نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۰، پاییز۹۷

ارزیابی عمکلرد مدل درون یابی کریجینگ در توزیع فضایی کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: شهر کرمان)

دریافت مقاله: ۹۶/۱۰/۱۱ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۲/۳۱

صفحات: ۲۵۲-۲۳۵

علی اصغر عبدالهی : استادیار و عضو هیئت علمی گروه جغرافیای شهری دانشگاه باهنر کرمان، ایران.
aliabdollahi1313@gmail.com
مسلم قاسمی: کارشناس ارشد جغرافیای شهری دانشگاه باهنر کرمان، ایران[۱].
moslemghasemi93@gmail.com

چکیده

تحلیل اکتشافی داده های فضایی روشی برای بررسی الگوهای فضایی تصادفی و غیرتصادفی توزیع متغیرهای فضایی است و همبستگی فضایی از کاربردی ترین و مهمترین ابزارهای تحلیلی برای پژوهش در مورد داده های فضایی است. هدف از این پژوهش، ارزیابی عملکرد روش های درون یابی در توزیع فضایی کاربری اراضی شهرکرمان می باشد. برهمین اساس از روش درون یابی کریجینگ معمولی با مدل های دایره ای،گاوسی، کروی و نمایی برای درون یابی داده ها استفاده شده و با معیارهای خطا شامل ریشه دوم مربعات خطا(RMS) و مقدار استاندار شده آن(SRMS)، میانگین استاندارد (Ms)، میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) به ارزیابی صحت و دقت آنها پرداخته شده است. روش تحقیق حاضر، توصیفی – تحلیلی برمبنای تحلیل فضایی با استفاده از نرم افزار GIS می باشد. نتایج تحلیل بیانگر وجود الگوی خوشه ای در کاربری های آموزشی، اداری و تجاری و الگوی پراکنده برای کاربری بهداشتی – درمانی در شهر کرمان است. دربین چهار الگو کاربری آموزشی از نظم بهتری پیروی می کند. همچنین نتایج صحت سنجی،آشکار ساخت که روش درون یابی کریجینگ معمولی با مدل نیم پراش نگارگاوسی (دارای آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری ها را در شهر کرمان تبیین می کند.

کلید واژگان : همبستگی درونی، تحلیل فضایی، کرجینگ، واریو گرام، GIS ، شهر کرمان.

---

۱. نویسنده مسئول: کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، گروه جغارفیای شهری، ۰۹۱۷۸۰۹۲۴۰۹

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

مقدمه

پیشرفت های اخیر آمار فضایی[۲] و جایگزینی متغیر ناحیه ی[۳] به جای متغیر تصادفی، توجه جغرافیدانان را به تغییر روش های کمی در آمار کلاسیک[۴] جلب نموده و گسترش سیستم های اطلاعات جغرافیایی[۵] در ارتباط با آمار فضایی سبب شد تا در جغرافیا، روش های درون یابی[۶] در تهیه انواع نقشه های پهنه بندی رواج یابد (قهرودی تالی، ۱۳۸۱، ۱). توزیع و پراکنش فضایی کاربری ها همواره یکی از مباحث عمده کاربری زمین و از دغدغه اصلی برنامه ریزان شهری به حساب می آید چراکه، توزیع نامناسب کاربری های شهری نه تنها می تواند به برهم زدن جمعیت و عدم توازن آن در شهر بینجامد، بلکه فضاهای شهری را متناقض با عدالت اجتماعی و اقتصادی شکل می دهد(پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۳،۲). دریک بیان کلی می توان گفت، درون یابی را به چند روش می توان انجام داد. در ابتدا می توان این روش را به دو گروه همگانی (منطقه ای) و محلی طبقه بندی نمود. درون یابی همگانی تمامی نقاط معلوم را جهت برآورد ارزش نقطه یا نقاط نامعلوم به کار می گیرد و در روش محلی جهت برآورد هر نقطه ی نامعلوم تنها نمونه هایی از نقاط معلوم به کار می رود. در طبقه بندی دیگر، دقت روش، ملاک طبقه بندی است. در روش رسا[۷] مقادیر برآورد شده به مشاهدات نزدیک تر است ، درحالی که روش نارسا[۸] تقریبی از ارزش ها و سطحی را برآورد می کند که از پیمانگاه می گذرد (Collins etal.1996). در بررسی کلی توزیع فضایی کاربری اراضی شهر کرمان با توجه به موقعیت ویژه طبیعی، اقتصادی و اجتماعی و همچنین توسعه بی رویه فیزیکی شهر، شاهد آشفتگی و نابرابری های فضایی در توزیع کاربری ها و درنهایت شکل گیری نظام کاربری غیر استاندارد و بی برنامه هستیم. به گونه ای که کاربری ها به لحاظ سلسله مراتب کالبدی شهر تعادل ندارند و در پراکنش و توزیع فضایی کاربری ها و تخصیص منابع و خدمات در مناطق مختلف شهر نوعی نابرابری دیده می شود که نتیجه آن برهم زدن توازن جمعیت و شکل گیری فضاهای شهری، متناقض با عدالت از ابعاد اجتماعی و اقتصادی است. در شهرسازی امروز جهان، برنامه ریزی کاربری زمین از محورهای اساسی شهرسازی و یکی از اهرم های توسعه پایدار شهری به شمار می رود (حسین زاده دلیر ، ۱۳۸۴، ۲۴).

لذا در تحقیق حاضر درجهت دست یابی به هدف اصلی تحقیق مبنی بر ارزیابی عملکرد درون یابی توزیع فضایی کاربری اراضی شهر، از روش کریجینگ استفاده شده است. به طور کلی درون یابی که براساس تخمین مدل های آمار فضایی صورت می گیرد، فرآیندی است که طی آن می توان مقدار کمیتی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگر با مختصات معلوم بدست آورد. مهمترین تخمین گر آمار فضایی به افتخار یکی از پیشگامان علم زمین آمار[۹] به نام دی جی کریگ[۱۰] نام گذاری شده است.

2 - spatial ststistics
3- Regionalized Variable
4- Classical Statistics
5- Geography Information Sistem (GIS)
6- Interpolation Method
7 - Exact
8 - Inexact
9- Geoststistics
10- D.G.Krige

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

مبانی نظری

تخمین زمین آماری فرآیندی است که طی آن می توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست آورد. کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار می باشد و در مورد آن می توان گفت که بهترین تخمین گر خطی نااریب[11] با کمترین پراش تخمین است. این تخمین گر اختلالات ناشی از تمرکز زیاد نقاط اندازه گیری را بطور خودکار رفع می کند (آریان فر و همکاران، ۱۳۹۰، ۵) به صورت رابطه (۱) زیر بیان می شود:

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} w_i z(x_i)$$

رابطه(۱)

در رابطه(۱)، Z ، مقدار متغیر مکا نی برآورد شده، $Z(x_i)$، مقدار متغیر مکا نی مشاهده شده در نقطهٔ X_i و W_i وزن آماری است که به نمونهٔ Xi نسبت داده می شود و بیانگر اهمیت نقطهٔ i ام در برآورد است (حسنی پاک، ۱۳۸۰، ۳۱۴). همان طور که گفتیم ، کر یجینگ بهترین تخمین گر نااریب است؛ بنابراین باید عار ی از خطا ی سیستماتیک باشد ؛ همچنین واریانس تخمین نیز با ید حداقل باشد ؛ بنابراین، برای شرط عاری از خطا بودن، باید میانگین خطای تخمین صفر باشد؛رابطه (۲):

$$E[Z(x_i) - Z^*(x_i)] = ۰$$

رابطه(۲)

