

# تحلیل الگوهای فضایی استقرارگاههای باستانی دشت میانب شوشتر با کاربرد سنجش از دور و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

جلال کریمی<sup>۱</sup>، منوچهر فرج زاده اصل<sup>۲\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس

پذیرش: ۸۲/۷/۲۰

دریافت: ۸۲/۲/۱۵

## چکیده

شناسایی و تهیه نقشه مکانهای باستانی به طور عمده با روش سنتی انجام می‌شود که به هزینه و زمان زیادی نیاز دارد. بنابراین استفاده از تکنولوژیهای جدید مانند سنجش از دور (RS) و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (ساج) برای این منظور در مناطق مختلف جهان بررسی شده و استفاده از آن نیز مفید شناخته شده است. در ایران با وجود داشتن تاریخ کهن و مکانهای باستانی فراوان تا زمان حاضر کار چندانی در این زمینه انجام نشده است. این تحقیق فقط روی ۱۲۵ مکان باستانی واقع در منطقه میانب شوشتر (در جنوب غربی ایران) انجام شده است. در این راستا قابلیت‌های تصاویر ماهواره‌ای SPOT، IRS، TM و ETM برای شناسایی و تهیه نقشه مکانهای باستانی بررسی شده و روش ترکیب داده‌ها و ساخت مدل سه بعدی کوچک مقیاس در منطقه به کار رفته است. با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کننده، رابطه بین موقعیت مکانهای باستانی با عوامل محیطی نیز بررسی شده است. ارزیابی نتایج نشان می‌دهد که حدود ۹۰ درصد از مکانهای باستانی، تنها در ۲۷ درصد از مساحت منطقه مطالعه شده (که در مدل پیش‌بینی کننده وزنی به عنوان مناطق با قابلیت باستان‌شناسی بالا شناسایی شده بودند) قرار دارند. حدود ۸۵ درصد از مکانهای باستانی به وسیله مدل پیش‌بینی کننده مبتنی بر روش همبستگی منطقی در مناطقی با حساسیت باستان‌شناسی بالا پیش‌بینی شده‌اند.

**کلید واژه‌ها:** مکانهای باستانی، سنجش از دور، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، مدل‌های پیش‌بینی کننده، دشت میانب شوشتر.



## ۱- مقدمه

سنجش از دور باستان‌شناسی، سعی در شناسایی آثار و الگوهای به جای مانده از فعالیتهای انسان بر روی زمین دارد. انواع پیشرفته سنجنده‌های چند طیفی قادر به شناسایی آثار و بقایای باستانی هستند. اکتشافات باستان‌شناسی و آثار چاپ شده اریک اشمیت<sup>۱</sup> (که با پرواز روی شهرهای قدیمی ایران از آنها عکسبرداری می‌کرد)، اولین پروژه تکنیکی در این مورد بود [۱، ص ۲۵]. باستان‌شناسان در زمینه فعالیت خود عموماً با مقادیر گسترده‌ای از داده‌های جغرافیایی سروکار دارند. داده‌های جغرافیایی در مقیاسهای گوناگون از موقعیت دقیق یک شیء باستانی در محل حفاری شده تا موقعیت نسبی مکانهای باستانی روی سطح زمین را شامل می‌شوند. استفاده از ساج برای ذخیره، نمایش، تجزیه و تحلیل، تهیه نقشه‌های دقیق و به موقع، درک روابط فضایی انسان و محیط زندگی اطراف آن در باستان‌شناسی جدید کاملاً مرسوم شده است. اکثر ساجهای باستان‌شناسی یا برای تحقیقات و یا برای اهداف مدیریت منابع فرهنگی یا بندرت برای هر دو آنها طراحی می‌شوند [۲]. ساج و فناوری فضایی در باستان‌شناسی موجب دگرگون شدن نگرشها و پیشرفت تحلیلهای باستان‌شناسی شده است. متأسفانه در ایران تا به حال در مورد کاربرد عملی این سیستمهای جدید در باستان‌شناسی کار چندانی صورت نگرفته است و جایگاه آن ناشناخته باقی مانده است؛ بنابراین در این تحقیق تلاش شده است تا از این فناوریهای جدید برای شناسایی، تجزیه و تحلیل داده‌های باستان‌شناسی مکانهای باستانی دشت میاناب شوشتر استفاده شود.

