

۱۱۵۲۳۸



وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی سنجش از دور و GIS

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد M.Sc.

رشته سنجش از دور و GIS - گرایش منابع آب و خاک

عنوان:

تعیین آسیب پذیری آبخوان آبرفتی به روش DRATIC در

محیط GIS- مطالعه موردی دشت همدان - بهار

اساتید راهنما

دکتر علی اکبر متکان

دکتر حمیدرضا ناصری

استاد مشاور

مهندس روزبه شاد

نگارنده

زهره استادهاشمی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۸۷ - ۸۶

۱۱۵۲۳۸

۸۷/۱۰/۱۴۱۵  
۸۸/۱/۲۹



۱۳۸۸ / ۱ / ۲۱

بسمه تعالی  
وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه شهید بهشتی  
دانشکده علوم زمین  
گروه سنجش از دور و GIS  
تأییدیه دفاع از پایان نامه  
کارشناسی ارشد

این پایان نامه توسط خانم زهره استادهاشمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته

رشته : سنجش از دور و GIS گرایش : منابع آب و خاک در تاریخ ۱۳۸۷/۶/۲۵ مورد دفاع

قرار گرفت و براساس رأی هیأت داوران با نمره ۱۹/۸۰ و درجه عالی پذیرفته شد .

استاد راهنما آقای دکتر : علی اکبر متکان

استاد راهنما آقای دکتر : حمیدرضا ناصری

استاد مشاور آقای مهندس : روزبه شاد

استاد داور آقای دکتر : علیرضا شکیبیا

استاد داور آقای دکتر : حسن لشکری

## تقدیم به

پدر عزیز و مادر مهربانم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان

و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز پایانی ندارد

## تقدیر و تشکر

### بار خدایا،

سلامت دل‌های ما را در ذکر عظمت، آسایش ابدی ما را در شکر نعمت و گشادگی زبان ما را در وصف احسانت قرار ده.

اکنون که به لطف پروردگار مهربان این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از کلیه عزیزانی که مرا در انجام آن یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر نمایم.

از محبت‌های بی‌دریغ پدر و مادر عزیزم که در طول دوران تحصیل همواره مشوق و حامی اینجانب بوده‌اند، کمال تشکر را دارم.

از استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر علی‌اکبر متکان به پاس راهنمایی‌های ارزنده و زحمات فراوانی که در انجام این تحقیق و در طول دوره تحصیل متحمل شده‌اند و همواره مرا مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از استاد راهنمای بزرگوار، جناب آقای دکتر حمیدرضا ناصری که با راهنمایی‌های خود راهگشا بوده و با متانت پاسخگوی سوالات اینجانب بوده‌اند، بسیار سپاسگذارم.

از استاد مشاور گرامی جناب آقای مهندس روزبه شاد که از مشاوره و حسن نظراتشان بهره بردم، تشکر می‌نمایم.

از محبت‌های صمیمانه دوستان عزیزم آقای علیجانی، خانم میرزائی و خانم محمدی که از هیچ‌گونه کمک و مساعدتی دریغ نکردند، صادقانه سپاسگذارم.

از کلیه همکلاسی‌ها و دوستانم در گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی به‌ویژه آقایان بیاتانی، حسینی‌اصل و بهارلو و خانم نقدی‌زادگان قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای ندافیان که در تهیه بخشی از داده‌های مورد نیاز، اینجانب را راهنمایی نمودند، صمیمانه سپاسگذارم.

از همکاری‌های بی‌دریغ جناب آقای ولی‌زاده رئیس دفتر مطالعات پایه منابع آب استان همدان همچنین آقایان یعقوبی و موسیوند بابت در اختیار دادن داده‌های مورد نیاز تشکر می‌نمایم.

