شکل ۳-۴۲	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی تکرار	
دوم.....	۱۱۳	
شکل ۳-۴۳	نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی تکرار	
سوم.....	۱۱۳	
شکل ۳-۴۴	نمودار سطح مقطع هندسی جویچه آزمایشی بر اساس سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای جویچه برای هیدروگراف	
جریان ورودی پلکانی تکرار اول.....	۱۱۴	
شکل ۳-۴۵	درصد رطوبت وزنی در ابتدا، وسط و انتهای جویچه آزمایشی ۴۸ ساعت بعد از آبیاری برای هیدروگراف جریان	
ورودی پلکانی در سه تکرار.....	۱۱۴	
شکل ۳-۴۶	مقایسه ارقام پیشروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چندمرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی	
برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....	۱۱۵	
شکل ۳-۴۷	مقایسه ارقام پسروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی	
برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....	۱۱۶	
شکل ۳-۴۸	مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چندمرحله‌ای برای	
هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....	۱۱۶	
شکل ۳-۴۹	مقایسه زمان‌های پیشروی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف	
جریان ورودی پلکانی.....	۱۱۷	

## ادامه فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۵۰ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی.....	۱۱۸
شکل ۳-۵۱ هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۱۹
شکل ۳-۵۲ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی تکرار اول.....	۱۱۹
شکل ۳-۵۳ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی تکرار دوم.....	۱۲۰
شکل ۳-۵۴ نمودارهای پیشروی و پسروی در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی تکرار سوم.....	۱۲۰
شکل ۳-۵۵ نمودار سطح مقطع هندسی جویچه آزمایشی بر اساس سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای جویچه برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۲۱
شکل ۳-۵۶ مقایسه ارقام پیشروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۲۱
شکل ۳-۵۷ مقایسه ارقام پسروی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۲۲
شکل ۳-۵۸ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی شبیه‌سازی شده با روش دونقطه و روش واسنجی چند مرحله‌ای برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۲۲
شکل ۳-۵۹ مقایسه زمان‌های پیشروی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۲۳
شکل ۳-۶۰ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی مشاهده شده در مزرعه و شبیه‌سازی شده برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی.....	۱۲۴
شکل ۳-۶۱ مقایسه هیدروگراف‌های جریان خروجی برای هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی با هیدروگراف جریان ورودی ثابت.....	۱۲۵
شکل ۳-۶۲ راندمان کاربرد آب در هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی برای عمق‌های متفاوت مورد نیاز آبیاری.....	۱۲۷
شکل ۳-۶۳ عمق آب نفوذیافته در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....	۱۲۷
شکل ۳-۶۴ یکنواختی توزیع ربع پایین در هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....	۱۲۹
شکل ۳-۶۵ تحلیل حساسیت غلظت نسبی کود برای مقادیر متفاوت ضریب انتشارپذیری در هیدروگراف جریان ورودی ثابت (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....	۱۳۵

## ادامه فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
شکل ۳-۶۶	تحلیل حساسیت غلظت نسبی کود برای مقادیر متفاوت ضریب انتشارپذیری در هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۳۶	
شکل ۳-۶۷	تحلیل حساسیت غلظت نسبی کود برای مقادیر متفاوت ضریب انتشارپذیری در هیدروگراف جریان ورودی پلکانی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۳۷	
شکل ۳-۶۸	تحلیل حساسیت غلظت نسبی کود برای مقادیر متفاوت ضریب انتشارپذیری در هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۳۸	
شکل ۳-۶۹	تحلیل حساسیت غلظت نسبی کود برای مقادیر متفاوت ضریب انتشارپذیری در هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۳۹	
شکل ۳-۷۰	غلظت نسبی نترات در ایستگاه‌های متفاوت برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۴۲	
شکل ۳-۷۱	غلظت نسبی نترات در ایستگاه‌های متفاوت برای هیدروگراف جریان ورودی کاهش دبی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۴۳	
شکل ۳-۷۲	غلظت نسبی نترات در ایستگاه‌های متفاوت برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۴۴	
شکل ۳-۷۳	غلظت نسبی نترات در ایستگاه‌های متفاوت برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۴۵	
شکل ۳-۷۴	غلظت نسبی نترات در ایستگاه‌های متفاوت برای هیدروگراف جریان ورودی سیگمایی (الف- ایستگاه ۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ب- ایستگاه ۲۵ متری از ابتدای جویچه آزمایشی، ج- ایستگاه ۵۰ متری از ابتدای جویچه آزمایشی).....
۱۴۶	
شکل ۳-۷۵	جرم کود نفوذیافته شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی.....
۱۴۷	



