

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست، زمستان ۱۳۹۵

صص ۳۹-۵۶

DOI: 10.22067/geo.v5i4.56599

سنجش آسیب‌پذیری بخش کشاورزی در برابر بحران دریاچه ارومیه  
و چالش‌های تاب‌آوری جامعه روستایی

احسان پاشانژاد سیلاب<sup>۱</sup> - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
مجتبی رفیعیان-دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
سیاوش شایان-استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۱۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱۴

#### چکیده

در این مقاله با توجه به نقش و اثرات فاجعه دریاچه ارومیه بر تغییرات ساختار و کارکرد بخش کشاورزی و تاب‌آوری نواحی روستایی در منطقه کرانه شرقی دریاچه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. روش پژوهش کمی و ماهیت آن بهره‌گیری از روش تحلیلی-تجربی است. بدین منظور با استفاده از رویکردهای نوین در سنجش آسیب‌پذیری و توسعه آن متناسب با شرایط بومی مسئله مورد بررسی شاخص‌های سنجش آسیب‌پذیری با تلفیق سری‌های زمانی و تکنیک‌های تحلیل فضایی در سنجش از دور در سه بخش: در معرض خطر، حساسیت و ظرفیت سازگاری انتخاب گردید. نتایج پژوهش در مرحله اول منجر به شناسایی مهم‌ترین نیروی تأثیرگذار (نقش بحران دریاچه ارومیه) در ساختار و کارکرد بخش کشاورزی را گردید. علاوه بر این تحلیل تغییرات کاربری اراضی و روند تغییرات تولیدات کشاورزی تأیید کننده تأثیرپذیری ساختار و کارکرد بخش کشاورزی ناشی از تغییرات دریاچه ارومیه است. در نهایت، نتایج حاصل از کاربست شاخص‌های سنجش از دور، ظرفیت سازگاری و قابلیت محیطی بخش کشاورزی را مشخص ساخت. نتایج این بخش بیان کننده ظرفیت پایین تاب‌آوری بخش کشاورزی در پهنه‌های عمده تولیدات کشاورزی و تهدید امنیت شغلی و زندگی ساکنان نواحی روستایی در منطقه کرانه شرقی است. از این رو، کاربرد نتایج پژوهش حاضر، ضرورت‌های تاب‌آوری و عمل‌گرا را در نظام برنامه‌ریزی محلی به‌ویژه برای بخش کشاورزی و جامعه روستایی فراهم خواهد آورد.

**کلیدواژه‌ها:** آسیب‌پذیری، بحران دریاچه ارومیه، بخش کشاورزی، تاب‌آوری، جامعه روستایی.

## ۱. مقدمه

مفهوم آسیب‌پذیری در زمینه‌های مختلف تئوریک و تجربی از علم پزشکی تا فقر و توسعه مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعات تغییرات محیطی، واژه آسیب‌پذیری اغلب تداعی کننده رویکرد علوم اجتماعی از آسیب‌پذیری است (بری و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). در این میان، تغییرات اقلیمی یکی از مشکلات اصلی محیط‌زیستی است که بقای آتی و توسعه انسان را تحت تأثیر قرار داده است. از این رو، مسئله مذکور توجه گسترده‌ای را در میان جوامع دانشگاهی و سازمان‌های دولتی به خود جلب کرده است (شنگچای و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲). سنجش آسیب‌پذیری به زعم نیل آدجر<sup>۳</sup> به‌طور برجسته‌ای میان فرایند و پیامدهای آن در مطالعات اخیر بر فشارها و مسیرهای متعددی از آسیب‌پذیری تمرکز یافته است. لذا، بخشی از هم‌گرایی نهران و یادگیری در میان پژوهش‌های آسیب‌پذیری و تاب‌آوری به عنوان دو سوی یک طیف دو جانبه؛ که در یک طرف آن آسیب‌پذیری و در طرف مقابل ظرفیت تاب‌آوری قرار گرفته است، ناشی از تمرکز بر رویکرد تئوریک سیستم‌های اکولوژیکی-اجتماعی است (آدجر<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶؛ ویلسون<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲).

از جمله مطالعاتی که به ارزیابی آسیب‌پذیری بخش کشاورزی پرداخته‌اند، می‌توان به پژوهش (لورس<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵) اشاره کرد. هدف اصلی در این پژوهش ارائه چارچوب تحلیلی جهت ارزیابی بخش‌هایی همانند محصولات کشاورزی در برابر مجموعه‌ای از نیروهای ایجاد خطر مانند تغییرات اقلیمی است. در تحقیق صورت گرفته توسط (بری و همکاران، ۲۰۰۶) آسیب‌پذیری بخش کاربری اراضی کشاورزی و گونه‌ها مختلف به‌طور خاص مورد توجه قرار گرفته و در نهایت حساسیت و ظرفیت سازگاری در برابر نیروهای خارجی به عنوان شناخت علت ایجاد تغییر و آسیب‌پذیری مورد ارزیابی قرار گرفت. در مطالعه‌ای (شنگچای و همکاران، ۲۰۱۲) خاطر نشان کردند که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر در معرض آسیب‌پذیری قرار دارد. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش کشاورزی در منظر متفاوت در تحلیل محرک‌های در معرض خطر بودن، آسیب‌پذیری و مقاومت در برابر تغییرات زیست‌محیطی جهانی شدن نئولیبرال در بخش کشاورزی در کشور شیلی با کاربست سری‌های زمانی و تحلیل فضایی توسط (تورس و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۵) صورت گرفت.

از مطالعات صورت گرفته در داخل کشور، کشاورز و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای با عنوان آسیب‌پذیری خانوارهای کشاورز از خشکسالی: مطالعه موردی، به نقش تغییرات اقلیمی بر آسیب‌پذیری بخش کشاورزی

1 Berry et al.

2 Shengcai

3 Niel Adger

4 Wilson

5 Luers

6 Torres

پرداختند. روش انجام این پژوهش مقایسه‌ای و با استفاده از روش ارزیابی مشارکتی روستا در دو روستای استان فارس در نهایت سه گروه کمتر آسیب پذیر، بیشتر آسیب پذیر (منبع فقیر) و بیشتر آسیب پذیر (قبلاً برخوردار)، شناسایی کرد. در تحقیقی متفاوت، پورطاهری و همکاران (۱۳۹۲)، نقش رویکرد مدیریت ریسک خشکسالی را در کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی-اجتماعی کشاورزان روستایی از دیدگاه مسئولان و کارشناسان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که به‌منظور کاهش پیامدها و آسیب‌های ناشی از خشکسالی، رویکرد مدیریت ریسک خشکسالی، رویکردی مناسب است. در پژوهشی دیگر اکرامی و همکاران (۱۳۹۴)، آسیب‌پذیری بخش کشاورزی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک را با استفاده از GIS و روش تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان تفت یزد مورد بررسی قرار دادند. هدف اصلی از این مطالعه ارائه روشی برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی کشاورزی در شهرستان تفت به‌منظور مقابله با خسارات ناشی از خشکسالی به‌ویژه در بخش کشاورزی است.