زهره استادهاشمی

شهریور ۱۳۸۷

## چکیده

جهت حفاظت و مدیریت موثر آب‌های زیرزمینی، ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان‌ها ضروری می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی با سازماندهی حجم عظیم اطلاعات، تلفیق و آنالیز لایه‌های اطلاعاتی و ترکیب با روش‌های مبتنی بر قوانین فازی و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، در تهیه نقشه آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار گرفته است. جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت همدان - بهار، روش DRASTIC که از هفت پارامتر (عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط خاک، شیب توپوگرافی، محیط غیر اشباع، و هدایت هیدرولیکی) استفاده می‌کند، انتخاب گردیده است. لایه‌های اطلاعاتی، در محیط GIS تهیه، نرخ‌بندی (به روش فازی و قطعی)، وزن‌دهی، و تلفیق (به روش شاخص هم‌پوشانی و فازی) گردیده است. جهت بهینه‌سازی مدل DRASTIC تصحیح وزن پارامترها با استفاده از روش‌های آماری و AHP انجام شده است. جهت تعیین وزن مناسب از همبستگی (ضرایب اسپیرمن و کندال) بین غلظت نیترات و پارامترهای مدل DRASTIC استفاده گردید. پارامترهای محیط خاک (S)، محیط آبخوان (A)، و عمق سطح ایستایی (D)، به ترتیب با وزن‌های ۵، ۴، و ۳/۵ بیشترین همبستگی را با داده‌های نیترات نشان می‌دهند و رابطه جدید DAS حاصل شده است. جهت انتخاب بهترین مدل از همبستگی (ضریب پیرسون) بین غلظت نیترات و شاخص آسیب‌پذیری استفاده شده است. مدل DAS با لایه‌های نرخ بندی قطعی و تلفیق به روش شاخص هم‌پوشانی، بیشترین همبستگی را با غلظت نیترات (۰/۷۰) نشان می‌دهد. با افزودن لایه کاربری اراضی، نقشه خطرپذیری آلودگی تهیه گردید. همبستگی بین غلظت نیترات و خطرپذیری آلودگی ۰/۷۸ می‌باشد. در نهایت ۵٪ از آبخوان کاملاً خطرپذیر، ۱۰٪ خطر آلودگی خیلی زیاد، ۲۰/۹۵٪ زیاد، ۲۶٪ متوسط تا زیاد، ۲۱/۳٪ متوسط تا کم، ۹٪ کم، ۷٪ خیلی کم، و ۰/۷۵٪ بدون خطر آلودگی می‌باشند. حساسیت مدل DAS نسبت به پارامترهای محیط خاک، محیط آبخوان، و عمق سطح ایستایی به ترتیب روند کاهشی دارد.

**کلید واژه ها :** آسیب پذیری آب‌های زیرزمینی، DRASTIC ، DAS، دشت همدان - بهار، منطق فازی، تحلیل سلسله مراتبی، خطرپذیری آلودگی.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: کلیات

.....

- ۱-۱. طرح مساله و ضرورت تحقیق ..... ۱
- ۲-۱. فرضیات تحقیق ..... ۳
- ۳-۱. اهداف تحقیق ..... ۳
- ۴-۱. ساختار پایان نامه ..... ۳

### فصل دوم: پیشینه موضوع و منطقه مورد مطالعه

.....

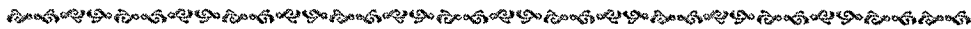
- ۱-۲. پیشینه موضوع ..... ۴
- ۱-۱-۲. مطالعات خارجی ..... ۴
- ۲-۱-۲. مطالعات داخلی ..... ۱۰
- ۲-۲. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ..... ۱۱
- ۳-۲. آب و هوا و اقلیم ..... ۱۴
- ۴-۲. رودخانه‌های منطقه ..... ۱۵
- ۵-۲. زمین‌شناسی ..... ۱۵
- ۶-۲. ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی آبخوان دشت همدان - بهار ..... ۱۷
- ۱-۶-۲. بیلان آب زیرزمینی ..... ۱۸
- ۱-۱-۶-۲. عوامل تغذیه ..... ۱۹
- ۲-۱-۶-۲. عوامل تخلیه ..... ۲۰
- ۲-۶-۲. عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی ..... ۲۱
- ۳-۶-۲. سطح ایستابی و تعیین جهت جریان آب زیرزمینی ..... ۲۲

## فصل سوم: مبانی نظری تحقیق



۲۴	۱-۳. مقدمه
۲۴	۲-۳. تعریف آسیب پذیری
۲۶	۳-۳. روش های ارزیابی آسیب پذیری آب زیر زمینی
۲۷	۱-۳-۳. بررسی انواع روش های شاخص ارزیابی آسیب پذیری
۲۸	۱-۱-۳-۳. روش GOD
۲۹	۲-۱-۳-۳. روش SEEPAGE
۲۹	۳-۱-۳-۳. روش AVI
۳۱	۴-۱-۳-۳. روش SINTACS
۳۱	۵-۱-۳-۳. روش ISIS
۳۲	۶-۱-۳-۳. روش EPIK
۳۳	۷-۱-۳-۳. روش DRASTIC
۳۷	۱-۷-۱-۳-۳. پارامترهای DRASTIC
۴۴	۴-۳. کاربرد سیستم های اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی آسیب پذیری آب های زیرزمینی
۴۵	۵-۳. تاریخچه منطق فازی
۴۶	۱-۵-۳. مجموعه های فازی

