The 3rd National Geology and Mining Explorations Symposium

سومین همایش ملی زمین شناسی و اکتشافات معدنی

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
موسسه آموزش عالی کرمان

۱۴و۱۵اردیبهشت ماه ۹۶

ارزیابی پتانسیل توسعه کارست با استفاده از GIS در سازند کربناته خوش ییلاق - شمال ایران

****

رشید زیوری*[۱]، محسن رضایی[۲]، جواد اشجاری[۳] و عبدالرضا کابلی[۴]
۱. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی rashid.zivari@yahoo.com
۲. دانشیار گروه زمین شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی irm_rezaei@khu.ac.
۳. استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه تهران Javad_ashjari@yahoo.com
٤. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، شرکت آب منطقه ای گلستان Kaboli1355@yahoo.com

****

چکیده :

در این تحقیق به بررسی درجه اهمیت عوامل موثر در پتانسل توسعه کارست در بخشی از زون البرز در محدوده علی آباد تا رامیان پرداخته شده است. بدین منظور لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی، چگالی خطواره‌ها، شیب سطح زمین، بارش، دما، پوشش گیاهی، ارتفاع از سطح اساس محلی و فاصله از چشمه‌ها با استفاده از اطلاعات رقومی سنجش از دور، نقشه‌های زمین شناسی، نقشه‌های توپوگرافی و آمار بارش و دما تهیه شد.لایه‌های اطلاعاتی بصورت نقشه‌های معیار طبقه‌بندی شده و با بازدیدهای صحرایی و قضاوت کارشناسی با روش فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP) با توجه به درجه اهمیت هرکدام از عوامل، وزن‌دار و با روش هم پوشانی وزن‌دار (Weighted overlay) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با هم تلفیق شد. و نقشه پتانسیل کارستی شدن تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.مدل مذکور با استفاده از تعداد دهنه‌ی چشمه در کلاسه‌های شاخص فازی و قطعی ارزیابی و مدل ارائه شده، صحت سنجی گردید.

کلید واژه ها:(سازند خوش ییلاق، کارست، لیتولوژی، خطواره، تصویر ماهواره‌ای، چشمه کارستی)

Assessment the potential of using GIS in the formation of carbonate karst development

Khoshyylaq- northern Iran

Abstract

In this study, the significance of factors affecting the development potential of karst on the part of the Alborz range has been Ramian Ali Abad. For this purpose, the information layers lithology, lineament density, the slope of the ground, precipitation, temperature, vegetation, elevation and distance from the source using the digital information on local, remote sensing, geological maps, topographic maps and statistics precipitation and temperature were prepared.Classified information layers criteria as maps and field visits, expert judgment using the analytic hierarchy process (AHP) weighted according to the degree of importance of each factor, and weighted overlap method (Weighted overlay) in the system geographic information (GIS) combined together. Karstic potential maps were prepared and analyzed. The model uses a bit of spring in classes and final phase index and evaluation model was validated.

Keywords :(Khoshyeilagh Formation, Karst, lithology, lineament, satellite imagery, karst springs)

****

مقدمه :

در بسیاری از نقاط ایران منابع آبرفتی و آب‌های سطحی از لحاظ کمی و کیفی محدویت‌هایی دارند از این رو بررسی توسعه یافتگی و پتانسیل کارستی شدن در سازندهای کربناته اهمیت ویژه‌ای در سیستم آبرسانی برخوردار است. چنين بررسي‌هايي مي‌تواند با تعيين مناطق داراي پتانسيل توسعه كارست، منابع آب در اين سازندها را مشخص كرده، هزينه و زمان كاوش را بطور قابل توجهی كاهش دهد. مرادي و همكاران (۱۳۸۹)، با بررسی تأثیر عوامل مختلف در توسعه کارست پهنه‌های کارستی زاگرس، به بررسی درجه اهمیت عوامل موثر در توسعه کارست در بخشی از پهنه کارستی زاگرس در محدوده شیراز تا یاسوج پرداخته است. قلیزادگان و رجب زاده ساعی (۱۳۹۱)، با استفاده از روش سلسله مراتبی AHP و روش تلفیق در سیستم GIS برای پتانسیل یابی مناطق کارستی، در شهرستان مهاباد پرداختند. در این میان سازند خوش ییلاق با توجه به گسترش جانبی زیاد، سازند کربناته مهمی در شمال و شمال شرق کشور به شمار می رود و به همین دلیل بررسی پتانسیل توسعه کارست در آن با اهمیت است. هدف از اين پژوهش الف) تهيه نقشه‌هاي موضوعي منطقه مطالعاتي همچون پوشش گياهي، گسل‌ها و شكستگي‌ها، سنگ شناسي، نقشه منابع آب و هواشناسي و ديگر منابع داده مثل مدل‌هاي رقومي ارتفاع، ب) ارزيابي عوارض كنترل كننده منابع آب زيرزميني با تركيب داده‌هاي دورسنجي، مدل رقومي ارتفاع و داده‌هاي صحرايي، ج) ارزیابی پتانسیل توسعه کارست در سازند خوش ییلاق از طریق تلفیق نقشه‌هاي موضوعي مختلف در سامانه اطلاعات مكاني می‌باشد.

