







دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مهندسی علوم آب و خاک  
گروه مهندسی آب

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)  
رشته مهندسی منابع آب

**تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در  
مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی**

پژوهش و نگارش:

علی حبیبی

استاد راهنما:

دکتر موسی حسام

اساتید مشاور:

دکتر خلیل قربانی

دکتر مهدی مفتاح هلقی

شهریور ۱۳۹۱



## 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 زیر متعهد می‌شوند:

- ۱) قبل از چاپ پایان‌نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً به طور 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 **علی حبیبی** دانشجوی رشته‌ی **مهندسی منابع آب** مقطع **کارشناسی ارشد**، تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.



تقدیم به

مادر مهربان و پدر عزیزم

و

همه‌ی کسانی که دوستشان دارم





## سپاسگزاری

خداوندا همه ستایش‌ها از آن توست، اگر موفقیتی داشته‌ام همه از نعمت‌های بیکران تو بوده است. اکنون که با استعانت از درگاه ایزدمنان گامی دیگر از زندگی‌ام را پشت سر نهاده‌ام با خضوع و افتادگی تمام بر خود می‌دانم مراتب سپاس و قدردانی صمیمانه خویش را تقدیم به کسانی کنم که حقی بر این بنده‌ی حقیر دارند.

سپاس ویژه خود را تقدیم می‌کنم به پدر، مادر، خواهر و برادر عزیزم که در تمام مراحل زندگی و تحصیلی همواره پشتیبان، مشوق و راهنمای من بوده‌اند.

از استاد راهنمای بزرگوایم جناب آقای دکتر موسی حسام و اساتید مشاورم آقایان دکتر خلیل قربانی و دکتر مهدی مفتاح‌هلقی به خاطر تمام راهنمایی‌ها و مساعدت‌های بی‌دریغ و ارزشمندشان در طی مراحل انجام و تدوین پایان‌نامه، نهایت تشکر را دارم. از آقایان دکتر ابوطالب هزارجریبی و دکتر قربان قربانی نصرآباد که زحمت داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند صمیمانه تشکر و سپاسگذاری می‌نمایم. همچنین از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی آقای دکتر سعید نصرالله‌نژاد که اداره جلسه را بر عهده داشتند سپاسگذاری می‌نمایم.

و از تمامی همکلاسی‌ها و دوستانم بخاطر مهربانی و محبتشان کمال تشکر را دارم.

## چکیده

یکی از مهمترین منابع تأمین کننده آب قابل شرب مصرفی، سفره‌های آب زیرزمینی هستند. این آب‌ها به دلیل شیرین بودن، ترکیبات شیمیایی ثابت، دمای ثابت، ضریب آلودگی کمتر و سطح اطمینان بالاتر در تأمین آب، به عنوان یک منبع قابل اتکا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند. در دهه‌های اخیر افزایش روزافزون جمعیت، نیازهای انسانی و تغییر الگوهای مصرفی جوامع، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب را بیش از پیش ایجاب می‌کند. از راهکارهای مدیریتی منابع آب زیرزمینی می‌توان به جبران این منابع از طریق تغذیه مصنوعی و بهره‌برداری با توجه به ظرفیت آبخوان‌ها اشاره نمود. با توجه به بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، تغذیه مصنوعی و مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت اجرای چنین طرح‌هایی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این تحقیق که در حوزه خلیج گرگان انجام شده، چهار نقشه شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت تهیه شد و با مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن این لایه‌ها برای تلفیق آن‌ها در نرم‌افزار GIS بدست آمد و سپس منطقه به چهار پهنه‌ی بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب، جهت تغذیه مصنوعی آبخوان تقسیم بندی شد.