آسیب‌پذیری به‌طور عمده‌ای همانند تابعی از سه عنصر در معرض خطر بودن، حساسیت، و ظرفیت سازگاری که در تداخل با یکدیگر هستند، تعریف می‌گردد (تورنر و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳) مبنای این تعریف، در معرض خطر بودن نشان دهنده این است که یک سیستم به‌طور فیزیکی در آسیب است. حساسیت یک سیستم به معنای احتمال تحت تأثیر قرار گرفتن به‌وسیله یک شوک و ظرفیت سازگاری از یک سیستم بیان‌کننده مقابله یا تطبیق با اثرات منفی از یک شوک یا خطر است (آحسان و وارنر<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴؛ بارنت و آدجر<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷؛ اسمیت و پیلِفوسوا<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳). در واقع مفهوم آسیب‌پذیری زمانی مورد توجه قرار می‌گیرد که ضرورت فهم پدید آمدن شرایط یک سیستم یا پتانسیل آن در مواجهه با خطر و آسیب توسط مخاطرات محیطی احساس می‌شود (لی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۴). آسیب‌پذیری درجه‌ای از یک سیستم، زیرسیستم یا جزئی از آن است که به‌احتمال‌زیاد در تجربه خسارت یا آسیب ناشی از مقابله با خطر، اختلال و فشار محیطی است (نگوین و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۶). تحقیقات علوم طبیعی اغلب در کمی کردن عوامل مختلف از آسیب‌پذیری تمرکز یافته است. هدف این رویکرد به‌ویژه در مورد آسیب‌پذیری فیزیکی، تعریف و تشخیص دامنه آسیبی است که در منحنی آسیب‌پذیری به‌منظور کمک به تعیین سطح قابل قبولی از خسارت‌های بالقوه نشان داده می‌شود (بیرکمن و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۱۴).

ریشه مفهوم آسیب‌پذیری را می‌توان در زمینه مطالعات بلایا و مخاطرات طبیعی به‌منظور نشان دادن وسعت آسیب ناشی از مخاطره جست و جو کرد (شننگچای و همکاران، ۲۰۱۲). از این‌رو، ابعاد بنیادین از وضعیت

---

1 Turner et al., 2003

2 Ahsan & Warner

3 Barnett & Adger

4 Smit & Pilifosova

5 Lee

6 Nguyen

7 Birkmann

آسیب‌پذیری شامل سیستمی که مشمول تجزیه و تحلیل؛ همانند یک سیستم یکپارچه طبیعی-انسانی، یک گروه جمعیتی، یک بخش اقتصادی، یک منطقه جغرافیایی یا یک سیستم طبیعی است که توسط ویژگی‌هایی همچون نگرانی ارزش می‌یابد که آن ممکن است مثالی از زندگی و سلامت انسان، موجودیت، هویت یک جامعه و تنوع زیستی و... باشد (نگوین و همکاران، ۲۰۱۶).

هدف اولیه از ارزیابی آسیب‌پذیری شناسایی افراد یا مکان‌هایی است که بیشتر در معرض خطر هستند و همچنین شناسایی اقدامات اولیه برای کاهش آسیب‌پذیری است (استفان و داوینگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). جهت سنجش و ارزیابی آسیب‌پذیری شورتر و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) اذعان می‌دارند که حداقل ۵ معیار کلی برای اجرای فرایند ارزیابی مورد نیاز است:

- دانش پایه جهت سنجش باید متنوع و انعطاف‌پذیر باشد؛ به معنی جامع نگر و نگرش نظام‌مند
- ارزیابی آسیب‌پذیری باید بر مبنای تحلیل فضایی (مکان-مبنا) با آگاهی از سطوح سلسله مراتبی باشد.
- محرک‌های تغییر جهانی باید جهت تعامل در فرایند ارزیابی آسیب‌پذیری مورد بررسی قرار گیرند.
- ارزیابی آسیب‌پذیری باید ظرفیت سازگاری متفاوت و گوناگون را فراهم آورد.
- اطلاعات جهت سنجش باید آینده‌نگر و بیان‌گر رفتار تاریخی سیستم مورد نظر باشد (شورتر و همکاران، ۲۰۰۵).

مفهوم آسیب‌پذیری به عنوان عملکردی از کاهش در معرض خطر بودن و ظرفیت بازیابی است که از آن در فرایند سنجش آسیب‌پذیری به عنوان *انعطاف‌پذیری* یاد می‌شود؛ انعطاف‌پذیری تداعی کننده مفهوم تاب‌آوری در برابر مخاطرات محیطی است. از این رو، سنجش آسیب‌پذیری مجموعه‌ای متنوع از روش‌ها، در یکپارچه‌سازی نظام-مند و بررسی تعاملات بین محیط طبیعی، انسانی و اجتماعی را شامل می‌شود (هان و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹). مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی طی انتشار گزارش‌های خود در زمینه آسیب‌پذیری و ارزیابی آن در برابر تغییرات آب و هوایی همان‌طور که در بخش قبلی عنوان گردید سه مؤلفه اصلی (در معرض خطر بودن، حساسیت و ظرفیت سازگاری) در این رابطه را توسعه داده است. و آن را همانند تابعی از سه مؤلفه مذکور در یک سیستم ویژه معرفی می‌نماید. تعریف ارائه شده را در قالب ۳ مرحله از طریق بیان رابطه‌های زیر می‌توان عنوان کرد:

$$V_{its} = f(E_{its}, A_{its}) \quad (1)$$

1 Stephen & Downing

2 Schröter et al.

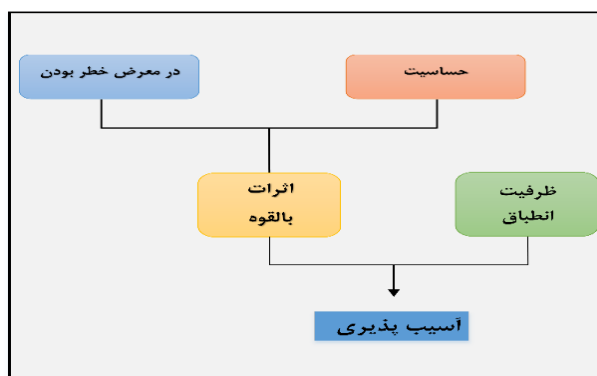
3 Hahn

که در آن  $V_{its}$  آسیب‌پذیری یک سیستم (i) به محرک‌های آب و هوایی (s) در واحد زمان (t) است.  $E_{its}$  میزان افزایش خطر سیستم i به محرک‌های s در زمان t و  $A_{its}$  مقدار ظرفیت سازگاری سیستم i برای مقابله با محرک‌های s در زمان t است.

$$\text{Vulnerability} = f(\text{Exposure, Sensitivity, Adaptive capacity}) \quad (2)$$

$$\text{Vulnerability} = f(\text{Potential Impact} - \text{Adaptive capacity}) \quad (3)$$

در واقع مطابق با این روابط در میان مؤلفه‌های آسیب‌پذیری هر چقدر ظرفیت سازگاری بیشتر باشد با آسیب‌پذیری کمتری در ارتباط است. در صورتی که اثرات بیشتر همراه با آسیب‌پذیری بالایی است. بنابراین، بیان روابط ذکر شده آسیب‌پذیری را تابعی از یک دامنه عوامل اقتصادی-اجتماعی و بیوفیزیکی در سه مؤلفه: در معرض خطر بودن، حساسیت و ظرفیت سازگاری در برابر تنوع و تغییرپذیری آب و هوایی قرار می‌دهد. چارچوب مفهومی آسیب‌پذیری و سنجش آن که از سوی مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی طراحی و تدوین گردیده است که در شکل شماره ۱ نمایان است.



