





دانشکده شیلات و محیطزیست

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته  
محیطزیست - ارزیابی و آمایش سرزمین

## **مسیریابی بهینه‌ی خطوط لوله‌ی گاز طبیعی در استان گلستان (منطقه‌ی مورد مطالعه: دهنه‌ی زاو)**

پژوهش و نگارش:

میترا امامی

اساتید راهنما:

دکتر سیدحامد میرکریمی

دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی

تابستان ۱۳۹۳

## تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی - پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.
۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.
۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:  
به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.
۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب میترا امامی دانشجوی رشته محیط‌زیست - ارزیابی و آمایش سرزمین مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

میترا امامی

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به تمامی دوستان و دوستان طبیعت

## مشکر و قدردانی

الکون که این پایان نامه به پایان رسیده است، وظیفه خود می دانم صمیمانه ترین مراتب سپاس و قدردانی را تقدیم محضر یکایک افرادی که به نحوی در تکمیل این مجموعه مرایاری نمودند، نمایم.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر میرکریمی که افتخار شاگردی ایشان را دارم به خاطر تمامی راهنمایی ها، کمک ها، صبوری ایشان پاسکزارم.

از جناب آقای دکتر سلمان مایینی استاد ارجمند که در تمامی مراحل انجام این تحقیق از هیچ کوششی دریغ نورزیدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از اساتید بزرگوارم خانم دکتر محمدزاده و آقای دکتر رضایی که زحمت داری این پایان نامه را داشتند، صمیمانه پاسکزاری می نمایم. از خانم مهندس سلیمانی مسئول بخش طراحی شرکت گاز استان گلستان به خاطر همکاری بی دریغ و صمیمانه شان نهایت تشکر را دارم. از شرکت گاز استان گلستان، مخصوص آقایان مهندس عقیلی و فرسنگی کمال تشکر را دارم. از دوست بسیار خوبم خانم نرگس عرب پاسکزارم.

از پدر و مادر عزیزم که همواره حامی من بودند بی نهایت پاسکزارم و دستا نشان را به خاطر زحمات بی شائبه شان می بوسم. از خواهران خوب و دوست داشتنی ام به خاطر همکاری شان در تدوین این پایان نامه پاسکزارم.

این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا شده است.

## چکیده

در پروژه‌های مربوط به زیرساخت‌های خطی مانند خطوط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی، به منظور کاهش آسیب‌رسانی به منابع محیط‌زیستی و نیل به اهداف توسعه‌ی پایدار، ناگزیر باید مشخصه‌های محیط‌زیستی در فرآیند مسیریابی خطوط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی دخالت داده شوند. به همین دلیل در انتقال خطوط لوله‌ی گاز طبیعی، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل مطالعاتی و طرح‌ریزی، موضوع طراحی مسیر اولیه یا مطالعات فاز صفر است. روش‌های نوینی برای مسیریابی زیرساخت‌های خطی در سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند و امروزه سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) به برنامه‌ریزان این امکان را می‌دهد که بتوانند مسیرهای بهینه‌ای را برای توسعه‌ی زیرساخت‌های خطی شناسایی کنند. هدف از شناسایی مسیرهای بهینه از یک طرف کاهش آسیب‌های محیطی و از طرف دیگر توجیه‌پذیری فنی و اقتصادی طرح‌ها است. در میان روش‌های مبتنی بر GIS، روش تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر (LCPA) که رایج‌ترین روش GIS در طراحی زیرساخت‌های خطی است، امکان تعیین مسیر بهینه به منظور اتصال دو مکان را با ترکیب معیارهای متعدد می‌دهد. این فرآیند به کمک روش ارزیابی چند معیاره (MCE) انجام می‌گیرد. بر این اساس، در این پژوهش پس از تعیین و شناسایی پارامترهای محیط‌زیستی تاثیرگذار بر مسیریابی خطوط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی در استان گلستان و تهیه و جمع‌آوری نقشه‌های پایه‌ای مورد نیاز، با رعایت اصول فنی مورد نظر کارشناسان شرکت گاز، با استفاده از روش LCPA توسط نرم‌افزار IDRISI و به کمک روش MCE، مسیر پیشنهادی بهینه برای خطوط لوله‌ی انتقال لوله‌ی گاز طبیعی در محدوده‌ی مطالعاتی مورد نظر در استان گلستان شناسایی شد. سپس از طریق روش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، مسیر پیشنهادی مذکور با مسیر پیشنهادی مورد نظر کارشناسان شرکت گاز مقایسه گردید و در نهایت مسیر بهینه مشخص شد. نتایج نشان داد از میان ۱۹ فاکتور مورد بررسی، مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA در ۱۲ فاکتور از مسیر پیشنهادی شرکت گاز مناسب‌تر است، در چهار فاکتور دو مسیر مطلوبیت یکسانی دارند و تنها در سه معیار خطر زلزله، خطر لغزش و تراکم پوشش گیاهی مسیر پیشنهادی شرکت گاز به مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA ارجحیت دارد. از نظر تعداد تقاطع با زیرساخت‌های خطی موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه، مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA تنها از نظر تعداد تقاطع با گسل‌های موجود در منطقه نامناسب بوده و از نظر تقاطع با سایر زیرساخت‌های خطی بر مسیر پیشنهادی شرکت