## فصل چهارم: مواد و روش ها



۴۷	۱-۴. مقدمه
۴۷	۲-۴. روش تحقیق
۵۰	۳-۴. مواد
۵۰	۱-۳-۴. تهیه نقشه های معیار
۵۷	۲-۳-۴. هم مقیاس سازی نقشه های معیار
۵۸	۱-۲-۳-۴. هم مقیاس سازی قطعی
۶۴	۲-۲-۳-۴. هم مقیاس سازی فازی
۷۱	۳-۳-۴. وزن دهی
۷۱	۱-۳-۳-۴. وزن دهی براساس روش DRASTIC اصلی و بازبینی وزن ها با روش های آماری



۷۳ ..... ۲-۳-۳-۴ استفاده از روش AHP جهت تعیین وزن بهینه

۷۵ ..... ۴-۳-۴ تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه آسیب‌پذیری ذاتی

۷۸ ..... ۱-۴-۳-۴ اجرای مدل هم‌پوشانی - شاخص

۷۸ ..... ۲-۴-۳-۴ اجرای مدل منطق فازی

۷۹ ..... ۵-۳-۴ تهیه نقشه خطرپذیری آلودگی

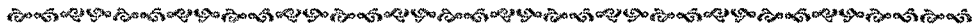
۸۰ ..... ۶-۳-۴ تحلیل حساسیت

۸۰ ..... ۱-۶-۳-۴ تعیین میانگین مربعات خطا

۸۱ ..... ۲-۶-۳-۴ تحلیل حساسیت حذف پارامتر

۸۱ ..... ۳-۶-۳-۴ تحلیل حساسیت تک پارامتری

### فصل پنجم: بحث



۸۲ ..... ۱-۵ مقدمه

۸۲ ..... ۲-۵ وزن‌دهی

۱-۲-۵ نتایج حاصل از وزن‌دهی براساس روش DRASTIC اصلی و بازبینی وزن‌ها با استفاده از روش‌های آماری ..... ۸۲

۲-۲-۵ نتایج حاصل از روش AHP جهت تعیین وزن بهینه ..... ۸۴

۳-۵ نتایج حاصل از تلفیق لایه‌ها جهت تهیه نقشه آسیب‌پذیری ذاتی ..... ۸۶

۱-۳-۵ نتایج حاصل از مدل هم‌پوشانی - شاخص ..... ۸۶

۱-۱-۳-۵ استفاده از وزن‌های DRASTIC اصلی ..... ۸۶

۲-۱-۳-۵ استفاده از وزن‌های بازبینی شده به روش آماری ..... ۸۹

۳-۱-۳-۵ استفاده از وزن‌های حاصل از روش AHP ..... ۹۱

۲-۳-۵ نتایج حاصل از منطق فازی ..... ۹۲

۱-۲-۳-۵ نتایج حاصل از تلفیق فازی با استفاده از وزن‌های تصحیح شده به روش آماری ..... ۹۳

۲-۲-۳-۵ نتایج حاصل از تلفیق فازی با استفاده از وزن‌های بهینه به روش AHP ..... ۹۵

۴-۵ نتایج حاصل از تلفیق پارامتر کاربری اراضی جهت تهیه نقشه خطرپذیری آلودگی ..... ۹۶

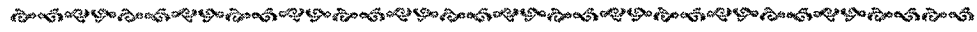
۵-۵ نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل DAS ..... ۹۸

۱-۵-۵ نتایج حاصل از میانگین مربعات خطا ..... ۹۸

۲-۵-۵ نتایج حاصل از تحلیل حساسیت حذف پارامتر ..... ۱۰۰

۳-۵-۵ نتایج حاصل از تحلیل حساسیت تک پارامتری ..... ۱۰۰

## فصل ششم: نتایج و پیشنهادات

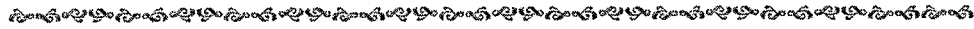


۱۰۲.....	۱-۶. نتایج.....
۱۰۶.....	۲-۶. آزمون فرضیات.....
۱۰۷.....	۳-۶. پیشنهادات.....
۱۰۸.....	منابع.....