****

بحث:

منطقه مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی ′۴۷ °۵۴ تا ′۸ °۵۵ طول شرقی و ′۴۸ °۳۶ تا °۳۷ عرض شمالی واقع شده و در حوزه شهرستان‌های علی آباد کتول و رامیان قرار دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۱۱۸ و ۱۸۳۴ متر می‌باشد. میانگین بارندگی و دمای منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۷۴۵ mm و ۱۵ċ میباشد. این منطقه از نظر تقسیمات زمین شناسی در البرز شرقی قرار دارد. وقوع فازهاي كوهزائي و چين‌خوردگي متعدد در سري‌هاي رسوبي موجب ايجاد شكستگي، جابجائي و درز و شكاف‌هاي فراواني شده كه روند عمده آنها شمال‌شرقي- جنوب‌غربي است. سازندهای مختلفی در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند شکل (۱). مهمترین این سازندها که به عنوان یک آبخوان با پتانسیل توسعه کارست مورد نمونه برداری و مطالعه قرار گرفته است، سازند خوش ییلاق می‌باشد. و به عنوان الگوي سنگ‌هاي دونين مياني- بالايي البرز شرقی است در یک نگاه کلی توالی های این سازند را می توان به چهار عضو زیر تقسیم کرد (درویش زاده, ۱۳۷۰): واحد آواری پایینی، واحد کربناته های پایینی، واحد آواری بالائی، واحد کربناته های بالائی می باشد. این سازند دارای پتانسیل مناسبی از نظر تراوائی و نفوذپذیری بوده و می تواند به عنوان یک منبع آب مورد اکتشاف قرار گیرد.

روش تحقیق

برای بررسی توسعه یافتگی و پتانسیل کارستی شدن در سازند مد نظر از سه منبع داده‌اي شامل تصاوير ماهواره‌ای، نقشه‌های موجود، و داده‌هاي زميني استفاده شد. روند کلی مطالعه شامل روش تحقیق، تلفیق داده‌ها و نوع تاثیر در تعیین پتانسیل توسعه کارست در فلوچارت شکل (۲) ارائه شده است. مرحله اول شامل تعيين عوامل موثر در تعيين پتانسيل توسعه كارست بود. در اين بخش با توجه به شرايط خاص هيدروژئولوژي كارست در منطقه، و داده‌هاي موجود، و با اعمال قضاوت كارشناسي، پنج عامل هيدروژئولوژيكي، ساختاري، زمين شناسي، اقليم و توپوگرافي مؤثر شناخته شد. عامل هيدروژئولوژيكي به صورت نمايه فاصله از مظهر چشمه اعمال شده است، تا معرف شرايط هيدروژئولوژيكي منطقه باشد، و فاصله از مظهر چشمه به عنوان نمايه شدت كارست شدگي در نظر گرفته شده است. عامل ساختاري، اين عامل بطور قابل ملاحظه‌اي بر روي هيدروژئولوژي سنگهاي كربناته و آهكي تأثير مي گذارد. در تحقيق حاضر عامل ساختاري به صورت دو نمايه، فاصله از شكستگي‌ها و تراكم طول شكستگي‌ها در نظر گرفته شده است. عامل زمين‌شناسي به صورت نمايه‌ي ليتولوژي در پتانسيل‌يابي اعمال گرديده است. به علت تاثيرگذاري زياد جنس سازند بر نفوذ آب و قابليت متفاوت حفظ آب در سازندهاي مختلف، از اين نمايه استفاده شده است. عامل اقليم هم با سه نمايه‌ی باران و

دما و تراکم پوشش گیاهی شناخته می شود. عامل توپوگرافي به صورت دو نمايه‌ي شيب و افزايش ارتفاع نسبت به سطح اساس محلی در نظر گرفته شده است.

مرحله دوم آماده سازی لايه‌ها وتهيه يک قالب يکسان براي مقايسه لايه‌هاي موضوعي مختلف و رتبه بندي و وزن‌دهي هر يک را شامل مي‌شود.

آماده سازی لايه‌ها معياری

داده‌هاي مورد نياز براي تهيه نه لايه‌ي معيار از منابع مختلف و با فرمت هاي گوناگون جمع آوري شده است جدول(۱). داده‌هاي صحرايي و نقشه هاي مورد نياز رقومي سازي شده و سپس به محيط GIS آورده شده‌اند. سپس تمامي داده‌ها با يک سيستم تصوير (UTM) و يک سيستم مرجع (WGS 84) در آمدند. همچنين توابع تحليلي مكاني مختلفي بر روي داده‌ها براي تبديل آن‌ها به نقشه‌هاي معيار صورت گرفت كه از آن جمله مي توان به توابع مانند: بريدن، ادغام كردن، فاصله، تراكم، طبقه‌بندي مجدد، و توابع تحليلي سطوح مانند استخراج شيب و ايجاد سطح اشاره كرد. اندازه‌ي پيكسلي ۱۰۰ * ۱۰۰ متر براي همه‌ي نقشه‌ها انتخاب گرديد.

