

## تعیین معیارهای مؤثر بر مکان یابی شبکه‌ها و زیرساختهای برون شهری صنعت گاز با رویکرد GIS با تأکید بر مکانیابی جایگاه‌های سوخت CNG استان قم

علیرضا نصیری<sup>۱\*</sup>، ابوالقاسم چهرقانی<sup>۲</sup>

۱. مدرس پیام نور مرکز قم

۲. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد GIS دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۲؛ تاریخ تصویب: ۸۹/۲/۱۴)

### چکیده

دستیابی به تعادل در توزیع فضایی منابع و خدمات رسانی در سطح شهرها، یکی از اهداف اصلی دولت‌ها می‌باشد. یعنی توزیع متعادل خدمات مستلزم تعیین مکانی منابع و تسهیلات باید به گونه‌ای باشد که همه اقشار جامعه به صورت متعادل به آنها دسترسی پیدا کنند. از سوی دیگر، آمایش سرزمین با توجه به اهداف آن در تنظیم بهینه روابط انسان با نوع فعالیت و محیط در فضای ملی به منظور بهره‌برداری منطقی از تمامی امکانات و قابلیت‌ها، یکی از مهم‌ترین کاربردهای مطلوب در جهت به کارگیری و استفاده از GIS است که در زمینه‌های مختلفی مورد توجه قرار می‌گیرد. در این تحقیق توزیع فضایی زیرساخت‌های صنعت گاز و به خصوص ایستگاه‌های CNG در سطح استان قم مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور در ابتدا وضع موجود ایستگاه‌های CNG از طریق فرم‌های نظرسنجی و مدل پیاده سازی شده در سیستم GIS بررسی شده است. در ادامه جهت مکان‌یابی بهینه جایگاه‌ها از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) بهره گرفته شد. مدل مورد استفاده در این تحقیق به منظور دستیابی به مکان‌های مناسب جهت استقرار ایستگاه‌های CNG، مدل همپوشانی شاخص می‌باشد و برای به دست آوردن وزن لایه‌ها از میان روش‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چند معیاره، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به عنوان روشی جهت وزن دهی معیارها در قالب مقایسه‌های زوجی مورد استفاده قرار گرفته است. بعد از مشخص کردن امتیاز هر لایه، با استفاده از مدل همپوشانی شاخص مکان‌یابی ایستگاه‌های CNG انجام گرفت.

### واژگان کلیدی

پراکنندگی فضایی، سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، ایستگاه CNG، مکان‌یابی، تحلیل سلسله مراتبی، مدل همپوشانی شاخص.

## مقدمه

صنعت گاز کشور ایران امروزه شاهد پیشرفت‌ها و تحولاتی گسترده در محافل علمی و صنعتی جهان بوده و دست‌یابی مدیران و کارشناسان صنعت انتقال گاز به فن‌آوری‌ها و راهکارهای نوین از نیازهایی به شمار رفته که موجب شده زیرساخت‌های صنعت گاز شامل پالایشگاه‌ها، خطوط انتقال، ایستگاه‌های کمپرسور (تشدید فشار گاز) و در بخش توزیع گاز نیز که شامل ایستگاه‌های ورودی شهرها (CGS) و ایستگاه‌های کمربندی شهرها (TBS) می‌باشد، که هر یک از آنها با استفاده از تخصص‌ها و فن‌آوری‌های خاص اداره گردند.

روش کار در سیستم گازرسانی بدین صورت است که گاز داخل خط انتقال با فشار حداقل 300 psi و حداکثر 1000 psi وارد ایستگاه<sup>۱</sup> CGS می‌شود و پس از کاهش فشار به 250 psi گاز از CGS توسط خط تغذیه یا حلقه کمربندی وارد ایستگاه‌های TBS<sup>۲</sup> می‌گردد و پس از تقلیل فشار به 60 psi وارد خطوط شبکه توزیع<sup>۳</sup> که به صورت حلقه‌ای و بعضاً شاخه‌ای طراحی شده‌اند، می‌گردد. آنگاه از طریق خطوط انشعاب<sup>۴</sup> گاز مصرف‌کنندگان پس از کاهش فشار توسط تنظیم‌کننده فشار<sup>۵</sup> بر حسب نوع و میزان مصرف تأمین می‌گردد. گاز مصرف‌کنندگان ویژه یا مصرف‌کنندگان عمده که داخل محدوده شهر می‌باشند، از طریق خطوط شبکه تغذیه 250 psi یا از خطوط شبکه توزیع 60 psi با نصب یک ایستگاه تقلیل فشار MRS بر اساس میزان مصرف حداکثر ساعتی در حد انشعاب با فشار خروجی مورد نیاز که معمولاً ۲، ۱۵، ۳۰ یا ۶۰ پوند psi می‌باشد، تأمین می‌گردد. در حقیقت، هر سیستم گازرسانی شامل یک یا چند شبکه لوله‌گذاری است که در نهایت گاز را به مصرف‌کننده می‌رسانند (زارع، ۱۳۷۲، ص ۱۴۴).

اما از آنجایی که گسترش شهرنشینی و هم‌چنین افزایش جمعیت منجر به ازدیاد خودروهای مورد استفاده شده است و با گسترش استفاده از خودروها، تأمین سوخت مورد نیاز آنها در

- 
1. City Gate Station
  2. Town Border Station
  3. Distribution Network
  4. Service Line
  5. Analytic Hierarchy Process

اولویت فعالیت‌های دولت قرار گرفته است و با عنایت به سازگاری سوخت CNG با محیط زیست و همچنین قیمت مناسب آن و ضرورت جایگزینی آن به جای سوخت‌های فسیلی مایع، ایستگاه‌های سوخت CNG نیز به عنوان یک زیر ساخت اساسی در این بخش وارد گردیده که نیازمند یک تفکر و ارایه یک برنامه‌ریزی استراتژیک می‌باشد. بدیهی است، چنین صنعت حساس و مهمی که نقش تأمین‌کننده سوخت در بخش‌های حمل و نقل، تردد، ایاب و ذهاب را به عهده دارد، از آنچنان درجه اهمیت برخوردار است که یکی از مهم‌ترین بخش‌های آن، یعنی مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG به منظور ارایه خدمات مطلوب، سریع و ایمن بایستی مدنظر برنامه‌ریزان و متخصصان این صنعت قرار گیرد. از سوی دیگر، به دلیل کمبود جایگاه‌های عرضه CNG به خودروها، دسترسی آسان به این جایگاه‌ها یکی از معضلات اصلی رانندگان می‌باشد. لذا مکان‌یابی مناسب جهت احداث این جایگاه‌ها می‌تواند به سرویس‌دهی مناسب این جایگاه‌ها کمک شایانی نماید.

بدیهی است، عوامل متعددی در یافتن مکان مناسب دخیل می‌باشند که باید در این امر به همه آنها توجه داشت تا جایگاه انتخاب شده دارای شرایط فنی و محیطی قابل قبولی باشد. از جمله مسایل و مشکلاتی که در انتخاب مکان مناسب برای ایجاد جایگاه‌های CNG وجود دارد، می‌توان به عدم وجود برنامه‌ریزی مناسب برای مکان‌یابی ایستگاه‌ها، نبود ارتباط مستقیم میان متولیان احداث ایستگاه‌ها و طراحان شهری و مشکلات مالی و تحریم اقتصادی موجود اشاره کرد. به همین دلیل، بسیاری از ایستگاه‌های ایجاد شده در مناطق شهری کارایی مورد نظر را ندارند، زیرا در ساخت و ساز آنها از معیارها و استانداردهای تعریف شده برای ساخت ایستگاه‌ها مانند شعاع دسترسی، فاصله مکان احداث ایستگاه‌ها از کاربری‌های نامناسب و ناسازگار با کاربری سوخت‌گیری خودروها و یا فاصله مکان در نظر گرفته شده از کاربری‌های متناسب با کاربری ایستگاه، فاصله آن از سایر مراکز عرضه دیگر و همچنین اطلاع از آمار خودروهای نیاز به سوخت گاز، که در نظر گرفته نمی‌شوند.

واضح است که مبنای توسعه و افزایش خودروهای گاز سوز، تأسیس جایگاه‌های CNG می‌باشد. بنابراین اخیراً در بین خدمات شهری، این خدمات نیز از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد و مدیران شهری و متولیان امر بایستی به استانداردها و معیارهای لازم برای این ایستگاه‌ها و مخصوصاً مکان‌یابی آنها توجه بیش‌تری داشته باشند.

با توجه به رشد رو به افزایش شهر و به تبع آن افزایش خودروهای گازسوز و از سوی

دیگر، کمبود فضاهای ایستگاه‌های CNG، عدم تعادل در عرضه (گاز) و تقاضا (خودروهای گازسوز) به وضوح دیده می‌شود که تراکم بالای خودروهای گازسوز در هر ایستگاه عرضه که بیش‌تر از استانداردهای موجود است، علاوه بر این تراکم ایستگاه‌های CNG در بخش‌های خاصی از شهر و... باعث بروز مشکلات دسترسی به این مراکز و هم‌چنین صرف وقت و هزینه توسط خودروهای گازسوز می‌باشد. لذا با توجه به بررسی‌های انجام شده، سؤالات زیر برای این پژوهش مطرح می‌شوند:

