ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی در استان آذربایجان شرقی

مرضیه منافی ملایوسفی[1*]، باب اله حیاتی[2]، اسماعیل پیش‌بهار[2]، جواد نعمتیان[3]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۱۱

۱- فارغ‌التحصیل دکترای اقتصاد کشاورزی، گرایش اقتصاد منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۲- استاد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: Email: m.manafi.m@tabrizu.ac.ir

چکیده

محیط‌زیست بستر فعالیت‌های کشاورزی است و منابع طبیعی نهاده‌های تولید آن می‌باشند، بنابراین با توجه به ارتباط وسیع کشاورزی با منابع طبیعی و محیط‌زیست به نظر می‌رسد که پایداری کشاورزی نقش مهمی در حفاظت از سرمایه‌های طبیعی و محیط‌زیست داشته باشد. با توجه به اهمیت این موضوع در توسعه پایدار، این تحقیق به ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی با استفاده از تحلیل سلسله مراتب گروهی (AHP) می‌پردازد. وزن شاخص‌ها از طریق نظرسنجی از گروه کارشناسان تعیین شد و سایر اطلاعات لازم از منابع ثانویه نظیر سازمان جهاد کشاورزی، سازمان آب منطقه‌ای و سالنامه‌های آماری استان آذربایجان شرقی در سال ۱۳۹٤ جمع‌آوری گردید. نتایج مطالعه نشان داد شاخص‌های درصد مصرف آب غیرکشاورزی، سیستم‌های کارآمد آبیاری و سطح تراز آب زیرزمینی، به ترتیب با وزن نسبی ۰/۱۲۹، ۰/۱۱٦ و ۰/۰۹٤، از دیدگاه گروه کارشناسان عوامل مهمی هستند که بر میزان پایداری تأثیر می‌گذارند. رتبه‌بندی میزان پایداری نشان داد شهرستان‌هایی که در شمال و شمال‌شرقی استان واقع شده‌اند دارای پایداری زیست‌محیطی بیشتری هستند، اما شهرستان‌هایی که در گوشه جنوب‌غربی استان و در حاشیه دریاچه ارومیه قرار دارند، دارای پایداری زیست‌محیطی کمتری می‌باشند. همچنین نتایج این مطالعه نقاط ضعف شهرستان‌های مختلف استان را در دستیابی به پایداری زیست‌محیطی کشاورزی آشکار کرد. با توجه به نتایج حاصله پیشنهاد می‌شود با گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار، اصلاح انهار و سیستم‌های سنتی انتقال آب در مزارع، مقابله با حفر چاه‌های غیرمجاز و تغییر الگوی کشت متناسب با شرایط تغییر اقلیم به کاهش مصرف آب کشاورزی و تقویت منابع آبی زیرزمینی استان کمک نمود.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان شرقی، ارزیابی، پایداری زیست‌محیطی، تحلیل سلسله مراتب گروهی (AHP)، کشاورزی

Assessment of Environmental Sustainability of Agriculture in East Azerbaijan province

Marziyeh Manafi Mollayousefi[1*], Bobollah Hayati[2], Esmaeil Pishbahar[2*], Javad Nematian[3]

Received: December 31, 2018 Accepted: May 1, 2019
1- PhD graduated of Agricultural Economics, University of Tabriz, Iran.
2- Prof., and Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
3- Assoc. Prof., of Manufacturing, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: m.manafi.m@tabrizu.ac.ir

Abstract

The environment is the basis for the agricultural activities and natural resources are its production inputs. Therefore it seems that agricultural sustainability plays an important role in protecting natural capital and environment, considering the wide relation among agriculture with natural resources and environment. Due to the importance of this subject in sustainable development, this research evaluates the environmental sustainability of agriculture in counties of East Azerbaijan province by using of Group Analytic Hierarchy Process. The indicators weight were determined by survey from experts group and other required data have been collected from the secondary sources, including the Agriculture Jihad, Regional Water organization and statistical yearbooks of East Azerbaijan province in 2015. The results showed that experts group believed that indicators of non-agricultural water use, efficient irrigation systems and, ground-water level with relative importance 0.129, 0.116 and 0.094 respectively were the important factors that influenced the sustainability. The results of the sustainability classification showed that the counties located in the north and northeast of the province have more environmental sustainability, while the counties located in the southwest of the province and on the coast of the Urmia Lake have worse environmental sustainability. Also, the results of this study revealed the weaknesses of various counties of the province in achieving environmental sustainability of agriculture. According to the results, it is suggested that with the expansion of pressure irrigation systems, refinement the traditional water transfer systems in farms, prevention of unauthorized well drilling and changing the cropping pattern adapted to climate change conditions, help to the reduction of agricultural water consumption and strengthen the underground water resources of the province.

Keywords: Agriculture, East Azerbaijan Province, Environmental Sustainability, Evaluation, Group Analytic Hierarchy Process (AHP)

مقدمه

از آنجا که هر گونه فعالیتی برای ارتقای کیفیت زندگی انسانی در محیطزیست تحقق می‌یابد، لذا وضعیت محیطزیست و منابع آن از نظر پایداری یا ناپایداری بر فرایند توسعه تأثیرگذار خواهند بود. بر این اساس، هر بحثی درباره‌ی توسعه پایدار بدون توجه به

مفهوم پایداری زیست‌محیطی، ناتمام تلقی می‌شود (بریمانی و اصغری ۲۰۱۰). مفهوم پایداری ریشه در یک اصل اکولوژیک دارد. بر اساس این اصل، اگر در هر محیطی به اندازه توان طبیعی تولید محیط‌زیست، بهره‌برداری انجام شود، اصل سرمایه (منابع اکولوژیک) به طور پایدار باقی می‌ماند و استفاده ما از محیط به اندازه آن توان تولیدی، همیشه پایدار است (سرایی و مؤیدی‌فر ۲۰۱۰). تعاریف زیادی از پایداری ارائه شده است. برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، توسعه پایدار را پیشرفت کیفیت زندگی انسان‌ها با توجه به حفظ ظرفیت‌های سیستم تأمین‌کننده‌ی حیات کره زمین، یعنی برآوردن نیازهای نسل کنونی بدون صدمه زدن به منابع زمین و بدون این که جلوی تأمین نیازهای نسل آینده گرفته شود، تعریف می‌کند (تشکری ۱۹۹۲). موضوع پایداری زیست‌محیطی طی سه دهه پایانی قرن بیستم به طور ویژه‌ای مورد توجه بسیاری از افراد بخصوص محققین و دولت‌ها بوده است. در ایران نیز این موضوع از محوری‌ترین اهداف توسعه‌ای کشور در بخش کشاورزی ذکر شده و در برنامه‌های چهارم و پنجم و سند چشم‌انداز ۲۰ ساله توسعه کشور مورد تأکید قرار گرفته است (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ۲۰۱۰).

در صورتی که دستیابی به توسعه پایدار هدف نهایی به شمار رود و پایداری زیست‌محیطی شرط لازم برای تحقق توسعه پایدار باشد، در این صورت روش‌هایی مورد نیاز است که به کمک آن‌ها بتوان حرکت به سوی پایداری زیست محیطی را اندازه گرفت (بریمانی و اصغری ۲۰۱۰). در این حالت ارزیابی پایداری زیست-محیطی به عنوان مهمترین ابزار در فرآیند برنامه‌ریزی توسعه پایدار قابل طرح است. سنجش و ارزیابی پایداری زیست‌محیطی یکی از راه‌های قابل قبول برای دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار است که می‌تواند مشکلات زیست‌محیطی موجود در منطقه را شناسایی کند و گزینه-های منطقی برای حل آن‌ها را انتخاب نماید. در واقع ارزیابی پایداری ابزاری است که تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران را قادر می‌سازد تا اقدامات مناسب برای پایدارسازی هر چه بیشتر جامعه را انجام دهند (عنابستانی و خسروبیگی ۲۰۱۱).