کریجینگ بر حسب مشخصات ساختار مکانی، انواع مختلفی دارد و مهم ترین انواع آن، کریجینگ ساده و معمو لی است (Hevesi, 1992:667). هموار سازی[12] یا نرم شدن تغییرات هنگام درون یابی، از ویژگی های مدل کریجینگ می باشد. بدین معنا که واریانس نمونه های تخمین زده شده نسبت به نقاط واقعی تغییرات کمتری دارد (دیویس، ۱۹۸۶، ۴۲۰). در روش کریجینگ، هر نمونه معلوم در تخمین نقطه مجهول، بستگی کامل به ساختار فضایی محیط دارد. در حالیکه در روش های دیگر، وزن ها فقط به یک مشخصه هندسی مانند فاصله بستگی دارد و با تغییر ساختار فضایی نمونه ها، تغییری نمی کند و با محدود شدن ساختار فضایی، نقش نمونه ها کمتر می شود (قهرودی تالی، ۱۳۸۱، ۴). کاربری اراضی شهری و چگونگی توزیع فضایی مکانی آن یکی از مهم ترین کارکردها به منظور استفاده بهینه از فضاهای شهری است (ابراهیم زاده و همکاران، ۱۳۸۵، ۴۳). امروزه با توسعه کلان شهرها و ارائه خدمات جدید شهری، ارتباط و وابستگی کاربری ها با گذشته قابل قیاس نیست و تأثیر عملکرد یک کاربری خاص بر دیگر کاربری ها و همچنین بر خدمات و فعالیت های شهری به مراتب گسترده تر و پیچیده تر از گذشته است (طالعی و همکاران،۱۳۸۷، ۲) . در نتیجه اگر شهرهای امروز ما با مشکلات عدیده ای چون ترافیک، انواع آلودگی های زیست محیطی، نابسامانی و اغتشاش فضایی و بصری محیطی مواجه شوند، دلیل عمده آن را باید در ضعف برنامه ریزی کاربری اراضی شهری و توزیع نامناسب کاربری ها جستجو نمود (سیف الدینی و همکاران، ۱۳۹۱، ۶۷). به طور کلی تحلیل کریجینگ از هر نوع که باشد

11 - Best Linear Unbiased Estimator
12- Smoothing

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

براساس یکسری گام ها عملی می شود. اگر شباهت نقاط نزدیک به هم بیشتر از مقدار شباهت نقاط دور از هم باشد، نیمه پراش نگار برای مقادیر h نزدیک ، کوچک خواهد بود و خود همبستگی مکانی از نیمه پراش نگار استنباط خواهد شد. اگر روش های مختلف میان یابی را بر داده های مشابه بکار گیریم، نتایج متفاوتی به دست می آید. کما اینکه مقادیر مختلف و روش های مشابه نتایج متفاوتی را در پی خواهد داشت (Dubrule,1983:250). در کریجینگ همواره از یکسری آماره های تشخیصی استفاده می شود.آماره های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS)[۱۳] و مقدار استاندارد شده ی آن (SRMS)[۱۴] به صورت رابطه (۳) قابل محاسبه است:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(z_{i,act} - z_{i,est})^2}$$

$$SRMS = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(z_{i,act} - z_{i,est})^2}{S^2}} = \frac{RMS}{s}$$

رابطه(۳)

در اینجا، n تعداد نقاط،Zi,act ، ارزش و Zi,est، برآورد نقطه معلوم i و s ، واریانس خطا است. بهترین برآورد باید کم ترین RMS را داشته باشد و SRMS باید به ۱ نزدیک تر باشد. اگر SRMS برابر ۱ باشد به این معنی است که RMS برابر s است. بنابراین خطای استاندارد برآورد اندازه ای مناسب وموثق از عدم قطعیت برآورد است. شایان ذکر است که RMS در تمامی روش های رسا محلی، قابل برآورد است اما SRMS تنها در روش کریجینگ قابل محاسبه و برآورد است(DeBeurs, 1998:110).

شهر کرمان به عنوان مرکز استان کرمان و به واسطه عواملی از قبیل مهاجرت های روستا شهری، رشد فزاینده طبیعی جمعیت و عواملی نظیر این ها، با افزایش بیش از حد جمعیت و در نتیجه رشد فیزیکی بی برنامه مواجه بوده است. بنابراین در چنین شرایطی برای پر کردن کاستی های موجود، شاخص عدالت یکپارچه که مبتنی بر دورنمایی از تحلیل فضایی تئوری های دسترسی به کاربری اراضی، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل های تحلیل فضایی از جمله کریجینگ ،IDW و ... توانسته اند، مسئله‌ی دسترسی به تسهیلات شهری را نه تنها برای یک نوع خدمت خاص بلکه برای تعداد زیادی از خدمات تحلیل نمایند و چگونگی پراکنش فضایی خدمات (تمرکز و تفرق) و دسترسی شهروندان و در نهایت عدالت فضایی شهری تبیین نماید. (حسینی، ۱۳۸۶،۱). لذا تحقیقات متعددی در زمینه عملکرد این روش در مباحث مختلف زمین آماری آمده است که در ادامه به برخی از مهمترین آن ها اشاره می شود.

ذبیحی و همکاران،(۱۳۹۰)، باهدف مشخص کردن توزیع مکانی بارش سالانه حوضه آبخیز قم با استفاده از روش های زمین آماری از مدل کریجینگ استفاده کرده و دریافته اند که تغییرات بارندگی سالانه، بیشتر از مدل گاوسی تبعیت می کند.

13- Root Mean Square
14- Standard Root Mean Square

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

صفرراد و همکاران،(۱۳۹۲)، در تحقیقی به منظور تحلیل مکانی تغییرات بارش در زاگرس میانی به روش های زمین آمار به این نتیجه رسیده اند که نتایج حاصل از ارزیابی روش های کریجینگ ساده، معمولی و عام، حاکی از دقت زیاد روش کریجینگ معمولی است.

ثقفیان و همکاران،(۱۳۹۰)، به منظور بررسی تغییرات منطقه ای بارش سالانه با کاربرد روش های زمین آمار استان فارس به این نتیجه رسیدند که برازش شبه گاوسی کریجینگ و کوکریجینگ بهترین الگو برای درونیابی داده های بارش سالانه است.

اریکسنبن و همکاران، (۲۰۰۲)، از دو روش کریجینگ و معادله همبستگی خطی برای برآورد عمق برف در حوضه‌ی واقع در کلرادو به مساحت ۱ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۲۹۵۳ متر استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ در مقایسه با روش معادله همبستگی خطی، از مزیت بیشتری برخوردار است به طوری که روش کریجینگ معمولی توانست ۱۹ درصد از تغییرات موجود در مشاهدات عمق برف را مدل نماید.

مارچند و کیلینگتیو، (۲۰۰۱)، برای برآورد عمق برف از روش معادله همبستگی خطی با ترکیب های خطی و غیرخطی استفاده کردند. آنها در سطوح غیر جنگلی توانستند مقدار ۱۵/۶ درصد از تغییرات مربوط به مشاهدات عمق برف را با ترکیب خطی و حداکثر ۲۰/۱ درصد از تغییرات مزبور را توسط ترکیب غیرخطی از عوامل توپوگرافی مدل نمایند.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع توصیفی – تحلیلی متکی بر درون یابی کاربری ها می باشد. جمع آوری آمار و اطلاعات مورد نظر از طریق روش اسنادی - کتابخانه ای و مطالعات میدانی صورت گرفته است. جامعه آماری مورد مطالعه شامل چهار منطقه و سیزده ناحیه شهری و چهار کاربری، آموزشی، اداری، تجاری و بهداشتی – درمانی می باشد جدول (۱). برای ارزیابی عملکرد درون یابی کاربری اراضی مورد مطالعه از روش spatial ststistics متکی بر مدل کریجینگ و واریوگرام استفاده شده است.

