

### مقاله پژوهشی

## پهنه‌بندی اثرات اقلیمی بر ابنیه اداری با تاکید بر فاکتورهای تابشی (مطالعه موردی: شهر کرمان)

علی یظهري کرمانی<sup>۱</sup>، دانشجوی دکترای معماری، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران  
فرشاد نصرالهی، استادیار گروه معماری، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران  
محمدجواد مهدوی نژاد، دانشیار گروه معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

### چکیده

پهنه بندی اقلیمی، یعنی شناسایی پهنه هایی که از آب و هوای یکسان برخوردارند. با گسترش روش‌های کمی، روش‌های سنتی پهنه بندی جای خود را به روش‌های نوین نظیر انواع متدهای درون‌یابی داده‌اند. این پژوهش به ارزیابی پهنه بندی اثرات تابشی بر فضاهای اداری شهر کرمان پرداخته و بر همین اساس از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی با مدل‌های دایره‌ای، گاوسی و کروی استفاده شده و با معیارهای خطا شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندارد شده آن (SRMS)، میانگین استاندارد (Ms)، میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) به ارزیابی آن پرداخته شده است. روش تحقیق، توصیفی - تحلیلی بر مبنای تحلیل فضایی با استفاده از سیستم GIS می‌باشد. نتایج به دست آمده از نقشه‌های پهنه‌بندی اقلیمی (مبتنی بر فاکتورهای تابشی) در فضاهای اداری نشان داد که زاویه میل تابش خورشید در اعتدالین بصورت عمود در انقلابین افقی بوده است. لذا تابش خورشید در ادارات واقع در شمال شهر بیشتر و در ادارات جنوبی به واسطه وجود کوه‌های پیرامون کمتر می‌باشد. بر همین اساس تابش خورشید در جبهه‌های شمالی و شرقی ماکزیمم و در جبهه‌های غربی و جنوبی مینیمم می‌باشد. متناسب با ماه‌های میلادی و بر داشت‌های صورت گرفته در اعتدالین و انقلابین مشخص شد که طیف پراکنش گاوسی و زاویه میل تابش عمودی در ادارات شمال شهر بیشترین تأثیرات را داشته و نحوه قرارگیری ادارات مشخص می‌کند که جبهه‌های شمالی ادارات، تابش بیشتری جذب می‌کنند.

**کلمات کلیدی:** پهنه‌بندی اقلیمی، درون‌یابی، روش کریجینگ، فضاهای اداری، کرمان

## مقدمه

تفکیک مناطق متفاوت با ویژگی‌های اقلیمی همگون در مقیاس جهانی، از دیرباز مورد توجه دانشمندان و پژوهشگران زیادی بوده است. اقلیم، حاصل از ترکیب تمامی عوامل جوئی یک مکان در بلند مدت است. بنابراین با استناد به چند عنصر اقلیمی محدود چون دما، بارش، تبخیر و تابش به تنهایی قادر به بررسی و شناخت عمیق اقلیم هر مکان نخواهیم بود (منتظری، ۱۳۸۴). روش‌های طبقه بندی اقلیمی سنتی بر عوامل محدودی مانند بارش، دما و رطوبت تاکید دارند که در بسیاری از موارد ناکارآمد اند؛ زیرا در بسیاری از مناطق ممکن است عوامل مورد استفاده در طبقه بندی حاکمیت نداشته و عناصر اقلیمی دیگری بر منطقه مؤثر باشند (مسعودیان، ۱۳۸۲). آب و هوای هر ناحیه مرکب از کلیه عوامل و عناصر آب و هوایی آن ناحیه بوده و هنگام تقسیم بندی باید همه آنها در نظر گرفته شوند (زابل عباسی و همکاران، ۱۳۸۵). در این بین استفاده مناسب از نور روز، بعنوان منبع رایگان انرژی خورشیدی، یکی از همین عوامل مهم می‌باشد. توجه به کیفیت و کمیت نور روز به ویژه در مراحل اولیه طراحی به منظور خلق فضایی با مصرف انرژی کم در کنار کیفیت بالا و نیز تضمین سلامت روحی و جسمی کاربر، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از آنجائیکه ذخیره انرژی تابشی دریافتی و استفاده از آن در دیگر ساعات روز به این سادگی مقدور نمی‌باشد، چگونگی حداکثری استفاده از نور روز می‌بایستی در همان مراحل اولیه طراحی مدنظر طراحان قرار گیرد (میری و کمپانی، ۱۳۹۳). هدف این تحقیق بررسی شرایط اقلیمی و پهنه بندی شهر کرمان مبتنی بر انرژی تابشی در ارتباط با تعیین جهت استقرار ساختمان‌ها، بالاخص ساختمان‌های اداری، برای کاستن از مشکلات مربوط به اقلیم می‌باشد؛ که در جهت نیل به این هدف از آمار و اطلاعات ایستگاه هواشناسی در یک دوره‌ی آماری سالیانه مشتمل بر تابش، دما، بارندگی، رطوبت نسبی و جریان باد به صورت پارامترهای حداکثر، حداقل و میانگین به همراه نرم افزار GIS استفاده شده است. با توجه به هدف اصلی، تحقیق در پی پاسخ به این سوال است که تاثیر تابش بر

کدام فضاهای اداری بیشتر بوده و در چه ماهی از سال این تاثیر گذاری بیش از سایر ماه‌های سال می باشد؟

طبقه بندی اقلیمی مجموعه قواعدی‌اند که بر طبق آن می توان مناطقی که وجوه آب و هوایی مشترک دارند را از هم جدا نموده و در یک گروه قرار داد (متظری، ۱۳۸۴). در دهه‌های اخیر نیز هومبولت، دمارتن، کوپن، تورنت وایت، آمبرژه و استرالر براساس چند متغیر اقلیمی، طبقه بندی اقلیمی جهان را به گونه‌های متفاوت انجام داده‌اند (Perry & White, 1989). در ایران نیز که سرزمینی بسیار متنوع است، این گوناگونی در تمام ویژگی‌های جغرافیایی آن به چشم می خورد (مسعودیان، ۱۳۸۲). در این بین عامل تابش خورشید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که برای مطالعه اثرات آن ضروری است مقدار تابش رسیده به جو و سطح زمین تعیین شود. تابندگی سطح خورشید را می توان از روی مقدار انرژی دریافت شده در قله‌ی خارجی جو زمین با استفاده از قانون عکس مجذور فاصله محاسبه نمود (Solar Maximum Mission: 1980). تحلیل میزان تابش روزانه در هر مکان نشان می دهد که میزان تابش روزانه در روزهای تر و خشک به طور معنی داری متفاوت است. تابش به طور مجزا از دما مدل سازی می شود، بنابراین ورودی‌های این مدل آمار روزانه اقلیمی شامل میزان بارندگی، دما و تابش است و خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، میانگین دمای ماهانه و سالانه، مقادیر بارش و تابش می باشند (Mikhail, et al., 2002).