تعیین سطح مطالعه دارای اهمیت زیادی در ارزیابی پایداری است، چرا که مستقیماً انتخاب شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و یکی از عمده اهداف مرور منابع در این نوع مطالعات تعیین شاخص‌های مناسب جهت انجام ارزیابی است. مرور منابع نشان می‌دهد که برخی محققان کوشیده‌اند که به ارزیابی میزان پایداری کشت نوع خاصی از محصول در اراضی کشاورزی بپردازند (نظیر محمدی و همکاران ۲۰۱٤؛ عبدالله‌زاده و همکاران ۲۰۱۵؛ روی و همکاران ۲۰۱٤؛ صبیها و همکاران ۲۰۱٦)، دسته دوم مطالعات به سنجش میزان پایداری برای سیستم‌های کشت مختلف پرداخته‌اند (شوشتریان و همکاران۲۰۱۱؛ امینی و نوری ۲۰۱۱؛ نامبیر و همکاران ۲۰۰۱؛ گومز-لمون و سانچز فرناندز ۲۰۱۰). دسته سوم مطالعات مربوط به پایداری کشاورزی در سطح روستاها هستند (بریمانی و اصغری ۲۰۱۰؛ عنابستانی و خسروبیگی ۲۰۱۱؛ تقدیسی و بسحاق ۲۰۱۲؛ صیدایی و همکاران ۲۰۱۳). در دسته چهارم مطالعاتی مربوط به ارزیابی پایداری کشاورزی و زیست‌محیطی در سطح شهرستان‌ها قرار دارند (پورزند و بخشوده ۲۰۱۲؛ ملکی و همکاران ۲۰۱٤؛ داداشیان و همکاران ۲۰۱۵) و در نهایت مطالعاتی مربوط به ارزیابی پایداری کشاورزی و زیست‌محیطی مناطق، استان‌ها و یا کشورها در دسته ششم قرار گرفته‌اند (کوچکی و همکاران ۲۰۱۳؛ سیهان ۲۰۱۰؛ کارا و کنه ۲۰۱۲؛ کوک و همکاران ۲۰۱۷). در این تحقیق، بررسی مطالعات انجام شده در سطوح کلان‌تر نظیر روستاها، شهرستان‌ها و مناطق، نقش مهمی در انتخاب شاخص‌ها داشته‌اند.

شاخص‌های مربوط به کمیت و کیفیت آب کشاورزی در اکثر مطالعات، نظیر بریمانی و اصغری (۲۰۱۰)، عنابستانی و خسروبیگی (۲۰۱۱) و کوچکی و همکاران (۲۰۱۳) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شاخص‌های مربوط به مصرف کود و سموم شیمیایی در مطالعات کوک و همکاران (۲۰۱۷)، داداشیان و همکاران (۲۰۱۵) و سیهان (۲۰۱۰) استفاده شده‌اند. درصد پوشش گیاهی، سرانه فضای سبز یا تراکم پوشش گیاهی در مطالعات ملکی و همکاران (۲۰۱٤)، کوچکی و همکاران (۲۰۱۳) و کارا و کنه (۲۰۱۲) مشاهده می‌شود. شاخص‌های مربوط به حاصلخیزی خاک نظیر درصد ماده آلی خاک، رعایت تناوب، آیش‌گذاری و استفاده از کودهای سبز و حیوانی در مطالعات عنابستانی و خسروبیگی (۲۰۱۱)، پورزند و بخشوده (۲۰۱۲) و صیدایی و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شده‌اند. با مرور مطالعات انجام شده می‌توان لیست طویلی از شاخص‌ها و روش‌های استفاده شده برای ارزیابی پایداری کشاورزی استخراج کرد.

استان آذربایجان شرقی بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین استان ناحیه‌ی شمال غربی ایران محسوب می‌شود. مساحت استان ٤٥٤٩٠/٨٩ کیلومتر مربع بوده و با اختصاص دادن ۲/۷٦ درصد از مساحت کل کشور به خود، یازدهمین استان بزرگ ایران به شمار می‌آید (استانداری آذربایجان شرقی ۲۰۱۵). مهم‌ترین مشکل‌زیست‌محیطی استان در طی سال‌های اخیر خشک شدن دریاچه ارومیه به دلیل خشک‌سالی‌های پیاپی، استفاده بیش از حد از منابع آب سطحی، احداث چاه‌های غیرمجاز، سد و شیوه‌های نادرست آبیاری می‌باشد. از سوی دیگر سطح تراز آب زیرزمینی در تمامی آب‌خوان‌های استان کاهش یافته است. همچنین آمارهای موجودی روند فزاینده‌ای را در جهت تخریب محیط‌زیست استان نشان می‌دهند؛ از جمله این آمارها می‌توان به افزایش استفاده از ادوات کشاورزی، افزایش توزیع انواع کود شیمیایی از ۷۳٤۲۳ تن در سال ۱۳۸۰ به ۱۳٦۲٤٥ تن در سال ۱۳۸۸، کاهش فعالیت‌های انجام شده در راستای حفاظت آبخیزها، کاهش اقدامات انجام شده در راستای تثبیت شن‌های روان و کاهش مساحت جنگل‌کاری از ۳۸۵۰ هکتار در سال ۱۳٦٥ به ۸۷۱ هکتار در سال ۱۳۹۰ اشاره کرد (استانداری آذربایجان شرقی ۲۰۱۵). وجود چنین مشکلاتی در بهره‌برداری از منابع طبیعی و کشاورزی استان سبب شده است، دستیابی به پایداری زیست‌محیطی در بخش کشاورزی با مشکلات بسیاری روبرو باشد. با توجه به وجود چنین مشکلاتی در استان و لزوم دستیابی به توسعه پایدار در تمامی ابعاد آن، انجام مطالعه در این زمینه می‌تواند راهگشای حل برخی از مشکلات زیست‌محیطی استان باشد و نقاط ضعف شهرستان‌های مختلف را در دستیابی به توسعه پایدار زیست‌محیطی آشکار نماید. بر همین اساس این مقاله تلاش دارد تا با تعیین شاخص‌های مهم پایداری زیست‌محیطی در استان، وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از نظر کارشناسان خبره و آگاه و شناسایی نقاط ضعف و قوت شهرستان‌های مختلف به این سؤال کلیدی پاسخ دهد که "میزان پایداری زیست‌محیطی کشاورزی شهرستان‌های مختلف استان آذربایجان شرقی به چه میزان است؟".

مواد و روش‌ها

سنجش پایداری به طور فزاینده‌ای تحت تأثیر مجموعه‌ای از ابزارها و روش‌های ارزیابی می‌باشد (نس و همکاران ۲۰۰۷). این ابزارها و روش‌ها به طورکلی «شاخص» نامیده می‌شوند. شاخص‌ها مهم‌ترین ابزاری هستند که به افراد، نهادها، اجتماعات و جوامع کمک می‌کنند تا درباره آینده خود به انتخاب متفاوت و بهتری دست بزنند. اعداد شاخص وسیله اندازه‌گیری، مقایسه و سنجش پدیده‌هایی هستند که دارای ماهیت مشخص و حداقل دارای یک خاصیت مشخص‌کننده می‌باشند (مطیعی لنگرودی و شمسایی ۲۰۰۹).

اولین گام در این مطالعه شناسایی شاخص‌های بالقوه

ارزیابی پایداری و انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها می‌باشد. جهت انتخاب شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه با مرور مطالعات قبلی و بررسی مشکلات پایداری زیست‌محیطی بخش کشاورزی استان آذربایجان شرقی، مجموعه‌ای از شاخص‌ها انتخاب شد و در اختیار گروهی از کارشناسان قرار گرفت. کارشناسان از بین اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و محققین مراکز تحقیقات کشاورزی استان و کارشناسان ادارات جهاد کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست در مراکز ستادی استان آذربایجان شرقی انتخاب شدند. در نهایت گروه کارشناسان بر مبنای ملاک‌های مهم انتخاب شاخص نظیر قابلیت اندازه‌گیری، تناسب علمی، حساسیت به تغییرات و از لحاظ اقتصادی و زمانی مقرون به صرفه بودن جمع‌آوری اطلاعات، ۱۲ شاخص را انتخاب کردند که به منظور ارزیابی پایداری زیست محیطی کشاورزی استان آذربایجان شرقی، مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی معرفی شده است. تمامی شاخص‌ها در سطح شهرستان‌های استان اندازه‌گیری شده‌اند و به نحوی تعریف شده‌اند که افزایش آنها در راستای پایداری است. شاخص‌های انتخاب شده عبارتند از:

۱- سطح تراز آب زیرزمینی: طی ۳۰ سال گذشته به دلیل برداشت بی‌رویه، سطح تراز آب‌های زیرزمینی استان به طور متوالی کاهش یافته است (سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی ۲۰۱۵). این شاخص از طریق میانگین وزنی سطح تراز چاه‌های پیزومتریک هر شهرستان با استفاده از نرم افزار GIS محاسبه شد.

۲- غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی: این شاخص با استفاده از گزارش تحلیلی منابع آب شهرستان‌های استان که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی تهیه شده است، تعیین گردید. مقدار این شاخص به صورت معکوس وارد مطالعه شده است، به نحوی که افزایش آن در راستای پایداری است.

۳- شوری آب: این شاخص نیز با استفاده از گزارش تحلیلی منابع آب که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی تهیه شده است، تعیین گردید. حداکثر میزان مجاز شوری خاک برای فعالیت کشاورزی سه هزار میکرو موس بر سانتی‌متر است. شوری آب نیز همانند شاخص بالا به صورت معکوس وارد محاسبات شده است، یعنی افزایش مقدار شاخص نشانه‌ی کاهش مقدار شوری آب می‌باشد و در راستای افزایش پایداری زیست‌محیطی است.