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان



شکل ۱-۲	موقعیت محدوده مورد مطالعه	۱۳
شکل ۲-۲	نقشه زمین شناسی و محدوده مورد مطالعه	۱۶
شکل ۳-۲	نقشه عمق تا سطح ایستابی منطقه مورد مطالعه	۲۱
شکل ۴-۲	نقشه تراز سطح ایستابی (مهر ماه ۱۳۸۱) منطقه مورد مطالعه	۲۲
شکل ۵-۲	نقشه تراز سطح ایستابی (خرداد ماه ۱۳۸۲) منطقه مورد مطالعه	۲۳
شکل ۱-۴	نمودار مراحل ارزیابی آسیب پذیری آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه	۴۹
شکل ۲-۴	نقشه عمق تا سطح ایستابی منطقه مورد مطالعه	۵۱
شکل ۳-۴	نقشه تغذیه خالص منطقه مورد مطالعه	۵۲
شکل ۴-۴	نقشه محیط آبخوان منطقه مورد مطالعه	۵۳
شکل ۵-۴	نقشه محیط خاک منطقه مورد مطالعه	۵۴
شکل ۶-۴	نقشه شیب منطقه مورد مطالعه	۵۵
شکل ۷-۴	نقشه محیط غیراشباع منطقه مورد مطالعه	۵۶
شکل ۸-۴	نقشه هدایت هیدرولیکی منطقه مورد مطالعه	۵۷
شکل ۹-۴	نقشه های معیار هم مقیاس شده به صورت قطعی	۶۲
شکل ۱۰-۴	توابع عضویت فازی نقشه های معیار مدل DRASTIC	۶۸
شکل ۱۱-۴	نقشه های معیار هم مقیاس شده به صورت فازی	۶۹
شکل ۱۲-۴	نمودار آزمون نرمال بودن غلظت نیترات	۷۳
شکل ۱۳-۴	مراحل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی	۷۴
شکل ۱۴-۴	نقشه نرخ بندی شده کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه	۸۰
شکل ۱-۵	نقشه آسیب پذیری دشت همدان - بهار براساس مدل DRASTIC اصلی و لایه های قطعی	۸۷
شکل ۲-۵	نقشه آسیب پذیری دشت همدان - بهار براساس مدل DRASTIC اصلی و لایه های فازی	۸۷
شکل ۳-۵	نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از روش DRASTIC اصلی (لایه های قطعی) با غلظت نیترات	۸۸
شکل ۴-۵	نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از روش DRASTIC اصلی (لایه های فازی) با غلظت نیترات	۸۸

- شکل ۵-۵. نقشه آسیب پذیری دشت همدان- بهار براساس مدل DAS و لایه‌های قطعی ..... ۸۹
- شکل ۵-۶. نقشه آسیب پذیری دشت همدان- بهار براساس مدل DAS و لایه‌های فازی ..... ۸۹
- شکل ۵-۷. نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از روش DAS (لایه‌های قطعی) با غلظت نیترات .. ۹۰
- شکل ۵-۸. نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از روش DAS (لایه‌های فازی) با غلظت نیترات.... ۹۰
- شکل ۵-۹. نقشه آسیب پذیری دشت همدان- بهار براساس وزن‌های AHP و لایه‌های قطعی ..... ۹۱
- شکل ۵-۱۰. نقشه آسیب پذیری دشت همدان- بهار براساس وزن‌های AHP و لایه‌های فازی ..... ۹۱
- شکل ۵-۱۱. نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از وزن‌های AHP (لایه‌های قطعی) با غلظت نیترات ..... ۹۲
- شکل ۵-۱۲. نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از وزن‌های AHP (لایه‌های فازی) با غلظت نیترات ..... ۹۲
- شکل ۵-۱۳. نقشه آسیب پذیری دشت همدان- بهار براساس تلفیق ۷..... ۹۴
- شکل ۵-۱۴. نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از تلفیق ۷ با غلظت نیترات ..... ۹۴
- شکل ۵-۱۵. نقشه آسیب پذیری دشت همدان- بهار براساس تلفیق با عملگر جمع جبری ..... ۹۵
- شکل ۵-۱۶. نمودار همبستگی نمایه آسیب پذیری حاصل از تلفیق با عملگر جمع جبری با غلظت نیترات ..... ۹۶
- شکل ۵-۱۷. نقشه خطرپذیری آلودگی نیتراته آب‌های زیرزمینی دشت همدان- بهار ..... ۹۷
- شکل ۵-۱۸. نمودار همبستگی نمایه خطرپذیری آلودگی با غلظت نیترات ..... ۹۷
- شکل ۵-۱۹. میزان تغییرات MSE نسبت به حذف پارامترهای DAS ..... ۹۹
- شکل ۵-۲۰. میزان تغییرات MSE نسبت به تغییر وزن پارامترهای DAS ..... ۹۹
- شکل ۵-۲۱. میزان تغییرات شاخص DAS در ازای حذف پارامترها ..... ۱۰۰

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

.....