لايه ليتولوژی

اين لايه اطلاعاتی با استفاده از نقشه‌هاي زمين شناسي ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمين شناسی در نرم افزار ArcGIS تهيه گرديد. ابتدا نقشه‌های زمين‌شناسی منطقه در نرم افزار ArcGIS زمين مرجع شدند، سپس سازندهای مختلف بر روی نقشه شناسايی شده و با استفاده از توابع تبديل بردار به رستر كه از توابع پردازشي GIS مي‌باشد، لايه ليتولوژي تبديل به يک لايه‌ي رستري شد كه در آن ارزش هر پيكسل نشان‌دهنده‌ي كارستي بودن يا نبودن آن است. البته با توجه به اين كه مطالعه روی سازند خوش ييلاق صورت می گيرد با فرض هموژن بودن، ارزش همه سلول‌ها يک در نظر گرفته شده است شكل (۳).

لايه شيب

شيب توپوگرافی يکی از عوامل موثر بر توسعه كارست است. اين لايه اطلاعاتی با استفاده از مدل ارتفاع رقومی (DEM) منطقه كه با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه بدست آمده بود با بكارگيری توابع تحليلی سطح بدست آمد. كه ارزش هر پيكسل در آن نشان‌دهنده‌ي مقدار شيب آن بر حسب درصد است. با توجه به اين كه در شيب‌های كم فرصت نفوذ بيشتر است به شيب‌های كم ارزش بيشتری داده شد(Srivastava et al., 2006؛ Israil et al., 2006) شكل (۳).

لايه تراكم پوشش گياهی

بدست آوردن اطلاعات درباره وضعيت پوشش‌گياهی از قبيل ميزان و پراكنش آنها، با توجه به تاثيری كه اين عامل در كارستی شدن دارد از اهميت زيادی برخوردار است. با توجه به اين مطلب، از شاخص NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) استفاده شده است كه مناسب‌ترين شاخص با توجه شرايط منطقه مورد مطالعه می‌باشد. اين شاخص بوسيله ArcGIS و كار روی داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ تهيه می‌گردد. كه از رابطه زير بدست می‌آيد.

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

كه در اين رابطه NIR داده ماهواره‌ای با طيف نزديک به مادون قرمز و RED داده با طيف مادون قرمز را بيان می‌كند. نقشه تراكم پوشش‌گياهی منطقه در شكل (۳) نشان داده شده است.

لايه تراكم طولی خطواره

در پژوهش حاضر به علت تراكم بالای پوشش گياهی نمی‌توان از مزايايی تصاوير ماهواره‌ای معمولی به علت منعكس شدن امواج از سطح درختان استفاده كرد. و نياز به داده‌هايی با طول موج بلند به اصطلاح داده‌های راداری می‌باشد تا از پوشش گياهی عبور و به سطح زمين برسد. به علت عدم دسترسی به اين داده‌ها برای تهيه اين نمايه از نقشه‌های ساختاری منطقه استفاده می‌كنيم و با استفاده دستور Line Density تهيه

می‌شود. این نقشه بر حسب درصد کلاس‌بندی شد و با توجه به اینکه چگالی خطواره بیشتر معرف نفوذ بیشتر می‌باشد به چگالی‌های بیشتر ارزش بیشتر داده شد شکل (۳).

لایه دما

دما از عوامل اقلیمی مهم در توسعه کارست می‌باشد. بویژه در منطقه که دارای اقلیم سرد و مرطوب می‌باشد لذا اقدام به تهیه این لایه اطلاعاتی گردید. این لایه با استفاده از رابطه دما – ارتفاع براي دوره شاخص ۳۴ ساله (سال هاي آبي ۵۸-۱۳۵۷ لغايت ۹۲-۱۳۹۱) بدست می آید. با توجه به تاثیر عکس دما در توسعه کارست (افزایش دما موجب کاهش انحلال گاز کربنیک در آب باران می‌گردد) به دماهای پایین ارزش بیشتر و به دماهای بالاتر ارزش کمتر داده شد (شکری و همکاران،۱۳۹۰). نقشه دمای منطقه مورد مطالعه در شکل (۳) نشان داده شده است.

لایه بارش

با توجه به اینکه حجم بارش در توسعه کارست اهمیت بسیاری دارد اقدام به تهیه این لایه اطلاعاتی شد. نقشه هم بارش در منطقه با استفاده از رابطه بارش- ارتفاع بدست میآید در اين مطالعه ريزشهاي جوي در منطقه مطالعاتي از آمار بارندگي ۳۲ ايستگاه، در دوره شاخص ۴۱ ساله (۵۱-۱۳۵۰ تا ۹۲-۱۳۹۱) استفاده گردید. با توجه به تاثیر مستقیم این نمایه در توسعه کارست، به بارش‌های بالا ارزش بیشتر و به بارش‌های پایین ارزش کمتر داده شد. و در صورت ثابت بودن سایر پارامترها هر چه باران در منطقه‌ای بیشتر باشد، توسعه کارست درآن منطقه بیشتر است. نقشه بارش در شکل (۳) نشان داده شده است.

لايه فاصله از محل‌هاي تخليه

براي تهيه اين لايه از مختصات محل‌هاي تخليه و تابع فاصله که از توابع مربوط به تحليل مکاني داده‌ها مي‌باشد، استفاده شده است. در اين روش مي‌توان از هر لايه‌ي برداري يک لايه رستري با مقادير پيکسلي فاصله تهيه نمود. در نقشه‌ي فاصله از محل‌هاي تخليه مقدار هر پيکسل نشان دهنده‌ي فاصله‌ي آن پيکسل از نزديک‌ترين محل تخليه مي‌باشد. نقشه فاصله از محل‌هاي تخليه منطقه مورد مطالعه، در شکل (۳) نشان داده شده است.

