

## تعیین الویت کشت در منطقه خواجه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فریدا امیریان<sup>۱</sup>، علی اصغر جعفرزاده<sup>۲</sup>، محمدعلی قربانی<sup>۳</sup>، مسلم ثروتی<sup>۴</sup>  
 ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز، ۲- استناد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز،  
 ۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه تبریز، ۴- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه

### چکیده

ارزیابی تناسب اراضی مسئله چند عاملی است و نیاز به تکنیکی دارد تا عوامل را همزمان ارزیابی کند. بنابراین از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای تعیین الویت کشت در منطقه خواجه (آذربایجان شرقی) برای محصولات افتابگردان، ذرت گندم، هندوانه و یونجه استفاده گردید. بدین منظور، ابتدا چندین ویژگی فیزیکی و اقتصادی با استفاده از راهنمای تشریح فائو و نظرات کارشناسی، وارد مدل شدند. برای هر عامل و به تفکیک هر تیپ بهره‌وری، بر اساس تأثیر آن در تناسب اراضی وزن داده شد که یکی از مراحل اصلی در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در نهایت وزن‌ها و درجه‌های تناسب مربوط به هر ویژگی با یکدیگر در محیط نرم‌افزار Expert Choice تلفیق و بر اساس استانداردهای فائو الویت کشت تعیین شد. نتایج نشان داد الویت کشت بر اساس وسعت و نوع کلاس‌های تناسب، به صورت گندم، یونجه، هندوانه، افتابگردان و ذرت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تیپ‌های بهره‌وری، مدل‌های تصمیم‌گیری، نظرات کارشناسی، نرم‌افزار Expert Choice

### مقدمه

نیازهای بشر از جمله غذا، پوشاک، آب، سوخت و مسکن به نحوی از اراضی تأمین می‌گردد. از طرفی افزایش جمعیت و نیاز بیشتر به اراضی، موجب افزایش فشار بر روی منابع طبیعی و کشاورزی شده است (اورهان و همکاران ۲۰۰۳). بدین منظور مهم‌ترین چالشی که در دهه‌های آتی وجود خواهد داشت، تأمین امنیت غذایی جهانی و منطقه‌ای برای جمعیت در حال رشد، به منظور جلوگیری از فقر و تخریب اراضی در کشورهای در حال توسعه است. بنابراین ارزیابی زمین‌های زراعی و پیش‌بینی تولید در این کشورها به جهت پشتیبانی و حمایت از کاربری‌های فعلی و آتی کشاورزی ضروری می‌باشد (فردیک و جولی ۱۹۹۷). از طرفی انتخاب یک روش مناسب برای تعیین شاخص اراضی که بیشترین همبستگی و دقت کافی را با تولید مشاهده شده داشته باشد، از اهمیت فراوانی برخوردار است. از آنجایی که ارزیابی تناسب اراضی مسئله چند عاملی است نیاز به تکنیکی دارد تا عوامل را همزمان ارزیابی کند. در این راستا می‌توان از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱۶۴</sup> (AHP) استفاده کرد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی (۱۹۷۷) مطرح شد که یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است (ساعتی ۱۹۸۰). این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنانهاده شده و تصمیم‌گیرنده‌ها نقش مهمی را در مقایسات دودویی بین معیارها در هر سطح رتبه‌بندی و وزن‌دهی دارند. در واقع می‌توان گفت این تکنیک از یک طرف وابسته به برنامه‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از طرف دیگر با منطق و تجزیه، جهت تصمیم‌گیری نهایی مرتبط می‌شود (ساعتی ۲۰۰۸). مقایسات زوجی، ماتریس مقایسات زوجی را ایجاد می‌کند که درایه‌های این ماتریس از مقایسه عنصر سطرها و ستون‌ها به دست می‌آیند. در نهایت می‌توان چنین اظهار داشت که همان‌طور که تصمیم‌گیری جزء لاینفک مدیریت است، فرآیند سلسله مراتبی نیز به یکی از اجزای اصلی تصمیم‌گیری تبدیل شده است (ساعتی ۱۹۹۰). لی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از ترکیب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و آنالیز ناحیه‌ای خاکستری<sup>۱۶۵</sup>، مدل ارزیابی اکولوژیکی تناسب اراضی را ارائه دادند. ایشان گزارش کردند که این روش باعث کاهش عدم قطعیت و خطای درونی مدل‌های کلاسیک، در ارائه نقشه تناسب اراضی می‌شود. واسنجی نقشه برای تیپ بهره‌وری چای در کشور چین نیز نشان‌دهنده دقت بالای مدل فوق می‌باشد. والک و همکاران (۲۰۱۲) از روش‌های چند معیاره وزن‌دهی و روی هم اندازی لایه‌ها، جهت ارزیابی تناسب اراضی تیپ بهره‌وری پنبه برای منطقه‌ای در مرکز هند استفاده کردند. نتایج مویید این است که ۱/۴۹ اراضی در کلاس ۸/۲۳، ۵۲ اراضی در کلاس ۸/۱، ۵۲-۵۳ درصد در کلاس ۷/۸، ۷۱/۸ درصد در کلاس ۵۲-۵۳ و ۶/۱۶ در کلاس ۸۲ قرار گرفتند. همچنین آن‌ها گزارش کردند که استفاده از این روش باعث افزایش دقت نقشه‌های تناسب اراضی بر اساس روش فائو می‌گردد.