گاز ارجحیت دارد. طول مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA با اختلاف ۵/۱ کیلومتر نسبت به طول مسیر پیشنهادی شرکت گاز کمتر است. از آنجایی که این روش با در نظر گرفتن تعداد معیارهای بیشتری توجهی مضاعفی به جوانب محیط‌زیستی این گونه توسعه می‌کند، بنابراین می‌تواند اثرات احتمالی منفی محیط‌زیستی ناشی از این توسعه را کاهش دهد. نتایج حاصل از این روش می‌تواند به عنوان چارچوب اولیه در مسیریابی زیرساخت‌های خطی مورد استفاده طراحان و مدیران قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** خط لوله‌ی گاز طبیعی، تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر، مسیریابی بهینه



فصل اول: مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه .....
۲	۲-۱- بیان مسئله .....
۳	۳-۱- کلیات .....
۴	۱-۳-۱- جایگاه گاز طبیعی در تامین انرژی در آینده .....
۵	۲-۳-۱- مدیریت محیطزیست .....
۶	۳-۳-۱- ارزیابی توان سرزمین (ارزیابی توان محیطزیست) .....
۷	۴-۳-۱- ارزیابی اثرات محیطزیستی .....
۷	۵-۳-۱- بخش‌های اصلی چرخه‌ی گاز طبیعی از تولید تا مصرف .....
۸	۴-۱- ضرورت مسیریابی بهینه‌ی خطوط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی .....
۱۱	۵-۱- اهداف و سوالات تحقیق .....
۱۲	۶-۱- جمع‌بندی .....

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۱۴	۲- مرور منابع علمی .....
۱۴	۱-۲- مقدمه .....
۱۴	۲-۲- ارزیابی چند معیاره (MCE) .....
۱۴	۱-۲-۲- انواع فنون MCE .....
۱۴	۱-۱-۲-۲- MCE و رویکرد بولی .....
۱۵	۲-۱-۲-۲- MCE و ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) .....
۱۶	۳-۱-۲-۲- MCE و میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA) .....
۱۷	۳-۲- روش تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر (LCPA) .....