لایه افزایش ارتفاع نسبت به سطح اساس محلی

براي تهيه اين لايه ابتدا نقشه توپوگرافی منطقه مطالعاتی در محیط GIS رقومی شد و سپس مدل رقومي ارتفاعي (DEM) منطقه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه در نرم‌افزار ArcGIS ، به ابعاد پيکسلي ۱۰۰ * ۱۰۰ تهيه شد. سپس با توجه به سطح اساس فرسايش محلی و با به کارگيري تابع طبقه‌بندي مجدد، اين لايه تهيه گرديد شکل (۳).

لایه فاصله از گسل

این لایه با استفاده از نقشه‌های ساختاری منطقه مورد مطالعه و با تابع فاصله این نقشه تهیه می‌گردد. که هر چه به گسل‌ها نزدیک‌تر باشیم نقش موثرتری بر توسعه کارست دارد. نقشه فاصله از گسل منطقه در شکل (۳) نشان داده شده است.

هم مقياس سازي نقشه‌هاي معيار

با توجه به اينکه نقشه‌هاي تهيه شده داراي مقياس مختلفي مانند متر براي فاصله‌ها و درصد براي تراکم‌ها هستند، لذا براي اينکه تلفيق آن‌ها امکان‌پذيرگردد، هم‌مقياس‌سازي آن‌ها امري لازم بنظر مي‌رسد. در اينجا هم-مقياس‌سازي به دو روش قطعي و فازي صورت گرفت. در روش فازی با استفاده از توابع فازی، دامنه تغییرات عددی لایه‌ها در دامنه یک تا صفر تعریف می‌شود. در روش قطعي به هريک از رده‌های لایه‌های اطلاعاتی یک ارزش (score) داده شده که انتخاب این ارزش‌ها بر اساس مطالعات دیگران، بازدید صحرایی و نظر کارشناسی و شناخت منطقه و با استفاده از تابع طبقه‌بندي مجدد در محدوده‌ي ارزش‌هاي ۰ تا ۹ نرخ بندي شدند، نرخ‌هاي انتخاب شده و نقشه‌هاي هم‌مقياس بدست آمده در شکل (۳) آمده است.

وزن‌دهي نقشه‌هاي معيار

با توجه به اينكه ميزان تاثير هر نمايه در پتانسيل توسعه يافتگی متفاوت مي‌باشد بنابراين يكي از مراحل مهم پيش از تلفيق نقشه‌هاي معيار، تعيين اهميت نسبي هر يک از نمايه‌هاي موثر و اختصاص وزن به هر كدام از آنها مي‌باشد. در اين تحقيق وزن‌دهي نهايي هر يک از نمايه‌هاي مؤثر بحث شده با استفاده از روش تحليل سلسله مراتبي (AHP) توسط نرم افزار Expert Choice تعيين شده است شكل (۳). لازم به ذكر است كه جمع وزن‌ها عدد ۱ در نظر گرفته شد.

و در مرحله سوم تحقيق، به تلفيق لايه‌ها و صحت سنجی تلفيق انجام شده پرداخته می‌شود.

تلفيق نقشه‌هاي معيار با استفاده از مدل همپوشاني شاخص

تلفيق نقشه‌ها و بدست آوردن نقشه نهايي با استفاده از حاصلضرب وزن هر لايه در رتبه‌هاي مختلف موجود در آن صورت گرفته است. طبق رابطه (۲) و به دو صورت يكبار با استفاده از نقشه‌هاي معيار قطعي و يكبار طبق عقيده‌ي چِن و هوآنگ (Chen & Hwang, 1992) با به كارگيري نقشه‌هاي معيار فازي اعمال گرديد. روش مذكور در عين برخورداري از منطقي ساده، به شكل قابل انعطافي ورودي‌ها را با هم تركيب مي‌كند. در روش همپوشاني شاخص، وزن نمايه‌ها و كلاس‌هاي مربوط به هر يک از آنها مورد استفاده قرار گرفته و مسئله به صورت خطي حل مي‌گردد.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_{ij}\ w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در اين رابطه W_i وزن i امين نقشه ورودي، S_{ij} امتياز j امين كلاس از i امين نقشه ورودي، و S ارزش هر واحد پيكسلي در نقشه خروجي مي‌باشد. در شكل‌هاي (۴) و (۵)، به ترتيب نقشه‌هاي پتانسيل بدست آمده با لايه‌های قطعي و فازي را ارائه مي‌دهند.

تفكيک‌پذيري ظاهري نقشه‌ها

براي ارزيابي نقشه‌هاي تهيه شده از نظر تفكيک‌پذيري ظاهري ابتدا نقشه‌هاي استاندارد سازي شده، در پنج پتانسيل پايين (۲۰-۱)، نسبتا پايين (۴۰- ۲۰)، متوسط (۶۰- ۴۰)، نسبتا بالا (۸۰- ۶۰)، بالا (۱۰۰- ۸۰) طبقه بندي شدند شكل (۶).