٤- سیستم کارآمد آبیاری: مدیریت صحیح آب برداشت شده در بخش کشاورزی مطمئناً راندمان آبیاری و آبرسانی را افزایش داده و بهره‌وری مصرف آب را بهبود خواهد بخشید. این شاخص به صورت درصد اراضی تحت پوشش سیستم‌های آبیاری تحت فشار نسبت به کل سطح زیر کشت، تعیین شد.

٥- درصد مصرف آب غیرکشاورزی: اگرچه بیش از ۷۱ درصد سطح زمین را آب فراگرفته است اما تنها سه درصد آن، آب‌های شیرین هستند که در حدود دو سوم آن به مصرف آبیاری کشاورزی اختصاص دارد. از سوی دیگر روند افزایش جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه روز به روز سرانه‌ی آب در دسترس را کاهش می‌دهد. این شاخص میزان آب مصرف شده در بخش غیرکشاورزی (شرب شهری و روستایی، فضای سبز، صنعت و خدمات) نسبت به کل آب‌های مورد استحصال هر شهرستان را نشان می‌دهد. هر چه درصد مصرف آب در بخش کشاورزی کاهش یابد، پایداری زیست‌محیطی بخش کشاورزی افزایش می‌یابد.

٦- شاخص مصرف سموم شیمیایی: در کنار محاسن متعددی که مصرف سموم با کنترل عوامل خسارت‌زا به دنبال داشته است، مسئله مهمی که امروزه توجه خاصی به آن معطوف می‌شود، مسئله آلودگی محیط‌زیست و نیز منابع غذایی و آشامیدنی بشر توسط سموم شیمیایی، خصوصاً سمومی که پایداری زیادی

در برابر عوامل محیطی از خود نشان می‌دهند، می‌باشد. این شاخص نشان می‌دهد هر کیلوگرم سموم شیمیایی در چند هکتار زمین کشاورزی استفاده شده است و افزایش آن نشان‌دهنده افزایش پایداری زیست‌محیطی است.

۷- شاخص مصرف کود شیمیایی: آلودگی آب به نیترات‌ها طی سالیان متمادی موجب کاهش توان بیولوژیک خاک و ده‌ها معضل زیست‌محیطی دیگر در کره زمین گشته است. در صورتی که استفاده از کودهای شیمیایی به صورت بی‌رویه باشد، وارد آب‌های زیرزمینی و در نهایت از طریق محصولات کشاورزی وارد غذای انسان‌ها می‌شود و در نهایت در بدن به ترکیبات سرطان‌زا تبدیل خواهد شد. این شاخص نشان می‌دهد هر کیلوگرم کود شیمیایی در چند هکتار زمین کشاورزی استفاده می‌شود. هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، در راستای پایداری زیست‌محیطی است.

۸- ماده آلی خاک: مهم‌ترین عامل مؤثر در عملکرد و کیفیت مطلوب محصولات کشاورزی، حاصلخیزی خاک است و ماده آلی خاک سهم زیادی در بالا بردن کمیت آن دارد. مقدار این شاخص از گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی در زمینه تعیین قابلیت حاصلخیزی اراضی کشاورزی استان استخراج شد.

۹- شاخص آیش: با توجه به این که بیش از ۷۵ درصد اراضی زراعی استان به صورت دیم کاشته می‌شوند، آیش‌گذاری اراضی زراعی جهت حفظ رطوبت و افزایش عملکرد محصول بسیار مورد توجه است. این شاخص درصد اراضی آیش گذاشته شده را نسبت به سطح کل اراضی زراعی نشان می‌دهد.

۱۰- درصد پوشش گیاهی: به دلیل نبود اطلاعات نقشه‌های GIS جدید در مورد درصد پوشش گیاهی شهرستان‌ها، از بررسی طبقات پوشش گیاهی برای تعیین این شاخص استفاده شد. با توجه به نظر کارشناسان اکولوژی گیاهی در مورد نوع و طبقه پوشش گیاهی اراضی استان، فرمول (۱) به این منظور استفاده گردید (مقدم ۲۰۰۸):

$$\text{درصد پوشش گیاهی} = \frac{(\text{کل اراضی باغی})\times ۰/۵ + (\text{کل اراضی زراعی})\times ۰/۲۵ + \text{مساحت جنگل} + \text{مساحت مراتع اصلاح شده}}{\text{مساحت شهرستان}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

۱۱- شاخص چرای دام: بهره‌برداری بیش از حد در بسیاری از مراتع کشور موجب تخریب این منابع شده و خسارات زیادی به پوشش گیاهی و خاک وارد می‌کند. شاخص چرای دام مقدار اراضی مرتعی موجود برای هر واحد دامی را نشان می‌دهد. افزایش مقدار این شاخص در راستای پایداری زیست‌محیطی است.

۱۲- درصد اراضی گلخانه‌ای: کشت‌های گلخانه‌ای با فراهم نمودن شرایط مصنوعی تولید، اهمیت ویژه‌ای در پیشبرد فرآیندهای کشاورزی پایدار دارند. این شاخص برابر سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای نسبت به کل سطح زیرکشت سبزی و صیفی‌جات در هر شهرستان می‌باشد.

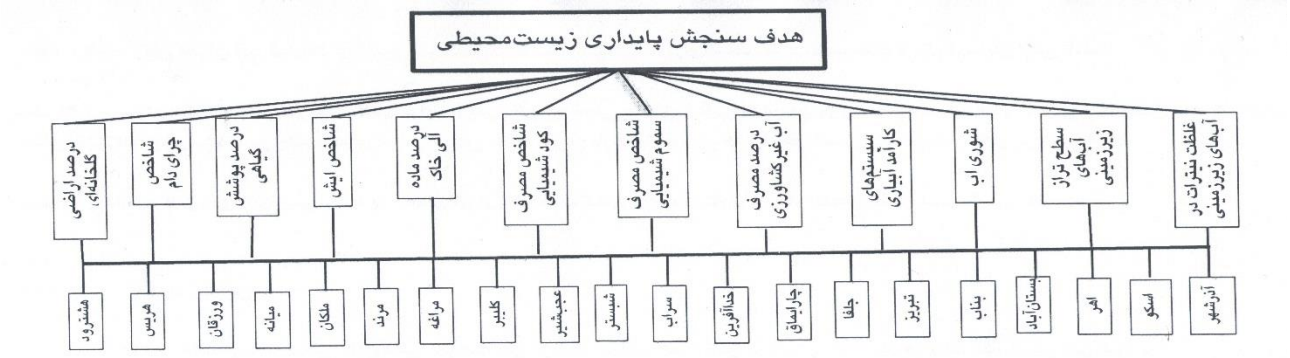
دومین گام در این مطالعه تعیین وزن شاخص‌های مورد استفاده و محاسبه میزان پایداری زیست‌محیطی کشاورزی هر شهرستان است. جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها و محاسبه شاخص پایداری کل از روش تحلیل سلسله مراتب گروهی[۱] استفاده شد. این روش جزء تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به طور گسترده‌ای برای تصمیم‌گیری در مسائل واقعی به کار گرفته شده است. مراحل کلی روش تحلیل سلسله مراتبی به صورت زیر می‌باشد (زنجیرچی ۲۰۱٤):

۱- ساخت سلسله مراتبی برای مسئله: جهت مشخص شدن سلسله مراتب مورد بررسی در مطالعه، در ابتدا درخت تصمیم مورد استفاده به

[۱] Group Analytic Hierarchy Process (GAHP)

صورت شماتیک رسم می‌شود (شکل ۱).

۲- در دومین مرحله تصمیم‌گیرندگان در هر بار قضاوت دو عنصر را نسبت به سطح بلافاصله بالاترشان مقایسه کرده و امتیازی را برای میزان برتری گزینه اول بر دوم ارائه می‌کنند. در این مطالعه طیف ساعتی[1] برای امتیازدهی قضاوت‌ها استفاده شده‌اند. سپس پرسش‌نامه‌هایی بر اساس این جدول تنظیم و با مراجعه به گروه کارشناسان مقایسه بین شاخص‌ها صورت گرفته و امتیازات لازم کسب شده‌اند.



