کاربرد توابع وزن – شاهد در مدلسازی ارتباط میان متغیرهای محیطی و الگوی پراکنش محوطه‌های باستانی

مطالعه موردی: شهرستان‌های بروجن و لردگان استان چهارمحال و بختیاری

فخر الدین شیخی [۱] ذبیح الله مسعودی نیا [۲]
مهدی غلامعلی فرد [۳] محسن میرزایی [٤]
رسـول موسوی بیدلی [٥]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۱/۲٦ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۹/۲۸

****

چکیده

اطلاعات در زمینه باستان شناسی و پراکنش نقاط باستانی به جهت امکان تجزیه و تحلیل جوامع گذشته و آثار برجای مانده از آنها، از اهمیت خاصی برخوردار است. اما متأسفانه اطلاعات ما در مورد محوطه‌های باستانی و الگوی پراکنش آنها اغلب با نقص و عدم قطعیت همراه است.در مطالعه حاضر از تکنیک‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت دریافت ارتباط میان متغیرهای محیطی (شامل: فاصله از چشمه‌ها، فاصله از رودخانه‌های دائمی، فاصله از قنات‌ها و چاه‌های آب، فاصله از جاده‌های مالرو و فاصله از قبرستان‌ها) که بر الگوی پراکنش جمعیت بشر در اعصار مختلف تعیین کننده و تأثیرگذار بوده‌اند،استفاده شده است. در میان تکنیک‌های آماری، توابع وزن–شاهد قادرند از دانسته‌ها و نادانسته‌های کاربر در مورد وقوع یک پدیده (مکان و محوطه‌های باستانی) استفاده نماید و با پردازش فرضیات از روی دانسته‌ها و محدود کردن فرضیه‌ها در مواردی که دانش دقیق وجود ندارد و در نهایت ترکیب وزنی ورودی‌ها، نقص اطلاعات را در نتایج نهایی نمایش دهد. برای ارزیابی صحت مدلسازی از آماره ROC استفاده شده است و نتایج تحقیق نشاندهنده توانایی بالای این مدل در پیش بینی پهنه‌های مساعد مکان‌ها و محوطه‌های باستانی شناخته نشده در شهرستان‌های بروجن و لردگان استان چهارمحال و بختیاری بوده است (ROC =۰/۸۹). این رویکرد بعنوان راهکاری مناسب جهت تصمیم‌گیری و مدیریت در زمینه پژوهش‌های باستان‌شناسی است و از نتایج این تحقیق می‌توان جهت مدیریت و برنامه‌ریزی بررسی‌ها و کاوش‌های باستان شناسی، اولویت بندی پهنه‌های مستعد موجود از لحاظ اهمیت باستانی و در نهایت صرفه جویی در هزینه‌های زمانی و اقتصادی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: توابع وزن شاهد، تئوری دمپستر شیفر، مدلسازی باستان شناسی، بروجن و لردگان

****

۱- دانشجوی دکتری باستان شناسی دانشگاه هنر اصفهان fardin26@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری باستان شناسی دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول) masoudinia.zabih@gmail.com
۳- استادیار گروه محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس gholamalifard@gmail.com
٤- دانشجوی دکتری محیط زیست ملایر mohsenmirzayi@yahoo.com
٥- دانش آموخته کارشناسی ارشد باستان شناسی دانشگاه تربیت مدرس rmosavi16@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

استقرار انسان در اعصار فرهنگی باستان شناسی همواره تحت تأثیر شرایط حاکم بر محیط اطراف بوده و این وابستگی با پیشرفت تکنولوژی و توانایی انسان رابطه عکس داشته است(*O'Connell, 1987*) . بر این اساس مدل‌های پیش بینی کننده باستان شناسی[1] ابتدا در سال ۱۹۵۳ Gordon Willey ابداع گردید (*Ducke, 2003*)، هدف این مدل‌ها درک ارتباط میان متغیرهای محیطی و تأثیر آنها بر الگوهای پراکنش این اماکن بوده است (*Warren and Asch, 2000؛ Verhagen and Whitley 2012*). مدل‌های پیش‌بینی مکان‌های باستان شناسی به عنوان رویه‌ای مناسب جهت هدفمند نمودن مطالعات و دریافت الگوهای حاکم بر پراکنش این مکان‌ها در اعصار مختلف، مطرح هستند (*Nardini and Salvadori, 2003*).

با پیشرفت تکنولوژی و گسترش ابزارهای مکانی این مدل‌ها نیز دچار تحولات چشم‌گیری شده‌اند. در این راستا سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] به دلیل دارا بودن قابلیت‌هایی جهت ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل متغیرهای مکانی و نیز ایجاد ارتباط بین اطلاعات باستان شناسی و پردازش‌های آماری پیشرفته می‌توانند بعنوان ابزاری کارآمد در این گونه مدلسازی‌ها مطرح گردند(*Olukole, 2007 ؛Neubauer, 2004*) .

مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است، در مطالعه‌ای Custer و همکاران (۱۹۸٦) از تصاویر ماهواره لندست جهت تولید نقشه‌های موضوعی و استخراج متغیرهای محیطی اثر گذار بر پراکنش مکان‌های باستانی شناخته شده جهت پیش بینی پهنه‌های مساعد برای کاوش‌های باستان‌شناسی سایر نقاط (نقاط شناخته نشده) استفاده کردند. آنها از رگرسیون لجستیک جهت بررسی ارتباط و مدلسازی پهنه‌های مساعد استفاده نمودند و نتایج تحقیق توانست ٦٨ الی ۸۰ درصد از نقاط را به درستی پیش‌بینی نماید. Ducke در سال ۲۰۰۳ با اشاره به اینکه روابط میان متغیرهای محیطی و الگوی پراکنش مکان‌های باستانی از روابط غیر خطی تبعیت می‌نمایند، از شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت مدلسازی این ارتباطات و پیش‌بینی مکان‌های مستعد باستانی در برندن بورگ[3] آلمان پرداخت. وی متغیرهای مستقل شامل: فاصله از آب‌های سطحی (رودخانه، برکه و دریاچه)، سطح آب‌های زیرزمینی، بافت خاک و کیفیت خاک را در فرآیند مدلسازی بکار گرفت. نتایج حاصل این مدلسازی قادر بود ۷۵ الی ۸۰ درصد مکان‌های باستانی را به درستی پیش بینی نماید. در مطالعه‌ای دیگر Cannin (۲۰۰۵) به معرفی مدل Belief (بر مبنای تئوری دمپستر-شیفر) بعنوان رویکردی کارآمد در زمینه مدل‌های پیش‌بینی کننده درباستان شناسی، در شرایط عدم قطعیت و در حالتی که پایگاه داده دچار نقض و ابهام است، پرداخت. در این مطالعه استفاده از تئوری دمپستر-شیفر[4] در اینگونه مدلسازی‌ها بعنوان یک نقطه قوت ذکر شده که می‌تواند موجب ارتقاء صحت پیش‌بینی در پژوهش‌های باستان شناسی گردد. Mink و همکاران در سال ۲۰۰۹ از قوانین فازی برای ورود متغیرهای محیطی از قبیل ارتفاع، شیب، فاصله تا منابع آب (چشمه‌ها و رودخانه‌ها) جهت مدلسازی ارتباط میان این متغیرها و الگوهای پراکنش پهنه‌های باستانی استفاده نمودند. در نتایج این تحقیق ۷۰ درصد نقاط در پهنه‌هایی با قابلیت بالا برای حضور مکان باستانی قرار گرفتند. در ایران نیز مطالعات اندکی مبنی بر تحلیل نقش عوامل طبیعی در توزیع فضایی محوطه‌های باستان شناسی انجام شده است. در مطالعه نیکنامی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تئوری‌ها و تکنیک‌های مدلسازی پیش‌بینی مکان‌ها و پراکنش‌های سایت‌های پیش از تاریخی با کاربرد GIS و رگرسیون لجستیک در حوضه زاگرس مرکزی پرداخته شده است. همچنین در پژوهشی، موسوی کوهپر و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی ارتباط میان متغیرهای ارتفاع، میزان بارش، اقلیم، فاصله تا رودخانه، پوشش گیاهی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی با فراوانی مکان‌های باستانی پرداختند و در میان این متغیرها، بیشترین همبستگی (به میزان ۹۹ درصد) با طبقات فاصله از رودخانه‌ها ذکر شده است.