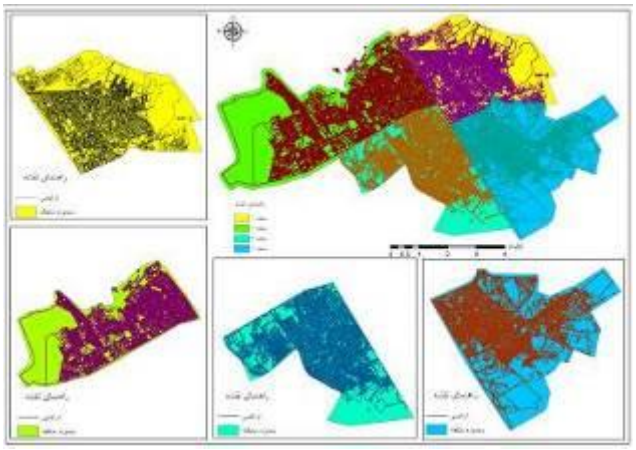
جدول(۱). شاخص های اصلی تحقیق اصلی پژوهش

ردیف	کاربری ها	مناطق مورد مطالعه
۱	تجاری	منطقه یک
۲	اداری	منطقه دو
۳	بهدشتی – درمانی	منطقه سه
۴	آموزشی	منطقه چهار

قلمرو مکانی پژوهش

کرمان مرکز شهرستان کرمان است که در ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۱۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و۱۷۵۷ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. شیب شهر کرمان ملایم بوده و حداکثر به ۳٪ می رسد. درحال حاضر شهر کرمان جمعیتی بالغ بر۵۳۹ هزار نفر و دارای ۴ منطقه شهری، ۱۳ ناحیه و ۴۹ محله می باشد شکل (۱).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]



شکل(۱): محدوده مورد مطالعه

نتایج

کریجینگ معمو لی از جمله برآوردکننده های زمین آماری است که برای برآورد عملکرد توزیع فضایی کاربری ها مورد استفاده قرار می گیرد . به طور کلی فرایند برآورد زمین آماری شامل دو مرحله تحلیل واریوگرام و مرحله استفاده از برآورد کریجینگ برای برآورد متغیر مورد نظر در نقاط فاقد اندازه گیری می باشد. تحلیل واریوگرام، یکی از روش های توصیف تغییرات مکانی یک متغیر ناحیه ای به شمار می آید. محاسبه و تفسیر منحنی واریوگرام (نیم تغییر نما) از مهم ترین عملیات زمین آمار می باشد که از طریق رابطه (۴) به دست می آید.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} \left[z(x_i) - z(x_i + h)\right]^2$$

رابطه(۴)

$Y(h)$: مقدار واریوگرام برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند؛

$N(h)$: تعداد زوج نقاطی که در یک امتداد معین، و در فاصله ای به اندازه h از هم قرار دارند؛

$Z(x_i)$: مقدار مشاهده شدهٔ متغیر Z در موقعیت x_i

$Z(x_i+h)$: مقدار مشاهده شدهٔ متغیر z در موقعیت x_i+h

مهمترین کاربرد واریوگرام استفاده از اطلاعات آن در الگوریتم های برآور د زمین آماری است . اما قبل از کاربرد آنها در برآورد، لازم است مناسب ترین مدل تئوری شامل مدل های کروی، گوسی یا نمایی را بر آن ها برازش داد. برای برآورد متغیر مورد نظر در نقطه فاقد آمار ، از یکی از برآوردکننده های زمین آماری تحت عنوان کریجینگ معمولی استفاده می شود. بنابراین رابطه (۵)، برآوردکننده کریجینگ معمولی را به صورت یک جمع خطی وزن دار نشان می دهد که هدف یافتن وزن های آماری نمونه ها است به طوری که علاوه بر اریب نبودن برآورد، واریانس برآورد نیز حداقل گردد.

$$Z(x_o) = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i Z(x_i)$$

رابطه(۵)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

در رابطه (۵) $Z(x_o)$ برآورد آماری از متغیر مورد نظر و λi وزن آماری اختصاص داده شده به نمونه i است. m تعداد نمونه های قرار گرفته در همسایگی نقطه مورد نظر می باشد . دستگاه معادلاتی که با حل آنها، ضریب های وزنی λ معلوم می شوند رابطه(۶):

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu = \gamma(x_i, x_o) \\ \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1 \end{cases}$$

رابطه(۶)

که $\lambda(xi,xj)$ بیانگر واریوگرام مربوط به نمونه ها و $\lambda(xi,xo)$ واریوگرام مربوط به نقطه مورد برآورد و نمونه های واقع در همسایگی آن نقطه و μ ضریب لاگرانژ است.

اولین گام در استفاده از روش های زمین آماری بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده ها توسط آنالیز واریوگرام می باشد. شرط استفاده از این آنالیز نرمال بودن داده هاست. براین اساس به علت عدم تبعیت داده های برخی متغیرهای اندازه گیری شده توزیع فراوانی نرمال داده ها با تبدیل لگاریتمی نرمال شدند و سپس الگوی توزیع فضایی و درجه پیوستگی مکانی متغیرها با استفاده از نیم تغییرنما ارزیابی شدند. پس از رسم واریوگرام و برازش مدل مناسب ، عملیات میان یابی به وسیله روش کریجینگ معمولی انجام شده است. مقایسه مقادیر واقعی با برآورد شده از طریق محاسبه ملاک های پراکندگی شامل میانگین خطا[۱۵](ME) ، میانگین قدر مطلق خطا[۱۶](MAE) ، جذر میانگین مربعات خطا[۱۷] (RMSE) و همبستگی بین آن ها (R) صورت گرفت .

ME از طریق رابطه (۷) محاسبه می گردد:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\hat{z}(x_i) - z(x_i) \right]$$

رابطه(۷)

که در آن $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده در نقطه i ام $Z(x_i)$ مقدار برآورد شده در نقطه i ام و n تعداد نمونه ها می باشد . میانگین خطای مطلق(MAE) ، بیانگر خطای برآورد است که از رابطه(۸) محاسبه گردید.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \hat{z}(x_i) - z(x_i) \right|$$

رابطه(۸)

جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) بیان کنندهٔ توانائی مدل در برآورد متغیر وابسته است. مقدار RMSE از رابطه (۹) به دست می آید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left[\hat{z}(x_i) - z(x_i) \right]^2}$$

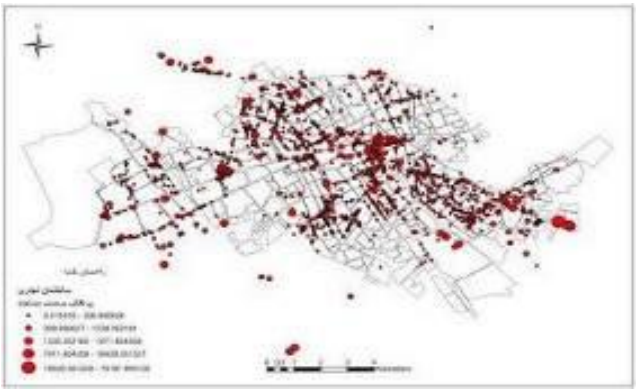
رابطه(۹)

امروزه شهر کرمان به دلایلی همچون توسعه ناموزون و ناهنجار فیزیکی و جمعیتی، توسعه افقی و بی رویه شهر، مشکلات محتوایی طرح های شهر و ضعف عملکرد مدیریت شهری، شاهد آشفتگی و

15- Mean Error
16- Mean Absolute Error
17- Root Mean Square Error

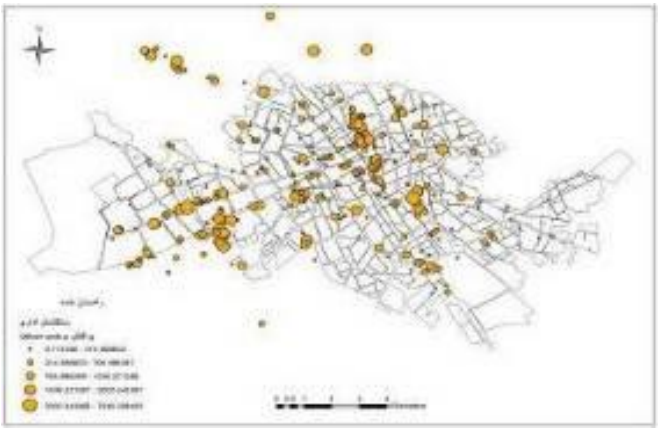
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