۱. معیارهای اثرگذار در مسیریابی شبکه‌های گازرسانی چیست؟
  ۲. آیا توزیع خدمات جایگاه‌های C.N.G استان قم نسبت به کل جمعیت مناسب می‌باشد؟
  ۳. آیا نحوه استقرار جایگاه‌های C.N.G موجود در استان قم و مکان‌یابی آنها از جهت سازگاری با حریم ایمنی آنها و کاربری‌های هم‌جوار مناسب می‌باشد؟
- هم‌چنین اهداف زیر از این تحقیق مورد انتظار است:
۱. تجزیه و تحلیل وضع موجود استقرار جایگاه‌های C.N.G و مکان‌یابی این جایگاه‌ها با توجه به استانداردها و مشخصات فنی.
  ۲. افزایش کارایی و حداکثر استفاده بهینه از جایگاه‌های C.N.G به منظور جلوگیری از تراکم و ایجاد صف‌های طولانی و افزایش مطلوبیت اجتماعی.
  ۳. ارائه مدل، الگوی مناسب مسئولان و متولیان امر برای مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های C.N.G در استان قم با استفاده از رویکرد اطلاعات جغرافیایی GIS در راستای ایجاد رفاه و آسایش از طریق دسترسی بهینه جهت تأمین سوخت خودروها.
  ۴. هدف نهایی این تحقیق پیش‌بینی و مکان‌یابی مطلوب ایستگاه‌های سوخت C.N.G در سطح استان قم به منظور تهیه و تدوین سیستم اطلاعاتی مکانی (GIS) مورد نیاز می‌باشد.
- در این تحقیق از چند روش به صورت هم‌زمان جهت روش تحقیق استفاده گردیده است که عبارتند از:
۱. توصیفی از نوع پیمایشی، کاربردی - گذشته نگر،
  ۲. روش AHP،
  ۳. نظرسنجی خبرگان،
  ۴. استفاده از رویکرد GIS به عنوان مختصات سیستم اطلاعات مکانی.
- در ضمن در این تحقیق از سه روش کتابخانه‌ای، میدانی و اسنادی جهت گردآوری

اطلاعات استفاده شده است. هم‌چنین به منظور بررسی فرضیات و تهیه پاسخ به سؤالات تحقیق با تهیه و تکمیل پرسش‌نامه با روش نمونه‌گیری تصادفی سیستماتیک مبادرت گردیده است.

### پیشینه تحقیق

ایده سیستم اطلاعات جغرافیایی برای اولین بار توسط تام لینسون<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۰ مطرح گردید. او در سال ۱۹۶۲ طرح راه‌اندازی CGIS را جهت حفاظت از منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب محیط زیست به دولت کانادا پیشنهاد نمود. پس از آن با پیشرفت در محاسبات کامپیوتری و علوم مربوط به آن سیستم‌های کاربردی مختلفی مانند (بهداشت عمومی کانادا)<sup>۲</sup>، جنگل‌داری آمریکا<sup>۳</sup> و... پا به عرصه وجود نهادند (شاد، ۱۳۸۲، ص ۴). در سال ۲۰۰۱ پروژه‌ای توسط گروه مایک سلرز<sup>۴</sup> در شهر رامسی<sup>۵</sup> کشور آمریکا برای یافتن مکان‌های بهینه دفن زباله انجام شد که این امر با توجه به جمعیت زیاد آن شهر ضروری می‌نمود. در ایران نیز در زمینه مکان‌یابی با استفاده از GIS تحقیق‌های بسیاری انجام شده است که اولین آنها رساله آقای دکتر پرهیزکار در سال ۱۳۷۶ در مقطع دکتری تحت عنوان «مطالعه موردی مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی شهر تبریز» می‌باشد که در آن رساله مزیت و برتری نسبی استفاده از GIS را به نسبت دیگر مدل‌ها به اثبات رسانیده است. مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی توسط روزبه شاد در سال ۱۳۸۲، مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی در شهر اصفهان توسط آرمان قاضی‌عسکری نائینی در سال ۱۳۸۳ و مکان‌یابی سد‌های برق آبی توسط احمد سیفی در سال ۱۳۸۶، البته با به کارگیری متدولوژی بسیار متفاوت و ارایه روش‌های ابتکاری و تحلیلی در زمینه استفاده از مدل رقومی زمین، نمونه‌های دیگر مکان‌یابی با استفاده از GIS می‌باشد. در زمینه سوخت گاز طبیعی، می‌توان گفت که استفاده از آن در خودروها دارای تاریخچه‌ای نسبتاً طولانی است که به دهه ۱۹۲۰ میلادی باز می‌گردد. بحران‌های نفتی به وجود آمده در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۹ باعث ایجاد گرایش شدید به سمت استفاده از سوخت گاز طبیعی گردیدند و زمانی که نگرانی‌های

- 
1. Tomlinson
  2. STORET
  3. MIDAS
  4. Mike Selers
  5. Romsey

ناشی از افزایش آلاینده‌های شهری در کشورهای مختلف جهان به مسأله‌ای مهم تبدیل شد، استفاده از این سوخت به شکل جدی‌تری مورد توجه قرار گرفت.

ایتالیا اولین کشوری است که از سوخت گاز طبیعی در بخش حمل و نقل استفاده کرده است. جدول (۱) حاوی اطلاعاتی در رابطه با تعداد خودروهای گازسوز و نیز ایستگاه‌های سوخت رسانی C.N.G در کشورهای مختلف است که بر اساس آخرین آمار موجود ارایه شده‌اند.

جدول شماره ۱: آمار تعداد خودروهای گازسوز و ایستگاه‌های سوخت رسانی C.N.G در کشورهای مختلف (مرکز تحقیقات خودرو سازمان بینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۵، ص ۴)

نام کشور	تعداد خودروهای گازسوز	تعداد ایستگاه‌های سوخت رسانی	تاریخ گزارش
آرژانتین	۱,۴۲۳,۶۴۴	۱۳۴۲	ژانویه ۲۰۰۵
برزیل	۱,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۰۰	آوریل ۲۰۰۵
پاکستان	۶۰,۰۰۰	۶۷۰	فوریه ۲۰۰۵
ایتالیا	۴۲۰,۰۰۰	۵۰۴	مارس ۲۰۰۵
هندوستان	۲۰۴,۰۰۰	۱۹۸	آوریل ۲۰۰۴
ایالات متحده	۱۳۰,۰۰۰	۱۳۰۰	می ۲۰۰۳
چین	۶۹,۳۰۰	۲۷۰	آوریل ۲۰۰۳
مصر	۵۲,۰۰۰	۷۹	آوریل ۲۰۰۴
ونزوئلا	۵۰,۰۰۰	۱۴۰	ژانویه ۲۰۰۴
اوکراین	۴۵,۰۰۰	۱۳۰	دسامبر ۲۰۰۳
کلمبیا	۴۳,۳۸۰	۷۸	سپتامبر ۲۰۰۳
روسیه	۳۶,۰۰۰	۲۱۸	دسامبر ۲۰۰۳
بنگلادش	۳۱,۹۸۸	۷۹	دسامبر ۲۰۰۴
ایران	۲۲,۰۵۸	۴۰	دسامبر ۲۰۰۴

در ایران نیز اولین خودروی گازسوز کشور در سال ۱۳۵۲ شمسی در قالب طرح تحقیقاتی تقلیل دود وسایل نقلیه توسط دکتر تقی ابتکار در کارگاه اتومکانیک دانشکده فنی دانشگاه تهران ساخته شد. پس از آن در سال ۱۳۵۶ شمسی در قالب طرح پاکسازی هوای شیراز طرح گازسوز

کردن خودروها به صورت آزمایشی و با تبدیل ۱۲۰۰ دستگاه خودروی سواری در شهر شیراز به مرحله اجرا گذاشته شد. در مرحله بعد و در سال ۱۳۶۶ شمسی، طرح مذکور در شهر مشهد نیز به اجرا درآمد. شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه نیز در سال ۱۳۷۱ شمسی، تحقیقاتی را در زمینه گازسوز کردن اتوبوس‌ها آغاز نمود که در سال ۱۳۷۵ این طرح به بهره برداری رسید (مرکز تحقیقات خودرو سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۵، ص ۵)

در زمینه مکان‌یابی جایگاه‌های CNG داخل شهر، تحقیقی توسط نگارنده در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد در سال ۱۳۸۸ انجام شده است که در آن از توابع تحلیلی GIS برای یافتن مکان بهینه جهت احداث جایگاه CNG شهر قم استفاده شده است. در تحقیقی نیز که توسط شرکت گاز خودرو در سال ۱۳۸۷ انجام شده است، به مکان‌یابی جایگاه‌های CNG در راه‌های مواصلاتی کشور بر اساس برآورد میزان تردد و نرخ مصرف سوخت خودروها پرداخته شده است. در این تحقیق میزان پیمایش خودروهای مختلف با توجه به محدودیت حجم مخزن سوخت آنها و نیاز به سوخت‌گیری مجدد برآورد شده است. هم‌چنین تعداد و پراکندگی جایگاه‌ها در محورهای مختلف مواصلاتی کشور در نظر گرفته شده است تا سطح سرویس استفاده از جایگاه‌ها به طرز مناسبی فراهم گردد و پوشش لازم در شبکه جاده‌ای برای وسایل نقلیه حاصل گردد.

ولیکن در بحث مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG در سطح استان‌ها با استفاده از GIS و با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر در تعیین مکان مناسب جهت احداث جایگاه از قبیل دسترسی مقرون به صرفه به شبکه‌های زیرساختی مانند شبکه گاز، شبکه برق، شبکه آب، راه‌های دسترسی و... و رعایت حریم‌های استاندارد از عوارض طبیعی و مصنوعی مختلف مانند رودخانه‌ها، گسل‌ها، مناطق حفاظت شده طبیعی، راه و راه آهن و... هنوز فعالیت قابل ذکری صورت نگرفته است و این تحقیق بر مبنای این نیاز شکل گرفته است. برای ورود به بحث مکان‌یابی ابتدا نیاز است که معیارهای مؤثر بر شبکه‌ها و زیرساخت‌های صنعت گاز بررسی شود و سپس مختصری در مورد آمایش سرزمین، هم‌چنین GIS و توابع تحلیلی آن بحث شود و آنگاه مدل نهایی مورد استفاده جهت مکان‌یابی شرح داده شود.