### مواد و روش‌ها

منطقه خواجه در استان آذربایجان شرقی (شمال شرق تبریز) واقع شده و در زمره اراضی حاشیه‌ای مسیر رودخانه آجی چای محسوب می‌گردد. این منطقه از نظر مختصات جغرافیایی بین ۳۸°۷′ تا ۳۸°۱۱′ عرض شمالی و ۴۶°۳۷′ تا ۴۴°۳۰′ طول شرقی قرار دارد. خاکهای این منطقه دارای رژیم رطوبتی Aridic border to Xeric و رژیم حرارتی Mesic بوده و براساس کلید

<sup>۱۶۴</sup> - Analytic hierarchy process

<sup>۱۶۵</sup> - Grey Relational Analysis (GRA)

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

رده بندی آمریکایی (۲۰۱۴) در رده های انتی سول و اریدی سول قرار گرفتند. جهت نیل به اهداف مورد نظر تعداد ۸۰ خاکرخ بر اساس نقاط تعیین شده در روی نقشه به روش شبکه بندی در هشت ترانسکت و به ابعاد ۲×۲×۱ متر حفر و تشریح گردید. بعد از انتخاب خاکرخ های شاهد که از روی برگه تشریح خاکرخ ها صورت پذیرفت. بر روی ۲۶ خاکرخ شاهد که نماینده هر واحد نقشه است، آزمایش های فیزیکی و شیمیایی با استفاده از روش های استاندارد صورت پذیرفت. سپس با استفاده از داده های اقلیمی و ویژگی های واحدهای اراضی و آمار و پرسنامه های تهیه شده ارزیابی تناسب اراضی برای منطقه مطالعاتی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام گردید.

برای انجام ارزیابی اراضی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مراحل زیر انجام گردید.

الف-تشکیل گروه های تصمیم ساز

ب-تشکیل ساختار سلسله مراتبی

ج-انجام مقایسات زوجی

د-محاسبه وزن نهایی کاربری ها در هر واحد اراضی

ه-تعیین الویت کشت

جهت تشکیل گروه های تصمیم ساز از بررسی منابع، آمار جهاد کشاورزی، پرسش نامه، جداول پیشنهادی ساینس و همکاران (۱۹۹۳) و سایر اطلاعات در دسترس استفاده گردید. در این تحقیق سطح اول (هدف)، استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی جهت انتخاب بهینه کاربری های مختلف در منطقه مطالعاتی، سطح دوم (معیارها) شامل ویژگی های اقلیمی، خاک، لندفرم، درآمد، شاخص رطوبت (Hui) و فرسایش با زیر معیارهای مربوطه و سطح سوم (گزینه ها) شامل تیپ های بهره وری مورد مطالعه می باشد. ضریب وزنی خاک و اقلیم از درجه تناسب هر یک از ویژگی ها به تیپ های مختلف و ضریب درآمد از آمار جهاد کشاورزی و پرسش از زارعین محاسبه گردید. شایان ذکر است که از طریق میزان پوشش سطحی توسط هر تیپ بهره وری، ضریب فرسایش و از طریق شاخص رطوبت که قبلاً در سیستم میکرولیز توضیح داده شد، ضریب دسترسی به آب برای هر تیپ بهره وری برآورد گردید. برای انجام مقایسات زوجی پرسش نامه ها توسط ۱۸ نفر کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان هریس و ۱۳ نفر کشاورز تکمیل گردید. جهت انتخاب بهترین درجه بندی بین گزینه ها نسبت به معیارها و معیارها نسبت به هدف از ظرف سنجش ساعتی (جدول ۱) از طریق طبقه بندی کردن ارجحیت ها و مقدار دادن به هر طبقه استفاده گردید.