باید توجه داشت، تعداد اندک داده‌های موجود و نیز عدم

1- Archaeological Predictive Model (APM)
2- Geographic Information System
3- Brandenburg
4- Dempster-Shafer -Theory

Archive of SID

www.SID.ir

قطعیت در پایگاه داده منجر شده مدل‌هایی ابداع و توسعه یابند که قادر باشند در این شرایط کارایی مناسب داشته و دسترسی محققین را در اندک زمان به اطلاعات کارآمد امکان پذیر سازند. تئوری دمپستر-شیفر به عنوان راه حلی مناسب برای پوشش دادن این گونه نقص‌ها در پایگاه داده‌ها و تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، مطرح است. این رویکرد قادر است از اطلاعات غیر مستند در تحلیل‌ها استفاده نماید و در نهایت نقص دانش را در خروجی نهایی نمایش و دخالت دهد. بدینوسیله انعطاف پذیری، برآورد و ارزیابی ریسک نسبی تصمیماتی که بر اساس تمام اطلاعات در دسترس اما ناقص ایجاد شده، ممکن می‌گردد *(Canning, 2005)*. به بیانی دیگر در این رویکرد چگونگی برآورد شواهد ساده برای مواقعی که به کارگیری اطلاعات کارشناسی مهم است نشان داده خواهد شد و سپس سطوح احتمالی که آن اطلاعات را تشریح می‌کنند، استخراج می‌گردد و ترکیب فرضیات برای پیش‌بینی وقوع یک پدیده، در یک لایه رستری ارائه می‌شود *(Malpica et al, 2007)*. در این روش براساس شواهد موجود (مانند مکان‌های باستانی شناخته شده) یکسری فرضیاتی (فرضیه مکان درست و مکان نادرست) پرداخته می‌شود، در نهایت این فرضیات توسط تئوری دمپستر-شیفر با هم ترکیب می‌شوند و نقشه‌های احتمالات را خواهند ساخت *(Canning, 2005)*.

در این مطالعه از مدلسازی وزن-شاهد جهت پیش‌بینی احتمال وجود محل باستانی در هر موقعیت مکانی (در هر سلول) از منطقه مطالعاتی استفاده شده است. متغیرهای محیطی شامل فاصله از چشمه‌ها، فاصله از رودخانه‌های دائمی، فاصله از قنات‌ها وچاه‌های آب، فاصله از جاده‌های مالرو و فاصله از قبرستان‌ها به عنوان ورودی‌های مستقل به مدل وارد شدند و احتمال وقوع مکان باستانی به عنوان متغیرپاسخ در نظر گرفته شده است. خروجی نهایی این مدل احتمال پیدا شدن یک مکان باستان شناسی را در هر موقعیت مکانی (سلول‌ها) در شهرستان‌های بروجن و لردگان استان چهارمحال و بختیاری نمایش می‌دهد.

۲- مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از چند گام اصلی جهت دستیابی به اهداف بهره برده است. در نمودار ۱، مراحل انجام کار به صورت سلسله مراتبی نمایش داده شد. لذا در این بخش به معرفی مهم ترین مراحل اجرایی تحقیق شامل معرفی منطقه مطالعاتی، نحوه جمع آوری داده‌ها، مبانی و نحوه اجرای روش Belief (بر مبنای تئوری دمپستر-شیفر)، نحوه استاندارد سازی نقشه‌های شواهد و همچنین شیوه واردسازی نقشه‌های شواهد به مدل و در نهایت ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل‌ها پرداخته شده است.

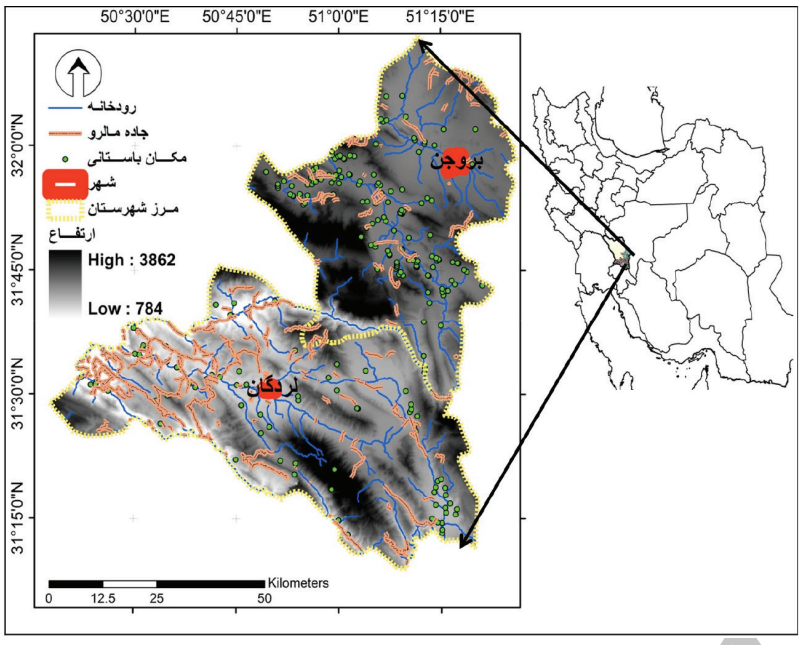
۲-۱- منطقه مطالعاتی

شهرستان‌های بروجن و لردگان استان چهارمحال و بختیاری با مساحتی برابر با ۵۷۶۰۷۵ هکتار در شرق تا جنوبی غربی استان چهارمحال و بختیاری واقع شده‌اند. این شهرستان‌ها در عرض جغرافیای ″۰۶ ′۱۰ °۳۱ الی ″۰۸ ′۱٤ °۳۲ و طول جغرافیایی ″۰٤ ′۱۹ °۵۰ الی ″۳۲ ′۱۸ °۵۱ قرار دارند و دارای حداقل ارتفاع ۷۸٤ و حداکثر ۳۸٦۲ متر می‌باشند (نگاره ۱). بیشینه مساحت منطقه مطالعاتی را کوه‌ها و صخره‌های مرتفع پوشش می‌دهد. اکثر محوطه‌های باستانی موجود در منطقه مطالعاتی مربوط به دوره‌های تاریخی و پیش از تاریخی و نیز تعدادی مربوط به اواخر دوره اسلامی و دوره قاجاریه هستند.