## ادامه فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۷۶ جرم کود نفوذ یافته شبیه‌سازی شده در طول جویچه آزمایشی برای هیدروگراف‌های متفاوت جریان ورودی برای زمان کود آبیاری یکسان.....	۱۴۷
شکل ۳-۷۷ پروفیل نیترات نفوذ یافته در ابتدا، وسط و انتهای جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی ثابت و برای ۲ روز بعد از آبیاری.....	۱۵۱
شکل ۳-۷۸ پروفیل نیترات نفوذ یافته در ابتدا، وسط و انتهای جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی پلکانی و برای ۲ روز بعد از آبیاری.....	۱۵۱
شکل ۳-۷۹ پروفیل نیترات نفوذ یافته در ابتدا، وسط و انتهای جویچه آزمایشی برای هیدروگراف جریان ورودی افزایشی-کاهشی و برای ۲ روز بعد از آبیاری.....	۱۵۲
شکل ۴-۱ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....	۱۵۵
شکل ۴-۲ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....	۱۵۵
شکل ۴-۳ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....	۱۵۶
شکل ۴-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....	۱۵۷
شکل ۴-۵ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....	۱۵۷
شکل ۴-۶ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....	۱۵۸
شکل ۴-۷ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۵۰ متر.....	۱۶۰
شکل ۴-۸ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۷۰ متر.....	۱۶۰
شکل ۴-۹ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....	۱۶۱
شکل ۴-۱۰ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۲ درصد.....	۱۶۱
شکل ۴-۱۱ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۵ درصد.....	۱۶۲
شکل ۴-۱۲ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۱ درصد.....	۱۶۲
شکل ۴-۱۳ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۲ درصد.....	۱۶۳
شکل ۴-۱۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۵ درصد.....	۱۶۳
شکل ۴-۱۵ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۱ درصد.....	۱۶۴
شکل ۴-۱۶ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب مزرعه ۰/۲ درصد.....	۱۶۶
شکل ۴-۱۷ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب مزرعه ۰/۵ درصد.....	۱۶۶
شکل ۴-۱۸ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب مزرعه ۱ درصد.....	۱۶۷
شکل ۴-۱۹ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....	۱۶۸
شکل ۴-۲۰ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....	۱۶۸
شکل ۴-۲۱ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....	۱۶۹
شکل ۴-۲۲ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....	۱۶۹

## ادامه فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۷۰.....	شکل ۲۳-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۷۰.....	شکل ۲۴-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۷۲.....	شکل ۲۵-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۷۳.....	شکل ۲۶-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۷۳.....	شکل ۲۷-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۷۴.....	شکل ۲۸-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۲ درصد.....
۱۷۴.....	شکل ۲۹-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۵ درصد.....
۱۷۵.....	شکل ۳۰-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۱ درصد.....
۱۷۶.....	شکل ۳۱-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۲ درصد.....
۱۷۶.....	شکل ۳۲-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۰/۵ درصد.....
۱۷۷.....	شکل ۳۳-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب مزرعه ۱ درصد.....
۱۷۹.....	شکل ۳۴-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب مزرعه ۰/۲ درصد.....
۱۷۹.....	شکل ۳۵-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب مزرعه ۰/۵ درصد.....
۱۸۰.....	شکل ۳۶-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب مزرعه ۱ درصد.....
۱۸۱.....	شکل ۳۷-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۸۱.....	شکل ۳۸-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۸۲.....	شکل ۳۹-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۸۲.....	شکل ۴۰-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۸۳.....	شکل ۴۱-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۸۳.....	شکل ۴۲-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۸۵.....	شکل ۴۳-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۸۶.....	شکل ۴۴-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۸۶.....	شکل ۴۵-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۸۷.....	شکل ۴۶-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۲ درصد.....
۱۸۷.....	شکل ۴۷-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۵ درصد.....
۱۸۸.....	شکل ۴۸-۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب ۱ درصد.....
۱۸۸.....	شکل ۴۹-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۲ درصد.....
۱۸۹.....	شکل ۵۰-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۵ درصد.....
۱۸۹.....	شکل ۵۱-۴ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب ۱ درصد.....
۱۹۱.....	شکل ۵۲-۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب ۰/۲ درصد.....