جدول ۱-مقیاس مقایسه دوتایی (ساعتی ۱۹۸۰)

میزان اهمیت	تعریف
۱	اهمیت برابر
۲	اهمیت برابر تا متوسط
۳	اهمیت متوسط
۴	اهمیت متوسط تا قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت قوی تا بسیار قوی
۷	اهمیت بسیار قوی
۸	اهمیت بسیار قوی تا فوق العاده قوی
۹	اهمیت فوق العاده قوی

شایان ذکر است در این مطالعه وزن های نسبی از روش تقریبی-میانگین هندسی محاسبه گردیدند. نهایتاً از طریق رابطه (۱) وزن نهایی محاسبه شد.

$$j \text{ امتیاز نهایی اولویت } = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m w_k w_i g_{ij} \quad (1)$$

در این رابطه  $w_k$  ضریب اهمیت معیار  $w_i$ ،  $w_i$  ضریب اهمیت معیار فرعی  $i$ ،  $g_{ij}$  امتیاز گزینه  $j$  در ارتباط با معیار فرعی  $i$  می باشد. سیستم برای کنترل درست بودن قضاوت های کارشناس، از مفهوم سازگاری<sup>۱۶۶</sup> استفاده می کند (قدسی پور ۱۳۹۱). بنابراین از رابطه نرخ ناسازگاری (Error : Reference source not found : ۲) برای بررسی سازگاری تصمیم ها استفاده گردید (باون ۱۹۹۳).

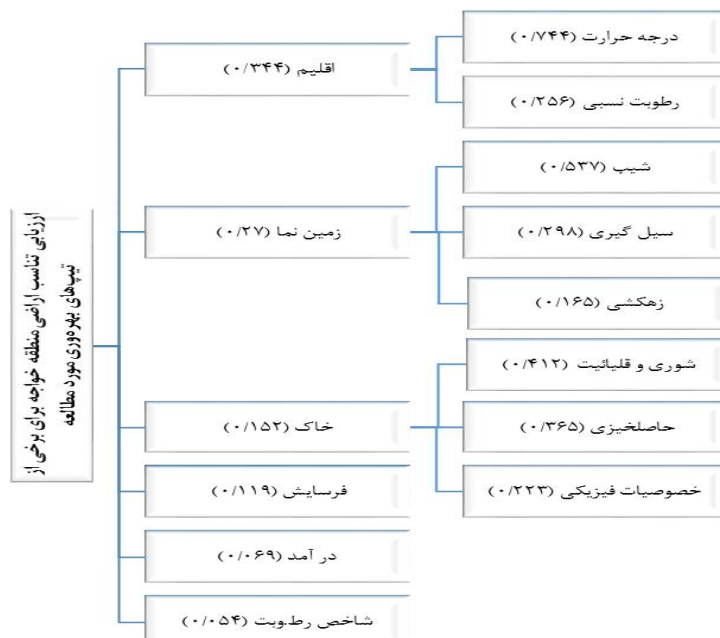
$$IR = \frac{II}{RII} \quad (2)$$

در این رابطه IR: نرخ ناسازگاری، RII: شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی، II: شاخص ناسازگاری می باشد. اگر R. I. بیشتر از ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول نیست و باید در قضاوت ها تجدید نظر کرد. هدف از این تحقیق تعیین اولویت کشت برای تیپ های بهره وری آفتابگردان، ذرت، گندم، هندوانه و یونجه به عنوان محصولات رایج در منطقه خواهد بود با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می باشد.