از این جمله می‌توان به آثار مربوط به دوران پیش از میلاد، ساسانیان، اشکانیان، افشاریان، صفویان، ایلخانیان، و قاجاریه اشاره نمود. تنوع آثار نیز در اقسام مختلف از جمله؛ کاروانسراها، تپه‌ها و تل‌ها، قلعه‌ها، قبرستان‌ها، حمام‌ها، کلیساها، قنات‌ها، بردگوری‌ها، پل‌ها، چاه‌ها، مساجد و امامزاده‌ها قابل ذکر هستند.

منطقه مذکور در طول تاریخ بر سر راه‌های تجاری شرق به غرب قرار داشته، همواره جزء مناطق مهم نظامی محسوب شده و قلعه‌های نظامی مختلفی در طول تاریخ در این منطقه ساخته شد *(نوروزی، ۱۳۸۸)*.

Archive of SID



نگاره ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی (شهرستان‌های بروجن و لردگان استان چهارمحال و بختیاری)

۲-۲- جمع آوری داده‌ها

موقعیت جغرافیایی ۲۹۶ مکان باستانی ثبت شده در اداره کل میراث فرهنگی استان چهارمحال و بختیاری تهیه و صحت سنجی شدند. مختصات سایت‌ها در نرم افزار Arc map 9.3 به یک لایه نقطه‌ای تبدیل شدند و سیستم مختصات utm-39n برای آنها تعریف گردید. متغیرهای محیطی که از طریق آنها احتمال وجود مکان باستانی بررسی می‌گردد و قادرند بر الگوی پراکنش مکان‌های باستانی اثر گذار باشند، از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استخراج شدند. این متغیرها شامل لایه‌های چشمه‌ها، راه‌های مالرو، چاه‌ها، قنات‌ها (به عنوان متغیرهای طبیعی) و نیز قبرستان‌ها (به عنوان متغیر فرهنگی) هستند. انتخاب این متغیرها بر اساس مرور مطالعات انجام شده در این زمینه (*Causey and Ducke, ۲۰۰۳; Lane, ۲۰۰۵؛ موسوی کوهپر و همکاران، ۱۳۹۰*) و نظرات کارشناسی نویسندگان برای منطقه مورد مطالعه بوده است. لایه‌ها جهت تجزیه و تحلیل به نرم افزار Idrisi Taiga انتقال داده شدند و بعد از تبدیل به فرمت رستری، از آنها لایه‌های فاصله تهیه شد. جهت بررسی شواهد و پردازش فرضیاتی متناسب نمودارهای فاصله از متغیرهای محیطی و فراوانی مکان‌های باستانی تهیه و مورد بررسی قرار گرفتند.

این نمودارها برای استخراج تابع عضویت فازی مناسب برای هر کدام از متغیرهای محیطی بکار گرفته شدند.

۲-۳- نحوه اجرای Belief و تئوری دمپستر-شیفر

در سال ۱۹۶۷تئوری دمپستر- شیفر بر اساس تئوری احتمال بیزین از سوی دمپستر به کار برده شد *(Dempster, 1967)* و در ادامه توسط شیفر در سال ۱۹۷۶ ساختار ریاضی آن تشریح گردید *(Shafer, 1976)*. نظریهٔ وقوع دمپستر - شیفر در واقع یک چارچوب ریاضی برای توصیف داده های ناقص تهیه می کند، معادلات (۱) تا (٤) منطق حاکم بر تئوری دمپستر-شیفر را جهت ترکیب فرضیات و استخراج احتمال نمایش می‌دهد *(Shafer, 1976)*.

$$PL(X) = 1 - BEL(notX) \quad (۱)$$

$$BEL(notX) = \sum m(Y) when\ Y \cap X = \emptyset \quad (۲)$$

$$Thus\ PL(X) = \sum m(Y) when\ Y \cap X \neq \emptyset \quad (۳)$$

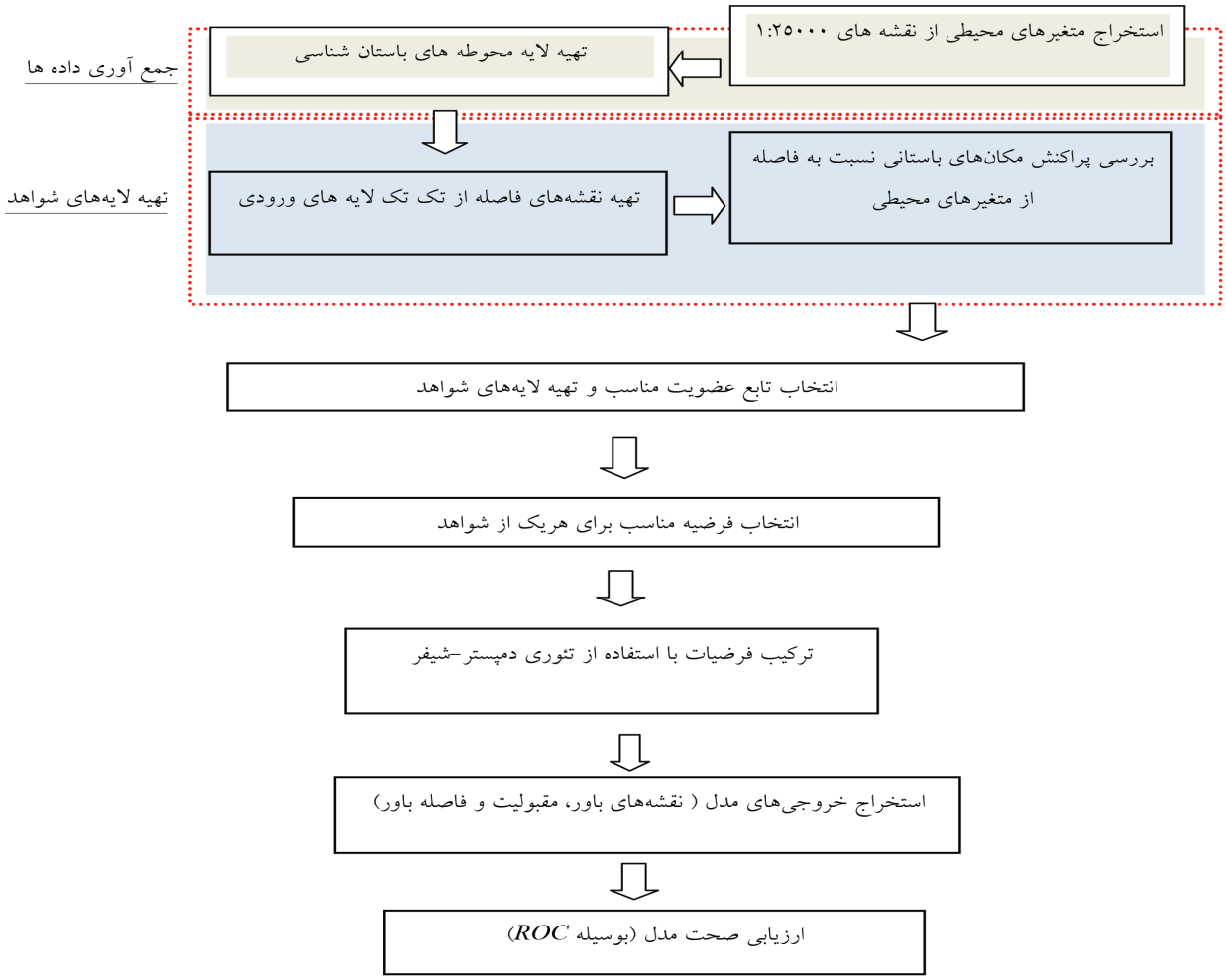
$$m(z) = \frac{\sum m\,1(x) * m2(y) when\ X \cap Y = Z}{1 - \sum m1(x) * m2(y) when\ X \cap Y = \emptyset} \quad (٤)$$