## ۲- سابقه تحقیق

می‌توان گفت که تحقیقات متعددی در دنیا در مورد کاربرد سنجش از دور و ساج انجام شده است [۲، صص ۲۸۷-۲۹۹]. به طور مثال یک تحقیق علمی با عنوان « بررسی و آزمایش مدلی برای پیدا کردن مکانهای باستانی با استفاده از ساج در هلند » انجام شد. محققان در این تحقیق توانستند با وزن دهی به متغیرهای محیط طبیعی از قبیل جنس خاک و فاصله از رودخانه‌های اصلی، مناطق را با احتمال بالا از نظر داشتن مکانهای باستانی شناسایی کنند و با شکل عملی به ارزشمند بودن نتایج به دست آمده پی ببرند. کلارک و همکاران نیز<sup>۲</sup>

1. Erich Schmidt's  
2. C. D. Clark

تحقیقی را با عنوان « باستان‌شناسی چشم انداز و سنجش از دور در ماداگاسکار جنوبی» در سال ۱۹۹۲ انجام دادند [۴، صص ۱۴۶۱-۱۴۷۷]. آنها با استفاده از تصاویر مختلف ماهواره‌های TM، SPOT و ERS-1 توانستند جنگلهای قدیمی، بازکاشت شده و مکانهای باستانی مرتبط با این جنگلها را شناسایی کنند.

دهانت<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۱۹۹۲م. در ایالت نیویورک آمریکا تحقیقی را با عنوان « توسعه تحلیل‌های حوزه مکانهای باستانی با استفاده از ساج و به کمک روشهای تحلیلی که در هیدرولوژی استفاده شد، بررسی کردند؛ آنها همچنین سکونتگاههای باستانی و مکان‌گزینی را مطالعه کردند [۵، صص ۲۶۳-۲۷۹]. مدلهای حساسیت باستان‌شناسی به طور عمده بر دو نوع است:

۱- مدلهای مبتنی بر پارامترهای فیزیکی و محیطی؛

۲- مدلهای مبتنی بر پارامترهای تاریخی - باستان‌شناسی.

در مدلهای اخیر سعی می‌شود تا سکونتگاهها و مکانهای باستانی در هر دوره زمانی بازسازی شوند. تحقیقات متعددی در ایالات متحده آمریکا با استفاده از مدلهای مبتنی بر پارامترهای محیط طبیعی انجام شده است.

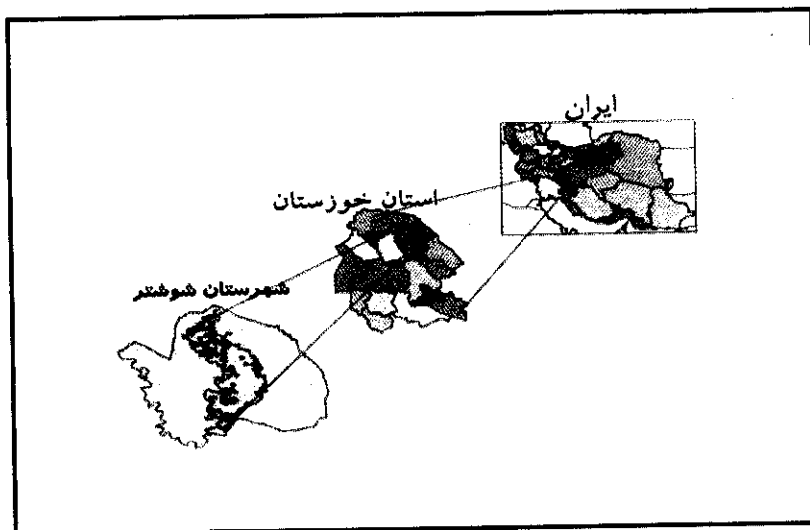
در کل با استفاده از سنجش از دور، در شناسایی اولیه و تهیه نقشه‌های دقیق از مکانهای باستانی سعی فراوانی شده است؛ ولی سیستمهای اطلاعات جغرافیایی برای تحلیل‌های مختلف فضایی استفاده می‌شوند و ساخت مدلهای پیش‌بینی کننده توجه بیشتری را به خود جلب کرده است.

### ۳- مواد و روشهای تحقیق

این تحقیق در منطقه میاناب شوشتر واقع در استان خوزستان ( جنوب غربی ایران ) انجام شد. این منطقه به صورت جزیره‌ای در بین دو رودخانه کارون و گرگر قرار گرفته است ( شکل ۱). ۱۲۵ مکان باستانی با قدمتی بیشتر از ۶۰۰۰ سال (که به وسیله بررسیهای زمینی در آنجا شناسایی شده بودند) در این تحقیق استفاده شدند [ ۶ ].

تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها و سایر داده‌های استفاده شده در این تحقیق در جدولهای ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.

1. Eleazer Dehunt



شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعه شده

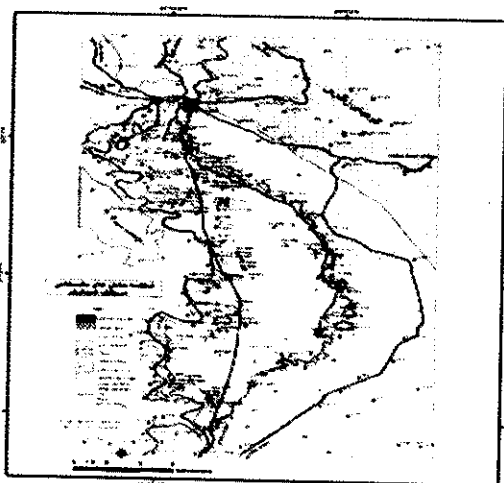
جدول ۱ مشخصات تصاویر ماهواره‌ای که در این تحقیق از آنها استفاده شده است.

