Original Article
Journal of Natural Environment 75(3): 460-476 (2022)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

مقاله کامل
نشریه محیط زیست طبیعی
دوره ۷۵، شماره ۳: ۴۶۰-۴۷۶ (۱۴۰۱)

تعادل‌سنجی توسعهٔ کشاورزی آبی در استان البرز

محمدصابر باغخانی‌پور[۱]، رومینا سیاح‌نیا[۱*]، نغمه مبرقعی دینان[۱]، افشین دانه‌کار[۳]

[۱]گروه برنامه ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲]گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹**

چکیده

مدیریت پایدار سرزمین با برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین در چارچوب تعادل فضایی مناسب فعالیت‌های انسانی با توان‌های محیط ممکن می شود، بنابراین درک کافی و شناسایی تعادل و عدم تعادل‌های سازمان فضایی و شناخت مفهوم توازن و منابع ایجاد آن‌ها زمینه‌ساز برنامه‌ریزی بهینه در جهت کاهش ناسازگاری‌ها و رفع تعارض‌های فضایی خواهد شد. مطالعه حاضر به سنجش تعادل فضایی کاربری‌ها در پی ارزیابی قابلیت اراضی و ارائه سه وضعیت تصمیم‌گیری، شامل توسعهٔ متعادل، توسعهٔ نامتعادل و توسعهٔ ممکن پرداخت. ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین مبتنی بر قابلیت‌سنجی مؤلفه‌های اکولوژیک است و این مطالعه متمرکز بر این سنجش برای برای توسعهٔ زراعت آبی است. قابلیت سنجی براساس ۹ معیار فاکتور (شیب، ارتفاع از سطح دریا، متوسط دمای سالانه، طبقه تناسب خاک برای کشاورزی، واحد اراضی، عمق خاک، حاصلخیزی خاک، زهکشی خاک و آب قابل برنامه‌ریزی کشاورزی) و ۸ معیار محدودیت (تیپ و تولید پوشش مرتعی، رویشگاه جنگلی، شوری و فرسایش خاک، سیل‌خیزی، مناطق حساس فرهنگی، مناطق حساس اکولوژیک و کاربری ناسازگار) صورت گرفت. مطابق نتایج به‌دست آمده در حال حاضر حدود ۳۲ هزار هکتار از وسعت استان توان توسعه برای زراعت آبی دارد که از این میزان، در حال حاضر ۷۸ درصد به کشاورزی آبی اختصاص یافته و دارای توسعهٔ متعادل است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که هم اکنون حدود ۶۱۰۰ هکتار از گسترهٔ استان (۱/۲ درصد استان) کماکان دارای ظرفیت طبیعی برای توسعهٔ زراعت آبی است، اما کاربری به آن اختصاص نیافته است و حدود ۱۴ درصد از اراضی استان تحت پوشش توسعهٔ کشاورزی آبی نامتعادل قرار دارد و از ظرفیت اکولوژیک لازم برای توسعهٔ کشاورزی برخوردار نیست.

کلید واژگان: ارزیابی توان اکولوژیک، استان البرز، توسعهٔ متعادل، زراعت آبی، قابلیت اراضی، معیارهای اکولوژیک

*نویسنده مسئول r_sayahnia@sbu.ac.ir

مقدمه

کشاورزی نقش مهمی در توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی بیشتر کشورها ایفا می‌کند (Roig-Tierno *et al*., 2013; Worqlul *et al*., 2017). اما متأسفانه، امروزه به‌علّت افزایش فشار ناشی از توزیع نامتعادل جمعیت و الگوی نامتوازن مصرف و استفاده نادرست از زمین؛ منابع اراضی تخریب و با مشکلات محیط زیستی مواجه شده است (Mousavi *et al*., 2016). امروزه کاربری پایدار زمین به موضوع تحلیلی- سیاسی مهمی تبدیل شده است. الگوی کاربری زمین، همواره با تأثیرگذاری انسان بر محیط زیست همراه بوده است (Longley and Mesev, 2000) و برنامه ریزان تلاش داشته‌اند از مناسب‌ترین الگوی سازگار به ظرفیت‌های طبیعی استفاده کنند. تعیین کاربری‌های مناسب به‌منظور استفاده بهینه از سرزمین و جلوگیری از تخریب در اثر فشار ناشی از افزایش جمعیت و نیازهای وابسته، می‌تواند گامی مؤثر در رسیدن به توسعهٔ پایدار باشد (Khalifeh *et al*., 2018). برنامه‌ریزی کاربری‌ها با استفاده از آمایش سرزمین، تنها راه‌حل منطقی گسستن چرخه فقر جامعه و مهار بحران‌های محیط زیستی و ایجاد بستر لازم برای دستیابی به رشد و پیشرفت پایدار است (Kianisalmi *et al*., 2017). هدف این فرآیند، انتخاب و اتخاذ بهترین کاربری ممکن در انطباق با ساختار و عملکردهای محیط طبیعی است. با چنین رویکردی، پیش‌بینی می‌شود، کاربری های مختلف به‌نحوی چیدمان یابند که ضمن برآورده نمودن نیازهای جاری مردم، امکان توسعهٔ خردمندانه و تأمین نیاز نسل آینده نیز فراهم شود (Jafarian *et al*., 2019).

مدیریت پایدار سرزمین[1] با برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین در چارچوب تعادل فضایی مناسب فعالیت‌های انسانی با توان‌های محیط ممکن می‌شود؛ بنابراین درک کافی و شناسایی تعادل و عدم تعادل‌های سازمان فضایی و شناخت مفهوم توازن و منابع ایجاد آن‌ها زمینه‌ساز برنامه ریزی بهینه در جهت کاهش ناسازگاری و رفع تعارض‌های فضایی خواهد بود. ارزیابی توان اکولوژیک، به‌دلیل بهره برداری بهینه از پتانسیل اکولوژیک سرزمین، در قالب مطالعات برنامه‌ریزی محیط زیستی، شیوه آزمون شده برای دستیابی به توسعهٔ پایدار است (Khalifeh *et al*., 2018). شناخت مشکلات و محدودیت‌های اراضی در یک منطقه و استفاده مناسب از آن‌ها بر اساس استعداد و توانایی که دارند، می‌تواند در به حداقل رساندن تخریب و به حداکثر رساندن بهره‌برداری از آن اراضی مؤثر باشد (Ghaemian *et al*., 2000). بنابراین برای داشتن کارآیی بالاتر در بخش کشاورزی، ارزیابی توان محیطی، اجتناب‌ناپذیر است و استفاده بهینه از اراضی نیازمند ارزیابی دقیق منابع بوم‌شناختی سرزمین است (Bidadi *et al*., 2015).

تعادل‌سنجی، نتیجه‌ای است که از فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک[2] (ارزیابی قابلیت اراضی براساس مؤلفه‌های اکولوژیک) در انطباق با وضع موجود کاربری‌ها به‌دست می آید. بی‌توازنی در بهره‌برداری از منابع انسانی، منابع مالی و منابع طبیعی، بی تعادلی محیط زیستی، سازمان فضایی و ناپایداری برنامه‌ریزی فضایی را به‌دنبال دارد (Danehkar *et al*., 2019). سنجش توان اکولوژیک کشور برای توسعهٔ کاربری‌ها، اقدامی مهم در توجه به ظرفیت‌های طبیعی و هماهنگ نمودن فرآیند توسعه با حساسیت‌های بالقوه طبیعی است. با این وجود این سنجش به تنهایی نمی‌تواند بیان‌کنندهٔ راهکارهای اجرایی و تصمیم‌گیری‌های مرتبط باشد. به‌همین منظور برای سنجش تعادل فضایی کاربری‌ها، نقشه توان اکولوژیک کاربری‌ها با وضع موجود هریک از کاربری‌های توان‌سنجی شده انطباق و هم‌پوشانی داده می‌شود تا برنامه ریزی فضایی با ابعاد دقیق‌تری همراه شود. توسعهٔ فضایی در بخش‌های مختلف با تکیه بر نقشهٔ کاربری و پوشش زمین در وضع موجود و نقشهٔ توان توسعه (بر پایهٔ توان اکولوژیک سرزمین) سه وضعیت تصمیم‌گیری، شامل؛ توسعهٔ متعادل[3]،

[1] Sustainable Land Management
[2] Ecological Land Capability Assessment
[3] Balanced development

توسعهٔ نامتعادل[4] و توسعهٔ ممکن[5] را آشکار می‌سازد (Danehkar *et al* ., 2015).