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

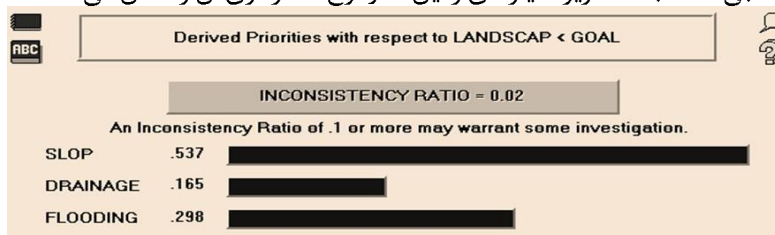
### نتایج و بحث

شکل ۱ ساختار سلسله مراتبی که پایه و اساس مقایسه‌های زوجی معیارهای مؤثر در تعیین اولویت کاربری هاست، را نشان می‌دهد. نتایج موید این مطلب است که در بین معیارهای مورد مطالعه، اقلیم بیشترین (۳۴۴/۰) و شاخص رطوبت کمترین (۰/۴۵) وزن را به خود اختصاص دادند. نرخ ناسازگاری، برای زیر معیارهای خاکی ناچیز، برای زمین نما ۰/۲۷ و برای اقلیم ۰/۱۰ برآورد گردید. چون در این تحقیق کشت آبی محصولات مدنظر بوده، بنابراین بارندگی در رشد و عملکرد آن‌ها تأثیری نداشته و وارد مدل نشد. در بین زیر معیارهای اقلیمی درجه حرارت نسبت به رطوبت نسبی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. شیب مهم‌ترین عامل از نظر زمین نما در رشد تیپ‌های بهره‌وری انتخابی براساس مدل AHP می‌باشد. با توجه به شور بودن نسبی منطقه، شوری و قلیائیت به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور خاکی مؤثر در رشد و نمو و تعیین الویت کشت تیپ‌های بهره‌وری انتخابی تشخیص داده شد.



شکل ۱- ضرب اهمیت معیارها و زیر معیارها نسبت به هدف در ساختار سلسله مراتبی

شکل ۲ شمایی از وزن نسبی محاسبه‌شده زیر معیارهای زمین نما و نرخ ناسازگاری آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲- شمایی از محاسبه وزن نسبی زیر معیارها، نسبت به معیارها

سپس اهمیت نسبی هر یک از گزینه‌ها (تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه) نسبت به معیارها (جدول ۲) محاسبه گردید. نتایج جدول موید این مطلب است که محدودکننده‌ترین فاکتور در رشد تیپ‌های بهره‌وری آفتابگردان، ذرت، گندم، هندوانه و یونجه به ترتیب سیل گیری، ویژگی‌های حاصلخیزی، ویژگی‌های فیزیکی، ویژگی‌های فیزیکی، شاخص رطوبت بر اساس مدل AHP تشخیص داده شد. مهابادی (۲۰۱۲) روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم فازی را برای انجام ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصول جو در اردستان استان اصفهان به کار بردند و محدودیت‌های عمده در منطقه را ویژگی‌های فیزیکی خاک معرفی کردند. در تحقیقی دیگر اشرف و همکاران (۲۰۰۹) در منطقه دامغان استان سمنان، ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از سیستم چند معیاره و GIS را برای محصول جو به کار بردند و کلاس تناسب برای این محصول را نسبتاً خوب، بحرانی و نامناسب به دست آوردند.

جدول ۲- اهمیت نسبی هر یک از گزینه‌ها نسبت به معیارها

تیپ بهره‌وری	آفتابگردان	ذرت	گندم	هندوانه	یونجه	نرخ
--------------	------------	-----	------	---------	-------	-----



ناسازگاری

معیار					
ویژگی های فیزیکی	۱۹۷/۰	۱۶/۰	۱۳۴/۰	۱۰۷/۰	۴۰۲/۰
ویژگی های حاصلخیزی	۰۷۳/۰	۰۵۲/۰	۲۵۳/۰	۱۷۸/۰	۴۴۴/۰
شوری و قلیائیت	۱۳۱/۰	۱۳۳/۰	۲۶۰/۰	۲۸۳/۰	۱۹۳/۰
شیب	۰۵۵/۰	۰۸۵/۰	۴۱/۰	۲۳۳/۰	۲۱۷/۰
زه کشی	۰۶۶/۰	۰۷۷/۰	۱۳۹/۰	۴۳۸/۰	۲۸۶/۰
سیل گیری	۰۴۹/۰	۰۷۲/۰	۳۷۹/۰	۲۴۶/۰	۲۵۳/۰
درجه حرارت	۲۲۲/۰	۱۱۱/۰	۲۲۲/۰	۲۲۲/۰	۲۲۲/۰
رطوبت نسبی (%)	۱۰۷/۰	۰۷۱/۰	۳۵۰/۰	۲۱۶/۰	۲۵۷/۰
شاخص رطوبت	۱۰۹/۰	۱۲۴/۰	۲۴۹/۰	۳۹۰/۰	۱۲۷/۰
فرسایش	۱۱۰/۰	۰۸۴/۰	۴۱۹/۰	۱۷۱/۰	۲۱۶/۰
درآمد	۲۴۶/۰	۲۹۴/۰	۱۴۲/۰	۱۰۸/۰	۲۱۰/۰

نهایتاً بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، الویت کشت به ترتیب با گندم، یونجه، هندوانه، آفتابگردان و ذرت (شکل ۳) می باشد. شایان ذکر است که کشت گندم، یونجه و هندوانه با توجه به شاخص درآمد محاسبه شده و ویژگی های خاکی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده ولی سایر تیپ های بهره وری در این منطقه توصیه نمی گردد. نرخ ناسازگاری کلی برای این ارزیابی ۰/۱ برآورد گردید و قابل قبول می باشد.