### معیارهای مؤثر بر شبکه‌ها و زیرساخت‌های برون شهری

برای طراحی، پیاده سازی و اجرای عملیات مختلف پروژه‌های خطوط انتقال گاز بین شهری، دستورالعمل‌هایی توسط امور تدوین استانداردهای شرکت ملی گاز ایران (IGS) تهیه

شده است. در این دستورالعمل‌ها برای اجرای پروژه‌های بخش‌های خطوط انتقال گاز (فشار قوی) و خطوط تغذیه و شبکه توزیع، معیارهای مختلفی در قالب فرآیندهایی به عنوان زیرساخت‌های اساسی به منظور بهره‌برداری از گاز تعریف شده است. این فرآیندها عبارتند از: (نصیری، ۱۳۷۲، ص ۱۵)

۱. **فرآیند بازاریابی (بررسی بازار):** در این فرآیند که به عنوان شرح وظیفه یک واحد مستقل در امور مهندسی شرکت‌های گاز استانی تعریف گردیده است، در راستای آمایش سرزمینی مناطق با استفاده از نقشه‌های ۲۵ ساله محدوده شهرها که از طریق هماهنگی با شهرداری، سازمان مسکن و شهرسازی، محیط زیست، منابع طبیعی، ادارات راه و ترابری، شرکت‌های آب و برق و مخابرات و... اخذ می‌گردد، به عنوان مرجع مکان‌یابی استفاده می‌گردد. هدف اصلی در این بخش، هماهنگی با سازمان‌هایی است که در مسیر اجرای تأسیسات گازرسانی به نحوی از انحا مرتبط بوده و بایستی مجوز اجرای پروژه‌ها را از آنها دریافت نمود یا اینکه از تداخل آنها با سایر تأسیسات جلوگیری نمود.

۲. **فرآیند طراحی:** این بخش از صنعت گاز مرتبط با امور خدمات فنی و مهندسی می‌باشد که وظیفه تبدیل نقشه‌های تهیه شده توسط واحد بررسی بازار به نقشه‌های طراحی را برعهده داشته و متعاقباً منتج به اجرای پروژه‌ها خواهد گردید. معیار اساسی در این بخش جلوگیری از افت فشار در مسیر بهره‌برداری از گاز، رعایت استانداردهای محل استقرار تأسیسات گازرسانی از جمله ایستگاه‌های تقلیل فشار شهری شامل CGS<sup>۱</sup>، TBS<sup>۲</sup>، CPS<sup>۳</sup>، مسیر اجرای خطوط لوله و رعایت حریم‌های مختلف و رعایت ضوابط زیست محیطی براساس آیین‌نامه‌ها و مقررات ISO 14000 و... می‌باشد. از جمله خروجی‌های این مرحله، نقشه مسیر خط لوله، حریم‌های مختلف جهت اجرای خطوط، راه‌های دسترسی، جاده سرویس<sup>۴</sup>، و عملیات تسطیح مسیر اجرا می‌باشد. از آنجایی که برای رسیدن به حریم عملیات ساختمانی و انتقال ماشین‌آلات و سایر تجهیزات بایستی از جاده‌های عمومی مطابق مقررات جاری کشور استفاده گردد، برای سهولت در اجرا می‌توان راه‌هایی از جاده‌های عمومی به عنوان راه دسترسی احداث نمود. این راه‌ها عبارتند از:

- 
1. City Gate Station
  2. Town Border Station
  3. Cathodic Protection Station
  4. Right of Way



- ✓ راه دسترسی از جاده‌های عمومی به طرفین تقاطع باند عملیات ساختمانی با رودخانه و راه آهن و بزرگراه‌ها.
- ✓ راه دسترسی در مجاورت باند عملیات ساختمانی در زمین‌های کوهستانی با شیب بیش از ۲۲ درصد.
- ✓ راه دسترسی از جاده‌های عمومی به شیرفلکه به طوری که کوتاه‌ترین مسیر به وجود آید.

در بحث تسطیح، خاک‌برداری عرض باند عملیات ساختمانی می‌بایست به نحوی انجام گیرد که شیب‌های مقطعی حاصله در طرفین باند عملیات ساختمانی برابر شیب تثبیتی نوع خاک طرفین مسیر باشد. هم‌چنین باید سطح باند عملیات ساختمانی چنان تسطیح شود که از محور لوله به طرفین حداقل یک و نیم درصد شیب عرضی داشته باشد.

### آمایش سرزمین

موضوع آمایش سرزمین به عنوان مبنا و پایه‌ای برای اتخاذ تصمیم‌گیری‌های درازمدت مورد توجه قرار می‌گیرد. منظور از آمایش سرزمین عبارتند از: تنظیم بهینه روابط انسان با نوع فعالیت و محیط در فضای ملی به منظور بهره‌برداری منطقی از تمامی امکانات و قابلیت‌ها برای بهبود وضع مادی و معنوی جامعه و مردم، به نحوی که رفاه جامعه و افراد تأمین گردد. آمایش سرزمین علم و دانش سازماندهی منطقی و عقلانی جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، حفاظت و توسعه محیط زیست است که هدف اساسی آن توسعه مناطق و استان‌های کشور و روابط متقابل درونی و برونی آنها، استفاده معقول از منابع، توزیع عادلانه ثروت‌ها و درآمدها، توسعه متعادل شهر و روستا و ایجاد خدمات و تسهیلات اجتماعی متناسب با نیازهای جامعه می‌باشد. به عبارت دیگر، آمایش سرزمین سیمای موجود و آینده توسعه یافتگی کشور را از لحاظ مناطق، محورهای توسعه و قطبها ترسیم می‌نماید. از آنجایی که بحث آمایش یک بحث مکان‌مند است و تصمیم‌های اتخاذ شده در آن نیازمند اطلاعات مکانی و توصیفی بهنگام و تحلیل مناسب آنها و آرایه در قالب‌های مورد نیاز می‌باشد، نیاز به یک بستر مناسب برای نمایش، ذخیره سازی و تحلیل این اطلاعات احساس می‌شود. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، GIS به عنوان علم تجزیه و تحلیل مکان پا به عرصه ظهور گذاشته است. (شاد، ۱۳۸۲، ص ۱۱۵).

## سیستم اطلاعات مکانی (GIS)<sup>۱</sup>

سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان علم و فن مدیریت اطلاعات مکان مرجع، که شامل مجموعه امکانات سخت افزار، نرم افزار، اطلاعات مکانی، الگوریتم‌های تحلیلی و متخصصان مربوطه می‌باشد، به عنوان یکی از بهترین و کارآمدترین راه‌حل‌های مدیریت بهینه اطلاعات محسوب می‌گردد. این علم و فن آوری، امکان ذخیره‌سازی، بازیابی، بهنگام رسانی، پردازش، نمایش، و کاربرد اطلاعات مکان مرجع را در قالب یک سیستم متمرکز اطلاعاتی فراهم ساخته و در طی چند دهه که از ظهور آن می‌گذرد، انقلاب وسیعی را در سطح جهانی پدید آورده است (زارع، ۱۳۸۳، ص ۲۶۶). به عبارت دیگر، می‌توان گفت که GIS امکان ذخیره‌سازی و پردازش انواع مختلف داده‌ها از قبیل اطلاعات خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، توپوگرافی و داده‌های شیب زمین و... را فراهم می‌سازد. این داده‌ها در قالب لایه‌ها به سیستم معرفی می‌شوند. ترکیب مدل‌سازی مکانی و GIS، منجر به تولید اطلاعات با کیفیت و کارایی بیش‌تر، نمایش داده‌ها و مدل‌ها، توسعه راه‌حل‌های بهتر جهت مسایل مختلف مکان‌مند، دید بهتر نسبت به مسایل و کمک به نمایش آلترناتیوهای مکانی مختلف می‌شود (کرک، ۲۰۰۹، ص ۲). از سوی دیگر، این سیستم با قابلیت‌های تحلیلی متنوع، در مکان‌یابی‌های صحیح و اصولی در زمینه‌های گوناگون کاربرد دارد. هم‌چنین در این سیستم، داده‌ها به صورت رقومی نگهداری می‌شوند، لذا از نظر فیزیکی حجم کم‌تری را اشغال می‌کنند. به علاوه، امکان انجام آنالیزهای پیچیده با مجموعه داده‌های مختلف مکانی و غیرمکانی به صورت توأم، مهم‌ترین قابلیت GIS می‌باشد. با استفاده از این سیستم، نه تنها امکان ایجاد و استفاده از اطلاعات زمین مرجع وجود دارد، بلکه امکان ترکیب مجموعه داده‌های مختلف و روش‌های گوناگون را نیز فراهم می‌کند. (آرنوف، ۱۳۷۵، ص ۱۶).

## مدیریت داده<sup>۲</sup> در GIS

یکی از مهم‌ترین اهداف GIS، توانایی ذخیره‌سازی و دست‌یابی سریع و کارآمد به داده‌های

- 
1. Geospatial Information System
  2. Data Management

مکانی و توصیفی است. برای مدیریت داده‌های مکانی از دو مدل رستر<sup>۱</sup> و بردار<sup>۲</sup> در GIS استفاده می‌شود. این دو مدل دارای تفاوت‌های بنیادی و ساختاری در مدیریت داده‌های مکانی هستند (کرک، ۲۰۰۹، ص ۲۹).

### مدل داده رستری

رستر شامل مجموعه‌ای از نقاط یا سلول‌ها می‌باشد که عوارض سطح زمین را در یک شبکه منظم می‌پوشاند و به کمک شماره ردیف و ستون آنها، آدرس‌دهی لازم صورت می‌گیرد. پیکسل یا سلول به عنوان کوچک‌ترین عنصر تشکیل‌دهنده رستر معرفی شده‌اند که ارزش هر یک از آنها بسته به نوع عارضه متفاوت می‌باشد.