شکل۱- ساختار سلسله مراتبی ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی

۳- در سومین مرحله ماتریس‌های توافقی بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله قبل تشکیل شد. از آنجا که در این مطالعه از تحلیل سلسله مراتب گروهی استفاده شده است، مقادیر هر سلول یا درایه با استفاده از نظر تمامی تصمیم‌گیرندگان و با استفاده از میانگین هندسی نظرات افراد تعیین می‌شود. در صورتی که نظرات فرد k ام را در مورد اولویت نسبی گزینه i نسبت به گزینه j به صورت r_{ij}^{k} نشان داده شود، مقدار تجمیع شده نظرات k تصمیم‌گیرنده به صورت زیر محاسبه می‌شود (زنجیرچی ۲۰۱٤):

$$r_{ij} = \sqrt[k]{\prod_{k=1}^{n} r_{ij}^{k}} \qquad (۲)$$

نمونه یک ماتریس توافقی به شکل زیر قابل نمایش است:

$$k = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} A_1 & A_2 & \dots & A_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21}=\frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}=\frac{1}{a_{1n}} & a_{n2}=\frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۳)$$

٤- در این مرحله وزن نسبی شاخص‌ها و گزینه‌های پایداری محاسبه می‌شود. مقادیر ویژه‌ی اصلی و بردار ویژه‌ی نرمال شده‌ی مربوط به هر مقدار ویژه‌ی اصلی در ماتریس توافقی، وزن نسبی معیارهای مختلف مقایسه شده را ارائه می‌کند. به این منظور ابتدا با هدف حذف مقیاس‌های متفاوت اندازه‌گیری، ماتریس‌های توافقی نرمالایز می‌شوند. به این منظور ابتدا مجموع عناصر هر ستون با استفاده از فرمول (٤) محاسبه

[1] Saaty

می‌شود (همان منبع):

$$s_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \quad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (٤)$$

سپس عناصر ماتریس k از طریق تقسیم هر درایه ماتریس بر مجموع ستون خودش نرمال می‌گردد:

$$r_{ij}^{normal} = \frac{a_{ij}}{s_i} \qquad (٥)$$

آنگاه وزن هر گزینه با استفاده از میانگین حسابی عناصر هر سطر به دست می‌آید (زنجیرچی ۲۰۱٤):

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{normal}}{n} \qquad (٦)$$

در نهایت وزن هر گزینه در زیرمعیار فوقانیش ضرب می‌شود تا وزن‌های محلی آن گزینه نسبت به هر معیار به دست آید. پس از آن وزن‌های محلی در وزن معیارهای فوقانیش ضرب می‌شود تا وزن‌های نهایی گزینه‌ها به دست آید. در صورتی که وزن گزینه i نسبت به معیار j را w_{ij} و وزن معیار j ام را w_j بنامیم، وزن نهایی گزینه i به صورت زیر به دست می‌آید (همان منبع):

$$W_i = \sum_{j=1}^{m} w_{ij} \times w_j \qquad \text{رابطه (۷)}$$

٥- از آنجا که تحلیل سلسله مراتبی یک فرایند ذهنی است و به جهت عدم دقت عددی این روش امکان بروز خطا در ارزیابی بیشتر از علوم دقیق می‌باشد، در پایان وزن‌دهی اقدام به بررسی سازگاری قضاوت افراد می‌شود. به این منظور شاخص سازگاری برای هر یک از ماتریس‌های توافقی محاسبه می‌شود، در صورتی که مقدار این شاخص کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری قضاوت‌ها پذیرفته می‌شود (زنجیرچی ۲۰۱٤).

تعیین مقیاس مکانی تحلیل، یکی دیگر از جنبه‌های مهم ارزیابی پایداری است که در تعیین شاخص‌های پایداری نقش مهمی ایفا می‌کند. طبق تقسیم‌بندی لورنس و همکاران (۱۹۸٦) در خردترین سطح ارزیابی پایداری کشاورزی یک قطعه زمین زراعی (واحد تولیدی) قرار دارد که این قطعات می‌توانند به صورت مزارع (واحد مدیریتی) در هم ادغام شوند. مزارع به نوبه خود می‌توانند سیستم‌های کشاورزی (واحد اکولوژیکی) را بسازند و در نهایت به طور سیاسی در قالب نواحی، شهرستان‌ها یا استان‌ها (واحدهای سیاسی) طبقه‌بندی می‌شوند. این سطح از مطالعه شامل تمامی سطوح قبل بوده و جامع‌تر از آن‌ها می‌باشد و نتایج آن می‌تواند جهت سیاستگذاری‌های آتی در زمینه پایداری استفاده شود (اسمیت و مک‌دونالد ۱۹۹۸). از این رو شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی جهت ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی در این مطالعه انتخاب شده‌اند. شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک و موقعیت جغرافیایی منطقه، استان را به منطقه‌ای مناسب و مستعد برای کشاورزی تبدیل کرده است. این استان به دلیل وجود خاک متنوع و حاصل‌خیز و منابع طبیعی وسیع در زمینه فعالیت‌های بخش کشاورزی یکی از مراکز عمده کشاورزی کشور به حساب می‌آید. بر اساس آخرین تقسیمات سیاسی در سال ۱۳۹٤، استان آذربایجان شرقی دارای ۲۱ شهرستان است (استانداری آذربایجان شرقی ۲۰۱۵). شهرستان هوراند در سال ۱۳۹۲ از شهرستان کلیبر تفکیک شده است، اما به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی برای این شهرستان در مطالعه حاضر وارد نشده است و این مطالعه تنها بر اساس اطلاعات ۲۰ شهرستان صورت پذیرفت.

سایر داده‌های مورد نیاز پژوهش، از طریق مراجعه به منابع اطلاعاتی نظیر سالنامه‌های آماری استان آذربایجان شرقی، سیمای کشاورزی استان و شهرستان‌ها، سازمان جهاد کشاورزی، منابع طبیعی و سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ به دست آمد. انجام تحلیل‌های آماری AHP، جهت استخراج وزن شاخص‌ها و ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی با استفاده از نرم افزار SuperDecision انجام گرفت.

نتایج و بحث

ابتدا وزن نهایی شاخص‌های زیست‌محیطی مورد استفاده در مطالعه محاسبه گردید (جدول ۱). نتایج مطالعه نشان داد که مهم‌ترین شاخص‌های پایداری

زیست‌محیطی در رابطه با پایداری منابع آب تعیین شده‌اند. با توجه به بحران خشکسالی در منطقه و وجود نگرانی‌های عدیده در مورد اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه، این امر دور از انتظار نبود. کارشناسان به ترتیب درصد مصرف آب غیرکشاورزی، سیستم‌های کارآمد آبیاری و سطح تراز آب زیرزمینی را به عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها تعیین کرده‌اند و مصرف آب غیرکشاورزی با تفاوت زیادی مهم‌ترین شاخص پایداری زیست‌محیطی شناخته شده است. گزارش سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در استان می‌باشد و در حال حاضر در حدود ۹۲ درصد منابع آب قابل استحصال استان، در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. از این رو صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی می‌تواند نقش مهمی در پایداری منابع آب ایفا کند. برای کاهش میزان مصرف آب کشاورزی باید کارایی مصرف آب بهبود یافته و بهره‌وری آب کشاورزی افزایش یابد، این کار پاسخی به افزایش روزافزون کمبود آب و افزایش نیازهای طبیعی بشر می‌باشد؛ از جمله این نیازها می‌توان به رهاسازی آب کافی در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها برای حفظ اکوسیستم طبیعی و رفع نیازهای رو به رشد تقاضای آب در شهرها و صنایع اشاره کرد. با توجه به این که اکثر مناطق ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشند، مصرف آب کشاورزی همواره یکی از دغدغه‌های اصلی پایداری زیست‌محیطی در کشورمان بوده است به نحوی که در مطالعات کوچکی و همکاران (۲۰۱۳) و عنابستانی و خسروبیگی (۲۰۱۱) نیز مصرف آب کشاورزی و کیفیت آن جزء شاخص‌های مهم پایداری زیست‌محیطی شناخته شده‌اند.