نابسامانی در توزیع فضایی کاربری ها و تخصیص منابع و خدمات است. لذا بررسی و ارزیابی کمی و کیفی کاربری ها در سطح مناطق چهارگانه شهر کرمان به منظور ساماندهی بهتر در به کارگیری زمین های موجود، ایجاد تعادل در توزیع و تخصیص کاربری ها و همچنین توزیع عادلانه کاربری ها در جهت تامین رفاه مردم، اهمیت و ضرورت پژوهش را نمایان می کند.کاربری تجاری با (۴۶،۰۸) مجموع مساحت ،(۳۵) درصد از کل اراضی را در بر می گیرند. در شکل (۲) توزیع و پراکنش فضایی کاربری های تجاری نشان داده شده است. این کاربری با حجم بالا و تقریبا متعادل در تمامی سطح شهر پراکنده شده است. مناطق ۲ و ۴ ، ۱و ۳ به ترتیب دارای بالاترین میزان کاربری تجاری در شهر هستند.



شکل(۲): توزیع فضایی کاربری تجاری شهر کرمان

در سطح شهر کرمان، کاربری اداری با (۱۸،۰۴) مجموع مساحت ،(۲۳) درصد از کل اراضی را در بر می گیرند. این کاربری ها همانطور که در شکل نیز دیده می شود در مناطق ۲ و ۳ و بخش مرکزی شهر کرمان به دلیل وجود کلیه مراکز دولتی، بانک ها، دفاتر اسناد و ... قرارگرفته اند. توزیع این دسته از کاربری ها در ادامه به مناطق ۱ و ۴ نیز می رسد و نواحی حاشیه ای شهر نیز این قاعده مستثنی نیستند شکل(۳).



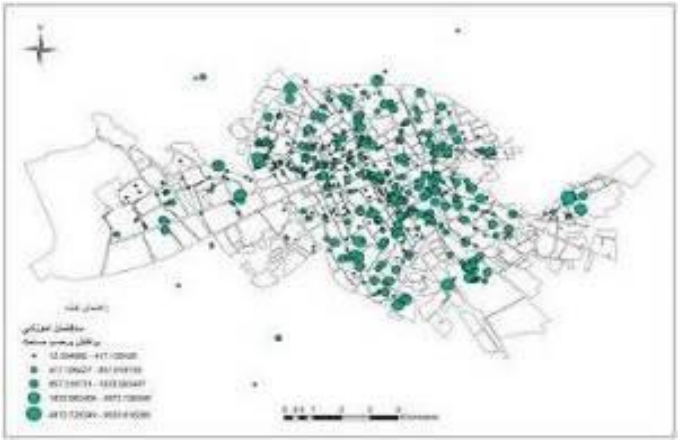
شکل(۳): توزیع فضایی کاربری اداری شهر کرمان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

در سطح شهر کرمان، کاربری بهداشتی- درمانی با (۲,۸۵) مجموع مساحت، (۱۷) درصد از کل اراضی را در بر می گیرند.کاربری های بهداشتی - درمانی تقریبا به صورت متعادل در شهر کرمان توزیع شده اند. اما محدوده مرکزی و منطقه ۲ شهر کرمان به واسطه قرار گرفتن حجم وسیعی از کلینیک های درمانی بخش عمده ای از این توزیع را در بردارندکه البته این خود نیز باعث بروز مشکلات ترافیکی نیز در شهر کرمان شده است شکل (۴).

شکل(۴): توزیع فضایی کاربری بهداشتی- درمانی شهر کرمان

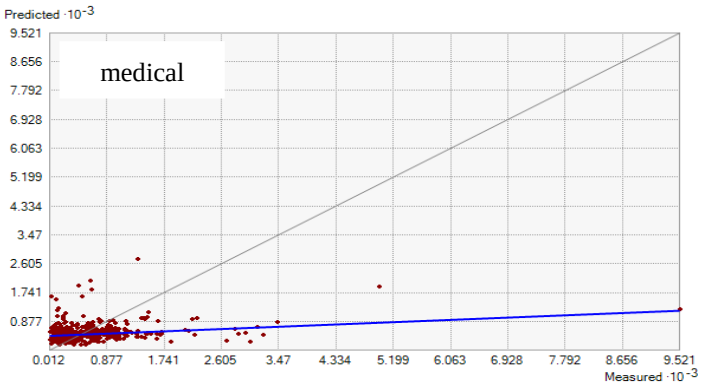
در سطح شهر کرمان، کاربری آموزشی با(۳۳,۰۳) مجموع مساحت ،(۲۹) درصد از کل اراضی را در بر می گیرند. توزیع فضایی کاربری های آموزشی را به صورت متعادل در سطح شهر کرمان در شکل (۵) مشاهده می کنید به طوری که تمامی مناطق شهر کرمان از این نظر وضعیت مناسب و مطلوبی دارند و تنها تفاوت در سطح کیفیت مدارس مراکز آموزشی می باشد و بیشترین حجم آن در محدوده مرکزی شهر و منطقه ۲ شهری کرمان قرار دارند.



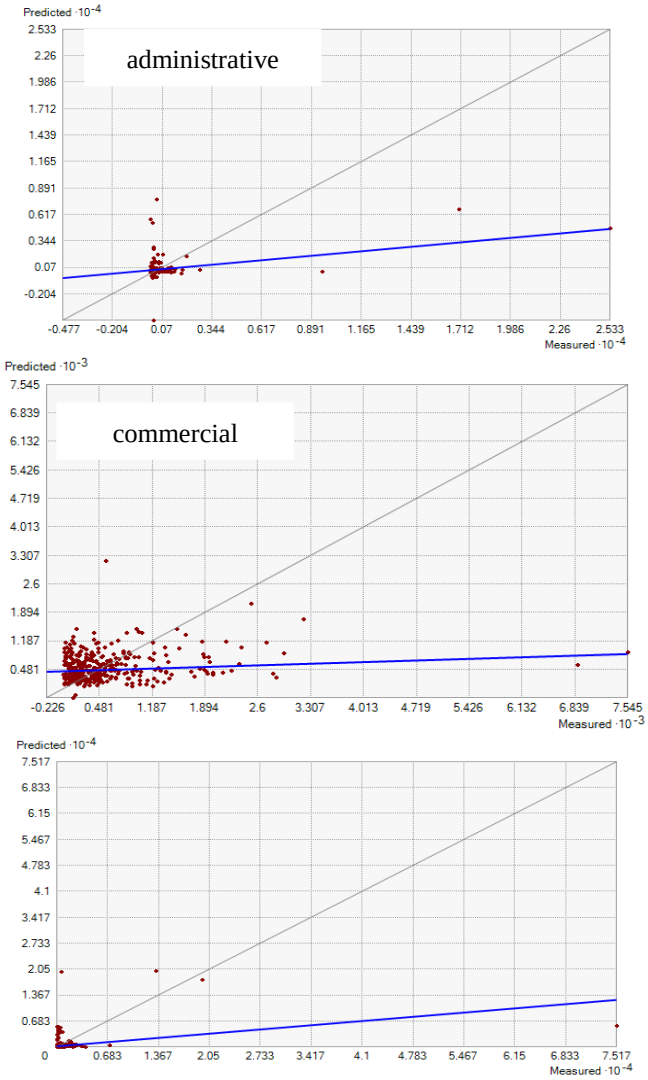
شکل(۵): توزیع فضایی کاربری آموزشی شهر کرمان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