نام ماهواره	نام سنجنده	تعداد باند	اندازه پیکسل (متر)	تاریخ برداشت
Landsat	TM	۷	۲۸/۵	۱۹۹۸ م.
SPOT	XS	۱	۲۰	۱۹۹۲ م.
Landsat	ETM+	۹	۱۵-۲۸/۵-۶۰	۲۰۰۰ م.
IRS	Pan	۱	۵/۸	۲۰۰۰ م.

جدول ۲ مشخصات نقشه‌ها و سایر داده‌هایی که در این تحقیق از آنها استفاده شده است

نوع داده	مقیاس	سال تهیه
عکس هوایی	۱:۲۰۰۰۰ متوسط	۱۳۴۴ هـ. ش.
تصویر هوایی <sup>۱</sup>	اندازه پیکسل ۲ متری	۱۳۴۵ هـ. ش.
نقشه زمین‌شناسی	۱:۱۰۰۰۰۰	۱۳۶۲ هـ. ش.
نقشه توپوگرافی	۱:۲۵۰۰۰	۱۳۷۱ هـ. ش.

پس از تصحیحات هندسی و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین مختصات‌سازی تمام داده‌ها براساس نقشه‌های توپوگرافی (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) برای استفاده بهتر از اطلاعات طیفی و مکانی از تکنیک ترکیب تصاویر (ETM + IRS) همراه با روش HIS بهره‌گیری شد. به وسیله این تصویر ترکیبی، مکانهای باستانی شناسایی شدند و نقشه دقیق آنها نیز تهیه شد (شکل ۲). با استفاده از الگوریتم موجود در نرم افزار Geomatica، مدل سه بعدی ارتفاع منطقه (DEM) تهیه شد؛ سپس با همپوشانی تصویر ترکیبی تهیه شده روی این مدل سه بعدی، یک مدل سه بعدی کوچک مقیاس واقعی از منطقه ایجاد شد. با استفاده از این مدل مسیر آبراه‌های قدیمی و کانالهای آبرسانی باستانی، شناسایی شدند (شکل ۳).



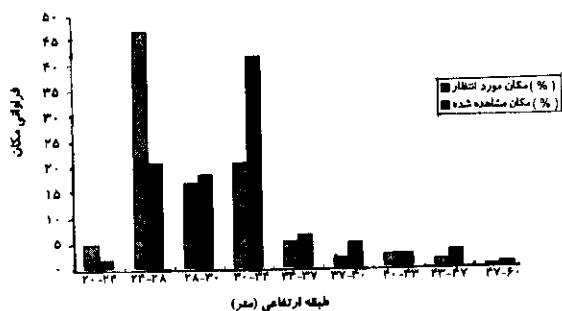
شکل ۲ مکانهای باستانی منطقه میاناب شوشتر



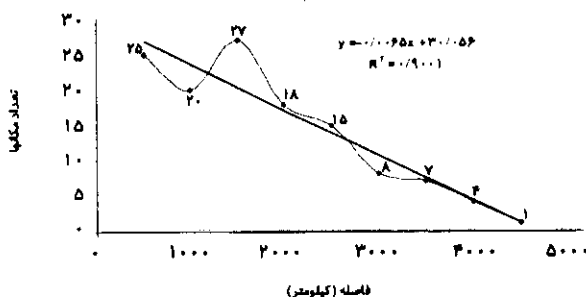
شکل ۳ مدل سه بعدی منطقه که تصویر ترکیبی (ETM + IRS) روی آن همپوشانی شده است



برای درک رابطه موقعیت مکانهای باستانی با عوامل محیطی و ساخت مدل پیش‌بینی‌کننده در ساج، ابتدا هر کدام از عوامل بررسی شد؛ سپس مدل‌های مختلف پیش‌بینی‌کننده آزمایش شدند. با آزمونهای آماری، رابطه متغیرهای مستقل ارتفاع از سطح دریا، فاصله از رودخانه‌های اصلی، نوع پوشش سرزمین و فاصله از مزارع کشاورزی با موقعیت مکانهای باستانی (متغیر وابسته) بررسی شد (نمودارهای ۲ و ۱). همانطور که نمودارها نشان می‌دهند با افزایش ارتفاع، تعداد مکانهای باستانی بیشتر می‌شود و با دور شدن از رودخانه‌ها (و مزارع)، تعداد مکانهای باستانی با یک روند نسبتاً منظم کاهش پیدا می‌کند. آزمون Chi-Square نشان داد که مکانهای باستانی با ارتفاع از سطح دریا بیشترین رابطه معنادار و با نوع پوشش سرزمین، کمترین رابطه معنادار را نشان می‌دهند.