انتصاب احتمال پایه برای پشتیبانی از فرضیه Z (M(z)):

یکی از تفاوت‌های اساسی بین تئوری دمپستر-شیفر و تئوری احتمالات، نحوهٔ برخورد با جهل (فقدان دانش و اطلاعات) است. تئوری احتمالات حتی وقتی با فقدان

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۱: مراحل انجام تحقیق

اطلاعات مواجه هستیم احتمال را به طور مساوی توزیع می‌کند. اما تئوری دمپستر– شیفر کاربر را مجبور نمی‌کند که باوری را برای جهل یا رد فرضیه، اختصاص دهد؛ به جای آن فقط وزن به زیرمجموعه‌هایی از محیط اختصاص می‌یابد که کاربر می‌خواهد بـه آن باور داشته باشد. هر باوری که به هیچ زیرمجموعهٔ خاصی تخصیص نیابد به منزلهٔ ناباوری یا بی‌باوری تلقی می‌شود و فقط با محیط ارتباط دارد و به آن برمی‌گردد *(مظلوم و همکاران، ۱۳۹۳)*. ماژول Belief در نرم‌افزار Idrisi بر مبنای تئوری دمپستر–شیفر بنیان‌گذاری و اجرا شده است. از Belief می‌توان برای پیش بینی احتمال وقوع پدیده‌های مختلف استفاده نمود. این روش قادر است از اطلاعات موجود و نیز نظرات کارشناسی برای تشکیل پایگاه اطلاعاتی خود استفاده نماید و در نهایت عدم قطعیت ناشی از نقص داده‌ها را در نتایج نهایی محاسبه نموده و نمایش دهد*(Canning, 2005)*.

برای استفاده از این رویکرد (Belief) در راستای دستیابی به اهداف مطالعه حاضر، با توجه به شواهد موجود (مانند مکان‌های باستانی شناخته شده) یکسری فرضیات برای مکان‌های ناشناخته پرداخته شد. برای مثال آگاهی از اینکه ۸۰ درصد از اماکن باستانی شناخته‌شده در فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متری رودخانه‌های دائمی قرار دارند، می‌تواند به عنوان یک شاهد برای پشتیبانی از فرضیه مکان درست در کمتر از ۱۰۰۰ متری رودخانه‌ها استفاده نمود. در این راستا متغیرهای محیطی که توانایی اثرگذاری بر استقرار مکان‌های

www.SID.ir

باستان شناسی موجود را دارند به یکسری لایه تبدیل می‌شوند که فرضیات بر مبنای این شواهد ارائه می‌گردند.

با وارد نمودن اطلاعات درباره مکان‌های باستان شناسی موجود و نظرات کارشناسی درباره فرهنگ و تاریخ منطقه، ترکیب مرتبه‌ای فرضیات شامل "مکان درست"، "مکان نادرست" و "مکان درست و نادرست" پرداخته خواهد شد. شواهد موجود که از آنها استفاده می‌شود، ممکن است هر یک از این فرضیات ممکن را در بر داشته باشد، اما نتیجه‌ای که در این مطالعه بیشتر مدنظر است، فرضیه مکان درست است. نتیجه نهایی ایجاد شده با تکیه بر فرضیه مکان درست است اما می‌بایست در نظر داشت که چگونگی ارتباط تمام شواهد در فرآیند ترکیب نیز به دستیابی فرضیه مکان درست اثرگذار است. بنابراین در عین حال، شواهدی که فرضیات دیگر را پشتیبانی می‌نمایند، غیر مستقیم بر اعتقاد کل فرضیه مکان درست نیز اثر گذار هستند.

۲-٤- استاندارد سازی نقشه‌های شواهد

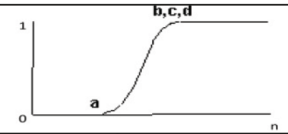
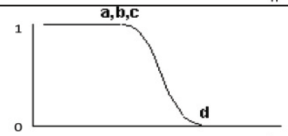
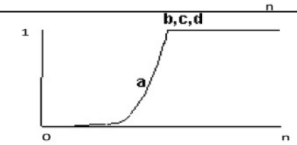
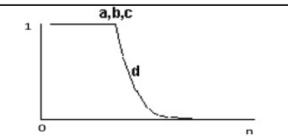
در این مرحله شواهدی که گمان می‌رود بر الگوی پراکنش انسان و به طبع آن اماکن باقی مانده از اعصار گذشته تأثیر گذار باشند به صورت لایه‌های مستقل وارد مدل شدند. از آنجایی که عدد یک نشاندهنده حداکثر احتمال وقوع فرضیه و صفر نمایانگر عدم وقوع فرضیه است دامنه تغییرات ارزش‌های تصاویر شاهد نیز می‌بایست بین دامنه صفر تا یک استاندارد سازی شوند *(مظلوم و همکاران، ۱۳۹۳)*.

برای این مقصود از تحلیل شکل ۲ و نیز نظرات کارشناسی جهت انتخاب نوع فرضیه ("مکان درست" و "مکان نادرست") و نیز تابع عضویت فازی مناسب برای استاندارد سازی متغیرها شواهد استفاده شده است (جدول ۱).

۲-۵- واردسازی نقشه‌های شواهد

برای مکان‌های شناخته شده، این انتظار می‌رود که در موقعیت‌های نزدیکتر به این مکان‌ها، احتمال یافتن مکان‌های باستانی دیگر (که تاکنون شناسایی نشده‌اند) بیشتر باشد. این استدلال بر این فرض است که شرایط زندگی بهم وابسته بوده و مردم برای برخورداری از حمایت اجتماعی بیشتر میل به زندگی در مجاورت اجتماع را داشته‌اند.

