

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

سند اولویت بندی راه های استانی استان قم

کد گزارش: TECO-RE-P25

تیرماه ۱۳۸۶

سرشناسه	: ایران وزارت راه و ترابری. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری.
عنوان و نام پدیدآور	: سند اولویت‌بندی راه‌های استانی - استان قم / تهیه‌کننده وزارت راه و ترابری - معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری.
مشخصات نشر	: تهران کانون تفکر، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری	: ث، ۳۵ص: مصور، جدول، نقشه، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴۲-۹۳۶-۰۹-۰
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۸.
یادداشت	: واژه‌نامه
موضوع	: راه‌ها-- ایران -- قم -- آمار.
رده‌بندی کنگره	: HE ۳۶۵/الف/۹۴
رده‌بندی دیوی	: ۳۸۸/۱۰۹۵۵۱۲۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۱۰۱۷۴۲

عنوان	: سند اولویت‌بندی راه‌های استانی - استان قم
تهیه کننده	: وزارت راه و ترابری - معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
ناشر	: کانون تفکر
طرح جلد	: لیلا سلوکی
کد انتشار	: ۸۶/RRCM/۲۴۴
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۹۳۶-۰۹-۰
کد گزارش	: TECO- RE- P ۲۵
نوبت چاپ	: اول
تاریخ انتشار	: پاییز ۱۳۸۶
لیتوگرافی	: باران
چاپ و صحافی	: پژمان
نشانی	: میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس‌آباد - ساختمان شهیددادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
	وب سایت فروش نشریات http://shop.rahiran.ir

کلیه حقوق متعلق به وزارت راه و ترابری می‌باشد



وزارت راه و ترابری
وزیر

بسمه تعالی

شماره: ۱۱۳۷۲، ۱۱
تاریخ: ۱۳۸۶/۷/۱۸
پست:

اداره کل راه و ترابری استان قم

سلام علیکم

به استناد بند الف ماده ۲۸ قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور در چارچوب برنامه توسعه حمل و نقل کشور و با توجه به اعتبارات منجوب برای ساخت و توسعه راه ها در سطح استان ها و لزوم اولویت بندی راه های در حال ساخت و مطالعه هر استان به جهت تخصیص بهینه و دستیابی به حداکثر بازدهی اعتبارات در دوره های کوتاه مدت سند اولویت بندی راه های استانی که براساس ضوابط اقتصادی، اجتماعی و مشخصات حمل و نقل راه ها در قالب مدل های ریاضی و استفاده از نظرات مدیران و متخصصین آن استان تهیه و تدوین شده است؛ به عنوان راهنمایی کاربردی جهت بهره برداری لازم ابلاغ می گردد.

امید است پاتلاش مستمر درجهت به روز نمودن سند مذکور، گزارش پیشرفت آن را به صورت مرحله ای به معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری ارسال نمایید.

فهرست مطالب

همکاران اصلی پروژه:	.....	ث
مقدمه	.....	۱
فصل ۱- شناخت استان قم	.....	۴
۱-۲- جمع آوری داده و اطلاعات	.....	۵
۱-۲-۱- اطلاعات اداره کل راه و ترابری استان قم	.....	۵
۲-۲-۱- اطلاعات شرکت مترا (مشاور طرح جامع حمل‌ونقل کشور)	.....	۶
۱-۲-۳- اطلاعات دفتر اطلاعات و آمار حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری	.....	۷
۱-۲-۴- اطلاعات مرکز آمار ایران	.....	۷
۱-۳- یکپارچه سازی اطلاعات	.....	۷
الف- استخراج اطلاعات استان قم از اطلاعات کشوری	.....	۷
ب- هم‌گون سازی سیستم‌های مختصات	.....	۸
فصل ۲- تحلیل اطلاعات و اولویت‌بندی راه‌ها	.....	۱۰
۱-۲- تحلیل اطلاعات توصیفی مرکز آمار ایران	.....	۱۰
۲-۲- تحلیل مکانی نواحی نسبت به راه‌ها	.....	۱۲
گام ۱- محاسبه عرض بافر هر راه	.....	۱۴
گام ۲- محاسبه تعداد نواحی در هر بافر	.....	۱۴
گام ۳- تعیین و ارزش‌یابی شاخص‌های موثر بر اولویت‌بندی راه‌های استان قم	.....	۱۵
گام ۴- بی‌بُعد سازی شاخص‌ها	.....	۱۶
گام ۵- وزن‌دهی شاخص‌ها	.....	۱۷
فصل ۳- اولویت‌بندی راه‌های استان قم	.....	۲۲
۱-۳- روش اول: محاسبه اندیس منفعت به هزینه برای هر راه	.....	۲۲
۲-۳- روش دوم: استفاده از مساله کوله‌پشتی	.....	۲۳
۳-۳- مقایسه دو روش و محاسبه اولویت نهایی	.....	۲۶
منابع و مراجع	.....	۲۸
پیوست ۱: جداول تکمیل شده AHP توسط صاحب‌نظران استان	.....	۲۹
پیوست ۲: نمونه محاسبات مساله کوله‌پشتی در محیط نرم افزاری QSB	.....	۳۳

فهرست جدول شماره‌ها

جدول شماره (۱). وزن‌دهی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم (صاحب‌نظر ۱) ۱۹	
جدول شماره (۲). وزن‌دهی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم (صاحب‌نظر ۲)	۲۰
جدول شماره (۳). وزن‌دهی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم (صاحب‌نظر	۲۰
جدول شماره (۴). ارزش‌یابی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم	۲۱
جدول شماره (۵). رتبه‌بندی راه‌ها به روش اندیس منفعت به هزینه	۲۳
جدول شماره (۶). نتیجه اجرای روش کوله‌پشتی برای اولویت‌بندی راه‌ها	۲۵
جدول شماره (۷). رتبه‌بندی راه‌ها به روش مساله کوله‌پشتی	۲۵
جدول شماره (۸). مقایسه دو روش در حل مساله اولویت‌بندی	۲۶

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱). متدولوژی انجام مطالعه اولویت‌بندی راه‌های استان قم..... ۳
- شکل (۲). تصویرنامه دریافت اطلاعات راه‌های استان قم..... ۶
- شکل (۳). لایه‌های اطلاعاتی استان قم..... ۹
- شکل (۴). پراکندگی انواع نواحی در استان قم..... ۱۱
- شکل (۵). پراکندگی راه‌های مورد مطالعه در استان قم..... ۱۳
- شکل (۶). نمودار مقایسه‌ای دو روش استفاده شده در اولویت‌بندی راه‌های استان قم..... ۲۶
- شکل (۷). اولویت احداث راه‌های استان قم..... ۲۷

همکاران اصلی پروژه:

مدیر پروژه:	مهندس محسن صادقی	کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل‌ونقل
کارشناس مسئول پروژه:	مهندس مهدی سورگی	کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای
کارشناس و ناظر پروژه:	مهندس محمدرضا فرشیدنژاد	کارشناس ارشد مدیریت پروژه و ساخت
کارشناس پروژه:	مهندس رضا شهنی دزفولیان	کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل‌ونقل
همکاران استانی:	مهندس داریوش نظری	مدیر کل اداره راه و ترابری قم
	مهندس رهاورد	معاون راهسازی
	مهندس نادعلی	معاون راهداری

همچنین از آقایان دکتر حسین پورزاهدی؛ عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف که در حین انجام پروژه از راهنمایی‌های ایشان استفاده شد و مهندس محمد رضا فرشیدنژاد که نظارت این پروژه را به عهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

مقدمه

تسهیلات رفت و آمد یکی از بزرگترین سرمایه‌های کشور و از ارکان توسعه اقتصادی آن محسوب می‌شود. هرچه سیستم‌های حمل‌ونقل مناسب‌تر و مطلوب‌تر باشد، امکانات برای توسعه، پیشرفت و تامین آسایش و رفاه عمومی افزون‌تر است.

هر ساله مبالغ بسیاری صرف سرمایه‌گذاری در ساخت و توسعه راه‌های برون شهری در درون استان‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه این مبالغ به نحو محسوسی نسبت به اعتبارات مورد نیاز و تعداد پروژه‌های موجود کم‌تر است، توزیع بهینه اعتبارات و انتخاب پروژه‌های اولویت‌دار به عنوان یک مساله جدی و مهم مطرح بوده و چنان‌چه با یک اولویت‌بندی منطقی پروژه‌های موردنظر در نوبت اجرا قرار گیرند، می‌توان حداکثر بازدهی را از اعتبارات و اجرای طرح‌های سالیانه بدست آورد.