نمودار ۱ مقایسه تعداد مکانهای باستانی مشاهده شده با تعداد مورد انتظار در طبقات ارتفاعی



نمودار ۲ روند کاهش تعداد مکانهای باستانی با افزایش فاصله از رودخانه‌های اصلی

## ۴- نتایج

## ۴-۱- توزیع ارتفاعی مکانهای باستانی

از موارد مهمی که در بررسی مکانهای باستانی دارای اهمیت است، توزیع آنها در سطوح ارتفاعی مختلف می‌باشد. نتایج حاصل از این بررسی‌ها می‌تواند در شناخت مکانهای باستانی جدید و همچنین نحوه استقرار مکانها در گذشته اطلاعات ارزشمندی را در اختیار محققان باستان‌شناس قرار دهد. در مطالعه حاضر پس از ساخت مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه، نقشه طبقات ارتفاعی منطقه در ۹ طبقه تهیه شد و مساحت هر طبقه از طریق توابع سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد. با روی هم قرار دادن نقشه توزیع مکانهای باستانی با نقشه سطوح ارتفاعی، فراوانی مکانهای باستانی در هر یک از سطوح ارتفاعی به دست آمد. و تراکم آنها محاسبه شد (جدول ۳). با توجه به هسیتوگرام، فراوانی تراکما مشخص شد که می‌توان گفت با افزایش ارتفاع، تعداد مکانهای باستانی افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۳ تعداد مکانهای باستانی در طبقات ارتفاعی و مقادیر مورد انتظار

وزن	$(O-E)^2/E$	مکانهای مورد انتظار	مکانهای مشاهده شده	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقه ارتفاعی (متر)
-۰/۳۴	۲/۵۵	۴/۶۹	۱/۶۰	۲۰/۶۰	۲۰-۲۴
-۰/۴۴	۱۸/۰۶	۴۶/۸۱	۲۰/۸۰	۲۰۵/۴۷	۲۴-۲۸
۱/۰۹	۰/۱۹	۱۶/۸۱	۱۸/۴۰	۷۳/۸۱	۲۸-۳۰
۲/۰۱	۲۶/۴۸	۲۰/۶۷	۴۱/۶۰	۹۰/۷۵	۳۰-۳۴
۱/۲۷	۰/۴۵	۵/۰۶	۶/۴۰	۲۲/۱۹	۳۴-۳۷
۲/۷۶	۶/۷۲	۱/۷۴	۴/۸۰	۷/۶۴	۳۷-۴۰
۱/۰۰	۰/۰۰	۲/۴۰	۲/۴۰	۱۰/۵۵	۴۰-۴۳
۲/۱۷	۲/۵۳	۱/۴۷	۳/۲۰	۶/۴۷	۴۳-۴۷
۲/۵۲	۰/۹۲	۰/۳۲	۳/۸۰	۱/۳۹	۴۷-۵۸
۱۲/۰۴	۵۷/۸۹	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۴۲۸/۸۹	مجموع

برای مشخص شدن میزان تصادفی بودن توزیع مکانهای باستانی در طبقات ارتفاعی، آزمون کاسکور<sup>۱</sup> انجام شد. در این آزمون تعداد مکانهای باستانی در صورت توزیع

1. Chi - Squared



تصادفی در منطقه با تعداد مکانهای باستانی واقعی که در منطقه مشاهده شده بود، مقایسه شد (شکل ۶). بنابراین براساس مقادیر  $(O - E)^2 / E$  محاسبه شده برای طبقات مختلف، وزن متناسب داده شد. در مرحله بعدی، تمام طبقات ارتفاعی به سه طبقه تقسیم شدند:

۱- کمتر از تعداد مورد انتظار؛

۲- بیش از تعداد مورد انتظار؛

۳- برابر با تعداد مورد انتظار.

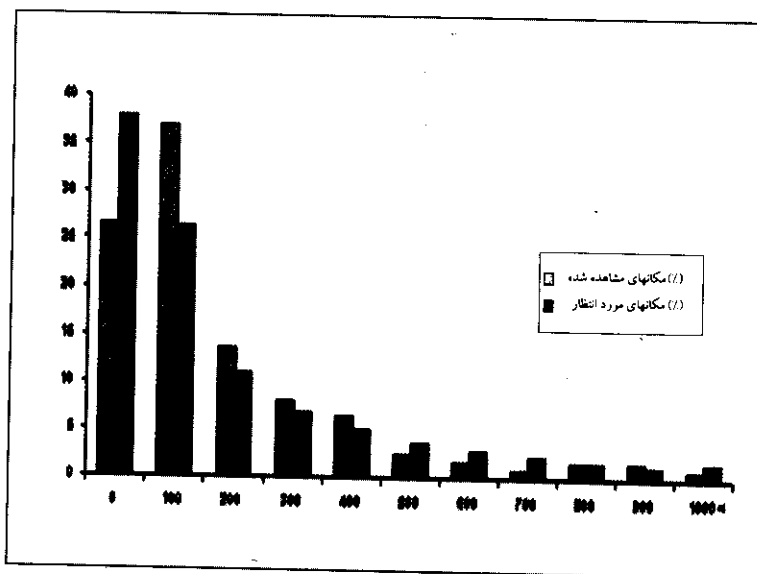
نسبت مکانهای باستانی مشاهده شده بر تعداد مورد انتظار محاسبه شد. در این محاسبه در صورت کمتر بودن تعداد مشاهده شده نسبت به تعداد مورد انتظار، وزن منفی و بالعکس وزن مثبت به طبقات داده شد. همانطور که از جدول ۳ مشخص می‌شود، در طبقه ارتفاعی (۳۰-۲۴) متر حدوداً دو برابر تعداد مکانهای مورد انتظار، تعداد مشاهده شده وجود دارد. به غیر از دو طبقه (۲۰-۲۴) و (۲۴-۲۸) که فراوانی مورد انتظار بیشتری از میزان مشاهده شده دارند، بقیه دارای فراوانی مشاهده شده بیشتری نسبت به مورد انتظار هستند که این نشانه‌دهنده وجود روندی در داده‌ها است.