با توجه به اینکه افراد، مدت قابل توجهی از شبانه روز را در فضاهای سرپوشیده منجمله اماکن مسکونی و دفاتر کاری سپری می نمایند، لذا در طراحی این اماکن می بایستی که علاوه بر رفع نیازهای عملکردی و زیبایی شناسانه، تاثیرات آن بر سلامت روحی و جسمی ساکنین و بازدهی کاربرین و کارکنان نیز مد نظر قرار گیرد (Miri and Kompani, 2012). در فضایی که نور طبیعی منبع اصلی روشنایی است، با توجه به نوع کاربری، میزان معینی از روشنایی مورد نیاز می باشد (Reinhart & Weissman, 2012). لازم به ذکر است دید به بیرون که معمولاً به همراه طراحی نور روز مطرح

می‌شود نیز در افزایش شادابی و سلامت روانی و جسمی ساکنین از اهمیت بسزایی برخوردار است (Veitch & Galasiu, 2012). از آنجائی که در یک فضای اداری کارهایی مانند خواندن و نوشتن، بر روی کاغذ و یا از طریق کامپیوتر انجام می‌گیرد، و ساکنین چنین فضاهایی عموماً امکان تغییر جا و یا جهت دید برایشان مقدور نیست، هنگام طراحی چنین فضاهایی می‌بایست به ایجاد جهت گیری مناسب و اطمینان از دسترسی به روشنایی کافی برای انجام امور توجه کامل مبذول داشت (Tregenza & Wilson, 2011). در این رابطه جودیت هرواگن و دین هرواگن با انجام بررسی‌های متعدد بر روی کارکنان یک مجموعه اداری متوجه شدند که اکثر کارکنان وابستگی‌های شدیدی به لحاظ روحی و روانی به نور طبیعی دارند؛ بطوریکه نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که نور طبیعی روز باعث ایجاد حس خوشایندی، سلامت بصری و افزایش حس تعلق خاطر افراد نسبت به فضای کاری می‌شود (Heerwagen & Heerwagen, 1986). بر طبق مطالعات امیل سولمان و جان فینگان نیز عنصر پنجره و نور روز نقش بسزایی در ایجاد انگیزه در محیط کاری دارد. بر طبق مطالعات ایشان، کارکنان در یک محیط بدون پنجره، نسبت به کارمندانی که در محیط کارشان بطور مستقیم با پنجره در ارتباطند، از راندمان کاری پایین‌تری برخوردارند و نگرش و حس رضایت‌مندی از شغل برای کارمندانی که در محیط بسته و بدون پنجره مشغول به فعالیت‌اند نسبت به آنهایی که در اتاق‌های دارای پنجره کار می‌کنند به مراتب پایین‌تر است (Solomon, 1981 & Finnegan).

مطالعات بسیاری در زمینه طبقه بندی اقلیم صورت گرفته است. به طور مثال اسماعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهشی از روش‌های نوین آماری و GIS برای پهنه بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان با نرم افزارهای مختلف آماری استفاده نموده‌اند و با استفاده از روش خوشه بندی، اقلیم استان را به ۵ ناحیه تقسیم نمودند. خسروی و آرمش (۱۳۹۱)، نیز پهنه بندی اقلیمی استان مرکزی را با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌ای انجام داده و ۷ پهنه اقلیمی متفاوت را شناسایی کردند. خلیلی

(۱۳۸۳)، برای پهنه بندی استان های آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل الگوی ارتفاعی زمین را به ابعاد  $500 \times 500$  متر و پارامترهای ماهانه دمای هوا و بارندگی را در شبکه‌ای مرکب از هفتاد و سه ایستگاه در یک دوره سی ساله انجام داده است و به این نتیجه رسیده که اقلیم‌های خشک و فراخشک در محدوده‌ی مطالعاتی مورد نظر وجود نداشته و بخش اعظم اقلیم‌های مرطوب آذربایجان، ارتفاعی (نواحی سرد) می‌باشد. گرامی مطلق (۱۳۸۵)، در پهنه بندی اقلیمی استان بوشهر سی متغیر اقلیمی را با روش‌های سنتی و تکنیک‌های آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار داده و نشان داد که چهار عامل در ایجاد شرایط اقلیمی سالانه ی منطقه نقش اساسی دارند.

آنیادیک (۱۹۸۷)، اقلیم غرب آفریقا را با استفاده از ۱۷ متغیر اقلیمی و ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی در دوره‌ی آماری ۱۹۷۱-۱۹۳۱ پهنه بندی کرد. وایت و پری (۱۹۸۹)، نیز پهنه بندی اقلیم نواحی انگلستان و ولز را بر اساس داده‌های آگروکلیمایی انجام داده و منطقه مورد مطالعه به ۱۰ اقلیم متمایز تقسیم گردید. در پژوهش دیگری مقایسه بین روش طبقه بندی کوپن - کایگر و روش طبقه بندی آب و هوایی درخت رگرسیون چند متغیره (MRT) در آب و هوای همگن انجام شد. بررسی‌ها نشان داد اگر چه روش کوپن - کایگر در ترسیم دما و بارش، در اصل برای طبقه بندی آب و هوا طراحی نشده و دسته‌بندی‌های ایجاد شده بر اساس گروه‌های گیاهی هستند، اما عملکرد خوبی خصوصا برای دما داشته، ولی روش الگوریتم (MRT) به علت اندازه‌گیری‌های بارش و حساسیت به تغییرات فضایی بارش دقیق تر، مناسب‌تر و کاربردی‌تر است (Canon, 2011). طبقه‌بندی آب و هوایی جهان که بر اساس طبقه بندی کوپن - کایگر انجام شد در نهایت اقلیم جهان را به ۵ منطقه آب و هوایی تقسیم نمود و در این روش برای اقلیم‌ها مرزهای جداگانه در نظر گرفته شد، اما باز هم روش‌های چند متغیره نتایج بهتری حاصل می‌نمود (Peel, et al., 2006).

### مواد و روش‌ها

**محدوده:** شهر کرمان به عنوان مرکز استان کرمان در ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۱۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و ۱۷۵۷ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و در حال حاضر جمعیتی بالغ بر ۵۳۹ هزار نفر دارد و دارای ۴ منطقه شهری، ۱۳ ناحیه و ۴۹ محله می باشد. در سطح شهر کرمان، کاربری‌های اداری ۲۱۳۹۵۸.۴۱۰۶۵۴ مجموع مساحت را در بر می‌گیرند.

**روش:** تحقیق حاضر بر مبنای تحلیل آماری، از نوع توصیفی - تحلیلی و با استفاده از دیتاهای اقلیمی تابش در فضاهای اداری کرمان می‌باشد. جمع آوری دیتاها با استفاده از دستگاه دیتالاگر در جهات مختلف ساختمان‌های اداری در انقلابین و اعتدالین (ژانویه و آوریل - جولای و سپتامبر) تهیه شده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS مورد بررسی قرار گرفته و برای تجزیه و تحلیل دیتاهای موجود از روش درونیابی Kriging در داخل محیط GIS استفاده شده است.