**واژگان کلیدی:** تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی - خلیج گرگان - فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) - سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
|      | <b>فصل اول - مقدمه</b>  |
| ۲    | ۱-۱ کلیات   |
| ۴    | ۲-۱ اهمیت موضوع   |
| ۵    | ۳-۱ بیان مسأله  |
| ۵    | ۴-۱ فرضیه‌ها  |
| ۵    | ۵-۱ هدف   |
| ۶    | ۶-۱ تغذیه مصنوعی  |
| ۷    | ۷-۱ تعریف تغذیه مصنوعی  |
| ۸    | ۸-۱ اهداف تغذیه مصنوعی  |
| ۸    | ۱-۸-۱ جلوگیری از تخلیه کامل طبقه آبد                          |
| ۹    | ۲-۸-۱ به کار بردن طبقه آبد به جای مخزن                        |
| ۹    | ۳-۸-۱ به کار بردن طبقه آبد به جای سیستم انتقال دهنده جریان آب |
| ۱۰   | ۴-۸-۱ جلوگیری از خطرات حاصله در اثر پائین رفتن سطح آب منطقه   |
| ۱۰   | ۵-۸-۱ تصفیه آب  |
| ۱۰   | ۶-۸-۱ به کار بردن تغذیه مصنوعی برای دفع بعضی از فاضلاب‌ها     |
| ۱۱   | ۷-۸-۱ به کار بردن طبقه آبد به عنوان سیستم خنک کننده           |
| ۱۱   | ۹-۱ انتخاب روش تغذیه  |
| ۱۱   | ۱-۹-۱ تغذیه به طریق سطحی                                      |
| ۱۲   | ۱-۱-۹-۱ تغذیه به وسیله استخرهای مخصوص                         |
| ۱۲   | ۲-۱-۹-۱ تغذیه به وسیله نهرها                                  |
| ۱۲   | ۳-۱-۹-۱ پخش سیلاب یا پخش آب روی زمین                          |
| ۱۲   | ۴-۱-۹-۱ استفاده از بستر رودخانه                               |
| ۱۳   | ۵-۱-۹-۱ آبیاری یخ آب  |

|    |  |
|----|--|
| ۱۳ | ۶-۱-۹-۱ دگار   |
| ۱۴ | ۷-۱-۹-۱ تورکینست   |
| ۱۴ | ۸-۱-۹-۱ سد زیرزمینی  |
| ۱۴ | ۹-۱-۹-۱ سد ذخیره‌ای شنی  |
| ۱۵ | ۱۰-۱-۹-۱ پیتینگ  |
| ۱۵ | ۲-۹-۱ تغذیه به وسیله پایین آوردن سطح آب زیرزمینی یا تغذیه القایی |
| ۱۶ | ۳-۹-۱ تغذیه به وسیله چاه   |
| ۱۶ | ۱۰-۱ تلفیق تغذیه مصنوعی و مخازن سطحی                             |
| ۱۷ | ۱۱-۱ دلایل انتخاب روش پخش سیلاب و مزیت‌های آن                    |
| ۱۸ | ۱۲-۱ تاریخچه پخش سیلاب   |

## فصل دوم- مرور منابع

|    |                               |
|----|-------------------------------|
| ۲۰ | ۱-۲ پیشینه تحقیق و مرور منابع |
|----|-------------------------------|

## فصل سوم- مواد و روش‌ها

|    |  |
|----|--|
| ۳۴ | ۱-۳ موقعیت منطقه مورد مطالعه                   |
| ۳۸ | ۲-۳ زمین شناسی منطقه                           |
| ۴۱ | ۳-۳ خاکشناسی و قابلیت اراضی منطقه              |
| ۴۲ | ۴-۳ سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و کاربردهای آن |
| ۴۳ | ۱-۴-۳ تعریف GIS                                |
| ۴۳ | ۲-۴-۳ کاربردهای GIS                            |
| ۴۵ | ۳-۴-۳ اجزای سیستم اطلاعات جغرافیایی            |
| ۴۵ | ۱-۳-۴-۳ داده‌های ورودی                         |
| ۴۶ | ۲-۳-۴-۳ مدیریت داده‌ها                         |
| ۴۶ | ۳-۳-۴-۳ تجزیه و تحلیل و کار با داده‌ها         |