- جدول ۱-۲. ارقام بیلان آب زیرزمینی دشت همدان - بهار - سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ ..... ۲۰
- جدول ۱-۳. تقسیم‌بندی شاخص آسیب‌پذیری روش AVI ..... ۳۰
- جدول ۲-۳. وزن‌های اختصاص یافته به پارامترهای مدل DARSTIC ..... ۳۵
- جدول ۳-۳. بازه‌ها و نرخ‌های عمق تا سطح ایستابی ..... ۳۷
- جدول ۴-۳. بازه‌ها و نرخ‌های تغذیه خالص ..... ۳۸
- جدول ۵-۳. بازه‌ها و نرخ‌های محیط آبخوان ..... ۳۹
- جدول ۶-۳. بازه‌ها و نرخ‌های محیط خاک ..... ۴۰
- جدول ۷-۳. بازه‌ها و نرخ‌های شیب توپوگرافی ..... ۴۱
- جدول ۸-۳. بازه‌ها و نرخ‌های محیط غیراشباع ..... ۴۲
- جدول ۹-۳. میزان هدایت هیدرولیکی با استفاده از اندازه ذرات برای نهشته‌های تحکیم نیافته ..... ۴۳
- جدول ۱۰-۳. میزان هدایت هیدرولیکی برای سنگ‌های سخت ..... ۴۳
- جدول ۱۱-۳. بازه‌ها و نرخ‌های هدایت هیدرولیکی ..... ۴۴
- جدول ۱-۴. فرمت و منابع اخذ داده‌های مورد نیاز ..... ۵۰
- جدول ۲-۴. طبقه‌بندی و نرخ‌گذاری مربوط به پارامترهای مدل DRASTIC در منطقه مورد مطالعه ..... ۵۹
- جدول ۳-۴. وزن‌های اختصاص یافته به پارامترهای مدل DARSTIC ..... ۷۲
- جدول ۴-۴. مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی ..... ۷۴
- جدول ۵-۴. طبقه‌بندی و نرخ‌گذاری کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه ..... ۷۹
- جدول ۱-۵. وزن‌های اصلی و تصحیح شده مدل DRASTIC براساس ضریب همبستگی بین پارامترهای مدل و غلظت نیترات ..... ۸۴
- جدول ۲-۵. مقایسه زوجی پارامترهای مدل DRASTIC (کارشناسی ۱) ..... ۸۴
- جدول ۳-۵. مقایسه زوجی پارامترهای مدل DRASTIC (کارشناسی ۲) ..... ۸۵
- جدول ۴-۵. مقایسه زوجی پارامترهای مدل DRASTIC (کارشناسی ۳) ..... ۸۵
- جدول ۵-۵. وزن‌های پارامترهای مدل DRASTIC حاصل از روش AHP ..... ۸۶
- جدول ۶-۵. تغییرات شاخص DAS در ازای حذف پارامترها ..... ۱۰۰
- جدول ۷-۵. مشخصات آماری تحلیل حساسیت تک پارامتری ..... ۱۰۱

# فصل اول

کلیات

## ۱-۱- طرح مساله و ضرورت تحقیق

آب یکی از گرانبهاترین منابع طبیعی در سیاره زمین می‌باشد. از کل آب‌های موجود در کره زمین تنها ۲/۵ درصد شیرین می‌باشد. از این مقدار حدود ۳۰ درصد به صورت آب‌های زیرزمینی و ۷۰ درصد به صورت یخچال‌ها و ذخایر دائمی برف، رطوبت و یخ درون خاک، آب باتلاق‌ها و آب شیرین رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌باشد. لذا آب‌های زیرزمینی نقش قابل توجهی به عنوان منبع تامین آب شیرین ایفا می‌کنند (Shiklomanov, 1993). در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران که متوسط بارش سالانه آن کمتر از یک سوم متوسط بارش سالانه جهان است، آب‌های زیرزمینی منبع مهمی برای تامین آب شیرین می‌باشد. کمی و نامنظمی بارندگی، محدودیت منابع آب‌های سطحی و نبودن آن در بسیاری از نقاط کشور، باعث شده که از آب‌های زیرزمینی استفاده‌های وسیعی گردد. امروزه افزایش فعالیت‌های کشاورزی، باغداری و دامداری از یکسو و فعالیت‌های صنعتی و کارگاهی و توسعه سکناگزینی همراه با رشد جمعیت از سوی دیگر، باعث گسترش روز افزون بهره‌برداری از منابع آب شده است. از سوی دیگر استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و تولید انبوه پسماندها و ضایعات، منابع آب زیرزمینی را مورد تهدید جدی قرار داده و سبب پیدایش آلودگی‌های زیادی گردیده است.