جدول ۱: انواع توابع عضویت فازی استفاده شده در تحقیق به همراه شکل و فرمول محاسبه

نوع تابع نرمال سازی	شکل تابع	فرمول
تابع S شکل افزایشی یکنواخت		$u = a - (1 - (x - pointa)/(pointb - pointa))$
تابع S شکل کاهشی یکنواخت		$u = a - (x - pointC)/(pointd - pointC)$
تابع J شکل افزایشی یکنواخت		$u = 1 \Big/ (1 - ((x - pointa)/(pointb - pointa))^2)$
تابع J شکل کاهشی یکنواخت		$u = 1 \Big/ (1 - ((x - pointC)/(pointd - pointC))^2)$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: فرآیند استاندارد سازی و فرضیه پردازی برروی شواهد موجود

نام متغیر (شاهد)	نوع تابع عضویت	شکل تابع عضویت	نقاط کنترل				فرضیه (پشتیبانی از فرضیه)	ضریب عدم قطعیت
			a	b	c	d		
فاصله از مکان‌های باستانی شناخته شده	تابع J شکل	کاهشی یکنواخت	–	–	۰	۳۰۰۰	مکان درست	۱
فاصله از چشمه‌ها	تابع S شکل	افزایشی یکنواخت	۴۰۰۰	۷۰۰۰	–	–	مکان نادرست	۰/۸
فاصله از رودخانه‌های دائمی	تابع J شکل	کاهشی یکنواخت	–	–	۰	۳۰۰۰	مکان درست	۰/۸
فاصله از قنات‌ها و چاه‌های آب	تابع S شکل	افزایشی یکنواخت	۳۷۰۰	۶۵۰۰	–	–	مکان نادرست	۰/۸
فاصله از جاده‌های مالرو	تابع S شکل	کاهشی یکنواخت	–	–	۰	۳۵۰۰	مکان درست	۰/۸
فاصله از قبرستان‌ها	تابع J شکل	کاهشی یکنواخت	–	–	۰	۴۰۰۰	مکان درست	۰/۸

مطابق با این، با افزایش فاصله از موقعیت مکان‌های شناخته شده، احتمال فرضیه "مکان درست" به سرعت کاهش می‌یابد.

برای تعریف این احتمال، تابع عضویت فازی J شکل انتخاب شده است. برای شواهد فاصله از چشمه‌ها، فاصله از رودخانه‌های دائمی، فاصله از قنات‌ها و چاه‌های آب و فاصله از قبرستان‌ها نیز فرضیات متناسب با در نظرگرفتن فراوانی نقاط باستانی در مجاورت آنها و نیز نظرات کارشناسی پرداخته شد. باید توجه داشت نزدیکی به عواملی که نقش حیاتی در ایجاد و تداوم سکونتگاه‌های انسانی داشته، آب بوده است.

چشمه، رودخانه، قنات و چاه‌ها منابع اصلی تأمین نیاز حیاتی به آب بوده است. راه‌های مالرو به عنوان یکی دیگر از متغیرهای تأثیر گذار بر الگوی پراکنش مکان‌های باستانی انتخاب گردید. قبرستان‌ها به طور معمول در نزدیکی مکان‌های استقرار بشر بوده‌اند و به عنوان یک متغیر فرهنگی به مدل وارد شده است.

تک تک این لایه‌ها به عنوان سطوح شواهد وارد مدل گردیدند. در مرحله بعد برای از بین بردن قطعیت (در فرضیات) و پوشاندن نقص ناشی از کمبود دانش، ارزش نهایی بدست آمده از شواهد در ۰/۸ ضرب شده و آماده وارد سازی به Belief و ترکیب شدن توسط تئوری دمپستر- شیفر شدند (در جدول ۲ خلاصه ای از مراحل ذکر شده در بالا و توابع مورد استفاده برای هریک از شواهد آورده شده است).

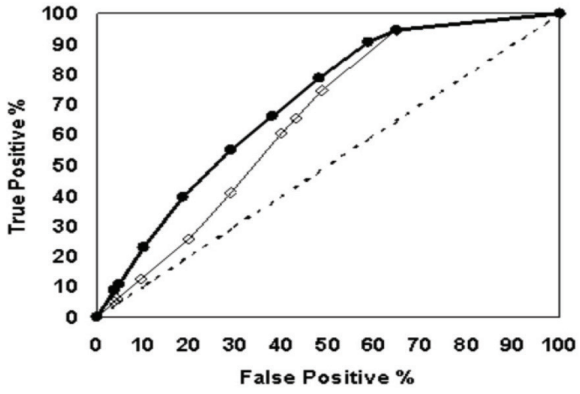
پس از اجرای Belief، نقشه‌های خروجی به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند، دسته اول نقشه‌هایی که نمایش‌دهنده پتانسیل نقاط برای فرضیه "مکان درست" هستند، دسته دوم نقشه‌هایی که پتانسیل هر سلول را برای فرضیه "مکان نادرست" نمایش می‌دهند و دسته سوم شامل نقشه هایی هستند که پتانسیل را برای فرضیه "مکان درست نادرست" به تصویر می‌کشانند.

قابل ذکر است هرکدام از دسته‌های ذکر شده در بالا

Archive of SID

www.SID.ir

شامل سه نوع نقشه می‌باشند: نقشه باور[1]، نقشه مقبولیت[2] و نقشه فاصله باور[3]. ارزش سلول‌ها در نقشه باور نمایش‌دهنده میزان حمایت آن سلول از فرضیه‌ای خاص می‌باشد. نقشه مقبولیت نشاندهنده درجه‌ای است که شواهد فرضیه را رد نمی‌کنند و ارزش سلول‌ها در نقشه فاصله باور تفاوت بین این دو نقشه قبل به عنوان یک اندازه گیری عدم قطعیت در مورد یک فرضیه خاص است *(سلمان ماهینی و کامیاب، ۱۳۹۰)*.



نمودار۲: نحوه محاسبه آماره ROC

۲- ٦- ارزیابی صحت پیش بینی

به منظور ارزیابی صحت مدل تعداد ۲٤٦ مکان باستانی شناخته شده وارد فرآیند مدلسازی شده و ۵۰ مکان باقیمانده برای ارزیابی صحت مدل، کنار گذاشته شدند. بعد از استخراج نقشه پتانسیل برای وقوع مکان باستانی توسط Belief، از روش کارایی نسبی متغیرها (ROC)[4] که در بسیاری از مطالعات به عنوان مبنای قضاوت مد نظر بوده است، جهت ارزیابی صحت مدل استفاده شده است *(مرادی و همکاران، ۱۳۸۹، زارع و همکاران، ۱۳۹۵)*.

در این رویکرد یک برآورد میان میزان مطلوبیت پیکسل‌های نقشه احتمال برای وقوع یک پدیده و خود پدیده (مکان‌های باستانی تجربه نشده) صورت می‌پذیرد. به عبارتی دیگر ROC میزان پشتیبانی نقشه پیش بینی شده (نقشه رستری) از نقشه وقوع پدیده (نقشه بولینی) را نمایش می‌دهد *(Pontius Jr and Schneider, 2001)*.

ROC مساحت نمودار شماره ۲ است و نحوه محاسبه در زیر آورده شده است:

$$ROC = \sum_{i=1}^{n}[(Xi+1)-(Xi)]*[Yi+((Yi-1)-Yi)/2]$$

Xi= مثبت نادرست

Yi= مثبت صحیح

۳- نتایج و بحث

جهت بررسی میزان اثر گذاری متغیرهای محیطی بروی پراکنش مکان‌های باستانی، از هر یک از متغیرها نقشه فاصله تهیه شده و فراوانی مکان‌ها با نسبت فاصله از آنها مورد بررسی قرار گرفت. نگاره ۲، نتایج بدست آمده از این مرحله را نمایش می‌دهد. از نمودارهای نمایش داده شده در این نگاره می‌توان جهت تعیین نمودن چگونگی اثرگذاری متغیرهای محیطی و همچنین انتخاب نوع و شکل تابع عضویت مناسب در مرحله تهیه نقشه‌های شواهد و فرضیه پردازی استفاده نمود.