مدل همپوشاني شاخص با لايه‌هاي قطعي از نظرتفكيک پذيري، مناطق كمتري را به عنوان بهترين پتانسيل معرفي مي‌كند. علت اختلاف بين دو مدل مي‌تواند تعريف مرزهاي قطعي باشد، زيرا با تعريف مرزها در اين روش، به راحتي دو عدد كه خيلي به هم نزديكند در دو طبقه‌ي مختلف قرار مي‌گيرند، براي مثال در نقشه‌ي فاصله از محل‌هاي چشمه به ارزش‌هاي پيكسلي كمتر از هزار متر نرخ ۹ اختصاص يافته است، اين در حالي است كه حتي اگر فاصله از محل چشمه ۱۰۱ متر باشد، در طبقه‌ي بعدي با نرخ ۷ جاي مي‌گيرد و اين اختلاف ايجاد شده مي‌تواند به راحتي در نقشه‌ي خروجي مشكلاتي را ايجاد نمايد، اين درحالي است كه در روش فازي چنين مشكلاتي وجود ندارد. لذا استفاده از منطق فازي در هم‌مقياس سازي نقشه‌هاي معيار بر روش‌هاي قطعي ارجحيت دارد، چراكه تعريف مرز براي پديده‌هاي دنياي واقعي كه خود مرز بارزي ندارند و به صورت طيفي پيوسته هستند، از واقعيت دور مي‌باشد. در نهايت با مقايسه‌ي وضعيت خروجي‌ها از لحاظ تفكيک پذيري ظاهري و ارزيابي دقت آن‌ها با استفاده از داده‌هاي موجود موارد زير مشخص مي‌گردد: الف) مدل همپوشاني شاخص با لايه‌هاي فازي، جواب مناسبي را از لحاظ دقت و ميزان تفكيک‌پذيري ارائه مي‌دهد. ب) در مدل همپوشاني شاخص با لايه‌هاي قطعي به علت اينكه پارامترهاي مؤثر در مدل طيف پيوسته و دامنه‌داري دارند، امكان اشتباه در تفكيک مناطق پتانسيلي وجود دارد.

صحت سنجی تلفيق انجام شده

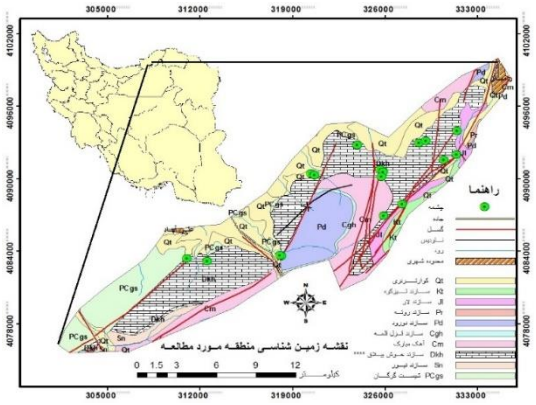
هدف از صحت سنجی، پاسخ به این سوال است که آیا نقشه‌های حاصل از تلفیق لایه‌ها با طبیعت همخوانی دارد؟ برای صحت سنجی تلفیق انجام شده، روش استانداری وجود ندارد. ولی در اکثر کارهای انجام شده این کار بوسیله‌ی دبی چشمه‌ها انجام می‌گیرد. اندازه گیری نشدن دبی همه چشمه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، مانع از استفاده از این روش می‌شود. با توجه به مطالعات میدانی از جمله بررسی نمونه‌های دستی و مقاطع نازک و موقعیت قرارگیری دهنه چشمه ها و ارتباط آن با ساختارهای زمین شناسی نشان می‌دهد که انحلال سازند در امتداد ساختارها بیشتر بوده و در سایر مناطق به دلیل پوشش ضخیم خاک لس و پرشدگی درزه‌ها پتانسیل توسعه یافتگی کمتر است. با این فرض، در این متن از تعداد دهنه‌ی چشمه در کلاسه‌های شاخص فازی و قطعی برای صحت سنجی تلفیق استفاده شد جدول (۲). در هر دو تلفیق تعداد چشمه‌ها در دامنه‌ی مناطق پنجگانه را بدست آورده و با توجه به وجود تعداد دهنه‌ی چشمه و دبی بعضی چشمه ها در هر کدام از این محدوده‌ها صحت سنجی تایید می‌شود جدول (۲). و با توجه به تعداد دهنه چشمه در هر کدام از رده‌های پتانسیل توسعه یافتگی برای شاخص فازی و قطعی، می‌توان بیان کرد که برای شاخص فازی در هر کدام از رده‌های به جز رده پایین توسعه یافتگی دهنه‌ی چشمه‌ای رو شاهد هستیم. ولی برای شاخص قطعی در دو رده پتانسیل توسعه یافتگی پایین و نسبتا پایین در دهنه چشمه نداریم، با توجه به تفکیک پذیری ظاهری نقشه‌ها و تعداد دهنه چشمه در هر کدام از رده‌های پتانسیل توسعه کارست به نظر می‌رسد که روش شاخص قطعی نسبت به روش شاخص فازی از دقت کمتری برخوردار است.