**تهیه نقشه پهنه بندی اقلیمی:** در شناخت عوامل مؤثر و در نتیجه، تاثیر گذاری برپهنه بندی ابنیه، ضروری می‌باشد. اولین گام در تهیه نقشه‌ی پهنه بندی اقلیمی در منطقه‌ی مطالعاتی، تهیه‌ی دیتاهای اقلیمی و سپس تهیه‌ی نقشه‌ی عوامل مؤثر بر اقلیم فضاهای اداری می‌باشد. به این منظور با استفاده از دیتاهای سازمان هواشناسی، پدیده تابشی در فضاهای اداری در سطح شهر کرمان بررسی شده و از آنجا که بسیاری از تاثیرات به دلیل ابعاد کم یا ظاهری مشابه با دامنه‌های مجاور، در عکس‌های هوایی قابل تشخیص نیستند، لذا برای تکمیل اطلاعات، محدوده قابل دسترس مورد بازدید میدانی قرار گرفته و با استفاده از دستگاه‌ها نوریسنجی، دیتاها در جهات مختلف ابنیه استخراج و در قالب روش درونیابی Kriging و سیستم Arc GIS ۱۰.۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**فاکتورهای مؤثر در پهنه بندی تابشی:** در این تحقیق برای پهنه بندی اثرات تابشی در فضاهای اداری عوامل تاثیرگذار شامل مقادیر کمینه تابش خورشید و مقادیر بیشینه

تابش خورشید در ماه‌های ژانویه و آوریل - جولای و سپتامبر مورد بررسی قرار گرفت. نقشه‌ها با استفاده از سیستم ARC GIS تهیه و برای پهنه بندی در روش درون یابی Kriging استفاده شده است.

جدول ۱- فاکتورهای موثر در پهنه بندی تابشی در فضاهای اداری شهر کرمان

زمان	ارتفاع	ظهر خورشیدی	طلوع	زاویه میل (درجه)	معادله زمان (دقیقه)
محلی	۶:۱۱PM	۱۲:۵۳:۵۵	۷:۳۷AM	-۱۹:۵۱	-۱۱:۷۱
گرینویچ	۱۳:۴۱	۸:۲۳:۵۵	۳:۰۷		

#### تهیه نقشه پهنه بندی اقلیمی

روش درونیابی Kriging: کریجینگ معمولی از جمله برآوردکننده‌های زمین آماری است که برای برآورد عملکرد توزیع فضایی کاربری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. 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 اندازه‌گیری می‌باشد. تحلیل واریوگرام، یکی از روش‌های توصیف تغییرات مکانی یک متغیر ناحیه‌ای به شمار می‌آید. محاسبه و تفسیر منحنی واریوگرام (نیم تغییر نما) از مهم‌ترین عملیات زمین آمار می‌باشد که از طریق معادله زیر به دست می‌آید.

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

$\gamma(h)$ : 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 فاصله‌ای به اندازه  $h$  از هم قرار

دارند؛

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

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

مهمترین کاربرد واریوگرام استفاده از اطلاعات آن در الگوریتم‌های برآورد زمین آماری است. اما قبل از کاربرد آنها در برآورد، لازم است مناسب‌ترین مدل تئوری شامل مدل‌های کروی، گوسی یا نمایی را بر آنها برآزش داد. برای برآورد متغیر مورد نظر در نقطه فاقد آمار، از یکی از برآوردکننده‌های زمین آماری تحت عنوان کریجینگ معمولی استفاده می‌شود. بنابراین معادله زیر، برآوردکننده کریجینگ معمولی را به صورت یک جمع خطی وزن دار نشان می‌دهد که هدف یافتن وزن‌های آماری نمونه‌ها است به طوری که علاوه بر نا اریب بودن برآورد، واریانس برآورد نیز حداقل گردد.

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^m \lambda_i z - z(x_i)$$

در این رابطه  $Z(x_0)$  برآورد آماری از متغیر مورد نظر و  $\lambda_i$  وزن آماری اختصاص داده شده به نمونه  $i$  است.  $m$  تعداد نمونه‌های قرار گرفته در همسایگی نقطه مورد نظر می‌باشد. دستگاه معادلاتی زیر که با حل آنها، ضریب‌های وزنی  $\lambda$  معلوم می‌شوند عبارتند از:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu = \gamma(x_i, x_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

که  $\gamma(x_i, x_j)$  بیانگر واریوگرام مربوط به نمونه‌ها و  $\gamma(x_i, x_0)$  واریوگرام مربوط به نقطه مورد برآورد و نمونه‌های واقع در همسایگی آن نقطه و  $\mu$  ضریب لاگرانژ است. اولین گام در استفاده از روش‌های زمین آماری بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها توسط آنالیز واریوگرام می‌باشد. شرط استفاده از این آنالیز نرمال بودن داده‌هاست. بر این اساس به علت عدم تبعیت داده‌های برخی متغیرهای اندازه گیری شده از توزیع فراوانی نرمال داده‌ها با تبدیل لگاریتمی نرمال شده‌اند و سپس الگوی توزیع فضایی و درجه پیوستگی مکانی متغیرها با استفاده از نیم تغییرنا ارزیابی شدند. پس از رسم واریوگرام و برآزش مدل مناسب، عملیات میان یابی به وسیله روش کریجینگ



معمولی انجام شده‌است. مقایسه مقادیر واقعی برآورد شده از طریق محاسبه ملاک‌های پراکندگی شامل میانگین خطا<sup>۱</sup> (ME)، میانگین قدر مطلق خطا<sup>۲</sup> (MAE)، جذر میانگین مربعات خطا<sup>۳</sup> (RMSE) و همبستگی بین آن‌ها (R) صورت گرفت. ME از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

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

که در آن مقدار مشاهده شده در نقطه  $i$  ام  $Z(x_i)$  مقدار برآورد شده در نقطه  $i$  ام و  $n$  تعداد نمونه‌ها می‌باشد. میانگین خطای مطلق (MAE)، بیانگر خطای برآورد است که از رابطه زیر محاسبه گردید.

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

جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) بیان‌کننده توانائی مدل در برآورد متغیر وابسته است. مقدار RMSE از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

## نتایج و بحث

**نتایج حاصل از مدل درون یابی Kriging:** نخستین گام منطقی در بررسی رابطه میان دو متغیر، ترسیم داده‌ها به صورت نقطه‌ای در یک دستگاه مختصات متعامد است. نمودار حاصل از این دستگاه به نمودار پراکنش نگار معروف است. کشف رابطه بین متغیرها و چگونگی تأثیرپذیری از یکدیگر یکی از اهداف این مدل است. به طوریکه متغیر بودن این عوامل باعث تغییر عامل وابسته می‌شود. با اطلاع از رابطه بین متغیر وابسته و متغیر مستقل، می‌توان از این رابطه و مدل به منظور استنباط در مورد چگونگی تأثیرگذاری متغیرهای مستقل و مقایسه عملکرد این متغیرها روی متغیر وابسته و

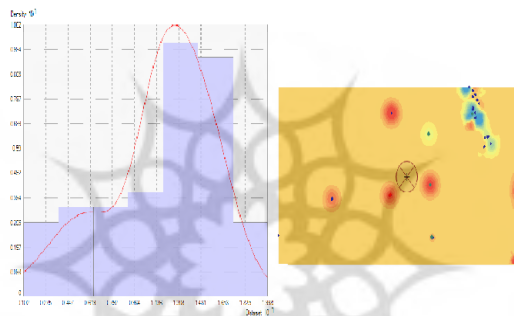
<sup>1</sup> Mean Error

<sup>2</sup> Mean Absolute Error

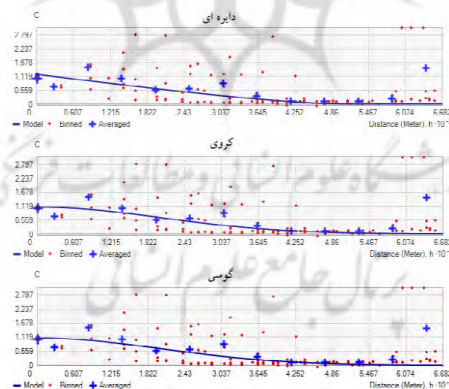
<sup>3</sup> Root Mean Square Error

همچنین پیش بینی متغیر وابسته با معلوم بودن مقادیر متغیرهای مستقل استفاده کرد (شکل‌های ۱، ۷، ۴، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۲). سپس یک مدل مناسب با توجه به معیارهای ارزیابی خطا (جداول ۲، ۳، ۴، ۵) از بین مدل‌های ساختار فضایی دایره‌ای، کروی، نمایی و گاوسی انتخاب شده است.