محققان زیادی از روش ارزیابی توان اکولوژیک، برای سنجش کاربری‌های سرزمین از جمله کشاورزی آبی استفاده نموده‌اند. Pourkhabaz و همکاران (۲۰۱۵)، به ارزیابی تناسب اراضی برای تعیین کاربری کشاورزی با مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP-DEMATEL و FAHP چانگ در حاشیه بهبهان پرداختند. در این تحقیق بر اساس مدل حرفی، معیارهای اصلی کاربری کشاورزی انتخاب و سپس با کمک ANP و FAHP لایه‌های مذکور با روش WLC در محیط ArcGIS تلفیق و ارزیابی شدند (Pourkhabaz *et al*., 2015). Rahimi و همکاران (۲۰۱۵) به اولویت‌بندی زیرحوزه‌های شهرستان گرگان برای کاربری کشاورزی دیم با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) پرداختند. در این تحقیق پس از شناسایی و نرمال‌سازی شاخص‌ها در محیط ArcGIS، اقدام به اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها شد. این پژوهش با هدف کاربرد اثر بخش مدل ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ کشاورزی آبی به انجام رسید. AbdelRahman و همکاران (۲۰۱۶)، به ارزیابی قابلیت و ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی با ادغام RS و GIS در مناطقی از هند پرداختند و با استفاده از معیارهای تعیین شده نقشه‌های قابلیت و تناسب اراضی کشاورزی به تفکیک محصولات تهیه شد (AbdelRahman *et al*., 2016). Yu و همکاران (۲۰۱۶)، به مطالعه‌ای در مورد گزینه‌های ارزیابی قابلیت اراضی مسکونی با شاخص‌های اکولوژیک پرداختند. پوشش گیاهی، خاک، اقلیم و آب از مهم‌ترین حساسیت‌های اکولوژیک در این مطالعه بودند (Yu *et al*., 2016). Montgomery و همکاران (۲۰۱۶)، با یک روش منطقی امتیازدهی مبتنی بر GIS به ارزیابی قابلیت اراضی کشاورزی پرداختند. آن‌ها عنوان کردند که رشد مناطق شهری و صنعتی به کاهش زمین‌های کشاورزی با ارزش و تأثیرات مختلف محیط زیستی از جمله تغییر اقلیم کمک کرده است (Montgomery *et al*., 2016). Rusdi و همکاران (۲۰۱۶)، به ارزیابی تناسب اراضی مسکونی بر پایه خاک، توپوگرافی و زمین‌شناسی با نرم افزار GIS در اندونزی پرداختند. کلان معیارها در این مطالعه به ریز معیارهایی تبدیل و هرکدام جداگانه نقشه‌سازی و با ارزیابی چند معیاره، نقشهٔ مناطق مسکونی تهیه شد (Rusdi *et al*., 2016). Sayahnia و همکاران (۲۰۱۶) نیز از نمایه‌های اکولوژیک برای ارزیابی توان توسعه شهری کلانشهر تهران استفاده کردند. در این پژوهش پس از مرور منابع با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده، دانش تخصصی و تکنیک دلفی، معیارهای مورد نظر شناسایی و وارد پایگاه داده در سامانه اطلاعات جغرافیایی شد. سپس با استفاده از تحلیل چندمعیاره و منطق فازی، لایه‌های اطلاعاتی با ضریب اهمیت منتج از تکنیک دلفی با هم ترکیب و نهایتاً طبق هر دو منطق بولین و فازی در نرم افزار Arc GIS تصمیم‌گیری شد. نتایج این پژوهش نیز حاکی از عدم تعادل و امکان بهینه برای توسعهٔ شهری در منطقه مطالعاتی بود (Sayahnia *et al*., 2016). De Feudis و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی نقشه‌های خاک مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی قابلیت و تناسب اراضی در یک منطقه اصلاح شده ساحلی در شمال ایتالیا پرداختند و بیان کردند که نقشه‌های قابلیت و تناسب اراضی ابزارهای مناسبی برای حفاظت از منابع خاک است (De Feudis *et al*., 2020). AL-Taani و همکاران (۲۰۲۰)، با معیارهای میزان بارندگی، متوسط دما، درصد شیب، انواع خاک و توزیع چاه‌های آب، به ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی با استفاده از GIS و سنجش از دور و با استفاده از روش فائو در کشور اردن پرداختند (AL-Taani *et al*., 2020). Alikhah-Asl و Naseri (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای به ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری با روش ترکیب خطی وزن‌دار در استان اردبیل پرداختند (Alikhah-Asl and Naseri,

[4]Unbalanced development

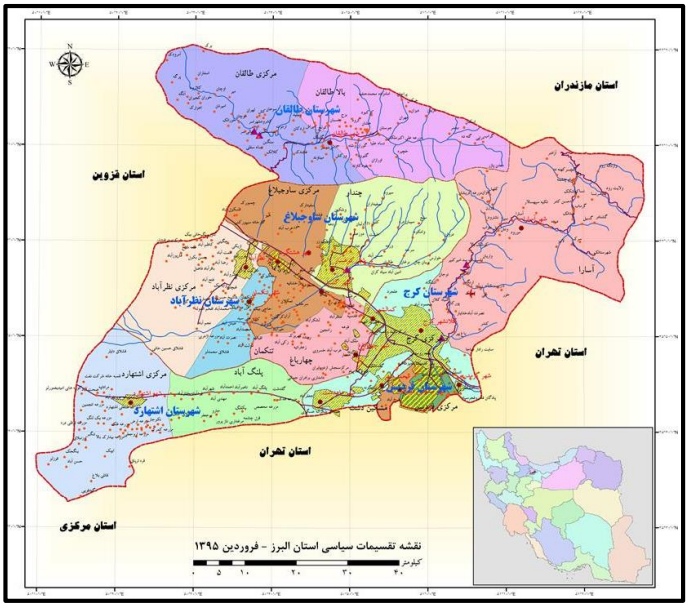
[5]Possible development

2020). بر اساس نتایج این پژوهش، معلوم شد بین کاربری فعلی اراضی و پتانسیل سرزمین برای کشاورزی و مرتع‌داری، رابطZ متعادلی برقرار نیست. Safaripour و Naseri (۲۰۲۰)، در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار کاربری‌های کشاورزی و مرتعداری با روش ترکیب خطی وزن‌دار در استان اردبیل، ۱۳ معیار را برای ارزیابی توان کشاورزی و مرتع داری مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که تناسب متعادلی بین پتانسیل سرزمین و کاربری فعلی برقرار نیست. Alikhah-Asl و همکاران (۲۰۲۲)، به ارزیابی قابلیت اراضی برای توسعهٔ کشاورزی و مرتعداری در استان آذربایجان شرقی پرداختند. در این پژوهش از روش چند معیاره استفاده شد و معیارها با بررسی منابع و سوابق مطالعات پیشین انتخاب شد. از مهمترین مؤلفه‌های تصمیم گیری در این پژوهش می‌توان به نقشه های خاکشناسی، سنگ‌شناسی، توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی، میزان آب و کاربری اراضی اشاره نمود (Alikhah-Asl *et al*., 2022). کاربرد این مدل در تعادل‌سنجی توسعهٔ کشاورزی قادر خواهد بود فرآیند تصمیم‌گیری در برنامه‌های آمایش را ارتقا دهد و دستیابی به مدیریت پایدار سرزمین را تسهیل نماید. نتایج این فرآیند قادر خواهد بود اقدامات مدیریتی مناسبی برای تصمیم‌گیری برای توسعهٔ متعادل، نامتعادل و ممکن کشاورزی آبی فراهم نماید. شایان توجه است که مدل‌های ارزیابی توان اکولوژیک برای تصمیم گیری مدیریت پایدار سرزمین طراحی شده‌اند و امروزه بیشترین کاربرد را در طرح‌های آمایش سرزمین داشته‌اند، چنانچه این مدل‌ها روزآمد و اختصاصی نشوند و با داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی که توسط نهادهای تخصصی ملی تولید می‌شوند، پیوند نیابند، از مقبولیت کافی برخوردار نبوده و مورد اجماع نهادهای تصمیم‌گیر قرار نخواهند گرفت. چنانچه نقشه‌های خروجی ارزیابی توان اکولوژیک با وضعیت موجود انطباق نیابند، واقع‌گرایانه نبوده وهدایت‌گر نوع توسعه و ملاحظات محیط زیستی مرتبط نخواهند بود. این مطالعه به عنوان نمونه، تلاش داشته است در خصوص یکی از مدل‌های ارزیابی توان، به این چالش‌ها پاسخ‌گو باشد.

مواد و روش ها

محدودهٔ مورد مطالعه: استان البرز با وسعت حدود ۵۱۷۰ کیلومتر مربـع بین عرض شمالی ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۶ درجه ۱۲ دقیقه و طول شرقی ۵۰ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۱ درجه ۲۹ دقیقه واقع شده است. این استان در جنوب دامنهٔ رشته کوه البرز واقع شده است (شکل ۱) و به‌طور همزمان از دو نوع آب و هوای کلی شامل آب و هوای "سرد و معتدل" در منطقهٔ کوهستانی و آب و هوای "گرم و معتدل" در منطقهٔ دشتی و بیابانی برخوردار است. مطابق طبقه‌بندی دومارتون گسترش یافته، استان البرز دارای اقلیم‌هایی به‌ترتیب وسعت شامل: خشک، نیمه‌خشک، مرطوب، خیلی مرطوب نوع ۱، نیمه‌مرطوب، مدیترانه‌ای و نیمه‌مرطوب نوع ۲ است. حدود ۶۸ درصد سطح استان را مراتع درجه ۲ و ۳ به‌خود اختصاص داده است. اراضی کشاورزی (آبی، دیم، باغی و آیش) بالغ بر ۱۹ درصد وسعت استان را به‌خود اختصاص می‌دهد. ارتفاع مستعد کشت در این استان بین ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ متـر از سطح دریا قرار دارد. سهم اراضی ساخته شده (شهر، شهرک، روستا، صنایع و زیرساخت‌ها) حدود ۷ درصد است. اراضی لخت و بدون پوشش در دشت و کوهستان حدود ۵ درصد و سهم جنگل‌های پراکندهٔ کوهستانی و بیشه‌زارهای رود دره‌ای کمتر از ۰/۵ درصد است و تقریباً همین میزان نیز به پیکره‌های آبی طبیعی و انسان ساخت و رودها اختصاص دارد (Qaemi and Moghimi, 2016).