نتیجه گیری :

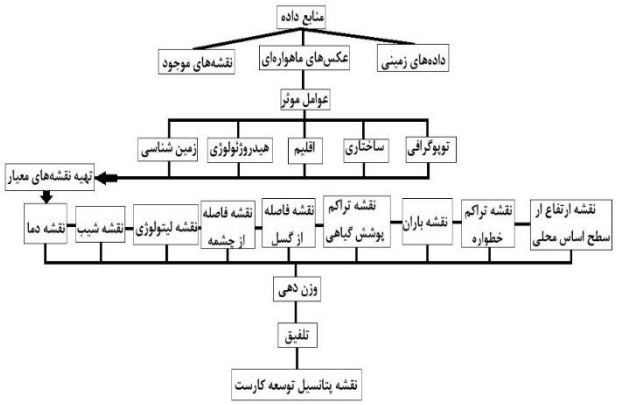
تکنولوژی سنجش از دور و GIS ابزار توانمندی در مطالعات منابع آب هستند، تلفیق و تحلیل نقشه‌هاي موضوعي مختلف و تصاوير ماهواره‌اي ابزار مفيدي براي ارزيابی پتانسيل توسعه کارست محسوب مي‌شوند. در مطالعه حاضر، از تلفيق مطالعات دورسنجي، داده‌هاي صحرايي، نقشه‌هاي موضوعي مختلف و سامانه اطلاعات مكاني جهت ارزيابي پتانسيل توسعه کارست در سازند خوش استفاده شده است. با تلفيق نمايه‌های موثر در توسعه کارست از جمله نمايه ليتولوژی، سطح اساس فرسايش محلي، نمايه شيب، باران، دما، فاصله از گسل، فاصله از دهنه چشمه، تراكم طولی خطواره‌ها و تراكم پوشش‌گياهی، مدل پتانسيل توسعه کارست در سازند خوش ييلاق تهيه گرديد. مناطق با پتانسيل توسعه کارست متوسط به بالا در ارتباط با ساختارهای زمين شناسی است، که مؤيد نقش اجتناب ناپذير گسل‌هاي منطقه مذكور در رابطه با توسعه کارست است. ارتباط قوی بين نتايج مدل و استعداد کارستی شدن سازند، صحت مدل توسعه کارست را تأييد می‌كند.

****

جداول و اشکال :



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

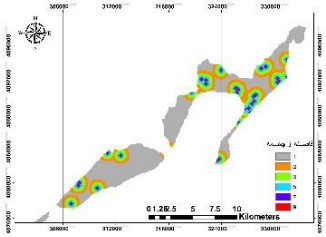
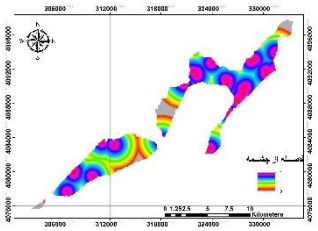
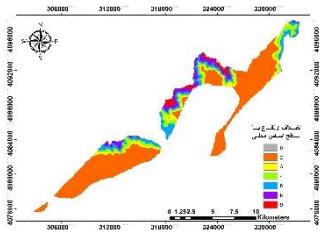
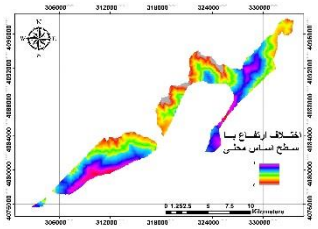
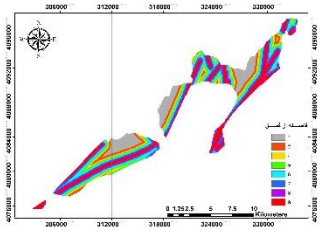
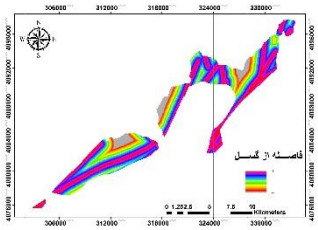


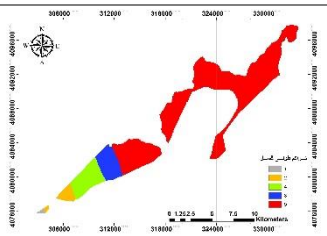
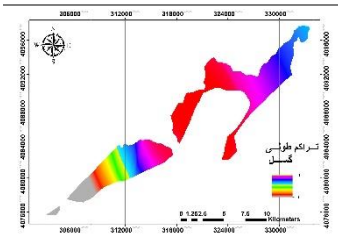
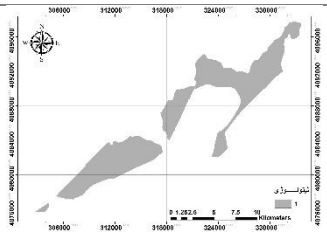
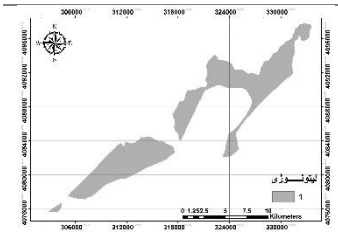
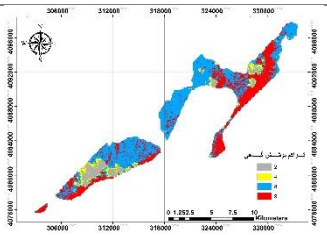
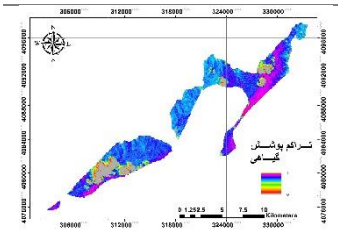
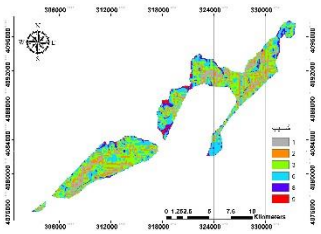
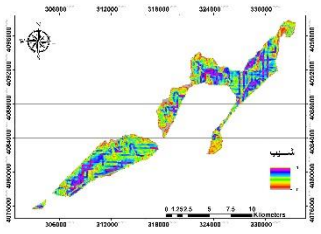
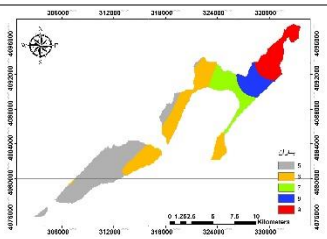
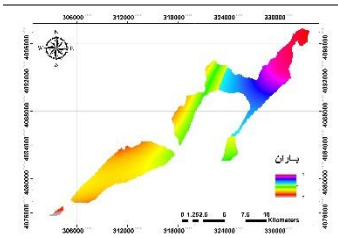
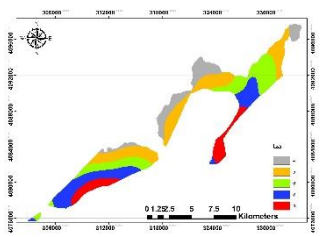
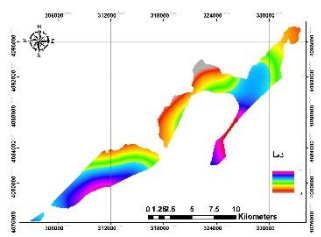
شکل ۲. فلوچارت مراحل تهیه نقشه پتانسیل توسعه کارست در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. منابع داده مورد استفاده

