هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۳، سال ششم، تابستان ۱۳۹۹، صص ۲۰-۱
Hydrogeomorphology, Vol.6, No.23, Summer 2020, pp (1-20)

ارزیابی تناسب اراضی به منظور فعالیت‌های کشاورزی بر مبنای شاخص‌های هیدروژئومورفولوژی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان سنندج)

مجتبی یمانی*[1]، حمیدگنجائیان[2]، لیلا گروسی[3]، مهناز جاودانی[4]

۱- استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران
۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس
۴- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد مشهد

وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۷

چکیده

کشاورزی از طریق تأثیرگذاری بر محیط زیست، رشد اقتصادی و تأمین امنیت غذایی در توسعه‌ی اقتصادی هر کشوری نقش حیاتی دارد. با توجه به اینکه تعیین اراضی مناسب به منظور فعالیت‌های کشاورزی بسیار ضروری است، در این تحقیق تلاش شده تا بر اساس شاخص‌های هیدروژئومورفولوژی، تناسب اراضی به منظور فعالیت‌های کشاورزی در شهرستان سنندج مورد ارزیابی قرار گیرد. لایه‌های اطلاعاتی تحقیق حاضر شامل جنس خاک، زمین‌شناسی، شیب، ارتفاع، واحدهای ژئومورفولوژی، بارش، دما، فاصله از رودخانه، وضعیت آب زیرزمینی و کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی می‌باشد. شاخص‌های مورد بررسی بر اساس نظر کارشناسان و به روش ANP امتیازدهی شده‌اند. سپس با استفاده از تلفیق دو روش OWA و ANP لایه‌های اطلاعاتی باهم ترکیب شده‌اند. مطابق نتیجه نهایی، محدوده شهرستان سنندج از نظر میزان تناسب جهت توسعه‌ی اراضی کشاورزی به سه کلاس مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شده‌اند. کلاس مناسب با ۵۹۷ کیلومترمربع عمدتاً مشتمل بر نواحی مرکزی، شمال و شمال شرقی شهرستان است. کلاس نسبتاً مناسب نیز با ۸۰۱ کیلومترمربع وسعت عمدتاً شامل نواحی جنوبی و شمالی شهرستان و همچنین کلاس نامناسب با ۱۵۸۷ کیلومترمربع وسعت عمدتاً شامل نواحی غربی شهرستان است. تطبیق نتایج با واقعیت زمینی بیانگر این است که در بسیاری از مناطق از جمله مناطق غربی شهرستان، فعالیت‌های کشاورزی متناسب با قابلیت اراضی منطقه صورت نگرفته است.

کلمات کلیدی: تناسب اراضی، فعالیت‌های کشاورزی، شاخص‌های هیدروژئومورفولوژی، شهرستان سنندج.

* (نویسنده‌ی مسئول) **E-mail**:myamani@ut.ac.ir

۱- مقدمه

کشاورزی نقش حیاتی در توسعه اقتصادی هر کشوری دارد (احمد، ۱۳۸۲: ۳۳) و در ایران در دهه‌های آتی به دلیل کاهش ذخایر فسیلی این نقش پر اهمیت‌تر خواهد شد (قنواتی و دلفانی گودرزی، ۱۳۹۲: ۳۲). در عصر حاضر روند رو به افزایش جمعیت، محدودیت منابع و افزایش تقاضا برای محصولات غذایی (یاری و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۰۵)، ایجاب می‌کند که از منابع محدود برای کشاورزی به نحو بهینه استفاده شود (پروین و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۸). در واقع، یکی از راه‌های افزایش تولید در واحد سطح یا به عبارت دیگر استفاده بهینه از اراضی، شناسایی ظرفیت تولید اراضی و انتخاب مناسب‌ترین کاربری با ظرفیت تولید آن است (پاکپورربطی و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۶). برای داشتن کشاورزی موفق توجه به ویژگی‌های اقلیمی و شرایط محیطی از مهم‌ترین ارکان مطالعه است (فرجزاده، ۱۳۸۶). امروزه مطالعات ژئومورفولوژی به‌عنوان پایه مطالعات و بررسی‌های منابع طبیعی محسوب می‌شود. شناخت فرایندها و مکانیسم‌های فعال روی این لندفرم‌ها و ویژگی آن‌ها و همچنین شناخت نوع کاربری این واحدها در استفاده بهتر از محیط طبیعی و توسعه‌ی پایدار دارای اهمیت زیادی می‌باشد. به اعتقاد برخی از متخصصین، ارزیابی توان محیطی به مثابه‌ی ابزاری است برای شناسایی یک سرزمین به منظور انجام فعالیت‌هایی نظیر کشاورزی، جنگل‌کاری و ... (کوانگ مین و همکاران[1]، ۲۰۰۳؛ اولی[2]، ۲۰۰۱) و این اهمیت سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گیر که در ادامه به تشریح پاره‌ای از آن‌ها پرداخته شده است:

رشمیدوی و همکاران[3] (۲۰۰۹) به ارزیابی تناسب زمین و بهره‌وری محصولات با استفاده از تعیین پتانسیل خاک و آب‌های سطحی در منطقه‌ی گاندیشواری در غرب بنگال هند پرداختند. عبدالقادر و امین[4] (۲۰۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

1- Quangminh et al.,
2- Oli
3- Reshmidevi et al.,
4- Abdelkader & Amina

به ارزیابی تناسب اراضی برای کشاورزی در منطقه‌ی ملتا در الجزایز پرداختند. راجندرا و ویجی[1] (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص‌های محیطی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS و RS، تناسب کشاورزی را در منطقه‌ی احمد نیگیر در غرب هند بررسی کردند. ال برادی[2] (۲۰۱۶) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مصر اقدام به ارزیابی تناسب اراضی برای کشت یکپارچه گندم کرده است. امینی و همکاران (۱۳۹۲)، جهت بهینه‌سازی و بهره‌برداری مناسب زمین، رویکرد فازی را برای ارزیابی تناسب اراضی به کار بردند. مرام و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی و رتبه‌بندی دهستان‌های مستعد توسعه‌ی کشاورزی در شهرستان کرمانشاه پرداختند. نصرالهی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی زمین‌های زراعی شهرستان آق‌قلا جهت کشت گندم دیم با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. مختاری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی نقش عوامل هیدروژئومورفولوژی در تامین آب و مکانگزینی سکونتگاه‌ها در شهرستان میاندوآب پرداختند.