|    |   |
|----|---|
| ۴۶ | ۳-۴-۳ خروجی داده‌ها                             |
| ۴۶ | ۳-۴-۳ کیفیت داده‌ها                             |
| ۴۷ | ۳-۴-۳ منابع خطا                                 |
| ۴۸ | ۳-۵ لزوم انجام پروژه تغذیه مصنوعی به کمک GIS    |
| ۴۹ | ۳-۶ مدل تحلیل سیستم سلسله مراتبی                |
| ۵۱ | ۳-۶-۱ انواع حالت‌های تصمیم‌گیری                 |
| ۵۲ | ۳-۶-۲ اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی            |
| ۵۳ | ۳-۶-۳ مزایای فرایند تحلیل سلسله مراتبی          |
| ۵۵ | ۳-۶-۴ فرایند تحلیل سلسله مراتبی در یک نگاه      |
| ۵۵ | ۳-۶-۵ ساختن سلسله مراتبی                        |
| ۵۵ | ۳-۶-۵-۱ انواع سلسله مراتبی                      |
| ۵۶ | ۳-۶-۵-۲ تشریح درخت سلسله مراتبی                 |
| ۵۷ | ۳-۶-۵-۳ تعیین معیارها، زیرمعیارها و جایگزین‌ها  |
| ۵۷ | ۳-۶-۵-۴ طراحی پرسشنامه                          |
| ۵۷ | ۳-۶-۵-۵ جدول مقایسه زوجی                        |
| ۵۸ | ۳-۶-۶ محاسبه وزن‌ها                             |
| ۵۹ | ۳-۶-۶-۱ روش‌های محاسبه وزن نسبی                 |
| ۶۰ | ۳-۶-۷ نرخ ناسازگاری                             |
| ۶۱ | ۳-۶-۷-۱ الگوریتم محاسبه نرخ ناسازگاری یک ماتریس |

## فصل چهارم- بحث

|    |   |
|----|---|
| ۶۴ | ۴-۱ عوامل موثر در انتخاب مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی |
| ۶۵ | ۴-۱-۱ شیب   |
| ۷۰ | ۴-۱-۲ ضخامت ناحیه غیراشباع آبرفت                          |
| ۷۶ | ۴-۱-۳ نفوذپذیری سطحی                                      |

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ۷۹ | ۴-۱-۴ بررسی کیفیت شیمیایی آب          |
| ۸۳ | ۴-۲ محاسبه وزن لایه‌ها جهت تلفیق آنها |
| ۸۵ | ۴-۳ کاربری اراضی                      |

### فصل پنجم - نتیجه گیری

|    |                |
|----|----------------|
| ۸۸ | ۵-۱ نتیجه گیری |
| ۸۹ | ۵-۲ پیشنهادات  |

۹۲

منابع

## فهرست جداول

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| ۵۸   | جدول (۱-۳) مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی               |
| ۶۲   | جدول (۲-۳) شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی                  |
| ۶۶   | جدول (۱-۴) جهت‌های جغرافیایی شیب موجود در منطقه و مساحت آنها |
| ۶۹   | جدول (۲-۴) کلاسه بندی شیب و مساحت آنها                       |
| ۷۲   | جدول (۳-۴) موقعیت چاه‌ها و تراز سطح ایستابی                  |
| ۷۵   | جدول (۴-۴) کلاسه بندی ضخامت لایه خشک آبرفت و مساحت آنها      |
| ۷۸   | جدول (۵-۴) بافت خاک و بازه نفوذپذیری                         |
| ۷۸   | جدول (۶-۴) کلاسه بندی نفوذپذیری سطحی و مساحت آنها            |
| ۸۲   | جدول (۷-۴) کلاسه بندی هدایت الکتریکی و مساحت آنها            |
| ۸۳   | جدول (۸-۴) جدول مقایسه زوجی                                  |
| ۸۴   | جدول (۹-۴) وزن لایه‌ها                                       |
| ۸۵   | جدول (۱۰-۴) مساحت مناطق مختلف                                |
| ۸۶   | جدول (۱۱-۴) مساحت کاربری‌های مختلف                           |

## فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| ۳۵   | شکل ۳-۱ موقعیت منطقه مطالعاتی                            |
| ۳۶   | شکل ۳-۲ موقعیت شهرها، روستاها و جاده‌های منطقه مطالعاتی  |
| ۳۸   | شکل ۳-۳ موقعیت رودخانه‌های منطقه مطالعاتی                |
| ۶۵   | شکل ۴-۱ نقشه توپوگرافی منطقه                             |
| ۶۶   | شکل ۴-۲ نمودار دایره‌ای جهت‌های جغرافیایی شیب غالب منطقه |
| ۶۷   | شکل ۴-۳ نقشه جهت‌های جغرافیایی                           |
| ۶۸   | شکل ۴-۴ نقشه شیب   |
| ۷۰   | شکل ۴-۵ نقشه کلاسه بندی شیب                              |
| ۷۳   | شکل ۴-۶ نقشه موقعیت چاه‌ها                               |
| ۷۴   | شکل ۴-۷ نقشه هم عمق سطح ایستابی                          |
| ۷۶   | شکل ۴-۸ نقشه ضخامت خشک لایه آبرفت                        |
| ۷۷   | شکل ۴-۹ بافت خاک منطقه                                   |
| ۷۹   | شکل ۴-۱۰ نقشه نفوذپذیری سطحی                             |
| ۸۱   | شکل ۴-۱۱ نقشه خطوط تراز هدایت الکتریکی                   |
| ۸۳   | شکل ۴-۱۲ نقشه کلاسه بندی شده هدایت الکتریکی              |
| ۸۴   | شکل ۴-۱۵ خروجی اکستشن AHP                                |
| ۸۵   | شکل ۴-۱۶ نقشه تلفیق لایه‌ها                              |
| ۸۶   | شکل ۴-۱۷ نقشه کاربری اراضی                               |