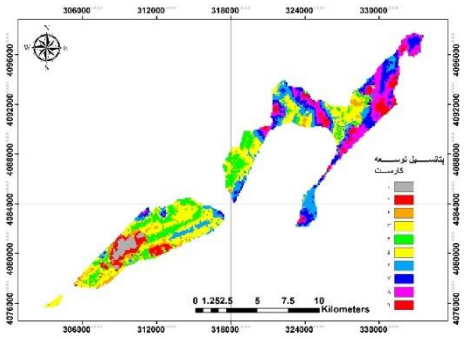
نمایه های مؤثر	*منابع داده*
فاصله از محل‌های تخلیه	داده‌های صحرایی

اختلاف ارتفاع نسبت به سطح اساس محلی	مدل ارتفاعي رقومي و داده هاي صحرايي
فاصله از گسل‌ها	نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰
تراکم طول گسل‌ها	نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰
شیب	نقشه هاي ارتفاعي رقومي ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداري كشور
لیتولوژي	نقشه هاي ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی ایران
پوشش گیاهی	عکس ماهواره ای landsat 7
باران	داده های ایستگاه هواشناسی استان گلستان

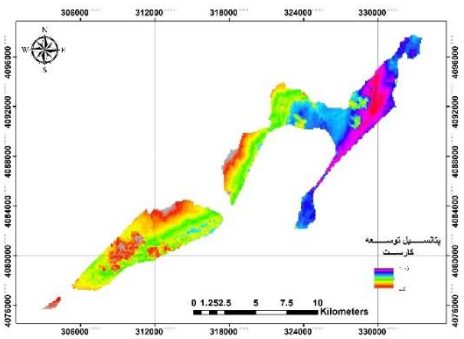
پارامتر	دامنه تغییرات	رتبه	تصویر قطعی	وزن نسبی	تصویر فازی
فاصله از محل چشمه (m)	< ۱۰۰	۹		۰.۱۲۶	
	۱۰۰-۲۰۰	۷			
	۲۰۰ -٤۰۰	٥			
	٤۰۰ -۷۰۰	٤			
	۷۰۰ – ۱۰۰۰	۳			
	۱۰۰۰ -۱۰۰۰۰	۲			
	> ۱۰۰۰۰	۱			
اختلاف ارتفاع با سطح اساس محلی(m)	< ۱۳۷	۰		۰.۰۸۱	
	۱۳۷ -۲۰۰	۹			
	۲۰۰ - ۳۰۰	۸			
	۳۰۰ -٤۰۰	٦			
	٤۰۰ - ٥۰۰	٤			
	٥۰۰- ٦۰۰	۳			
	> ٦۰۰	۲			
فاصله از گسل ها (m)	۰ -۱۰۰	۹		۰.۰۹۲	
	۱۰۰ -۲۰۰	۸			
	۲۰۰ -۳٥۰	۷			
	۳٥۰ -٥۰۰	٦			
	٥۰۰ - ٦٥۰	٥			
	٦٥۰ - ۸۰۰	٤			
	۸۰۰ - ۱۰۰۰	۲			