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱۷	۱-۳-۲ نقش GIS در طراحی مسیر بهینه
۱۸	۲-۳-۲ مسیریابی در شبکه‌های سلولی یا رستری در محیط GIS
۱۸	۳-۳-۲ روش تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر (LCPA)
۲۲	۴-۳-۲ تعیین مسیر پیشنهادی جهت توسعه‌ی زیرساخت خطی مذکور به کمک روش LCPA
۲۲	۱-۴-۳-۲ تهیه‌ی لایه‌ی سطح هزینه یا لایه‌ی سطح اصطکاک
۲۳	۲-۴-۳-۲ تهیه‌ی لایه‌ی سطح هزینه‌ی تجمعی
۲۴	۱-۲-۴-۳-۲ روش‌های تشکیل سطح هزینه‌ی تجمعی
۲۶	۳-۴-۳-۲ تعیین کم‌هزینه‌ترین مسیر
۲۸	۴-۲-۴-۳-۲ پیشنهادی تحقیق
۲۸	۱-۴-۲ مرور منابع داخل ایران
۲۹	۲-۴-۲ مرور منابع خارج از ایران
۳۲	۵-۲ جمع‌بندی

### فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳۴	۳-۳ مواد و روش
۳۴	۱-۳ مقدمه
۳۴	۲-۳ منطقه‌ی مورد مطالعه
۳۴	۱-۲-۳ موقعیت جغرافیایی
۳۵	۲-۲-۳ منابع اکولوژیکی
۳۷	۳-۲-۳ منابع اقتصادی - اجتماعی
۳۸	۳-۳ روش کار

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۳-۳- گام اول، تهیه نقشه‌ی مطلوبیت منطقه جهت توسعه‌ی خط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی به کمک روش MCE	۳۸
۱-۳-۳-۱- تعیین هدف	۳۸
۱-۳-۳-۲- تعیین و شناسایی معیارهای موثر بر هدف	۳۸
۱-۳-۳-۱-۲- فاکتور	۳۹
۱-۳-۳-۲-۲- محدودیت	۴۰
۱-۳-۳-۲-۳- نحوه‌ی تهیه نقشه‌ی فرسایش خاک	۴۲
۱-۳-۳-۲-۱-۳- فاکتور فرساینده‌ی باران (R)	۴۳
۱-۳-۳-۲-۲-۳- فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (K)	۴۴
۱-۳-۳-۲-۱-۳- فاکتور طول شیب (L) و درجه‌ی شیب (S)	۴۶
۱-۳-۳-۲-۱-۴- فاکتور فرسایش‌پذیری کاربری و پوشش اراضی (C)	۴۸
۱-۳-۳-۲-۱-۵- فاکتور عملیات حفاظتی (P)	۴۹
۱-۳-۳-۲-۱-۶- تهیه نقشه‌ی فرسایش خاک منطقه	۵۰
۱-۳-۳-۳- استانداردهای معیارها (فاکتورها و محدودیت‌ها)	۵۰
۱-۳-۳-۱- منطق بولین	۵۰
۱-۳-۳-۲- منطق فازی	۵۰
۱-۳-۳-۴- وزن‌دهی فاکتورها	۵۵
۱-۳-۳-۵- تلفیق معیارها به کمک روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)	۶۰
۱-۳-۳-۲- گام دوم، تعیین مسیر پیشنهادی جهت توسعه‌ی زیرساخت خطی مذکور به کمک روش LCPA	۶۲
۱-۳-۳-۳- گام سوم، مقایسه‌ی مسیر پیشنهادی حاصل با مسیر پیشنهادی شرکت گاز از طریق روش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی به منظور تعیین مسیر بهینه	۶۳
۱-۳-۳-۴- جمع‌بندی	۶۳