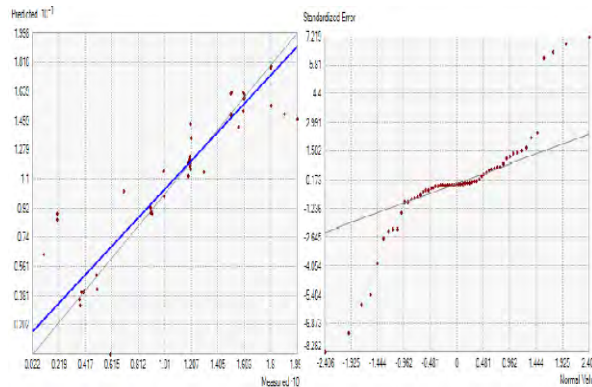
**کمینه انرژی تابشی در انقلابین:** مطابق شکل زیر، شدت تابش خورشید بر مبنای کمترین مقادیر در ماه آوریل و بر حسب نحوه استقرار ادارات و زاویه میل تابش در ادارات بخش شمالی شهر در جبهه‌های شمالی و در ادارات واقع در جنوب شهر در جبهه‌های شرقی آنها بیشتر می‌باشد.



شکل ۱- گراف پراکنش کمینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه آوریل

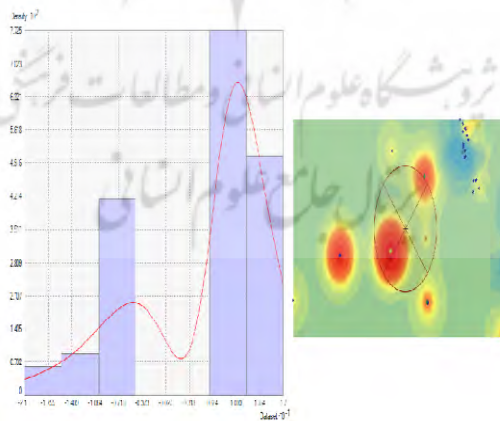


شکل ۲- نیم پراش نگار (دایره ای، کروی، گاوسی) کمینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی آوریل

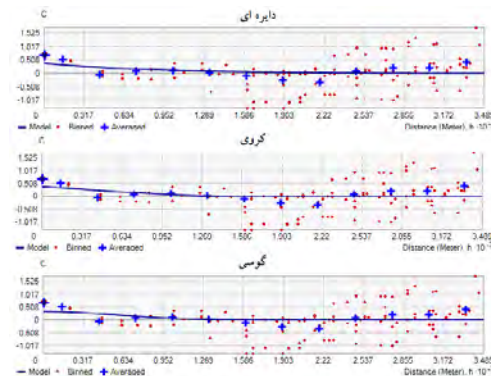


شکل ۳- برآزش خط رگرسیون برای مقادیر کمینه واقعی و برآورده شده مکان‌های اداری ماه آوریل

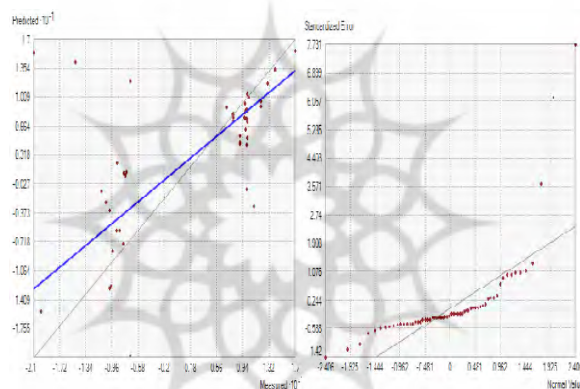
مطابق شکل زیر، شدت تابش خورشید بر مبنای کمترین مقادیر در ماه ژانویه نیز بر حسب نحوه استقرار ادارات و زاویه میل تابش خورشید در ادارات بخش شمالی شهر در جبهه‌های شمالی و غربی و در ادارات بخش مرکزی شهر در جبهه‌های جنوبی بیشتر می‌باشد.



شکل ۴- گراف پراکنش کمینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه ژانویه



شکل ۵ - نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) کمینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی ژانویه



شکل ۶ - برازش خط رگرسیون برای مقادیر کمینه واقعی و برآورده شده مکان‌های ادارای ماه ژانویه

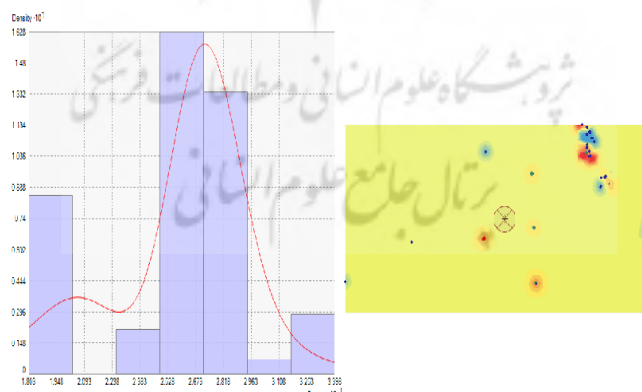
نتایج کمی روش‌های متفاوت درون‌یابی برای متغیرهای اداری کمینه تابش در انقلابین در جدول ۲ داده شده است. در بین انواع گوناگون برآورد گردهای کریجینگ، از کریجینگ معمولی که رایج‌تر هست با نیم پراش نگارهای دایره‌ای، کروی، گاوسی استفاده شده است. نتایج این برازش‌ها با آماره‌های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندارد 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 نگارگوسی (دارای آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری اداری را در شهر کرمان تبیین می‌کند.