	> ۱۰۰۰	۱			
تراکم طولی گسل (درصد)	۰ -٤٥	۱		۰.۱۱۸	
	٤٥ -٦۰	۲			
	٦۰ -۷٥	٤			
	۷٥ - ۸٥	۸			
	۸٥ - ۱۰۰	۹			
لیتولوژی	سازند خوش ییلاق	۱		۰.۱٥۲	
تراکم پوشش گیاهی (درصد)	۰ -۲٥	۲		۰.۱۷۲	
	۲٥ -٥۰	٤			
	٥۰ -۷٥	۸			
	۷٥ -۱۰۰	۹			
شیب (درصد)	۰ -۱۰	۹		۰.۰۲٦	
	۱۰ -۲۰	۸			
	۲۰ -٤۰	٦			
	٤۰ -٦۰	۳			
	٦ ۰-۷۰	۲			
	> ۷۰	۱			
باران (mm)	<۷۲۰	٥		۰.۲۰۹	
	۷۲۰-۷٤٥	٦			
	۷٤٥-۷۷۰	۷			
	۷۷۰-۷۹٥	۸			
	> ۷۹٥	۹			
دما	<۱۲.۷	۹		۰.۰۲٤	
	۱۲.۸ – ۱۲.۷	۸			
	۱٤.۹ – ۱۳.۸	٦			
	۱٦ – ۱٤.۹	٥			
	> ۱٦	٤			

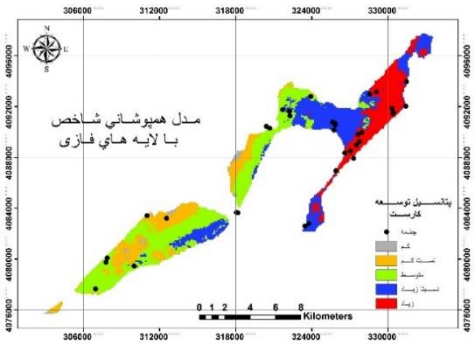
شکل ۲. لایه‌های استاندارد شده همراه با رده‌بندی و اهمیت نسبی لایه‌ها

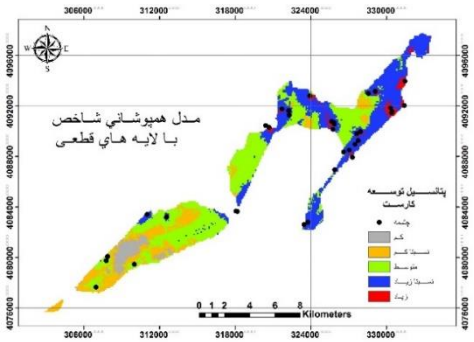


شکل ۴. نقشه‌ي پتانسيل آب زيرزميني حاصل از اجراي مدل همپوشاني شاخص با لايه‌هاي قطعي



شکل ۵. نقشه‌ي پتانسيل آب زيرزميني حاصل از اجراي مدل همپوشاني شاخص با لايه‌هاي فازي





شکل ۶. ارزيابي تفکيک پذيري ظاهري نقشه‌هاي پتانسيل توسعه کارست منطقه‌ي مورد مطالعه

جدول ۲- مقدار آبدهی چشمه‌های بررسی شده با توجه کلاس پتانسیل توسعه یافتگی.

تعداد چشمه در هر کلاسه	وضعیت توسعه یافتگی	
۰	پایین	فازی
۲	نسبتا پایین	
۹	متوسط	
۱۱	نسبتا بالا	
۱۵	بالا	
۰	پایین	قطعی
۰	نسبتا پایین	
۲	متوسط	
۱۴	نسبتا بالا	

	بالا	۲۱

منابع فارسي :

درویش زاده, ع. (۱۳۷۰)، زمین شناسی ایران انتشارات نشر دانش، وابسته به موسسه انتشارات امیرکبیر.

دشتی برمکی، م، (۱۳۸۹)، پتانسیل یابی منابع آب کارست با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور و GIS در تاقدیس‌های دشتک و شاهنشین. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشکده علوم، گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم.

شکری.م، کرمی.غ، اشجاری.ج، (۱۳۹۰)، بررسی توسعه کارست در حوضه آبگیر چشمه علی دامغان با تلفیق مطالعات هیدروژئولوژی، RS و GIS. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشکده علوم زمین، گروه آبشناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

قلیزادگان.ف، رجب زاده ساعی.ح ،(۱۳۹۱) ،پتانسیل یابی مناطق کارستی، مطالعه موردی شهرستان مهاباد شمال غرب ایران AHP و روش تلفیق در سیستم GIS.

مرادي.ص، رضائی.م، پورهمت.ج، (۱۳۸۹)، بررسی تأثیر عوامل مختلف در توسعه کارست پهنه‌های کارستی زاگرس.

۴. علوي پناه، س.ك.(۱۳۸۲).كاربرد سنجش از دور درعلوم زمين(علوم خاك). انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۱۸- ۳۵.

۵. غیثی، ح. (۱۳۸۷). "بررسی عوامل موثر بر توسعه کارست در پهنه های کارستی زاگرس با استفاده از اطلاعات رقمی سنجش از دور و GIS ". پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، بخش علوم دانشگاه شیراز.

****

References:

Chen, S.J. and C.L. Hwang. (1992). Fuzzy multiple attribute decision making. Berlin: Springer- Verlag.

Israil, M., M. Al-hadithi, and D.C. Singhal. (2006). Application of a resistivity survey and geographical information system (GIS) analysis for hydrogeological zoning of a piedmont area, Himalayan foothill region, India. Hydrogeology Journal, 14(5): 753-759.

Srivastava, P.K. and A. Bhatacharya. (2006). Groundwater assessment through an integrated approach using remote sensing, GIS and resistivity techniques: a case study from a hard rock terrain. International Journal of Remote Sensing, 27(20): 4599 – 4620.