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل چهارم: نتایج

۶۶	۴- نتایج .....
۶۶	۴-۱- مقدمه .....
۶۶	۴-۲- نتایج حاصل از مراحل گام اول .....
۶۶	۴-۲-۱- نتایج حاصل از مرحله‌ی استانداردسازی معیارها (فاکتورها و محدودیت‌ها) .....
۶۷	۴-۲-۱-۱- استانداردسازی فاکتورها .....
۶۷	۴-۲-۱-۱-۱- سنگ بستر .....
۶۸	۴-۲-۱-۱-۲- خطر زلزله .....
۷۰	۴-۲-۱-۱-۳- خطر زمین لغزش .....
۷۲	۴-۲-۱-۱-۴- هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH) و بافت خاک .....
۷۸	۴-۲-۱-۱-۵- عمق خاک .....
۷۹	۴-۲-۱-۱-۶- فرسایش خاک .....
۸۰	۴-۲-۱-۱-۷- فاصله از چشمه و چاه .....
۸۴	۴-۲-۱-۱-۸- خطر سیل خیزی .....
۸۵	۴-۲-۱-۱-۹- خطر یخبندان .....
۸۷	۴-۲-۱-۱-۱۰- ارتفاع .....
۸۸	۴-۲-۱-۱-۱۱- شیب (زاویه‌ی شیب) .....
۸۹	۴-۲-۱-۱-۱۲- فاصله از خط‌الراس .....
۹۱	۴-۲-۱-۱-۱۳- تراکم پوشش گیاهی، تیپ جنگلی و مطلوبیت زیستگاه .....
۹۵	۴-۲-۱-۱-۱۴- پوشش / کاربری زمین .....
۹۷	۴-۲-۱-۲- استانداردسازی محدودیت‌ها .....
۹۷	۴-۲-۱-۲-۱- خطر زلزله، خطر لغزش، خطر یخبندان .....

## فهرست مطالب

عنوان صفحه

---

۲-۲-۱-۲-۴- هدایت الکتریکی خاک.....	۹۸
۳-۲-۱-۲-۴- فاصله از چشمه و چاه.....	۹۸
۴-۲-۱-۲-۴- تراکم پوشش گیاهی.....	۹۸
۵-۲-۱-۲-۴- فاصله از خطالراس.....	۹۸
۶-۲-۱-۲-۴- مناطق تحت حفاظت.....	۹۸
۷-۲-۱-۲-۴- شهر و روستا.....	۹۹
۲-۲-۴- نتایج حاصل از مرحله‌ی وزن‌دهی فاکتورها.....	۹۹
۳-۲-۴- نتایج حاصل از مرحله‌ی تلفیق معیارها به کمک روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC).....	۱۰۱
۳-۳-۴- نتایج حاصل از مراحل گام دوم.....	۱۰۳
۱-۳-۴- تهیه‌ی لایه‌ی سطح هزینه یا لایه‌ی اصطکاک.....	۱۰۳
۲-۳-۴- تهیه‌ی لایه‌ی سطح هزینه‌ی تجمعی.....	۱۰۴
۳-۳-۴- تعیین کم‌هزینه‌ترین مسیر.....	۱۰۶
۴-۴- نتایج حاصل از گام سوم.....	۱۰۷
۱-۴-۴- مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی از نظر پارامترهای آماری (میانگین و انحراف معیار کل).....	۱۰۹
۲-۴-۴- مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی از نظر تعداد تقاطع با زیرساخت‌های خطی موجود در محدوده‌ی مطالعه.....	۱۱۴
۳-۴-۴- مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی از نظر طول مسیر.....	۱۱۴
۵-۴- جمع‌بندی.....	۱۱۴

### فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۵- بحث و نتیجه‌گیری.....	۱۱۶
۱-۵- مقدمه.....	۱۱۶

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱۶	۲-۵- شرح مختصر از روش مورد استفاده در این پژوهش
۱۱۷	۳-۵- تفسیر نتایج حاصل از مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی
۱۱۷	۱-۳-۵- تفسیر نتایج حاصل از مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی براساس اطلاعات آماری استخراج شده از تابع Extract طبق ۱۹ فاکتور مورد استفاده
۱۲۱	۲-۳-۵- تفسیر نتایج حاصل از مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی براساس تعداد تقاطع با زیرساخت‌های خطی موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه
۱۲۲	۳-۳-۵- تفسیر نتایج حاصل از مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی براساس طول مسیرها
۱۲۲	۴-۵- نتیجه‌گیری کلی
۱۲۳	۵-۵- جمع‌بندی
۱۲۳	۶-۵- پیشنهادها
۱۲۶	منابع
۱۴۰	پیوست