#### ۲-۴- بررسی موقعیت مکانهای باستانی در فواصل مختلف از رودخانه‌های اصلی

برای این منظور فاصله‌های ۵۰۰ متری از رودخانه به وسیله GIS حریم‌گذاری شد؛ سپس مساحت ناحیه تحت پوشش این فواصل به دست آمد. پس از آن، تعداد مکانهای باستانی در هر فاصله شمارش شد که با توجه به هیستوگرام، فراوانی این مکانها در فواصل مختلف از رودخانه مشاهده می‌شود، در نتیجه بیش از ۸۲ درصد از مکانها در فاصله ۲۵۰۰ متری از رودخانه‌ها قرار دارند و با افزایش فاصله از رودخانه‌ها تراکم مکانهای باستانی کاهش پیدا می‌کند (شکل ۴).

با آزمایش کاسکور مشخص شد، بیشترین تعداد مکانهای باستانی در فاصله (۱۰۰۰-۱۵۰۰ متری) وجود دارند و این ممکن است به خاطر عوامل مختلفی: از قبیل در امان ماندن از سیلابهای فصلی، جنس خاک مساعدتر و یا تخریب مکانهای باستانی موجود در این فاصله بر اثر فرسایش رودخانه‌ای باشد. شایان ذکر است که تا فاصله ۲۵۰۰ متری، تعداد مکانهای مشاهده شده، بیشتر از مورد انتظار است؛ اما این روند بعد از این فاصله معکوس می‌شود (جدول ۴).





شکل ۴ مقایسه تعداد مکانهای باستانی مشاهده شده با تعداد مورد انتظار در فواصل مختلف از مزارع کشاورزی

جدول ۲ تعداد مکانهای باستانی در فواصل مختلف از رودخانه‌های اصلی و مقادیر مورد انتظار

فاصله حریم (متر)	مساحت (کیلومتر مربع)	مکانهای مشاهده شده	مکانهای مورد انتظار	$(O-E)/E$	وزن
۰-۵۰۰	۸۵/۵۵۷۲	۲۰/۰۰	۱۹/۴۹	-۰/۰۲	۱/۰۳
۱۰۰۰	۶۶/۲۰۹۴	۱۶/۰۰	۱۵/۰۹	-۰/۰۷	۱/۰۶
۱۵۰۰	۵۵/۹۲۲۷	۲۱/۶۰	۱۲/۷۴	۷/۷۰	۱/۷۰
۲۰۰۰	۴۷/۷۷۰۹	۱۴/۴۰	۱۰/۸۸	۱/۴۲	۱/۳۲
۲۵۰۰	۴۳/۳۱۸۲	۱۲/۰۰	۹/۸۷	-۰/۵۷	۱/۳۲
۳۰۰۰	۴۰/۳۱۱۱	۶/۴۰	۹/۱۸	۱/۰۶	-۰/۷۰
۳۵۰۰	۳۵/۲۲۹۲	۵/۶۰	۸/۰۳	-۰/۹۲	-۰/۷۰
۴۰۰۰	۳۸/۱۲۸۴	۳/۲۰	۶/۴۱	۲/۰۱	-۰/۵۰
۴۵۰۰	۲۰/۷۱۱۰	۰/۸۰	۴/۷۲	۴/۰۷	-۰/۱۷
>۵۰۰۰	۱۵/۷۲۸۶	۰/۰۰	۳/۵۸	۴/۳۸	-۰/۰۰
مجموع	۴۳۸/۸۸۶۶	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۲۲/۳۱	۴/۲۶



### ۳-۳- بررسی تعداد مکانهای باستانی در واحدهای مختلف پوشش سرزمین

با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی<sup>۱</sup> در نرم افزار IDRISI نقشه پوشش سرزمین منطقه در شش طبقه به دست آمد و مساحت هر طبقه محاسبه شد. پس از آن تعداد مکانهای باستانی در هر طبقه محاسبه شدند (جدول ۵). با بررسی نتایج مشخص شد که بیشترین تعداد مکانهای باستانی در طبقات زمینهای تپه‌ای و علفزار (مرتج) قرار دارند و نسبت مشاهده شده آنها بیش از تعداد مورد انتظار است؛ ولی در سایر طبقات پوششی، تعداد مورد انتظار بیش از مشاهده شده است. وزنها نیز بر همین اساس به طبقات اختصاص یافت.