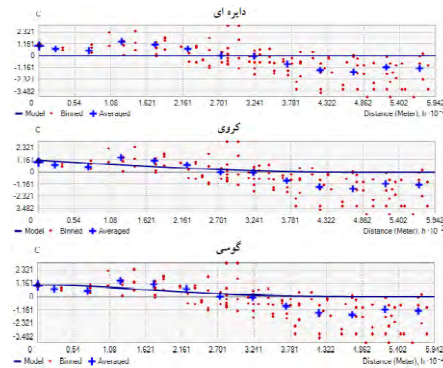
جدول ۲- نتایج ارزیابی روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای کمینه تابش در انقلابین

معادله خط رگرسیون	RMS	SRMS	ASE	Ms	Mean	نیم پراش نگار
$Y=11253x+124536$	۱۶۴۵ / ۵۴	۳ / ۱۵۸۷۲۵	۳۲۴ / ۶۵۸	-۰ / ۰۴۲۵	۲۵ / ۶۱۴۸	دایره ای
$Y=245671x+354215$	۱۷۵۲ / ۱۲۵	۳ / ۱۲۵۶۳۲	۳۲۴ / ۷۵۲	-۰ / ۰۴۳۶	۲۵ / ۸۹۵۴	کروی
$Y=214525x+125324$	۱۵۳۶ / ۴۵۲	۲ / ۰۲۴۱۵۶	۲۴۴ / ۸۹۸	-۰ / ۰۳۴۱	۱۸ / ۴۵۲۶	گوسی

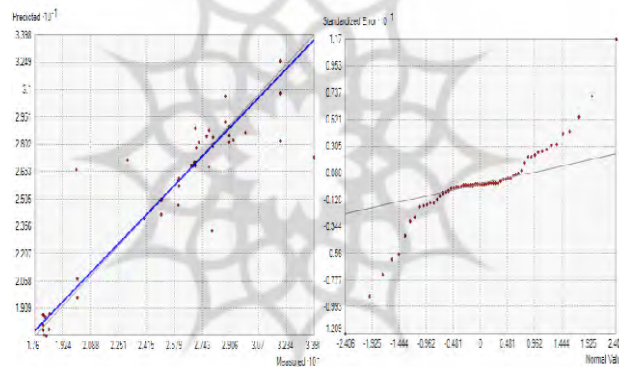
بیشینه انرژی تابشی در انقلابین: در ادامه نتایج واریوگرام تحقیق، مطابق شکل زیر، شدت تابش خورشید بر مبنای بیشینه انرژی تابشی در ماه آوریل نیز بر حسب نحوه استقرار ادارات و زاویه میل تابش خورشید در ادارات واقع در بخش شرقی شهر در جبهه های شرقی و جنوبی و در ادارات شمالی شهر در جبهه های جنوبی ادارات بیشتر می‌باشد.



شکل ۷- گراف پراکنش بیشینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه آوریل

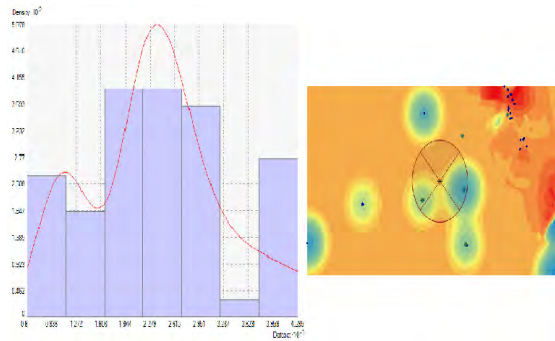


شکل ۸ - نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) بیشینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی آوریل

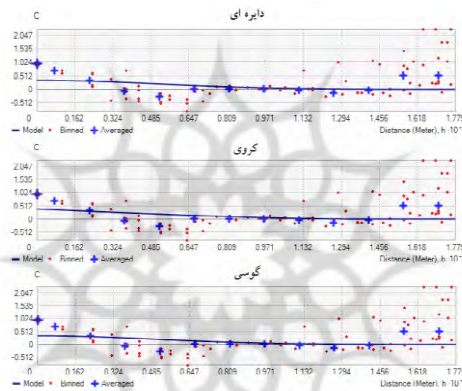


شکل ۹ - برازش خط رگرسیون برای مقادیر بیشینه واقعی و برآورده شده مکان‌های اداری ماه آوریل

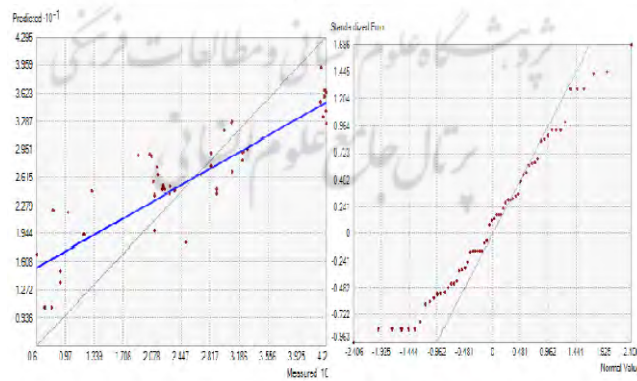
براساس یافته‌های به دست آمده در تحقیق، شدت تابش خورشید بر مبنای بیشینه انرژی تابشی در ماه ژانویه نیز بر حسب نحوه استقرار ادارات و زاویه میل تابش خورشید در ادارات واقع در بخش جنوبی شهر در جبهه‌های شمالی و جنوبی بیشتر می‌باشد.



شکل ۱۰- گراف پراکنش بیشینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه ژانویه



شکل ۱۱- نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) بیشینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی ژانویه



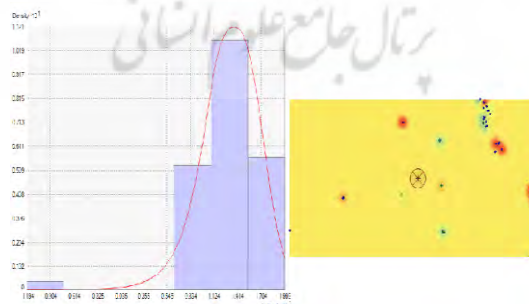
شکل ۱۲- برازش خط رگرسیون برای مقادیر بیشینه واقعی و برآورده شده مکان‌های اداری ماه ژانویه

نتایج کمی روش‌های متفاوت درون‌یابی برای متغیرهای اداری بیشینه تابش در انقلابین در جدول ۳ داده شده‌است. در بین انواع گوناگون برآورد گردهای کریجینگ از کریجینگ معمولی که رایجتر هست با نیم پراش نگارهای دایره‌ای، کروی، گاوسی استفاده شده‌است. نتایج این برازش‌ها با آماره‌های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندارد شده آن (SRMS)، میانگین استاندارد (Ms)، میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) ارزیابی شده‌است. نتایج صحت‌سنجی، آشکار ساخت که روش درون‌یابی کریجینگ معمولی با مدل نیم پراش نگار گاوسی (دارای آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری اداری را در شهر کرمان تبیین می‌کند.