نخستین گام منطقی در بررسی رابطه میان دو متغیر، ترسیم داده ها به صورت نقاطی در یک دستگاه مختصات متعامد است. نمودار حاصل از این دستگاه به نمودار پراکنش نگار معروف است. کشف رابطه بین متغیر ها و چگونگی تأثیرپذیری آن ها از یکدیگر یکی از اهداف این مدل است. به طوریکه متغیر بودن این عوامل باعث تغییر عامل وابسته می شود. بااطلاع از رابطه بین متغیر وابسته و متغیر مستقل،می توان از این رابطه و مدل به منظور استنباط در مورد چگونگی تأثیرگذاری متغیرهای مستقل و مقایسه عملکرد این متغیرها روی متغیر وابسته و همچنین پیش بینی متغیروابسته با معلوم بودن مقادیر متغیرهای مستقل استفاده کرد. برای بررسی و برآورد درونیابی کاربری های، بهداشتی – درمانی، آموزشی، اداری و تجاری مقادیر واریوگرام تجربی در حالت های متفاوت (روند،بدون روند و ایستا) اشکال(۷، ۸ ،۹ و ۱۰) ترسیم شده است . سپس یک مدل مناسب با توجه به معیارهای ارزیابی خطا جداول (۲، ۳، ۴ و ۵) از بین مدل های ساختار فضایی دایره ای، کروی، نمایی و گاوسی انتخاب شده است. نتایج این بررسی در اشکال(۷، ۸ ، ۹ و ۱۰) آورده شده است. در این روش با رسم واریوگرام در جهت های گوناگون، جهت های کم و یا بدون روند را پیدا کرده وبرآوردها به همان جهت ها محدود شده است. بدین گونه، از وارد شدن اثرات نامطلوب روند در برآورد تا حدودی جلوگیری می شود. به منظور یافتن جهت های بدون روند باید واریوگرام های جهتی رسم شود تا درنهایت بتوان این واریوگرام را به صورت یک رویه واریوگرام درآورد. بهترین جهت برای برآورد جهتی است که رویه واریوگرام شیب حداقل داشته باشد و به کمترین مقدار برسد. با وجوداین هنگامی که فاصله بین جفت نقاط افزایش می یابد، مقدار نیم تغییرنما معمولاً افزایش می یابد تا جایی که با وجود افزایش در فاصله جداکننده بین زوج نقاط هیچ افزایشی در میانگین مجذور تفاضل بین مقادیر زوج نقاط ایجاد نمی شود و نیم تغییرنما به یک مقدار ثابت می رسد. فاصله ای که در آن نیم تغییرنما به این مقدار ثابت میل می کند، دامنه یا شعاع تأثیر نامیده می شود. پس ازمحاسبه نیم تغییرنمای تجربی، یک مدل ریاضی به آن برازش داده می شود. مدل های اصلی و پایه ای نیم تغییرنما به دو نوع تقسیم می شوند: آن هایی که به یک حد ثابت میل می کنند و آن هایی که دارای چنین شرایطی نیستند. مدل های نیم تغییرنمای نوع اول، اغلب با عنوان « مدل های انتقالی» شناخته می شوند. در این مدل ها، دامنه معمولاً در فاصله ۹۵ درصد آستانه اختیار می شوند. مدل های نیم تغییرنمای نوع دوم به یک مقدار ثابت نمی رسند و با افزایش میزان h همچنان افزایش می یابند(نظری پور و همکاران، ۱۳۹۴) اشکال(۶ الی ۱۰).

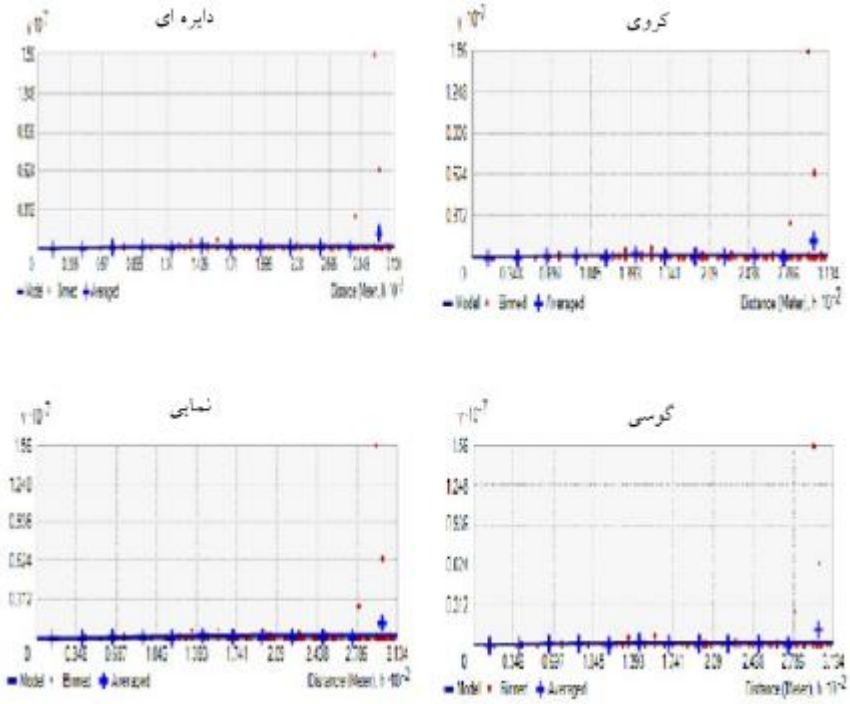


[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

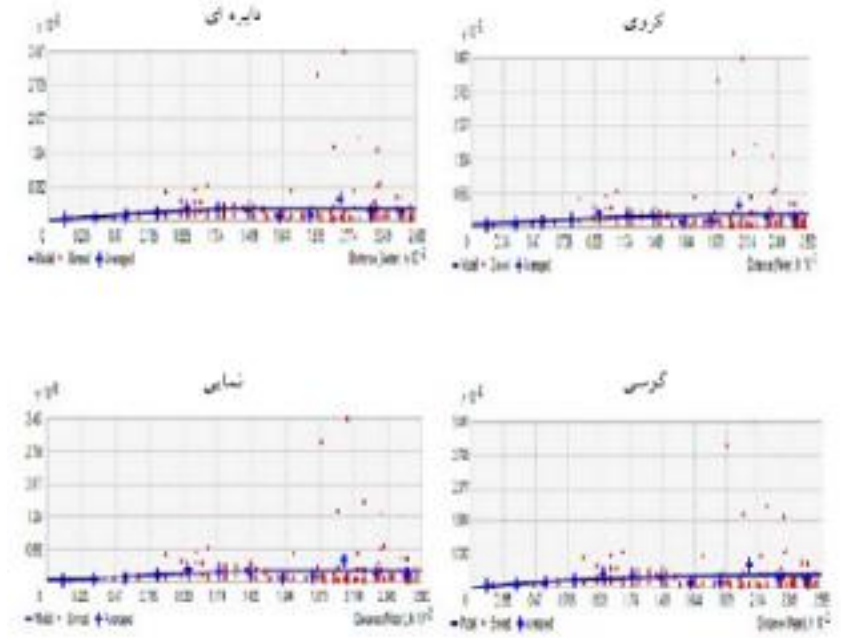


شکل(۶): برازش خط رگرسیون برای مقادیر واقعی وبرآورده شده متغیرهای الف:(آموزشی)ب: (درمانی) ج: (اداری) و د: (تجاری) در محدوده مورد بررسی.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