جدول ۵ تعداد مکانهای باستانی در فواصل مختلف از مزارع کشاورزی و مقادیر مورد انتظار

فاصله (متر)	مساحت (کیلومتر مربع)	مکانهای مشاهده شده	مکانهای مورد انتظار	(O-E)/E	وزن
۰	۱۶۶/۹۹	۲۶/۴۰	۲۷/۸۲	۲/۴۶	-۰/۷۰
۱۰۰	۱۱۶/۱۸	۳۶/۸۰	۲۶/۳۲	۴/۱۷	۱/۴۰
۲۰۰	۴۸/۵۹	۱۳/۶۰	۱۱/۰۱	-۰/۶۱	۱/۲۴
۳۰۰	۳۰/۲۴	۸/۰۰	۶/۸۵	-۰/۱۹	۱/۱۷
۴۰۰	۲۱/۹۰	۶/۴۰	۴/۹۶	-۰/۴۲	-۱/۲۹
۵۰۰	۱۶/۳۳	۲/۴۰	۳/۷۰	-۰/۴۶	-۰/۶۵
۶۰۰	۱۲/۱۹	۱/۶۰	۲/۷۶	-۰/۴۹	-۰/۵۸
۷۰۰	۹/۱۹	-۰/۸۰	۲/۰۸	-۰/۷۹	-۰/۳۸
۸۰۰	۷/۰۸	۱/۶۰	۱/۶۰	-۰/۰۰	۱/۰۰
۹۰۰	۵/۲۵	۱/۶۰	۱/۱۹	-۰/۱۴	-۱/۳۵
۱۰۰۰ <	۷/۴۵	-۰/۸۰	۱/۶۹	-۰/۴۷	-۰/۴۷
مجموع	۴۴۱/۳۹	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۱/۱۹	-۰/۶۲

### ۳-۴- بررسی موقعیت مکانهای باستانی در فاصله‌های مختلف از مزارع کشاورزی

نقشه مزارع کشاورزی که با استفاده از طبقه‌بندی تصویر TM تهیه شده بود با فواصل ۱۰۰ متری حاشیه زده شد و تعداد مکانهای باستانی در هر فاصله به دست آمد. نتیجه اینکه حدود ۴۰ درصد از مکانهای باستانی در فاصله ۱۰۰ متری از مزارع کشاورزی قرار داشتند و ۲۴ درصد از آنها در داخل مزارع واقع شده بودند. در فواصل دیگر، تعداد کاهش یافت و در

1. clustering

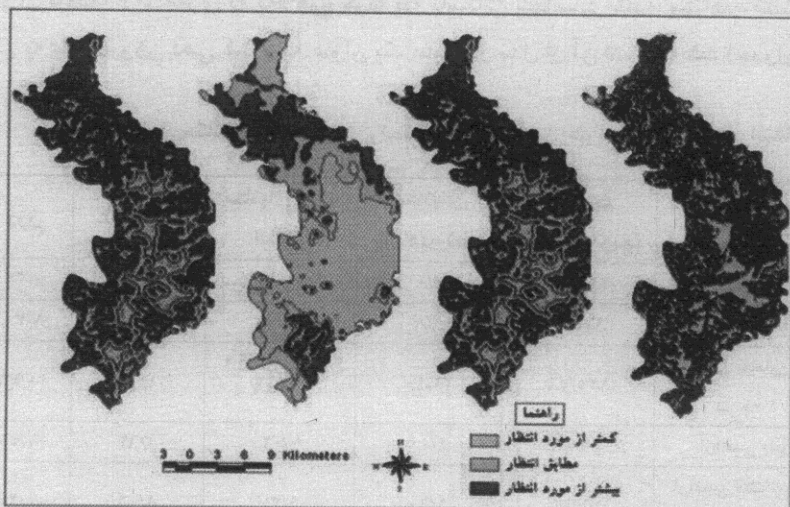
نهایت از فاصله ۶۰۰ متری به بعد هیچ گونه تپه باستانی شناسایی شده، مشاهده نشد. بر این اساس به طبقات وزن دهی شد و به عنوان یک عامل در مدل از آن استفاده شد (جدول ۶).