### مدل داده برداری

مدل برداری، دو مدل اسپاگتی و توپولوژی را شامل می‌شود که از مزایای زیادی برای نمایش عوارض برخوردار است. در مدل اسپاگتی، نقاط به صورت مختصات زوجی (x,y)، خطوط به شکل زنجیره‌ای از مختصات زوجی، و سطوح نیز به صورت خطوطی که سطوح بسته را تشکیل می‌دهند، نشان داده می‌شود. آنچه در مدل برداری GIS مهم به نظر می‌رسد، مفهوم توپولوژیکی آن است که در آن از توپولوژی برای بیان روابط فضایی بین پدیده‌های زمینی استفاده می‌شود. انجام عملیات تحلیلی GIS تنها زمانی صورت خواهد گرفت که داده‌ها در ساختار توپولوژیکی ذخیره شوند. تفاوت مدل‌های توپولوژیکی و اسپاگتی در ساختارسازی داده‌ها مطابق با عامل توپولوژیکی است که در آن ساختار توپولوژیکی بر روی فایل اسپاگتی افزوده می‌شود.

### قابلیت‌های GIS

مهم‌ترین قابلیت‌های یک سیستم اطلاعات مکانی عبارتند از:  
 الف) پیوند اطلاعات حاصل از منابع مختلف اطلاعاتی،  
 ب) ادغام داده‌ها،

- 
1. Raster
  2. Vector

(ج) تبدیل هندسی<sup>۱</sup>،

(د) تعریف سیستم‌های تصویری مختلف،

(ه) تبدیل ساختار داده‌ها،

(و) بازیابی اطلاعات<sup>۲</sup>.

برخی از قابلیت‌های تحلیلی یک سیستم GIS عبارتند از:

۱. جستجو: یافتن روش مناسب و قابل اعتماد حل یک مسأله خاص.
  ۲. تغییر مقیاس: تولید نقشه‌های خروجی با مقیاس دلخواه.
  ۳. محاسبه و اندازه‌گیری: محاسبه سطوح و فواصل با هر واحد اندازه‌گیری.
  ۴. توابع آماری: تحلیل‌های آماری مختلف در تمام مراحل کار با سیستم.
  ۵. تهیه نقشه‌های ترکیبی: ترکیب داده‌ها و اطلاعات دو یا چند نقشه و ارائه یک نقشه جدید.
  ۶. مدل‌سازی و شبیه‌سازی: شامل مدل‌سازی توپولوژیکی، همسایگی، پیوستگی، نزدیکی، شبکه و همپوشانی.
- در این قسمت به دلیل اهمیت خاص توابع تجزیه و تحلیل در GIS و کاربرد آن در مدل‌های مکان‌یابی، با تفصیل بیشتر به آن پرداخته می‌شود.

### توابع تجزیه و تحلیلی GIS

توابع تجزیه و تحلیلی GIS به سؤالاتی در مورد اطلاعات مکانی<sup>۳</sup> و اطلاعات غیرمکانی<sup>۴</sup> موجود پاسخ می‌دهند. در مدل‌های GIS، توابع تجزیه و تحلیلی به عنوان الگویی برای تقلید جنبه‌های خاصی از واقعیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها قادرند در مورد اینکه چه وضعیتی در حال حاضر وجود دارد، چه وضعیتی در گذشته وجود داشته و چه وضعیتی در آینده احتمالاً به وقوع می‌پیوندد، تصمیم‌گیری کنند. این قابلیت‌ها در مدل با استفاده از توابع تجزیه و تحلیلی ایجاد شده و در اختیار استفاده‌کنندگان قرار می‌گیرند. توسعه تکنیک‌های GIS

- 
1. Geometrie transformation
  2. Information Retrival
  3. Spatial
  4. Nonspatial

موجب شده است که توابع تجزیه و تحلیل زیادی پدید آیند. توابع تجزیه و تحلیلی GIS را به چهار دسته اصلی زیر می‌توان طبقه‌بندی نمود: (آرونوف، ۱۹۸۹، ص ۱۸).

۱. توابع نگهداری و تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی،

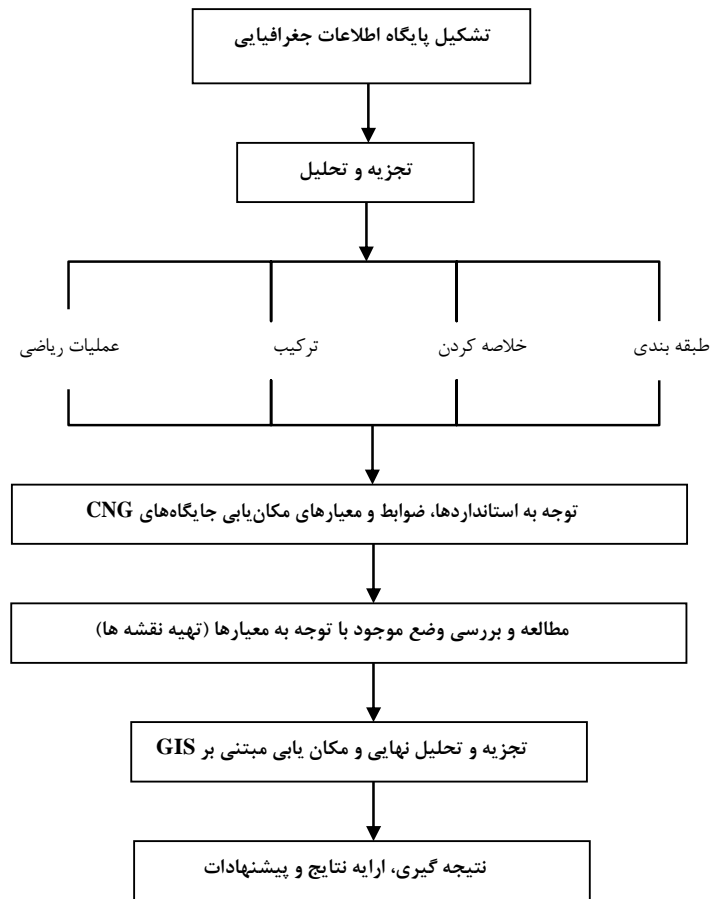
۲. توابع نگهداری و تجزیه و تحلیل داده‌های توصیفی،

۳. توابع تجزیه و تحلیل توأم داده‌های فضایی و توصیفی،

۴. توابع آماده‌سازی داده‌ها برای اخذ خروجی‌های مختلف.

در این تحقیق از امکانات و قابلیت‌های موجود در سیستم‌های اطلاعات مکانی جهت مدل‌سازی مکان‌یابی استفاده شده است. این سیستم‌ها به واسطه برخورداری از ویژگی‌هایی نظیر امکان تجزیه و تحلیل سریع و دقیق داده‌های مکانی و اطلاعات توصیفی متناسب به آنها از یک سو و توجه روز افزون صنعت کشور به ابزاری قابل اعتماد جهت حمایت از تصمیمات مکان مرجع از سوی دیگر، موجب گردیده این سیستم‌ها به سرعت جایگاه به‌سزایی را در میان سیستم‌های مدیریت و حمایت از تصمیم‌گیری به خود اختصاص دهد و تأمین‌کننده نیازهای کاربران در هر سطح به ویژه در سطوح مدیریت کلان در راستای کمک به تصمیم‌گیری بهینه می‌باشد. (صمدزادگان، ۱۳۸۵، ص ۲). به نحوی که برنامه‌ریزی و اجرای تصمیمات گرفته شده در سایه به کارگیری سیستم اطلاعات مکانی میسر است (رسولی، ۱۳۸۴، ص ۲۱).

در مقاله حاضر، سعی گردیده است که با استفاده از مدل مفهومی ذیل که بر مبنای سیستم اطلاعات مکانی (GIS) تدوین شده است، مراحل مکان‌یابی با رویکرد آمایش سرزمینی ارایه شود، تا درک مطلوب‌تر موضوع فراهم گردد.



نمودار ۱: مراحل اجرایی تحقیق بر مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

#### منطقه مورد مطالعه

استان قم بین  $5^{\circ} 5'$  تا  $51^{\circ} 45'$  طول شرقی و  $35^{\circ} 15'$  تا  $34^{\circ} 15'$  عرض شمالی گسترده شده است. مختصات شهر قم  $34^{\circ} 38'$  عرض شمالی و  $50^{\circ} 53'$  طول شرقی می‌باشد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، استان قم دارای یک شهرستان (قم)، پنج بخش (جعفر آباد، خلجستان، کهک، مرکزی، سلفچگان) پنج شهر (جعفریه، دستجرد، کهک، قم، قنات) نه دهستان و ۳۵۶ آبادی دارای سکنه می‌باشد. (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم، ۱۳۸۴، ص ۱۱) نقشه موقعیت این بخش‌ها در شکل (۱) آورده شده است.



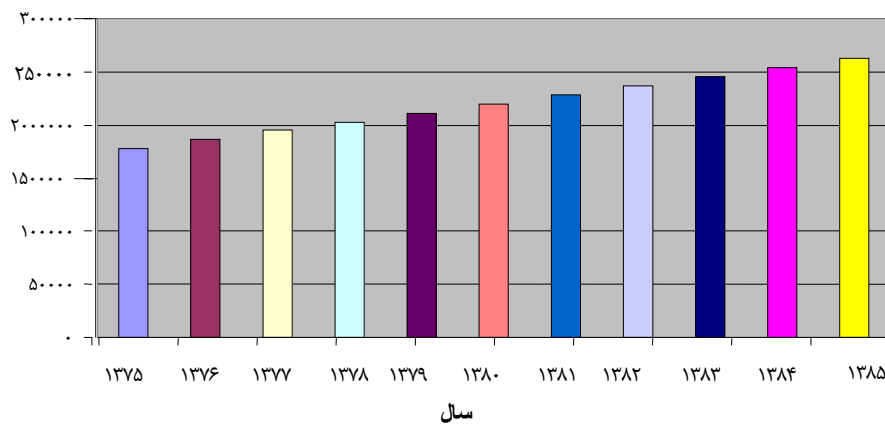
جدول ۲: جمعیت استان قم به تفکیک شهری و روستایی بین سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۵

سال	جمعیت استان	جمعیت شهری	جمعیت روستایی
۱۳۷۵	۸۵۳۰۴۴	۷۷۷۶۷۷	۷۵۲۹۶
۱۳۷۹	۹۴۰۱۵۱	۸۷۲۶۳۶	۶۷۵۱۵
۱۳۸۰	۹۷۰۶۱۸	۹۰۳۱۰۳	۶۷۵۱۵
۱۳۸۱	۱۰۰۱۹۷۶	۹۳۴۳۲۹	۱۷۵۶۰
۱۳۸۲	۱۰۳۲۲۸۸	۹۶۴۵۰۳	۶۷۷۸۵

در نمودارهای زیر تعداد خانوارهای استان قم در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ نشان داده شده است.