جدول ۱- نتایج محاسبه وزن شاخص‌های زیست‌محیطی بر حسب پایداری

	سطح تراز آب	غلظت نیترات	شوری آب	سیستم کارآمد	مصرف آب غیرکشاورزی	مصرف سم	مصرف کود	ماده آلی خاک	شاخص آیش	پوشش گیاهی	شاخص چرای	اراضی گلخانه‌ای
وزن	۰/۰۹٤	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷۵	۰/۱۱٦	۰/۱۲۹	۰/۰۷۵	۰/۰۷۹	۰/۰۸۷٦	۰/۰٤۵	۰/۰۹۱	۰/۰۵۷	۰/۰۵۸
رتبه	۳	۸	٦	۲	۱	۹	۷	۵	۱۲	٤	۱۱	۱۰

شاخص بعدی سیستم‌های کارآمد آبیاری می‌باشد که دارای وزن ۰/۱۱٦ است. در حال حاضر به دلیل سیستم‌های سنتی آبیاری و انتقال آب هدر رفت بالایی در بخش کشاورزی استان وجود دارد و تنها در حدود ٤/۷ درصد اراضی زراعی و باغی استان از سیستم‌های آبیاری تحت فشار استفاده می‌کنند (جهاد کشاورزی ۲۰۱۵). افزایش استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در جهت کاهش مصرف آب کشاورزی و حفظ این منبع ارزشمند است. در همین راستا سایر مطالعات نظیر پورزند و بخشوده (۲۰۱۲) و داداشیان و همکاران (۲۰۱۵) نیز اهمیت این شاخص‌ها را در پایداری زیست‌محیطی کشاورزی مورد تأکید قرار داده‌اند. شاخص مهم بعدی برای پایداری زیست‌محیطی کشاورزی، سطح تراز آب‌های زیرزمینی می‌باشد. طبق گزارش‌های سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی (۲۰۱۵) در حدود ۵۵ درصد آب کشاورزی استان از منابع آب زیرزمینی تهیه می‌شود و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی به ویژه در قالب حفر چاه‌های غیرمجاز، سبب کاهش تراز آب‌های زیرزمینی در تمامی دشت‌های استان در طی سال‌های اخیر شده است که همین امر سبب شناسایی این شاخص بعنوان یکی از عوامل مهم پایداری توسط کارشناسان شده است.

درصد پوشش گیاهی به عنوان چهارمین شاخص مهم

توسط گروه کارشناسان شناخته شده است. یکی از کارکردهای غیرعلوفه‌ای و تولیدی پوشش گیاهی، حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش خاک است. فرسایش آبی دارای اثرات زیادی بر سطح خاک می‌باشد که همراه با معضلاتی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. باید در نظر داشت که کاهش حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش نه تنها میزان تولید را پایین می‌آورد، بلکه دارای اثرات خارجی نظیر آلودگی آب و هوا، افزایش سیلاب‌ها و پر شدن سدها می‌باشد. بنابراین با توجه به این که در حدود ٦٨ درصد مساحت استان را زمین‌های ناهموار (کوهستان و تپه‌ماهور) تشکیل می‌دهند و اهمیت مضاعف پوشش گیاهی در اراضی شیب‌دار جهت جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش درصد پوشش گیاهی می‌تواند نقش مهمی در کاهش روان‌آب و فرسایش آبی خاک ایفا کند و باعث افزایش پایداری زیست‌محیطی شود. از سوی دیگر نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن (این شاخص‌ها دارای توزیع نرمال نمی‌باشند) نشان داد بین درصد ماده آلی خاک و درصد پوشش گیاهی رابطه مثبت معنی‌داری وجود دارد (مقدار آماره برابر با ٠/٦٢٢٦ می‌باشد که در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است). کارشناسان نیز ماده آلی خاک را به عنوان شاخص مهم بعدی شناسایی کرده‌اند. گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی (۲۰۱۵) نشان‌می‌دهد اکثر خاک‌های کشاورزی استان از کمبود ماده آلی خاک رنج می‌برند. افزایش درصد ماده آلی خاک در بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصول نقش مهمی دارد. اهمیت این شاخص در مطالعات کارا و کنه (۲۰۱۲) و ملکی و همکاران (٢٠١٤) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. افزایش مقدار این عامل از طریق انجام عملیات زراعی صحیح، افزودن کودهای آلی و دامی به خاک و حفاظت از خاک در مقابل فرسایش امکان‌پذیر است. شاخص مهم بعدی شوری آب کشاورزی است. شوری همواره یکی از تهدیدات عمده در زمینه پایداری زیست‌محیطی بوده است، به نحوی که در مطالعات پورزند و بخشوده (۲۰۱۲) و کوک و همکاران (۲۰۱۷) نیز از شاخص‌های اثرگذار بر پایداری شناخته شده است. شوری آب کشاورزی در اکثر مناطق استان در حد استاندارد قرار دارد، اما شهرستان‌های حاشیه دریاچه ارومیه دارای بیشترین میزان شوری آب کشاورزی هستند. شوری آب در کشاورزی نه تنها خود کاهش شدید عملکرد محصول را به دنبال دارد، بلکه به مرور زمان سبب سمیت گیاه، شور شدن خاک و از بین رفتن آن می‌شود. همچنین استفاده درازمدت از آب‌های شور سبب خواهد شد تا استفاده از خاک عملاً غیرممکن شود.

در گام دوم وزن هر یک از شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی بر حسب شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه گردید (جدول ۲). این جدول خلاصه ۱۲ ماتریس توافقی تشکیل شده برای ۲۰ شهرستان استان می‌باشد. مقدار وزن شهرستان‌ها برای هر شاخص محاسبه شده و همچنین نتایج رتبه‌بندی شهرستان‌ها نیز برای هر شاخص مورد بررسی ارائه شده است. شاخص سازگاری برای تمامی ماتریس‌ها محاسبه گردید که در تمامی موارد مقدار ضریب کمتر از ۰/۱ بود.

بهترین وزن در شاخص سطح تراز آب زیرزمینی متعلق به بستان‌آباد است که رتبه یک را در مورد این شاخص کسب کرده است. با بهبود و افزایش سطح تراز آب‌های زیرزمینی از فشار به این منبع طبیعی کاسته شده و امکان برداشت پایدار فراهم می‌شود. اما کمترین وزن متعلق به شهرستان جلفاست که کمترین سطح تراز آب زیرزمینی را داشته است. کمترین وزن شاخص غلظت نیترات در شهرستان اسکو و بیشترین میزان متعلق به شهرستان شبستر است. اگرچه نیتروژن یک عنصر ضروری برای رشد گیاه محسوب می‌شود، اما بالا بودن غلظت نیترات در آب، احتمال خطر برای سلامتی انسان، حیوان و محیط‌زیست را افزایش می‌دهد و باید در حد استاندارد نگه داشته شود. تمامی شهرستان‌های حاشیه

جدول۲- نتایج محاسبه وزن شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی بر حسب شاخص‌های زیست‌محیطی