روش پژوهش: این تحقیق بین رشته‌ای از نوع توصیفی-اکتشافی با ابعاد کاربردی است. این پژوهش از نظر هدف، در نوع تحقیقات کاربردی قرار دارد و با توجه به اینکه از روش‌های اسنادی و نیز میدانی در آن استفاده شده است، از نظر ماهیت یک پژوهش اسنادی و پیمایشی نیز محسوب می‌شود. روش‌های قابلیت‌سنجی در فرآیند آمایش سرزمین متکی بر کاربرد مدل‌های توان اکولوژیک است. این مدل‌ها

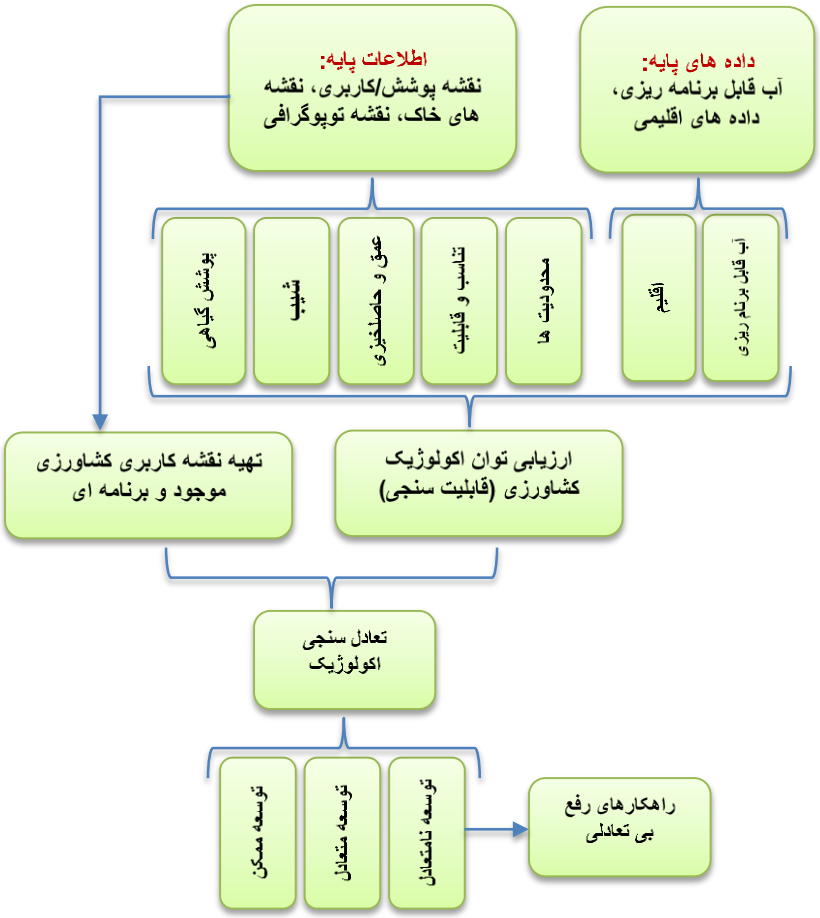


شکل ۱– نقشه محدودهٔ مورد مطالعه.

در حوزهٔ کشاورزی نشان می‌دهد که در چارچوب قابلیت‌ها و محدودیت‌های سرزمین، کدام مناطق برای توسعه کشاورزی (آبی یا دیم) ظرفیت دارد. مدل‌های توان اکولوژیک، به‌طور سنتی، تصویری از قابلیت‌های بالقوه سرزمین برای توسعهٔ کاربری‌های کلان را نمایش می‌دادند و تدارکی برای کاربرد آن‌ها در فرآیند تعادل‌سنجی، پیش‌بینی نشده بود. در این مطالعه با توجه به اینکه حوزهٔ توان‌سنجی شده ناگزیر است، کاربری وضع موجود را نیز مورد توجه قرار دهد، الگوی تعادل‌سنجی برای کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌همین منظور دو گام اصلی در این تحقیق به انجام رسید که به تفکیک معرفی می‌شود.

روش قابلیت‌سنجی: در فرایند ارزیابی توان اکولوژیک برای کشاورزی، تعدادی از معیارها به‌صورت قابلیت (موسوم به معیار فاکتور) و برخی به شکل محدودیت در مدل خطی قابلیت‌سنجی مداخله دارند (Makhdoom, 2021؛ Danehkar *et al* ., 2019, 2021). معیارهای مکانی مؤثر در قابلیت‌سنجی شامل دامنهٔ شایستگی برخی مؤلفه‌های اکولوژیک برای کاربری کشاورزی آبی است. مدل پایه تصمیم‌گیری توان اکولوژیک در ایران نخستین بار توسط مخدوم در سال ۱۳۷۲ پایه‌ریزی شد که بر اساس ۴ معیار اصلی اکولوژیک شامل آب در دسترس (در دامنهٔ ۳ تا ۱۰ هزار متر مکعب در هکتار در سال)، ناهمواری (شیب کمتر از ۱۲ درصد)، ویژگی‌های خاک (بافت، عمق، حاصلخیزی، زهکشی) و اقلیم عمل می‌کرد. این مدل توسط دانه‌کار و همکاران بر پایهٔ نقشه‌های پایه تولیدی در کشور طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹، دستخوش به‌روزرسانی قرار گرفت. در این خصوص، ضمن جدا کردن کشاورزی آبی و دیم، آخرین اصلاحات این مدل تصمیم‌گیری برای زراعت آبی با درنظر گرفتن دامنهٔ شایستگی و محدودیت‌های ۵ معیار، عوامل اکولوژیک با دقت بیشتر به شرح اقلیم (متوسط دمای بیش از ۵ درجه سانتی‌گراد)، ناهمواری ها (ارتفاع کمتر از ۳۰۰۰ متر از آب‌های آزاد، شیب کمتر از ۱۰ درصد)، ویژگی‌های خاک (تناسب خاک برای زراعت، ردهٔ خاک، عمق خاک، حاصلخیزی خاک، زهکشی خاک، شوری خاک)، آب قابل برنامه‌ریزی (بیش از ۱۰۰ مترمکعب در هکتار در سال) و پوشش گیاهی طبیعی (مراتع مرغوب، تمام رویشگاه‌های جنگلی به‌عنوان پارامترهای محدودکننده) مورد استفاده قرار گرفت.

ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ زراعت آبی در استان البرز با استفاده از آخرین اصلاحات مدل توان اکولوژیک سرزمین (Danehkar *et al* ., 2019) و مناسب‌سازی آن در سطح استان (با توجه به اینکه مدل یادشده در سطح ملی



شکل ۲- مدل مفهومی فرآیند تحقیق.

طراحی شده بود) صورت گرفت. بنابراین تدارک مدل حرفی و خطی زراعت آبی برای استان البرز یکی از اهداف و دستاوردهای پیش‌بینی شده برای این پژوهش بود. به این ترتیب در مدل توان‌سنجی زراعت آبی در استان البرز، نقشهٔ ردهٔ خاک حذف و به جای آن از طبقات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی (طبقات واحد اراضی) استفاده شد. در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک، معیارها از نظر حیطهٔ تصمیم از نوع اکولوژیک، از نظر شایستگی، مثبت (معیارهای فاکتور) یا منفی (معیارهای محدودیت)، از نظر ماهیت، جبرانی یا غیر جبرانی و از نظر مداخله، قطعی (تَعَیُّنی) هستند. بنابراین در مدل مورد استفاده با هدف دستیابی به کشاورزی پایدار، دامنه‌های نامناسب برخی مخاطرات محیطی (فرسایش خاک و سیل‌خیزی) و آن بخش از اراضی که امکان توسعهٔ کشاورزی در آن ممکن نیست (مناطق حساس فرهنگی، مناطق حساس اکولوژیک، کاربری‌های ناسازگار) به‌عنوان معیار محدودیت، مورد توجه قرار گرفت تا نتایج ارزیابی برای نظام تصمیم‌گیری بدون تعارض باشد. طراحی مدل ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ زراعت آبی، با توجه به این اصل به انجام رسید که تمام شاخص‌های مکانی، معیارهای مرتبط از طریق نقشه‌های پایه تولیدشده در مراجع ملی، تأمین شود و جدول ۱ داده‌های مورد استفاده در فرآیند این پژوهش را نمایش می‌دهد. لایهٔ رقومی شاخص‌های مرتبط با مدل حرفی در سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار ArcGIS) آماده‌سازی و بر اساس دامنه‌های شایستگی هر شاخص در چارچوب رابطهٔ ترکیب خطی غیر وزنی (به سبب شکل مداخله تَعَیُّنی و الزامی بودن معیارها در فرآیند ارزیابی توان اکولوژیک) با همین سامانه با یکدیگر تلفیق شد. الگوی اشتراک و اجتماع دامنهٔ شایستگی شاخص‌های هریک از معیارها در قالب مدل خطی در چارچوب الگوی مورد استفاده در گزارش ارزیابی توان اکولوژیک آمایش ملی (Danehkar

جدول ۱- لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده برای سنجش قابلیت و تناسب اراضی در محدودهٔ مورد مطالعه.