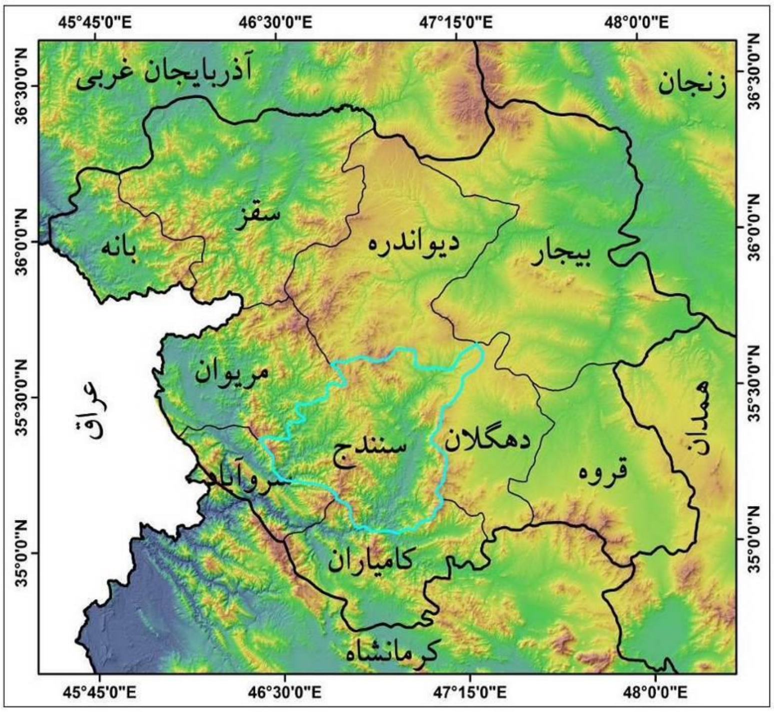
با توجه به موارد مذکور در تحقیق حاضر به ارزیابی تناسب اراضی به منظور فعالیت‌های کشاورزی شهرستان سنندج بر مبنای شاخص‌های هیدروژئومورفولوژی پرداخته شده است. بخش کشاورزی شهرستان سنندج در میان بخش‌های اقتصادی استان به لحاظ تولید و اشتغال اهمیت ویژه‌ای دارد به‌طوری‌که بعد از بخش خدمات در رتبه‌ی دوم قرار دارد. بخش زیادی از اراضی شهرستان سنندج به کشاورزی اختصاص داده شده است اما بررسی نقشه‌های مختلف، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی بیانگر این است که در بسیاری از نقاط اراضی کشاورزی (دیم، آبی) بدون توجه به شاخص‌های هیدروژئومورفولوژیکی صورت گرفته است. با توجه به اینکه شهرستان سنندج از نظر شرایط جغرافیایی و اقلیمی و وجود پتانسیل‌های آبی دارای وضعیت مناسبی است، شناسایی مناطق مستعد جهت فعالیت‌های کشاورزی به عنوان هدف اصلی تحقیق حاضر می‌باشد.

1- Rajendra & Vijay
2- El Baroudy

۲- مواد و روش

- معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان سنندج از نظر تقسیمات سیاسی جزء استان کردستان بوده که در اطراف آن شهرستان‌های دیواندره در شمال، مریوان و سروآباد در غرب، کامیاران در جنوب و دهگلان در شرق آن قرار دارند. از نظر ژئومورفولوژی بخش عمده‌ای از این شهرستان مشتمل بر واحد کوهستان می‌باشد و همچنین از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در زون اسفندقه-مریوان قرار دارد که این زون جزء ناآرام‌ترین زون‌های ایران محسوب می‌شود (درویش‌زاده، ۱۳۷۰). از نظر اقلیمی نیز شهرستان سنندج بر اساس روش آمبروژه در اقلیم نیمه‌ی خشک سرد واقع شده است که دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است (حنفی و حاتمی، ۱۳۹۲).



شکل (۱): نقشه‌ی موقعیت شهرستان سنندج
Fig (1): Location map of Sanandaj county

- روش تحقیق

با توجه به اهداف مورد نظر، روش تحقیق بر مبنای روش‌های توصیفی-تحلیلی است. داده‌های تحقیق شامل اطلاعات آماری (اطلاعات مربوط به وضعیت آب‌های زیرزمینی و شاخص‌های اقلیمی)، لایه‌های اطلاعاتی و همچنین اطلاعات کتابخانه‌ای می‌باشد. نرم‌افزارهای مورد استفاده در تحقیق نیز شامل ARCGIS (تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی، فازی‌سازی، خروجی نهایی)، IDRISI (اجرای مدل OWA)، Google earth (صحت‌سنجی نتایج) و SuperDecisione (وزن‌دهی به معیارها) می‌باشد. لایه‌های اطلاعاتی تحقیق حاضر شامل جنس خاک، تیپ اراضی، زمین‌شناسی، شیب، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، دما، وضعیت آب زیرزمینی و کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به اینکه ارزش و اهمیت شاخص‌ها جهت اهداف مورد نظر یکسان نیست، شاخص‌های مورد بررسی با استفاده از نظر کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی) به روش ANP امتیازدهی شده و با استفاده از تابع فازی در نرم‌افزار ArcGIS فازی‌سازی شده است. پس از فازی‌سازی لایه‌ها، لایه‌های استاندارد شده وارد نرم‌افزار IDRISI شده و سپس با استفاده از مدل OWA بر مبنای وزن‌های به دست آمده از طریق مدل ANP باهم ترکیب و تلفیق شده است و در نهایت نقشه‌ی نهایی حاصل شده است. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی به منظور صحت‌سنجی نتیجه‌ی حاصله، از ۵۰ نمونه تصادفی استفاده شده است. در ادامه به تشریح دو مدل ANP و OWA پرداخته شده است:

مدل تحلیل شبکه‌ای: این مدل، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و یکی از روش‌های ارزیابی چندمعیاره است که کاربرد وسیعی در علوم مختلف از جمله ژئومورفولوژی دارد. مدل ANP، شکل کامل شده تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است. در تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا مسئله یا موضوع مورد نظر را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل‌دهنده‌ی این ساختار، (همان اجزاء تصمیم) مستقل از یکدیگر فرض می‌شوند؛ بنابراین یکی از محدودیت‌های جدی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین

عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. این فرض ممکن است در بعضی از موارد صادق نباشد و ممکن است با حذف یک گزینه نتیجه‌ی رتبه‌بندی گزینه‌ها تغییر کند و یا برعکس شود؛ بنابراین باید در استفاده از روش AHP اندکی محتاط بود زیرا کلیه‌ی مسائل و مشکلات لزوماً دارای ساختار سلسله‌مراتبی نیستند (زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰). این محدودیت‌های روش AHP باعث شده تا ابداع‌کننده‌ی آن توماس ساعتی[1] روش فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP را ارائه و معرفی کند که در آن ارتباط پیچیده بین عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ای، حالت عمومی و گسترده AHP محسوب می‌شود (ساعتی و وارگاس[2]، ۲۰۰۶) که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه افزایش پیدا کرده است. علیرغم این هنوز استفاده از ANP در مسائل ژئومورفولوژی چندان باب نشده است.

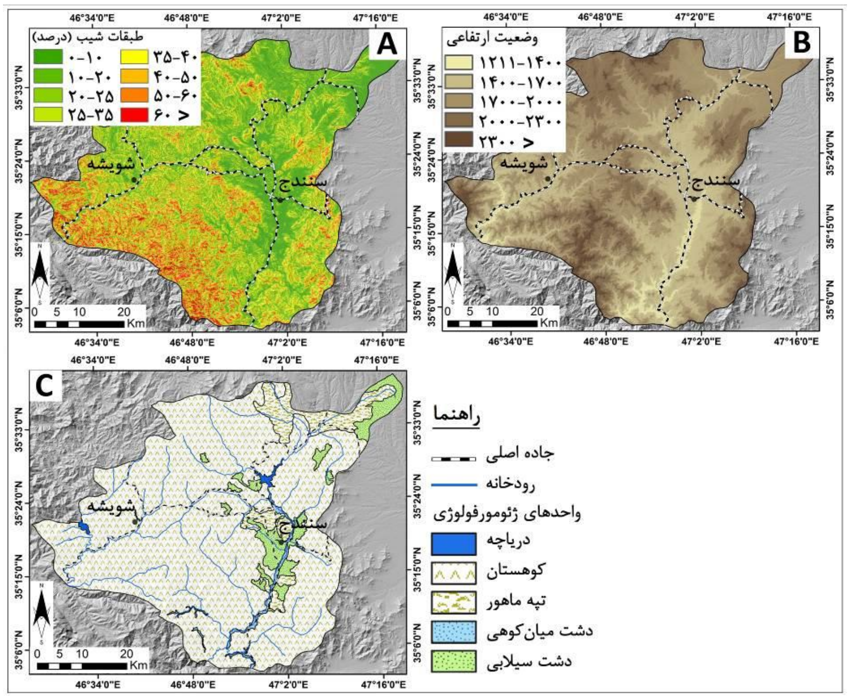
مدل میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA): روشی برای رتبه‌بندی معیارها و پرداختن به عدم اطمینان اثر متقابل آن‌هاست که نخستین بار در سال ۱۹۸۸ توسط یاگر معرفی شد. این روش شامل وزن ترتیبی می‌باشد که با وزن‌های معیار متفاوت است. وزن‌های ترتیبی به ارزش معیارها اختصاص داده می‌شوند، اما وزن‌های معیارها به معیارهای مورد استفاده اختصاص می‌یابند. در روش OWA می‌توان دامنه‌ی وسیعی از نتایج را بدست آورد، به طوری‌که این روش منجر به درجه‌بندی پیوسته‌ی سناریوهای بین عملگر اشتراک (خطر ناسازگاری ریسک ناپذیری) و عملگر اجتماع (ریسک‌پذیری) می‌شود که عملگر اشتراک (AND) ریسک پایین را نشان می‌دهد و عملگر اجتماع (OR) ریسک بالا را در تصمیم‌گیری نشان می‌دهد (رهنما و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۱-۹۲).

1- Tomas saaty
2- Saaty & Vargas

۳- یافته‌ها و بحث

در تحقیق حاضر به‌منظور پتانسیل سنجی شهرستان سنندج جهت توسعه‌ی اراضی کشاورزی از شاخص‌های ژئومورفولوژی، هیدرواقلیم و پوشش زمین استفاده شده است که در ادامه به تشریح هر کدام از این شاخص‌ها پرداخته شده است:

- **شاخص‌های ژئومورفولوژیکی**: در تحقیق حاضر از ۳ شاخص ارتفاع، شیب و واحدهای ژئومورفولوژی به عنوان معیارهای موثر ژئومورفولوژی استفاده شده است. ارتفاع عامل تاثیرگذار بر فشار هوا، بارش و ... است و شیب منطقه نیز نقش مهمی در کشاورزی و توسعه‌ی اراضی وابسته به آن دارد. در واقع شیب زیاد باعث تسریع جریان آب می‌شود و به همان نسبت، میزان فرسایش و هدر رفتن آب، افزایش پیدا می‌کند. برای کشاورزی آبی مناسب‌ترین شیب کم‌تر از ۱۰ درصد است و برای شیب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد باید تراس‌بندی صورت گیرد. شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد قابلیت کشاورزی دیم را دارند و بیش‌تر از ۴۰ درصد مناسب کشاورزی نیست و باید به مرتع اختصاص داده شود (یمانی، ۱۳۹۳: ۱۴). همچنین یکی دیگر از شاخص‌های مهم ژئومورفولوژی، واحدهای ژئومورفولوژی هستند. با توجه به وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه، بخش عمده‌ای از این شهرستان در واحد کوهستان قرار گرفته است که تناسب لازم برای کشاورزی ندارد. در شکل (۲) نقشه‌ی شاخص‌های ژئومورفولوزی منطقه نشان داده شده است و در ادامه در جدول (۱) نحوه‌ی ارزش‌گذاری واحدهای ژئومورفولوژی نشان داده شده است.



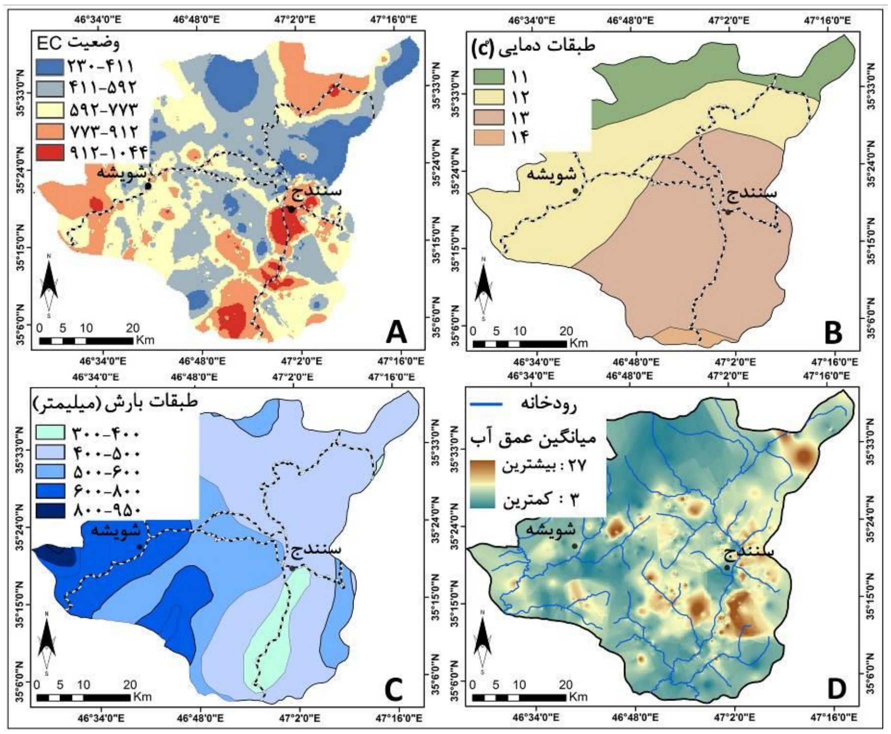
شکل (۲): A) نقشه‌ی طبقات شیب، B) نقشه‌ی طبقات ارتفاعی، C) واحدهای ژئومورفولوژی
Fig (2): A) Map of Slope classes B) Map of elevation classes C) Map of Geomorphological units

جدول (۱): ارزش‌گذاری واحدهای ژئومورفولوژی بر حسب نظر کارشناسان
Tab (1): Valuation of geomorphological units according to experts

واحدژئومورفولوژی	واحدکوهستان	دشت‌های میان‌کوهی	دشت سیلابی	تپه‌ی ماهور	دریاچه
ارزش	۲	۸	۷	۴	۰

- **شاخص‌های هیدرواقلیمی:** در این تحقیق از شاخص‌های هیدرواقلیمی بارش، فاصله از رودخانه، دما، وضعیت آب‌های زیرزمینی و کیفیت آب‌های زیرزمینی (EC) استفاده شده است. در منطقه‌ی مورد مطالعه خطوط همباران از ۹۵۰ میلی‌متر که منطبق بر ارتفاعات است تا ۳۰۰ میلی‌متر که مربوط به نواحی کم ارتفاع است متغیر است. از نظر دمایی نیز میانگین دمای سالانه از ۱۱ درجه‌ی سانتی‌گراد تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

همچنین از نظر شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز میزان تمرکز EC بین ۲۳۰ تا ۱۰۴۴ متغیر است و مناطقی که در آن تمرکز EC بالا باشد جهت کشاورزی نامناسب است. از نظر آب‌های زیرزمینی نیز با توجه به تمرکز کشاورزی در مناطق میانی و حاشیه‌ی شهری سنندج، در این مناطق سطح آب زیرزمینی پایین‌تر از مناطق غربی است که با توجه هدف تحقیق مناطقی که نزدیک به رودخانه هستند و همچنین سطح آب زیرزمینی آن‌ها در عمق کم‌تری قرار دارند تناسب بیش‌تری جهت فعالیت‌های کشاورزی دارند. در شکل (۳) نقشه‌ی طبقاتی شاخص‌های هیدرواقلیمی نشان داده شده است.



شکل (۳): A) نقشه‌ی طبقاتی وضعیت EC، B) نقشه‌ی طبقاتی دما، C) نقشه‌ی طبقاتی بارش، D) نقشه‌ی آب‌های سطحی و زیرزمینی

Fig (3): A) Map of EC classes B) Map of Temperature classes C) Map of Rainfall classes D) Map of surface and groundwater

- **شاخص‌های پوشش زمین:** به منظور بررسی وضعیت پوشش زمین، از شاخص‌های نوع خاک و وضعیت لیتولوژی استفاده شده است. خاک‌های منطقه برحسب ارزش و اهمیتی که برای کشاورزی دارند، طبق نظر کارشناسان ارزش‌گذاری شده‌اند (جدول ۲). پوشش غالب منطقه خاک انسپتی سول است که به‌طور گسترده مورد استفاده کشاورزی قرار می‌گیرد.

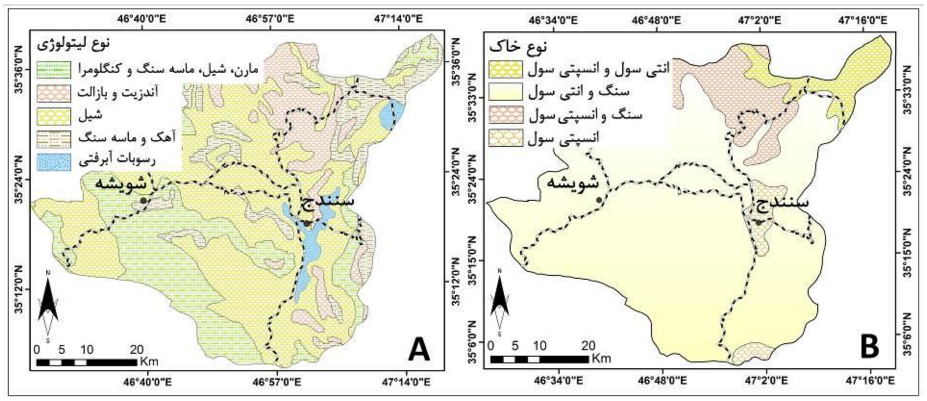
جدول (۲): ارزش‌گذاری جنس خاک بر حسب نظر کارشناسان
Tab (2): Valuation of soil type according to expert

جنس خاک	انسپتی سول	انتی سول	سنگ‌های بدون پوشش/انسپتی سول	سنگ‌های بدون پوشش/انتی سول
ارزش	۸	۶	۴	۲

در بحث زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی میزان نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری سازندها مورد نظر است، مطابق جدول (۳) منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر لیتولوژی به ۵ منطقه تقسیم شده است که بر اساس نظر کارشناسان (بر اساس میزان نفوذپذیری و حاصلخیزی) جهت اهداف مورد نظر ارزش‌گذاری شده است. در شکل (۴) نقشه‌ی طبقه‌بندی شده شاخص‌های مربوط به پوشش زمین نشان داده شده است.

جدول (۳): ارزش‌گذاری لیتولوژی بر حسب نظر کارشناسان
Tab (3): Valuation of Lithology according to expert

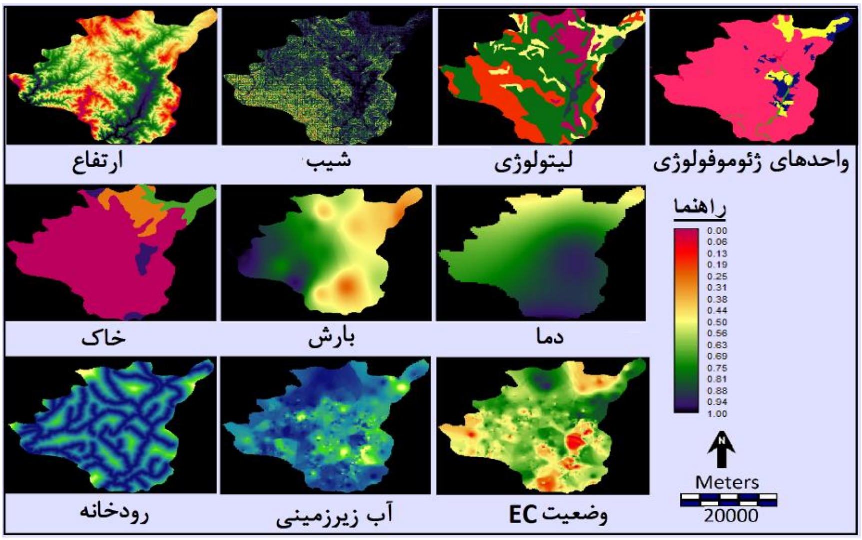
لیتولوژی	مواد آبرفتی	شیل	ماسه‌سنگ و آهک	کنگلومرا، ماسه‌سنگ، گل‌سنگ	آندزیت، بازالت و دیوریت
ارزش	۸	۷	۵	۴	۲



شکل (۴): *A*) **نقشه‌ی طبقات لیتولوژی،** B) **نقشه‌ی طبقات خاک**

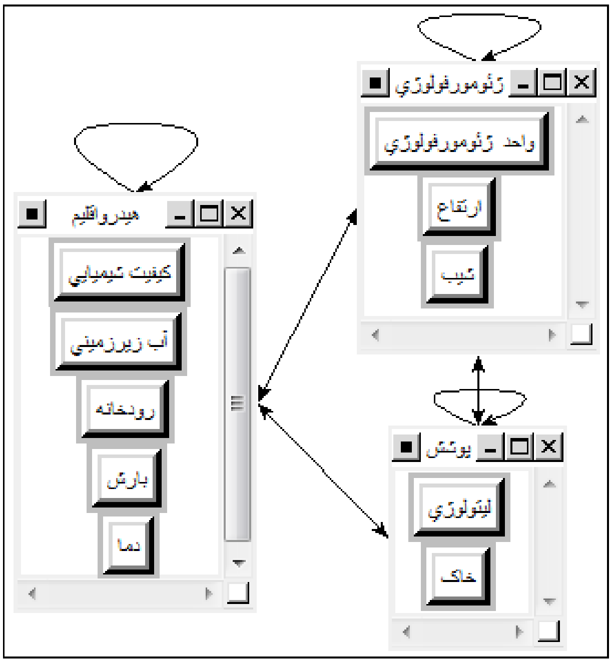
Fig (4): A) Map of Soil classes B) Map of Lithology classes

- **استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی:** پس از تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی، استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفته است. استانداردسازی لایه‌ها بر حسب نظرات ۵ متخصص ژئومورفولوژی و با استفاده از منطق فازی صورت گرفته است. استاندارسازی لایه‌های ژئومورفولوژی به این صورت انجام شده است که از نظر ارتفاعی، هر چه ارتفاع کم‌تر باشد ارزش پیکسل‌ها بیش‌تر می‌شوند و همچنین از نظر شیب نیز مناطقی که دارای شیب کم‌تری هستند ارزش بیش‌تری دارند. از نظر واحدهای ژئومورفولوژی نیز واحد دریاچه و کوهستان دارای کم‌ترین ارزش هستند و واحد دشت‌های میان‌کوهی دارای بالاترین ارزش است. از نظر شاخص‌های هیدرواقلیمی نیز مناطقی که دارای بارش و دمای بیش‌تر، نزدیک به رودخانه، عمق آب زیرزمینی کم‌تر و مناطقی که دارای میزان EC پایین‌تری هستند دارای ارزش بالاتری هستند. همچنین برای شاخص‌های نوع خاک و لیتولوژی نیز همان‌طور که در جداول مربوط نشان داده شد به هر کدام از طبقات ارزش داده شده است. در شکل (۵) نقشه‌ی استانداردسازی شده لایه‌های اطلاعاتی نشان داده شده است.



شکل (۵): نقشه‌ی استانداردسازی شده لایه‌های اطلاعاتی
Fig (5): Standardized map of information layers

- **وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی:** پس از به دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی برای وزن‌دهی به آن‌ها از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. برای این منظور پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای (شکل ۶) و با توجه به رابطه‌ی دورنی و بیرونی معیارها، از ماتریس مقایسه‌ای شامل ۱۰ سطر و ۱۰ ستون برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شده است. به‌منظور امتیازدهی به معیارها از طریق پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر (۵ متخصص ژئومورفولوژی) استفاده شده است. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد و پس از به دست آوردن وزن‌های نهایی هر کدام از معیارها (جدول ۴)، در نرم‌افزار IDRISI بر روی داده‌ها اعمال شده است.



شکل (۶): ساختار شبکه‌ای معیارها
Fig (6): Criteria network structure

جدول (۴): وزن لایه‌های اطلاعاتی در مدل ANP
Tab (4): Weight of information layers in ANP model

معیار	هیدرواقلیم					ژئومورفولوژی			پوشش	
	بارش	دما	کیفیت آب زیرزمینی	آب زیرزمینی	رودخانه	شیب	ارتفاع	واحدهای ژئومورفولوژی	جنس خاک	لیتولوژی
وزن در مدل ANP	۰/۱۰۶	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۱۲۵	۰/۱۴۵	۰/۷۷	۰/۱۰۲	۰/۱۱۴	۰/۷۴

- **تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی (OWA)**: عملگر OWA با استفاده از رابطه‌ی (۱) قابل استنتاج است (طالعی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۵):

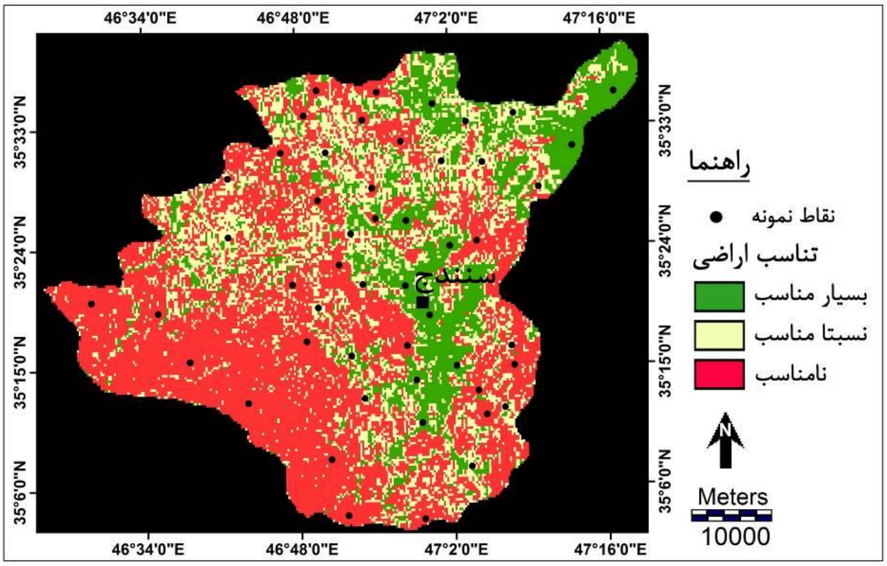
رابطه‌ی (۱)
$$\textbf{OWAt:} \sum \ {}_{j}^{n} = 1 \left(\frac{wjuj}{\sum_{j}^{n}=1\, wjij}\right) zij$$

در این رابطه Zij ≥ … ≥ zi1 به‌طریق ارزش‌های یک معیار (xij) به دست می‌آید. vj وزن ترتیبی و wj وزن معیار است. وزن‌های ترتیبی جهت ترکیب معیارهای وزن‌دار استفاده می‌شوند که در آن‌ها وزن‌ها به موقعیت مکانی پیکسل‌های لایه‌ها اختصاص می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، تمام پیکسل‌هایی که در یک موقعیت در چند نقشه قرار گرفته‌اند، وزن‌های ترتیبی یکسانی را می‌پذیرند. با استفاده از کمیت‌سنج‌های مفهومی فازی می‌توان وزن‌های ترتیبی ساخت. کمیت‌سنج‌های مـفهومی به دو دسته‌ی مـطلق و نسبی تقسیم می‌شوند. عباراتی مانند (حداقل ۴) و (حدود ۵) جزء کمیت سنج‌های نسبی با عباراتی نظیر با عـبارتی نظیر اکثراً، اغلب، تـعداد زیادی، نیمی، اندکی و حداقل یـکی مشخص می‌شوند. کمیت‌سنج‌ها، استراتژی‌های تصمیم‌گیری مختلفی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهند، به‌طوری‌که با تغییر شاخص a می‌توان مجموعه‌ای از نتایج ارزیابی را برای هدف تصمیم‌گیری به‌دست آورد. به‌عبارت‌دیگر، کاهش مقدار a باعث افزایش خوش‌بینی تصمیم‌گیرنده و افزایش مقدار a باعث کاهش خوش‌بینی شده و بدبینی تصمیم‌گیرنده را افزایش می‌دهد (طالع‌جنکانلو و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۱). در این تحقیق از کمیت‌سنج نسبی منظم افزایش استفاده شده است (جدول ۵). پس از محاسبه‌ی وزن‌های ترتیبی و وزن‌های به‌دست‌آمده از طریق مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (ANP) نقشه‌ی تلفیق شاخص‌ها بر اساس مدل OWA به‌دست‌آمده است (شکل ۷).

جدول (۵): کمیت‌سنج‌ها متناظر و شاخص α

Tab (5): Corresponding quantimeters and α index

کمیت‌سنج زبانی Q	حداقل یکی	کمی	بعضی	نیمی	بسیاری	اکثراً	بسیار زیاد	همه
α	۰/۰۰۱	۰/۱	۰/۵	۱	۲	۵	۱۰	۱۰۰۰



شکل (۷): پهنه‌بندی نهایی بر اساس مدل OWA و ANP
Fig (7): Final zoning based on OWA and ANP models

صحت‌سنجی نتایج بدست آمده: پس از انجام مراحل تحقیق، نقشه‌ی نهایی تناسب اراضی برای فعالیت‌های کشاورزی تهیه شده است. برای انجام صحت سنجی از نمونه‌های تصادفی استفاده شده است. به این صورت که ۵۰ نقطه به صورت تصادفی انتخاب شده است و سپس میزان تناسب آن نقاط به منظور فعالیت‌های کشاورزی بر اساس نظر کارشناسان سنجیده شده و در نهایت با نقشه‌ی نهایی مطابقت داده شده است. در جدول (۶) نتایج صحت‌سنجی نشان داده شده است. مطابق نتایج بدست آمده از ۵۰ نقطه‌ای که به صورت تصادفی انتخاب شده است، بر اساس نظر کارشناسان از نظر تناسب اراضی به ترتیب ۱۰ نقطه دارای شرایط بسیار مناسب، ۱۶ نقطه دارای شرایط نسبتاً مناسب و ۲۴ نقطه دارای شرایط نامناسب هستند. که پس از انطباق آن با نتیجه نهایی، جدول زیر حاصل شده است. مطابق جدول زیر کلاس بسیار مناسب دارای دقت ۹۰ درصد است به طوری که ۹ نقطه از ۱۰ نقطه‌ای که بر حسب نظر کارشناسان دارای شرایط بسیار مناسب است در این کلاس قرار گرفته شده است. همچنین کلاس نسبتاً مناسب و نامناسب به ترتیب دارای دقت ۸۷/۵ و ۸۳/۳۳ درصد هستند و دقت کلی نیز ۸۶ درصد می‌باشد.

جدول (۷): صحت‌سنجی میزان دقت نتیجه نهایی
Table (7): Validation of the accuracy of the final result

کلاس	تعداد نمونه	بسیار مناسب	نسبتا مناسب	نامناسب	درصد دقت
بسیار مناسب	۱۰	۹	۱	۰	۹۰
نسبتاً مناسب	۱۶	۱	۱۴	۱	۸۷/۵
نامناسب	۲۴	۱	۳	۲۰	۸۳/۳
دقت کلی	-	-	-	-	۸۶

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه کشاورزی سهم عمده‌ای در اقتصاد شهرستان سنندج دارد و همچینن با توجه به پتانسیل بالای شهرستان از نظر منابع آبی، لازم است تا برنامه‌ریزی‌ها و مکان‌یابی‌های درستی در این زمینه صورت گیرد. در تحقیق حاضر با توجه مطالعات انجام شده و بررسی‌های هیدروژئومورفولوژی مربوط به محدوده مطالعاتی، تلاش شده است تا به ارزیابی تناسب اراضی شهرستان سنندج برای فعالیت‌های کشاورزی پرداخته شود. نتایج حاصل از پهنه‌بندی صورت گرفته با استفاده از مدل تلفیقی تحلیل شبکه‌ای و مدل میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی صحت‌سنجی شده است که نتیجه صحت‌سنجی انجام شده بیانگر این است که نقشه‌ی نهایی حاصله دارای ۸۶ درصد دقت است. نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر بیانگر این است که بخش عمده‌ای از شهرستان سنندج فاقد تناسب لازم جهت فعالیت‌های کشاورزی هستند به طوری که نتیجه نهایی تحقیق حاضر بیانگر این است که ۱۵۸۷ کیلومترمربع از مساحت شهرستان در طبقه نامناسب قرار دارد و همچنین طبقه نسبتا مناسب و مناسب نیز به ترتیب ۸۰۱ و ۵۷۹ کیلومترمربع از وسعت شهرستان سنندج را دربرگرفته‌اند. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که حدود ۵۳ درصد از محدوده‌ی شهرستان سنندج فاقد تناسب لازم برای فعالیت‌های کشاورزی بخصوص کشت آبی هستند. بررسی وضعیت هیدروژئومورفولوژیکی شهرستان سنندج بیانگر این است که این شهرستان دارای توانمندی‌ها و محدودیت‌هایی است، به طوری که این شهرستان از نظر وضعیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و بارش

دارای وضعیت مناسبی است، اما نظر شاخص‌های ژئومورفولوژیکی با محدودیت‌های زیادی مواجه است و همین امر سبب شده تا نیمه‌ی غربی شهرستان که منطبق بر کوهستان است فاقد تناسب لازم برای فعالیت‌های کشاورزی باشد. این در حالی است که مناطق میانی شهرستان شامل محدوده حاشیه شهری سنندج و به طور پراکنده دشت‌های میان کوهی شهرستان به دلیل وضعیت ژئومورفولوژیکی مناسب پتانسیل بالایی به منظور فعالیت‌های کشاورزی دارند. مجموعه نتایج بدست آمده بیانگر این است که شهرستان سنندج دارای توانمندی‌ها و محدودیت‌هایی است که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق متناسب با توانمندی‌های نواحی مختلف آن است. در این تحقیق وضعیت شهرستان از نظر اراضی کشاورزی آبی و دیم مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و برای این منظور بخش زیادی از مناطقی در طبقه‌ی نامناسب قرار گرفته است، در حالی که این مناطق جهت فعالیت‌هایی از جمله فعالیت‌های باغی با توجه به وضعیت هیدرواقلیمی مناسب دارای پتانسیل‌های زیادی هستند، بنابراین لازم است تا در برنامه‌ریزی‌های آتی، توسعه‌ی فعالیت‌های مختلف کشاورزی، باغداری و... متناسب با توانمندی‌های هیدروژئومورفولوژیکی منطقه صورت گیرد.

۵- منابع

Abdelkader, M., Amina, D. (2012). Integration of multiCriteria decision analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*. 1(83): 117-126.

Ahmad, M. (2004). National Development Policy Issues, A Review of the Iran Region, Agriculture and National Economy, *Conference on Agriculture and National Development of the Ministry of Jihad Agriculture*, 1(1). (In Persian).

Amini, A., Bagheri, M., Salehi, M. H., Hadinejad, A. (2013). Improving Resource Management and Quality of Land Suitability Assessment Maps with Fuzzy Approach (Case Study: Farrokhshahr Chaharmahal and Bakhtiari), *Geography and Environmental Planning*, 24(22): 195-204. (In Persian).

Darvishzadeh, A. (1991). Geology of Iran, First Edition, *Environmental Protection Agency Publications*, Tehran. (In Persian).

El Baroudy, A. A. (2016). Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *Catena,* 1(140): 96–104.

Farajzadeh, M. (2007). Climatological Techniques, *Samt Publications*, Tehran, 287 P. (In Persian).

Hanafi, A., Hatami, I. (2013). Preparation of Climate Map of Kurdistan Province Using Geographic Information Systems, *Sepehr Magazine*, 22(87): 24-28. (In Persian).

Maram, F., Zarafshan, K., Mirkzadeh, A. A., Maleki, A. (2014). Evaluation and ranking of agricultural development potential villages (Case study: Kermanshah city), *Geography and Environmental Planning*, 27(1): 146-131. (In Persian).

Mokhtari, D., Moazez, S., Mohammadzadeh Golani, F. (2017). *Journal of Hydrogeomorphology*, 3(10): 1-19. (In Persian).

Nasrallah, N., Kazemi, H., Kamkar, B., Sadeghi, S., (2016). Ecological agronomic evaluation of lands of Aq Qala city (Golestan province) for dryland wheat cultivation using Geographic Information System (GIS), *Journal of Agriculture (Research and Construction)*, 29(110): 83-94. (In Persian).

Oli, p.p. (2001). Spatial data for landuse planinig in Nepal, *International Conference on spatial information for sustainable development*, Nairobi, Kenya, 2-5 october, p 9.

Pakpur Rabti, A., Jafarzadeh, A. A., Shahbazi, F., Amari, P. (2013). Evaluation of potential lands for a number of agricultural products using GIS in some areas of West Azerbaijan province, *Journal of Soil and Water Science*; 23(1): 165-176. (In Persian).

Parvin, N., Karami, M. R., Bozorgmanesh, A. (1396). Land potential assessment of South West Azerbaijan for agricultural development and sustainable rural development management using AHP and GIS and Aster images, *Journal of Urban Management*, 16(47): 107-118. (In Persian).

Qanavati, E., Delfani Goodarzi, F. (2013). Optimal location of agricultural development with emphasis on natural parameters of Boroujerd city, *Quarterly Journal of Space Economics and Rural Development*, 2(2): 15-31. (In Persian).

Quangminh, V., Quang tri, L., yamada, A. (2003). Delination and incorpotation of socio-infrastructure database into GIS for landuse planinig: A case study of Tan Phu Thanh village, chauthanh district, Cantho Province, *Map Asia Conference,Gisdevelopment*, P 14.

Rahnama, M. R., Aghajani, H., Fattahi, M. (2012). Location of landfill by combining sequential weighted averaging (OWA) and GIS methods in Mashhad, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(3): 87-105. (In Persian).

Rajendra, B. Z., Vijay, S. B. (2015). Multi-criteria landsuitability analysis for agriculture in hilly zone:Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1(118): 300–321.

Reshmidevi, T. V., Eldho, T. I., Jana. J. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds, *Agricultural Systems,* 1 (101): 101-109.

Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2006). Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with

Benefits, Opportunities, Costs and Risks, *International Series in Operations Research & Management Science*. P 360.

Tale Jankanlu, A., Talei, M., Karimi, M. (2015). Assessment of residential land suitability by FUZZY, OWA and TOPSIS methods, *Journal of Surveying Science and Technology*, 4(4): 29-45. (In Persian).

Talei, M., Soleimani, H., Farajzadeh Asl, M. (2014). Land Suitability Assessment for Rainfed Cultivation Based on FAO Model and Using Combined OWA-AHP and FUZZY Techniques in ARCGIS Environment (Case Study: Miyaneh County), *Journal of Water and Soil*, 28(1): 139-156. (In Persian).

Yamani, M. (2014). Handbook of Field and Laboratory Techniques in Geomorphology, *Center for Environmental Studies in Geography.* (In Persian).

Yari, M., Soltani Gerdfaramarzi, S., Ghasemi, M., Taghizadeh, R. (2009).The effect of land use change on runoff in a part of Gharasoo Ardabil watershed, *Journal of Hydrogeomorphology*, 21(6): 203-225. (In Persian).

Zebardast, E. (2010). Application of Network Analysis Process (ANP) in Urban and Regional Planning, *Arts-Architecture and Urban Planning*, 2(41): 79-90. (In Persian).