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۴۲	جدول (۱-۳)، مشخصات کلی نقشه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر.....
۴۷	جدول (۲-۳)، ارزش توان $m$ برحسب درصد شیب (تاه، ۲۰۱۱).....
۴۸	جدول (۳-۳) I فاکتور C برای مناطق جنگلی و دست نخورده، II فاکتور C برای مناطق کشاورزی و شهری (تاه، ۲۰۱۱).....
۴۹	جدول (۳-۴)، مقدار فاکتور P براساس مدیریت خاک (تاه، ۲۰۱۱).....
۶۰	جدول (۳-۵)، شاخص RI براساس تعداد معیارها (n)، برگرفته از عفت و حسن، ۲۰۱۳.....
۶۸	جدول (۱-۴)، طبقه‌بندی طبقات زمین‌شناسی بر اساس میزان پایداری و مقاومت سنگ‌ها، درجه‌ی مطلوبیت و وزن آن‌ها.....
۷۸	جدول (۲-۴)، طبقه‌بندی طبقات خاکشناسی براساس میزان خورندگی و مقاومت، درجه‌ی مطلوبیت و وزن.....
۹۳	جدول (۳-۴)، ارزش هریک از طبقات تیپ جنگلی در دامنه‌ی صفر تا ۲۵۵.....
۹۶	جدول (۴-۴)، اولویت‌دهی، میزان مطلوبیت و وزن طبقات پوشش / کاربری زمین.....
۹۹	جدول (۵-۴)، وزن گروه‌ها.....
۱۰۰	جدول (۶-۴)، وزن فاکتورها در هر یک از گروه‌ها.....
۱۰۹	جدول (۷-۴)، SD کل و میانگین سنگ بستر عبوری از مسیرهای پیشنهادی.....
۱۰۹	جدول (۸-۴)، SD کل و میانگین خطر زلزله مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۰	جدول (۹-۴)، SD کل و میانگین خطر لغزش مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۰	جدول (۱۰-۴)، SD کل و میانگین EC خاک مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۰	جدول (۱۱-۴)، SD کل و میانگین pH خاک مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۰	جدول (۱۲-۴)، SD کل و میانگین بافت خاک مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۱	جدول (۱۳-۴)، SD کل و میانگین عمق خاک مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۱	جدول (۱۴-۴)، SD کل و میانگین فرسایش‌پذیری خاک مسیرهای پیشنهادی.....
۱۱۱	جدول (۱۵-۴)، SD کل و میانگین فاصله‌ی مسیرهای پیشنهادی از چشمه‌ها.....

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۱۱۱	جدول (۴-۱۶)، SD کل و میانگین فاصله‌ی مسیرهای پیشنهادی از چاه‌ها
۱۱۲	جدول (۴-۱۷)، SD کل و میانگین خطر سیل مسیرهای پیشنهادی
۱۱۲	جدول (۴-۱۸)، SD کل و میانگین خطر یخبندان مسیرهای پیشنهادی
۱۱۲	جدول (۴-۱۹)، SD کل و میانگین ارتفاع مسیرهای پیشنهادی
۱۱۲	جدول (۴-۲۰)، SD کل و میانگین درصد شیب مسیرهای پیشنهادی
۱۱۳	جدول (۴-۲۱)، SD کل و میانگین فاصله‌ی مسیرهای پیشنهادی از خط‌الراس
۱۱۳	جدول (۴-۲۲)، SD کل و میانگین عبور مسیرهای پیشنهادی از پوشش گیاهی
۱۱۳	جدول (۴-۲۳)، SD کل و میانگین عبور مسیرهای پیشنهادی از تیپ‌های جنگلی
۱۱۳	جدول (۴-۲۴)، SD کل و میانگین عبور مسیرهای پیشنهادی از مطلوبیت زیستگاه
۱۱۳	جدول (۴-۲۵)، SD کل و میانگین پوشش / کاربری اراضی عبوری از مسیرهای پیشنهادی
	جدول (۴-۲۶)، مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی از نظر تعداد تقاطع با زیرساخت‌های خطی موجود
۱۱۴	در منطقه
۱۱۴	جدول (۴-۲۷)، مقایسه‌ی دو مسیر پیشنهادی از نظر طول مسیرها



## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

۱۲	شکل (۱-۱)، نگاره‌ی فرآیند تعیین مسیر بهینه‌ی خطوط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی
۲۰	شکل (۱-۲)، محل راس‌ها و یال‌ها در یک شبکه‌ی برداری (کولیشن و پیلار، ۲۰۰۰)
۲۰	شکل (۲-۲)، محل راس‌ها و یال‌ها در یک شبکه‌ی رستری (پیتو و کیت، ۲۰۰۹)
۲۱	شکل (۳-۲)، انواعی از الگوهای سلول‌های همسایگی (استاهل، ۲۰۰۵)
۲۴	شکل (۴-۲)، حرکت در جهت‌های افقی یا عمودی (ابراهیمی پور و همکاران، ۱۳۸۵)
۲۴	شکل (۵-۲)، حرکت در جهت‌های قطری
۲۵	شکل (۶-۲)، مدل هزینه‌ی تجمعی متقارن (کولیشن و پیلار، ۲۰۰۰)
۲۵	شکل (۷-۲)، مدل هزینه‌ی تجمعی نامتقارن (کولیشن و پیلار، ۲۰۰۰)
۲۶	شکل (۸-۲)، مدل هزینه‌ی تجمعی کاملاً نامتقارن (کولیشن و پیلار، ۲۰۰۰)
۲۷	شکل (۹-۲)، فرآیند تعیین مسیر در مدل رستری (ابراهیمی پور و همکاران، ۲۰۰۹)
۳۵	شکل (۱-۳)، موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه
۴۵	شکل (۲-۳)، نمودارهای مورد استفاده جهت محاسبه‌ی فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (رفاهی، ۱۳۸۵)
۵۱	شکل (۳-۳)، نمونه‌ای از تفاوت بین مجموعه‌ی فازی و مجموعه‌ی خشک بولین
۵۴	شکل (۴-۳)، تابع عضویت سیگموئید
۵۴	شکل (۵-۳)، تابع عضویت
۵۴	شکل (۶-۳)، تابع عضویت خطی
۵۵	شکل (۷-۳)، تابع عضویت تعریف شده توسط کاربر
۵۷	شکل (۸-۳)، مقیاس معکوس نه واحدی توسعه یافته توسط ساعتی (۱۹۷۷)، برگرفته از اتکینسن و همکاران، ۲۰۰۵
۵۷	شکل (۹-۳)، مقیاس معکوس نه واحدی توسعه یافته توسط ساعتی (۱۹۷۷)، برگرفته از برتولینی و براگلیا، ۲۰۰۶
۶۴	شکل (۱۰-۳)، نگاره‌ی مراحل انجام پژوهش

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل (۱-۴)، تابع عضویت فازی خطر زلزله ..... ۶۹
- شکل (۲-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور سنگ بستر ..... ۷۰
- شکل (۳-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور خطر زلزله ..... ۷۰
- شکل (۴-۴)، تابع عضویت فازی خطر لغزش ..... ۷۲
- شکل (۵-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور خطر زمین لغزش ..... ۷۲
- شکل (۶-۴)، تابع عضویت فازی EC خاک (بر حسب دسی زیمنس بر متر) ..... ۷۶
- شکل (۷-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور هدایت الکتریکی خاک (EC) ..... ۷۷
- شکل (۸-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور اسیدیته‌ی خاک (pH) ..... ۷۷
- شکل (۹-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور بافت خاک ..... ۷۸
- شکل (۱۰-۴)، تابع عضویت فازی عمق خاک ..... ۷۹
- شکل (۱۱-۴)، تابع عضویت فازی فرسایش خاک (بر حسب تن در هکتار در سال) ..... ۷۹
- شکل (۱۲-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور عمق خاک ..... ۸۰
- شکل (۱۳-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور فرسایش خاک ..... ۸۰
- شکل (۱۴-۴)، تابع عضویت فازی فاصله از چشمه (بر حسب متر) ..... ۸۳
- شکل (۱۵-۴)، تابع عضویت فازی فاصله از چاه (بر حسب متر) ..... ۸۳
- شکل (۱۶-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور فاصله از چشمه ..... ۸۴
- شکل (۱۷-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور فاصله از چاه ..... ۸۴
- شکل (۱۸-۴)، تابع عضویت فازی خطر سیل خیزی ..... ۸۵
- شکل (۱۹-۴)، تابع عضویت فازی خطر یخبندان ..... ۸۶
- شکل (۲۰-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور خطر سیل خیزی ..... ۸۷
- شکل (۲۱-۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور خطر یخبندان ..... ۸۷
- شکل (۲۲-۴)، تابع عضویت فازی ارتفاع (بر حسب متر) ..... ۸۸
- شکل (۲۳-۴)، تابع عضویت فازی شیب (بر حسب درصد) ..... ۸۹

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل (۴-۲۴)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور ارتفاع ..... ۸۹
- شکل (۴-۲۵)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور شیب ..... ۸۹
- شکل (۴-۲۶)، تابع عضویت فازی فاصله از خط‌الراس (برحسب متر) ..... ۹۰
- شکل (۴-۲۷)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور فاصله از خط‌الراس ..... ۹۰
- شکل (۴-۲۸)، تابع عضویت فازی تراکم پوشش گیاهی ..... ۹۲
- شکل (۴-۲۹)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور تراکم پوشش گیاهی ..... ۹۴
- شکل (۴-۳۰)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور تیپ جنگلی ..... ۹۴
- شکل (۴-۳۱)، تابع عضویت فازی مطلوبیت زیستگاه ..... ۹۴
- شکل (۴-۳۲)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور مطلوبیت زیستگاه ..... ۹۵
- شکل (۴-۳۳)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور پوشش / کاربری زمین ..... ۹۷
- شکل (۴-۳۴)، چارچوب کلی تهیه‌ی نقشه‌ی مطلوبیت منطقه ..... ۱۰۲
- شکل (۴-۳۵)، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه جهت توسعه‌ی خط لوله‌ی انتقال گاز طبیعی ..... ۱۰۳
- شکل (۴-۳۶)، نقشه‌ی سطح هزینه یا لایه‌ی اصطکاک ..... ۱۰۴
- شکل (۴-۳۷)، تابع Cost و ورودی‌های مورد نیاز در تهیه‌ی لایه‌ی سطح هزینه‌ی تجمعی ..... ۱۰۵
- شکل (۴-۳۸)، نقشه‌ی سطح هزینه‌ی تجمعی ..... ۱۰۵
- شکل (۴-۳۹)، تابع Pathway و ورودی‌های مورد نیاز در تعیین مسیر بهینه ..... ۱۰۶
- شکل (۴-۴۰)، نقشه‌ی مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA ..... ۱۰۶
- شکل (۴-۴۱)، نقشه‌ی مسیر پیشنهادی شرکت گاز استان گلستان ..... ۱۰۸
- شکل (۴-۴۲)، موقعیت دو مسیر پیشنهادی جهت انتقال خطوط لوله‌ی گاز طبیعی ..... ۱۰۸

فصل اول

مقدمه و کلیات