در شهرستان‌های بروجن و لردگان فاصله از متغیرهای موجود اغلب دارای رابطه ای غیر خطی با فراوانی مکان‌های باستانی شناخته شده هستند (نگاره ۲) و بر این اساس و نیز با توجه به نظرات کارشناسی توابع عضویت فازی مناسب برای هر متغیر تعریف شده است (جدول ۲).

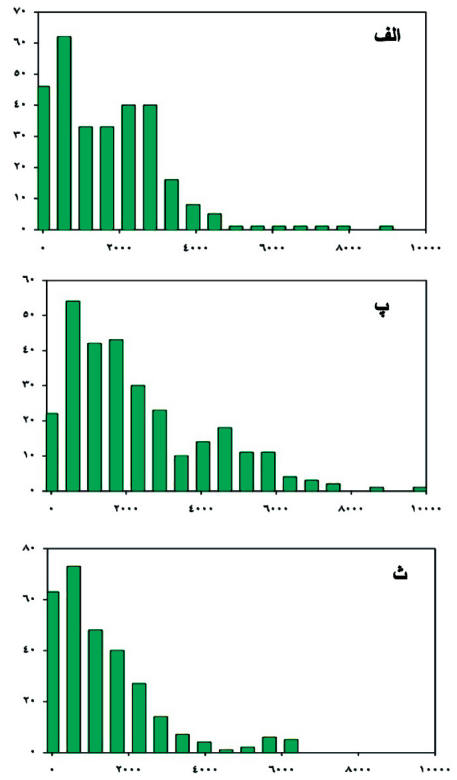
رودخانه‌ها همواره از عوامل مهم در پیدایش تمدن‌ها بوده اند *(Bauer و همکاران، ۲۰۰٤)*، در مطالعه حاضر نیز در میان متغیرهای موجود فاصله از رودخانه‌های دائمی بیشترین تأثیر را در استقرار مکان‌های باستانی داشته است بطوری که ۷۸ درصد مکان‌های موجود در فاصله‌ی کمتر از ۸۰۰ متری رودخانه‌ها واقع شده است (نگاره ۲) و این بیانگر وابستگی شدید (R = ۰/۹٦) ساکنان منطقه مطالعاتی به رودخانه‌های دائمی است (جدول ۳).

1- Belief
2- Plausibility
3- Belief Interval
4- Relative Operating Characteristic

Archive
www.SID.ir

جدول ۳: بررسی همبستگی میان فاصله از متغیرهای محیطی و فاصله از مکان‌های باستانی

متغیر محیطی	ضریب همبستگی (R)	توضیح همبستگی	رتبه همبستگی
فاصله از چشمه ها	۰/۹۲	همبستگی معنادار مثبت و قوی	٤
فاصله از رودخانه‌های دائمی	۰/۹٦	همبستگی معنادار مثبت و قوی	۱
فاصله از قنات ها وچاه‌های آب	۰/۸۷	همبستگی معنادار مثبت	٥
فاصله از جاده‌های مالرو	۰/۹٤	همبستگی معنادار مثبت و قوی	۲
فاصله از قبرستان ها	۰/۹۳	همبستگی معنادار مثبت و قوی	۳



نگاره ۲: محور عمودی فراوانی مکان‌های باستانی، محور افقی فاصله از متغیرهای محیطی(برحسب متر)(الف: چشمه‌ها، ب: رودخانه‌های دائمی، پ: چاه و قنات، ت: راه‌های مالرو، ث: قبرستان‌ها

مقایسه نتایج مطالعه حاضر با مطالعه موسوی کوهپر و همکاران (۱۳۹۰) در وابستگی اماکن باستانی به رودخانه‌های دائمی، گویای آن است که در شهرستان‌های بروجن و لردگان تمایل بیشتری برای سکنی گزینی در نزدیکی رودخانه‌ها بوده است و در مازندران ۸۰ درصد نقاط در فاصله کمتر از ۲۰۰۰ متری رودخانه‌ها بوده است. این امر می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان و پراکنش زمانی بارندگی در منطقه‌های مطالعاتی باشد و بارش سنگین و در بسیاری موارد طغیان رودخانه‌ها منجر به کاهش تمایل در اسکان در نزدیکی رودخانه‌های استان مازندران شده است.

نتایج مطالعه حاکی از آن است که بیش از ۸۰ درصد مکان‌های باستانی منطقه مطالعاتی در فاصله کمتر از ۲۲۵۰ متر قبرستان‌ها قرار دارند (نگاره ۲) و دارای همبستگی مثبت و معناداری (R =۰/۹۳) با پراکنش مکان‌های باستانی دارد (جدول ۳). این امر می‌تواند ناشی از اعتقادات مذهبی و فرهنگی ساکنان منطقه باشد که مردگان را در نزدیکی سکونتگاه‌های خود دفن می‌کرده اند و گورستان‌های متعدد در منطقه کشف شده است *(نوروزی، ۱۳۸۸)*. راه‌های مالرو بعنوان یکی دیگر از متغیرهای محیطی در مطالعه حاضر مطرح بوده است. نتایج نمایش دهنده نقش بسیار معنی دار

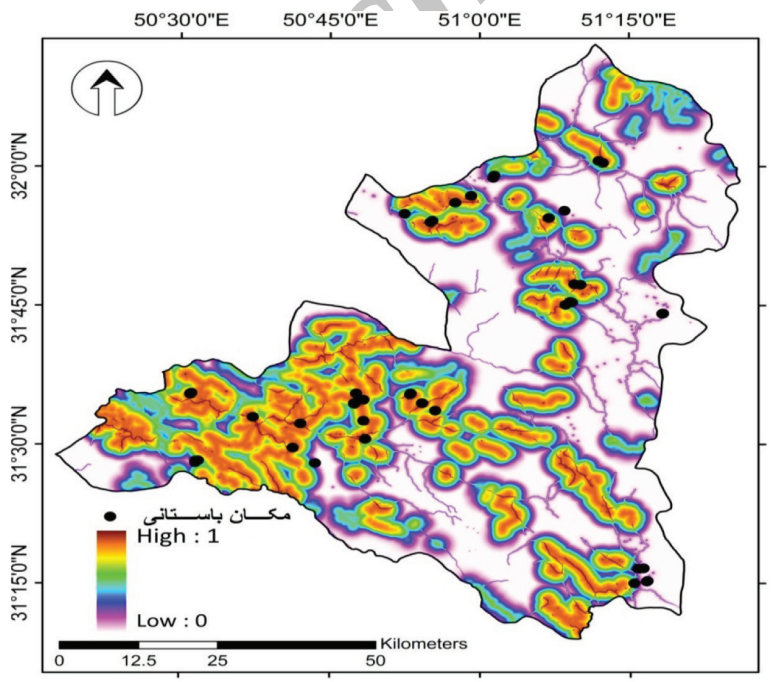
www.SID.ir

این متغیر در الگوی پراکنش اماکن باستانی در منطقه مورد مطالعه است (جدول ۳). راه‌های مالرو متضمن دسترسی به سیستم حمل و نقل و مبادلات کالا منطقه بوده است و به سبب کوچ نشین بودن ساکنان این محدوده، نقش ویژه‌ای در اولویت استقرار ساکنان منطقه داشته است *(نوروزی، ۱۳۸۸)*، بطوری که مطابق با نتایج این تحقیق، بیش از ۸۰ درصد مکان‌های باستانی شناخته شده در فاصله کمتر از ۱۵۰۰ متر از این متغیر واقع شده‌اند (نگاره ۲).