شکل ۳- شمای از تعیین الویت کشت با نرم افزار Expert Choice ۹

روش AHP قادر است الویت کشت برای تیپ های بهره وری مورد مطالعه نشان دهد. بنابراین در مناطقی که نیاز به مطالعات اجمالی و تعیین الویت کشت از نظر کیفی، کمی و اقتصادی می باشد، یکی از کارآمدترین روش هاست.

### منابع

- قدسی پور س ح، ۱۳۹۱. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- Anonymous, ۲۰۱۴. Keys to Soil Taxonomy. ۱۲th edition. Soil Survey Staf, Natural Resource Conservation Service.
- Ashraf SH., Afshari H., Munokyan R. and Ebadi A.G. ۲۰۱۰. Multicriteria land suitability evaluation for barley by using GIS in Damghan plain (Northeast of Iran). Journal of Food, Agriculture & Environment. ۸(۳&۴): ۶۲۶-۶۲۸.
- Bown M.W. ۱۹۹۳. AHP, Multiple Criteria Evaluation. Pp. ۲۵۳-۲۹۰. In: Klosterman R and etal (eds). Spreadsheet Methods for Urban and regional analysis. Center for Urban Policy Research, Rutgers University.
- Feredrick N.M. and Julie V.B. ۱۹۹۷. Planning sustainable land management : Finding a balance between user needs and possibilities. ITC Journal ۳,۴ : ۲۲۹-۲۳۴.
- Li B., Zhang F., Zhang L., Huang J., Jin Z. and Gupta D.K. ۲۰۱۲. Comperhensive suitability evaluation of Tea crops using GIS and modified land ecological suitability evaluation model. Pedosphere ۲۲ (۱): ۱۲۲-۱۳۰.
- Mahabadi N.Y., Givi J., Naderi M., Mohammadi J. and Poch Claret R..M. ۲۰۱۲. Land Suitability Evaluation for Alfalfa and Barley Based on FAO and Fuzzy Multi-Criteria Approaches in Iranian Arid Region. Desert, ۱۷ : ۷۷-۸۹.
- Orhan D., Lihami B. and Mahmut Y. ۲۰۰۳. Geographic information system and remote sensing based land evaluation of Beypazari area soils by ILSSEN model. Turkish Journal of Agriculture and Forestry ۲۷ : ۱۴۵-۱۵۳.
- Saaty T.L. ۱۹۷۷. A scaling method for priorities in hierarchical structure. Journal of mathematical psychology ۱۵:۲۳۴-۲۸۱.



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

- Saaty T.L. ۱۹۸۰. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Saaty T.L. ۱۹۹۰. Eigenvector and logarithmic least squares. European Journal of Operational Research ۴۸: ۱۵۶-۱۶۰.
- Saaty T.L. ۲۰۰۸. Decision making with the analytic Hierarchy Process. International Journal of Service Science ۱: ۸۳-۹۷.
- Sys C., Van Ranset E., Debaveye J. and Beernaert F. ۱۹۹۳. Land Evaluation, Part III, Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium.
- Walke N., Obi Reddy G.P, Maji A.K. and Thayalan S. ۲۰۱۲. GIS-based multicriteria overlay analysis in soil-suitability evaluation for cotton: A case study in the black soil region of Central India. Computers and Geosciences ۴۱: ۱۰۸-۱۱۸.

### Abstract

As the assessing the land suitability is a multifactorial issue, it's needed a special technique to assess all the factors simultaneously. So multi-criteria Decision making methods (Analytic hierarchy process) are used for Sunflower, Maize, Wheat, and Watermelon and Alfalfa cultivation priority in Khajeh region. Land evaluation by AHP, several physical and economic factors were used based on FAO framework and experts' opinions. According to kind of crops, the weight has given for each factor based on it is effect on suitability, which is one stage in widely used MCDM techniques. Finally land suitability based on the linear combination of weights and rating scores of each factor by Expert Choice software were determined according to the FAO standard. Also the evaluated crops with AHP, can be arranged based on their area extension and kind of suitability classes as follows: Wheat > Alfalfa > Watermelon > Sunflower > Maize.