جدول ۶ تعداد مکانهای باستانی در واحدهای پوشش سرزمین و مقادیر مورد انتظار

وزن	$(O-E)/E$	مکانهای مورد انتظار	مکانهای مشاهده شده	مساحت (کیلومترمربع)	پوشش زمین
۱/۳۸	۵/۱۶	۲۹/۰۵	۴۰/۰۰	۱۲۸/۳۰	تپه
۱/۳۰	۲/۵۶	۲۲/۰۸	۲۸/۸۰	۹۷/۵۰	مرتع
--/۷۹	۱/۶۰	۲۸/۴۲	۲۲/۴۰	۱۲۵/۵۶	اراضی کشاورزی درجه ۱
--/۵۷	۱/۶۳	۷/۰۳	۴/۰۰	۳۱/۰۶	اراضی بایر
--/۱۷	۸/۰۶	۹/۲۷	۱/۶۰	۴۱/۴۰	اراضی کشاورزی درجه ۲
--/۷۹	۰/۲۲	۴/۰۴	۳/۲۰	۱۷/۸۴	سطوح آبی
۰/۳۶	۱۹/۲۳	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۴۴۱/۶۵	مجموع

#### ۴-۵- مدلسازی استقرارگاههای باستانی

برای این موضوع پس از ارزیابی چهار عامل محیطی ذکر شده و در نظر گرفتن نسبت تعداد مکانهای مورد انتظار به مشاهده شده، به عنوان وزن مناسب برای هر عامل مدلسازی انجام گرفت؛ سپس نقشه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی مجدد متغیرهای مستقل و برحسب تعداد مکانهای باستانی مشاهده شده در سه طبقه کمتر از انتظار، مطابق انتظار و بیشتر از انتظار، با هم ترکیب شدند، آنگاه پس از ترکیب نقشه‌ای که قابلیت استقرار مکانهای باستانی را نشان می‌داد (با توجه به چهار متغیری که در مدل از آن استفاده شده بود) به دست آمد (شکل ۵). با استفاده از روش رگرسیون منطقی، متغیرهای مستقل با طبقه‌بندی اولیه به مدل معرفی شده؛ همراه با نقشه مکانهای باستانی که به صورت احتمالی بین صفر و یک درآمده بود، محاسبات انجام شد. نتایج حاصل از رگرسیون خطی نشان می‌دهد که در سطح ۰/۹۵ با مربع ضریب همبستگی ۰/۷۵ معنادار است و از این رو می‌تواند به عنوان یک مدل آماری معتبر استفاده شود. در انتها نقشه‌ای که قابلیت باستان‌شناسی منطقه را به صورت احتمالاتی بین صفر و یک نشان می‌داد، نیز به دست آمد.



شکل ۵ نقشه متغیرهای استفاده شده در مدل که بر اساس تعداد مکانهای باستانی مشاهده شده به سه طبقه: الف - کمتر از انتظار؛ ب - مطابق انتظار؛ ج - بیش از انتظار تبدیل شده‌اند. نقشه‌ها از سمت راست عبارتند از: ۱ - پوشش سرزمین؛ ۲ - فاصله از رودخانه‌های اصلی؛ ۳ - طبقات ارتفاعی؛ ۴ - فاصله از مزارع کشاورزی.

## ۵- نتیجه‌گیری

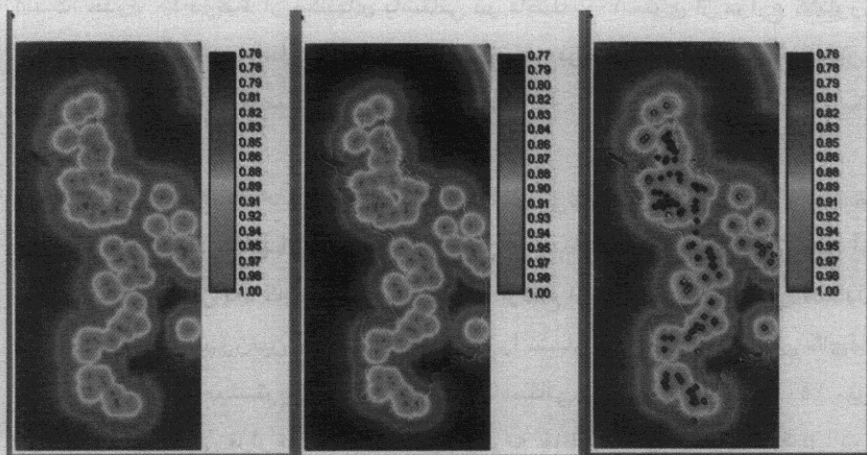
همانطور که از جدول ۳ مشخص می‌شود، در طبقه ارتفاعی (۲۰-۳۴) متر حدوداً دو برابر تعداد مکانهای مورد انتظار، تعداد مشاهده شده وجود دارد. به غیر از دو طبقه (۲۰-۲۴) و (۲۴-۲۸) که فراوانی مورد انتظار بیشتری از مشاهده شده دارند، بقیه دارای فراوانی مشاهده شده بیشتری نسبت به مورد انتظار هستند و این نشان‌دهنده وجود روندی در داده‌ها است. با توجه به هیستوگرام، فراوانی مکانها در فواصل مختلف از رودخانه، مشاهده می‌شود که بیش از ۸۲ درصد از مکانها در فاصله ۲۵۰۰ متری از رودخانه‌ها قرار دارند. شایان ذکر است که تراکم مکانهای باستانی با افزایش فاصله از رودخانه‌ها کاهش پیدا می‌کند (نمودار ۱). تا فاصله ۲۵۰۰ متری، تعداد مکانهای مشاهده شده بیشتر از مورد انتظار است؛ اما در فاصله بیشتر از آن، این روند معکوس می‌شود (جدول ۴). بیشترین تعداد مکانهای باستانی در طبقات زمینهای تپه‌ای و علفزار (مرتع) قرار دارند و نسبت مشاهده شده آنها بیش از تعداد مورد انتظار است ولی در سایر طبقات پوششی، تعداد مورد انتظار بیش از مشاهده شده