	سطح تراز آب		غلظت نیترات		شوری آب		سیستم کارآمد آبیاری		آب غیرکشاورزی		مصرف سم		کود شیمیایی		ماده آلی خاک		شاخص آیش		پوشش گیاهی		چرای دام		اراضی گلخانه‌ای	
	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه
آذرشهر	۰/۰۴۴۶۸	۱۷	۰/۰۷۰۱	۵	۰/۰۱۸	۱۹	۰/۰۰۷۷۹	۱۶	۰/۰۳۶۴۹	۱۴	۰/۰۲۹۳	۱۱	۰/۰۲۶۴۵	۱۳	۰/۰۵۶۹	۶	۰/۰۷۹	۳	۰/۰۴۵۹	۹	۰/۰۱۷۳	۱۹	۰/۰۱۵۵	۱۲
اسکو	۰/۰۴۷۱۶	۱۲	۰/۱۱۱۸	۱	۰/۰۱۴	۲۰	۰/۰۰۷۱۷	۱۸	۰/۰۵۶۷۰	۵	۰/۰۵۶۴	۵	۰/۰۳۱۸۵	۱۲	۰/۰۵۴۹	۸	۰/۰۵۴	۱۰	۰/۰۴۴۰	۱۴	۰/۰۴۶۷	۹	۰/۱۷۹۱	۲
اهر	۰/۰۴۹۲۲	۱۰	۰/۰۳۳۶	۱۵	۰/۴۲۸	۱۳	۰/۰۶۸۰۴	۶	۰/۰۴۵۷۴	۹	۰/۰۱۲۳	۱۶	۰/۰۷۲۳۵	۴	۰/۰۶۰۴	۵	۰/۰۶۳	۸	۰/۰۵۹۶	۵	۰/۰۴۶۲	۱۰	۰/۰۱۳۶	۱۴
بستان‌آباد	۰/۰۶۲۴۳	۱	۰/۰۹۳۳	۲	۰/۰۶۵	۵	۰/۰۸۲۱۶	۵	۰/۱۱۵۵۰	۲	۰/۰۷۵۷	۴	۰/۰۱۳۰۴	۱۸	۰/۰۴۲۲	۱۷	۰/۰۴۹	۱۲	۰/۰۳۱۹	۱۹	۰/۰۴۰۷	۱۱	۰/۰۱۶۱	۱۱
بناب	۰/۰۴۴۲۱	۱۸	۰/۰۲۳۷	۱۹	۰/۰۲۱	۱۸	۰/۰۱۹۴۴	۱۳	۰/۰۳۱۱۷	۱۷	۰/۰۰۹۲	۱۸	۰/۰۳۵۱۴	۸	۰/۰۴۳۶	۱۴	۰/۰۳۴	۱۶	۰/۰۴۵۲	۱۱	۰/۰۲۵۰	۱۶	۰/۰۰۴۸	۱۶
تبریز	۰/۰۵۴۳۵	۴	۰/۰۲۵۶	۱۸	۰/۰۲۴	۱۷	۰/۰۹۱۰۲	۴	۰/۱۳۲۰۹	۱	۰/۰۱۲۷	۱۵	۰/۰۳۴۸۰	۹	۰/۰۴۴۱	۱۳	۰/۰۵۵	۹	۰/۰۴۰۴	۱۶	۰/۰۲۹۶	۱۲	۰/۱۰۶۷	۴
جلفا	۰/۰۴۰۵۹	۲۰	۰/۰۵۰۹	۷	۰/۰۵۷	۸	۰/۲۴۸۹۸	۱	۰/۰۴۸۶۷	۷	۰/۰۱۹۹	۱۴	۰/۰۴۵۵۲	۶	۰/۰۴۷۵	۱۰	۰/۰۹۳	۱	۰/۰۶۴۲	۳	۰/۰۹۶	۲	۰/۰۰۰۰۲	۱۹
چاراویماق	۰/۰۵۳۳۵	۹	۰/۰۴۳۱	۹	۰/۰۶۳	۶	۰/۰۰۷۰۸	۱۹	۰/۰۳۹۵۴	۱۱	۰/۰۴۰۱	۹	۰/۰۱۴۷۱	۱۷	۰/۰۴۴۲	۱۲	۰/۰۱۷	۱۷	۰/۰۳۶۸	۱۸	۰/۰۹۳۱	۴	۰/۰۰۰۰۱	۲۰
خداآفرین	۰/۰۵۳۴۹	۷	۰/۰۸۲۷	۳	۰/۰۸۶	۲	۰/۰۴۱۹۵	۸	۰/۰۲۱۹۰	۱۸	۰/۰۲۰۲	۱۳	۰/۰۲۶۴۱۹	۱	۰/۰۶۱۳	۳	۰/۰۴۰	۱۵	۰/۰۸۷۸	۲	۰/۰۲۹۴	۱۳	۰/۰۰۹۰۵	۱۵
سراب	۰/۰۵۷۹۱	۲	۰/۰۵۷۰	۶	۰/۰۵۴	۱۰	۰/۰۲۶۲۲	۱۰	۰/۰۳۳۵۰	۱۵	۰/۰۴۴۱	۷	۰/۰۴۱۱۳	۷	۰/۰۵۸۸	۷	۰/۰۴۶	۱۳	۰/۰۴۴۴	۱۳	۰/۰۲۹۲	۱۴	۰/۰۰۳۵	۱۷
شبستر	۰/۰۴۶۸۲	۱۳	۰/۰۲۰۸	۲۰	۰/۰۳۴	۱۴	۰/۱۱۰۹۷	۲	۰/۰۵۶۳۴	۶	۰/۰۰۳۰	۲۰	۰/۰۱۲۵۱	۲۰	۰/۰۴۲۹	۱۵	۰/۰۴۰	۱۴	۰/۰۴۰۶	۱۵	۰/۰۹۳۸	۳	۰/۰۳۳۴	۷
عجب‌شیر	۰/۰۴۶۰۵	۱۴	۰/۰۴۹۹	۸	۰/۰۵۶	۹	۰/۰۰۶۷۹	۲۰	۰/۰۴۰۴۲	۱۰	۰/۰۴۱۴	۸	۰/۰۱۷۴۱	۱۵	۰/۰۶۰۴	۴	۰/۰۶۶	۵	۰/۰۵۰۰	۷	۰/۰۱۹۴	۱۸	۰/۰۱۴۸	۱۳
کلیبر	۰/۰۵۳۵۲	۶	۰/۰۷۸۳	۴	۰/۰۸۶	۳	۰/۱۱۰۰۳	۳	۰/۰۲۰۴۰	۱۹	۰/۱۰۵۱	۳	۰/۱۱۶۴۰	۲	۰/۰۶۶۰	۱	۰/۰۶۷	۴	۰/۰۸۹۱	۱	۰/۱۱۴۴	۱	۰/۰۲۱۸	۸
مراغه	۰/۰۴۸۱۴	۱۱	۰/۰۴۱۷	۱۱	۰/۰۹۱	۱	۰/۰۱۹۶۳	۱۲	۰/۰۰۵۶۵	۲۰	۰/۰۰۸۵	۱۹	۰/۰۳۳۸۵	۱۰	۰/۰۳۹۶	۱۹	۰/۰۶۵	۶	۰/۰۴۵۳	۱۰	۰/۰۱۹۶	۱۷	۰/۰۴۳۴	۶
مرند	۰/۰۴۳۴۶	۱۹	۰/۰۳۷۷	۱۳	۰/۰۴۴	۱۲	۰/۰۱۷۷۷	۱۴	۰/۰۷۷۳۸	۴	۰/۰۲۱۸	۱۲	۰/۰۳۲۳۰	۱۱	۰/۰۴۷۸	۹	۰/۰۸۶	۲	۰/۰۵۸۹	۶	۰/۰۸۰۱	۵	۰/۰۰۱۳	۱۸
ملکان	۰/۰۴۴۷۵	۱۶	۰/۰۲۹۳	۱۷	۰/۰۳۰	۱۵	۰/۰۱۰۸۱	۱۵	۰/۰۳۱۳۴	۱۶	۰/۰۱۰۶	۱۷	۰/۰۱۸۷۶	۱۴	۰/۰۴۱۲	۱۸	۰/۰۱۴	۱۹	۰/۰۳۸۵	۱۷	۰/۰۱۶۳	۲۰	۰/۰۲۱۸	۹
میانه	۰/۰۴۵۵۹	۱۵	۰/۰۳۱۱	۱۶	۰/۰۴۵	۱۱	۰/۰۶۱۰۵	۷	۰/۰۳۶۸۷	۱۳	۰/۰۳۶۴	۱۰	۰/۰۱۷۳۸	۱۶	۰/۰۴۲۵	۱۶	۰/۰۱۶	۱۸	۰/۰۴۷۰	۸	۰/۰۵۹۶	۷	۰/۰۲۰۸	۱۰
ورزقان	۰/۰۵۶۵۵	۳	۰/۰۳۶۲	۱۴	۰/۰۸۰	۴	۰/۰۰۷۴۴	۱۷	۰/۰۸۴۱۶	۳	۰/۱۹۲۶	۲	۰/۰۸۷۸۵	۳	۰/۰۶۲۸	۲	۰/۰۵۰	۱۱	۰/۰۵۹۶	۴	۰/۰۶۷۱	۶	۰/۰۵۳۸	۵
هریس	۰/۰۵۴۳۱	۵	۰/۰۴۰۷	۱۲	۰/۰۲۶	۱۶	۰/۰۲۵۵۷	۱۱	۰/۰۳۹۱۳	۱۲	۰/۲۱۵۱	۱	۰/۰۷۱۶۶	۵	۰/۰۳۳۴	۲۰	۰/۰۶۵	۷	۰/۰۴۴۵	۱۲	۰/۰۵۰	۸	۰/۲۷۱۶	۱
هشترود	۰/۰۵۳۴۴	۸	۰/۰۴۲۲	۱۰	۰/۰۶۳	۷	۰/۰۳۰۰۶	۹	۰/۰۴۷۰۱	۸	۰/۰۴۴۶	۶	۰/۰۱۲۷۱	۱۹	۰/۰۴۶۲	۱۱	۰/۰۰۱	۲۰	۰/۰۲۶۲	۲۰	۰/۰۲۶۰	۱۵	۰/۱۶۸۴	۳

دریاچه‌ی ارومیه به غیر از شهرستان عجب‌شیر از بالا بودن میزان شوری آب رنج می‌برند، به نحوی که بیشترین مقدار شوری آب کشاورزی متعلق به شهرستان اسکو می‌باشد و پس از آن شهرستان‌های آذرشهر، بناب و تبریز قرار دارند. در رتبه بعدی شهرستان هریس قرار دارد. طبق گزارش‌های سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی (۲۰۱۵) منابع آب زیرزمینی در شهرستان هریس دارای شوری بالایی می‌باشند. این شهرستان نیز در حوضه دریاچه ارومیه قرار دارد. همچنین آب کشاورزی شهرستان‌های ملکان و شبستر نیز دارای درجه شوری بالایی است.