از نظر کیفی بیشتر مخازن آب زیرزمینی نسبت به منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آسیب‌پذیر می‌باشند. منابع آلاینده نقطه‌ای ناشی از پساب فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و منابع آلاینده غیرنقطه‌ای از مصرف بی‌رویه و بیش از حد کودها و سموم در کشاورزی و شسته شدن آنها به سمت آب‌های زیرزمینی منتج می‌شود (نیکنام، ۱۳۸۳). آلودگی گسترده آب‌های زیرزمینی و رشد و آگاهی‌های فکری جوامع بشری در مورد اهمیت این منابع آسیب‌پذیر، منجر به تلاش‌های وسیعی جهت محافظت آب‌های زیرزمینی پاک شده است. فرآیند احیاء آبخوان‌ها در مقیاس منطقه‌ای در یک قالب زمانی معقول امکان پذیر نمی‌باشد زیرا آب‌های زیرزمینی خیلی کند جریان پیدا می‌کنند. بنابراین اگر آلوده شوند، ممکن است سال‌ها طول بکشد تا آب آلوده از آبخوان خارج شود. بدین جهت جلوگیری از آلودگی، بهترین راه حفاظت کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌باشد. بنابراین برای مدیریت موثر آب‌های زیرزمینی، ارزیابی آسیب‌پذیری و جلوگیری از آلوده شدن آبخوان‌ها ضروری می‌باشد و می‌تواند به تبیین سیاست‌های کاربردی و عملی برای مدیریت منابع آب زیرزمینی در مسیر بهره‌برداری پایدار از آنها کمک نماید. ارزیابی آسیب‌پذیری به عنوان روشی برای پهنه‌بندی مکان‌هایی است که بیشتر در معرض آلودگی هستند (Babiker et al., 2004). در واقع آسیب‌پذیری، علاج واقعه قبل از وقوع می‌باشد. روش‌های مختلفی برای تخمین آسیب‌پذیری آبخوان وجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش شاخص- هم‌پوشانی<sup>۱</sup> می‌باشد که عوامل کنترل

<sup>۱</sup> - Index- overlay

کننده حرکت آلاینده از سطح زمین به زون اشباع را ترکیب می‌کند و نتیجه را به عنوان شاخص‌های آسیب‌پذیری در مکان‌های مختلف منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. مدل DRASTIC که در این تحقیق از آن استفاده گردیده است، یک مدل شاخص-هم‌پوشانی می‌باشد. در روش DRASTIC از هفت لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی استفاده می‌گردد و در نهایت نقشه آسیب‌پذیری تهیه می‌گردد.

ظهور و پیدایش GIS ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی را آسان کرده است. تلفیق GIS و نمایه‌های آسیب‌پذیری، می‌تواند مدیریت منابع آب و کاربری زمین را بهبود بخشد (Connell & Daele, 2003). تلفیقی از GIS و منطق فازی می‌تواند چهارچوب مناسبی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری فراهم آورد (Crowin et al., 1996). ترکیب GIS و روش‌های بر مبنای قوانین فازی که در این تحقیق به آن پرداخته شده، به ویژه برای پارامترهای هیدروژئولوژی که دارای عدم قطعیت می‌باشند، بسیار مفید است (Burrough & Mc Donnell, 1988; Burrough Mcmillan & Van Deursen, 1992; Sui, 1992; Wang, Hall & Subaryono, 1990). روش‌های آماری و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در تعیین آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی سودمند می‌باشد (Panagopoulos et al., 2006).

استان همدان در غرب ایران و یکی از قطب‌های کشاورزی کشور می‌باشد که از نظر میزان آب‌های زیرزمینی نسبتاً غنی می‌باشد. منابع آب زیرزمینی دشت همدان - بهار تامین کننده آب شرب، کشاورزی و صنعت شهرهای همدان و بهار می‌باشد (رحمانی و شکوهی، ۱۳۸۶). آب زیرزمینی این دشت، حدود ۷۰ درصد آب شرب شهر همدان را تامین می‌کند (بانژاد و سیفی، ۱۳۸۵).

این دشت به دلیل دارا بودن منابع عظیم آب زیرزمینی، خاک حاصلخیز و هموار بودن زمین، از کشاورزی و باغداری پررونقی برخوردار است. با توسعه فعالیت‌های کشاورزی، بالطبع استفاده از انواع کودهای شیمیایی و حیوانی مطرح می‌گردد. با مصرف کودهای نیتروژن دار در فعالیت‌های کشاورزی، نیترات به عنوان عمده‌ترین شکل نیتروژن به راحتی به آب‌های زیرزمینی منتقل و موجب آلودگی آنها می‌شود. بنابراین احتمال آلودگی آبخوان این دشت به منابع آلاینده به خصوص نیترات بسیار زیاد می‌باشد. علاوه بر این عبور فاضلاب شهر همدان و بهار، وجود کشتارگاه صنعتی دام همدان و فعالیت‌های صنعتی، مرغداری و دامداری در محدوده دشت، باعث آلودگی آبخوان دشت گردیده است (ندافیان، ۱۳۸۵).

با توجه به موارد ذکر شده، ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت همدان - بهار ضروری به نظر می‌رسد. در راستای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان به لایه‌های مختلف اطلاعاتی نیاز می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی، ابزارها و روش‌های آن، توانایی آن را دارند که علاوه بر سازماندهی حجم عظیم اطلاعات، با تلفیق و آنالیز لایه‌های اطلاعاتی مختلف، در قالب مدل‌های مختلف، در تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان مورد استفاده قرار گیرد.