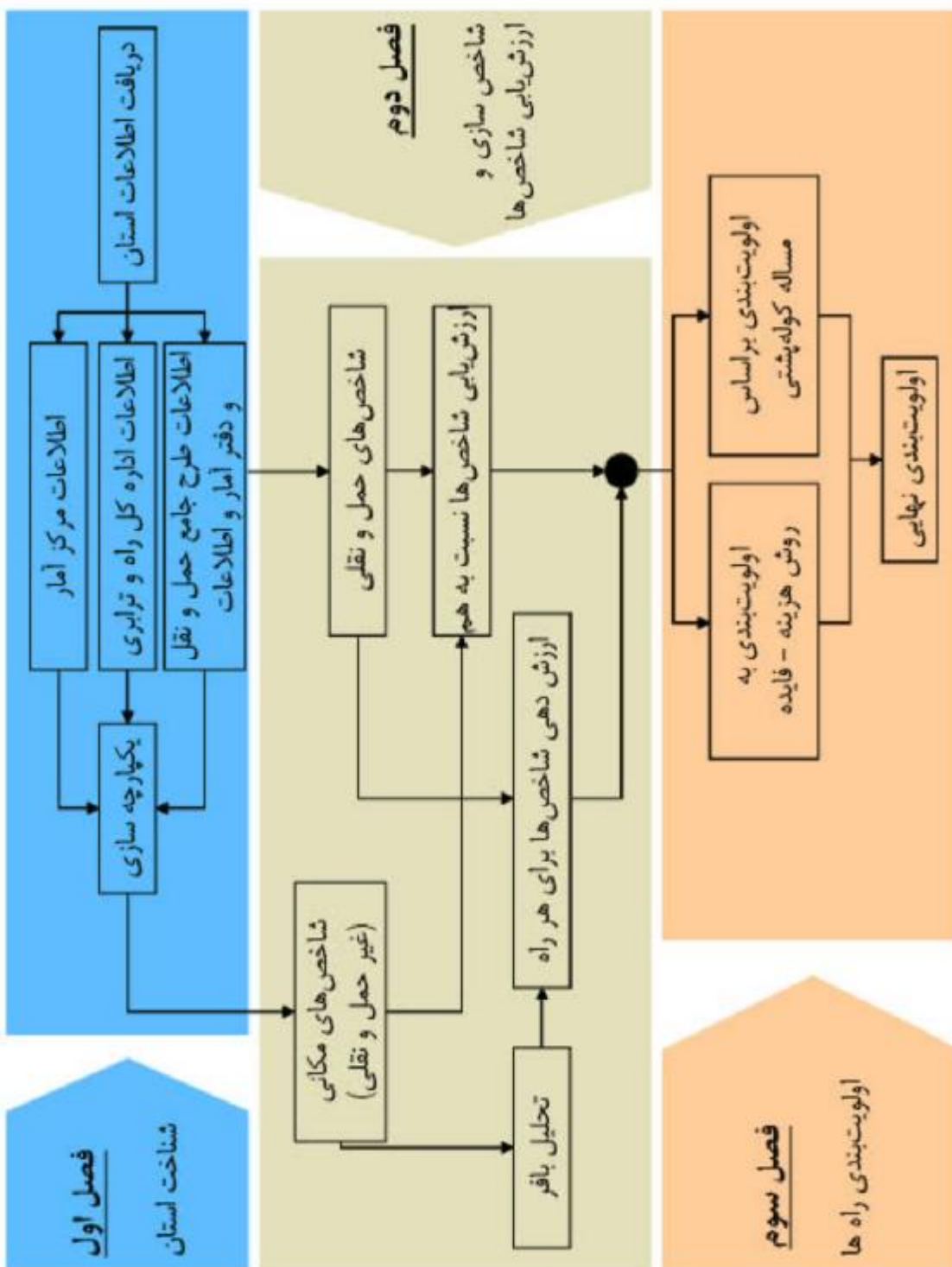
بدیهی است وقتی تعداد گزینه‌های موجود از چند گزینه تجاوز می‌کند نمی‌توان به مساله به صورت صرفاً کیفی نگریست و باید همه مولفه‌ها به صورت یک پارامتر کمی قابل سنجش درآیند تا امکان ارزیابی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر فراهم آید. از این رو ضرورت ارایه روشی که بتواند با توجه به شاخص‌ها و پارامترهای تاثیرگذار و با اهمیت اولویت اجرای پروژه‌ها را تعیین نماید کاملاً مشهود است. در تهیه این سند که به دستور مقام عالی وزارت راه و ترابری و با رهنمودهای ایشان در دفتر هماهنگی و ارزیابی نظام‌های حمل‌ونقل در حوزه معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری به انجام رسیده، ضمن بررسی ویژگی‌ها و مشخصات راه‌های در حال ساخت، درحال مطالعه و پیشنهادی هر استان که شامل ویژگی‌ها اقتصادی، اجتماعی، خدماتی و مشخصات حمل‌ونقلی و هزینه‌ای است، مدلی برای اولویت‌بندی ارایه شده است و به دو روش مورد تحلیل قرار گرفته است. ضمن اینکه از نظرات مدیران هر استان نیز حداکثر استفاده شده است. در پایان براساس نتایج حاصل از اجرای روش‌های فوق راه‌های استانی اولویت‌بندی شده‌اند.

با توجه به اتمام طرح جامع حمل‌ونقل طی یک سال و نیم آینده که منجر به تولید سندی برای اولویت‌بندی راه‌های شریانی و ملی می‌شود، در تهیه این سند بیش‌تر به راه‌های استانی توجه شده و نقش مکمل را برای طرح جامع حمل‌ونقل دارد و باید در بازه زمانی حداکثر دو ساله مورد بازنگری قرار گیرد.

فصل اول این مطالعه به شناخت استان و جمع‌آوری داده‌های لازم در دسترس پرداخته است سپس در فصل دوم با توجه به اطلاعات دریافتی و شناخت نسبی که از استان به‌وجود آمده شاخص‌هایی در

دو دسته حمل‌ونقلی و غیر حمل‌ونقلی تدوین، ارزش‌یابی و برای هر راه ارزش‌دهی می‌شود. سپس در فصل آخر با استفاده از دو روش علمی مطرح کاملاً مجزا (روش کوله‌پشتی و روش هزینه فایده) اولویت‌بندی احداث راه‌های استانی مشخص می‌شود. شکل (۱) متدولوژی انجام مطالعات را نشان می‌دهد.

در خاتمه معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری آماده دریافت نظرات مدیران، متخصصین، کارشناسان و صاحب‌نظران برای بهبود نتایج می‌باشد.



شکل (۱). متدولوژی انجام مطالعه اولویت‌بندی راه‌های استان قم.

فصل ۱- شناخت استان قم

استان قم دارای مساحتی حدود ۱۱۵۲۶ کیلومتر مربع بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۷۵، به مرکزیت قم و دارای یک شهرستان به نام قم بوده است. وسعت این شهرستان برابر با وسعت استان قم می‌باشد و دارای ۵ شهر، ۱۰ دهستان و ۳۶۳ آبادی دارای سکنه است. پنج بخش آن عبارت‌اند از: جعفرآباد، خلجستان، مرکزی، سلفچگان و کهک. آب و هوای قم در طبقه بندی اقلیمی کشور در زمره آب و هوای نیمه بیابانی (جزو اقلیم کویری و خشک) محسوب می‌شود و دلیل آن نزدیک بودن به منطقه بیابانی مرکز ایران است. تابستان‌های آن گرم و خشک و زمستان‌های آن کم و بیش سرد است اختلاف دمای سالیانه نسبتاً زیاد و در اغلب اوقات خشکی هوا غلبه دارد. علیرغم آب و هوای خشک و نیمه بیابانی این استان مناطق خوش آب و هوایی اطراف شهر قم وجود دارد که برخوردار از آب و هوای سرد کوهستانی بوده و محل مناسبی برای گذراندن تعطیلات و ایام گرم سال می‌باشد. جمعیت شهرستان قم مطابق بر آمار مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۲ حدود ۹۹۱ هزار نفر بوده است که ۹۱/۱۶ درصد آن در نقاط شهری ساکن می‌باشد.

استان قم دارای ۶۳۸/۷ کیلومتر راه است که ۱۳۹ کیلومتر آن آزاد راه، ۸۷/۵ کیلومتر راه اصلی چهارخطه، ۶۹ کیلومتر راه اصلی عریض، ۱۰۱/۱ کیلومتر راه اصلی معمولی، ۶۳/۵ کیلومتر راه فرعی عریض، ۱۳۴/۸ کیلومتر راه فرعی معمولی و ۴۳/۸ کیلومتر راه دسترسی می‌باشد. جدول شماره ۱ نام محورها و طول آنها را نمایش می‌دهد.

جدول شماره (۱) - نام و طول راه‌های استان قم

ردیف	نام محور	نوع	طول KM	ردیف	نام محور	نوع	طول KM
۱	اتوبان قم - تهران	آزاد راه	۶۷	۹	سلفچگان - راهجرد	اصلی معمولی	۱۷/۸
۲	اتوبان قم - کاشان	آزاد راه	۵۲	۱۰	قم - نيزار	فرعی عریض	۶۳/۵
۳	کمربندی قم	آزاد راه	۲۰	۱۱	قم - گازران	فرعی معمولی	۵۱
۴	قم - سلفچگان	اصلی ۴ خطه	۵۲/۲	۱۲	باغیک - تفرش	فرعی معمولی	۴۳
۵	سلفچگان - دلیجان	اصلی ۴ خطه	۳۵/۳	۱۳	لنگرود - کهک	فرعی معمولی	۲۰/۸
۶	قم - تهران	اصلی عریض	۶۹	۱۴	نورآباد - دستجرد	فرعی معمولی	۲۰
۷	قم - کاشان	اصلی معمولی	۴۳/۳	۱۵	سایر راه‌های آسفالته	سایر	۳۱/۳
۸	سلفچگان - ساوه	اصلی معمولی	۴۰	۱۶	سایر راه‌های شنی	سایر	۱۲/۵

عمده ترین کالاهای خارج شده از استان پودر سنگ ، انواع آجر و انواع لوله های آهنی است و بیش‌ترین کالای وارد شده به این استان سنگ سنگبری ، نفت کوره و انواع لوله های آهنی می باشد .

بر اساس آمار سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای در سال (جدول شماره ۲) ۱۳۸۴ ، ۴۰۵۱ هزار تن کالا وارد و ۳۲۶۵ هزار تن کالا از این استان خارج شده است. همچنین جابجایی درون استانی کالا، ۱۰۷ هزار تن بوده است.

به لحاظ جابجایی مسافر ، تعداد مسافران ورودی به این استان ۲۵۲۴ هزار نفر، و مسافران خروجی ۲۶۰۱ هزار نفر بوده‌اند و همچنین ۱۸ هزار نفر مسافر در درون استان سفر داشته‌اند.