ردیف	لایهٔ اطلاعاتی	مقیاس	مأخذ
۱.	طبقات ارتفاع	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری
۲.	طبقات شیب	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری
۳.	طبقات هم دما	۱:۲۵۰,۰۰۰	داده‌های سازمان هواشناسی کشور–نقشهٔ توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری
۴.	طبقات تناسب خاک	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ قابلیت اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۵.	طبقات عمق خاک	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ قابلیت اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۶.	طبقات حاصلخیزی خاک	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ قابلیت اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۷.	طبقات زهکشی خاک	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ قابلیت اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۸.	طبقات شوری خاک	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ قابلیت اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۹.	طبقات منابع اراضی	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ منابع اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۱۰.	طبقات آب کشاورزی قابل برنامه ریزی	۱:۲۵۰,۰۰۰	طرح جامع مدیریت منابع آب کشور –وزارت نیرو
۱۱.	طبقات تیپ جنگل	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ پوشش‌گیاهی– سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
۱۲.	طبقات انبوهی جنگل	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ پوشش‌گیاهی– سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
۱۳.	طبقات تیپ مرتع	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ پوشش‌گیاهی– سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
۱۴.	طبقات خوشخوراکی مرتع	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ پوشش‌گیاهی– سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
۱۵.	طبقات انبوهی مرتع	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ پوشش‌گیاهی– سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
۱۶.	طبقات مناطق تحت حفاظت	۱:۲۵۰,۰۰۰	سازمان حفاظت محیط زیست ایران
۱۷.	طبقات فرسایش خاک	۱:۲۵۰,۰۰۰	نقشهٔ قابلیت اراضی تهیه شده توسط موسسهٔ خاک و آب
۱۸.	طبقات سیل خیزی	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ زمین شناسی سازمان زمین شناسی
۱۹.	مناطق با ارزش باستانی و تاریخی	۱:۲۵,۰۰۰	نقشهٔ توپوگرافی سازمان نقشه برداری
۲۰.	منابع آب (رودخانه ها و پیکره های آبی)	۱:۱۰۰,۰۰۰	نقشهٔ زمین شناسی سازمان زمین شناسی
۲۱.	کاربری اراضی	۱:۵۰,۰۰۰	نقشهٔ پوشش و کاربری اراضی استان البرزی–سند آمایش سرزمین استان

جدول۲- ماتریس تحلیل وضعیت برای تصمیم‌گیری فضایی تطابق مکانی کاربری‌ها (Danehkar *et al* ., 2019).

تحلیل وضعیت		تشخیص وضع موجود کاربری: مکان دارای کاربری مذکور است	تشخیص وضع موجود کاربری: مکان فاقد کاربری مذکور است
نتایج ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین برای توسعهٔ یک کاربری	مکان دارای توان اکولوژیک برای توسعهٔ کاربری مذکور است	وضعیت متعادل	امکان پذیری برای توسعهٔ کاربری مذکور
	مکان فاقد توان اکولوژیک برای توسعهٔ کاربری مذکور است	وضعیت بی تعادل	عدم امکان برای توسعه کاربری مذکور

et al ., 2019) با یکدیگر تلفیق شد که مدل خطی قابلیت اراضی برای زراعت آبی محسوب می‌شود. این مدل خطی به سبب اجباری بودن مداخله معیارها در تصمیم‌گیری از نوع غیر وزنی است. سپس مدل خطی ترکیب لایه‌ها، در نرم‌افزار ArcGIS تلفیق و اراضی دارای توان اکولوژیک برای زراعت آبی پهنه‌بندی شدند.

روش تعادل‌سنجی: تعادل‌سنجی توسعهٔ کشاورزی، مبتنی بر تهیهٔ دو نقشهٔ اصلی، شامل نقشهٔ ارزیابی توان اکولوژیک زراعت آبی و دیگری تهیهٔ نقشه وضع موجود زمین‌های کشاورزی است. مدل ارزیابی توان اکولوژیک در این مطالعه با استفاده از سند آمایش استان و سند آمایش ملی، مجدد به‌صورت مدل حرفی و خطی طراحی شد و با توجه به داده‌ها،

اطلاعات تکمیلی و با توجه مقیاس مطالعه (۱:۲۵۰,۰۰۰)، بارزسازی و به‌روزرسانی شد. به‌همین منظور نقشهٔ کاربری اراضی موجود از سند آمایش استان ملاک عمل قرار گرفت و با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Google earth، از نظر حدود اراضی کشاورزی به‌روزرسانی شد.

فرآیند تعادل‌سنجی با همپوشانی نقشهٔ توان‌سنجی برای کشاورزی و نقشهٔ به‌روز شده وضعیت اراضی کشاورزی و مطابق الگوی مندرج در جدول ۲ به انجام رسید. این جدول، ارتباط محتوایی برای دستیابی به فضای تصمیم‌گیری توسعه را بیان می‌کند. بنابراین سه وضعیت مختلف برای تصمیم گیری‌های توسعه‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد. توسعهٔ متعادل؛ این دسته از مناطق دارای کاربری هماهنگ با توان اکولوژیک خود است. کاربری‌های این مناطق نیازمند توازن‌سنجی است. در واقع علی‌رغم آنکه تعادل فضایی در استقرار کاربری وجود داشته است، لازم است میان تولید منبع و میزان بهره‌برداری از منبع نیز هماهنگی وجود داشته باشد. در غیر این صورت در شرایط ناپایدار قرار خواهد گرفت. توسعهٔ نامتعادل؛ شامل مناطقی است که در آن کاربری‌ها روی عرصه‌های فاقد توان اکولوژیک برای آن کاربری گسترش یافته‌اند. این دسته از مناطق از عرصه‌های پرچالش در مدیریت پایدار سرزمین کشور محسوب می‌شوند، زیرا اختصاص زمین به فعالیتی که سرزمین از توان بالقوه آن خارج است، دیر یا زود منطقه را در شرایط بحرانی، مخرب و ناپایدار قرار می‌دهد. توسعهٔ ممکن؛ این دسته از مناطق، شامل گستره‌هایی است که در کاربری معینی، توان اکولوژیک برای توسعه دارد اما فاقد کاربری مورد نظر است. بنابراین براساس نتایج توان اکولوژیک می‌توان نسبت به توسعه کاربری مناسب در این خصوص اقدام نمود (Danehkar *et al* ., 2015). نتیجه این گام دست‌یابی به ۳ نقشهٔ توسعه متعادل اراضی کشاورزی آبی، توسعهٔ نامتعادل اراضی کشاورزی آبی و توسعهٔ ممکن اراضی کشاورزی آبی در استان البرز است. شکل ۲ مدل مفهومی مراحل مختلف تحقیق را نشان می دهد.

نتایج

ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین مبتنی بر قابلیت‌سنجی مؤلفه های اکولوژیک است. این مطالعه متمرکز بر این سنجش، برای توسعهٔ زراعت آبی است. مدل پایهٔ اولیهٔ این ارزیابی از گزارش توان اکولوژیک سند ملی آمایش سرزمین استخراج و دامنهٔ شاخص‌های آن برای استان البرز بومی سازی شد که نتیجهٔ آن در جدول ۳ ارائه شده است. مطابق یافته‌های این پژوهش، قابلیت‌سنجی زراعت آبی براساس ۹ معیار فاکتور (شیب، ارتفاع، میانگین دمای سالانه، تناسب خاک، واحد اراضی، عمق خاک، حاصلخیزی خاک، زهکشی خاک، آب قابل برنامه‌ریزی) و ۸ معیار محدودیت (شوری خاک، پو شش جنگلی، پو شش مرتعی، فرسایش خاک، خطر سیل‌خیزی، مناطق حساس فرهنگی، مناطق حساس اکولوژیک، کاربری ناسازگار) صورت گرفت. جدول ۳ مدل حرفی تهیه شده و رابطهٔ ۱، الگوی تلفیق شاخص‌های تصمیم‌گیری برای استان البرز را نشان می‌دهد. الگوی تلفیق لایه‌های اطلاعاتی هر شاخص با توجه به معیارهای جبرانی و غیرجبرانی تنظیم شده است. کدهای حرفی بکار رفته در این رابطه مطابق جدول ۴، دامنهٔ شایستگی هریک از معیارهای تصمیم‌گیری برای توان سنجی زراعت آبی را نشان می‌دهد. شکل های ۳ تا ۱۱، نقشهٔ معیارهای مورد اشاره را نمایش می‌دهد.

رابطهٔ (۱): رابطهٔ خطی تلفیق معیارهای توان‌سنجی زراعت آبی در استان البرز

$$IA=SL1+EL1+(TE2,TE3,TE4)+(SS1,SS2)+LU1+(SD1,SD2,SD3)+(SR1,SR2,SR3,SR4)+(SF1,SF2,SF3)+(AW2,AW3,AW4)-(SA3,FT1,RO1,EH2,FH2,PO1,PO2,PO3)$$

در این رابطه IA پهنهٔ مناسب برای زراعت آبی، SL طبقات درصد شیب، EL طبقات ارتفاع، TE طبقات متوسط دمای هوا، SSطبقات تناسب خاک، LU طبقات واحدهای اراضی، SD طبقات عمق خاک، SF طبقات حاصلخیزی

جدول ۳- مدل ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی آبی برای استان البرز.