### ۲-۱- فرضیات تحقیق

فرضیات این تحقیق شامل موارد ذیل می‌باشند:

- با توجه به فعالیت کشاورزی مهمترین منبع آلوده کننده در این دشت انواع کودها و سموم کشاورزی است.
- در مناطقی از دشت که عمق تا سطح ایستایی کمتر است، پتانسیل آسیب‌پذیری بیشتر می‌باشد.
- از بین روش‌های تلفیق، روش فازی بهترین نتیجه را می‌دهد.
- استفاده از روش‌های آماری ساده می‌تواند نتایج مطلوبی را در بهینه‌سازی مدل DRASTIC به دست دهد.

### ۳-۱- اهداف تحقیق

اهدافی که در این تحقیق دنبال می‌شود عبارتند از:

- تهیه نقشه آسیب‌پذیری نسبت به آلودگی نیتراژ آبخوان دشت همدان- بهار، با استفاده از منطق فازی و مدل DRASTIC.
- مشخص شدن مناطق مستعد به آلودگی غیر نقطه‌ای در آبخوان، برای کمک به تبیین سیاست‌های کاربردی و عملی و مدیریت منابع آب زیرزمینی.
- بررسی خطر آلودگی با استفاده از تلفیق نقشه آسیب‌پذیری آبخوان و نقشه کاربری اراضی.
- به‌کارگیری روش‌های آماری جهت بازبینی وزن‌های روش DRASTIC

### ۴-۱- ساختار پایان نامه

به منظور بررسی آسیب‌پذیری دشت همدان- بهار که هدف اصلی این تحقیق می‌باشد، این پایان نامه در شش فصل تهیه و تدوین گردیده است. در فصل اول طرح مساله و ضرورت تحقیق، فرضیات تحقیق و اهداف تحقیق گنجانده شده است. فصل دوم شامل پیشینه موضوع و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه است. در فصل سوم تحت عنوان مبانی نظری تحقیق، به مفاهیم آسیب‌پذیری و توضیح روش DRASTIC پرداخته شده است. فصل چهارم اطلاعات پایه و روش تحقیق را نشان می‌دهد. در فصل پنجم به بحث پیرامون روش به‌کار رفته در تحقیق پرداخته شده است و در نهایت، فصل ششم، به نتیجه‌گیری و پیشنهادات تحقیق اختصاص یافته است.

# فصل دوم

پیشینه موضوع و  
منطقه مورد مطالعه

## ۲-۱- پیشینه موضوع

ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به آلودگی در دهه اخیر از رشد چشمگیری برخوردار بوده و نتایج مطلوبی را به دنبال داشته است. روش‌های متعددی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی وجود دارد. اما این روش‌ها هنوز در کشور ما به خوبی شناخته نشده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> (GIS) نیز به دلیل توانایی‌های زیاد در زمینه تحلیل و مدیریت داده‌های مکانی، کاربرد زیادی در علوم آب، مخصوصاً آب‌های زیرزمینی دارد. مطالعات زیادی در زمینه آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی و همچنین کاربرد GIS در مطالعات مربوط به آب‌های زیرزمینی در داخل و خارج از کشور انجام شده است که در زیر به پاره‌ای از آنها اشاره می‌شود.

## ۲-۱-۱- مطالعات خارجی

ایوانز و میرز (Evans & Mayers, 1990) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص DRATIC اصلاح شده، پتانسیل آلودگی منطقه‌ای در جنوب آمریکا را تعیین کردند. در این تحقیق سه پارامتر تغذیه خالص، اثر منطقه غیر اشباع و نوع آبخوان در نظر گرفته نشد و در عوض از پارامترهای کاربری اراضی، پوشش زمین و چگالی سیستم مخزن گندزدایی استفاده گردید. آنها عقیده داشتند که روش مزبور اطلاعات مربوط به آب زیرزمینی را در مقیاس‌های بزرگ جغرافیایی با جزئیات کامل جهت حفاظت آب‌های زیرزمینی در اختیار سازمان حفاظت محیط زیست قرار می‌دهد.

سکاندا و همکاران (Secunda et al., 1998) آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل ترکیبی DRATIC و نوع کاربری زمین‌های کشاورزی در یک آبخوان ساحلی در اسرائیل را مورد بررسی قرار دادند و علاوه بر پارامترهای مدل DRATIC از پارامتر نوع کاربری زمین‌های کشاورزی نیز استفاده نمودند. هدف آن‌ها این بود که تاثیر کاربری زمین را در دوره‌های طولانی بر روی آبخوان به عنوان یک پارامتر اضافی به مدل DRATIC وارد نمایند و در نهایت پتانسیل آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی را بررسی کنند. نتایج این تحقیق تطابق واضحی را بین نمایه DRATIC، نمایه DRATIC ترکیبی و غلظت نیترات نشان می‌دهد.