## فصل اول

# مقدمه

## ۱-۱- کلیات

یکی از مهمترین دغدغه‌های امروزه در بسیاری از کشورهای جهان به خصوص کشورهایی که دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک می‌باشند، تأمین آب در راستای تداوم توسعه پایدار است. با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به منابع غذایی و تولیدات صنعتی، ارائه الگوهای بهینه جهت مدیریت منابع آب و حفظ محیط زیست ضروری است. از آنجایی که در ایران اصلی‌ترین منبع تأمین آب، ذخایر آب زیرزمینی است، لزوم شناخت و بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی حائز اهمیت می‌باشد. با پیشرفت فناوری بهره‌برداری از این ذخایر در چند دهه اخیر بهره‌برداری از این منابع به شدت رو به فزونی گذاشته و در نتیجه روند افت سطح ایستابی و کاهش این ذخایر را به دنبال داشته است. تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان‌ها، به عنوان راهبردی برای تقویت و توسعه منابع آب زیرزمینی و جبران زیان‌های وارده به آنها، جهت ذخیره‌سازی و به هنگام کردن جریان‌های سطحی به شمار می‌آید. کمبود آب یکی از تنگناهای توسعه‌ی اقتصادی ایران، به ویژه در بخش کشاورزی است. گرچه آماری مدون در دسترس نیست، اما به گمان غالب، افت سطح آب‌های زیرزمینی، مهمترین عامل وجود صدها روستای خالی از سکنه در مرکز، جنوب و شرق ایران می‌باشد. استخراج بیش از اندازه‌ی آب و حفر چاه‌های بدون پروانه، در سرزمینی که میانگین بارندگی ۴۷ درصد از پهنه‌ی آن تنها ۱۱۵ میلیمتر تخمین زده می‌شود، خشکی بسیاری از چاه‌ها و کاریزها را موجب گشته است. نیاز فزاینده به منابع آب در ایران، موجب بهره‌برداری بی‌رویه و سبب برهم زدن تعادل طبیعی منابع آب زیرزمینی شده است. بطوری که تراز سفره‌های آبدار در بسیاری از نقاط کشور منفی شده است. پیدایش شیوه‌های جدید حفر چاه و استمرار برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، تأمین آب کشاورزی را با مشکل روبرو کرده است (کوثر، ۱۳۷۴).

با وجود اینکه ایران دارای آب و هوای نیمه خشک است، حجم آب‌های سطحی در آن زیاد بوده و مشکل کمبود آب، بیشتر به دلیل عدم کنترل مطلوب این آب‌ها بر می‌گردد. مشکلات ناشی از بروز خشکسالی‌ها از یک سو و سیلاب‌های مخرب از سوی دیگر، لزوم مدیریت صحیح منابع آب را نمایان می‌سازد. در این رابطه، جمع‌آوری آب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، مهمترین راهکارهای مدیریت منابع آب بشمار می‌روند، بنابراین می‌توان از طرح‌های

تغذیه مصنوعی به عنوان راه‌حلی بهینه برای مقابله با بحران آب، بهره‌جست (مروتی و همکاران، ۱۳۸۷ و قهاری و پاکپور، ۱۳۸۶).

با توجه به معضل کمبود آب و همچنین افزایش تقاضا برای آب به واسطه‌ی ازدیاد جمعیت، در اکثر کشورهای دنیا به خصوص کشورهای جهان سوم و از جمله کشور ما جبران کمبود آب از مهمترین برنامه‌های دولت می‌باشد. یکی از ساده‌ترین و موثرترین روش‌ها برای افزایش منابع آب و رفع مشکل کم‌آبی استفاده از طرح‌های تغذیه مصنوعی می‌باشد.