جدول شماره (۲). مقدار بار وارده و خارج شده از استان قم در سال ۱۳۸۴

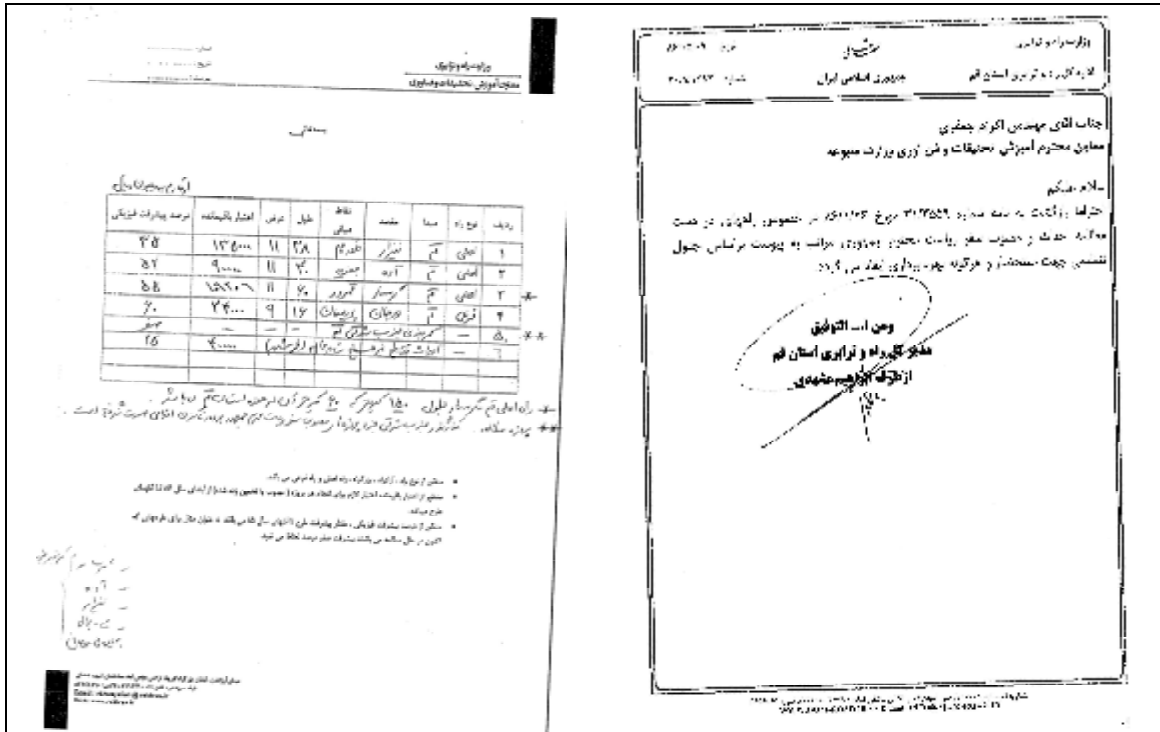
درون استانی	خارج شده	وارده	
۱۰۷ هزار تن	۳۲۶۵ هزار تن	۴۰۵۱ هزار تن	بار
۱۸ هزار نفر	۲۶۰۱ هزار نفر	۲۵۲۴ هزار نفر	مسافر

۱-۲- جمع آوری داده و اطلاعات

در راستای انجام این مطالعات، اطلاعاتی به شرح ذیل از ادارات کل راه و ترابری استان، وزارت راه و ترابری، شرکت مترا و مرکز آمار ایران، جمع آوری و یکپارچه سازی شده‌اند.

۱-۲-۱- اطلاعات اداره کل راه و ترابری استان قم

اداره کل راه و ترابری استان قم در پاسخ به نامه شماره ۳۱/۳۵۵۹ مورخ ۸۶/۱/۲۶ معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه مبنی بر اعلام راه‌های در دست احداث و مطالعه، جوابیه‌ای به تاریخ ۸۶/۲/۹ و شماره ۳۰/۵/۱۲۸۳ ارسال نموده که در آن فهرست راه‌ها به همراه مشخصات خواسته شده آمده است. شکل (۲) تصویر این نامه را نشان می‌دهد.



شکل (۲). تصویرنامه دریافت اطلاعات راه‌های استان قم.

۱-۲-۲-۱- اطلاعات شرکت مترا (مشاور طرح جامع حمل‌ونقل کشور)

این اطلاعات که در چارچوب مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل کشور جمع‌آوری گشته، دارای مقیاس ملی بوده و می‌تواند در این مقیاس مورد استفاده قرار گیرد، اطلاعات مورد نظر به شرح زیر می‌باشد:

- مرزبندی استان‌های کشور^۱
- مرزبندی شهرستان‌ها^۲
- شبکه راه‌های شریانی کشور در طرح جامع حمل‌ونقل^۳
- شبکه ریلی کشور در طرح جامع حمل‌ونقل^۴
- فرودگاه‌ها^۵
- و

۱- با نام Ostan_Border و شامل اطلاعات هندسی و مکانی هر استان.

۲- با نام Shahrestan new و شامل اطلاعات مکانی، هندسی، اقتصادی و اجتماعی شهرستان در سال ۱۳۸۱.

۳- با نام Arterial و شامل اطلاعات مکانی، هندسی و حمل‌ونقلی جاده‌ای.

۴- با نام Rail شامل اطلاعات مکانی، هندسی و حمل‌ونقلی ریلی. که دقت ترسیم هندسی آن بسیار کم است.

۵- با نام Airport-final شامل اطلاعات مکانی فرودگاه‌های کشور.

۱-۲-۳- اطلاعات دفتر اطلاعات و آمار حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری

این اطلاعات زیر نظر دفتر آمار و اطلاعات وزارت راه و ترابری تهیه و برای اهداف مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- اطلاعات مرزبندی تقسیمات کشوری تا دقت دهستان
- توپوگرافی کشور با دقت ۱:۵۰۰۰۰۰
- موقعیت مکانی تسهیلات حمل‌ونقل جاده‌ای نظیر: پاسگاه پلیس‌راه، تیرپارک، بیمارستان، پمپ بنزین و ...
- موقعیت مکانی تاسیسات حمل‌ونقل جاده‌ای نظیر: آب‌نما، آبرو، پل، کانال، تونل و ...
- موقعیت مکانی روستاها همراه با اطلاعات جمعیت و امکانات رفاهی.

۱-۲-۴- اطلاعات مرکز آمار ایران

این اطلاعات که از بخش نقشه و یا سایت اینترنتی مرکز آمار ایران برای استان قم تهیه (خریداری) شده، عبارتست از:

- اطلاعات مرزبندی تقسیمات کشوری تا دقت بخش
- اطلاعات مکانی راه‌های آسفالتی، شوسه، خاکی و مالرو در آمارگیری سال ۱۳۸۵
- اطلاعات مکانی نواحی در آمارگیری سال ۱۳۸۵^۱
- جمعیت ساکن در آبادی‌ها و شهرهای استان به تفکیک زن، مرد و خانوار در سال ۱۳۸۵

۱-۳- یکپارچه سازی اطلاعات

همان‌گونه که در بخش قبل ملاحظه شد اطلاعات اخذ شده از منابع دارای عدم همپوشانی و تقریباً مستقل بوده و با توجه به نا همگونی سیستم‌های مختصات مبنا، لایه‌های مختلف روی یکدیگر قرار نگرفته‌اند. لذا یکی از مهم‌ترین اقدامات، یکپارچه‌سازی این اطلاعات در یک سیستم مختصات جهانی می‌باشد، این موضوع به صورت زیر انجام شد:

الف- استخراج اطلاعات استان قم از اطلاعات کشوری

با توجه به مقیاس ملی اطلاعات شرکت مترا و دفتر آمار و اطلاعات وزارت راه و ترابری بر اساس لایه اطلاعاتی مرزبندی استان قم تمامی اطلاعات در سطح این استان استخراج گردید. اطلاعات مورد نظر عبارتند از:

- اطلاعات تقسیمات کشوری (استان، شهرستان، بخش و دهستان) [۱]
- اطلاعات توپوگرافی استان [۱]

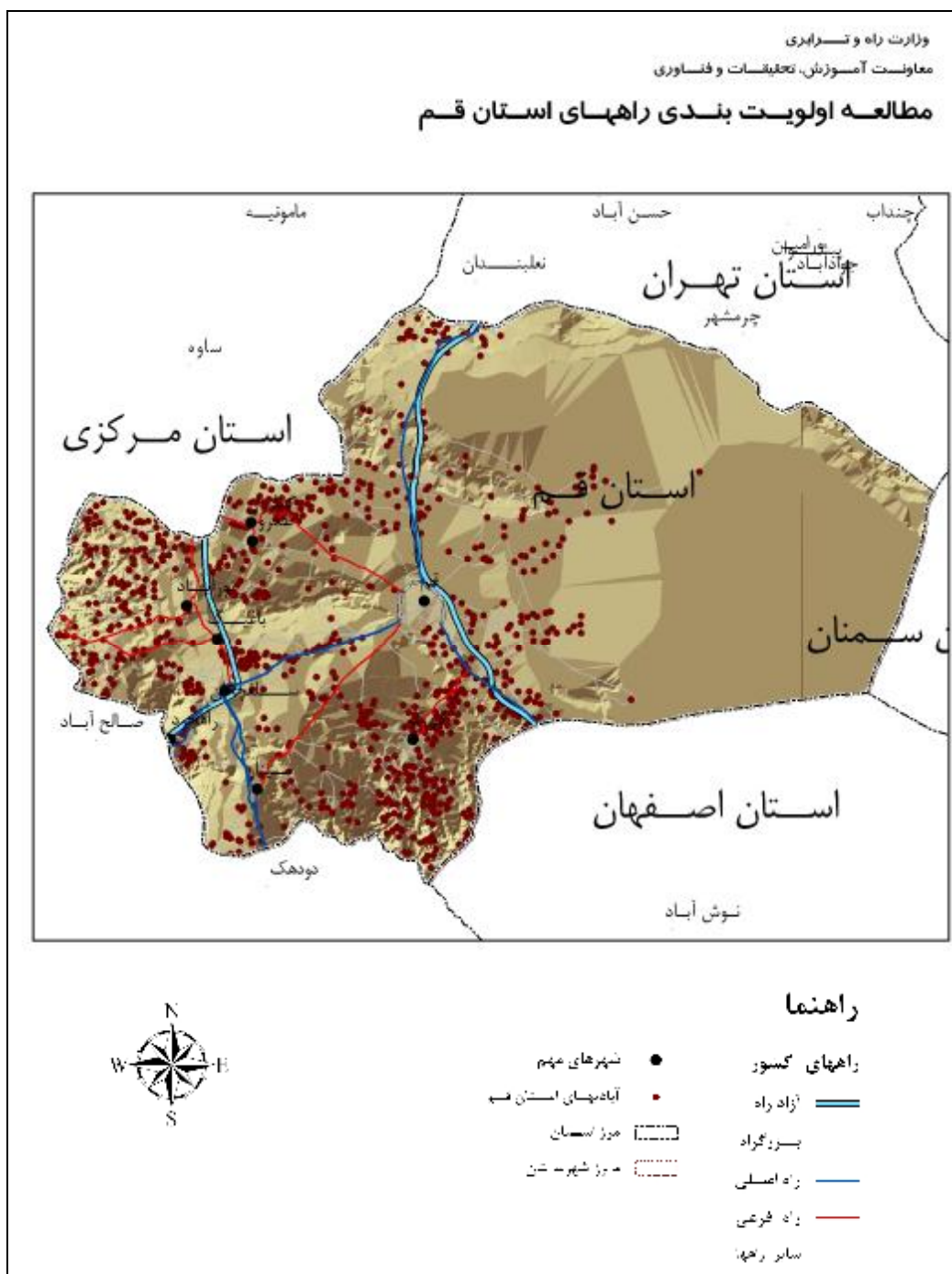
^۱ - شامل: آبادی‌ها، مزارع، معادن و ... که شرح کامل آن در فصل تحلیل آمده است.