کل خانوارهای استان قم در سال‌های ۷۵ تا ۸۵

نفر



نمودار ۲: تعداد خانوارهای استان قم در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵

بر اساس آمار مستند دریافتی از شرکت پخش فرآورده‌های نفتی منطقه قم و بر اساس آمارگیری که طی سال ۱۳۸۸ صورت گرفته است، در حال حاضر ۲۱۲۷ خودرو گازسوز در شهر قم شناسایی گردیده و ضمناً بر اساس اطلاعات دریافتی از سازمان حمل و نقل و پایانه‌های استان قم نیز آمار تردد در محورهای استانی منتهی به قم نیز به شرح جدول زیر می‌باشد.



جدول ۳: آمار ترددهای محورهای استان قم در سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷

تردد محورهای استان قم در سالهای ۸۶ و ۸۷ (در محورهای دارای دستگاه تردد شمار)									
ردیف	نام محور	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	میانگین روزانه محور در ۷ ماهه اول سال ۸۷
۱	قم - آوه و بالمکس	۵۹۰۲	۶۱۶۰	۶۷۷۲	۵۷۹۷	۵۹۹۷	۵۵۳۲	۵۸۸۸	۶۰۰۷
۲	تهران - قم و بالمکس	۴۷۵۱	۶۸۴۴	۶۶۲۵	۷۸۵۰	۷۳۷۳	۷۴۴۴	۷۰۲۸	۶۸۱۴
۳	دلیجان - سلفچگان و بالمکس	۷۷۷۴	۶۶۶۰	۷۱۹۷	۷۳۳۲	۸۱۸۳	۷۳۱۳	۷۰۰۶	۷۳۵۲
۴	ساوه - سه راهی سلفچگان و بالمکس	۳۷۷۲	۲۸۱۹	۳۱۰۸	۳۰۳۹	۳۲۰۲	۳۹۹۷	۳۷۱۰	۲۹۵۰
۵	قم - سلفچگان و بالمکس	۱۸۰۶۸	۱۵۰۹۶	۱۵۷۷۲	۱۷۲۰۱	۱۹۱۶۸	۱۶۶۱۴	۱۶۴۴۰	۱۶۹۰۸
۶	قم - کاشان و بالمکس	۴۶۶۳	۴۶۴۴	۴۴۹۸	۴۱۲۷	۴۳۶۵	۴۰۱۵	۴۰۴۶	۴۳۳۷

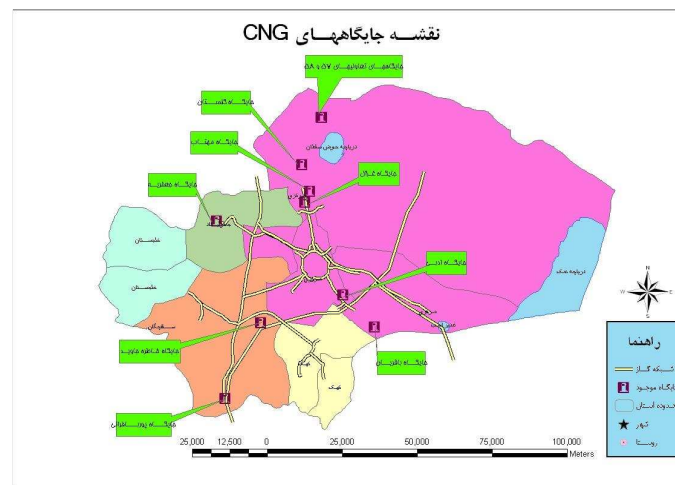
بررسی آمارهای فوق‌الذکر نشان می‌دهد که روند رشد خودروهای دوگانه‌سوز روبه‌تزیاید گذاشته است. لذا احداث جایگاه سوخت گاز (CNG) در حوزه استان قم بیش از پیش اجتناب‌ناپذیر و ضروری است.

#### تحلیل وضع موجود جایگاه‌های CNG

برای یافتن مکان مناسب جایگاه‌ها، ابتدا باید موقعیت فعلی ایستگاه‌ها و هم‌چنین عملکرد این جایگاه‌ها در عرضه خدمات به مراجعان را بررسی کرد تا کمبودها در زمینه عرضه سوخت تعیین گردد. مشخصات جایگاه‌های موجود عرضه CNG در جدول (۴) و نقشه این جایگاه‌ها در شکل (۲) آورده شده است:

جدول ۴: مشخصات جایگاه‌های عرضه CNG استان قم

ردیف	نام جایگاه	آدرس	ظرفیت	فشار خروجی	فشار ورودی
۱	جایگاه CNG مهتاب	کیلومتر ۲۰ اتوبان قم / تهران	1000	250	250
۲	جایگاه CNG پوربافرانی	کیلومتر ۳۳ جاده سلفچگان / دلیجان	2500	60	1000
۳	جایگاه CNG باقریان	کیلومتر ۱۵ جاده کاشان - روبروی پادگان خیبر	1000	250	250
۴	جایگاه CNG تعاونی ۵۷	کیلومتر ۵۰ اتوبان قم / تهران	5000	250	1000
۵	جایگاه CNG تعاونی ۵۸	کیلومتر ۵۰ اتوبان قم / تهران	5000	250	1000
۶	جایگاه CNG گلستان	کیلومتر ۲۵ جاده قدیم قم / تهران	2500	60	1000
۷	جایگاه CNG ادبی	کیلومتر ۸ جاده کاشان - سمت راست	2500	250	250
۸	جایگاه CNG غزال	کیلومتر ۱۳ جاده قدیم قم / تهران - ابتدای جاده رحمت آباد	2500	250	250
۹	جایگاه CNG خاطره جاوید	کیلومتر ۲۰ - جاده اصفهان - بعد از طایقان - سمت راست	1000	60	60
۱۰	جایگاه جعفریه	جعفریه - روبروی شهرک صنعتی	1000	250	250



شکل ۲: نقشه جایگاه‌های عرضه CNG استان قم

### ارزیابی مطلوبیت جایگاه‌های موجود عرضه CNG

برای ارزیابی میزان مطلوبیت جایگاه‌های موجود از نظر استفاده‌کنندگان، پرسش‌نامه‌ای تهیه شد. جامعه آماری شامل کلیه رانندگانی بود که به جایگاه‌های سوخت CNG موجود در استان قم مراجعه می‌نمایند. از آنجایی که جامعه آماری در نظر گرفته شده برای موضوع مورد تحقیق دارای حجم تقریباً بزرگ و گسترده بوده و بررسی نظرات تمامی اعضای مذکور به لحاظ زمان، هزینه اقتصادی و... مقدور نبود، لذا سعی بر آن شد تا با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری جمعیتی کوچک و برخوردار از تمام خصوصیات اساسی جامعه آماری معین شود، تا استخراج نتایج از آنها با اعتماد لازم همراه باشد. بر این اساس و با توجه به ساختار جامعه یاد شده و با بررسی‌های به عمل آمده و به منظور افزایش دقت، از شیوه نمونه تصادفی سیستماتیک استفاده گردید.

پرسش‌نامه حاوی ۲۰ سؤال بوده و در چهار بعد کمی، کیفی، مکانی و خدماتی تنظیم شده است. مقیاس مورد استفاده در هر یک از سؤالات نیز طیف لیکرت پنج درجه‌ای می‌باشد. معمولاً برای سنجش پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده می‌گردد. در این تحقیق جهت محاسبه ضریب آلفای کرونباخ از نرم افزار SPSS استفاده شد که میزان آلفا برای ۱۲۰ پرسش‌نامه تکمیل شده توسط رانندگان خودروهای مراجعه‌کننده به جایگاه‌های سوخت CNG موجود در استان قم مقدار ۰/۹۶ به دست آمد. نظر به اینکه مقدار ضریب آلفا از حد قابل قبول

برای مقاصد کاربردی که ۰/۷۰ می‌باشد، بیش‌تر می‌باشد، لذا می‌توان ادعا کرد پرسش‌نامه مورد نظر از پایایی و اعتبار قابل قبول بالایی برخوردار می‌باشد.

### تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها

در این بخش با توجه به اطلاعات حاصل از پرسش‌نامه و هم‌چنین با کمک نرم‌افزار آماری SPSS به آزمودن فرضیات تحقیق پرداخته شده است. برای بررسی، هر یک از متغیرها و شاخص‌های تحقیق به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. بدین ترتیب، وضعیت جایگاه‌های سوخت CNG را از نظر کمی، کیفی، مکانی و خدماتی بررسی شده است.

#### الف) بررسی وضعیت جایگاه‌های سوخت CNG از نظر کمی

آزمون آماری مناسب برای بررسی این فرضیه بدین صورت می‌باشد:

$H_0: \mu \leq 3$  } توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر کمی مناسب نمی‌باشد.

$H_1: \mu > 3$  } توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر کمی مناسب می‌باشد.

جدول زیر نتایج حاصل از این آزمون را نشان می‌دهد:

جدول ۵: نتایج آزمون ۱ یک نمونه‌ای

	Value Test = ۳					
	اماره T	درجه آزادی	سطح معناداری یک دامنه (sig)	اختلاف میانگین‌ها	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاضل میانگین‌ها	
					سطح بالا	سطح پایین
کمی	-۴۵/۶۶	۱۱۹	۱	-۱/۱۸	-۱/۲۳	-۱/۱۲۸

با انجام آزمون T-Test، مقدار sig بیش‌تر از ۰/۰۵ به دست آمد. پس در سطح خطای ۰/۵٪ فرض صفر تأیید می‌گردد. یعنی از نظر پاسخ‌دهندگان توزیع جایگاه‌های CNG استان قم، از نظر کمی مناسب نمی‌باشد.