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون‌یابی بیشینه انقلابین

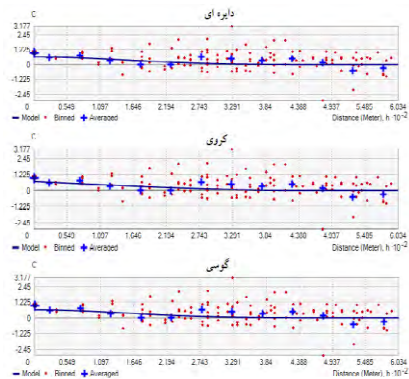
معادله خط رگرسیون	RMS	SRMS	ASE	Ms	Mean	نیم پراش نگار
$Y=31142x + 32514$	۵۴۲ / ۶۶۷	۱ / ۳۴۵۶	۳۴۵ / ۳۵۷	-۰ / ۰۰۴۵۲	۳ / ۱۰۲۴	دایره‌ای
$Y=45263x + 214562$	۵۴۷ / ۷۸۵	۲ / ۴۵۸۷	۴۷۵ / ۵۷۸	۰ / ۰۰۷۸۵۲	۱ / ۳۴۵۷	کروی
$Y=35478x + 324512$	۵۶۹ / ۵۶۷	۱ / ۲۱۴۵	۵۶۴ / ۶۸۷	-۰ / ۰۰۳۶۵۴	۳ / ۶۸۷۵	گاوسی

**کمینه انرژی تابشی در اعتدالین:** براساس یافته‌های به دست آمده تابش کمینه در اعتدالین، شدت تابش خورشید بر مبنای کمینه انرژی تابشی در ماه سپتامبر بر حسب نحوه استقرار ادارت و زاویه میل تابش خورشید در ادارات بخش جنوبی و شرقی شهر در جبهه‌های جنوبی و غربی بیشتر می‌باشد.

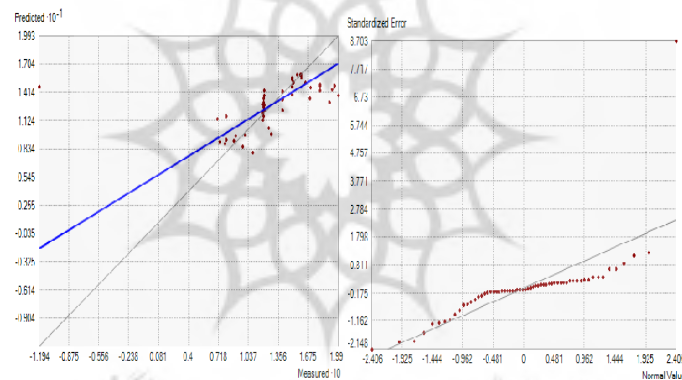


شکل ۱۳- گراف پراکنش کمینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه سپتامبر



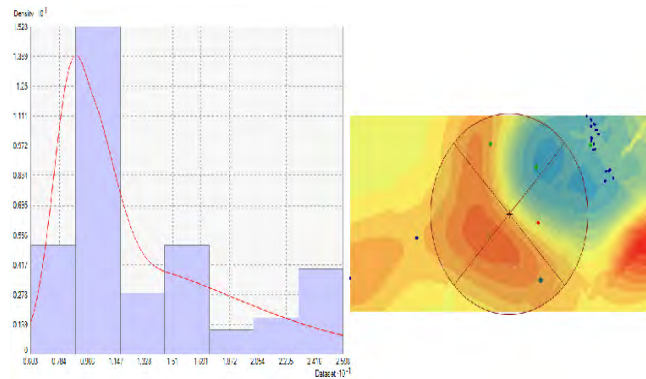


شکل ۱۴- نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) کمینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی سپتامبر

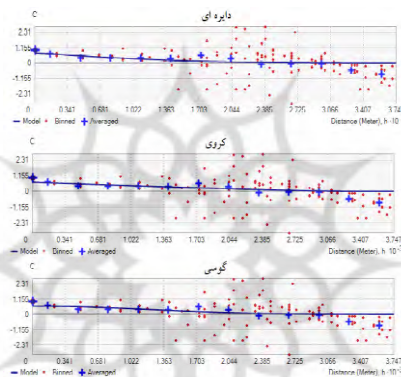


شکل ۱۵- برازش خط رگرسیون برای مقادیر کمینه واقعی و برآورده شده مکان‌های اداری ماه سپتامبر

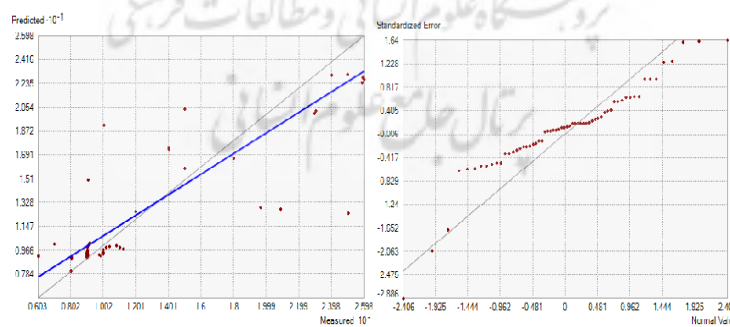
بر اساس یافته‌های بدست آمده تابش کمینه دراعتدالین، شدت تابش خورشید برمبنای کمینه انرژی تابشی در ماه جولای، مطابق شکل زیر، در ادارات واقع در بخش جنوبی و شمالی شهر با مقادیر ضعیف‌تر و در جبهه‌های شمالی ادارات بر حسب نحوه استقرار ادارات و زاویه میل تابش خورشید بیشتر می‌باشد.



شکل ۱۶- گراف پراکنش کمینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه جولای



شکل ۱۷- نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) کمینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی جولای



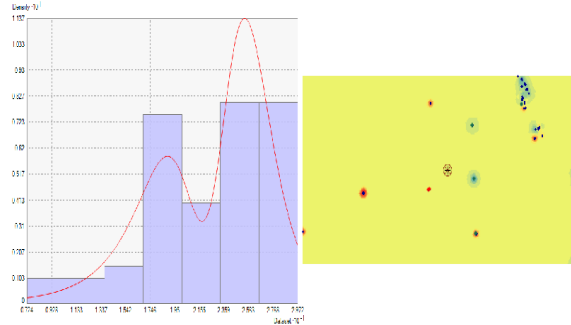
شکل ۱۸- برازش خط رگرسیون برای مقادیر کمینه واقعی و برآورده شده مکان‌های اداری ماه جولای

نتایج کمی روش‌های متفاوت درون یابی برای متغیرهای اداری کمینه اعتدالین در جدول ۴ داده شده‌است. در بین انواع گوناگون برآوردگردهای کریجینگ از کریجینگ معمولی که رایجتر هست با نیم پراش نگارهای دایره‌ای، کروی، گاوسی استفاده شده است. نتایج این برازش‌ها با آماره‌های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندارد شده آن (SRMS)، میانگین استاندارد (Ms)، میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) ارزیابی شده‌است. نتایج صحت سنجی، آشکار ساخت که روش درون یابی کریجینگ معمولی با مدل نیم پراش نگار گاوسی (دارای آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری اداری را در شهر کرمان تبیین می‌کند.

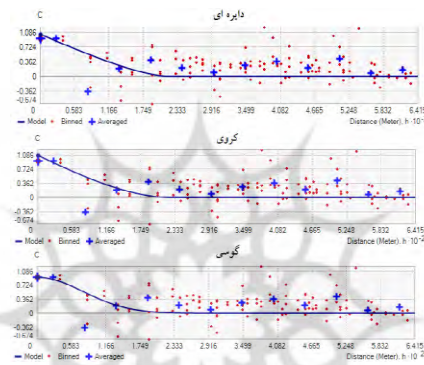
جدول ۴- نتایج روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون یابی کمینه اعتدالین

معادله خط رگرسیون	RMS	SRMS	ASE	Ms	Mean	نیم پراش نگار
$Y=0.02356x + 0.42635$	652/5819	2/2547	574/4785	0/02415	14/1452	دایره ای
$Y=3.45785x + 3.44785$	475/3574	2/2658	456/9852	1/03587	19/2458	کروی
$Y=698526x + 245896$	658/4528	3/2478	357/4523	1/04512	21/7569	گاوسی

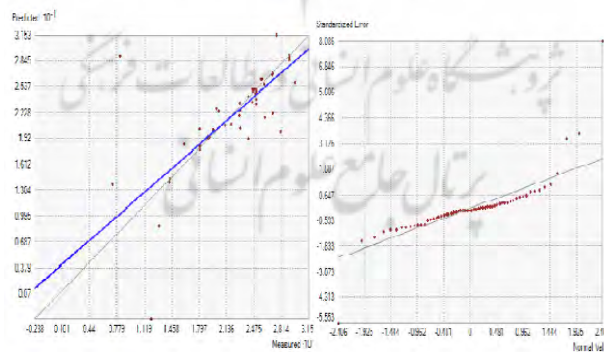
بیشینه انرژی تابشی در اعتدالین: براساس یافته‌های به دست آمده تابش بیشینه در اعتدالین، شدت تابش خورشید بر مبنای بیشینه انرژی تابشی در ماه سپتامبر، همانطور که در شکل زیر نیز مشاهده می‌شود، بر حسب نحوه استقرار بنا و زاویه میل تابش خورشید، در ادارات واقع در بخش شمالی و شرقی شهر در جبهه‌های شمالی و غربی بیشتر می‌باشد.



شکل ۱۹ - گراف پراکنش بیشینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه سپتامبر

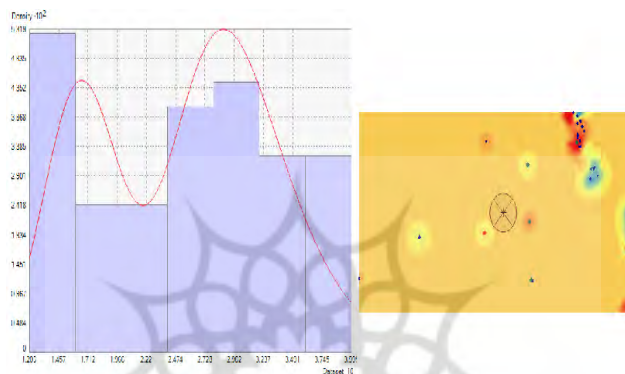


شکل ۲۰ - نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) بیشینه انرژی تابشی ادارات در مدل کریجینگ معمولی سپتامبر

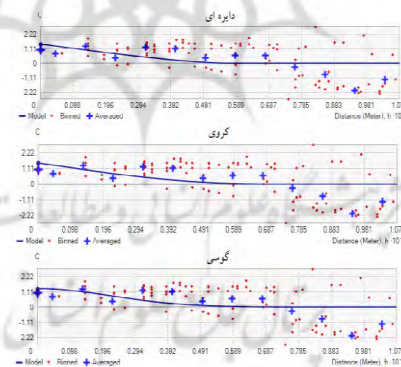


شکل ۲۱ - برازش خط رگرسیون برای مقادیر بیشینه واقعی و برآورده شده مکان‌های ادارای ماه سپتامبر

براساس یافته‌های بدست آمده تابش بیشینه در اعتدالین، شدت تابش خورشید بر مبنای بیشینه انرژی تابشی در ماه جولای، همانطور که در شکل زیر نیز مشاهده می‌شود، در ادارات واقع در بخش غربی و شرقی شهر در جبهه‌های شمالی و جنوبی ادارات بر حسب نحوه استقرار بنا و زاویه میل تابش خورشید بیشتر می‌باشد.

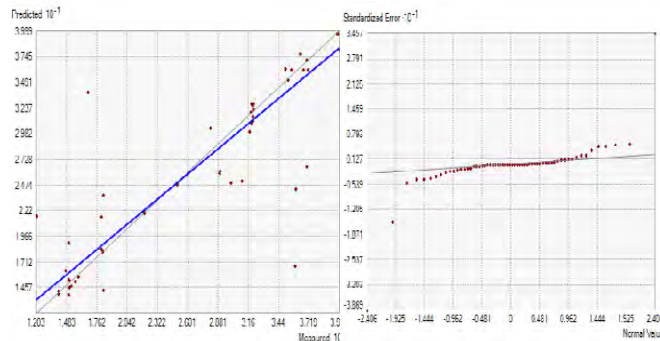


شکل ۲۲ - گراف پراکنش بیشینه انرژی تابشی بر ادارات منتخب در ماه جولای



شکل ۲۳- نیم پراش نگار (دایره‌ای، کروی، گاوسی) بیشینه انرژی تابشی ادارات در مدل

کریجینگ معمولی جولای



شکل ۲۴ - برازش خط رگرسیون برای مقادیر بیشینه واقعی و برآورده شده مکان‌های اداری ماه جولای

نتایج کمی روش‌های متفاوت درون یابی برای متغیرهای بیشینه اعتدالین در جدول ۵ داده شده است. در بین انواع گوناگون برآوردهای کریجینگ از کریجینگ معمولی که رایج‌تر هست بنیم پراش نگارهای دایره‌ای، کروی، گاوسی استفاده شده است. نتایج این برازش‌ها با آماره‌های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندارد شده آن (SRMS)، میانگین استاندارد (Ms)، میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) ارزیابی شده است. نتایج آشکار ساخت که روش درون‌یابی کریجینگ معمولی بامدل نیم پراش نگار گاوسی (اداری آستانه) به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی کاربری اداری را در کرمان تبیین می‌کند.

جدول ۵- نتایج روش برآوردگر کریجینگ معمولی با نیم پراش نگارهای متفاوت برای درون یابی بیشینه اعتدالین

معادله خط رگرسیون	RMS	SRMS	ASE	Ms	Mean	نیم پراش نگار
$Y=24785x + 32452$	057/7854	2/0412	452/452	0/0047	4/1478	دایره ای
$Y=05235x + 24785$	062/2415	1/4526	254/368	0/0048	2/2589	کروی
$Y=45698x + 35421$	026/3547	3/6745	478/752	1/0045	4/5687	گاوسی

نتایج این مقایسات، به نرم افزار Arc GIS وارد شد. نتایج به دست آمده نشان داد که مقایسه عوامل به درستی صورت گرفته است و با محاسبه کردن وزن هر یک از عوامل به وسیله این نرم افزار، عوامل اولویت بندی شدند.