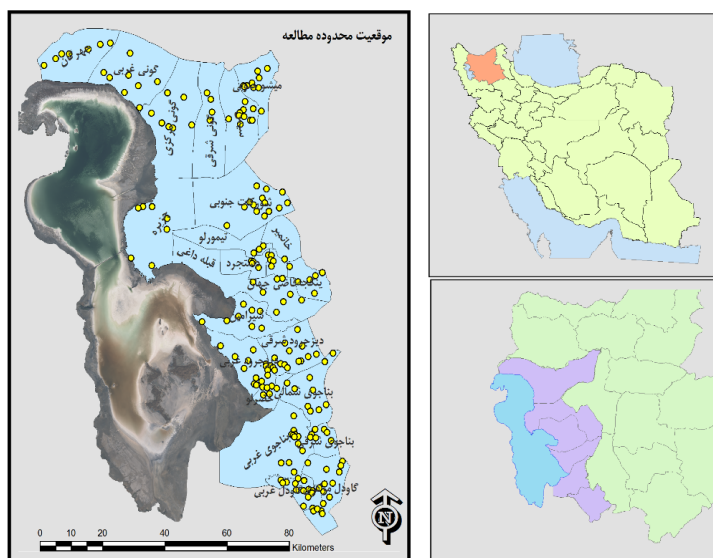
شکل ۱: مدل مفهومی سنجش آسیب‌پذیری، منبع: IPCC, 2007

در این میان، تغییرات ایجاد شده در اکوسیستم دریاچه ارومیه طی دهه‌های اخیر اثرات نامطلوبی را بر نواحی پیرامون خود و سیستم‌های جانبی وابسته به آن داشته است. از این رو، بخش کشاورزی یکی از بخش‌هایی است که در برابر تغییرات اقلیمی و محیطی حساس بوده و هر گونه تغییری در رژیم طبیعی حاکم بر منطقه، تولیدات و ساختار بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از نقطه نظر پژوهش حاضر، توسعه فعالیت‌های کشاورزی در حوزه آبریز دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین محرک‌های نابودی آن بوده است. اما نکته قابل توجه در این شرایط، حساسیت بیشتر بخش کشاورزی و آسیب‌پذیری آن در مقابل بحران دریاچه ارومیه و تغییرات ساختار بخش کشاورزی در صورت تداوم روند کنونی آن است. بنابراین با توجه به نقش برنامه‌ریزی فضایی در زمینه مدیریت بهینه سرزمین و کاربری اراضی، این پژوهش در صدد سنجش وضعیت آسیب‌پذیری در بخش کشاورزی و کاربری

اراضی کشاورزی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه است. پژوهش پیش رو در صدد پاسخ گویی به این سؤال و دغدغه اصلی نظام برنامه‌ریزی در منطقه کرانه شرقی و حوزه دریاچه ارومیه است که روند تاثیرگذاری و تأثیر پذیری بخش کشاورزی از تغییرات اکوسیستم دریاچه ارومیه به شکلی بوده است؟ در صورت وجود آسیب‌پذیری کدام یک از نواحی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه در بیشترین حد آسیب‌پذیری هستند؟

## ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در این پژوهش را منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه شامل ۶ شهرستان: آذرشهر، اسکو، بناب، شبستر، عجب شیر و ملکان تشکیل می‌دهد. منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه با دارا بودن قابلیت و پتانسیل‌های متنوع در زمینه‌هایی همچون دشت‌های حاصلخیز یکی از مناطق مستعد کشاورزی در استان آذربایجان شرقی است. علاوه بر این، یکی از مناطق همگون و توسعه یافته در استان آذربایجان شرقی و از محورهای صنعتی استان می‌باشد. جمعیت کل محدوده در سال ۱۳۹۰ مطابق با ۲۳۲۲۹۵ نفر بوده است. محدوده مورد مطالعه دارای ۲۲ دهستان و تعداد ۱۹۹ روستا می‌باشد. شکل شماره ۲ موقعیت طبیعی محدوده همراه با پراکنش نقاط روستایی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: موقعیت منطقه مورد مطالعه

## ۳. مواد و روش‌ها

روش شناسی تحقیق، از نوع کمی و به لحاظ ماهیت آن در گروه پژوهش‌های تحلیلی-تجربی و بهره‌گیری از روش اسنادی-کتابخانه‌ای است. از این رو، با ترکیب طیف وسیعی از شاخص‌ها و معیارها با تلفیق تکنیک‌های تحلیل

فضایی و سنجش از دور، اقدام به شناخت وضعیت آسیب‌پذیری بخش کشاورزی با استفاده از سری‌های زمانی و در ادامه به تحلیل تاب‌آوری بخش کشاورزی و ارتباط آن با سیستم‌های انسانی جانبی پرداخته می‌شود. شاخص‌های مورد استفاده در هر یک از فرایندهای سنجش آسیب‌پذیری در جدول ۱ نشان داده می‌شود.

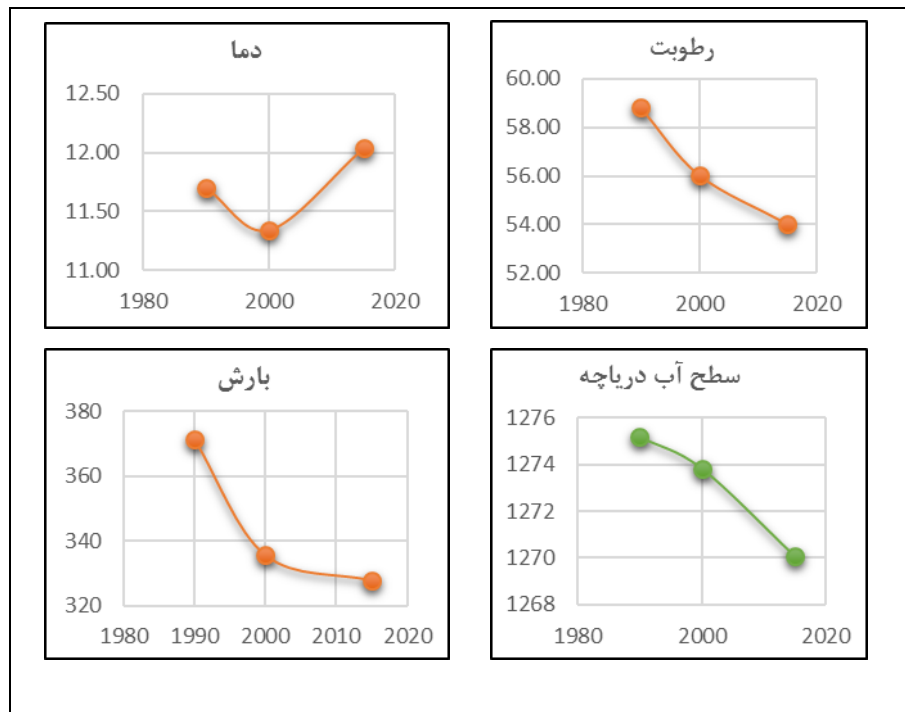
جدول ۱: شاخص‌های سنجش آسیب‌پذیری

نام شاخص	سال	منبع داده
شاخص‌های در معرض خطر		
تغییرات سطح آب دریاچه	۱۹۹۰-۲۰۱۵	ستاد احیای دریاچه ارومیه
تغییرات دما	۱۹۹۰-۲۰۱۵	سازمان آب و هوا شناسی
تغییرات بارش	۱۹۹۰-۲۰۱۵	سازمان آب و هوا شناسی
تغییر رطوبت نسبی	۱۹۹۰-۲۰۱۵	سازمان آب و هواشناسی
تغییر ضریب مکانی در بخش کشاورزی	۱۳۷۵-۱۳۹۰	مرکز ملی آمار ایران
شاخص‌های حساسیت		
تغییر کاربری اراضی	۱۹۹۰-۲۰۱۵ میلادی	تصاویر ماهواره‌ای
روند تغییرات عمده در بخش زراعی	۱۳۸۰-۱۳۹۰	سازمان جهاد کشاورزی
روند تغییرات تولید محصولات عمده باغی	۱۳۸۰-۱۳۹۰	سازمان جهاد کشاورزی
شاخص‌های انطباق یا سازگاری		
تراکم جمعیت روستایی	۱۳۹۰	مرکز ملی آمار ایران
تراکم شاغلان در بخش کشاورزی در نواحی روستایی	۱۳۹۰	مرکز ملی آمار ایران
شاخص پوشش گیاهی و خاک (Tasseled Cap)	۲۰۱۵ میلادی	تصاویر ماهواره‌ای
شاخص شوری زمین	۲۰۱۵ میلادی	تصاویر ماهواره‌ای

جهت بررسی روند تغییر کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره لندست؛ سنجنده‌های TM و OLI در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۵ استفاده شده است. در ادامه پس از طی مراحل فن سنجش از دور جهت تفسیر تصاویر پس از اعمال تصحیحات اتمسفری از الگوریتم شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است. انجام شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری زمین همچنین با استفاده از تصاویر ذکر شده صورت گرفته است. لازم به ذکر است که جهت تحلیل‌های مربوط به تفسیر تصاویر ماهواره‌ای به منظور تغییر کاربری اراضی و سایر شاخص‌های ذکر شده از نرم افزار ENVI.5.1 استفاده گردیده است.