#### ب) بررسی وضعیت جایگاه‌های سوخت CNG از نظر کیفی

آزمون آماری مناسب برای بررسی این فرضیه بدین صورت می‌باشد:

$H_0: \mu \leq 3$  } توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر کیفی مناسب نمی‌باشد.

$H_1: \mu > 3$  } توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر کیفی مناسب می‌باشد.

جدول ۶ نتایج حاصل از این آزمون را نشان می‌دهد:

	Value Test = ۳					
	آماره T	درجه آزادی	سطح معناداری یک دامنه (sig)	اختلاف میانگین‌ها	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاضل میانگین‌ها	
					سطح بالا	سطح پایین
کیفی	-۴۴/۲۷	۱۱۹	۱	۰/۶۶	۰/۶۸۷	۰/۶۲۸

جدول ۶: نتایج آزمون t یک نمونه‌ای

همان گونه که در جدول ۶ ملاحظه می‌گردد، مقدار sig به دست آمده از مقدار ۰/۰۵ بیش‌تر بوده، لذا در سطح خطای ۵٪ فرض صفر مورد تأیید قرار می‌گیرد. به این معنی که از نظر پاسخ‌دهندگان توزیع جایگاه‌های استان قم، از نظر کیفی مناسب نمی‌باشد.

**ج) بررسی وضعیت جایگاه‌های سوخت CNG از نظر مکانی**

آزمون آماری مناسب برای بررسی این فرضیه بدین صورت می‌باشد:

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| $H_0: \mu \leq 3$<br>$H_1: \mu > 3$ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر مکانی مناسب نمی‌باشد.} \\ \text{توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر مکانی مناسب می‌باشد.} \end{array} \right.$ |
|-------------------------------------|--|

جدول ۷ نتایج حاصل از این آزمون را نشان می‌دهد:

جدول ۷: نتایج آزمون t یک نمونه‌ای

	Value Test = ۳					
	آماره T	درجه آزادی	سطح معناداری یک دامنه (sig)	اختلاف میانگین‌ها	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاضل میانگین‌ها	
					سطح بالا	سطح پایین
مکانی	-۵۸/۸۷	۱۱۹	۱	-۱/۲۳	-۱/۲۷۴	-۱/۱۹۱

پس از انجام آزمون مربوطه، مقدار sig بیش‌تر از ۰/۰۵ به دست آمد. پس در سطح خطای

۵٪ فرض صفر را تأیید و فرض مقابل را رد می‌کنیم. یعنی به زعم پاسخ‌دهندگان توزیع جایگاه‌های استان قم، از نظر مکانی مناسب نمی‌باشد.

#### د) بررسی وضعیت جایگاه‌های سوخت CNG از نظر خدماتی

آزمون آماری مناسب برای بررسی این فرضیه بدین صورت می‌باشد:

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \mu \leq 3 \\ H_1: \mu > 3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر خدماتی مناسب نمی‌باشد.} \\ \text{توزیع جایگاه‌های C.N.G استان قم، از نظر خدماتی مناسب می‌باشد.} \end{array}$$

جدول ۸ نتایج حاصل از این آزمون را نشان می‌دهد:

جدول ۸: نتایج آزمون t یک نمونه‌ای

Value Test = ۳						
T	درجه آزادی	سطح معناداری یک دامنه (sig)	اختلاف میانگین‌ها	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاضل میانگین‌ها		
				سطح بالا	سطح پایین	
خدماتی	۱۱۹	۱	-۰/۲۲	-۰/۲۸۳	-۰/۱۴۹	

همان گونه که در جدول (۸) نشان داده شده است، مقدار sig به دست آمده از مقدار ۰/۰۵ بیش‌تر بوده، لذا در سطح خطای ۵٪ فرض صفر مورد تأیید قرار می‌گیرد. به این معنی که از نظر پاسخ‌دهندگان توزیع جایگاه‌های استان قم، از نظر خدماتی مناسب نمی‌باشد. لذا همان گونه که نتایج نشان می‌دهد، نیاز به احداث جایگاه‌های جدید عرضه CNG در استان ضروری به نظر می‌رسد. برای مکان‌یابی جایگاه‌ها، ابتدا باید پارامترها و معیارهای مؤثر در انتخاب مکان مناسب برای احداث جایگاه را بررسی نمود.

#### معیارهای مؤثر در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG

برای تعیین بهترین مکان جهت احداث جایگاه، باید عوامل تأثیرگذار در این امر را شناسایی و لایه‌های مربوطه را تهیه نمود. پس از بررسی عوامل مختلف اثرگذار در امر مکان‌یابی جایگاه CNG این عوامل مؤثر تشخیص داده شد (نصیری، ۱۳۸۸، ص ۹۲).

#### دسترسی به شبکه ۲۵۰ گاز

برای احداث جایگاه‌های CNG دسترسی مناسب به خطوط انتقال و تغذیه گاز (با فشار حداقل 250 psi) الزامی می‌باشد. پس از بررسی‌های انجام شده، فاصله ۵۰۰ متری از خطوط موصوف مناسب برای مکان‌یابی جایگاه تشخیص داده شد.

**دسترسی به شبکه معابر اصلی**

دسترسی مناسب به جایگاه‌های CNG از طریق شبکه معابر اصلی امکان‌پذیر می‌باشد. پس از بررسی‌های انجام شده، فاصله ۵۰۰ متری از راه‌های اصلی مناسب برای مکان‌یابی جایگاه تشخیص داده شد.

**دسترسی به شبکه برق**

برای احداث جایگاه‌های CNG دسترسی مناسب به شبکه برق الزامی می‌باشد، منوط به اینکه فاصله ایمن از تأسیسات فشار قوی برق رعایت شود. لذا فاصله ۵۰۰ متر مناسب برای مکان‌یابی جایگاه تشخیص داده شد.

**توپوگرافی و شیب مناسب منطقه**

پس از بررسی‌های انجام شده، شیب کم‌تر از ۵ درصد مناسب برای مکان‌یابی جایگاه تشخیص داده شد.

**دسترسی به شبکه آب**

یکی از معیارهای مهم در مکان‌یابی جایگاه‌ها، در دسترس بودن شبکه آب می‌باشد که در این تحقیق نیز در نظر گرفته شده است.

**دسترسی به شبکه مخابرات**

یکی دیگر از معیارهای مهم در مکان‌یابی جایگاه‌ها، دسترسی به شبکه مخابراتی جهت تبادل اطلاعات و ... می‌باشد.

با عنایت به اینکه در جایگاه‌های CNG فشار گاز تا حد 300 psi در مخازن خروجی از کمپرسورها طراحی گردیده، لذا بایستی ضمن رعایت حریم‌های تعریف شده، امکان تملک محل با شرایط مناسب احداث جایگاه‌ها فراهم باشد.

**حریم مناطق غیر قابل احداث جایگاه**

در تهیه این معیارها جنبه‌های ایمنی، زیست محیطی و مهندسی مدنظر بوده است، به نحوی که اهداف اصلی زیر را تأمین نماید:

۱. ایمنی ساکنان یا کاربران ابنیه و تأسیسات و اراضی اطراف جایگاه و به حداقل رساندن خسارات ناشی از نشت گاز، انفجار و آتش سوزی؛
۲. پیشگیری یا کاهش صدمات احتمالی از نقاط مجاور به جایگاه در اثر عملیات و فعالیت‌های گوناگون سایر اشخاص حقیقی یا حقوقی نظیر ساخت و ساز، حفاری، تردد،

تأثیرات القایی و...؛

۳. به حداقل رساندن خسارات ناشی از احداث خطوط لوله و تأسیسات شرکت به محیط‌های زیست انسانی و طبیعی و مناطق حفاظت شده و سایر عوارض طبیعی؛

۴. حریم شبکه ۲۵۰ گاز؛

۵. حریم میدان‌های مغناطیسی؛

۶. حریم مراکز تجمعی؛

۷. جایگاه در نقاط حادثه‌خیز جاده‌های استان، که در آنها آمار تصادفات رانندگی زیاد است، قرار نگیرد.

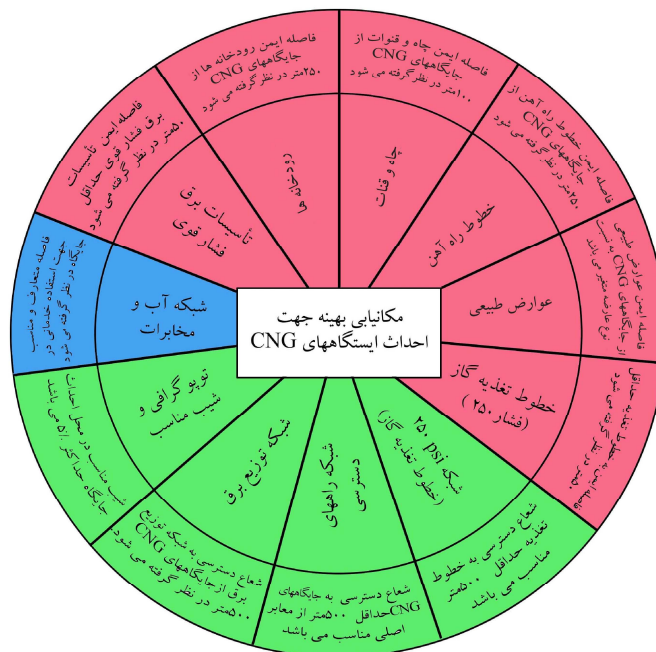
خلاصه‌ای از حریم‌های مورد توجه در این تحقیق که از دستورالعمل اجرایی IGS<sup>۱</sup> و نظرات کارشناسان خبره صنعت گاز به دست آمده است، در جدول ذیل آورده شده است.