سیستم‌های کارآمد آبیاری گسترش چندانی در اراضی کشاورزی استان نداشته‌اند. شهرستان جلفا با اختلاف زیادی رتبه اول این شاخص را کسب کرده است و پس از آن شهرستان‌های شبستر، کلیبر و تبریز قرار دارند. افزایش استفاده از سیستم‌های کارآمد آبیاری سبب صرفه‌جویی در مصرف منابع آب منطقه شده و در راستای پایداری زیست‌محیطی کشاورزی است. عمده منابع آب قابل استحصال استان در بخش کشاورزی مصرف می‌شوند. بیشترین مصرف آب در بخش غیرکشاورزی متعلق به شهرستان تبریز است که طبق سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ در حدود ۴۵ درصد جمعیت استان را در خود جای داده است. شهرستان‌های بستان‌آباد و ورزقان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی به ویژه در حوضه دریاچه ارومیه می‌تواند نقش مهمی در پایداری منابع آبی استان داشته باشد.

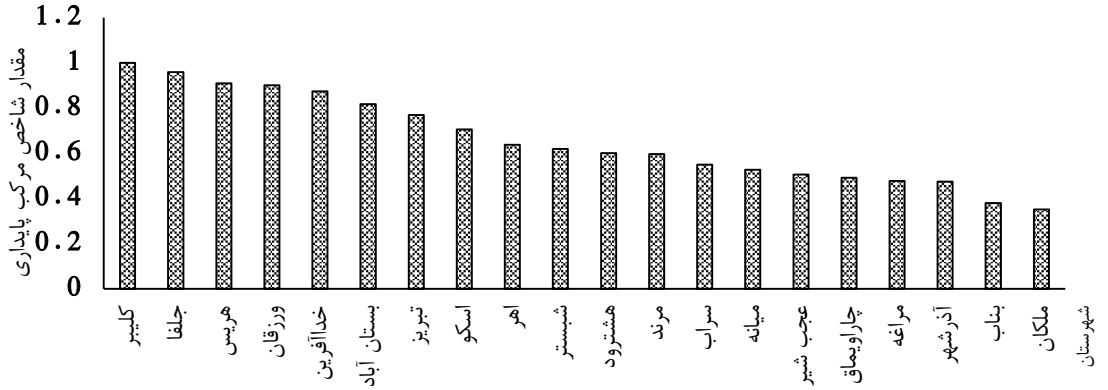
وزن شاخص مصرف سم برای شهرستان هریس در

بهترین حالت قرار دارد و هر کیلوگرم سموم شیمیایی در مساحت بزرگتری از اراضی کشاورزی نسبت به سایر شهرستان‌ها استفاده شده است. در مورد شاخص کود شیمیایی بهترین رتبه متعلق به شهرستان خداآفرین است. شهرستان‌های کلیبر و ورزقان رتبه‌های بعدی را در مورد هر دو شاخص کسب کرده‌اند و کمترین مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی را دارا هستند. اما بدترین وزن متعلق به شهرستان شبستر است که آخرین رتبه را در مورد هر دو شاخص کسب کرده است. بیشترین وزن شاخص ماده آلی خاک به ترتیب در اراضی کشاورزی شهرستان‌های کلیبر، ورزقان و خداآفرین مشاهده شده است که آنها را بی‌نیاز از مصرف کودهای شیمیایی به منظور افزایش باروری خاک می‌کند و باعث شده است کمترین میزان مصرف کود شیمیایی در هر هکتار متعلق به این شهرستان‌ها باشد. اما شهرستان‌های هریس و مراغه به ترتیب کمترین وزن را در شاخص ماده آلی خاک کسب کرده‌اند که نشان‌دهنده‌ی پایین بودن کیفیت خاک کشاورزی در این شهرستان‌ها نسبت به سایر شهرستانهاست. بیشترین وزن شاخص آیش در شهرستان جلفا مشاهده می‌شود یعنی بیشترین درصد اراضی آیش گذاشته شده نسبت به سطح کل اراضی زراعی زیرکشت شهرستان متعلق به جلفا است. اکثراً اراضی دیم جهت تجدید توان و ذخیره رطوبت به آیش گذاشته می‌شوند و این امر در تمامی شهرستان‌ها مشهود است. شهرستان‌های هشترود، ملکان، میانه و چارایماق بدترین رتبه را در این زمینه کسب کرده‌اند و آیش‌گذاری اراضی زراعی رواج کمتری در این شهرستان‌ها داشته است.

بیشترین وزن شاخص درصد پوشش گیاهی متعلق به شهرستان‌های کلیبر و خداآفرین است که دارای بیشترین پوشش جنگلی در استان بوده و جنگل‌های ارسباران در اطراف این دو شهرستان قرار دارند. در مجموع تنها نه شهرستان استان دارای پوشش جنگلی می‌باشند. اما مراتع و کشتزارها در تمامی نواحی استان مشاهده می‌شوند. پوشش گیاهی نقش مهمی در کنترل فرسایش خاک و تغذیه منابع آب زیرزمینی بر عهده دارد. شهرستان کلیبر دارای کمترین میزان تراکم دام در اراضی مرتعی بوده و رتبه اول شاخص چرای دام را کسب کرده است. بیشترین واحد دامی متعلق به شهرستان سراب می‌باشد که قطب دامپروری استان است، اما به دلیل وجود مراتع گسترده در این شهرستان تراکم واحد دامی چندان شدید نمی‌باشد. کاهش فشار به مراتع و حفاظت از پوشش گیاهی، کمک فراوانی به حفاظت از منابع آب و خاک می‌کند. بیشترین وزن شاخص درصد اراضی گلخانه‌ای به ترتیب متعلق به هریس، اسکو و هشترود است. افزایش تولید در واحد سطح، صرفه‌جویی و کاهش در مصرف آب کشاورزی و استفاده بهینه از منابع آب و خاک از مزایای کشت گلخانه‌ای می‌باشد.

نتایج رتبه‌بندی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی (نمودار ۱) نشان داد که کشاورزی شهرستان کلیبر از نظر زیست‌محیطی پایدارترین عملکرد را در استان دارد. این امر دور از انتظار نبود زیرا این شهرستان رتبه اول شاخص‌های ماده آلی خاک و پوشش گیاهی را داراست که جز عوامل مهم پایداری شناخته شده‌اند. همچنین کشاورزی این شهرستان از نظر بقیه شاخص‌ها به غیر از مصرف آب غیرکشاورزی در وضعیت خوبی قرار دارد. بعد از کلیبر شهرستان جلفا قرار دارد که رتبه اول شاخص‌های سیستم‌های کارآمد آبیاری و آیش را داراست. همچنین از لحاظ شاخص‌های پوشش گیاهی و چرای دام نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را کسب کرده است. شهرستان هریس در رتبه سوم پایداری زیست‌محیطی قرار دارد. این شهرستان بیشترین درصد اراضی گلخانه‌ای استان و کمترین میزان مصرف سموم شیمیایی در هر هکتار زمین کشاورزی را داراست. همچنین از لحظ سطح تراز آب زیرزمینی و مصرف کودشیمیایی نیز دارای رتبه خوبی می‌باشد. شهرستان ورزقان با کسب رتبه‌های

خوب در شاخص‌های مصرف سموم شیمیایی، ماده آلی خاک، سطح تراز آب زیرزمینی، مصرف آب غیرکشاورزی و کود شیمیایی در رتبه بعدی پایداری زیست‌محیطی قرار دارد. رتبه پنجم پایداری متعلق به شهرستان خداآفرین می‌باشد که دارای پایدارترین عملکرد در زمینه مصرف کود شیمیایی است. همچنین شوری آب و غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این شهرستان جزء کمترین مقادیر است و دارای پوشش گیاهی و درصد ماده آلی خاک مناسبی نیز می‌باشد. بررسی نقشه جغرافیایی نشان می‌دهد، تمامی این شهرستان‌ها در شمال و شمال شرقی استان واقع شده‌اند.



نمودار ۱. رتبه‌بندی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی

شهرستان‌های ملکان و بناب به عنوان ناپایدارترین شهرستان‌ها شناخته شده‌اند. بررسی جدول ۲ نشان می‌دهد که هر دو شهرستان در تمامی شاخص‌های زیست‌محیطی عملکرد ضعیفی در مقایسه با سایر شهرستان‌های استان داشته‌اند. بقیه شهرستان‌ها حداقل در مورد یک شاخص عملکرد خوبی داشته‌اند که سبب شده رتبه پایداری بهتری کسب کنند؛ به عنوان مثال شهرستان آذرشهر در مورد شاخص آیش، غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی و ماده آلی خاک، شهرستان مراغه در مورد شاخص‌های شوری آب، آیش و درصد اراضی گلخانه‌ای و شهرستان چاراویماق در مورد شاخص‌های شوری آب و چرای دام نسبت به بقیه شهرستان‌ها تا حدودی عملکرد بهتری داشته‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج وزن‌دهی شاخص‌ها توسط کارشناسان نشان داد که شاخص‌های مرتبط با کمیت و کیفیت آب دارای اهمیت بیشتری در پایداری زیست‌محیطی کشاورزی استان هستند. با توجه به این که بحران خشکسالی جزء تهدیدات مهم در عرصه پایداری زیست‌محیطی استان محسوب می‌شود این امر دور از ذهن نبود، لذا گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار، اصلاح انهار و سیستم‌های سنتی انتقال آب در مزارع، اجرای طرح‌های آبخوان‌داری برای احیای سفره‌های آب زیرزمینی، مقابله با چاه‌های غیرمجاز حفاری شده در منطقه و تغییر الگوی کشت منطقه متناسب با شرایط تغییر اقلیم می‌تواند به کاهش مصرف آب کشاورزی و تقویت منابع آبی زیرزمینی استان کمک نماید.