## ۴. بحث و نتایج

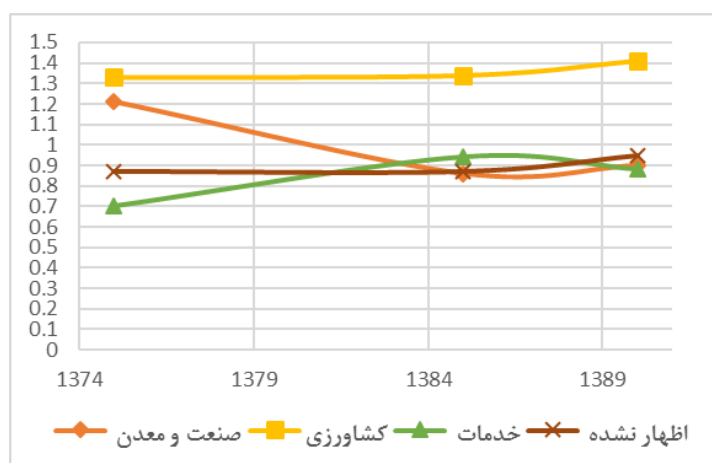
شاخص‌های مرحله اول با توجه به نوع کاربرد آن‌ها و تأثیر آن بر جنبه‌های مختلف و بخش کشاورزی با مقیاسی متفاوت‌تر از سایر شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بدین شکل که تغییرات مربوط به آب و هوایی به صورت میانگین حوضه آبریز دریاچه ارومیه محاسبه گردیده است. با توجه به نوع شاخص‌های این بخش، روند تغییرات آن در طی سال‌های اخیر در نمودارهای (رطوبت، دما، بارش، سطح آب دریاچه؛ شکل ۳) قابل مشاهده هستند. در واقع شاخص‌های این بخش بیانگر شدت اثرات حاصل از تغییرات اکوسیستم دریاچه ارومیه بر سایر بخش‌ها و به‌ویژه کشاورزی است. مطابق با نمودارهای بخش بروز خطر مشاهده می‌شود که روند نمودار دما و رطوبت به صورت صعودی افزایش یافته است در مقابل رفتار بارش طی ۲۵ سال گذشته به شدت کاهش یافته است. از این رو، متغیرهای ذکر شده از جمله عوامل تأثیر گذار در ساختار بخش کشاورزی است. علاوه بر این مشاهده می‌شود که سطح آب دریاچه طی سال‌های مورد بررسی با شیب تندی کمتر شده است در نتیجه رفتار شاخص‌های این بخش فراهم آورنده تأثیر پذیری بخش کشاورزی از تغییرات آب و هوایی و به تبع آن تغییرات اکوسیستم دریاچه ارومیه است.



شکل ۳: روند تغییرات شاخص‌های بخش بروز



شاخص ضریب مکانی در بخش کشاورزی یکی دیگر از شاخص‌های این بخش است که در نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود. در واقع نمودار بیانگر رفتار شاخص مذکور در بخش‌های اصلی فعالیت همراه با بخش کشاورزی است. در این نمودار مشاهده می‌شود که فعالیت کشاورزی همچنان با روندی صعودی به عنوان فعالیت غالب نسبت به سایر بخش‌ها افزایش یافته است، که این امر در طی دهه‌های اخیر فشار بر منابع آبی را نیز افزایش داده است و یکی از عوامل تأثیرگذار بر روند نابودی دریاچه ارومیه بوده است.



نمودار ۱: روند ضریب مکانی در بخش‌های اصلی فعالیت

#### تحلیل شاخص‌های بخش حساسیت

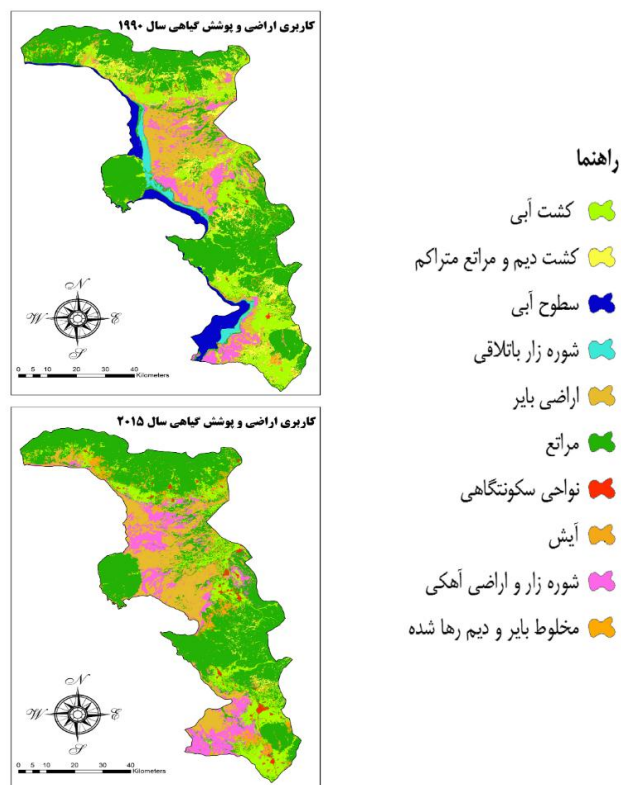
همان‌طور که در بخش روش‌شناسی ذکر گردید جهت تحلیل تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۵ میلادی استفاده شده است. مطابق با فرایند تحلیل تصاویر در گام نخست تصحیح اتمسفریک با استفاده از تابع باقی مانده لگاریتمی<sup>۱</sup> انجام یافت. سپس جهت طبقه بندی تصاویر از روش طبقه بندی نظارت شده با کاربست الگوریتم شبکه‌های عصبی در دو سال مورد بررسی، طبقه بندی گردید. در نهایت به منظور تعیین میزان تغییرات ایجاد شده در تصاویر طبقه بندی شده از تابع بارز سازی یا تشخیص تغییرات<sup>۲</sup> استفاده گردید. نتایج حاصل از طبقه بندی تصاویر در سال ۱۹۹۰ و ۲۰۱۵ در شکل ۴ نشان داده می‌شود.