بررسی نتایج حاصل از تأثیر چشمه‌ها بر پراکنش مکان‌های باستانی نیز نقش مثبت و معناداری برای این متغیر نمایش داده است (جدول ۳). در شهرستان‌های بروجن و لرگان نیز دسترسی به چشمه‌ها از متغیرهای مهم بوده است بطوریکه ۸۰ درصد از مکان‌های باستانی که تاکنون در این منطقه شناسایی و ثبت شده‌اند در فاصله کمتر از ۲۵۰۰ متری از این متغیر قرار داشته‌اند (نگاره ۲). یکی دیگر از متغیرهای مورد بررسی در تحقیق حاضر، چاه‌ها و قنات‌های موجود بوده است. چاه‌ها و قنات‌ها دارای کمترین اهمیت در میان متغیرهای مورد بررسی بوده‌اند (جدول ۳). بطوریکه ۸۰ درصد از مکان‌های باستانی در فاصله کمتر از ۴۰۵۰ متر از این متغیر قرار دارند. علت این امر را می‌توان ناشی از کمرنگ بودن نیاز به احداث قنات در منطقه مورد مطالعه دانست زیراکه منطقه کوهستانی و دارای رودخانه‌ها و چشمه‌های فراوان است و کمتر نیاز به احداث قنات داشته است. از دیگر دلایل این امر نیز نقشه‌های مورد استفاده چاه‌هایی را نمایش می‌دهد که ممکن است به تازگی و طی دو دهه اخیر احداث شده باشند و توانایی کمی در توضیح پراکنش مکان‌های باستانی داشته باشند.

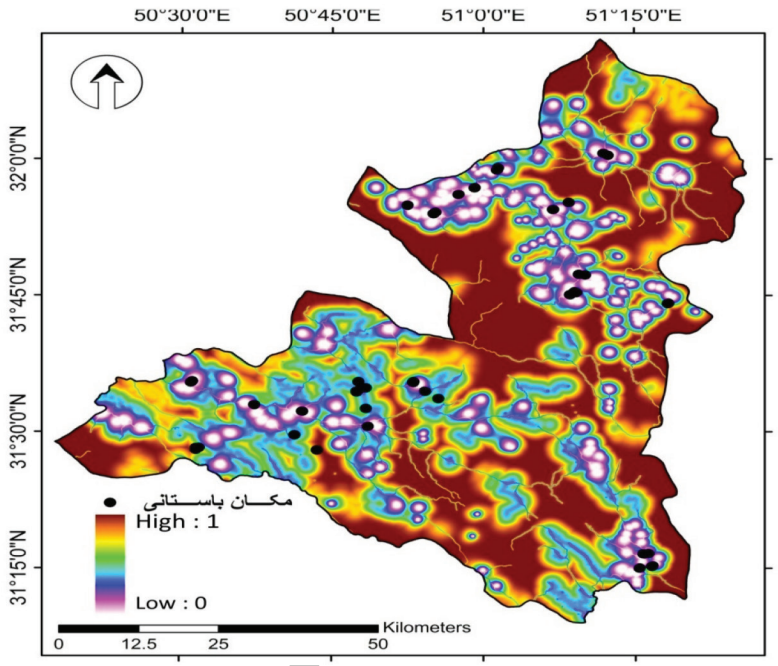
جهت پیش‌بینی سایر مکان‌های مستعد باستان شناسی در منطقه در نگاره‌های ۳، ٤ و ۵ به ترتیب نقشه‌های باور، مقبولیت و فاصله باور آورده شده است. ارزش سلول‌ها در نقشه باور بیانگر میزان قطعیت در اظهار نظر درباره یک فرضیه خاص است (در این مطالعه مکان باستانی مد نظر است)، نقشه واقعیت نمایانگر حداقل اطمینان در بیان یک فرضیه است و فاصله باور نشان دهنده نقص دانش ما در روند مدل‌سازی است *(سلمان ماهینی و کامیاب، ۱۳۹۰)*.

اصولاً مناطقی با میزان باور بالا مناطقی هستند که دارای قطعیت بالاتری هستند و مناطقی که فاصله باور در آن‌ها بالا باشد، نیاز به بررسی‌ها و افزودن شواهد جدید در فرآیند

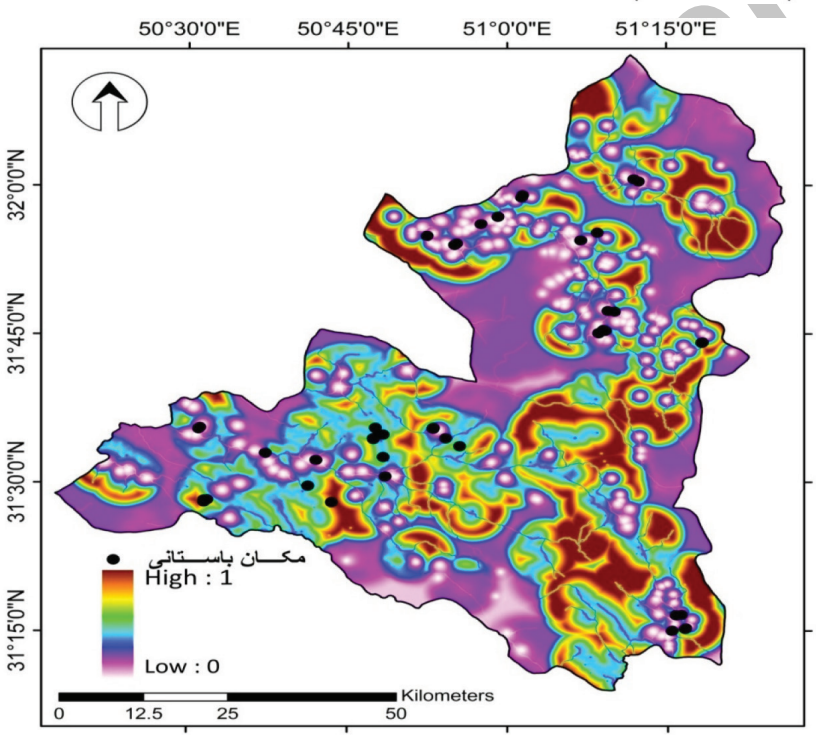


نگاره ۳: نقشه باور

Archive of SID
www.SID.ir



نگاره ٤: نقشه مقبولیت



نگاره ۵: نقشه فاصله باور

مدل‌سازی هستند.

برای بررسی صحت مدل‌سازی نقشه باور و نقشه ۵۰ نقطه وارد نشده به فرآیند مدل‌سازی، به عنوان ورودی به ROC وارد شدند و میزان این آماره برابر با ۰/۸۹ بوده است که نمایش گر صحت بالای نقشه ارائه شده برای پیش‌بینی سایر اماکن باستانی در شهرستان‌های بروجن و لردگان است.