- شهرهای مهم استان [۱]
- راه‌های مهم کشوری [۱]
- راه‌های استانی [۳]
- آبادی‌های استان [۳]
- راه‌های مورد مطالعه [۴]

ب- هم‌گون سازی سیستم‌های مختصات^۱

لایه‌های اطلاعاتی جمع آوری شده در سیستم‌های مختصات مختلفی قرار داشتند که این سیستم‌های مختصات عبارت بودند از: Lambert Conformal Conic، WGS_۱۹۸۴_UTM_Zone_۳۸N و WGS_۱۹۸۴_UTM_Zone_۳۹N که با استفاده از ابزار Projection در محیط ArcGIS به WGS_۱۹۸۴_UTM_Zone_۳۸N تبدیل شدند. شکل (۳) این لایه‌ها را پس از هم‌گون سازی نشان می‌دهد.

^۱ Georeferencing



شکل (۳). لایه‌های اطلاعاتی استان قم.

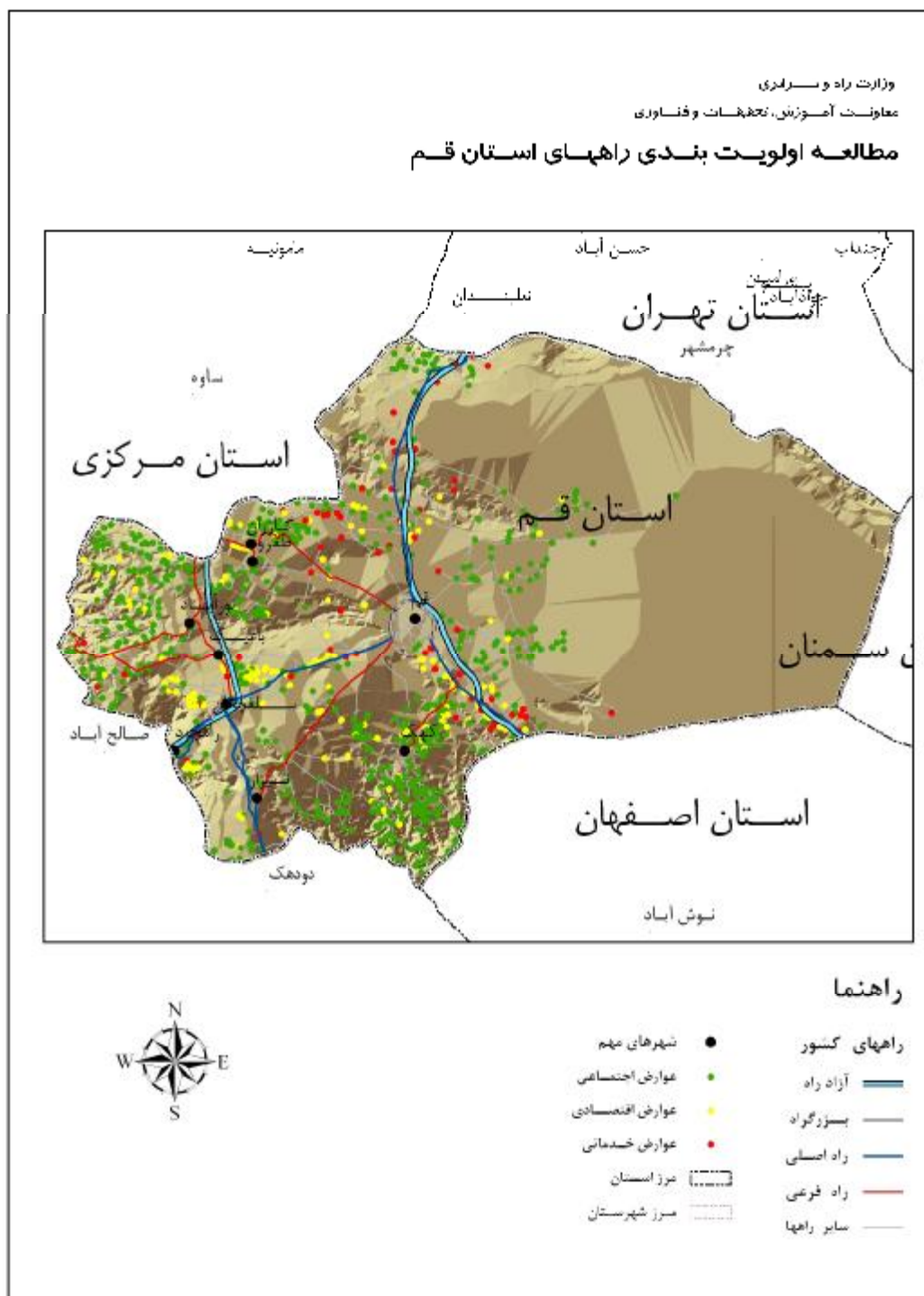
فصل ۲- تحلیل اطلاعات و اولویت‌بندی راه‌ها

۲-۱- تحلیل اطلاعات توصیفی مرکز آمار ایران

تعداد ۱۲۴۹ رکوردهای اطلاعاتی در فایل نواحی مکانی مرکز آمار با ذکر نام موجود بوده که این نواحی با توجه به نام مطابق جدول شماره (۳) طبقه بندی شده و پراکندگی این نواحی در سطح استان مطابق شکل (۴) می‌باشد.

جدول شماره (۳). طبقه بندی انواع نواحی در بانک اطلاعات مکانی مرکز آمار ایران

نوع ناحیه	طبقه بندی ناحیه
اجتماعی	آبادی‌ها، مراکز نظامی، مراکز آموزشی و
اقتصادی	معادن، کارخانجات، شرکت‌ها، موسسات، مزارع، دامداری‌ها و گاوداری‌ها، کشتارگاه‌ها و
خدماتی	ایستگاه‌ها، فرودگاه‌ها، پاسگاه‌ها، راهدارخانه‌ها و



شکل (۴). پراکندگی انواع نواحی در استان قم

۲-۲- تحلیل مکانی نواحی نسبت به راه‌ها.

راه‌های مورد مطالعه در این قسمت ۴ راهی هستند که اداره کل راه و ترابری استان به عنوان موارد لازم برای اولویت‌بندی معرفی کرده است. مشخصات این راه‌ها در جدول شماره (۴) و موقعیت آنها در شکل (۵) آورده شده است.

جدول شماره (۴). مشخصات راه‌های مورد مطالعه

ردیف	نوع راه	مبدأ	مقصد	نقطه میانی	طول (km)	عرض (m)	اعتبار باقیمانده (میلیون ریال)	درصد پیشرفت فیزیکی
۱	اصلی	قم	نیزار	قلعه چم	۳۸	۱۱	۱۳۵۰۰۰	۳۵
۲	اصلی	قم	آوه	جعفریه	۴۰	۱۱	۹۰۰۰۰	۵۲
۳	اصلی	قم	گرمسار	فمرود	۶۰	۱۱	۱۰۹۲۰۶	۵۵
۴	فرعی	قم	ورجان	پردیسان	۱۶	۹	۲۴۰۰۰	۶۰

ماخذ: نامه شماره ۳۰/۵/۱۲۸۳ مورخ ۱۳۸۶/۲/۹ اداره کل راه و ترابری استان قم



شکل (۵). پراکندگی راه‌های مورد مطالعه در استان قم

این راه‌ها در صورت احداث به تعدادی از آبادی‌ها، نقاط اقتصادی، خدماتی سرویس خواهند داد. یکی

از روش‌های برآورد سطح خدمت‌رسانی این راه‌ها استفاده از تحلیل مکانی^۱ Buffer در محیط GIS می‌باشد.^۲ در ادامه به تشریح این روش پرداخته می‌شود:

گام ۱- محاسبه عرض بافر هر راه

برای محاسبه عرض بافر ابتدا فاصله هر ناحیه تا نزدیک‌ترین راه مورد مطالعه بدست آمد.^۳ سپس بر اساس فاصله، درجه اهمیت ناحیه برای آن راه خاص بر اساس رابطه (۱) بدست آمد.

$$\begin{aligned} \text{if } Dist_{ik} \leq 1000 &\Rightarrow g_{ik} = 10 \\ \text{if } 1000 < Dist_{ik} \leq 5000 &\Rightarrow g_{ik} = 5 \\ \text{if } 5000 < Dist_{ik} \leq 20000 &\Rightarrow g_{ik} = 2 \\ \text{if } Dist_{ik} > 20000 &\Rightarrow g_{ik} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن $Dist_{ik}$ فاصله ناحیه i از راه k بر حسب متر و g_i درجه اهمیت ناحیه i برای راه k می‌باشد.

برای محاسبه عرض بافر از رابطه (۲) استفاده می‌شود:

$$Buf_k = \frac{\sum_i g_{ik} \times Dist_{ik}}{\sum_i g_{ik}} \quad (2)$$

نتیجه این محاسبات برای هر راه در جدول شماره (۵) آمده است.

جدول شماره (۵). تعیین عرض بافر لازم برای هر راه

Buf_k	$\sum_i g_{ik} \times Dist_{ik}$	$\sum_i g_{ik}$	تعداد ناحیه	مقصد	مبدأ	ردیف
۸۲۸۸	۳۸۲۸۸۷۱	۴۶۲	۲۰۱	نیزار	قم	۱
۵۸۲۲	۳۷۷۲۶۲۱	۶۴۸	۳۰۰	آوه	قم	۲
۵۱۹۱	۱۷۷۰۰۷۹	۳۴۱	۱۱۸	گرمسار	قم	۳
۸۶۲۱	۴۵۸۶۲۵۱	۵۳۲	۲۴۸	ورجان	قم	۴

گام ۲- محاسبه تعداد نواحی در هر بافر

با توجه به موقعیت مکانی هر بافر و نواحی حول آن (شکل‌های ۳ و ۴) تعداد نواحی واقع در هر بافر در محیط GIS مطابق جدول شماره (۶) محاسبه شد.

^۱ - بافر (Buffer): سطحی بسته است که با فاصله‌ای معین از مرز راه قرار دارد.

^۲ - لازم به ذکر است این روش تحلیل به دلیل عدم نیاز به داده و اطلاعات زیاد از مقبولیت بیشتری در اولویت‌بندی و ارزشیابی برخوردار بوده و لذا دقت آن در حد تعیین اولویتها است. از دیگر روش‌های دقیقتر تحلیل شبکه و دسترسی است که نیاز به زمان و اطلاعات بیشتری دارد.

^۳ - محاسبه. افزودن فیلد اطلاعاتی Distance در بانک اطلاعاتی نواحی مرکز آمار ایران.

جدول شماره (۶). محاسبه تعداد نواحی در هر بافر

ردیف	مبدأ	مقصد	اقتصادی	اجتماعی	خدماتی
۱	قم	نیزار	۱۷	۳۶	۲
۲	قم	آوه	۱۷	۴۴	۵
۳	قم	گرمسار	۲	۲۴	۱
۴	قم	ورجان	۱۷	۶۰	۷

گام ۳- تعیین و ارزش‌یابی شاخص‌های موثر بر اولویت‌بندی راه‌های استان قم

شاخص‌های موثر بر اولویت‌بندی راه‌های استان قم را به ۴ دسته: اقتصادی، خدماتی، اجتماعی و حمل‌ونقلی می‌توان تقسیم کرد. که تا کنون به ۳ دسته اول پرداخته شد. لیکن عوامل دیگری نیز بر این اولویت‌بندی‌ها موثر می‌باشند که در ادامه به شرح این عوامل که در جدول شماره (۷) ارزش‌یابی شده‌اند پرداخته می‌شود:

الف- ارتباط با راه‌های شریانی و ارتباط با استان‌های مجاور

راه‌های شریانی نقش مهمی در سلسله مراتب ارتباطات حمل‌ونقلی به عهده دارند. بطوریکه وجود نقص فنی در نحوه ارتباط این راه‌ها موجب کاهش سطح سرویس کل شبکه راه‌ها می‌گردد. همچنین در اکثر استان‌ها راه‌هایی که آن استان را به استان‌های مجاور مرتبط می‌کنند از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند. از این رو برای راه‌هایی که جزء راه‌های شریانی هستند یا به نحوی به راه‌های شریانی مرتبط می‌شوند عددی بین ۵۰ و ۱۰۰ منظور میشود و برای راه‌هایی که جزء راه‌های شریانی نیستند ولی ارتباط استان به استان‌های مجاور را برقرار می‌کنند عددی بین ۰ تا ۵۰ در نظر گرفته شده است. مرجع در نظر گرفتن راه به عنوان راه شریانی نیز سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده ای می‌باشد.

ب- کاهش مسیر موجود

برخی از راه‌های مورد مطالعه پس از احداث یا تغییرات (تعریض یا روکش) موجب کاهش طول مسیر موجود یا کاهش زمان سفر بین مبادی و مقاصد می‌گردد که این راه در مسیرهای آنها قرار گرفته است می‌شوند و دسترسی را تسهیل می‌کنند. ارزش کمی این شاخص متناسب با میزان کاهش مسیر یا کاهش زمان سفر در نظر گرفته شده است. به این مفهوم که هرچه این کاهش بیش‌تر باشد این عدد بیش‌تر است.

ج- اعتبار باقیمانده

مقدار ریالی اعتبار باقی مانده جهت اتمام راه یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اولویت‌بندی می‌باشد، به طوری که هرچه این اعتبار کم‌تر باشد به معنی درصد پیشرفت فیزیکی بالاتر آن است و قطعاً

راه‌هایی که برای اتمام، نیاز به بودجه کم‌تری داشته باشند به نسبت در اولویت قرار می‌گیرند.

جدول شماره (۷). تعیین ارزش شاخص‌های حمل‌ونقلی در اولویت‌بندی راه‌های استان قم

ردیف	مبداء	مقصد	ارتباط با راه شریانی	کاهش مسیر موجود	اعتبار باقیمانده (میلیون ریال)
۱	قم	نیزار	۰	۳۰	۱۳۵۰۰۰
۲	قم	آوه	۱۰۰	۲۰	۹۰۰۰۰
۳	قم	گرمسار	۸۰	۹۰	۱۰۹۲۰۶
۴	قم	ورجان	۰	۲۰	۲۴۰۰۰

گام ۴ - بی‌بُعد سازی شاخص‌ها

همان‌گونه که مشاهده شد ۶ شاخص با اهداف مختلف در نظر گرفته شد. برای ارزش‌یابی هر راه باید این شاخص‌ها ابتدا بی‌بُعد شده سپس با استفاده از ضرایب اهمیت شاخص روی هم‌گذاری شوند. برای بی‌بُعد سازی شاخص‌ها از رابطه (۳) و (۴) استفاده گردید:

$$X_k = \frac{r_k}{r_{\max}} \times 100 \quad (3)$$

$$X_k = 100 - \frac{r_k}{r_{\max}} \times 100 \quad (4)$$

که در آن:

X_k = مقدار ارزش بی‌بُعد شده شاخص برای راه k.

r_k = مقدار ارزش واقعی شاخص برای راه k.

r_{\max} = مقدار بیشینه ارزش واقعی شاخص برای همه راه‌های مورد مطالعه.

وقتی ارزش ذاتی شاخص مثبت باشد (یعنی میزان r_k بیش‌تر مطلوب‌تر باشد) از رابطه (۳) و وقتی ارزش ذاتی شاخص منفی باشد (یعنی میزان r_k کم‌تر مطلوب‌تر باشد) از رابطه (۴) برای بی‌بُعد سازی استفاده می‌شود. جدول شماره (۸) نتایج محاسبات فوق را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۸). بی‌بُعد سازی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم

ردیف	مبداء	مقصد	اقتصادی	اجتماعی	خدماتی	ارتباط با راه شریانی	کاهش مسیر موجود	اعتبار باقیمانده
۱	قم	نیزار	٪۱۰۰	٪۶۰	٪۲۹	٪۰	٪۳۳	٪۱۰۰
۲	قم	آوه	٪۱۰۰	٪۷۳	٪۷۱	٪۱۰۰	٪۲۲	٪۶۷
۳	قم	گرمسار	٪۱۲	٪۴۰	٪۱۴	٪۸۰	٪۱۰۰	٪۸۱
۴	قم	ورجان	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۰	٪۲۲	٪۱۸

گام ۵- وزن‌دهی شاخص‌ها

وزن هر شاخص میزان اهمیت آن شاخص را برای اولویت‌بندی راه‌ها مشخص می‌سازد. از آنجا که این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحل است که باید بر اساس آمارگیری و مصاحبه با کارشناسان صورت پذیرد به همین دلیل طی نامه ای از مدیر کل و معاونین راهسازی و راهداری استان به عنوان صاحب‌نظران محلی، وزن دهی به معیارها مطابق روش AHP درخواست شد، تا بر اساس شناخت محلی، هر یک از شاخص‌ها را نسبت به سایر شاخص‌ها سنجیده و در جدول شماره مربوطه تکمیل نمایند. جداول (۹) تا (۱۱) امتیازات داده شده را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۹). ارزش‌یابی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم

(صاحب‌نظر ۱)

تکمیل کننده فرم: مهندس داریوش نظری							
سمت: مدیرکل							
نام شماره: ۳۰/۱/۳۱۸۹							
تاریخ: ۱۳۸۶/۳/۲۱							
اقتصادی	اجتماعی	خدماتی	استانی و شریانی	کاهش مسیر	مرزی	اعتبار باقیمانده	
۱/۱	۳/۲	۷/۳	۲/۳	۱/۴	۱/۱	۲/۳	اقتصادی
۲/۳	۱/۱	۳/۲	۱/۱	۱/۴	۱/۱	۱/۱	اجتماعی
۳/۷	۲/۳	۱/۱	۳/۷	۱/۴	۲/۳	۲/۳	خدماتی
۳/۲	۱/۱	۷/۳	۱/۱	۲/۳	۱/۱	۱/۱	استانی و شریانی
۴/۱	۴/۱	۴/۱	۳/۲	۱/۱	۳/۲	۷/۳	کاهش مسیر
۱/۱	۱/۱	۳/۲	۱/۱	۲/۳	۱/۱	۱/۱	مرزی
۳/۲	۱/۱	۳/۲	۱/۱	۳/۷	۱/۱	۱/۱	اعتبار باقیمانده

جدول شماره (۱۰). ارزش‌یابی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم
(صاحب‌نظر ۲)

تکمیل کننده فرم: مهندس رهاورد							
سمت: معاون راه‌سازی							
نام شماره: ۳۰/۱/۳۱۸۹							
تاریخ: ۱۳۸۶/۳/۲۱							
اقتصادی	اجتماعی	خدماتی	استانی و شریانی	کاهش مسیر	مرزی	اعتبار باقیمانده	
۱/۱	۱/۱	۷/۳	۲/۳	۲/۳	۴/۱	۱/۱	اقتصادی
۱/۱	۱/۱	۴/۱	۷/۳	۳/۲	۳/۲	۷/۴	اجتماعی
۳/۷	۱/۴	۱/۱	۳/۷	۱/۴	۳/۷	۱/۱	خدماتی
۳/۲	۳/۷	۷/۳	۱/۱	۳/۲	۳/۲	۴/۲	استانی و شریانی
۳/۲	۲/۳	۴/۱	۲/۳	۱/۱	۲/۳	۴/۲	کاهش مسیر
۱/۴	۲/۳	۷/۳	۲/۳	۳/۲	۱/۱	۲/۳	مرزی
۱/۱	۳/۷	۱/۱	۲/۳	۲/۳	۳/۲	۱/۱	اعتبار باقیمانده

جدول شماره (۱۱). ارزش‌یابی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم
(صاحب‌نظر ۳)

تکمیل کننده فرم: مهندس نادعلی							
سمت: معاون راه‌داری							
نام شماره: ۳۰/۱/۳۱۸۹							
تاریخ: ۱۳۸۶/۳/۲۱							
اقتصادی	اجتماعی	خدماتی	استانی و شریانی	کاهش مسیر	مرزی	اعتبار باقیمانده	
۱/۱	۱/۱	۳/۲	۲/۳	۲/۳	۱/۱	۴/۲	اقتصادی
۱/۱	۱/۱	۴/۲	۱/۱	۱/۱	۳/۲	۱/۱	اجتماعی
۲/۳	۲/۳	۱/۱	۲/۳	۲/۳	۱/۱	۱/۱	خدماتی
۳/۲	۱/۱	۴/۲	۱/۱	۱/۱	۳/۲	۷/۳	استانی و شریانی
۳/۲	۱/۱	۳/۲	۱/۱	۱/۱	۷/۳	۴/۲	کاهش مسیر
۱/۱	۲/۳	۱/۱	۲/۳	۳/۷	۱/۱	۱/۱	مرزی
۲/۳	۱/۱	۱/۱	۴/۷	۲/۳	۱/۱	۱/۱	اعتبار باقیمانده

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، جداول (۹) تا (۱۱) ماتریسهایی هستند که درایه‌های آن از رابطه (۵) بدست می‌آید.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (۵)$$

که در آن i نمایه سطر و j نمایه ستون است. به عنوان نمونه a_{12} مقدار ارزش شاخص ۱ (اقتصادی) به ارزش شاخص ۲ (اجتماعی) بوده و a_{21} مقدار ارزش شاخص ۲ (اجتماعی) به ارزش شاخص ۱ (اقتصادی) می‌باشد.

بر اساس روش AHP امتیاز نهایی هر شاخص از روابط زیر بدست می‌آید:

$$b_{ijk} = \frac{a_{ijk}}{\sum_i a_{ijk}} \quad (۶)$$

$$\sigma_{ik} = \frac{\sum_j b_{ijk}}{n_j} \quad (۷)$$

$$W_{ik} = \frac{\sigma_{ik}}{\text{Max}\{\sigma_{ik} | i=1, \dots, n_i\}} \quad (۸)$$

که در آن W_{ik} : وزن شاخص i از نظر کارشناس k می‌باشد. جداول (۱۲) تا (۱۴) نتایج این محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱). وزن‌دهی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم (صاحب‌نظر ۱)

تکمیل کننده فرم: مهندس داریوش نظری									
سمت: مدیرکل									
امتیاز	میانگین	اعتبار باقیمانده	مرزی	کاهش مسیر	استانی و شریانی	خدماتی	اجتماعی	اقتصادی	
٪۳۹	٪۱۲	٪۹	٪۱۴	٪۷	٪۱۰	٪۱۶	٪۱۵	٪۱۰	اقتصادی
٪۳۶	٪۱۱	٪۱۳	٪۱۴	٪۷	٪۱۵	٪۱۱	٪۱۰	٪۷	اجتماعی
٪۲۴	٪۷	٪۹	٪۹	٪۷	٪۶	٪۷	٪۷	٪۴	خدماتی
٪۴۹	٪۱۵	٪۱۳	٪۱۴	٪۱۹	٪۱۵	٪۱۶	٪۱۰	٪۱۵	استانی و شریانی
٪۱۰۰	٪۳۰	٪۳۰	٪۲۱	٪۲۸	٪۲۳	٪۲۸	٪۳۹	٪۴۰	کاهش مسیر
٪۴۴	٪۱۳	٪۱۳	٪۱۴	٪۱۹	٪۱۵	٪۱۱	٪۱۰	٪۱۰	مرزی
٪۴۳	٪۱۳	٪۱۳	٪۱۴	٪۱۲	٪۱۵	٪۱۱	٪۱۰	٪۱۵	اعتبار باقیمانده
٪۱۰۰	٪۳۰	٪۳۰	٪۲۱	٪۲۸	٪۲۳	٪۲۸	٪۳۹	٪۴۰	بیشینه

جدول شماره (۲). وزن‌دهی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم (صاحب‌نظر ۲)

تکمیل کننده فرم: مهندس رهاورد									
سمت: معاون راهسازی									
امتیاز	میانگین	اعتبار باقیمانده	مرزی	کاهش مسیر	استانی و شریانی	خدماتی	اجتماعی	اقتصادی	
۷۶٪	۱۷٪	۱۱٪	۳۸٪	۹٪	۱۰٪	۱۴٪	۲۳٪	۱۵٪	اقتصادی
۱۰۰٪	۲۳٪	۲۶٪	۱۴٪	۲۱٪	۳۶٪	۲۴٪	۲۳٪	۱۵٪	اجتماعی
۲۷٪	۶٪	۱۱٪	۴٪	۴٪	۷٪	۶٪	۶٪	۶٪	خدماتی
۷۲٪	۱۶٪	۱۷٪	۱۴٪	۲۱٪	۱۶٪	۱۴٪	۱۰٪	۲۲٪	استانی و شریانی
۶۸٪	۱۵٪	۱۷٪	۶٪	۱۴٪	۱۰٪	۲۴٪	۱۵٪	۲۲٪	کاهش مسیر
۵۱٪	۱۲٪	۷٪	۹٪	۲۱٪	۱۰٪	۱۴٪	۱۵٪	۴٪	مرزی
۴۸٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۴٪	۹٪	۱۰٪	۶٪	۱۰٪	۱۵٪	اعتبار باقیمانده
۱۰۰٪	۲۳٪	۲۶٪	۳۸٪	۲۱٪	۳۶٪	۲۴٪	۲۳٪	۲۲٪	بیشینه

جدول شماره (۳). وزن‌دهی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استان قم نسبت به هم (صاحب‌نظر ۳)

تکمیل کننده فرم: مهندس نادعلی									
سمت: معاون راهداری									
امتیاز	میانگین	اعتبار باقیمانده	مرزی	کاهش مسیر	استانی و شریانی	خدماتی	اجتماعی	اقتصادی	
۷۴٪	۱۴٪	۱۶٪	۱۱٪	۱۲٪	۱۲٪	۱۷٪	۱۶٪	۱۴٪	اقتصادی
۸۴٪	۱۶٪	۱۱٪	۱۶٪	۱۸٪	۱۸٪	۱۷٪	۱۶٪	۱۴٪	اجتماعی
۵۹٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۲٪	۱۲٪	۱۱٪	۱۱٪	۹٪	خدماتی
۱۰۰٪	۱۹٪	۲۵٪	۱۶٪	۱۸٪	۱۸٪	۱۷٪	۱۶٪	۲۰٪	استانی و شریانی
۱۰۰٪	۱۹٪	۱۶٪	۲۵٪	۱۸٪	۱۸٪	۱۷٪	۱۶٪	۲۰٪	کاهش مسیر
۵۹٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۱٪	۸٪	۱۲٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۴٪	مرزی
۵۹٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۱٪	۱۲٪	۸٪	۱۱٪	۱۶٪	۹٪	اعتبار باقیمانده
۱۰۰٪	۱۹٪	۲۵٪	۲۵٪	۱۸٪	۱۸٪	۱۷٪	۱۶٪	۲۰٪	بیشینه

وزن نهایی هر یک از معیارها با توجه به جداول فوق و از رابطه (۹) مطابق جدول شماره (۱۵) محاسبه شده است.

$$w_i = \frac{\sum_k w_{ik}}{k} \quad (9)$$

جدول شماره (۴). ارزش‌یابی شاخص‌های اولویت‌بندی راه‌های استانی قم

ردیف	شاخص	وزن از ۱۰۰ (w_i)	نوع شاخص
۱	اقتصادی	۶۳	فایده (B)
۲	اجتماعی	۷۳	فایده (B)
۳	خدماتی	۳۷	فایده (B)
۴	استانی و شریانی	۷۳	فایده (B)
۵	کاهش مسیر	۸۹	فایده (B)
۶	اعتبار باقیمانده	۵۰	هزینه (C)

فصل ۳- اولویت‌بندی راه‌های استان قم

برای انجام اولویت‌بندی از دو روش استفاده شده است که یکی از روش‌ها مشابه روش تحلیل منفعت به هزینه و روش دیگر استفاده از مساله کوله‌پشتی است که در ادامه به هر دو روش اشاره میشود:

۳-۱- روش اول: محاسبه اندیس منفعت به هزینه برای هر راه

در این روش با توجه به مقدار بی‌بُعد شده هر شاخص برای هر راه و وزنهای بدست آمده به صورت یک معادله خطی مقدار منفعت حاصل شده از آن راه بدست می‌آید و این مقدار بر هزینه بی‌بُعد شده و وزن داده شده تقسیم میگردد و اندیس نهایی منفعت به هزینه هر راه از رابطه (۱۰) در جدول شماره (۱۶) محاسبه شده است:

$$G_k = \frac{\sum_i b_i x_{ik}}{\sum_i b_i} \times \frac{\sum_i c_i}{\sum_i c_i x_{ik}} \quad (10)$$

که در آن:

G_k = امتیاز نهایی راه k از ۱۰۰.

x_{ik} = مقدار ارزش بی‌بُعد شده شاخص i برای راه k. از جدول شماره (۸)

b_i = وزن شاخص‌های سودآور i از ۱۰۰، از جدول شماره (۱۵)

c_i = وزن شاخص‌های هزینه بر i از ۱۰۰، از جدول شماره (۱۵)

جدول شماره (۱۶). محاسبه امتیاز راه‌های مورد مطالعه.

ردیف	مبداء	مقصد	فایده	هزینه	خالص امتیاز	امتیاز نهایی از ۱۰۰
۱	قم	نیزار	۱۴۷	۵۰	۳	٪۱۴
۲	قم	آوه	۲۳۶	۳۳	۷	٪۳۳
۳	قم	گرمسار	۱۹۰	۴۰	۵	٪۲۲
۴	قم	ورجان	۱۹۳	۹	۲۲	٪۱۰۰

پس از محاسبه این اندیس برای هر راه، راه‌ها بر اساس مقدار این اندیس از بزرگ به کوچک مرتب شده و اولویت‌بندی نهایی حاصل می‌شود. این رتبه‌بندی در جدول شماره (۱۷) مشخص شده است.

جدول شماره (۵). رتبه‌بندی راه‌ها به روش اندیس منفعت به هزینه.

رتبه	امتیاز نهایی از ۱۰۰	مقصد	مبداء	ردیف
۱	٪۱۰۰	ورجان	قم	۴
۲	٪۳۳	آوه	قم	۲
۳	٪۲۲	گرمسار	قم	۳
۴	٪۱۴	نیزار	قم	۱

۳-۲- روش دوم: استفاده از مساله کوله‌پشتی

مساله کوله‌پشتی^۱ از دسته مساله‌های برنامه‌ریزی اعداد صحیح^۲ می‌باشد در این مساله در درون یک کوله‌پشتی با حجم معین v قرار است i شیئی قرار گیرد با شرط اینکه تمام اشیا نتوانند داخل کوله‌پشتی جای داده شوند، حجم اشیا معین و برابر v_i هستند و ارزش آن‌ها مشخص و برابر α_i می‌باشد، قطعاً در این حالت گزینه‌های مختلفی به ذهن می‌رسد ولی اینکه کدام انتخاب صحیح‌ترین است بخصوص زمانی که تعداد اشیا افزایش می‌یابد کار آسانی نیست یعنی هم‌زمان باید به ارزش و حجم اشیا توجه کرد تا بتوان بهترین گزینه را انتخاب نمود، ولی با حل مساله کوله‌پشتی به راحتی می‌توان به انتخاب‌های ایده‌آل دست یافت این مساله در رابطه (۱۱) نشان داده شده است.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \sum_i \alpha_i \times x_i \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_i v_i \times x_i \leq v \\
 & \quad x_i = 0 \text{ or } 1
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

حال در ادارات راه و ترابری نیز همین مساله متصور است به شکلی که بودجه کل هر اداره و اعتبار لازم برای ساخت هرراه نیز مشخص می‌باشند، همچنین ارزش یا منفعت هرراه نیز به وسیله پارامترهای معینی قابل محاسبه است لذا می‌توان این مساله را به مساله کوله‌پشتی تشبیه نمود که در آن حجم اشیا متناظر با اعتبار راه و حجم کوله‌پشتی متناظر با بودجه کل اداره می‌باشد، همچنین ارزش اشیا متناظر با منفعت یا ارزش یک راه است. در ذیل شبیه‌سازی این مساله به مساله کوله‌پشتی آورده شده است:

^۱ - Knapsack problem
^۲ - Integer programming

ابتدا با استفاده از مقدار بی‌بُعد شده هریک از پارامترهای دارای منفعت برای هر راه مطابق جدول شماره (۸) و وزن هریک از آنها بر اساس جدول شماره (۱۵) مقدار B_i که ارزش یا منفعت یک راه نامیده می‌شود مطابق رابطه (۱۲) محاسبه می‌گردد.

$$B_i = \sum_j b_{ij} \times w_j \quad (12)$$

که در آن b_{ij} مقدار بی‌بُعد شده پارامتر منفعت دهنده j ام برای راه i و w_j وزن همان پارامتر می‌باشد. به این ترتیب پس از محاسبه مقدار B_i برای تمام راه‌ها با استفاده از حل مساله خطی اعداد صحیح کوله‌پشتی که در رابطه (۱۳) نشان داده شده است به ازای سطوح بودجه مختلف رتبه‌بندی صورت می‌گیرد.

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_i B_i \times x_i \\ & \text{s.t.} \quad \sum_i c_i \times x_i \leq C \\ & \quad x_i = 0 \text{ or } 1 \end{aligned} \quad (13)$$

در این رابطه c_i هزینه بی‌بُعد شده راه i و C کل هزینه بی‌بُعد شده می‌باشد. این مساله برای سطوح مختلف C حل شده و نتایج به صورت جدول شماره (۱۸) استخراج شده است.^۱ سپس در جدول شماره (۱۹) رتبه هریک از راه‌ها با توجه به تعداد انتخابها بدست آمده است.

^۱ - کلیه محاسبات بهینه سازی به روش برنامه ریزی اعداد صحیح در محیط نرم افزاری WinQSB انجام شده و نتایج در پیوست ۲ آورده شده است.

جدول شماره (۶). نتیجه اجرای روش کوله‌پشتی برای اولویت‌بندی راه‌ها.

تعداد انتخاب	تایید یا رد پروژه با درصد سطح بودجه										هزینه (C)	فایده (B)	مقصد	مبداء	ردیف
	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰					
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۰	۱۴۷	نیزار	قم	۱
۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۳۳	۲۳۶	آوه	قم	۲
۴	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۰	۱۹۰	گرمسار	قم	۳
۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۹	۱۹۳	ورجان	قم	۴

جدول شماره (۷). رتبه‌بندی راه‌ها به روش مساله کوله‌پشتی.

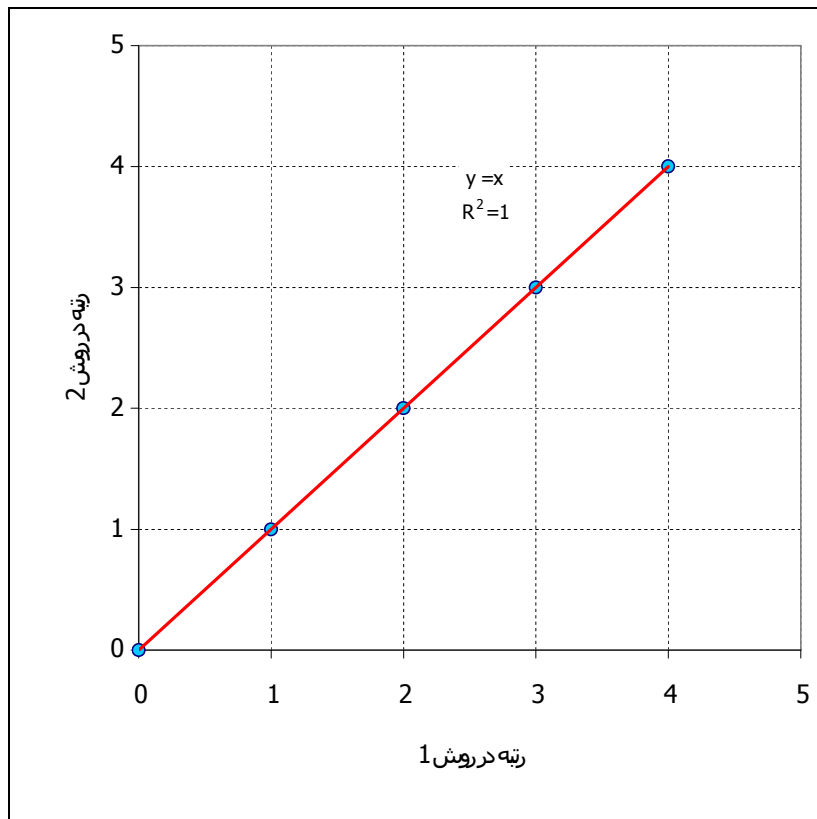
رتبه	تعداد انتخابها در سطوح مختلف بودجه	مقصد	مبداء	ردیف
۴	۹	ورجان	قم	۵
۲	۸	آوه	قم	۱۰
۳	۴	گرمسار	قم	۷
۱	۱	نیزار	قم	۸

۳-۳ - مقایسه دو روش و محاسبه اولویت نهایی

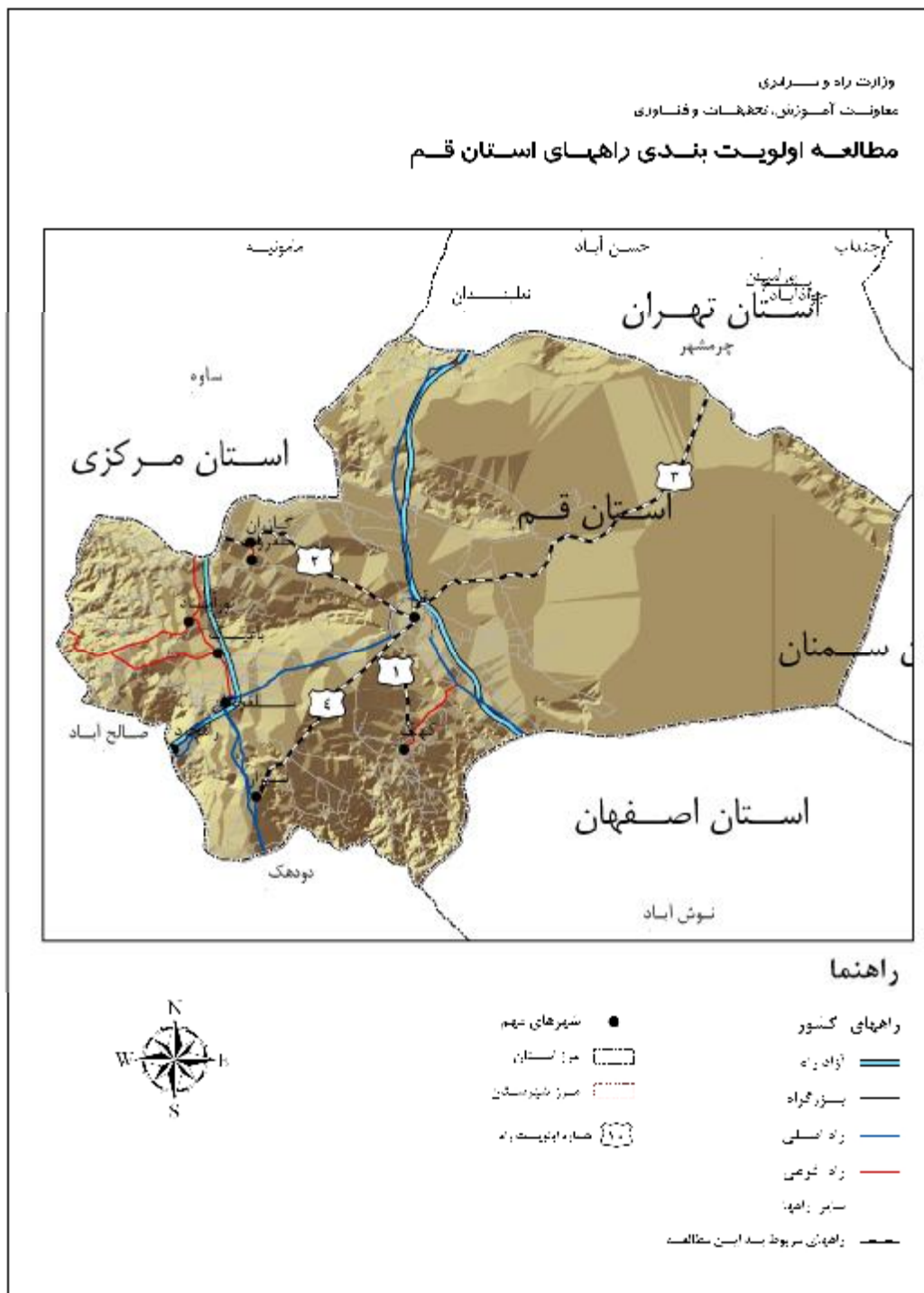
در جدول شماره (۲۱) جداول (۱۷) و (۲۰) با یکدیگر مقایسه شده‌اند، رتبه‌بندی در دو روش با یکدیگر همبستگی داشته به گونه‌ای که می‌توان از نتایج هر یک از روش‌ها به طور مستقل استفاده کرد. لذا اولویت احداث راه‌های تحت مطالعه به عنوان رتبه نهایی در جدول شماره زیر توصیه می‌شود.