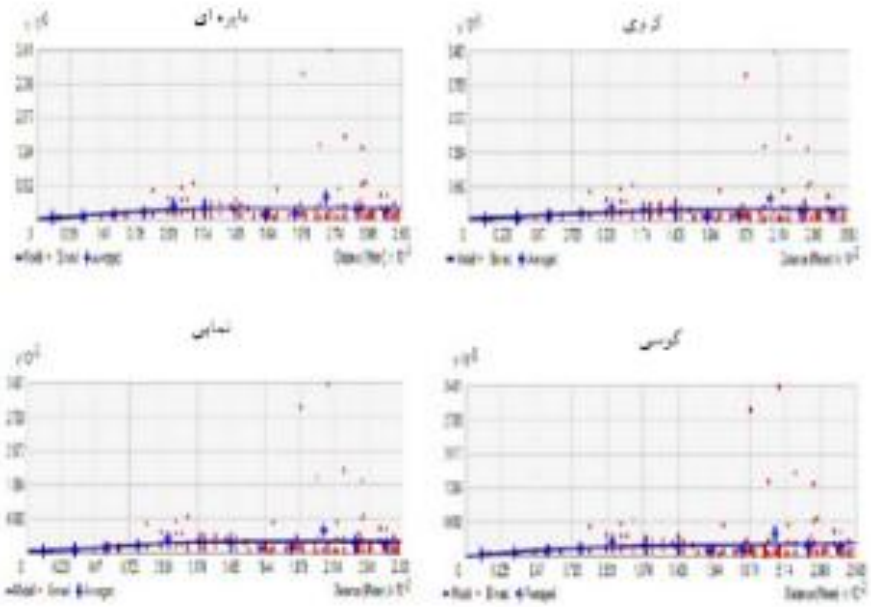


شکل(۷): نیم پراش نگار (دایره ای، کروی، نمایی و گاوسی) تجاری در مدل کریجینگ معمولی.

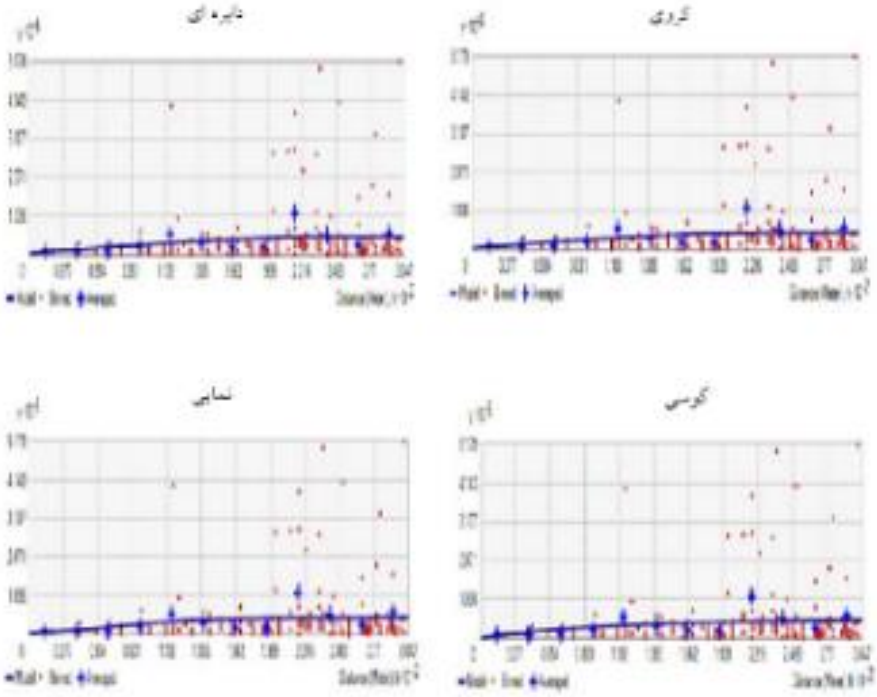


شکل(۸): نیم پراش نگار (دایره ای، کروی، نمایی و گاوسی) آموزشی در مدل کریجینگ معمولی.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]



شکل(۹): نیم پراش نگار (دایره ای، کروی، نمایی و گاوسی) اداری در مدل کریجینگ معمولی



شکل(۱۰): نیم پراش نگار (دایره ای، کروی، نمایی و گاوسی) بهداشتی - درمانی در مدل کریجینگ معمولی.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

نتایج کمی روش های متفاوت درون یابی برای متغیرهای تجاری، آموزشی ، اداری و بهداشتی – درمانی به ترتیب در جدول های ۷ تا۱۰ داده شده است. در بین انواع گوناگون برآورد گردهای کریجینگ از کریجینگ معمولی که رایج‌تر هست با نیم پراش نگارهای دایره ای،کروی، گاوسی و نمایی استفاده شده است. نتایج این برازش ها با آماره های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا(RMS) و مقدار استاندار شده آن(SRMS)، میانگین استاندارد (Ms)، میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) ارزیابی شده است. نتایج صحت سنجی،آشکار ساخت که روش درون یابی کریجینگ معمولی با مدل نیم پراش نگارگاوسی (دارای آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری ها را در شهر کرمان تبیین می کند.

جدول(۲): نتایج ارزیابی روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون یابی تجاری.

نیم پراش نگار	Mean	Ms	ASE	SRMS	RMS	معادله خط رگرسیون
دایره ای	۲۸ /۷۱۹۸	-۰ /۰۵۰۴	۲۲۳ /۷۴۹	۴ /۱۶۸۵۰۹	۱۷۵۸ /۶۷	Y= ۱۰۴۸۲x+۲۴۳۸۲۰
کروی	۲۸ /۹۳۶۵	-۰ /۰۵۱۷	۲۲۴ /۸۰۸	۴ /۰۹۷۴۲	۱۷۵۳ /۰۱۵	Y= ۸۰۷۳,۹x+۲۳۰۳۵۰
نمایی	۲۷ /۵۹۴۱	-۰ /۰۴۹۷	۲۵۷ /۴۳۷۲	۳ /۶۶۸۷۱۱	۱۶۹۳ /۰۰۹	Y= ۶۶۲,۶۶x+۲۴۲۱۷۰
گاوسی	۲۱ /۵۲۳۳	-۰/۰۳۵۸۷	۲۶۶ / ۹۱۹	۳ /۶۴۵۲۸۲	۱۶۷۹ /۶۴۸	Y= ۱۲۷۴۶ x+۲۱۴۶۴۰

جدول(۳): نتایج ارزیابی روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون یابی آموزشی.

نیم پراش نگار	Mean	Ms	ASE	SRMS	RMS	معادله خط رگرسیون
دایره ای	۴ /۱۱۷۱	-۰ /۰۰۴۱۵	۴۷۸ /۴۱۵	۱ /۲۵۴۶	۶۲۷ /۸۸۳۱	Y= ۲۱۱۰۴x +۲۲۲۱۷۰
کروی	۰ /۳۹۹۸	۰ /۰۰۳۱۵	۴۸۳ /۶۳۱	۱/۲۲۶۱	۶۲۶ /۰۲۷	Y= ۵۹۱۶۹x +۱۹۶۵۴۰
نمایی	-۲ /۵۳۴۲	-۰/۰۰۲۵۷	۴۸۹/۳۹۰	۱/۲۱۵۹	۶۲۵/۸۷۹	Y= ۰x +۲۷۹۷۰۰
گاوسی	-۳/۸۷۷۹	-۰/۰۰۳۱۹	۴۷۸/۲۶۲	۱/۲۵۵۵	۶۲۸/۸۳۸	Y= ۴۲۶۶۳x +۲۰۵۱۰۰

جدول(۴): نتایج ارزیابی روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون یابی بهداشتی - درمانی.