جدول ۹: حریم عوارض مختلف طبیعی و مصنوعی که در این تحقیق استفاده شده است.

ردیف	نام عارضه	حریم (متر)
۱	رودخانه	۲۵۰
۲	چاه‌ها و قنات‌ها	۱۰۰
۳	خطوط راه‌آهن	۲۵۰
۴	آزادراه	۵۰
۵	جاده درجه ۱	۵۰
۶	جاده درجه ۲	۴۰
۷	جاده درجه ۳ و ۴	۲۵
۸	نقاط حادثه‌خیز در جاده‌ها	نظر کارشناس پلیس راه
۹	خطوط ۱۳۲ کیلوولت برق	۵۰
۱۰	خطوط ۶۳ کیلوولت برق	۴۰
۱۱	خطوط ۲۰ کیلوولت برق	۳۰
۱۲	گسل	۵۰۰
۱۳	عوارض طبیعی مانند دریاچه، کوه و...	بستگی به نوع عارضه دارد

این پارامترها به طور خلاصه در نمودار زیر شکل ۶ آورده شده است.

## 1. Iranian Gas Standards



شکل ۶: مدل مفهومی و معیارهای مؤثر در مکانیابی جایگاههای CNG و حریمهای اعمال شده جهت مکانیابی

برای وزندهی این معیارها جهت ورود به مدل مکانیابی از روش مقایسه زوجی (AHP) استفاده شده است.

### روش مقایسه دوتایی

روش مقایسه دوتایی توسط ال ساعتی<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۷ در زمینه فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارائه شده است. در این روش از مقایسه‌های بین معیارها به صورت دوتایی استفاده شده و وزنهای نسبی را به عنوان خروجی ایجاد می‌کند. روش مقایسه دوتایی شامل سه مرحله اصلی است: ایجاد ساختار سلسله مراتبی، محاسبه وزن‌ها و سازگاری سیستم (مالکرتوسکی، ۱۹۹۹، ص ۳۹۲).

این روش مقایسه دارای محاسبات وقت‌گیری است که برنامه‌های کامپیوتری می‌توانند محاسبات لازم را انجام دهند. برای اولین بار، این روش توسط رائو و همکاران او در سال

1. Saaty



۱۹۹۱ در GIS استفاده شده است و با روش‌های تصمیم‌گیری GIS تلفیق شده است. یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارهاست. به عبارت دیگر، در تشکیل ماتریس مقایسه دوتایی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید معیاری را یافت که میزان ناهماهنگی داورها را نمایان سازد. مکانیزمی که ال ساعتی برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری (I.R) است که از تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I) به شاخص تصادفی بودن (R.I) حاصل می‌شود.

چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر کرد.

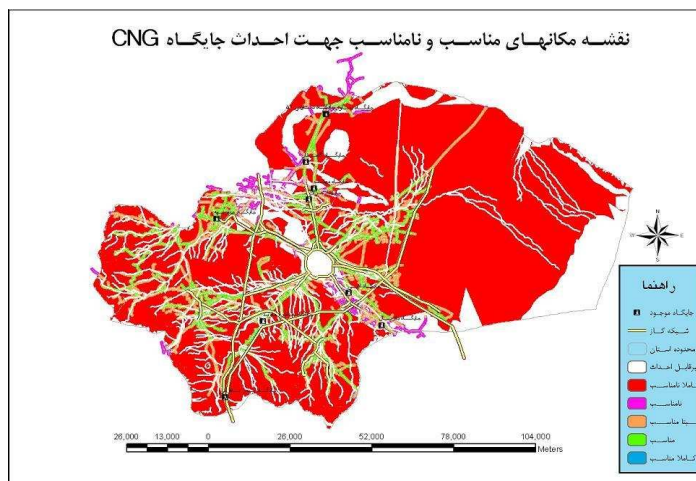
$$\Pi = \frac{\lambda \max - n}{n - 1}$$

شاخص سازگاری

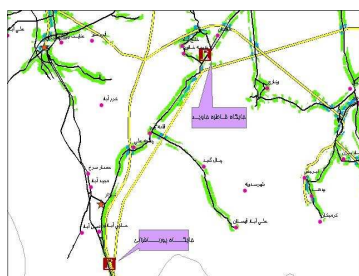
پس از تهیه لایه‌های مربوط به معیارهای مؤثر در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG و وزن‌دهی آنها از طریق AHP، این لایه‌ها باید با یکدیگر بر اساس وزن‌های حاصله ترکیب شوند تا مکان‌های مناسب برای احداث جایگاه مشخص گردد.

### مکان‌یابی

برای مکان‌یابی جایگاه‌های CNG از مدل همپوشانی شاخص در ترکیب لایه‌ها (نقشه‌ها) استفاده شده است. در این مدل هم لایه‌های مربوط به معیارهای مؤثر در مکان‌یابی با وزن‌های حاصل از AHP و هم لایه‌های مربوط به حریم‌های ذکر شده در بخش‌های قبل وارد می‌شوند. پس از اجرای مدل، نقشه مکان‌های مناسب و نامناسب برای احداث جایگاه به دست می‌آید که این نقشه در شکل (۷-الف) نشان داده شده است. در این نقشه، کل محدوده استان در شش گروه از لحاظ مناسبت جهت ساخت جایگاه‌های CNG اولویت‌بندی شده‌اند. این گروه‌ها شامل مکان‌های غیرقابل احداث، کاملاً نامناسب، نامناسب، نسبتاً مناسب، مناسب، و کاملاً مناسب برای احداث جایگاه CNG می‌باشند. در شکل‌های (۷-ب) تا (۷-ه) نتایج به دست آمده، برای مناطق مختلف استان از همان نقشه نشان داده شده است و برای خوانایی بیشتر، فقط مکان‌های مناسب و کاملاً مناسب شناسایی شده در استان آورده شده است.



(الف)



(ج)



(ب)



(ه)



(د)

شکل ۷: نقشه نهایی حاصل از مدل مکان‌یابی ارایه شده در این تحقیق. (الف) در این نقشه سطح استان به شش گروه تقسیم‌بندی شده است که میزان مطلوبیت جهت مکان‌یابی جایگاه‌های CNG را نشان می‌دهد. (ب)، (ج)، (د) و (ه) قسمت‌های مختلف استان را با بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که در آنها مناطق کاملاً مناسب برای احداث جایگاه با رنگ آبی و مناطق مناسب برای احداث جایگاه با رنگ سبز نشان داده شده است.

## نتیجه

با توجه به ویژگی‌هایی از سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) مانند قابلیت کار با حجم عظیم اطلاعات مکانی و توصیفی، ارابه خروجی مناسب، امکان استفاده از توابع تجزیه و تحلیل متنوع جهت کاربردهای مختلف، اتوماسیون نمودن عملیات، تسریع کارها و امکان تصمیم‌گیری بهینه، به کارگیری و استفاده از این علم و فن‌آوری نوین در سازمان‌ها و تشکیلات مختلف با اهداف و کاربردهای گوناگون گسترش یافته است. یکی از اهداف مطلوب در به کارگیری این تکنولوژی، انتخاب مکان مناسب بر روی زمین با در نظر گرفتن ضوابط و شرایط مشخص جهت تصمیم‌گیری بهینه می‌باشد. این هدف در کاربردها و زمینه‌های مختلفی مانند آمایش سرزمین، کشاورزی، مدیریت منابع، محیط زیست و... مطرح می‌شود. کاربرد آمایش سرزمین با توجه به اهداف آن در تنظیم بهینه روابط انسان با نوع فعالیت و محیط در فضای ملی به منظور بهره‌برداری منطقی از تمامی امکانات و قابلیت‌ها، یکی از مهم‌ترین کاربردهای مطلوب در جهت به کارگیری و استفاده از GIS است که در زمینه‌های مختلفی مورد توجه قرار می‌گیرد (شاد، ۱۳۸۲، ص ۱۱۵). از شاخه‌های مهمی که موضوع آمایش سرزمین در آن مطرح می‌گردد، فعالیت‌های مرتبط در صنعت گاز و زیرساخت‌های مربوط به آن صنعت در کشورها است. در این تحقیق به تحلیل پراکندگی توزیع فضایی جایگاه‌های CNG با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در استان قم پرداخته شده است. بدین منظور، ابتدا نحوه توزیع جایگاه‌های CNG در سطح استان قم، با توجه به استانداردهای موجود مورد بررسی قرار گرفته است و سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های مکان‌یابی، مکان‌های مناسب و نامناسب مشخص شدند و جهت توزیع متعادل، مکان‌هایی برای ایجاد جایگاه‌های CNG جدید نیز پیشنهاد شده است.

برای مکان‌یابی جایگاه‌های CNG از مدل ترکیب لایه‌ها (نقشه‌ها) استفاده شده است (مدل همپوشانی شاخص). با استفاده از این مدل، برخلاف مدل بولین<sup>۱</sup>، به هر کدام از معیارها براساس اهمیت آنها وزنی جداگانه داده می‌شود که وزن‌های حاصله از روش مقایسه دوتایی به دست می‌آیند. لازم به ذکر است که برای به دست آوردن وزن لایه‌ها (نقشه‌ها) و استانداردسازی آنها جهت مکان‌یابی، از میان مدل‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چند معیاره، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، جهت وزن‌دهی معیارها در قالب مقایسات زوجی مورد

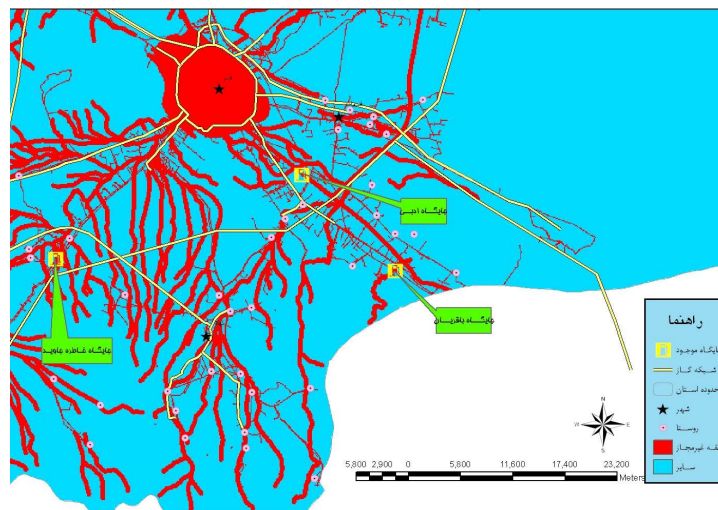
## 1. Boolean

استفاده قرار گرفته است.