### نتیجه‌گیری

مجموعه روش‌هایی که برای پی‌ریزی کردن نمایش تصویری داده‌های فضایی، مشاهده اندازه، وابستگی فضایی یا ناهمگونی فضایی به کار می‌رود، با عنوان تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی شناخته می‌شود. این تحلیل مجموعه‌ای از روش‌هایی است که توزیع‌های فضایی را توصیف می‌کند و نمایش می‌دهد و همچنین مکان‌ها، الگوهای فضایی، پیوند فضایی و تجمع را که دارای صورت‌های متفاوت ناهمگونی فضایی هستند، بررسی می‌کند. این تحقیق با هدف بررسی شرایط اقلیمی و پهنه‌بندی شهر کرمان در رابطه با تعیین جهت استقرار ساختمان‌ها در طراحی بالاصح ساختمان‌های اداری با تأکید بر انرژی تابشی، تلاشی برای کاستن مشکلات مربوط به اقلیم مرتبط است؛ که در جهت نیل به این هدف از آمار و اطلاعات ایستگاه هواشناسی در یک دوره‌ی آماری سالیانه مشتمل بر تابش، دما، بارندگی، رطوبت نسبی و ... به صورت پارامترهای حداکثر، حداقل و میانگین به همراه نرم افزار GIS استفاده شده‌است. استان کرمان علی‌رغم این که در سیستم‌های بزرگ اقلیمی به طور یکپارچه تحت تأثیر شرایط سینوپتیکی واحد قرار می‌گیرد، اما به خاطر گوناگونی عوامل محلی اقلیمی و مخصوصاً تنوع توپوگرافی در پهنه‌ی گسترده‌ی استان، باعث شده که از خرده اقلیم‌ها و نواحی اقلیمی متفاوتی برخوردار باشد. بدین منظور با استفاده از روش‌های نوین آماری مانند درون‌یابی‌های IDW و Kriging، که نتایج قابل اطمینان‌تری نسبت به روش‌های سنتی دارند، پراکندگی عناصر اقلیمی در پهنه استان مورد ارزیابی قرار گرفت که در آن سعی شده است با بررسی جهت‌گیری‌های مختلف و سطح دریافت تابش متفاوت فضاهای اداری نمونه در شهر کرمان، محاسبات لازم به منظور تعیین پهنه‌بندی تابشی در

شهرکرمان و جهت‌گیری بهینه بررسی و ارائه شود که مراحل انجام کار را قدم به قدم به منظور ایجاد بنایی با روشنایی طبیعی مفید و مطلوب، هموار می‌سازد و امید است که به کمک آن بتوان در مراحل اولیه پروسه طراحی به طراحان و مهندسان در تعیین شکل و جهت استقرار بنا یاری رسانید. نتایج صحت سنجی، آشکار ساخت که نتایج تحقیق به دست آمده از نقشه‌های نهایی تولید شده برای پهنه‌بندی اقلیمی (فاکتورهای تابشی) در فضاهای اداری نشان داد که زاویه میل تابش خورشید در اعتدالین بصورت عمود بوده و در انقلابین افقی، لذا تابش خورشید در اداراتی که در شمال شهر بوده بیشتر و در ادارات بخش جنوبی به واسطه وجود کوه‌های جنوب شهر کمتر می‌باشد. بر همین اساس تابش خورشید در جبهه‌های شمالی و شرقی ماکزیمم در جبهه‌های غربی و جنوبی مینیمم می‌باشد.

### منابع

- اسماعیلی، رضا، منتظری، مجید، اسمعیل نژاد، مرتضی، صابر حقیقت، اکرم، (۱۳۹۰). پهنه بندی اقلیمی خراسان رضوی با استفاده از روشهای آماری چند متغیره، پژوهش های اقلیم شناسی، دوره ۲، شماره ۷-۸، صص ۴۳-۵۶.
- خسروی، محمود، آرمش، محسن، (۱۳۹۱). پهنه بندی اقلیمی استان مرکزی با استفاده از تحلیل عاملی-خوشه ای، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، دوره ۲۳، شماره ۲، صص ۸۷-۱۰۰.
- خلیلی، علی، درویش صفت، علی اصغر، برادران راد، رضا، بذرافشان، جواد، (۱۳۸۳). پیشنهاد روش برای پهنه بندی اقلیمی در محیط GIS (مطالعه موردی شمال غرب ایران در سیستم سلینینف)، نشریه بیابان، دوره ۹، شماره ۲، صص ۲۲۷-۲۳۸.
- زابل عباسی، فاطمه، پوراصغریان، آرزو، سی سی پور، مرضیه، (۱۳۸۵). طبقه بندی اقلیمی استان هرمزگان، مجله نیوار، دوره ۲۶، شماره ۶۲-۶۳.



گرامی مطلق، علیرضا، شبانکاری، مهران، (۱۳۸۵). پهنه بندی اقلیمی استان بوشهر، دانشگاه اصفهان، دوره ۱، شماره ۱، صص ۱۸۷-۲۱۰.

مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۲). بررسی پراکنندگی جغرافیایی بارش در ایران به روش تحلیل عاملی دوران یافته، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱، شماره ۱، صص ۷۹-۸۹.

مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۲). نواحی اقلیمی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱، شماره ۲، صص ۱۷۱-۱۸۴.

منتظری، مجید، (۱۳۸۴). تحلیل زمانی - مکانی دمای ایران در نیم سده گذشته، رساله دکتری رشته جغرافیا، گرایش اقلیم شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

میری، مجید، کمپانی سعید، محسن، (۱۳۹۳). طراحی فرایندی جهت نیل به روشنایی طبیعی مناسب برای یک فضای کاری اداری در شهر تهران، انتشارات معماری، طراحی و برنامه ریزی شهری، دوره ۸، صص ۷۳-۸۹.

Anyadike, RNC (1987). A multivariate classification and regionalization of west African climates. *Journal of climatology*, Volume 7, Issue 2, pp 156-164.

Finneegan, Mary C, Zener Solomon, Linda (1981). "Work Attitudes in Windowed vs. Windowless Environments", *Journal of Social Psychology*, Volume 115, Issue 2, pp 291-292.

Flynn, John E, Spencer, Terry j, Martyniuk, Osyp, Hendrick, Clyde (2013). Interim Study of Procedures for Investigating the Effect of Light on Impression and Behavior, *Journal of Illuminating Engineering Society (IES)*, Volume 3, Issue 1, pp 87-94.

Heerwagen, Judith, Heerwagen, Dean (1986). Lighting and Psychological Comfort, *Environment and Behavior*, volume 19, Issue 6, pp 47-51.

Longley, Paul A, Batty, Michael (1997). *Spatial Analysis: Modeling in a GIS Environment*, Technology, UNITED STATES.

Miri M, Kompani Saeed M, Assessing Daylight Access Requirements in Iranian National Building Code (Case Study in Qazvin), *Armanshahr Architecture & Urban Development, Journal of Architecture, Urban Design & Urban Planning*, Special Issue of the 1st Iran Lighting Design Conference Selected Articles, 2012, page 109-121.

- Peel, M, Finlayson, B (2007). Hydrology and Earth System Sciences, 11 pp.
- Reinhart, CF, Weissman, D (2012). The Daylit Area-Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics, Building and Environment, Volume 50, pp 155-164.
- Semenov Mikhail A, Brooks Roger J (1999). Spatial interpolation of the LARSWG stochastic weather generator in Great Britain, Climate Research, Volume 11, Issue 2, pp137-148.
- Semenov, Mikhai A, Barrow, Elaine M (2002). LARS-WG A Stochastic weather Generator for Use in Climate Impact Studies, User manual.
- Solar Maximum Mission: Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor I(ACRIM I)1980-1989
- Tregenza, Peter, Wilson Michael (2011). Daylighting: Architecture and Lighting Design, Routledge, Abingdon.
- Veitch Jennifer A, Galasiu, Anca D (2012). The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home: Review and Research Agenda. National Research Council Canada, pp 2-28.