شاهید (Shahid, 2000) آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به آلودگی را با استفاده از DRATIC و GIS در بنگال غربی هند مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به آلودگی‌های صنعتی- شهری و آفت‌کش‌ها از مدل DRATIC بر مبنای GIS استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد که ۵۰ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری بالایی نسبت به آلوده کننده‌های صنعتی و شهری می‌باشد و بیش از ۸۱ درصد منطقه آسیب‌پذیری بالایی را نسبت به آفت‌کش‌ها نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> - Geographic Information System

فریچ و همکاران (Fritch et al., 2000) با استفاده از مدل DRASTIC تصحیح شده و GIS، آسیب‌پذیری آبخوان Paluxy در تگزاس را ارزیابی کرده‌اند. آن‌ها برای تهیه لایه‌های مورد نیاز مدل DRASTIC، تشکیل پایگاه داده و همپوشانی لایه‌های مختلف و تهیه نقشه آسیب‌پذیری از نرم افزار Grass GIS استفاده کرده‌اند. در این تحقیق با توجه به منطقه مورد مطالعه، نرخ‌های دو پارامتر تغذیه خالص (R) و محیط غیر اشباع (I) اصلاح شده است و در نهایت اقدام به تهیه دو نقشه آسیب‌پذیری، یکی با استفاده از نرخ‌ها و وزن‌های اولیه مدل DRASTIC و دیگری پس از اصلاح نرخ تغذیه خالص و محیط غیر اشباع گردیده است. در حالت اول ۴۷٪ از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آلودگی کم، ۲۶٪ دارای پتانسیل آلودگی متوسط، ۲۲٪ پتانسیل آلودگی زیاد و ۵٪ پتانسیل آلودگی خیلی زیاد می‌باشد. با اصلاح دو پارامتر ذکر شده ۷۱٪ از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آلودگی کم، ۱۳٪ پتانسیل آلودگی متوسط، ۱۱٪ پتانسیل آلودگی زیاد و ۵٪ پتانسیل آلودگی خیلی زیاد می‌باشد. فریچ و همکاران پیشنهاد کردند که برای تحقیقات آینده بهتر است از نقشه کاربری اراضی نیز برای ارزیابی آسیب‌پذیری استفاده گردد.

ثرومالایواسان و کارمگام (Thirumalaivasan & Karmegam, 2001) برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان در حوضه Palar در هند، مدل DRASTIC در محیط GIS را به کار گرفته‌اند. آن‌ها برای تهیه نقشه محیط غیر اشباع و محیط خاک، از نقشه خاک، کاربری اراضی و تصویر ماهواره IRS-1C بهره جسته‌اند. در این تحقیق برای تعیین وزن‌های هفت پارامتر مدل DRASTIC از روش AHP<sup>۱</sup> استفاده شده است. در نهایت اقدام به تهیه نقشه آسیب‌پذیری گردید و منطقه مورد مطالعه که به چهار طبقه آسیب‌پذیری بسیار پائین، پائین، متوسط و بالا تقسیم‌بندی شد.

کامرون و پلوسو (Cameron & Peloso, 2001) مدلی را برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی بر اساس منطق فازی و روش پارامتریک DRASTIC ارائه دادند. مدل مذکور (F-DRASTIC) پتانسیل آلودگی را بدست می‌دهد که نه تنها به مقادیر پارامترهای مورد نظر بلکه به بزرگی خطاهای همراه با اندازه‌گیری یا تخمین پارامترها نیز بستگی دارد. شیوه ارائه شده می‌تواند به طریق مشابه برای تصحیح دیگر روش‌های ارزیابی به کار گرفته شود. در F-DRASTIC مجموعه‌های فازی، مدلی از مقدار (بسیار) زیاد یا کم هر پارامتر را بدست می‌دهد. این روش ذاتاً در راستای بهبود اطمینان از نتایج پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی می‌باشد.

الادمت و همکاران (Al-Adamat et al., 2003) آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی در آبخوان بازالتی ناحیه Azraq در اردن را با استفاده از GIS، سنجش از دور و DRASTIC بر مبنای شرایط هیدروژئولوژیکی و تاثیرات انسانی مورد بررسی قرار دادند. آنها از GIS برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان با استفاده از تکنیک هم‌پوشانی استفاده کردند. در تحقیق مذکور نقشه کاربری زمین به عنوان یک پارامتر اضافی در مدل DRASTIC برای بررسی خطر آلودگی آب‌های

<sup>۱</sup>-Analytic Hierarchy Process