است. حدود ۴۰ درصد از مکانهای باستانی در فاصله ۱۰۰ متری از مزارع کشاورزی و ۲۴ درصد از آنها در داخل مزارع قرار گرفته‌اند. در فواصل دیگر، این تعداد کاهش یافته است و در نهایت از فاصله ۶۰۰ متری به بعد، تپه باستانی شناسایی شده‌ای مشاهده نشده است.

با افزایش ارتفاع، تعداد مکانهای باستانی بیشتر می‌شود و با دور شدن از رودخانه‌ها (و مزارع) تعداد مکانهای باستانی با یک روند نسبتاً منظم کاهش پیدا می‌کنند. آزمون Chi-Square نشان داد که مکانهای باستانی با ارتفاع از سطح دریا بیشترین معناداری و با نوع پوشش سرزمین کمترین معناداری را نشان می‌دهند. با آزمایش کای اسکور مشخص شد که بیشترین تعداد مکانهای باستانی در فاصله ۱۰۰۰-۱۵۰۰ متری از رودخانه‌های اصلی قرار دارند. این ممکن است به خاطر عوامل مختلفی از قبیل: در امان ماندن از سیلابهای فصلی، جنس خاک مساعدتر و یا تخریب مکانهای باستانی موجود در این فاصله بر اثر فرسایش رودخانه‌ای باشد.

ارزیابی از نتایج به دست آمده، نشان داده است که استفاده از ترکیب داده‌ها و مدلسازی سه بعدی برای شناسایی و تهیه نقشه مکانهای باستانی بسیار مفید و مؤثر است. با استفاده از فناوری سنجش از دور و ساج می‌توان مکانهای باستانی را شناسایی کرده؛ نقشه دقیق آنها را تهیه کرد.

با ساخت مدل سه بعدی می‌توان علاوه بر آشنایی با چهره واقعی منطقه مطالعه شده، اطلاعات زیادی هم در مورد شیب، طبقات ارتفاعی و جهتهای شیب به دست آورد. نتایج مدل‌های پیش‌بینی‌کننده نشان داده است که حدود ۹۰ درصد از مکانهای باستانی تنها در ۲۷ درصد از مساحت منطقه مطالعه شده (که در مدل پیش‌بینی‌کننده وزنی به عنوان مناطق با قابلیت باستان‌شناسی بالا شناسایی شده بودند) قرار گرفته‌اند. حدود ۸۵ درصد از مکانهای باستانی نیز به وسیله مدل پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر روش همبستگی منطقی در مناطقی با حساسیت باستان‌شناسی بالا پیش‌بینی شدند (شکل ۶).



از سمت چپ عبارتند از: ۱- نقشه به دست آمده از مدل که حساسیت باستان‌شناسی منطقه را در درجه‌های بین صفر تا یک نشان می‌دهد؛ ۲- تبدیل این نقشه در درجه‌های صفر تا ۲۰۰؛ ۳- همپوشانی مکانهای باستانی روی نقشه نهایی و ارزیابی دقت نقشه.

## ۶- منابع

- [۱] اشمیت، اریک ف؛ پرواز بر فراز شهرهای باستانی ایران؛ ترجمه آرمان شیشه‌گر؛ تهران: چ ۱، انتشارات سازمان میراث فرهنگی، ۱۳۷۶.
- [2] Wheatley David & Gillings Mark; Spatial technology and archaeology; London and New York: Taylor & Francis Publisher, 2002.
- [3] Brandt, R., Groenewoudt, B.J. & Kvamme, k.l.; "An experiment in archaeological site location"; *World Archaeology*, London: Vol.24, No.2, 1992.
- [4] Clark, C.D. Garrod, S. M. & M. Parker Pearson; "Landscape archaeology and remote sensing in southern madagascar"; *Inter. Journal. of Archeology*, Vol.19, No.8, 1998.
- [5] Hunt Eleazer, D; "Upgrading site-catchments analyses with use of GIS"; *World Archaeology*, Vol.24, No. 2.
- [6] Moghaddam Abbas & Miri Negin; "Archaeological research in the Mianab plain of lowland Susiana, south-western Iran"; Tehran: 2003.