پس از به دست آمدن لایه‌های استاندارد شده، با استفاده از مدل هم‌پوشانی شاخص مکان‌یابی جایگاه‌های CNG انجام می‌شود و مکان‌های پیشنهادی ارائه می‌گردد که این کار از طریق مدل‌سازی در محیط نرم‌افزاری ArcGIS و با استفاده از تابع Weighted Overlay صورت گرفته است.

در این تحقیق، بر اساس شاخص به دست آمده، مراجعان به جایگاه‌های فعلی سوخت CNG از نظر کمی، کیفی و مکانی رضایت بسیار کمی داشته‌اند، ولی در بعد خدماتی رضایت نسبی ملاحظه گردید. بنابراین، توزیع جایگاه‌های CNG استان قم از نظر تعداد، میزان و کیفیت خدمات نسبت به تراکم شهری و جمعیتی مناسب نمی‌باشد.

بررسی‌های این تحقیق نشان داد که موقعیت مکان جایگاه‌های CNG در استان قم با حریم ایمنی و با کاربری‌های همجوار سازگار نمی‌باشد. در بررسی حریم‌های استاندارد برای کاربری‌های ناسازگار، مشخص گردید که جایگاه‌های CNG در حریم این کاربری‌ها قرار دارند. در نقشه که استانداردهای مکان‌یابی رعایت شده است (شکل ۸)) برخی از جایگاه‌های CNG در وضع موجود بر روی مکان‌های غیرمجاز قرار گرفته‌اند که بیانگر این موضوع است که در رابطه با توزیع متناسب آن‌ها با کاربری‌های همجوار هیچ یک از معیارها و استانداردهای مکان‌یابی رعایت نشده است.



شکل ۸: قسمتی از نقشه مکان‌های غیرمجاز جهت احداث جایگاه‌های CNG استان قم. در این نقشه جایگاه‌های موجود نیز مشخص شده است.

در ضمن در نقشه‌هایی که تراکم و وضعیت جایگاه‌های CNG در سطح استان قم نشان داده شده، علاوه بر اینکه تراکم بالای جایگاه‌های CNG را در قسمت‌هایی نشان می‌دهد، در برخی مناطق کمبود ایستگاه‌ها به چشم می‌خورد که حاکی از توزیع نامتناسب آن است. با توجه به توسعه شهری و افزایش جمعیت، نیاز جدی به ایجاد ایستگاه‌های جدید در مکان‌های مناسب شهری وجود دارد. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و معیارهای مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG راه‌حلی مناسب برای توزیع صحیح جایگاه‌ها در سطح استان می‌باشد. بنابراین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و معیارهای مکان‌یابی جایگاه‌های CNG، می‌توان به توزیع صحیح جایگاه‌های CNG در سطح استان دست یافت.

## منابع و مأخذ

۱. آرنوف، استن (۱۳۷۵)، "سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی"، ترجمه سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور.
۲. پاپلی یزدی، محمدحسین؛ رجبی سناجردی، حسین (۱۳۸۲)، "نظریه‌های شهر و پیرامون"، تهران، سمت.
۳. پور محمدی، محمدرضا (۱۳۸۲)، "برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری"، چاپ اول، تهران، سمت.
۴. پودینه، حسنعلی (۱۳۸۵)، "تحلیل پراکندگی فضایی خدمات آموزشی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
۵. جی سایبر پیما (۱۳۷۸)، "مدیریت شهری"، پرویز زاهدی، مرکز GIS تهران.
۶. حاتمی نژاد، حسین؛ مافی، عزت‌الله (۱۳۷۸)، "پژوهشی پیرامون توزیع فضایی خدمات در شهر از دیدگاه توسعه پایدار"، تهران، سمت.
۷. دلفوس، اولیویه (۱۳۷۰)، "تحلیل جغرافیایی"، ترجمه سیروس سهامی، مشهد، نشر نیکا.
۸. دوران، دانیل (۱۳۷۰)، "نظریه سیستم‌ها"، ترجمه محمد یمنی، چاپ اول، تهران، انتشارات انقلاب اسلامی.
۹. ذاکری، بتول (۱۳۷۵)، "تجزیه و تحلیل و طراحی مفهومی"، تهران، چاپ دوم، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.
۱۰. رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۴)، "تحلیلی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی"، تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز.
۱۱. رضویان، محمدتقی (۱۳۸۱)، "برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری"، چاپ اول، تهران، چاپخانه کبریا.
۱۲. زارع، علی‌اکبر (۱۳۷۲)، "شناخت چگونگی عملکرد دستگاه‌های گازرسانی و روش تعمیرات آنها"، قم، شرکت گاز استان قم.
۱۳. زارع، شهرام (۱۳۸۳)، "سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری برای مدیریت اطلاعات

- در مسایل شهری"، مقالات همایش شهرسازی، جلد دوم، شیراز، دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز.
۱۴. زیاری، کرامت‌اله (۱۳۸۳)، "مکتب‌ها، نظریه‌ها و مدل‌های برنامه و برنامه‌ریزی منطقه‌ای"، دانشگاه یزد.
۱۵. زیاری، کرامت‌اله (۱۳۸۴)، "برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری"، چ دوم، انتشارات دانشگاه یزد.
۱۶. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم (۱۳۸۴)، "سیمای استان قم"، ص ۱۱.
۱۷. سرمد و دیگران (۱۳۸۴)، "روش‌های تحقیق در علوم رفتاری"، تهران، ج اول، مؤسسه انتشارات آگاه.
۱۸. سعید نیا، احمد (۱۳۷۸)، "کتاب سبز شهرداری"، جلد اول، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها.
۱۹. سیفی، احمد (۱۳۸۶)، "استفاده از GIS به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری جهت مکان‌یابی سد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک.
۲۰. صمدزادگان، فرهاد؛ عباسپور، رحیم؛ پهلوانی، پرهام (۱۳۸۵)، "به کارگیری سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) در مکان‌یابی اسکان اضطراری شهروندان در حوادث طبیعی بر مبنای نظریه فازی"، همایش ژئوماتیک ۸۵.
۲۱. شاد، روزبه (۱۳۸۲)، "طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی کاربردی با تأکید بر مدل‌سازی نیازهای وزارت صنایع و معادن"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک.
۲۲. شکویی، حسین (۱۳۷۸)، "اندیشه‌های نو در فلسفه جغرافیا"، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات گیتاشناسی.
۲۳. شکویی، حسین (۱۳۷۳)، "دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری"، جلد اول، تهران، انتشارات سمت.
۲۴. شکویی، حسین (۱۳۷۴)، "جغرافیای کاربردی و مکتب‌های جغرافیایی"، چاپ سوم، مؤسسه و چاپ و انتشارات استان قدس رضوی.
۲۵. شهیدی، محمدحسن (۱۳۷۶)، "مبانی نظریه عمومی سیستم‌ها و برنامه‌ریزی شهری و

- منطقه‌ای"، جزوه درسی دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی.
۲۶. کولین، لی (۱۳۶۶)، "مدل‌ها در برنامه‌ریزی شهری"، ترجمه مصطفی عباس‌زادگان، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
۲۷. مرکز تحقیقات خودرو، سوخت و محیط زیست دانشگاه تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور (۱۳۸۵)، "ایستگاه سوخت رسانی CNG"، ترجمه و تألیف، چاپ اول، انتشارات کلید آموزش.
۲۸. مؤمنی، مصطفی (۱۳۸۵)، "درآمدی بر ماهیت، قلمرو و اصول جغرافیا"، جزوه درسی دوره کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
۲۹. نصیری، علیرضا (۱۳۷۲)، "معیارها و استانداردهای اجرای طرح‌های گازرسانی"، جزوه آموزشی کاربردی شرکت ملی گاز ایران، مجتمع فنی و مهندسی نفت اصفهان.
۳۰. نصیری، علیرضا (۱۳۸۸)، "تحلیل پراکنندگی فضایی و جستجوی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت CNG شهر قم با رویکرد GIS"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت پردیس قم.
۳۱. وزین، سید غلامرضا (۱۳۷۸)، "سامانه‌های شهری؛ تکنیک شهرسازی"، ترجمه و تألیف، چاپ اول، انتشارات درخشش.
۳۲. هیلهورست، ژوزف (۱۳۷۰)، "برنامه‌ریزی منطقه‌ای، برداشت سیستمی"، سید غلامرضا شیرازیان و دیگران، سازمان برنامه و بودجه.
33. Aronof, S., (1989), "Geographic Information Systems: A Management Perspective", Ottawa, Canada: WDL Publications.
34. Bonham, C., G.F, (1994), "Geographic Information Systems for Geoscientists", Elsevier Science Ltd., Page 398.
35. Church, R.L., Murray, A.T., (2009), "Business Site Selection, Location Analysis, and GIS", John Wiley & Sons INC.
36. Environmental Systems Research Institute Inc. ESRI, (1998), "ArcView Network Analysis – Optimum Routing, Closest Facility and Service Area Analysis".
37. Joseph, Chiara, (1998), "Urban Planning and Design Criteria Mcgraw- hilc", Page 332.
38. Malczewski, j., (1999), "GIS and Multi Criteria Decision Analysis.", John Wiley & Sons INC., Page 392.
39. www.esri.com