جدول شماره (۸). مقایسه دو روش در حل مساله اولویت‌بندی.

رتبه نهایی	میانگین رتبه	رتبه روش ۲	رتبه روش ۱	مقصد	مبداء	ردیف
۱	۱	۱	۱	ورجان	قم	۴
۲	۲	۲	۲	آوه	قم	۲
۳	۳	۳	۳	گرمسار	قم	۳
۴	۴	۴	۴	نیزار	قم	۱



شکل (۶). نمودار مقایسه‌ای دو روش استفاده شده در اولویت‌بندی راه‌های استان قم.



شکل (۷). اولویت احداث راه های استان قم.

منابع و مراجع

- [۱] دفتر اطلاعات و آمار حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری، طرح سامانه یکپارچه اطلاعات جغرافیایی راه‌های کشور
- [۲] مهندسین مشاور مترا، مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک کشور
- [۳] مرکز آمار ایران، نتایج سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵.
- [۴] اداره کل راه و ترابری استان قم، اطلاعات راه‌های استانی.
- [۵] سالنامه آماری حمل‌ونقل جاده‌ای - ۱۳۸۴ - سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور.

پیوست ۱:

جداول تکمیل شده AHP توسط صاحب نظران استان

تاریخ ۸۶/۳/۲۱	استان	وزارت راه و ترابری
شماره ۲۰/۱۱۳۱۸۹	جمهوری اسلامی ایران	اداره کل راه و ترابری استان قم

جناب آقای اکرام جعفری

سلام علیکم

با احترام و بازگشت به نامه شماره ۳۱/۱۶۶۳۵ مورخ ۸۶/۳/۷ در خصوص تکمیل جدول معیارهای اولویت بندی پروژه ها بروشی AHP ارسال می گردد خواهشمند است نتیجه را امر به ابلاغ فرمایید.

ومن الامامون
داریوش نظری
مدیر کل راه و ترابری استان قم

پیوست (۱):

فرض می‌شود چندین راه در حال ساخت و مطالعه می‌باشند اگر معیارهای زیر برای اولویت‌بندی این راهها لحاظ شوند مطابق دستورالعمل جدول زیر را تکمیل نمایید.

A: تعداد واحد های اقتصادی در محدوده راه

B: جمعیت محدوده راه

C: تعداد واحدهای خدماتی محدوده راه

D: نحوه ایجاد ارتباط استانی و شریانی راه

E: کاهش مسیر موجود

F: ارتباط مرزی

G: اعتبار یا هزینه باقی مانده

A: ۵	A: ۷	A: ۴	A: ۴	A: ۸	A: ۵
B: ۵	C: ۴	D: ۷	E: ۷	F: ۲	G: ۵
B: ۸	B: ۷	B: ۷	B: ۷	B: ۷	B: ۷
C: ۲	D: ۴	E: ۴	F: ۴	G: ۴	
C: ۷	C: ۷	C: ۴	C: ۴	C: ۵	C: ۵
D: ۷	E: ۸	F: ۷	G: ۵		
D: ۷	D: ۷	D: ۷	D: ۷		
E: ۴	F: ۴	G: ۴			
F: ۴	E: ۷				
F: ۷	G: ۴				
G: ۷					

- منظور از نحوه ایجاد ارتباط استانی و شریانی یعنی راهی که ارتباط دو استان را برقرار می‌کند یا در شبکه راههای شریانی و ملی می‌باشد.

- منظور از کاهش مسیر موجود یعنی راه در حال ساخت باعث کوتاه شدن مسیر فعلی یا کاهش زمان سفر می‌شود

- منظور از ارتباط مرزی یعنی راه ارتباط با مرز ایجاد می‌کند.

پیوست (۱)

فرض می‌شود چندین راه در حال ساخت و مطالعه می‌باشند اگر معیار های زیر برای اولویت دادن به راهها لحاظ شوند مطابق دستور لعل جدول زیر را تکمیل نمایید.

A: تعداد واحد های اقتصادی در محدوده راه

B: جمعیت محدوده راه

C: تعداد واحدهای خدماتی محدوده راه

D: نحوه ایجاد ارتباط استانی و شریانی راه

E: کاهش مسیر موجود

F: ارتباط مرزی

G: اعتبار یا هزینه باقی مانده

A: ۵	A: ۷	A: ۴	A: ۴	A: ۵	A: ۶
B: ۵	C: ۴	D: ۶	E: ۶	F: ۵	G: ۴
B: ۶	B: ۵	B: ۵	B: ۶	B: ۶	B: ۵
C: ۴	D: ۵	E: ۵	F: ۴	G: ۵	
C: ۴	C: ۴	C: ۵	C: ۵	C: ۵	C: ۵
D: ۶	E: ۶	F: ۵	G: ۵		
D: ۵	D: ۶	D: ۶	D: ۶		
E: ۵	E: ۴	G: ۳			
E: ۶	E: ۶				
F: ۳	G: ۴				
F: ۵					
G: ۵					

- منظور از نحوه ایجاد ارتباط استانی و شریانی یعنی راهی که ارتباط دو استان را برقرار می‌کند یا در شبکه راههای شریانی و ملی می‌باشد.

- منظور از کاهش مسیر موجود یعنی راه در حال ساخت باعث کوتاه شدن مسیر فعلی یا کاهش زمان سفر می‌شود

- منظور از ارتباط مرزی یعنی راه ارتباطی با مرز ایجاد می‌کند.

پیوست (۱):

فرض می‌شود چندین راه در حال ساخت و مطالعه می‌باشند اگر معیار‌های زیر برای اولویت‌دادن به راه‌ها لحاظ شوند مطابق دستورالعمل جدول زیر را تکمیل نمایید.

A: تعداد واحد‌های اقتصادی در محدوده راه

B: جمعیت محدوده راه

C: تعداد واحدهای خدماتی محدوده راه

D: نحوه ایجاد ارتباط استانی و شریانی راه

E: کاهش مسیر موجود

F: ارتباط مرزی

G: اعتبار یا هزینه باقی مانده

A: ۲	A: ۷	A: ۴	A: ۷	A: ۵	A: ۴
B: ۴	C: ۴	D: ۷	E: ۸	F: ۵	G: ۷
B: ۷	B: ۵	B: ۲	B: ۵	B: ۵	B: ۵
C: ۴	D: ۵	E: ۸	F: ۵	G: ۵	
C: ۴	C: ۴	C: ۴	C: ۴	C: ۴	C: ۴
D: ۷	E: ۸	F: ۷	G: ۷		
D: ۴	D: ۵	D: ۵	D: ۵		
E: ۷	F: ۵	G: ۵			
E: ۷	F: ۴	G: ۴			
F: ۴	F: ۵	F: ۵			
	F: ۵	G: ۵			

- منظور از نحوه ایجاد ارتباط استانی و شریانی یعنی راهی که ارتباط دو استان را برقرار می‌کند یا در شبکه راه‌های شریانی و ملی می‌باشد.

- منظور از کاهش مسیر موجود یعنی راه در حال ساخت باعث کوتاه شدن مسیر فعلی یا کاهش زمان سفر می‌شود.

- منظور از ارتباط مرزی یعنی راه ارتباط با مرز ایجاد می‌کنند.

پیوست ۲:

نمونه محاسبات مساله کوله‌پشتی در محیط نرم افزاری QSB

نتیجه اجرا با ۱۰٪ کل بودجه:

	Decision	Solution	Unit Cost or	Total	Reduced	Basis
	Variable	Value	Profit c(j)	Contribution	Cost	Status
۱	X _۱	۰	۱۴۷	۰	۱۴۷	at bound
۲	X _۲	۰	۲۳۶	۰	۲۳۶	at bound
۳	X _۳	۰	۱۹۰	۰	۱۹۰	at bound
۴	X _۴	۱	۱۹۳	۱۹۳	۰	basic
	Objective	Function	= (Max)	۱۹۳		

نتیجه اجرا با ۴۰٪ کل بودجه:

	Decision	Solution	Unit Cost or	Total	Reduced	Basis
	Variable	Value	Profit c(j)	Contribution	Cost	Status
۱	X _۱	۰	۱۴۷	۰	۱۴۷	at bound
۲	X _۲	۱	۲۳۶	۲۳۶	۰	basic
۳	X _۳	۰	۱۹۰	۰	۱۹۰	at bound
۴	X _۴	۱	۱۹۳	۱۹۳	۰	basic
	Objective	Function	(Max.) =	۴۲۹		

نتیجه اجرا با ۸۰٪ کل بودجه:

	Decision	Solution	Unit Cost or	Total	Reduced	Basis
	Variable	Value	Profit c(j)	Contribution	Cost	Status
۱	X _۱	۰	۱۴۷	۰	۱۴۷	at bound
۲	X _۲	۱	۲۳۶	۲۳۶	۰	basic
۳	X _۳	۰	۱۹۰	۰	۱۹۰	at bound
۴	X _۴	۱	۱۹۳	۱۹۳	۰	basic
	Objective	Function	(Max.) =	۴۲۹		

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Education Research and Technology

Provincial Roads Prioritization Document

Qom