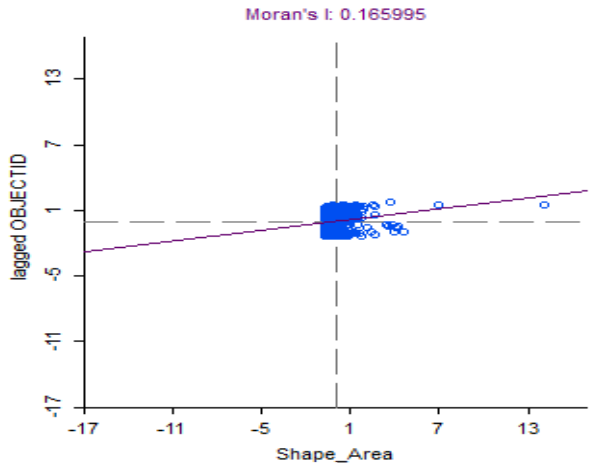
نیم پراش نگار	Mean	Ms	ASE	SRMS	RMS	معادله خط رگرسیون
دایره ای	-۲۰/۰۰۹۷	-۰/۰۲۱۶۷	۶۳۱/۴۹۳۴	۱/۱۸۶۰	۷۷۱/۷۲۴۸	Y= ۴۷۷۵۳x +۴۶۱۵۹۰
کروی	-۲۰/۲۳۷۹	-۰/۰۲۲۰۲	۶۳۰/۹۰۲۹	۱/۱۷۹۰	۷۶۶/۸۵۷۸	Y= ۴۴۱۸۹x +۴۵۳۷۱۰
نمایی	-۱۴/۳۰۹۹	-۰/۰۱۵۴۷	۶۴۴/۵۰۳۹	۱/۱۵۷۹	۷۶۱/۶۵۳۹	Y= ۸۸۴۷,۹x +۵۱۰۵۳۰
گاوسی	-۲۳/۸۲۶۸	-۰/۰۲۷۱۶	۶۲۱/۱۱	۱/۱۸۴۱	۷۵۳/۰۸۲۸	Y= ۷۰۶۵۷x +۳۹۹۳۰۰

جدول(۵): نتایج ارزیابی روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون یابی اداری.

نیم پراش نگار	Mean	Ms	ASE	SRMS	RMS	معادله خط رگرسیون
دایره ای	-۴/۱۱۷۱	-۰/۰۰۴۱۵	۴۷۸/۴۱۵	۱/۲۵۴۶	۶۲۷/۸۸۳۱	Y= ۲۱۱۰۴x +۲۲۲۱۷۰
کروی	۰/۳۹۹۸	۰/۰۰۳۱۵	۴۸۳/۶۳۱	۱/۲۲۶۱	۶۲۶/۰۲۷	Y= ۵۹۱۶۹x +۱۹۶۵۴۰
نمایی	-۲/۵۳۴۲	-۰/۰۰۲۵۷	۴۸۹/۳۹۰	۱/۲۱۵۹	۶۲۵/۸۷۹	Y=۰x +۲۷۹۷۰۰
گاوسی	-۳/۸۷۷۹	-۰/۰۰۳۱۹	۴۷۸/۲۶۲	۱/۲۵۵۵	۶۲۸/۸۳۸۳	Y= ۴۲۶۶۳x +۲۰۵۱۰۰

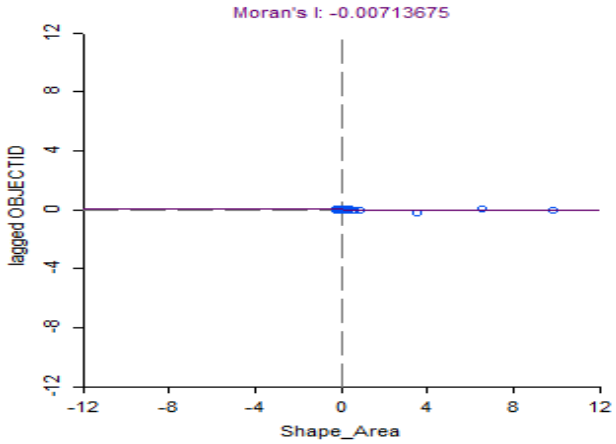
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

به منظور بررسی الگوهای فضایی کاربری های آموزشی، بهداشتی – درمانی، تجاری و اداری در سطح شهر کرمان از روش های زمین آمار خودهمبستگی فضایی موسوم به موران سراسری استفاده شده است. خروجی تحلیل خودهمبستگی فضایی به صورت عددی است. به طورکلی اگر ارزش شاخص موران در مورد الگوی فضایی هر متغیر نزدیک به ۱ مثبت باشدآن متغیر دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه ای است. چنانچه ارزش شاخص موران نزدیک به ۱ منفی باشد،آنگاه از هم گسسته و پراکنده هستند. اگرمقدار شاخص موران بزرگتر از صفر باشد، داده ها نوعی خوشه بندی فضایی را نشان می دهند و اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض مورد بررسی دارای الگوی پراکنده هستند.



شکل(۱۱): خروجی شاخص موران در مورد توزیع فضایی آموزشی

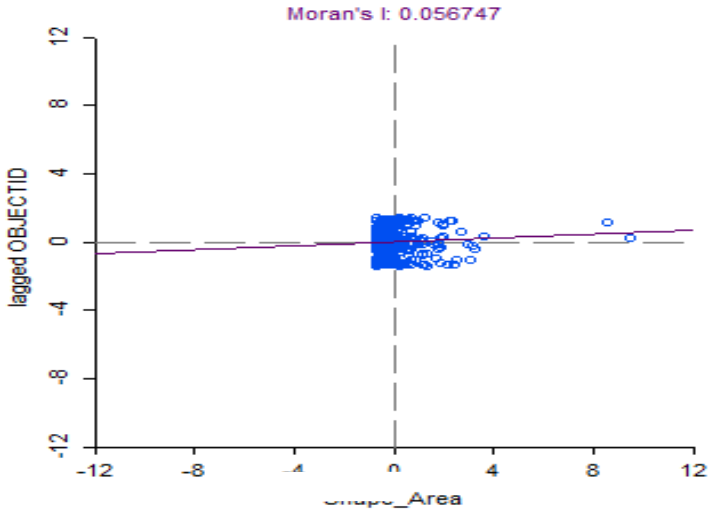
همانگونه که در شکل (۱۱) آورده شده است، ارزش شاخص موران سراسری برای توزیع فضایی کاربری آموزشی ۰/۱۶ است. بنابراین، الگوی توزیع فضایی در شهر کرمان الگوی خوشه بندی فضایی است. از طرف دیگر با توجه به ارزش شاخص موران به سمت ۱ منفی سیر می کند در نتیجه داده ها از هم گسسته و پراکنده می باشند.



شکل(۱۲):خروجی شاخص موران در مورد توزیع فضایی بهداشتی – درمانی

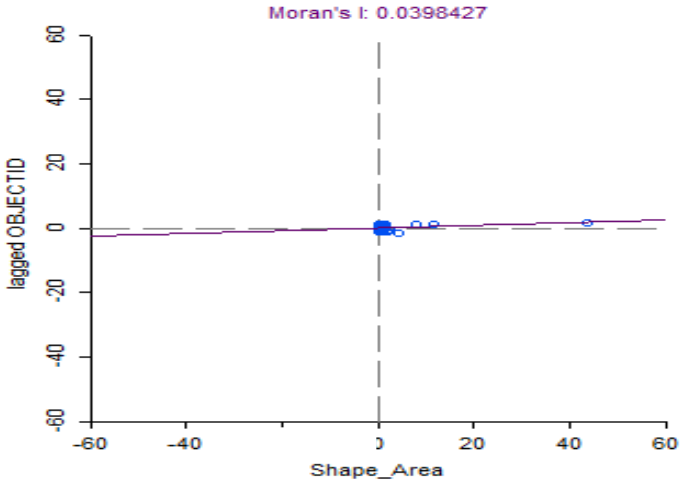
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

مطابق شکل (۱۲) ، ارزش شاخص موران سراسری برای توزیع فضایی کاربری بهداشتی – درمانی ۰/۰۰۷- است. بنابراین، الگوی توزیع فضایی در شهر کرمان الگوی از هم گسسته و پراکنده است. از طرف دیگر با توجه به ارزش شاخص موران به سمت ۱ مثبت سیر می کند در نتیجه دارای خود همبستگی فضایی می باشند.