مقایسه نتایج حاصل از فرایند طبقه بندی نشان دهنده میزان تغییر پذیری طبقه‌های مختلف کاربری اراضی است (نمودار ۲). مطابق با نمودار شماره ۲ بیشترین میزان افزایش در طبقه مخلوط بایر و دیم، نواحی سکونتگاهی و اراضی شوره زار می‌باشد. در مقابل بیشترین میزان کاهش در طبقات مربوط به سطوح آبی، آیش و کشت آبی است. آنچه که

1 Log Residuals

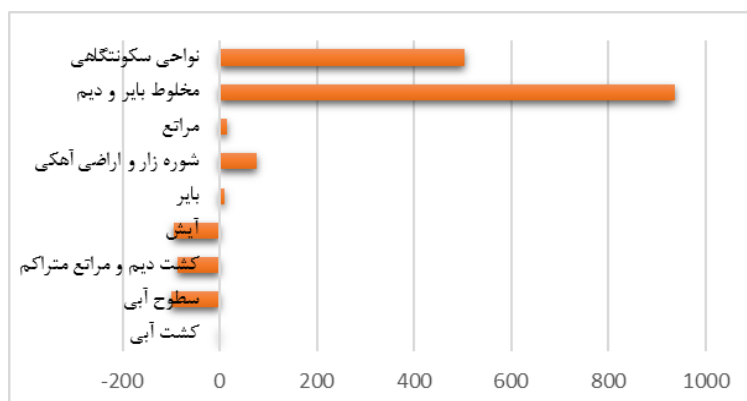
2 Change Detection

در این مرحله اهمیت دارد، میزان اثر پذیری یا حساسیت طبقات مرتبط با بخش کشاورزی است. بر همین اساس مطابق با نتایج بدست آمده، افزایش اراضی بایر و شوره زار و کاهش اراضی مناسب کشاورزی یکی از مهم‌ترین مسائل مدیریت کاربری اراضی منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه محسوب می‌شود.



شکل ۴: نتایج طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم شبکه‌های عصبی

جدول شماره ۲ توزیع مساحت و درصد طبقات کاربری اراضی در سال‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج بدست آمده از جدول ذکر شده، بیشترین مساحت مربوط به طبقه مراتع و دامنه در هر دو سال مبداء و مقصد می‌باشد. شایان ذکر است که، ارزیابی دقت و صحت نتایج بدست آمده از فرایند طبقه بندی توسط الگوریتم شبکه‌های عصبی در نرم افزار ENVI توسط ضریب کاپا و ارزیابی صحت کلی صورت گرفته است که نتایج هر یک از دوره‌های آماری در جدول ۲ مشاهده می‌شود.



نمودار ۲: تغییرات خالص کاربری اراضی از سال ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۵

جدول ۲: نتایج توصیفی طبقه بندی در دوره آماری

۲۰۱۵		۱۹۹۰		سال
درصد	مساحت	درصد	مساحت	نوع طبقه
۱۴/۱۰	۷۵۶۱۴/۲۲	۱۴/۲۸	۷۶۵۷۸/۹۳	کشت آبی
۱/۱۰	۵۸۹۸/۷۸	۸/۶۱	۴۶۱۶۳/۲۵	کشت ديم و مراتع متراکم
۰/۰۰	۰	۶/۲۵	۳۳۵۴۷/۵	سطوح آبی
۰/۰۰	۰	۲/۵۷	۱۳۸۰۹/۹۶	شوره زارهای باتلاقی
۱۹/۹۲	۱۰۶۸۲۲/۳۵	۱۷/۹۵	۹۶۳۰۴/۵۹	اراضی باير
۴۸/۵۷	۲۶۰۴۸۶/۰۱	۴۲/۵۲	۲۲۸۰۹۲/۸۵	مراتع و دامنه
۱/۳۵	۷۲۳۱/۵	۰/۲۲	۱۱۹۹/۱۶	نواحی سکونتگاهی
۰/۰۴	۱۹۶/۳۸	۰/۸۲	۴۴۱۸/۵۵	اراضی آيش
۱۱/۲۷	۶۰۴۵۸/۳۱	۶/۴۱	۳۴۳۷۱/۳۶	شوره زار و اراضی آهکی
۳/۶۶	۱۹۶۳۳/۵	۰/۳۵	۱۸۹۵/۶۷	مخلوط اراضی باير و ديم
۰/۷۹۴۴		۰/۷۷۰۶		ضریب کاپا
۸۰/۶۰۲۰		۸۰/۲۸۶۶		صحت کلی

## شاخص‌های روند تغییرات تولید محصولات عمده زراعی و باغی

روند تولیدات محصولات عمده در بخش زراعی و باغی در منطقه کرانه شرقی نشان دهنده وضعیت نامطلوب نرخ رشد آن است که همواره با روندی افولی و نرخ رشد منفی همراه بوده است. جدول شماره ۳ بیانگر این واقعیت است که نرخ رشد تولیدات باغی در دهه ۸۰ الی ۹۰ با نرخ رشد ۴۵/۴۰- روبرو بوده است که چنین روندی خود

نشان‌دهنده بروز فاجعه عظیم در بخش کشاورزی منطقه محسوب می‌شود. در بخش زراعی هرچند جمع محصولات با نرخ رشد ۱ درصد همراه بوده است اما در بخش تولیدات دیم همچنان مشاهده می‌شود که تاثیرات از تغییر اکوسیستم دریاچه باقی مانده است؛ به طوری که نرخ رشد محصولات دیمی در دهه ۸۰ الی ۹۰ برابر با ۱۶۷۲- درصد بوده است.

جدول ۳: تولیدات عمده باغی و زراعی در منطقه

منطقه کراته	نوع کشت	سال ۱۳۸۰		سال ۱۳۸۴		سال ۱۳۹۰		نرخ رشد ۸۰-۹۰	نرخ رشد ۹۰-۹۰
		میزان تولید	درصد	میزان تولید (تن)	درصد	میزان تولید (تن)	درصد		
تولیدات زراعی	آبی	۸۰۶۴۲۰	۵۸/۶۱	۸۲۸۴۸۹/۸	۹۴/۲۹	۸۲۲۲۶۴	۹۶,۴۱	-۳/۶۹	۱/۹۶
	دیم	۳۶۷۵۱/۳	۴۱/۳۹	۵۱۲۸۷/۹	۵/۰۱	۳۰۶۰۶	۳,۵۹	-۳۳/۲۳	-۱۶/۷۲
	جمع	۸۴۳۱۷۱	۱۰۰	۸۹۹۶۷۷/۷	۱۰۰	۸۵۲۸۷۰	۱۰۰	-۵/۰۲	۱/۱۵
تولیدات باغی	باغی	۳۸۵۲۸۳/۸۳	-	۴۲۶۳۶۰/۶	-	۲۲۹۴۴۰/۲	-	-۸۵/۸۲	-۴۰/۴۵

#### شاخص‌های بخش ظرفیت سازگاری

شاخص‌های این بخش نشان‌دهنده وضعیت پاسخ‌دهی و پتانسیل موجود در بخش کشاورزی منطقه برای بحران بوجود آمده است. از این رو، جهت سنجش و شناخت ظرفیت موجود در بخش کشاورزی به منظور تاب‌آوری و ظرفیت سازگاری با تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور همانند شاخص پوشش گیاهی و شوری زمین نحوه پاسخ‌گویی محیطی در برابر قابلیت کشاورزی تا حدودی مشخص می‌گردد. علاوه بر این تراکم و پراکنش جمعیت در منطقه به‌ویژه در نواحی روستایی و بخش کشاورزی که بیشترین کارکرد و ارتباط را با مسئله مورد بررسی دارد در تحلیل وضعیت پاسخ‌گویی به بحران پیش رو مورد استفاده قرار گرفت.