## ادامه فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۹۲.....	شکل ۴-۵۳ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب ۰/۵ درصد.....
۱۹۲.....	شکل ۴-۵۴ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب ۱ درصد.....
۱۹۳.....	شکل ۴-۵۵ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۹۴.....	شکل ۴-۵۶ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۹۴.....	شکل ۴-۵۷ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۹۵.....	شکل ۴-۵۸ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۹۵.....	شکل ۴-۵۹ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۹۶.....	شکل ۴-۶۰ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۱۹۸.....	شکل ۴-۶۱ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۵۰ متر.....
۱۹۸.....	شکل ۴-۶۲ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۷۰ متر.....
۱۹۹.....	شکل ۴-۶۳ مقایسه زمان‌های پسروی برای طول جویچه ۱۰۰ متر.....
۲۰۰.....	شکل ۴-۶۴ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۲ درصد.....
۲۰۰.....	شکل ۴-۶۵ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۵ درصد.....
۲۰۱.....	شکل ۴-۶۶ مقایسه هیدروگراف جریان خروجی شبیه‌سازی شده برای شیب ۱ درصد.....
۲۰۱.....	شکل ۴-۶۷ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۲ درصد.....
۲۰۲.....	شکل ۴-۶۸ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب ۰/۵ درصد.....
۲۰۲.....	شکل ۴-۶۹ مقایسه عمق‌های آب نفوذ یافته شبیه‌سازی شده برای شیب ۱ درصد.....
۲۰۴.....	شکل ۴-۷۰ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب ۰/۲ درصد.....
۲۰۵.....	شکل ۴-۷۱ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب ۰/۵ درصد.....
۲۰۵.....	شکل ۴-۷۲ مقایسه زمان‌های پسروی برای شیب ۱ درصد.....
=	شکل ۴-۷۳ غلظت نیترات شبیه‌سازی شده برای طول‌های جویچه ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ متر (الف = ابتدای جویچه آزمایشی، ب =
۲۰۷.....	وسط جویچه آزمایشی، ج = انتهای جویچه آزمایشی).....
۲۰۸.....	شکل ۴-۷۴ کود نفوذ یافته در طول جویچه برای طول‌های جویچه ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ متر.....
=	شکل ۴-۷۵ غلظت نیترات شبیه‌سازی شده برای شیب‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۱ درصد (الف = ابتدای جویچه آزمایشی، ب = وسط
۲۰۹.....	جویچه آزمایشی، ج = انتهای جویچه آزمایشی).....
۲۱۰.....	شکل ۴-۷۶ کود نفوذ یافته در طول جویچه برای شیب‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۱ درصد.....
=	شکل ۴-۷۷ غلظت نیترات شبیه‌سازی شده برای طول‌های جویچه ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ متر (الف = ابتدای جویچه آزمایشی، ب =
۲۱۲.....	وسط جویچه آزمایشی، ج = انتهای جویچه آزمایشی).....
۲۱۳.....	شکل ۴-۷۸ کود نفوذ یافته در طول جویچه برای طول‌های جویچه ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ متر.....

## ادامه فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

شکل ۴-۷۹ غلظت نیترات شبیه‌سازی شده برای شیب‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۱ درصد (الف = ابتدای جویچه آزمایشی، ب = وسط جویچه آزمایشی، ج = انتهای جویچه آزمایشی).....	۲۱۴
شکل ۴-۸۰ کود نفوذ یافته در طول جویچه برای شیب‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۱ درصد.....	۲۱۵