تخلیه آب‌های زیرزمینی و عدم جایگزین شدن آن، باعث خشک شدن تعداد زیادی از قنات‌ها و چاه‌ها و از بین رفتن بخش زیادی از سرمایه‌گذاری‌های شده است. پایین رفتن سطح آب زیرزمینی علاوه بر افزایش مخارج تولید، کاهش میزان آب قابل استحصال و شور شدن احتمالی آب چاه‌ها و نشست زمین را به همراه دارد. که برای مقابله با این مشکل می‌توان به اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و جلوگیری از حفر چاه‌های جدید اقدام نمود.

مطالعات تغذیه مصنوعی در کشور از سال ۱۳۴۸ آغاز شد و به عنوان راهی برای تأمین آب مصرفی در کشاورزی و شرب در دشت‌ها مطرح گردید. تا کنون طرح‌های زیادی در دشت‌های کشور ما در این زمینه اجرا شده است، اما آنچه که در مورد تغذیه مصنوعی و ارتباط آن با دیگر راهکارهای کنترل و بهره‌برداری از آب، نظیر ساختن سدهای خاکی مطرح است، هزینه پایین و زمان اجرای کوتاه‌تر است. بنابراین می‌توان از طرح‌های تغذیه مصنوعی به عنوان راه حلی بهینه برای مقابله با بحران آب بهره‌جست (مروتی و همکاران، ۱۳۸۷).

وارد کردن آب به طبقات زیرین زمین به منظور افزایش ذخایر به کمک ایجاد تأسیسات را تغذیه مصنوعی می‌گویند (بیز و همکاران، ۱۳۶۹).

مهمترین روش‌های تغذیه مصنوعی شامل پخش سیلاب، استخرها و حوضچه‌های تغذیه، نهرهای تراز، گودال‌ها، بستر اصلاح شده رودخانه‌ها، تغذیه واداری (القایی)، سدهای تأخیری و چاه‌های تغذیه است. موفقیت یک پروژه تغذیه مصنوعی تابع معیارهای طراحی و نگهداری می‌باشد. پس اولین گام در این زمینه، یافتن مکان مناسب می‌باشد. معیارهای زیر را برای گزینش محل تغذیه مصنوعی می‌توان ارائه نمود:

- زمین محل شامل طبقاتی با ظرفیت ذخیره و هدایت کافی باشد.
- لایه نفوذ ناپذیر پیوسته بین سطح زمین و آبخوان موجود نباشد.
- نمک‌های محلول در آبخوان یا در مسیر آب، به میزانی نباشد که کیفیت آب ذخیره شده را نامرغوب نماید.
- حتی المقدور از اراضی کم ارزش غیر از زمین‌های زراعی برای مزرعه تغذیه استفاده شود.
- در صورت امکان تغذیه در امتداد خطوط تراز انجام شود تا آب به صورت یکنواخت در آبخوان پخش شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳).

### ۱-۲- اهمیت موضوع

تامین نیاز آبی بیشتر گیاهان زراعی در مناطق خشک تنها از طریق آبیاری میسر است. چه کمبود بارش، بالا بودن تبخیر و توزیع نامناسب بارندگی کشت دیم آنها را از نظر اقتصادی غیر قابل توجه می‌نماید. از طرفی جریان رودهای دائمی، که بتواند نیاز آبی را در بخش‌های مختلف مصرف در این گونه مناطق تامین نماید، کافی نبوده و بایستی کمبودها از محل‌هایی دیگر از جمله منابع آب زیرزمینی جبران شوند. از این رو حدود ۳۰۰۰ سال پیش ایرانی‌ها حفر قنات (قنات از کلمات قدیمی سامی بوده و کلمه کانال از آن گرفته شده است) را به منظور هدایت آب‌های زیرزمینی مناطق کوهستانی به مناطق خشک یاد گرفته، و تا دو سه دهه پیش، بیش از ۷۵ درصد از تمام آب‌های مورد نیاز خود را از این طریق تأمین می‌کردند.

با توجه به ارزش و اهمیت آب، مطالعه و بررسی منابع آب زیرزمینی با توجه به مزایا و فوائد آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی و همچنین افت شدید سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در اکثر دشت‌های کشور، حفظ و نگهداری از آنها در اولویت قرار می‌گیرد.

در این راستا یافتن عرصه‌های مناسبی که از هر جنبه شرایط لازم جهت تغذیه مصنوعی منابع آب‌های زیرزمینی را داشته باشد و آثار نامفید جانبی آن در حداقل بوده و یا حتی الامکان نداشته باشد، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در مبحث تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها می‌باشد.