ردیف	معیار	دامنهٔ شایستگی شاخص قابلیت (فاکتور)	دامنهٔ شاخص محدودیت (خارج از شایستگی)
۱.	طبقهٔ شیب	تا ۱۰ درصد	بیش از ۱۰ درصد
۲.	طبقهٔ ارتفاع از سطح دریا	تا ۱۶۰۰ متر	بیش از ۳۰۰۰ متر
۳.	طبقهٔ دمای سالانه	بیش از ۵ درجه سلسیوس	کمتر از ۵ درجه سلسیوس
۴.	طبقهٔ تناسب خاک برای کشاورزی	I, IIIA, IIIS, IIIST, IIIT, IIIW+VA, IIS, IIST, IIT	IVS, IVT
۵.	واحد اراضی	2.1, 3.7, 3.21,4.2, 6.11, 7.9, 8.1, 8.4, 9.1, 9.8	1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 2.3, 2.7, 2.9, 4.18, 4.25, 4.26
۶.	طبقهٔ عمق خاک	کم تا خیلی زیاد	خیلی کم
۷.	طبقهٔ حاصلخیزی خاک	متوسط تا خوب	ضعیف و خیلی ضعیف
۸.	طبقهٔ زهکشی خاک	ضعیف تا خوب	--
۹.	طبقهٔ شوری خاک	--	زیاد تا خیلی زیاد
۱۰.	پوشش جنگلی	--	تمام رویشگاه‌های جنگلی
۱۱.	پوشش مرتعی	مراتع با تولید کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم و پوشش کمتر از ۲۵ درصد	مراتع با گونه‌های خوشخوراک، تولید بیش از ۲۰۰ کیلوگرم و پوشش بیش از ۲۵ درصد
۱۲.	آب قابل برنامه ریزی کشاورزی	بیش از ۱۰۰ مترمکعب در هکتار در سال	کمتر از ۱۰۰ مترمکعب در هکتار در سال
	محدویت ناشی از مخاطرات طبیعی		
۱۳.	طبقهٔ فرسایش خاک	--	زیاد تا شدید
۱۴.	طبقهٔ سیل خیزی	--	شدید
	محدودیت ناشی از کاربری های ناسازگار		
۱۵.	مناطق حساس فرهنگی	--	مناطق با ارزش باستانی و تاریخی (بافر ۵۰۰ متر)
۱۶.	مناطق حساس اکولوژیک	--	تالاب‌ها، دریاچه‌های طبیعی، رودهای دائم (بافر ۱۵۰ متر)
۱۷.	کاربری ناسازگار	--	شهرها و شهرک‌های صنعتی موجود، دریاچه‌های پشت سد (بافر ۱۵۰ متر)

مأخذ: نتایج پژوهش

خاک، SR طبقات زهکشی خاک، AW طبقات آب قابل برنامه‌ریزی، SA طبقات شوری خاک، FT طبقات پوشش جنگلی، RO طبقات مراتع غیر قابل توسعه، EH طبقات فرسایش خاک، FH طبقات سیل‌خیزی و PO طبقات مناطق حساس فرهنگی-تاریخی، حساس اکولوژیک و ناسازگار می‌باشند. شکل‌های ۳ تا ۱۱، نقشه دامنهٔ معیار های مختلف اکولوژیک را که مورد نیاز فرآیند تصمیم‌گیری با توجه به مدل خطی هستند را نمایش می‌دهد. تلفیق نقشه‌های مذکر برپایهٔ رابطهٔ خطی تدوین شده (رابطهٔ ۱)، منجر به شناسایی ظرفیت‌های طبیعی توسعهٔ زراعت آبی در استان البرز شد (شکل ۱۲).

مطابق نتایج به‌دست آمده در حال حاضر، حدود ۳۲۰ کیلومتر مربع (۳۱۸۴۸ هکتار) از گسترهٔ استان (۶ درصد مساحت استان)، دارای توان اکولوژیک برای توسعهٔ زراعت آبی است که قسمت اعظم آن در شهرستان ساوجبلاغ شناسایی شد و ظرفیت‌های محدودی نیز در شهرستان نظرآباد و کرج هم وجود دارد. البته چنین ظرفیت بالقوه‌ای ممکن است هم‌اکنون به توسعهٔ کشاورزی اختصاص نیافته باشد و یا توسعهٔ کشاورزی در آن در شرایط نامتوازن قرار داشته باشد. پاسخ به این موضوع در گرو تعادل‌سنجی استان البرز برای توسعهٔ زراعت آبی است. به‌همین منظور از نقشهٔ وضع موجود زراعت آبی برگرفته از سند آمایش استان البرز (شکل ۱۳) استفاده شد.

جدول ٤- طبقات معیارهای قابلیت‌سنجی زراعت آبی در استان البرز.

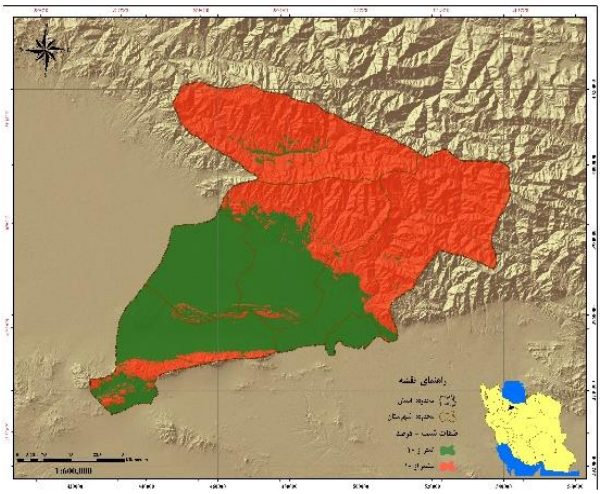
معیارها		طبقهٔ ۱	طبقهٔ ۲	طبقهٔ ۳	طبقهٔ ۴
درصد شیب	دامنه	۱۰-۰	۱۰<		
	کد حرفی	SL1	SL2		
طبقه ارتفاع	دامنه	<۱۶۰۰	۱۶۰۰<		
	کد حرفی	EL1	EL2		
متوسط سالانه دمای هوا (Cº)	دامنه	کمتر از ۵	۱۰-۵	۱۵-۱۰	۲۰-۱۵
	کد حرفی	TE1	TE2	TE3	TE4
تناسب خاک	دامنه	I	IIIA, IIIS, IIIST, IIIT, IIIW+VA, IIS, IIST, IIT	IVS, IVT	
	کد حرفی	SS1	SS2	SS3	
واحد اراضی	دامنه	2.1, 3.7, 4.2, 8.1, 8.4, 9.1	1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 2.3, 2.7, 3.1,4.1		
	کد حرفی	LU1	LU2		
عمق خاک (سانتی‌متر)	دامنه	زیاد (بیش از ۷۵)	نسبتاً زیاد (۵۰ تا ۷۵)	نسبتاً کم تا کم (۲۵ تا ۵۰)	خیلی کم (کمتر از ۲۵)
	کد حرفی	SD1	SD2	SD3	SD4
حاصلخیزی خاک	دامنه	خوب	نسبتاً خوب	متوسط	ضعیف
	کد حرفی	SF1	SF2	SF3	SF4
زهکشی خاک	دامنه	خوب	متوسط	ناقص	ضعیف
	کد حرفی	SR1	SR2	SR3	SR4
شوری خاک	دامنه	خیلی کم	کم	کم تا متوسط	زیاد تا خیلی زیاد
	کد حرفی	SA0	SA1	SA2	SA3
پوشش جنگلی	دامنه	بدون پوشش	دارای پوشش		
	کد حرفی	FT0	FT1		
پوشش مرتعی	دامنه	تولید کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم و پوشش کمتر از ۲۵ درصد	گونه‌های خوشخوراک، تولید بیش از ۲۰۰ کیلوگرم و پوشش بیش از ۲۵ درصد		
	کد حرفی	RO1	RO2		
آب قابل برنامه ریزی ($m^3/h/y$)	دامنه	<۱۰۰	۵۰۰-۱۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰	۱۰۰۰<
	کد حرفی	AW1	AW2	AW3	AW4
فرسایش خاک	دامنه	خیلی کم تا متوسط	نسبتا زیاد تا خیلی زیاد		
	کد حرفی	EH1	EH2		
سیل‌خیزی	دامنه	نسبتا خفیف	متوسط	شدید	
	کد حرفی	FH0	FH1	FH2	
غیرقابل توسعه	دامنه	تاریخی-فرهنگی	حساس اکولوژیک	ناسازگار	
	کد حرفی	PO1	PO2	PO3	

مأخذ: نتایج پژوهش

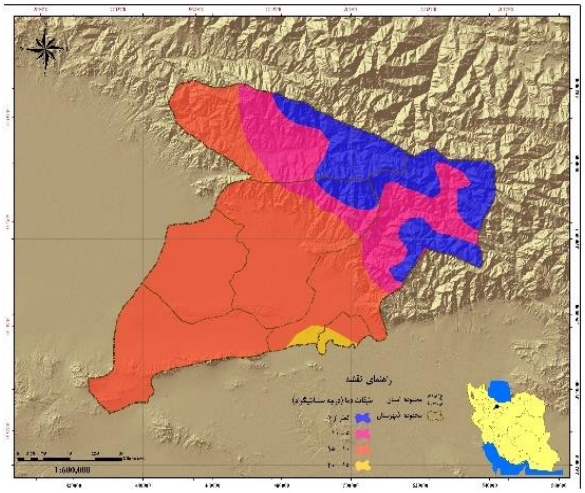
با همپوشانی نقشهٔ توان اکولوژیک زراعت آبی (شکل ۱۲) و نقشهٔ وضع موجود زراعت آبی، مطابق شکل ۱۴، سه وضعیت توسعهٔ متعادل، توسعهٔ نامتعادل و توسعهٔ ممکن برای زراعت آبی در این استان تشخیص داده شد. مطابق نقشهٔ کاربری موجود اراضی در سند آمایش استان (Qaemi and Moghimi, 2016)، در حال حاضر وسعتی حدود ۱۰۰ هزار

جدول ۵-وضعیت تعادل‌سنجی توسعهٔ زراعت آبی در استان البرز.

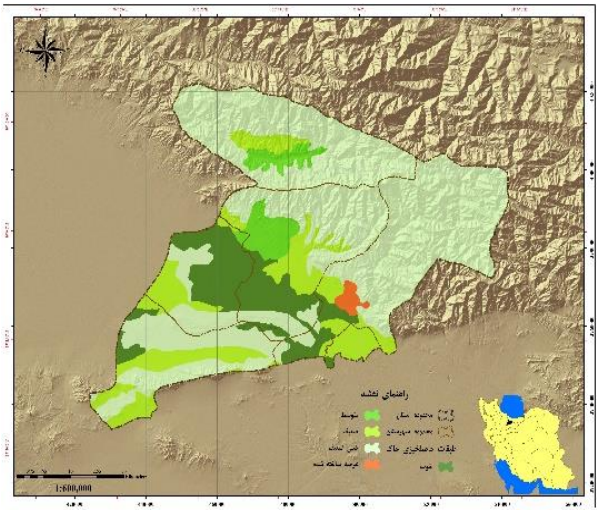
وسعت توان اکولوژیک توسعهٔ زراعت آبی (۳۱۸۴۸/۵۱ هکتار – ۶/۱۵ درصد استان)		
وسعت توسعهٔ نامتعادل زراعت آبی	وسعت توسعهٔ متعادل زراعت آبی	وسعت توسعهٔ ممکن زراعت آبی
۷۳۴۲۷/۹۱ هکتار ۱۴/۱۹ درصد استان	۲۵۷۶۸/۹۳ هکتار ۴/۹۸ درصد استان	۶۰۷۹/۵۸ هکتار ۱/۱۷ درصد استان
وسعت کشاورزی آبی موجود (۹۹۱۹۶/۸۴ هکتار – ۱۹/۱۷ درصد استان)		



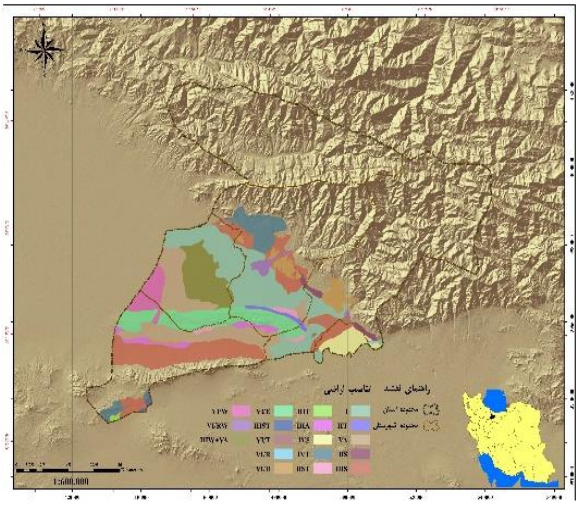
شکل ۳- نقشهٔ طبقات درصد شیب.



شکل ٤- نقشهٔ طبقات دمای سالیانه.

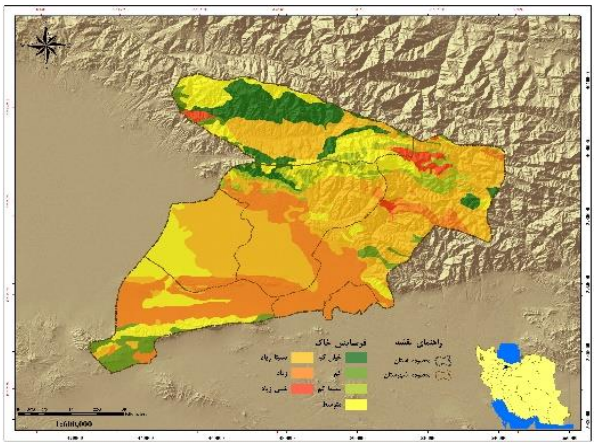


شکل ۵- نقشهٔ طبقات حاصلخیزی.

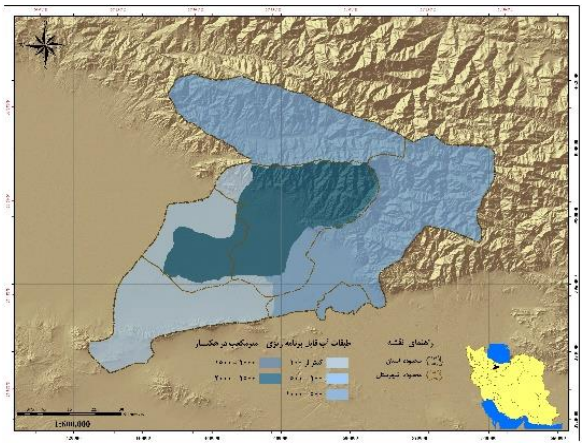


شکل ٦- نقشهٔ طبقات تناسب خاک.

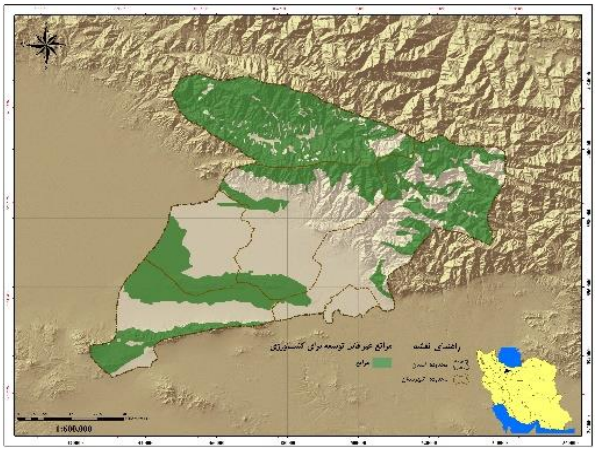
هکتار (بالغ بر۹۹۱۹۶/۸۴ هکتار) از گسترهٔ این استان به این فعالیت اختصاص یافته است که حدود ۳ برابر میزان توان‌سنجی شده آن است، با این وجود توسعهٔ فضایی این فعالیت در تعادل‌سنجی زراعت آبی نیز اهمیت دارد. مطابق جدول ۵، حدود ۳۲ هزار هکتار از وسعت استان توان توسعه برای زراعت آبی دارد که از این میزان، در حال حاضر ۷۸ درصد به کشاورزی آبی اختصاص یافته و دارای توسعهٔ متعادل است. نتایج به‌دست آمده نشان داد هم‌اکنون حدود ۶۱۰۰ هکتار از گستره استان (۱/۲ درصد استان) دارای ظرفیت طبیعی برای توسعهٔ زراعت آبی است، که در حال



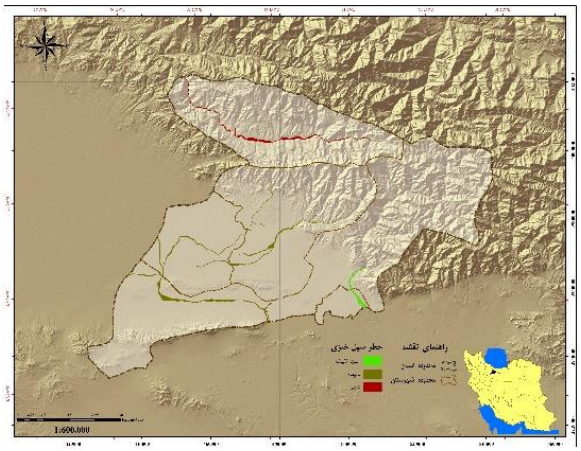
شکل ۷- نقشهٔ طبقات فرسایش خاک.



شکل ۸- نقشهٔ طبقات آب قابل برنامه‌ریزی.



شکل ۹- نقشهٔ مراتع غیر قابل توسعهٔ برای کشاورزی.

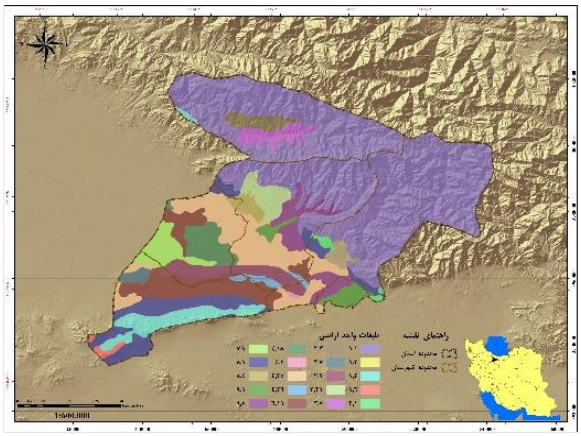


شکل ۱۰- نقشهٔ طبقات خطر سیل‌خیزی.

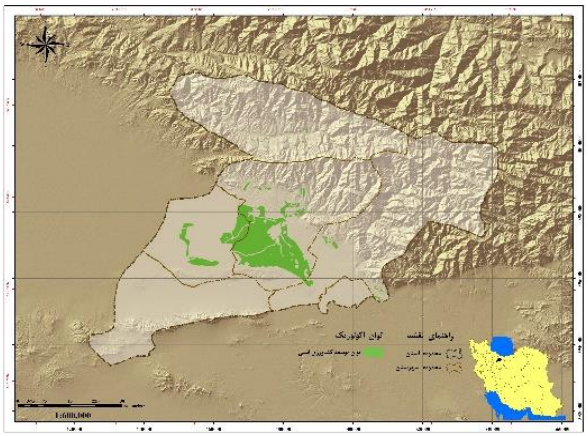
حاضر فاقد کاربری مانده است.

نتایج این بررسی نشان داد از کشاورزی موجود، حدود ۷۴ درصد در شرایط بی‌تعادلی قرار دارد و از ظرفیت اکولوژیک لازم برای توسعهٔ کشاورزی برخوردار نیست. تحلیل نقشهٔ معیارها، نشان داد، مهمترین عوامل بی‌تعادلی در این فعالیت مربوط به کمبود آب در دسترس، شیب نامناسب، حاصلخیزی نامناسب خاک و محدودیت‌های کیفی خاک (شوری و در معرض فرسایش بودن) اشاره نمود. همچنین برخی از شرایط بی‌تعادلی وضع موجود کشاورزی آبی استان ناشی از توسعهٔ این فعالیت در مناطق نامناسب مانند گستره‌های جنگلی، مراتع خوش‌خوراک، نواحی سیل‌خیز، محدوده‌های تاریخی–فرهنگی و در برخی حریم‌های مناسب برای توسعه است که بیش از آنکه ابعاد اکولوژیک داشته باشد، جنبهٔ مدیریتی دارد.

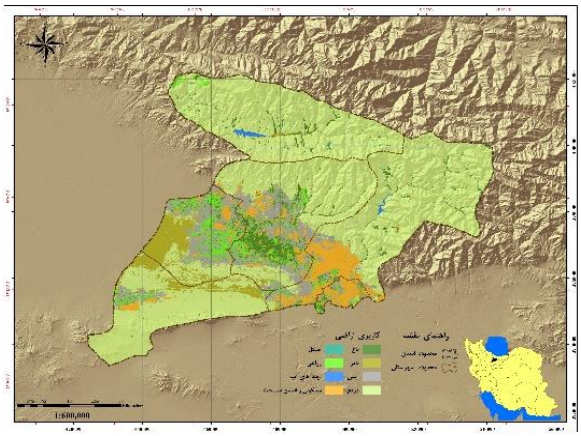
با توجه به معیارهای توان‌سنجی برای توسعهٔ زراعت آبی در استان البرز و انطباق آن با وضع موجود کشاورزی آبی نشان داد، مهمترین معیارهایی که سبب بی‌تعادلی زراعت آبی موجود شده‌اند، نخست فرسودگی خاک و در معرض فرسایش بودن آن است و حدود یک‌سوم ارضی بی‌تعادل کشاورزی آبی استان، تحت تأثیر این وضعیت از تعادل اکولوژیک خارج شده‌اند. سپس توسعهٔ زراعت آبی در عرصه‌های مرتعی و تضاد این دو فعالیت با یکدیگر است که حدود ۱۷ درصد وسعت بی‌تعادلی‌های زراعت آبی به این تضاد مربوط است. کمبود آب در دسترس برای کشاورزی آبی در استان البرز، نیز امروزه، باعث شده است، حدود ۱۶ درصد اراضی بی تعادل کشاورزی آبی به سبب این کمبود شکل بگیرد و تأمین آب یا بهره‌گیری از محصولات کم نیاز به آب می‌تواند رویکردی سازشی دراین خصوص محسوب شود. در حال حاضر عمق نامناسب خاک نیز حدود ۱۶ درصد بی‌تعادلی در کشاورزی آبی استان را رقم زده است و از جهت



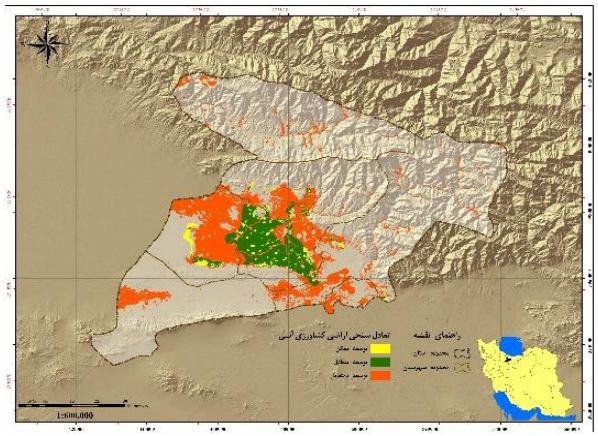
شکل ۱۱- نقشهٔ طبقات واحد اراضی.



شکل ۱۲- نقشهٔ توان اکولوژیک کاربری کشاورزی آبی.



شکل ۱۳- نقشهٔ طبقات کاربری (آمایش البرز).



شکل ۱۴- نقشهٔ تعادل‌سنجی اراضی کشاورزی آبی.

اهمیت همپایه با آب در دسترس محسوب می‌شود. توسعهٔ کشاورزی در حریم رودها و دریاچه‌ها نیز مسئول ۱۰ درصد اراضی کشاورزی آبی بی‌تعادل در استان البرز است که لازم است، خالی از فعالیت بماند. سهم کشاورزی آبی در شیب‌های نامناسب دراستان البرز حدود ۵ درصد وضع موجود است که در مجموع، این ۶ ویژگی، حدود ۹۴ درصد بی‌تعادلی در توسعهٔ کشاورزی آبی موجود را به خود اختصاص داده‌اند. بقیهٔ بی‌تعادلی‌های کشاورزی آبی استان، مربوط به کشاورزی در حریم شهر، مناطق صنعتی و حریم آن، در مناطق تاریخی فرهنگی و حریم آن، نواحی در معرض سیلاب، زراعت در خاک‌های غیر حاصلخیز، خاک‌های در معرض شوری و کشاورزی در عرصه‌های جنگلی شناسایی شد.

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی توان اکولوژیک با کاربرد معیارهای اکولوژیک به سنجش قابلیت‌های سرزمین برای توسعهٔ کاربری‌ها می‌پردازد. مدل توان‌سنجی زراعت آبی در استان البرز، وابسته به ۹ معیار قابلیت، ۵ معیار محدودیت اکولوژیک و ۳ معیار محدودیت مدیریتی بود. که با برخی مطالعات پیشین هماهنگی دارد، اما از رویکرد تکاملی بیشتری در فرآیند تصمیم‌گیری برخوردار است. در این مدل معیار درصد شیب، حاصلخیزی و عمق خاک، از جمله معیارهای فاکتور در این مدل است که پیش از این در مدل های توان‌سنجی Makhdoom (۱۹۹۳)، Akinci و همکاران (۲۰۱۳)، Danehkar و همکاران (۲۰۱۶)، AbdelRahman و همکاران (۲۰۱۶) و Danehkar و همکاران (۲۰۲۱) به عنوان معیار فاکتور مورد استفاده قرار گرفته بود. یکی از ویژگی‌های مدل اخیر در نظر گرفتن آب قابل برنامه‌ریزی کشاورزی، بجای آب در دسترس است و دامنهٔ میزان آب براساس نیازآبی گیاهان زراعی قابل توسعه در استان مورد توجه قرار گرفته است. شایان توجه است مدل توان‌سنجی کشاورزی آبی در این مطالعه، باغات آبی به‌ویژه توسعه باغ

در اراضی شیبدار را شامل نمی‌شود و این دسته از فعالیت‌های کشاورزی نیازمند مدل ویژه خود است. در این مدل از آب قابل برنامه‌ریزی استفاده شده بود که در محاسبهٔ آن مصرف موجود از تولید آب در حوضه کسر شده است (Qaemi and Moghimi, 2016)، با این وجود Makhdoom (۱۹۹۳)، Danehkar و همکاران (۲۰۱۶)، Danehkar و همکاران (۲۰۲۱) و Alikhah-Asl و همکاران (۲۰۲۲) از آب در دسترس که معادل آب تولیدی در حوضه است برای این منظور استفاده نمودند. در مدل طراحی شده ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یک معیار فاکتور استفاده شده که پیش از این تنها Akinci و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شده بود. تناسب خاک که در این مطالعه برای مدل ارزیابی توان زراعت آبی استفاده شد، نیز پیش از این به‌عنوان یک معیار فاکتور در مطالعات Danehkar و همکاران (۲۰۲۱)، بدینمنظور استفاده شده بود.