شکل(۱۳): خروجی شاخص موران در مورد توزیع فضایی اداری

همانطور که در شکل (۱۳) نیز بیان شده است ، ارزش شاخص موران سراسری برای توزیع فضایی کاربری اداری ۰/۰۵۶ است. بنابراین، الگوی توزیع فضایی در شهر کرمان الگوی خوشه ای است. از طرف دیگر با توجه به ارزش شاخص موران به سمت ۱ منفی سیر می کند در نتیجه دارای خود گسستگی و پراکندگی می باشند.



شکل(۱۴):خروجی شاخص موران در مورد توزیع فضایی تجاری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

همانطور که در شکل (۱۴) نیز بیان شده است ، ارزش شاخص موران سراسری برای توزیع فضایی کاربری تجاری برابر با ۰/۰۳۹ است. بنابراین، الگوی توزیع فضایی در شهر کرمان الگوی خوشه ای است. از طرف دیگر با توجه به ارزش شاخص موران به سمت ۱ منفی سیر می کند در نتیجه دارای خود گسستگی و پراکندگی می باشند. شاخص موران فقط نوع الگوی فضایی خودهمبستگی را مشخص می کند. توزیع فضایی نوع الگوی حاکم بر کاربری ها از راه شاخص خودهمبستگی عددی امکانپذیر شده است. این شاخص، پراکندگی توزیع خوشه ای و تصادفی و پراکنده را در پهنه مورد بررسی برای متغیرها نشان می دهد. علاوه بر آن، این تحلیل، الگوی توزیع عوارض در فضا را با ملاحظه همزمان موقعیت مکانی و خصیصه، مورد ارزیابی قرار می دهد.

نتیجه گیری

مجموعه روش هایی که برای پی ریزی کردن نمایش تصویری داده های فضایی، مشاهده اندازه، وابستگی فضایی یا ناهمگونی فضایی به کار می رود، با عنوان تحلیل اکتشافی داده های فضایی شناخته می شود. این تحلیل مجموعه ای از روش هایی است که توزیع های فضایی را توصیف می کند و نمایش می دهد و همچنین مکان ها، الگوهای فضایی پیوند فضایی و تجمع را که دارای صورت های متفاوت ناهمگونی فضایی هستند، بررسی می کند. هدف از این بررسی نیز ارزیابی عملکرد درون یابی در توزیع فضایی کاربری اراضی شهر، از روش کریجینگ در شهر کرمان است. بنابراین با استفاده از آماره های کلی موران به منزلهٔ رویکردهای تحلیل اکتشافی داده های فضایی، تحلیل خودهمبستگی فضایی الگوهای تجاری، آموزشی، اداری و بهداشتی – درمانی صورت گرفته است. در واقع این روش ها نشان می دهند که آیا داده ها به صورت پراکنده، خوشه بندی شده اند و یا به طور تصادفی در فضا پخش شده اند. نتایج حاصل از تحلیل بیانگر وجود الگوی خوشه ای در کاربری های آموزشی، اداری و تجاری و الگوی پراکنده برای کاربری بهداشتی – درمانی در شهر کرمان است. دربین چهار الگو کاربری آموزشی از نظم بهتری پیروی می کند. همچنین نتایج صحت سنجی،آشکار ساخت که روش درون یابی کریجینگ معمولی با مدل نیم پراش نگارگاوسی (دارای آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری ها را در شهر کرمان تبیین می کند.

منابع

آریان فر، رامین، حقیقت، مسعود،(۱۳۹۰)، **تعیین بهترین مدل میان یابی فضایی جهت برآورد میزان بارش سالانه و فصلی (مورد مطالعه، استان فارس)**، فصلنامه الکترونیکی اداره کل هواشناسی استان فارس، سازمان هواشناسی کشور، I.R.OF IRAN METEOROLOGICAL ORGANIZATION

پوراحمد ، احمد، حاتمی نژاد، حسین، زیاری، کرامت الله، فرجی سبکبار، حسنعلی، وفایی، ابوذر، (۱۳۹۳)، **بررسی و ارزیابی کاربری اراضی شهری از منظر عدالت اجتماعی، مورد مطالعه: کاشان**، آمایش سرزمین، (۶)۲، ۱۷۹- ۲۰۸.

ثقفیان، بهرام، رزمخواه، هما و باقر قرمزچشمه ،(۱۳۹۰) ، **بررسی تغییرات منطقه ای بارش سالانه با کاربرد روش های زمین آمار (مطالعه موردی استان فارس)**، مجله مهندسی منابع آب، ۴: ۲۹- ۳۸.

حسنی پاک، علی اصغر،(۱۳۸۰)، **تحلیل داده های اکتشافی**. تهران: دانشگاه تهران.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]

[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]

حسین زاده دلیر، کریم، ملکی، سعید، (۱۳۸۴)، **توسعه پایدار شهری و کاربری اراضی شهر ایلام**، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱، ۵۴- ۲۳.

ذبیحی، ع.، سلیمانی، ک.، شعبانی، م. و آبروش، ص.،(۱۳۹۰)، **بررسی توزیع مکانی بارش سالانه با استفاده از روش های زمین آماری (مطالعه ی موردی استان قم)**، پژوهش های جغرافیای طبیعی،۷۸.

صفرراد، طاهره ، فرجی سبکبار، حسین، (۱۳۹۲)، **تحلیل مکانی تغییرات بارش در زاگرس میانی از طریق روش های زمین آمار(۱۹۴۵-۲۰۰۴)**، جغرافیا و توسعه، ۳۱، ۱۴۹ – ۱۶۴.

قهرودی تالی، منیژه، (۱۳۸۱)، **ارزیابی درون یابی به روش کریجینگ**، پژوهش های جغرافیایی، **۴۳**: ۱۰۸-۹۵.

نظری پور، حمید، دوستکامیان، مهدی، علیزاده ، سارا، (۱۳۹۴)، **بررسی الگوهای توزیع فضایی دما، بارش و رطوبت با استفاده از تحلیل اکتشافی زمین آمار (بررسی موردی: نواحی مرکزی ایران)**، مجلهٔ فیزیک زمین و فضا، (۴۱) ۱، ۹۹ – ۱۱۷.

Collins, F.C., and P.V. Bolstad (1996). **A comparison of spatial interpolation techniques** in temperature estimation. In: Proceedings of the Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico.

De Beurs, K (1998). **Evaluation of spatial interpolation techniques for climate variables: Case study of Jalisco, Mexico**. MSc thesis. Department of Statistics and Department of Soil Science and Geology, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.

Dubrule, O (1983). Two methods with different objectives: Splines and Kriging. Mathematical Geology 15.

Ebrahimzadeh, Isa., Mojirardekani, Abdolreza, (2006), **Evaluation of Urban Land uses in Ardekan, Fars**. Journal of Geography and Development, No.7, P. 43-68.

Erxleben, J., Elder, K. and Davis, R. 2002. **Comparison of spatial interpolation methods for estimating snow stribution in Colorado Rocky Mountains**, Hydrological Processes, 16: 3627-3649.

Hevesi JA, JD Istok and AL Flint. (1992). **A Precipitation Estimation in Mountainous Terrain Using Multivariate Geostatistics**. Part I: *Structural Analysis*. Journal Applied Meteorology 31: 661–676.

Marchand, W. D. and Killingtveit, A. 2001. **Analyses of the Relation Between Spatial Snow Distribution and Terrain Characteristics**,58th Estern Snow Conference Ottawa, Ontario, Canada.

Seifoddini, Frank., Hosseini, Ali., Ehsan Fard, Aliasghar, (2012), **Modern Planning of Urban Land use by Using (HCT) for Restructuring of Urban Traffic, Case Study: Semnan**. Journal of Applied Research in Geographical Sciences. No.24, P.65-82.

Talei, Mohammad, Adili, Esmail., Alimohammadi, Abbas, (2008), **Evaluation Suitability of Urban Landuse (decision-making place - a group based on GIS),** Journal of Surveying, No.96, P.1-10.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.12.7]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.235]