نتایج ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی نشان داد اکثر شهرستان‌های شمال و شمال‌شرقی استان نظیر کلیبر، جلفا، هریس، ورزقان و خداآفرین که دارای پوشش گیاهی مناسبی هستند، رتبه پایداری بالاتری دارند. وجود پوشش گیاهی در تعدیل آب و هوا و تثبیت منابع آب و

خاک نقش چشمگیری داشته و از عوامل کلیدی پایداری منابع طبیعی و کشاورزی محسوب می‌شود، اما شهرستان‌هایی که در گوشه جنوب‌غربی استان و در حاشیه‌ی دریاچه ارومیه قرار دارند نظیر ملکان، بناب، آذرشهر و مراغه دارای پایداری زیست‌محیطی کمتری می‌باشند.

از سوی دیگر نتایج مطالعه نقاط ضعف شهرستان-های مختلف استان را در دستیابی به پایداری زیست-محیطی کشاورزی آشکار کرد، در نتیجه می‌توان برای هر شهرستان به صورت جداگانه بسته پیشنهادی ارائه داد. برای مثال عمده‌ی مشکلات شهرستان آذرشهر در شاخص‌های شوری آب، چرای دام، سطح تراز آب زیرزمینی و سیستم‌های کارآمد آبیاری است. گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار و کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری آب می‌تواند پایداری زیست‌محیطی این شهرستان را افزایش دهد. این توصیه برای شهرستان اسکو نیز کاربرد دارد. اما مشکل عمده شهرستان اهر مصرف زیاد سموم شیمیایی و بالا بودن غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی است. اصلاح الگوی مصرف سموم شیمیایی توسط کشاورزان و کنترل منابع آلاینده‌ی آب می‌تواند به بهبود شرایط پایداری در این شهرستان بیانجامد.

منابع مورد استفاده

Abdollahzadeh GH, Sharifzadeh M Sh and Khajeshahkohi A, 2015. Evaluation and comparison of sustainability levels of rice production in Sari County. Space Economy & Rural Development Journal, 4(13): 111-135. (In Persian).

Amini fasakhodi A and Nouri SH, 2011. Sustainability assessment and cropping pattern determination in farming systems based on the optimization of soil and water resources utilization using non-linear mathematical programming models. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources- Journal of Water and Soil Science, 15(55):99-111. (In Persian).

Anabestani AA and Khosrovbaygi R, 2011. Measurement and evaluation of environmental sustainability in rural areas using multi- criteria decision making techniques promethee case study: villages of Komijan County. Geographical Planning of Space Quarterly Journal, 2(3):51-72. (In Persian).

Bareimani F and Asgarei S, 2010. Determining the intensity of environmental instability in rural settlements of Sistan by multi criteria evaluation model. Geography and Development, 8(19): 127-144. (In Persian).

Ceyhan V, 2010. Assessing the agricultural sustainability of conventional farming systems in Samsun province of Turkey. African Journal of Agricultural Research, 5(13): 1572-1583.

Cook D, Saviolidis NM, Daviasdottir B and Johannsdottir L, 2017. Measuring countries' environmental sustainability performance—the development of a nation-specific indicator set. Ecological Indicators, (74): 463-478.

Dadashian Saray M, Dashti GH, Hayati B and Ghahramanzadeh M, 2015. The Combined Use of AHP and TOPSIS Technique for Determining the Weighted Criteria and Evaluation of Agricultural Sustainability (Case Study: Selected Counties of East Azerbaijan Province). Agricultural Science and Sustainable Production, 25(1): 1-13. (In Persian).

East Azerbaijan governor, 2015. Statistical Yearbook. Tehran, Iran. (In Persian).

Fasakhodi A and Nouri SH, 2011. Sustainability assessment and cropping pattern determination in farming systems based on the optimization of soil and water resources utilization using non-linear mathematical programming models, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (journal of water and soil science), 15(55): 99-109. (In Persian).

Gomez-Limon JA and Sanchez-Fernandez G, 2010. Empirical Evaluation of agricultural sustainability using Composite Indicators, Ecological Economics, (69): 1062- 1075.

Jihad-e-Agriculture Organization of East Azerbaijan Province, 2015. Statistical reports of Agriculture Jihad organization, Tabriz, Iran. (In Persian).

Kara Y and Kone AC, 2012. The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of regional environmental sustainability. Proceedings of the Berlin Conference on the human Dimensions of Global Environmental Changes, Berlin, Germany.

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Moradi R and Mansoori H, 2013. Assessing Sustainable Agriculture Development Status in Iran and Offering of Sustainability Approaches. Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4): 179-197. (In Persian).

Lowrance R, Hendrix PF and Odum EP, 1986. A hierarchical approach to sustainable agriculture. American Journal of Alternative Agriculture, 1 (1): 169–173.

Maleki S, Ahmadi R, Monfared S and Matougi M, 2014. The Survey of environmental sustainable development in counties of Khuzestan Province. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data, 23(90): 61-72. (In Persian).

Moghadam M, 2008. Descriptive and statistical ecology of vegetation. Tehran: University of Tehran press. (In Persian).

Mohammadi Y, Irvani H and Kalantari K, 2014. Sustainability assessment of rice production in Iran using composite indicators (A Practical Methodology). Iranian Journal of Agricultural Economics and development research, 45(1): 79-90. (In Persian).

Moteiee Langeroudi S H and Shamsaei A, 2009. Development and sustainable agriculture. Tehran: Tehran University Press. (In Persian).

Nambiar KKM, Gupta AP, Fu Q and Li S, 2001. Biophysical, chemical and soci-economic indicators for assessing agricultural sustainability in the Chinese coastal zone. Agriculture, Ecosystems and Environment, (87): 209-214.

Ness B, 2007. Categorizing tools for sustainability assessment. Ecological Economics, (60): 498–508.

Pourzand F and Bakhshode M, 2012. Evaluating Agricultural Sustainability of Fars Province: application of Compromise Programming Approach. Journal of Agricultural Economics Research, 4(1): 1-26. (In Persian).

President Deputy of strategic planning and control, 2010. Fifth 5-year Development Program in the Islamic Republic of Iran, Tehran, Iran. (In Persian).

Regional Water organization of East Azerbaijan Province, 2015. Analytical reports of water resources. (In Persian).

Roy R, Weng Chan N and Rainis R, 2014. Rice farming sustainability assessment in Bangladesh. Sustainable Science, (9): 31–44.

Sabiha N, Salim R, Rahman S and Rola-Rubzen M F, 2016. Measuring environmental sustainability in agriculture: A composite environmental impact index approach. Journal of Environmental Management, (166): 84-93.

Saraei MH and Moayedfar S, 2010. A Study of the Importance of the Sustainability of Development in Arid Regional Cities with respect to Environmental Factors. Geography and Environmental planning, 21(1): 47-76. (In Persian).

Seydaei E, Ghanbari Y, Jamini D and Boshagh M, 2013. Measuring the agricultural sustainability in rural areas- a case study: rural areas of central district of Ravansar township. Geography and sustainability of Environment, 3(6): 87-106. (In Persian).

Shooshtarian A, Zibaei M and Soltani GR, 2011. Investigating the sustainability of farming systems regarding economic and environmental objectives: case study of Kamfirooz region. Journal of Agricultural Economics, 4(4): 1-28. (In Persian).

Smith CS and McDonald GT, 1998. Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage. Environmental Management, (52): 15-37.

Taghdisi A and bosshaq M R, 2012. Analysis and evaluation of agriculture sustainability in rural regions and study of farmer's role, case study: village regions of Azna Township. Geography journal, 10(33): 129-147. (In Persian).

Tashakkori M, 1992. Agricultural sustainability: definition and implications for agricultural and trade policy. Edited by Young, T. &. Burton, M. P. Agricultural planning, economic and rural development research institute Press. (In Persian).

Zanjirchi SM, 2014. Fuzzy Analytical Hierarchy Process. 2th Edition, SaneiBook press, Tehran. (In Persian).