با توجه به نگاره ۳، در نواحی غربی شهرستان لردگان فراوانی نقاط مستعد برای رخداد مکان باستانی بیشتر است و پتانسیل بیشتری برای کشف مکان باستانی شناخته نشده

www.SID.ir

وجود دارد. به عبارتی دیگر، مطابق با الگویی که تاکنون در منطقه مشاهده شده است و شواهد آن به مطالعه کنونی وارد شد و بر مبنای آنها مدل‌سازی صورت پذیرفت، پتاسیل بسیار بالایی در نواحی غربی شهرستان لردگان برای کشف سایت‌های ثبت نشده باستان‌شناختی وجود دارد. این منطقه هم اکنون نیز دارای محوطه‌های متعدد و ارزشمند باستانی است و به دلیل کمبود و ضعف زیر ساخت‌ها کمتر مورد توجه مدیران جهت انجام فعالیت‌های میدانی باستان شناسانه ، قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر تأثیر متغیرهای محیطی برروی پراکنش مکان‌های باستانی مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از دریافت ارتباطات و نحوه ارتباط بین متغیر محیطی و مکان باستانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت از متغیرهای فاصله از چشمه‌ها، فاصله از رودخانه‌های دائمی، فاصله از قنات‌ها و چاه‌های آب، فاصله از جاده‌های مالرو و فاصله از قبرستان‌ها شواهدی استخراج شد و بر مبنای شواهد موجود فرضیاتی برای پیش‌بینی پهنه‌های مستعد باستان شناسی در محیط GIS و بر مبنای تئوری دمپستر شیفر پرداخته گردید. نتایج این مطالعه، میزان اهمیت و اثر گذاری تک تک متغیرهای محیطی فوق الذکر را بر پراکنش مکان‌های باستانی منطقه به صورت کمّی نمایش داده است و با ترکیب این نتایج به الگویی مناسب برای پیش‌بینی سایر مکان‌های کشف نشده دست یافته است. بیشترین پتانسیل برای وجود مکان‌های کشف نشده را نواحی غربی شهرستان لردگان داشته است، که این امر لزوم تمرکز فعالیت‌های کاوشی در منطقه را پر رنگ می‌نماید.

بطور کلی می‌توان اذعان نمود که نتایج تحقیق حاضر به عنوان راهنمایی برای مدیران و تصمیم‌گیران منطقه مطالعاتی جهت اولویت‌بندی کاوش‌های باستان‌شناسی در منطقه و نیز شناسایی پهنه‌های حساس باستان‌شناسی جهت اعمال عملیات حفاظتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

منابع و مآخذ

۱- زارع، م.، حسن جوری، م.، عسکری زاده، د.، سالاریان، ت.، فخر قاضی، م. (۱۳۹۵). تحلیل خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز ماسوله با استفاده از تئوری دمپستر–شیفر (Dempster-Shafer) و GIS. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. ۷(۱۳): ۲۰۹–۲۱۷.

۲- سلمان ماهینی، ع. ا. و کامیاب، ح. ر. ۱۳۹۰ .سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم افزار ایدریسی، سازمان حفاظت محیط زیست، ۶۲۰ صفحه.

۳- مرادی، ح.، محمدی، م.، پورقاسمی، ح.، مصطفی زاده، ر.، (۱۳۸۹). تحلیل خطر زمین لغزش در استان گلستان با استفاده از تئوری دمپستر–شیفر (Dempster-Shafer). پژوهش‌های دانش زمین. ۱(۳): ۱–۱۴.

۴- مظلوم، ب، ز.، میکائیلی، ع.، ماهینی، ع، ر.، (۱۳۹۳). ارتقای ارزیابی آثار توسعه با تئوری دمپستر – شیفر (مطالعهٔ موردی: شهرستان بینالود – خراسان رضوی). محیط‌شناسی، ۴۰ (۳): ۶۲۱–۶۳۰.

۵- موسوی کوهپر، س، م.، حیدریان، م.، آقایاری، م.، وحدتی نصب، ح.، خطیب شهیدی، ح.، نیسانی، ج.، (۱۳۹۰)، تحلیل نقش عوامل طبیعی در توزیع فضایی محوطه های باستانی استان مازندران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی) (۷۵):۱–۱۹.

۶- نوروزی، ع ،ا.، (۱۳۸۸). مطالعات باستان شناسی در حوضه آخیز کارون شمالی (استان چهارمحال و بختیاری). مطالعات باستان شناسی. ۱ (۲): ۱۶۱–۱۷۵.

۷- نیکنامی،ک.، خطیب شهیدی، ح.، سعیدی هرسینی، م.، (۱۳۹۱)، تئوری‌ها و تکنیک‌های مدلسازی پیش‌بینی مکان‌ها و پراکنش‌های سایت‌های پیش از تاریخی در پهندشت‌های باستان شناختی با کاربرد GIS و رگرسیون لجستیک(مطالعه موردی حوضه رودخانه گاماسب زاگرس مرکزی، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران،ص۱۹۳تا۲۱۱.

8- Canning, S. (2005). ‘BELIEF’ in the past: Dempster-Shafer theory, GIS and archaeological predictive

Archive of SID

www.SID.ir

modelling. Australian Archaeology, 6-15.
9- Causey, M., and Lane, P. (2005). GIS and landscape archaeology: Delineating the possible long-term environmental effects of pastoralism on the Laikipia Plateau, Kenya. Nyame akuma, 64, 24-32.
10- Dempster, A.P. 1967. Upper and Lower Probabilities Induced by a Multivalued Mapping. Annals of
11- Ducke, B. (2003). Archaeological predictive modelling in intelligent network structures. The Digital Heritage of Archaeology: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 267-273.
12- Malpica, J. A., Alonso, M. C., and Sanz, M. A. (2007). Dempster–Shafer Theory in geographic information systems: A survey. Expert Systems with Applications, 32(1), 47-55.
13- Mathematical Statistics, 28: 325-339.
14- Mink, P. B., Ripy, M. J., Bailey, K., Box, H. B., and Grossardt, T. (2009). Predictive Archaeological Modeling using GIS-Based Fuzzy Set Estimation.
15- Nardini, A., and Salvadori, F. (2003). Gis Platform Dedicated To The Production Of Models Of Distribution Of Archaeo (Zoo) Logical Remains. Archaeofauna, 12, 127-141.
16- Neubauer, W. (2004). GIS in archaeology—the interface between prospection and excavation. Archaeological Prospection, 11(3), 159-166.
17- O'Connell, J. F. (1987). Alyawara site structure and its archaeological implications. American Antiquity, 74-108.
18- Olukole, T. O. (2007). Geographical Information System (GIS) and Tourism: The Prediction of archaeological sites in Ijaiye-Orile, Southwestern Nigeria. Nyame Akuma Bulletin, 69-74.
19- Pontius Jr, R. G., and Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. Agriculture, Ecosystems andamp; Environment, 85(1–3), 239-248.
20- Shafer, G. 1976. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, Princeton. 103 pp.
21- Verhagen, P., and Whitley, T. G. (2012). Integrating archaeological theory and predictive modeling: a live report from the scene. Journal of Archaeological Method and Theory, 19(1), 49-100.
22- Warren, R. E., and Asch, D. L. (2000). A predictive model of archaeological site location in the Eastern Prairie Peninsula. Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modeling toolkit, 1, 6.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir