

## ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های منطقه حفاظت شده ارسباران با روش های ارزیابی چند معیاره بولین و تکنیک ترکیب خطی وزنی (WLC) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

ابراهیم فریدی\*

[e\\_faridi@yahoo.com](mailto:e_faridi@yahoo.com)

خلیل ولیزاده کامران<sup>۲</sup>

محمد رضوانی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۳

### چکیده

**زمینه و هدف:** منطقه حفاظت شده ارسباران در شمالغرب ایران و در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه جزء یکی از نه ذخیره گاه زیست کره کشور می باشد و ۶۶٫۵ درصد از سطح این منطقه را جنگل پوشانده است. در این پژوهش به ارزیابی توان جنگلداری این منطقه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخته شد.

**روش بررسی:** در این تحقیق از دو روش بولین و تکنیک ترکیب خطی وزنی و وزن دهی به روش سلسله مراتبی بر پایه AHP جهت ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های منطقه حفاظت شده ارسباران استفاده شده است. جهت ارزیابی توان جنگلداری منطقه مورد مطالعه، ابتدا به مطالعه و شناخت ویژگی های اکولوژیکی منطقه از قبیل ارتفاع از سطح دریا، شیب، بافت خاک، اقلیم، ارزش گونه های گیاهی، عمق خاک و تراکم تاج پوشش پرداخته شد و سپس مدل اختصاصی جنگلداری ارسباران تهیه گردید.

**یافته ها:** در مرحله اول این تحقیق، توان جنگلداری منطقه در نرم افزار ARC GIS10 بر اساس منطق بولین مشخص گردید که نتایج حاکی از وجود طبقات ۳ تا ۷ وعدم وجود طبقات ۱ و ۲ جنگلداری بود. در مرحله دوم این تحقیق، با استفاده از نظر کارشناسان سلسله مراتب اهمیت معیارها و زیر معیارهای دخیل در فرایند ارزیابی مشخص و با استفاده از نرم افزار Expert Choice11 وزن هر کدام از فاکتورها مشخص گردید. سپس روش ترکیب خطی وزنی برای کاربری جنگلداری برای منطقه مذکور اجرا شد که نتایج حاکی از وجود هر ۷ طبقه جنگلداری برای منطقه مورد تحقیق بوده است.

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران \* (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار گروه GIS&RS دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه محیط زیست دانشگاه پیام نور تهران

**بحث و نتیجه‌گیری:** برای ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین به منظور توسعه انواع کاربریها، سالهاست که از روش سیستمی ابداعی مکهارگ استفاده می شود. اقدام جدیدتر در این فرآیند، استفاده از مدل‌های ریاضی در ارزیابی توان اکولوژیکی و به کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تعیین وزن و اهمیت نسبی گزینه‌ها و ارزیابی توان اکولوژیکی با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. در این تحقیق ارزیابی توان اکولوژیکی جنگلداری با دو روش فوق الذکر انجام، و طی آن معایب و مزایای آنها بررسی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی توان اکولوژیک جنگلداری، بولین، تکنیک ترکیب خطی وزنی، منطقه حفاظت شده ارسباران، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

## **Ecological land capability evaluation of Arasbaran protected area using Boolean multi-criteria evaluation method and weighted linear combination techniques in Geographic Information System**

**Ebrahim Faridi<sup>1</sup> \***

[\*e\\_faridi@yahoo.com\*](mailto:e_faridi@yahoo.com)

**Khalil Valizadeh Kamran<sup>2</sup>**

**Mohammad Rezvani<sup>3</sup>**

Admission Date: April 20, 2016

Date Received: December 4, 2014

### **Abstract**

**Background and Objective:** Arasbaran protected area is located in East Azerbaijan in the northwest of Iran. This area is one of the nine reserves in Iran, and 66.5% of it is covered by forests. In this study, land capability evaluation of this area for forestry was carried out in Geographic Information System (GIS) surrounding.

**Method:** Both Boolean and weighted Linear Combination (WLC) methods along with analytical Hierarchy Process (AHP) were used. First, the ecological characteristics of the study area including elevation, slope, soil texture, climate, value of vegetation type, soil depth and vegetation density were studied and then the calibrated model for forestry in Arasbaran area was created.

**Findings:** In the first step, land capability assessment was done using Boolean method and results showed the presence of class capabilities of third, fourth, fifth, sixth and seventh, and lack of class capability of first and second for forestry. In the next step, the importance of criteria and sub-criteria was calculated using expert's comments and AHP technique in Expert Choice 11. Then, land capability assessment was done using weighted linear combination. The results showed that all of the seven suitability classes for forestry were proper in the area.

**Discussion and Conclusion:** Mc-Harg systemic model has been used to evaluate the ecologic capability evaluation for many years. The new process in ecologic capability evaluation is to use the mathematical models and to use the analytical hierarchy process for determining the weights and relative importance of the alternatives and for ecologic capability assessment by geographic information systems (GIS). In this study, to evaluate the forestry ecologic capability, both Boolean and WLC methods were used and the advantages and disadvantages of them were investigated.

**Keywords:** Land capability assessment for forestry, Boolean, Weighted Linear Combination, Arasbaran protected area, Geographical Information System (GIS).

---

1- Young Researchers and Elite Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran\* (Corresponding Author).

2- Assistant Professor, Department of GIS&RS, Tabriz University

3- Assistant Professor, Department of Environment and Natural Resources, Payame Noor University, Tehran, I.R. of Iran

## مقدمه

برنامه‌ریزی کاربریها با دید اکولوژیک یا آمایش سرزمین راه حل منطقی گسستن چرخه فقر جامعه و بحران محیط زیست و ایجاد بستر لازم برای رسیدن به توسعه پایدار است (۱) و تعیین کاربری‌های مناسب برای اراضی به منظور استفاده بهینه از سرزمین و جلوگیری از تخریب در اثر افزایش جمعیت می‌تواند گامی مؤثر در استراتژی توسعه پایدار باشد (۲). بنابراین، با توجه به وضعیت منابع زیستی کشور لازم است هر گونه برنامه‌ریزی در خصوص فعالیت‌های مختلف با نگرش به استعداد و قابلیت‌های سرزمین و اصول پایداری توسعه صورت پذیرد (۳). یکی از منابع ارزشمند کشور که به شدت در معرض تخریب قرار دارد، جنگل‌های کشور است. با اینکه کشور ایران یک درصد مساحت دنیا و بیش از ۱ درصد جمعیت جهان را داراست ولی مساحت جنگل‌های آن در مقایسه با سطح جنگل‌های دنیا از ۱/۳۶ درصد تجاوز نمی‌کند و همین سطح محدود نیز به طور دایم در حال تهدید است (۴). وسعت جنگل‌های ایران ۱۲/۴ میلیون هکتار است که تنها ۷/۵ درصد از مساحت کل کشور است این در حالی است که وسعت جنگل‌های کشور در گذشته ۱۹ میلیون هکتار بوده است (۵). از این رو باید مدیریتی بر باقی مانده این جنگل‌ها اعمال شود که مبتنی بر ارزیابی توان اکولوژیکی ( Ecological Capability Evaluation) آن باشد (۶). بدون تردید مناطق حفاظت شده، پارک‌های ملی و به طور کلی زیستگاه‌های زیست کره میراث‌های با ارزش طبیعی هر سرزمین و کشور محسوب می‌شوند که مبین گستره‌ای از اکوسیستم‌های دست نخورده، تنوع عظیمی از گونه‌های گیاهی و جانوری، سیمای منحصر به فردی از چشم اندازها، عوارض زمین و آثار تاریخی فرهنگی بی‌شمار و دارای ارزشهای اقتصادی، آموزشی، پژوهشی و تفرجگاهی دیگر در گستره‌ای نه چندان وسیع می‌باشد. بر خلاف تصویری عام از فلسفه وجودی این قبیل مناطق که آن‌ها را مانند سرمایه‌های راکد و بلا استفاده و حتی بعضاً در جهت استفاده‌های ویژه، انحصاری می‌پندارند، حفاظت پایدار از چنین منطقه‌های که تنها در گرو درک و شناخت واقعی ارزش‌های نهفته در آن‌ها امکان پذیر است به واقع تعیین کننده پایداری روند توسعه

سرزمین محسوب می‌گردد (۷). سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System) ابزار مهمی در برنامه‌ریزی مکانی هستند (۸). روش ارزیابی چند معیاره (MCE) یکی از اصولی ترین روش‌های تصمیم‌گیری در GIS است (۹). ارزیابی چند معیاره به عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری فضائی برای برنامه‌ریزی سرزمین به کار می‌رود (۱۰). روش ارزیابی چند معیاره، ابزاری جهت ساده‌سازی تصمیم‌گیری‌های پیچیده است با این توصیف که در تحلیل تصمیم چند معیاره به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد (۱۱). در این روش ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای متناسب با هدف یا اهداف تصمیم توسط کارشناسان تعیین، و پس از وزن‌دهی و اولویت بندی به منظور انجام ارزیابی توان و مکانیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۲). روش ارزیابی چند معیاره به کارگیری عوامل اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی را با آنالیزهای تناسب تسهیل می‌کند و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی، این قابلیت را افزایش داده است (۱۰). منطقه حفاظت شده ارسباران با وسعت حدود هشتاد هزار هکتار در شمالشرقی آذربایجان شرقی قرار گرفته است و از نظر تقسیمات کشوری مشتمل بر شهرستانهای اهر و کلیبر می‌باشد. این منطقه بدنال تشکیل شورایعالی شکاربانی و نظارت بر صید و در پی آن تشکیل سازمان حفاظت محیط زیست به ترتیب در سالهای ۱۳۵۰ و ۱۳۵۲ ابتدا به عنوان منطقه شکار ممنوع و سپس منطقه حفاظت شده ارسباران تحت حفاظت و نظارت اعلام گردید. در سال ۱۳۵۵ و به دنبال شکل‌گیری مفهوم "شبکه زیستگاه‌های زیست کره" جهان، این منطقه همراه با ۸ منطقه دیگر کشور از سوی سازمان جهانی یونسکو به عنوان ذخیره گاه زیست کره و در فهرست ذخایر با ارزش طبیعی جهان ثبت و در ردیف یکی از ۹ ذخیره گاه زیست کره کشور به شبکه جهانی ذخیره گاه‌های زیست کره پیوست. جنگل‌های ارسباران، به دلیل شرایط و موقعیت جغرافیایی، دارای ارزش بسیار بالایی از جهات مختلف می‌باشد. به عنوان مثال تنوع زیستی (Biodiversity Preservation) گیاهی حیرت

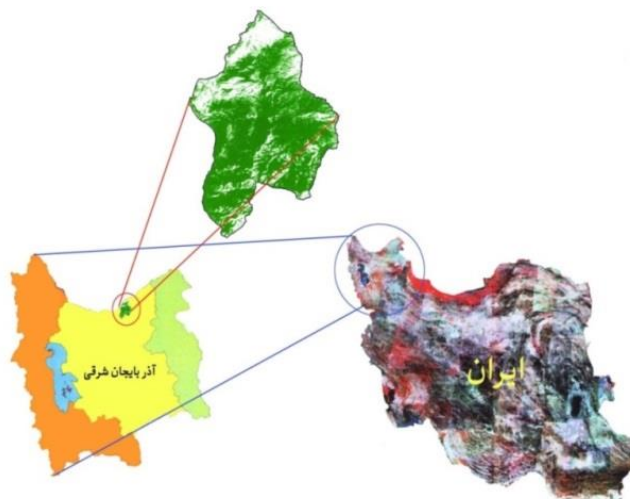
لغایت ۳۹ درجه و ۹ دقیقه شمالی و طول ۴۶ درجه و ۳۷ دقیقه، لغایت ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی، تحت نام منطقه حفاظت شده ارسباران شناخته شده است. جنگل های ارسباران از زمان های قدیم به دلیل تراکم جمعیت و تنوع زیاد پرندگان و پستانداران بزرگ قابل شکار، مورد توجه خوانین، سلاطین و ساکنین محلی بوده و از دیرباز به عنوان یکی از شکارگاه های شناخته شده این سرزمین مطرح بوده است. در مورد اهمیت منطقه مورد مطالعه همین بس که این منطقه از سوی سازمان جهانی یونسکو به عنوان ذخیره گاه زیست کره در فهرست مناطق با ارزش طبیعی جهان ثبت و در ردیف یکی از نه ذخیره گاه زیست کره کشور به شبکه جهانی ذخیره گاه های زیست کره پیوسته است (۱۳). محدوده منطقه به ترتیب از سمت شمال غرب و شرق ما بین سه رودخانه ارس، ایلگنه چای و کلیبر چای و از سمت جنوب از طریق خط الراس ارتفاعاتی نظیر گرام داغ، تندران باش، توپخانه و قره موت احاطه شده است. مساحت دقیق منطقه حفاظت شده ارسباران ۸۰۶۵۴/۵۲ هکتار می باشد که حدود ۶۶ درصد منطقه معادل ۵۳۶۳۳/۲۰ هکتار را جنگل پوشانده است. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه حفاظت شده ارسباران را نشان می دهد.

انگیزی در این جنگل ها دیده می شود، زیرا که بیش از ۸۰۰ گونه گیاهی (معادل ۱۰ درصد کل گونه های گیاهی کشور) را در خود جای داده است. وجود چنین جنگل های با ارزشی ضرورت مطالعه و تحقیق در باره آن را به روشنی آشکار می سازد. تعیین توان اکولوژیک جنگل های این منطقه می تواند کمک موثری به اتخاذ سیاست های مدیریتی، در جهت استفاده در خور و پایدار، حفاظت و تحقق اهداف جنگلداری نماید. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی توان اکولوژیکی جنگل های منطقه حفاظت شده ارسباران، به عنوان یکی از ذخیره گاه های زیست کره کشور انجام پذیرفته است. طی این مطالعه به ارزیابی توان جنگلداری این منطقه با دو روش منطق بولین (Boolean Logic) و تکنیک ترکیب خطی وزنی (Weighted Linear Combination) از سری روش های ارزیابی چند معیاره پرداخته می شود.

#### مواد و روش ها

##### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در کناره جنوبی رودخانه ارس و در شمال شرق استان آذربایجان شرقی در محدوده شهرستان کلیبر و در پهنه تاریخی و اسطوره های ارسباران قرار دارد. این محدوده به وسعت حدود ۸۰ هزار هکتار و در عرض ۳۸ درجه و ۴۰ دقیقه،



شکل ۱- موقعیت منطقه حفاظت شده ارسباران

Figure 1. Arasbaran protected region

## روش تحقیق

تاکنون، به دلیل تفاوت ویژگی‌های سرزمین در کشورهای مختلف، روش‌های متعددی نیز ارائه شده است. به طور کلی روش‌های مرسوم ارزیابی به سه دسته یک عامله، دو عامله و چندعامله تقسیم می‌شوند. در روش چندعامله، سرزمین با استفاده از بیش از دو عامل اکولوژیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجایی که روش‌های چندعامله با استفاده از تعداد عوامل بیشتر اکولوژیک و با در نظر گرفتن تاریخچه کاربری منطقه و دست‌خوردگی آن، توان سرزمین را بررسی می‌نمایند، بنابراین کاربرد وسیع تری نسبت به دیگر روش‌ها دارند (۱۴). مدل اکولوژیکی کاربری جنگلداری ایران، شامل هفت طبقه

می‌باشد که برای نشان دادن توان و درجه مرغوبیت سرزمین برای کاربری جنگلداری در جنگل‌های طبیعی است و از طبقه اول به هفتم از درجه توان و میزان مرغوبیت جنگل، کاسته می‌شود (۳). در بررسی عوامل مؤثر در تعیین توان اکولوژیک مناطق جنگلی با استفاده از مدل جنگلداری ایران باید اذعان داشت که این مدل کلی بوده و برای هر یک از مناطق مورد مطالعه باید کالیبره شود. در این پژوهش نیز مدل جنگلداری ایران برای جنگل‌های ارسباران اختصاصی شد. جدول ۱ مدل اختصاصی جنگلداری ارسباران را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مدل اختصاصی جنگلداری ارسباران

Table 1. Specific forestry model for Arasbaran region

شماره طبقه	طبقه اول F1	طبقه دوم F2	طبقه سوم F3	طبقه چهارم F4	طبقه پنجم F5	طبقه ششم F6	طبقه هفتم F7
ارتفاع از سطح دریا	تا ۱۰۰۰ متر	تا ۱۰۰۰ متر	تا ۱۴۰۰ متر	تا ۱۸۰۰ متر	تا ۲۲۰۰ متر	تا ۲۸۰۰ متر	تا ۲۸۰۰ متر
درصد شیب	تا ۱۲٪	تا ۱۲٪	تا ۳۰٪	تا ۶۵٪	تا ۶۵٪	تا ۶۵٪	تا ۱۰۰٪
اقلیم	معتدل	معتدل	نیمه خشک، معتدل	نیمه خشک، معتدل	نیمه خشک، معتدل و سرد	نیمه خشک، معتدل و سرد	نیمه خشک، معتدل و سرد
ارزش گونه‌های گیاهی و تراکم جامعه‌های گیاهی جنگلی	جامعه بلوط، آمیخته با ممرز، افرا، سرخدار با تراکم بیش از ۷۵٪	جامعه بلوط، آمیخته با ممرز، افرا، ارس با تراکم بیش از ۷۵ درصد	جامعه بلوط، آمیخته با ارس، انار، بنه، گز با تراکم ۲۵ تا ۵۰٪	جامعه بلوط، سیاهتلو، ارس، انار، بنه، گز با تراکم ۲۵ تا ۵۰٪	جامعه بلوط، سیاهتلو، بید، سنجد، اسپره با تراکم ۵ تا ۲۵٪	بلوط، سیاهتلو، افرا، ممرز، گیلاس، شیر خشت با تراکم زیر ۵٪	تمام طبقات گونه‌های گیاهی جنگلی
شدت فرسایش	خیلی کم	خیلی کم	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
نفوذپذیری	خیلی خوب	خوب	متوسط	متوسط تا ضعیف	ضعیف تا متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
حاصلخیزی	خیلی خوب	خوب	خوب تا متوسط	متوسط تا فقیر	فقیر	فقیر	خیلی فقیر
عمق خاک	خیلی عمیق بیش از ۱۲۰ سانتیمتر	عمیق بیش از ۶۰ سانتیمتر	عمیق بیش از ۶۰ سانتیمتر	نیمه عمیق بیش از ۳۰ سانتیمتر	نیمه عمیق بیش از ۳۰ سانتیمتر	کم عمق کمتر از ۳۰ سانتیمتر	کم عمق کمتر از ۳۰ سانتیمتر
بافت خاک	لومی رسی، رسی	لومی رسی، لوم	لومی رسی، لوم	شنی، شنی	شنی، شنی	شنی، شنی	رگوسول و

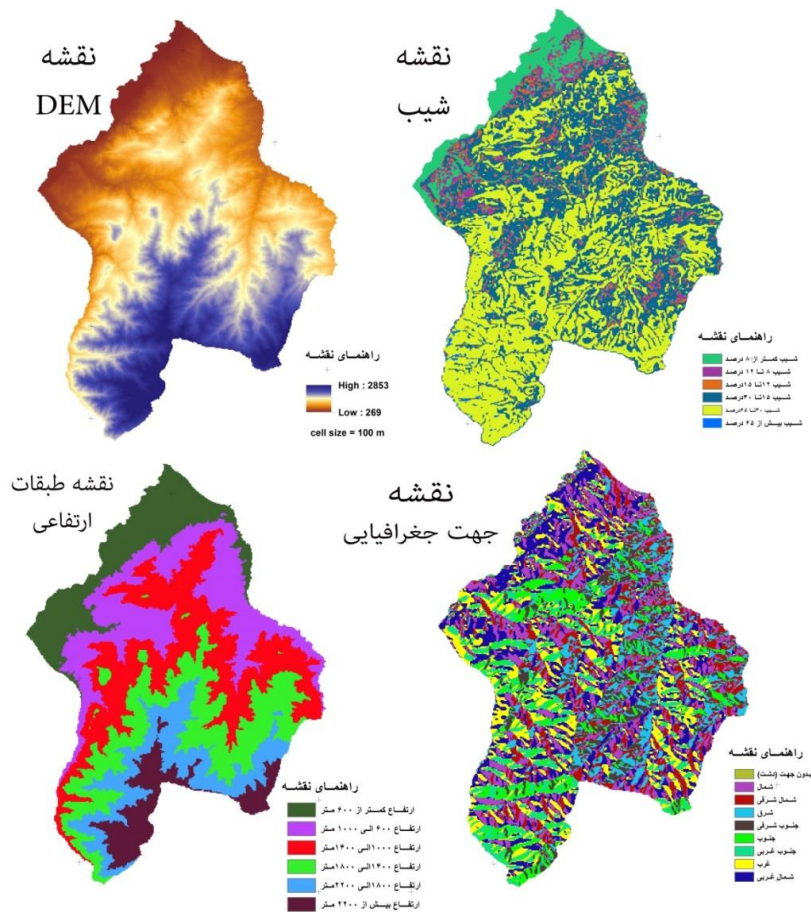
لیتوسول	لومی، لوم، لوم، سیلتی، لومی رسی، رسی شنی، رسی سیلتی، رسی، رگوسول ولیتوسول	لومی، لوم، لوم، سیلتی، لومی رسی، رسی شنی، رسی سیلتی، رسی، رگوسول ولیتوسول	لومی، لوم، لوم، سیلتی، لومی رسی، رسی شنی	لومی رسی، شنی، سیلتی، رسی	رسی سیلتی، رسی	رسی سیلتی، رسی	
---------	---	---	--	---------------------------	----------------	----------------	--

**منابع اکولوژیکی**

**واحدهای شکل زمین**

طبقه بندی تمامی نقشه های مورد استفاده در پژوهش بر اساس مدل ساخته شده اختصاصی ارسباران انجام پذیرفته است. شکل ۲ نقشه های مدل رقومی ارتفاع، جهت جغرافیایی، درصد شیب و طبقات ارتفاعی منطقه را نشان می دهد.

برای تهیه نقشه های مشخص کننده شکل زمین (طبقات ارتفاع از سطح دریا، طبقات درصد شیب و طبقات جهات جغرافیایی) از نقشه مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model) تهیه شده از سنجنده استر استفاده شد. لازم به ذکر است که



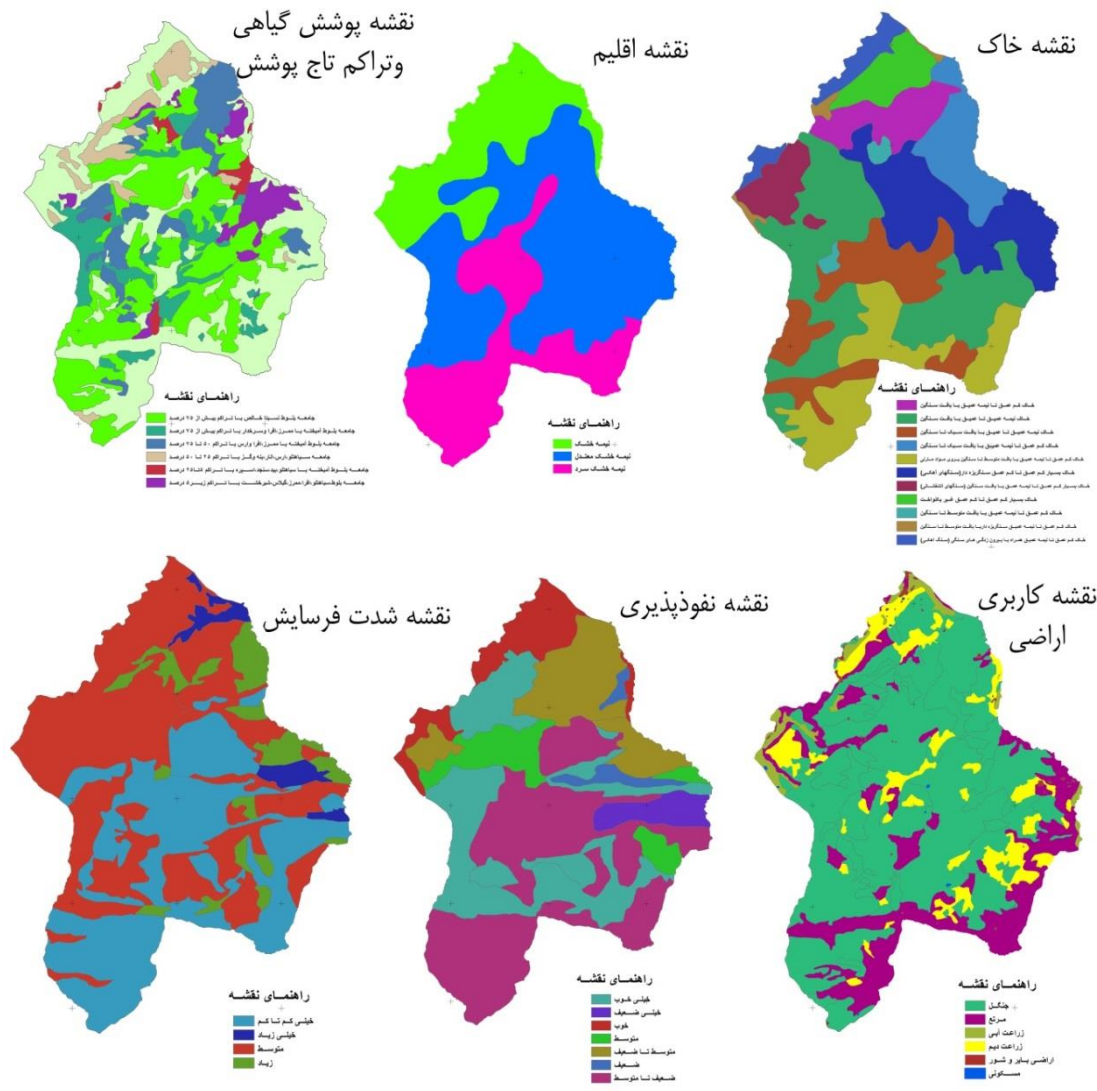
شکل ۲- نقشه های شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا

Figure 2. Slope, Aspect and elevation map

سایر فاکتورهای دخیل در ارزیابی

سایر معیارهای دخیل در فرایند ارزیابی شامل: بافت خاک، تیب بندی پوشش گیاهی جنگلی و درصد تراکم آن، اقلیم منطقه، شدت فرسایش، نفوذ پذیری و کاربری اراضی منطقه، از سازمان حفاظت محیط زیست آذربایجان شرقی با مقیاس

۱:۲۰۰۰۰۰: تهیه و برای تمامی نقشه‌ها عملیات زمین مرجع و رقومی‌سازی انجام، و سیستم UTM zone 38 n و مبنا WGS 1984 اختصاص داده شد. شکل ۳ نقشه‌های دیگر عوامل موثر در ارزیابی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- سایر معیارهای دخیل در فرایند ارزیابی

Figure 3. Other effective criteria in evaluation process

ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های منطقه حفاظت شده ارسباران به روش بولین (Boolean)

منطق بولین بر مبنای اعداد صحیح ۰ و ۱ بنا شده است که لزوم قطعیت در مورد وجود یا نبود هر پدیده مورد بررسی را مد

نظر قرار می‌دهد و در آنها عدد ۰ به معنای غیر قابل قبول بودن یا عدم تناسب پیکسل و عدد ۱ به معنای قابل قبول بودن یا تناسب آن پیکسل در راستای هدف مورد نظر است. معایب این روش عبارتند از: ۱- ممکن است که واحدهایی با خصوصیات متفاوت در یک کلاس قرار گیرند. ۲- واحدهایی که



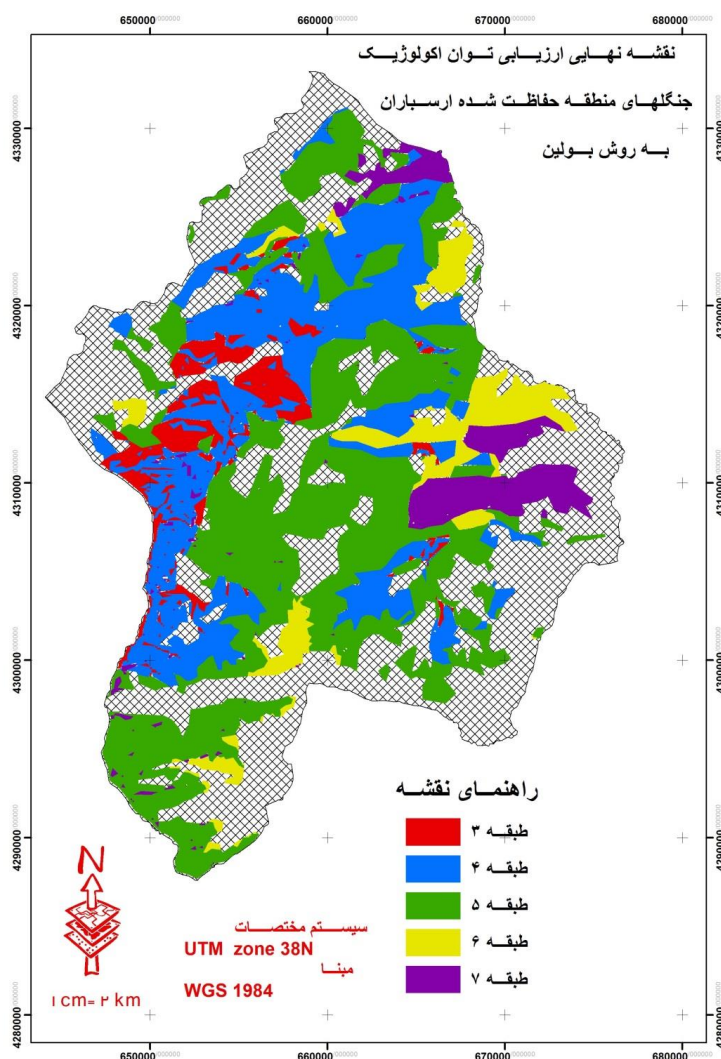
تحلیل گر یا تصمیم گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار مورد بررسی، وزن هایی به معیارها می دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه (مثلاً عنصر تصویر در تحلیل فضایی) به دست می آید. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه هایی که بیشترین مقدار را داشته باشند، مناسب ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهد بود (۱۶). روش ترکیب خطی وزنی می تواند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و قابلیت های همپوشانی این سیستم اجرا شود. فنون همپوشانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی اجازه می دهد که برای تولید یک لایه ی نقشه ای ترکیبی (نقشه برون داد) با هم ترکیب و تلفیق شوند. استفاده از این روش در هر دو نوع قالب رستری و برداری سیستم اطلاعات جغرافیایی عملی است (۱۷). در این تحقیق برای تعیین وزن معیارها و زیر معیارهای دخیل در فرایند ارزیابی با استفاده از فن دلفی پرسشنامه ای تهیه گردید و با استفاده از نظر کارشناسان علوم جنگلداری سلسله اهمیت معیارها و زیر معیارها مشخص گردید. این پرسشنامه در بین ۴ نفر با مدرک دکتری و ۳ نفر با مدرک کارشناسی ارشد و ۳ نفر دانشجوی دکتری علوم مرتبط به جنگلداری توزیع گردید و با بررسی نظرات آنها سلسله اهمیت معیارها و زیر معیارهای دخیل در فرایند ارزیابی مشخص گردید. سپس برای وزن دهی این معیارها و زیر معیارها از روش مقایسه زوجی بر پایه AHP استفاده گردید.

از یک لایه اطلاعاتی تا حدی نامناسب باشد، شانس انتخاب را به طور کلی از دست خواهد داد. ۳- این مدل قادر با تفکیک مکان های مناسب به اولویت اول و دوم و ... نیست. ۴- خطاهای کارشناسی در این روش در نظر گرفته نمی شود. ۵- خطاهای موجود در لایه ها محسوب نمی گردد (۱۵). در استفاده از روش بولین، در منطقه جنگلی مورد مطالعه با توجه به ویژگی ها و خصوصیات ذکر شده در مدل اکولوژیک کاربری جنگلداری، با توجه به شرایط ارایه شده برای هر یک از طبقات هفتگانه این کاربری، برای تمام پارامترها به کمک منطق بولین طبقه بندی صورت گرفت. عملیات منطقی در تابع روی هم گذاری، بر پایه جبر بولین استوار است و معمولاً برای تفکیک مناطقی که دارای مجموعه ای از شرایط و ویژگی های مورد نظر می باشند کاربرد دارند. بدین معنی که برای شرایط موجود در هر طبقه منطقه کد ۱ و برای سایر مناطقی که در طبقه نمی گنجید کد صفر اطلاق گشت و با استفاده از این منطق، مدل ارزیابی توان اکولوژیک کاربری جنگلداری برای هر هفت طبقه اجرا گردید. شکل ۴ نقشه نهایی ارزیابی توان جنگلداری به روش بولین را برای منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

#### ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های منطقه حفاظت شده

##### ارسباران به روش ترکیب خطی وزنی (WLC)

روش ترکیب خطی وزنی، رایج ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاری است. این تکنیک، روش امتیاز دهی (Scoring) نیز نامیده می شود. این روش بر مبنای مفهوم وزنی استوار است.



شکل ۴- نقشه نهایی ارزیابی توان جنگلداری با روش بولین

Figure 4. Final map of forestry capability evaluation using Boolean method

می‌کند. با معلوم بودن اصول، روش AHP شامل مراحل اصلی زیر است (۱۹): الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی: یک مقیاس اساسی را با مقادیر ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می‌گیرد. ب) محاسبه وزن‌های معیار: این مرحله شامل مراحل زیر است: ۱- جمع کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دوتایی ۲- تقسیم نمودن هر مولفه ماتریس بر مجموع ستونش، ماتریس جاصل «ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده» نام دارد. ۳- محاسبه میانگین مولفه‌ها در هر ردیف از ماتریس نرمال شده. ج) تخمین نسبت توافق: این مرحله شامل عملیات زیر است: ۱- تعیین بردار مجموع وزنی با ضرب کردن وزن اولین معیار در اولین ستون ماتریس مقایسه دوتایی

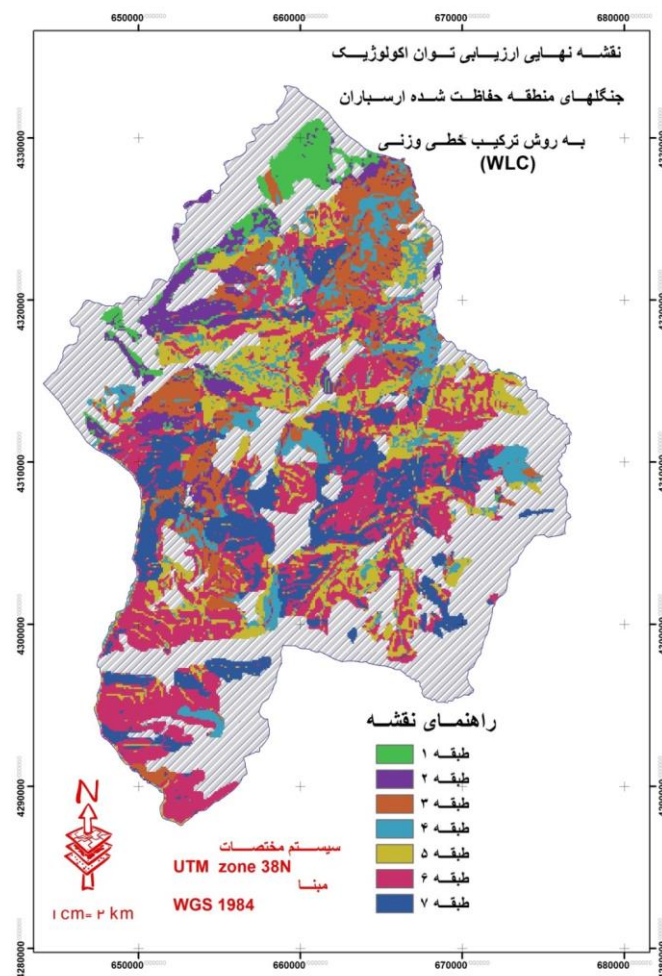
روش پردازش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روش فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (Analytical Hierarchy Process) که ساعتی آن را در سال ۱۹۸۰ ارایه کرده، بر مبنای سه اصل می‌باشد: تجزیه، قضاوت تطبیقی و سنتز اولویت‌ها، در فصل تجزیه لازم است تا مساله تصمیم‌گیری به سلسله مراتبی تجزیه شود که عناصر در سطح معین ساختار سلسله مراتبی، با در نظر گرفتن منشا آن رد سطوح بالاتر را دارد. اصل سنتز هر یک از اولویت‌های مکانی دارای مقیاس نسبی تعیین شده را رد سطوح متعدد سلسله مراتبی به دست می‌دهد و مجموعه مرکبی از اولویت‌ها را برای عناصر در پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی (یعنی گزینه‌ها) ایجاد

جدول ۲- وزن نهایی معیارهای موثر در ارزیابی توان جنگلداری

Table 2. Final weights of effective criteria in forestry capability evaluation

وزن	معیار
۰/۰۳۱	ارتفاع
۰/۲۴۰	شیب
۰/۰۴۵	اقلیم
۰/۱۰۴	شدت فرسایش
۰/۱۵۹	بافت و عمق خاک
۰/۳۵۴	ارزش گونه‌های گیاهی و میزان تراکم تاج پوشش
۰/۰۶۸	میزان نفوذ پذیری

اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار در دومین ستون، سومین معیار در سومین ستون ماتریس اصلی، سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطرها. ۲- تعیین بردار توافق با تقسیم بردار وزنی بر وزن‌های معیار که قبلاً تعیین شده است (۱۸). در این مطالعه با استفاده از نرم افزار Expert Choice 11 این روش اجرا و وزن نهایی هر معیار و زیر معیار مشخص گردید. جدول ۲ وزن نهایی هر معیار را نشان می‌دهد. بعد از مشخص شدن وزن نهایی هر معیار و زیر معیارها، با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10 هر یک از فاکتورها در وزن خود ضرب شدند و در پایان نقشه رستری حاصل به ۷ طبقه بر اساس روش Natural Breaks طبقه بندی گردید. شکل ۵ نقشه نهایی توان جنگلداری منطقه حفاظت شده ارسباران را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نقشه نهایی ارزیابی توان جنگلداری با تکنیک ترکیب خطی وزنی

Figure 5. Final map of Forestry capability evaluation using weighted linear combination

## نتایج

بولین بود. بدین صورت برای تمامی طبقات، به محدوده ای که مد نظر طبقات بود کد ۱ و به مابقی محدوده کد ۰ داده شد. سپس با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10 و با استفاده از منطق AND مدل ارزیابی توان اکولوژیک کاربری جنگلداری در منطقه مورد مطالعه اجرا گردید که نتایج حاکی از وجود طبقات ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ جنگلداری است ولی طبقات ۱ و ۲ در این منطقه دیده نشد (شکل ۵). در مرحله دوم این تحقیق، جهت ارزیابی توان اکولوژیک منطقه برای کاربری جنگلداری، از روش ارزیابی چند معیاره مکانی استفاده گردید. در این مرحله با استفاده از نظر متخصصان و نرم افزار Expert Choice 11 وزن فاکتورها بر اساس مقایسه زوجی بر پایه AHP به دست آمد. از بین معیارهای دخیل در فرایند ارزیابی معیار ارزش گونه‌های گیاهی و میزان تراکم تاج پوشش با وزن ۰/۳۵۴ دارای بیشترین اهمیت و معیار ارتفاع از سطح دریا با وزن ۰/۳۱ دارای کمترین اهمیت بودند (جدول ۲). در مرحله دوم این تحقیق با تلفیق نقشه‌های منابع اکولوژیکی با وزن‌های متناظر با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزنی در محیط GIS نقشه توان اکولوژیک جنگلداری برای منطقه مورد مطالعه بدست آمد که نتایج حاکی از آن است که منطقه حفاظت شده ارسباران هر ۷ طبقه توان جنگلداری را دارا می‌باشد (شکل ۶).

## بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌های این منطقه با نگرش همه جانبه به کلیه فاکتورهای اکولوژیک در منطقه مدنظر بوده است که با این هدف مطالعه عوامل فیزیکی و زیستی در جنگل انجام شد. سپس بر طبق منطق بولین و تکنیک ترکیب خطی وزنی، مدل ارزیابی توان اکولوژیک مخدوم در منطقه مورد مطالعه اجرا شد. یکی از ویژگی‌های بارز این تحقیق استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در کلیه مراحل کار بوده است. قابلیت بالای سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در پردازش و تجزیه تحلیل لایه‌ها باعث گردیده که امروزه در مطالعات جغرافیایی و زیست‌محیطی از این سامانه‌ها

با توجه به این که محیط زیست طبیعی توان اکولوژیکی محدودی را برای استفاده‌های بشر داراست، ارزیابی توان اکولوژیکی به عنوان هسته مطالعات زیست محیطی با پیشگیری از بحران‌های موجود، بستر مناسبی برای برنامه ریزی زیست محیطی فراهم می‌آورد. ارزیابی تناسب و توانایی اراضی، فرایند پیچیده ای است که انجام آن به ملاحظات همزمان چند عامل، یا معیار زیست محیطی نیاز دارد. در این رابطه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با توانایی‌های بالا در مدیریت داده‌ها و ارائه ستاده‌های جدید به عنوان ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی زیست محیطی مطرح می‌شوند. این سامانه دارای قابلیت‌های متعدد و توانمندی در زمینه گردآوری، ذخیره، ویرایش، تحلیل داده‌ها و مدل سازی است، بنابراین ابزار مفیدی برای برنامه ریزی با ارزیابی چند معیاره محسوب می‌شود (۱۹). تاکنون سامانه اطلاعات جغرافیایی در ایران بیشتر برای نقشه سازی منابع زیست محیطی به کار گرفته شده اند در حالی که نقش اساسی این سامانه، انجام عملیات ارزیابی داده‌ها برای توان یابی، تصمیم گیری و برنامه ریزی است. البته باید اذعان کرد که ایفای نقش یاد شده بدون نقشه سازی داده‌ها در گام‌های اول ایجاد پایگاه اطلاعاتی، امکان پذیر نیست. اما برای آن که بتوان در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی هر دو نقشه سازی و تصمیم‌گیری را به طور یکپارچه اجرا کرد نیاز به مدل سازی برای ارزیابی داده‌ها به منظور توان یابی و برنامه ریزی ارزیابی توان محیط زیست همان برآورد استفاده ممکن انسان از سرزمین برای کاربردهای مختلف است و همچنین ارزیابی توان اکولوژیکی محیطی عبارت از تعیین یا پیش بینی قدرت بالقوه و یا تنوع کاربرد طبیعی سرزمین است. از این رو، ارزیابی سرزمین ابزاری برای برنامه ریزی راهبردی استفاده از سرزمین است (۲۰). پارامترهای اکولوژیکی موجود در مدل اکولوژیک کاربری جنگلداری، شامل هفت طبقه توان برای اراضی جنگلی در نظر گرفته شده است که به تدریج از طبقه یک به سمت طبقه ۷، مرغوبیت و انعطاف پذیری زمین، برای این نوع از کاربری نامناسب می‌شود. مرحله اول این تحقیق، بر اساس روش ارزیابی

مجموعه ارزشمندی از معیارها را برای نشان دادن اولویتهای تصمیم‌گیران و ترکیب آنها با GIS ارایه می‌دهد. طبق نتایج این تحقیق وضعیت شکل زمین نقش مهمی را در ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه برای جنگلداری دارد. نامناسب بودن منطقه از نظر شیب، محدودیتهایی را در فعالیت های مربوط به جنگلداری از جمله کار با ماشین آلات مختلف، محدودیت حضور در عرصه جنگلی، شرایط سخت اقلیمی و محیطی و مانند آن باعث می‌شود. بنابراین، شیبهای کمتر برای جنگلداری مطلوبتر است. همچنین ارزش گونه‌های گیاهی و تراکم تاج پوشش در برنامه‌ریزی برای جنگلداری نقش بسیار مهمی دارد. در این مطالعه نیز این معیار دارای بیشترین وزن در ارزیابی توان جنگلداری بود.

#### Reference

1. Ramakrishna, N. 2003. Production system planning for natural resource conservation in a micro watershed, *Electronic Green*, 18: 1-10
2. Prato, G. 2007. Evaluating land use plans under uncertainly. *Land Use Policy*, 24: 165-174
3. Makhdoom, M. 2006. Fundamental of land use planning. 7th edition. Tehran University, 289p. (In Persian)
4. Lajavardi, S. 2002. Natural resources in world. *Forest and Range*. 57: 77-97. (In Persian)
5. Marvi Mohajer, M.R. 2003. Tehran University, 387p. (In Persian)
6. Amiri, M.J., Jalali, S.G., Salman Mahini, A., Hossaini, S.M. and Azari Dehkordi, F. 2009. Ecological potential evaluation of Dohezar and Sehezar watersheds in north of Iran using GIS. *Environmental Studies*, 50: 35. 33-44. (In Persian)
7. Sasani, Ali, 1996, Arasbaran Protected Area Identification, Biosphere Reserve, Environmental Protection

استفاده شود. مدل‌های اکولوژیکی که برای ارزیابی توان اکولوژیکی کاربری جنگلداری توسط دکتر مخدوم در سال ۱۳۶۴ ارایه شده است، حاصل جمع آوری نتایج بررسی‌های انجام یافته در ایران و سایر کشورهای که از نظر اکولوژیکی به ایران شباهت دارند، بوده است. در بررسی عوامل مؤثر در تعیین توان اکولوژیک مناطق جنگلی با استفاده از مدل حرفی جنگلداری ایران باید اذعان داشت که این مدل کلی بوده و برای هر یک از مناطق مورد مطالعه باید کالیبره شود. در فاز اول این تحقیق از منطق بولین برای ارزیابی توان جنگلداری استفاده شد که نتایج حاصل از اجرای منطق بولین حاکی از وجود طبقات ۳ تا ۷ و عدم وجود طبقات ۱ و ۲ کاربری جنگلداری می‌باشد. در فاز دوم این تحقیق نیز از تکنیک ترکیب خطی وزنی و وزن‌دهی به روش مقایسه زوجی بر پایه AHP برای ارزیابی توان جنگلداری این منطقه استفاده شد. AHP، این قابلیت را دارد که از نظرات کارشناسان در فرآیند ارزیابی استفاده شود. علاوه بر این، انعطاف پذیر است و می‌توان هر تعداد معیار و زیر معیار را در آن به کار برد. AHP نه تنها مقدار نقش هر عامل را در فرآیند ارزیابی تعیین می‌کند، بلکه چگونگی ارتباط و هماهنگی عوامل مؤثر را در فرآیند ارزیابی به شکل حلقه‌های زنجیرواری در برمی‌گیرد. زیرا این روش بر پایه تشکیل سلسله مراتب تشکیل شده است و در واقع با تشکیل سلسله مراتب و قرار گرفتن زیرمعیارهای مختلف در معیارها، وزن هر زیرمعیار در رابطه با وزن سایر زیرمعیارها و نیز وزن اختصاص داده شده به معیار اصلی در سطح بالاتر محاسبه می‌شود. GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با اینکه دو حوزه پژوهشی و مطالعاتی متمایز از هم هستند، اما به راحتی می‌توانند از برتریها و تواناییهای همدیگر بهره‌مند شوند، زیرا از یک سو GIS توانایی زیادی در تولید، ذخیره‌سازی، بازیابی، اصلاح و دستکاری و ارزیابی داده‌ها و اطلاعات مکانی و فضایی مطرح در تصمیم‌گیری و در نتیجه تحلیل مسایل مبتنی بر تصمیم‌گیری دارد و از طرف دیگر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توانایی ترکیب شدن با داده‌های فضایی و مکانی و ترجیحات و تجربیات تصمیم‌گیران و متخصصان در قالب گزینه‌های تصمیم را دارد و

- geographical information systems. *Environment and Planning, A*. 24:497-516.
16. Shahabi, H., Khezri, S., Niri, H., 2008, Studying effective factors in site selecting for Relief and rescue stations Saqez-Sanandaj road using Weighted Linear Combination, the 4<sup>th</sup> Comprehensive international conference on crisis and Passive Defense in national sustainability, Tehran, Iran. (In Persian)
  17. Shahabi, H., Niazi, Ch., 2009, Evaluation the effective factors in site selecting for road Relief and rescue stations, Geometric national conference, Tehran, Iran. (In Persian)
  18. Ghodsipour, S.H. (2005). Analytic Hierarchy Process (AHP). Tehran: Amirkabir Industrial University press. (In Persian)
  19. Karam, Abdolamir, 2005, Analyzing land suitability for Physical development in north west region of Tabriz city using MCE method in Geographic Information System, *geographic researches*, 54, 93-106. (In Persian)
  20. Rossiter, D.G. 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*. 72: 165-190
  21. Ownegh, M., Ghanghermeh, A. and Abedi, G. 2006. Land use management plan for southeastern coasts of the Caspian Sea: (Introduction a numerical model forecological potential assessment and land use planning). *Agriculture and Natural Resources Science*, 13: 15. 139-152. (In Persian)
  22. Saaty, T. (1980). "The analytical hierarchical process: lanning, Prioritysetting, resource allocation. New York: Mc Graw-Hill.
  - department of East Azarbaijan Province, Tabriz city, Iran. (In Persian)
  8. Brail, R. and R. klosterman (2001). *Planning supportsystems: integrating Geographic Information systems, models, and visualization tools*. USA: ESRI- press.
  9. Bogardi, I., A. bardossy, M.D. mayas and L. Duckstein (1996). *Risk assessment and fuzzy logic as related to environmental science*. NewYork: SSSA special publ. NewYork: SSSA special publ.
  10. Wood, L.J. and S. Dragicevic (2006). *GIS-Based Multi criteria Evaluation and Fuzzy Sets to Identify Priority Sites for Marine Protection*. *Biodiversity and Conservation*, 16(9): 2539-2558.
  11. Asgharpour, M.J. (2006). *Multi criteria decision making*. Tehran: Tehran university press.
  12. Xue, Y.J., Y.M. Hu, S.G. Liu, J.F. Yang, G.C. Chen and S.T. Bao (2007). *Improving land resource evaluation using fuzzy neural network ensembles*. *Remote Sensing of Environment*, 11:369-384.
  13. Mohammadzade Ghane, Alireza, 1997, studying the environmental impacts of irregular harvesting of Arasbaran forests and providing environmental management plans, Environmental Protection department of East Azarbaijan Province, Tabriz city, Iran. (In Persian)
  14. Barnes, V.B., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H., 1997. *Forest Ecology*. Fourth ed. Wiley, NewYork. 774 p.
  15. Hall, G.B., F. Wang and S. Subaryono (1992). *Comparison of Boolean and fuzzy classification methods in land suitability analysis by using*

- Thailand. 17-20 November, Pp: 112-121
24. Faraji Sabokbar, H. 2005. Site selection services business units using Analytical Hierarchy Process (AHP). Geographical Research, 37: 51. 125-137. (In Persian)
23. Loi, N.K. and Tuan, V.M. 2008. Integration of GIS and AHP techniques for land use suitability analysis in Di Linh District-Upstream Dong Nai watershed-Vietnam. Fortrop II International Conference Tropical Forestry Change in a Changing World. Kasetsart University, Bangkok,