#### شاخص‌های پوشش گیاهی<sup>۱</sup> و شوری زمین<sup>۲</sup>

مهم‌ترین و پرکاربردترین شاخص جهت سنجش میزان پوشش گیاهی و تراکم آن است. این شاخص توسط باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک صورت می‌گیرد. نحوه محاسبه آن از طریق رابطه زیر صورت می‌گیرد.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

1 NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

2 Salinity Index

## شاخص‌های شوری زمین

شاخص‌های مورد استفاده در سنجش شوری خاک با استفاده از سنجش از دور طیف وسیعی از شاخص‌ها را شامل می‌شود. از این رو، در این مرحله به انتخاب دو مورد از شاخص‌هایی که بیشترین کاربرد را داشته‌اند، اقدام گردید. باندهای مورد استفاده در این شاخص‌ها شامل باند آبی، سبز و قرمز است که نحوه محاسبه آن از طریق رابطه زیر بدست آمد.

$$SI = \sqrt{B \times R}$$

$$SI1 = \sqrt{G \times R}$$

## شاخص‌های Tassled Cap

یکی دیگر از شاخص‌های مورد استفاده در سنجش از دور که مهم‌ترین آن‌ها نشان دهنده وضعیت پوشش گیاهی (سبزی)، رطوبت و روشنایی خاک است. همان‌طور که عنوان شد، این شاخص‌ها در سه بخش مجزا صورت گرفته است که نحوه محاسبه آن از طریق کاربست رابطه زیر انجام شده است. تعداد باندهای مورد استفاده در این شاخص ۶ باند از سنجنده OLI را شامل می‌شود.

$$Tas\_cap\ i = \sum_{i=2}^7 coeff_i \times band_i$$

جدول شماره ۴ نشان دهنده ضریب هر یک از باندهای سنجنده OLI در سه شاخص سبزی، رطوبت و روشنایی خاک است.

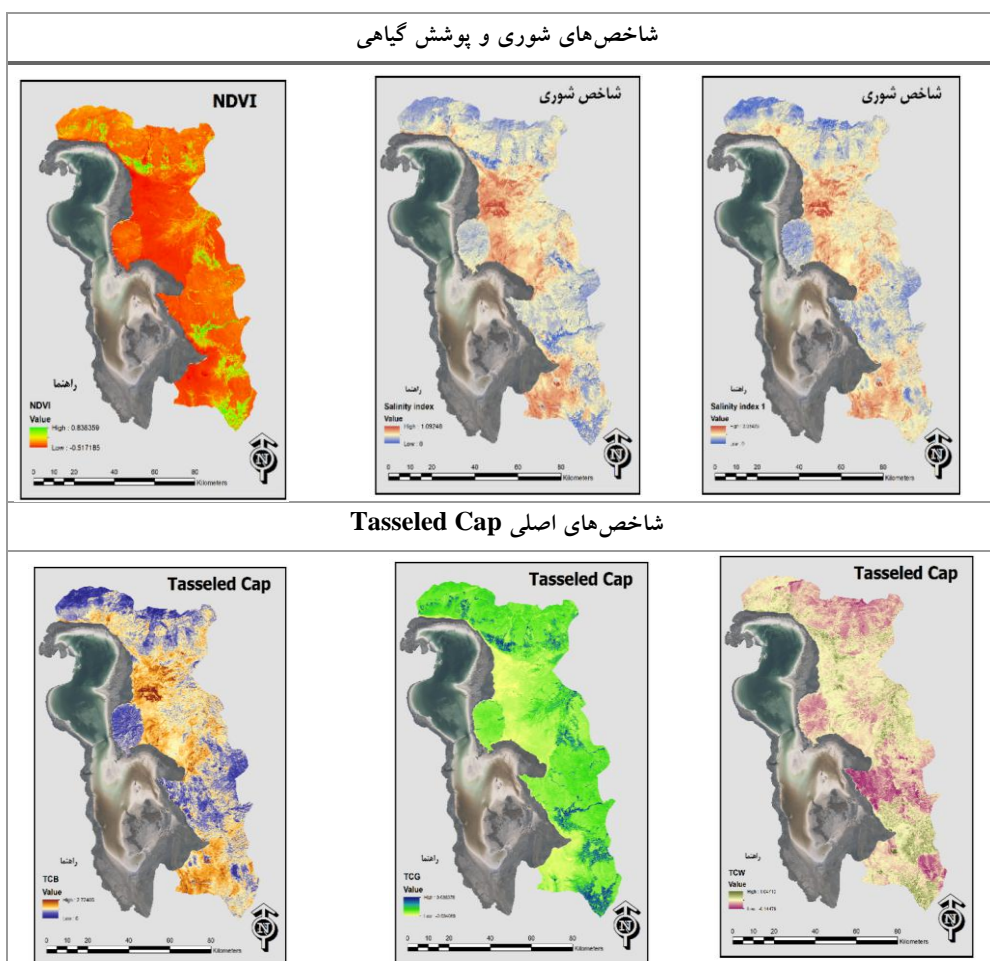
جدول ۴: ضریب شاخص‌های Tassled Cap

شاخص	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷
روشنایی	۰/۳۰۲۹	۰/۲۷۸۶	۰/۴۷۳۳	۰/۵۵۹۹	۰/۵۰۸	۰/۱۸۷۲
سبزی	-۰/۲۹۴۱	-۰/۲۴۳	-۰/۵۴۲۴	۰/۷۲۷۶	۰/۰۷۱۳	-۰/۱۶۰۸
رطوبت	۰/۱۵۱۱	۰/۱۹۷۳	۰/۳۲۸۳	۰/۳۴۰۷	-۰/۷۱۱۷	-۰/۴۵۵۹

منبع: (Baig, Zhang, Shuai, & Tong, 2014)

بررسی شاخص‌های محیطی سنجش از دور در بخش کشاورزی، نشان دهنده نتیجه فشارهای طبیعی و انسانی در طی سال‌های اخیر است. شاخص NDVI نشان دهنده بیشترین تراکم پوشش گیاهی در جنوب شرقی دریاچه در شهرستان‌های بناب و ملکان و همچنین در منطقه شمال دریاچه در شهرستان شبستر که بیشترین تراکم باغ‌های کشاورزی منطقه در این شهرستان جای گرفته است. علاوه بر این، شاخص‌های شوری زمین نشان داد که بیشترین میزان شوری در شرق دریاچه، جایی که در محدوده مرزهای شهرستان آذرشهر و اسکو قرار دارد، همچنین منطقه

جنوب شرقی دریاچه در شهرستان بناب جزو پهنه‌هایی است که در آن شوری زمین در بالاترین مقدار است. کاربرد شاخص‌های Tasseled Cap در واقع تأیید کننده نتایج شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری خاک است. شاخص‌های ذکر شده در سه بخش روشنایی، سبزی و رطوبت تشریح کننده وضعیت پوشش گیاهی و انعکاس روشنایی خاک که میزان شوری خاک را بیان می‌دارند. نتایج بدست آمده از این بخش در شکل شماره ۵ نشان داده می‌شود. بررسی شاخص‌های سنجش از دور بیان کننده تاب‌آوری محیطی بخش کشاورزی در برابر بحران دریاچه ارومیه است. آنچه که در این بخش اهمیت دارد، افزایش شوری زمین و به تبع آن شکل‌گیری ریزگردها و اثرات آن بر بخش کشاورزی است. در ادامه با بررسی نتایج توزیع جمعیت ساکن در نواحی روستایی، تاب‌آوری جمعیت و افراد شاغل در این بخش برآورد می‌گردد.



شکل ۵: نتایج شاخص‌های ظرفیت سازگاری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

جمعیت ساکن در نواحی روستایی در منطقه مورد مطالعه مطابق با سرشماری سال ۱۳۹۰ برابر با ۲۳۲۹۲۵ نفر است. طبق آخرین تقسیم بندی سیاسی در محدوده مورد مطالعه تعداد ۱۹۹ نقطه روستایی و تعداد ۲۲ دهستان وجود دارد. بنابراین جهت سهولت بررسی و با توجه به کوچکترین مرز بندی سیاسی کشور که تا سطح دهستان می باشد، تحلیل نتایج این بخش در سطح دهستان مورد محاسبه واقع شده است. جدول شماره ۵ جمعیت روستایی را در سطح دهستان به تفکیک افراد شاغل و بیکاران و شاغلان در بخش های اصلی فعالیت نشان می دهد.

جدول ۵: ویژگی های اجتماعی و نظام فعالیت در محدوده مطالعاتی به تفکیک دهستان

نام شهرستان	دهستان	تعداد روستا	جمعیت	شاغلان و ۱۰ساله و بیشتر	بیکاران ۱۰ساله و بیشتر	شاغلان کشاورزی	شاغلان صنعت	شاغلان خدمات
بناب	بناجوی شرقی	۵	۱۱۹۵۵	۳۹۴۷	۱۶۶	۲۰۱۵	۸۶۶	۶۶۷
	بناجوی شمالی	۱۰	۱۱۸۸۴	۳۸۸۸	۲۷۸	۱۴۰۰	۱۱۸۹	۹۲۲
	بناجوی غربی	۱۴	۲۶۰۶۲	۸۷۸۸	۸۳۳	۵۸۲۳	۱۰۶۲	۱۴۱۹
	جمع	۲۹	۴۹۹۰۱	۱۶۶۲۳	۱۲۷۷	۹۲۳۸	۳۱۱۷	۳۰۰۸
شبستر	میشو جنوبی	۱۰	۸۵۶۳	۲۷۲۶	۶۷	۱۷۸۲	۴۲۰	۳۹۸
	سیس	۱۰	۱۰۸۹۹	۳۵۵۵	۱۹۱	۱۹۰۲	۸۷۰	۶۲۴
	گونی شرقی	۵	۶۳۵۷	۱۷۱۴	۱۴۸	۵۲۶	۴۹۰	۸۰۸
	گونی مرکزی	۷	۹۰۶۵	۳۱۳۱	۸۵	۱۶۹۲	۵۴۴	۶۷۵
	چهرگان	۷	۳۱۷۱	۱۰۷۰	۱۶	۷۱۱	۸۳	۱۶۲
	گونی غربی	۸	۷۵۰۵	۲۵۳۳	۲۱۴	۱۶۲۷	۲۸۵	۴۷۱
ملکان	جمع	۴۸	۴۵۵۶۰	۱۴۷۲۹	۷۲۱	۸۲۴۰	۲۶۹۲	۳۱۳۸
	گاودول غربی	۱۴	۲۰۳۴۳	۷۱۲۹	۳۹۸	۲۹۲۸	۲۵۶۱	۱۲۲۳
	گاودول مرکزی	۱۹	۲۸۳۷۱	۹۳۱۸	۴۳۴	۴۳۷۵	۱۹۱۲	۲۱۶۲
	جمع	۳۳	۴۸۷۱۴	۱۶۴۴۷	۸۳۲	۷۳۰۳	۴۴۷۳	۳۳۸۵
آذرشهر	تیمورلو	۳	۷۹۹۸	۲۹۷۴	۱۷۷	۱۲۹۱	۹۱۵	۶۲۴
	دستجرد	۵	۵۵۶۰	۱۹۶۶	۱۱۱	۷۴۲	۵۸۴	۵۳۶
	شیرامین	۸	۷۹۳۳	۲۹۲۴	۳۰۶	۱۰۹۹	۱۱۷۴	۵۷۱
	قبله داغی	۸	۸۶۵۹	۳۴۳۳	۱۵۹	۹۴۷	۱۹۶۸	۴۵۹
	قاضی جهان	۴	۶۱۸۳	۲۱۴۲	۱۶۷	۴۶۴	۸۴۸	۷۷۰
	پنگجه	۷	۶۵۶۷	۲۴۷۷	۱۴۰	۹۱۱	۱۱۰۱	۳۹۲
	جمع	۳۵	۴۲۹۰۰	۱۵۹۱۶	۱۰۶۰	۵۴۵۴	۶۵۹۰	۳۳۵۲
اسکو	شورکات جنوبی	۱۴	۱۱۶۱۴	۳۹۰۵	۱۵۹	۲۴۱۱	۷۱۵	۵۰۲
	جزیره	۷	۳۰۱۴	۹۷۷	۵۲	۶۹۶	۱۳۳	۱۲۲
	جمع	۲۱	۱۴۶۲۸	۴۸۸۲	۲۱۱	۳۱۰۷	۸۴۸	۶۲۴
عجب شیر	دیز جروود شرقی	۱۵	۷۵۸۹	۲۶۵۷	۱۳۷	۱۸۴۷	۳۹۸	۳۲۰
	خضزلو	۵	۷۸۳۰	۲۷۰۴	۲۳۰	۱۳۸۲	۴۶۷	۷۷۶
	دیز جروود غربی	۱۴	۱۵۸۰۳	۷۸۰۷	۲۳۳	۱۸۲۴	۸۸۱	۴۹۷۲
	جمع	۳۴	۳۱۲۲۲	۱۳۱۶۸	۶۰۰	۵۰۵۳	۱۷۴۶	۶۰۶۸
	جمع کل	۲۲	۲۳۲۹۲۵	۸۱۷۶۵	۴۷۰۱	۲۵۴۷۳	۱۹۴۶۶	۱۹۵۷۵

طبق نتایج بدست آمده از جدول ۵ مشاهده می‌گردد که تراکم جمعیت و پراکنش جامعه روستایی در منطقه جنوب شرقی دریاچه در شهرستان‌های ملکان، بناب و عجب شیر بیشتر از سایر پهنه‌ها است. از کل جمعیت روستایی منطقه مورد مطالعه، ۲۵۴۷۳ نفر (تقریباً ۱۱ درصد) در بخش کشاورزی فعالیت دارند. به عبارتی از میان جمعیت شاغلان ۱۰ ساله و بیشتر در محدوده مطالعاتی ۳۱ درصد در بخش کشاورزی، ۲۴ درصد بخش صنعت و ۲۳ درصد در بخش خدمات فعالیت دارند. لازم به ذکر است که در این بخش گروه مربوط به اظهار نشده، مورد محاسبه و بررسی قرار نگرفته است. بنابراین تحلیل‌های انجام یافته در این پژوهش به‌ویژه در بخش سنجش آسیب-پذیری کشاورزی بیان‌کننده تجدید نگرش به جایگاه جامعه روستایی در نظام برنامه‌ریزی محلی به عنوان آسیب-پذیرترین قشری که بیشترین ارتباط را با کارکردهای اکوسیستم دریاچه ارومیه دارد، حائز اهمیت است.

## ۶. نتیجه گیری

در این مطالعه سعی بر آن بود تا با شناخت محرک‌ها و نیروهای تأثیرگذار ناشی از تغییرات اکوسیستم دریاچه ارومیه بر بخش کشاورزی به پتانسیل محیطی موجود در بخش کشاورزی و روند تغییرات آن در کارکرد و ساختار آن، طی سال‌های اخیر پرداخته شود تا بر مبنای آن ظرفیت‌سازی با تغییرات محیطی به‌طور عمومی و تغییرات دریاچه ارومیه به‌طور ویژه فراهم گردد. آنچه که از نقطه نظر این پژوهش مورد توجه قرار می‌گیرد افزون بر سنجش و شناخت آسیب‌پذیری بخش کشاورزی و منابع محیطی به عنوان اصلی‌ترین رکن برنامه‌ریزی آمایش سرزمین در مدیریت بهینه سرزمین، تاب‌آوری نواحی روستایی و شاغلان در نواحی روستایی است که عمدتاً در بخش کشاورزی فعالیت دارند. نتایج حاصل از این پژوهش، در بخش تحلیل شاخص‌های حساسیت در تغییر کاربری اراضی بیان‌کننده روند افزایش شوری خاک، افزایش زمین‌های بایر و کاهش سطوح آبی، اراضی کشت دیم و آبی است. علاوه بر این، بررسی سری‌های زمانی طی دهه ۱۳۸۰ الی ۹۰ در بخش تولیدات عمده باغی و زراعی نشان‌گر کاهش چشمگیر تولیدات باغی است به‌طوری که در دهه مورد بررسی تولیدات عمده باغی با نرخ رشد ۴۰- درصد روبرو بوده است. هرچند تولیدات زراعی در کل با نرخ رشد ۱/۱۵ درصد همراه بوده است در صورتی که نرخ رشد تولیدات زراعی تقریباً ۱۶- درصد بوده است.

با توجه به ماهیت مسئله تحقیق و رویکرد روش‌شناسی آن، در نهایت پس از بررسی و شناخت آسیب‌پذیری طی سه مرحله اصلی آن که امروزه در سنجش آسیب‌پذیری از منظر سیستم‌های بهم پیوسته طبیعی و انسانی بدان تأکید ویژه‌ای شده است، تاب‌آوری سیستم مورد بررسی در طی وقوع حادثه یا مخاطرات محیطی و به تبع آن سیستم‌های انسانی وابسته به آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین بررسی به عمل آمده در بخش سوم فرایند آسیب‌پذیری (ظرفیت‌سازی) حاکی از این است که ساختار و کارکرد بخش کشاورزی تحت تأثیر بحران دریاچه ارومیه قرار گرفته است. در این میان، تاب‌آوری نواحی روستایی مهم‌ترین چالش نظام برنامه‌ریزی محلی در منطقه



کرانه شرقی دریاچه ارومیه است. مطابق با آخرین دوره سرشماری عمومی و نفوس (۱۳۹۰)، زندگی ۲۳۲۲۹۵ نفر تحت تأثیر قرار داده و امنیت شغلی ۲۵۴۷۳ نفر که ۳۱ درصد شاغلان در نظام فعالیت منطقه را تشکیل می‌دهند در تهدیدی واقعی است.

بررسی‌های به عمل آمده از مطالعات صورت گرفته در حوزه سنجش آسیب‌پذیری بخش کشاورزی با رویکردهای مختلف چه در داخل کشور و در تحقیقات انجام یافته خارج از کشور نشان دهنده نقش و نیرویی تأثیر گذار همانند تغییرات اقلیمی و سایر نیروهای خارجی در ابعاد سیاستگذاری بخش کشاورزی بر آسیب‌پذیری این بخش است. لذا در این مطالعه نیز، با بررسی نقش تغییرات اکوسیستم دریاچه ارومیه بر آسیب‌پذیری بخش کشاورزی پرداخته شد. بنابراین با عنایت بر فرایند انجام پژوهش حاضر، کاربرد تکنیک‌های ارزیابی و سنجش آسیب‌پذیری در بخش‌ها و سطوح مختلف فضایی با تأکید بر کاربست روش‌های شاخص -مبنا در حوزه پژوهش‌های علمی کشور و در نظام برنامه‌ریزی محلی به صورت عمل‌گرا، زمینه‌های لازم جهت مقابله با مخاطرات محیطی به‌طور عام و تاب‌آوری جمعیت انسانی و سیستم‌های طبیعی در مقابل بحران دریاچه ارومیه به‌ویژه در نواحی روستایی را فراهم خواهد ساخت. از این رو، پیشنهاد اصلی پژوهش حاضر تقویت رویکردهای نظری و عملی در حوزه سنجش آسیب‌پذیری ناشی از تغییرات اقلیمی و تغییرات محیطی در سطح ملی و به تبع آن به‌طور ویژه در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه است. علاوه بر این در سطح منطقه مورد مطالعه ضرورت تجدید نگرش جایگاه جامعه روستایی در نظام برنامه‌ریزی محلی و تدوین طرح‌هایی همانند تاب‌آوری جوامع روستایی را می‌توان از اولویت برنامه‌ریزی فضایی عنوان کرد.

#### کتابنامه

- اکرامی، محمد؛ فاتحی مرج، احمد و برخوردار، جلال؛ ۱۳۹۴. ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک به کمک GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)؛ مطالعه موردی شهرستان تفت یزد. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. سال پنجم. شماره بیستم. صص ۱۰۷-۱۱۷.
- کشاورز، مرضیه؛ عزت اله، کرمی؛ غلامحسین، زمانی؛ ۱۳۸۹. آسیب‌پذیری خانوارهای کشاورز از خشکسالی.... نشریه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران. دوره ۶. شماره ۲. صص ۱۵-۳۳.
- پورطاهری، مهدی؛ رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ کاظمی، نسرين؛ ۱۳۹۲. نقش رویکرد مدیریت ریسک خشکسالی در کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی-اجتماعی کشاورزان روستایی (از دیدگاه مسئولان و کارشناسان) مطالعه موردی: دهستان سولدوز، آذربایجان غربی. فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های روستایی. دوره ۴. شماره ۱. صص ۱-۲۲.

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281.

Ahsan, M. N., & Warner, J. (2014). The socioeconomic vulnerability index: A pragmatic approach for assessing climate change led risks—A case study in the south-western coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 8, 32–49.

- Baig, M. H. A., Zhang, L., Shuai, T., & Tong, Q. (2014). Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *Remote Sensing Letters*, 5(5), 423–431.
- Barnett, J., & Adger, W. N. (2007). Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography*, 26(6), 639–655.
- Berry, P. M., Rounsevell, M. D. A., Harrison, P. A., & Audsley, E. (2006). Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy*, 9(2), 189–204.
- Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., ... & Welle, T. (2014). Theoretical and conceptual framework for the assessment of vulnerability to natural hazards and climate change in Europe. *Assessment of vulnerability to natural hazards: A European Perspective*, edited by: Birkmann, J., Kienberger, S., and Alexander, D., Elsevier, San Diego, California, USA, 1-19.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74–88.
- Lee, Y. J. (2014). Social vulnerability indicators as a sustainable planning tool. *Environmental Impact Assessment Review*, 44, 31–42.
- Luers, A. L. (2005). The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*, 15(3), 214–223.
- Nguyen, T. T. X., Bonetti, J., Rogers, K., & Woodroffe, C. D. (2016). Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *Ocean & Coastal Management*, 123, 18–43.
- Schröter, D., Polsky, C., & Patt, A. G. (2005). Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10(4), 573–595.
- Shengcai, T., Yinlong, X., Ke, L., Jie, P., & Shiwei, G. (2012). Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Advances in Climate Change Research*, no. 4, 203-210.
- Smit, B., & Pilifosova, O. (2003). Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. *Sustainable Development*, 8(9), 877-912.
- Stephen, L., & Downing, T. E. (2001). Getting the Scale Right: A Comparison of Analytical Methods for Vulnerability Assessment and Household-level Targeting. *Disasters*, 25(2), 113–135.
- Torres, R., Azócar, G., Rojas, J., Montecinos, A., & Paredes, P. (2015). Vulnerability and resistance to neoliberal environmental changes: an assessment of agriculture and forestry in the Biobio region of Chile (1974–2014). *Geoforum*, 60, 107–122.
- Turner, B. L., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., ... Luers, A. (2003). Illustrating the coupled human–environment system for vulnerability analysis: three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8080–8085.
- Wilson, G. A. (2012). Geoforum Community resilience, globalization, and transitional pathways of decision-making. *Geoforum*, 43(6), 1218–1231.