از میان معیارهای محدودیت، احتمال فرسایش، احتمال شور شدن در معیارهای Makhdoom (۱۹۹۳)، Akinci و همکاران (۲۰۱۳)، AbdelRahman و همکاران (۲۰۱۶) و Danehkar و همکاران (۲۰۲۱) در این راستا استفاده شده بود. با این وجود پوشش گیاهی در این مدل یک معیار محدودیت است که در مطالعات AbdelRahman و همکاران (۲۰۱۶) و Alikhah-Asl و همکاران (۲۰۲۲) به‌عنوان معیار فاکتور مورد استفاده قرار گرفته بود، اما در مطالعات Danehkar و همکاران (۲۰۱۶) و Danehkar و همکاران (۲۰۲۱)، مشابه مطالعهٔ حاضر به‌عنوان یک معیار محدودیت استفاده شده بود. معیارهای وابسته به محدودیت های مدیریتی نیز تنها در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک، سند ملی آمایش سرزمین (Danehkar *et al*., 2021) و مشابه این مطالعه به‌عنوان معیار محدودیت مورد توجه قرار گرفته بود. تعادل‌سنجی کاربری‌ها، مدتی است که به‌عنوان یکی از راهکارهای قابل اجرا از دستاوردهای ارزیابی توان اکولوژیک در فرآیند تصمیم‌گیری برای مدیریت پایدار سرزمین بکار گرفته شده است. نخستین بار این رویکرد در مطالعات آمایش استان فارس به کار گرفته شد (Mohammadi, 2014). براساس نتایج ارزیابی توان اکولوژیک و وضع موجود کاربری‌های سرزمین تعادل‌سنجی برای کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ شهری و روستایی و توسعهٔ صنعتی تحلیل شد. تلاش بعدی در کاربرد این رویکرد در طرح "ایجاد چارچوب مدیریت چندمنظوره در جنگل هیرکانی خزر برای حفظ تنوع زیستی" در مطالعات پهنه‌بندی (Danehkar *et al*., 2015) که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، زیر نظر برنامهٔ توسعهٔ سازمان ملل انجام شد، بکار گرفته شد. تعادل‌سنجی برپایه ارزیابی توان اکولوژیک به طرح‌های مدیریت یکپارچهٔ منطقهٔ ساحلی نیز راه یافت و در گزارش کاربری مطلوب اراضی در مطالعات طرح مدیریت یکپارچهٔ مناطق ساحلی استان هرمزگان و برنامه عمل های شهرستانی (Pak, 2018) مبنای تصمیم گیری بوده است. در این مطالعات تعادل‌سنجی با تطابق وضع موجود کاربری‌ها و ارزیابی توان اکولوژیک برای کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ صنعتی، توسعهٔ سکونتگاه‌های شهری و روستایی مورد تحلیل قرار گرفت.

این مطالعه با هدف بکارگیری نسل دوم مدل‌های ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین که منطبق بر داده و اطلاعات موجود است[۶] و انطباق آن با شرایط استان البرز صورت گرفت. مطابق نتایج به‌دست آمده مشخص شد ضمن قابلیت انطباق مدل‌های حرفی پایه در سند آمایش ملی به حدود استانی (با جایگزینی نقشهٔ منابع و قابلیت اراضی با نقشهٔ ردهٔ خاک)، می‌توان مدل‌های ارزیابی توان نسل دوم را برای آمایش استانی نیز بکار گرفت و بر پایهٔ آن مدل خطی که نظام تلفیق را معلوم می‌سازد نیز تدوین نمود. نتیجه این سنجش نشان داد استان البرز، علی‌رغم غلبهٔ اقلیم خشک و نیمه‌خشک و محدودیت‌های آب قابل برنامه‌ریزی، خالی از

[۶] نسل اول مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک که توسط استاد مجید مخدوم پایه‌گذاری شد، براساس تولید اطلاعات توسط ارزیاب عمل می‌کرد.

ظرفیت‌های توسعیهٔ کشاورزی آبی نیست و براساس آب قابل برنامه‌ریزی (که میزان مصرف از تولید فعلی آب حوضه در آن کسر شده و آب قابل پیش‌بینی برای آینده است)، هنوز خالی از توان توسعهٔ کشاورزی آبی نیست و حدود ۷ درصد استان برای این منظور قابل برنامه‌ریزی است. با این وجود وضعیت فعلی کشاورزی آبی در استان نشان داد، حدود ۱۳ درصد از وسعت استان، در حال حاضر در شرایط توسعهٔ نامتعادل کشاورزی آبی قرار دارد که می‌تواند در آینده بر منابع آب و خاک فشار وارد کند و ضمن ریسک پیامدهای محیط زیستی با از دست دادن قابلیت خود با پیامدهای اجتماعی–اقتصادی همراه باشد. توسعهٔ متعادل بدون در نظر گرفتن میزان آب قابل برنامه‌ریزی و تناسب نیاز گیاهان زراعی با میزان آب، از توازن خارج خواهد شد و مانع دستیابی به توسعهٔ پایدار کشاورزی خواهد شد. بنابراین پس از فرآیند تعادل‌سنجی، لازم است، فرآیند توازن‌سنجی که مبتنی بر معرفی محصولات کشاورزی سازگار با اقلیم منطقه در چارچوب آب قابل برنامه‌ریزی است، در جهت کشاورزی پایدار و حمایت از امنیت غذایی، گام برداشت. بدیهی است تناسب‌سنجی محصولات زراعی، بررسی مکمل قابلیت‌سنجی اراضی محسوب می‌شود و قادر خواهد بود مدل‌های تصمیم گیری، توان اکولوژیک را در امتداد الگوی کشت و به‌عنوان یک یافته مؤثر در این فرآیند، ارتقاء دهد.

از جمله راهکارهای رفع بی تعادلی در کشاورزی آبی در وضع موجود استان البرز بر حسب فراگیری و گسترهٔ عوامل بی تعادلی می‌توان به اقدامات زیر اشاره نمود که اجرای آن برای دستیابی به کشاورزی پایدار در استان، توصیه می‌شود:

- روش‌های جمع‌آوری آب در زمین‌های کشاورزی آبی که با کمبود آب در دسترس مواجه هستند.
- خاک‌ورزی خاک در مناطقی که با افت حاصلخیزی و کمی عمق خاک مواجه هستند.
- تغییر سبک تولیدات کشاورزی از زراعت آبی به باغداری آبی در زمین‌هایی که شیب نامناسب برای زراعت دارند، اما با محدودیت شیب برای باغداری مواجه نیستند.
- روش‌های کشاورزی حفاظتی در زمین‌های که در معرض فرسایش قرار دارند.
- با این وجود کشاورزی آبی لازم است از اراضی جنگلی، مراتع ممیزی شده، حریم رودها و منابع آبی، مناطق تاریخی–فرهنگی در استان به‌تدریج با سازوکارهای تشویقی و مشارکتی حذف شود.

References

Abdel Rahman, M.A., Natarajan, A., Hegde, R., 2016. Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 19(1), 125-141.

Akinci, H., Ozalp, A.Y., Turgut, B., 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. Computers and Electronics in Agriculture 97, 71-82.

Alikhah-Asl, M., Naseri, D., 2020. Ecological land capability evaluation for agriculture and range management using WLC method (Case study: Ghoorichay catchment, Ardabil province). Journal of Environmental Science and Technology 22(10), 79-91.

Alikhah-Asl, M., Rezapoor Andabili, N., 2022. Evaluation of land capability for developing Agriculture and Range management (Case Study: Tajyar dam basin in East Azerbaijan Province). Journal of Environmental Science and Technology 23(12), 45-54.

Aymen, A.T., Al-husban, Y., Farhan, I., 2021. Land suitability evaluation for agricultural use using GIS and remote sensing techniques: The case study of Ma'an Governorate, Jordan. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 24(1), 109-117.

Bidadi, M.J., Kamkar, B., Abdi, O., Kazemi, H., 2015. Land suitability analysis on rainfed wheat cropping using geospatial information systems (A case study: Qaresoo basin). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(1), 131-143.

Chandio, I.A., Matori, A.N., Yusof, K., Talpur, M.H., Aminu, M., 2014. GIS-basedland suitability analysis of sustainable hillside development. Procedia Engineering 77, 87-94.

Danehkar, A., Davar, l, Taheri Sartashanzi, F., Jafari, Sh., Mashhadi Rafiei, M., 2021. Ecological land capability assessment of the coastal area of Hormozgan province. Publication of Ports and Maritime Organization, Tehran. 218 p. (In Persian)

Danehkar, A., Feyzi, S., Pakvejdan, S., 2016. Spatial Planning of Fars Province: Report on the status of natural resources and environment (Report 7), Fars Province Management and Planning Organization, Spatial Planning Group, Tehran. 205 p. (In Persian)

Danehkar, A., Jafari, Sh., Taheri Sartashanzi, F., Samadi Kouchaksari, B, Azizi Jalilian, M., Mashhadi Rafiei, M., 2019. National level ecological land capability assessment. National spatial land planning program, Planning and Budget Organization, Development and Foresight Research Center, Tehran. 232 p. (In Persian)

Danehkar, A., Davar, L., Taheri, F., Karimi, S., Jafari, Sh., Babazadeh, S., 2015. Building a Multiple-Use Forest Management Framework to Conserve Biodiversity in the Caspian Hyrcanian Forest Landscape: Zoning and Mapping (Report 1: Zoning of Ecological Land Capability in the Caspian Hyrcanian Forests). Forest, Rangelands and Watershed Management Organization (FRWO) & United Nations Development Programme (UNDP). 370 p.

De Feudis, M., Falsone, G., Gherardi, M., Speranza, M., Vianello, G., Antisari, L.V., 2021. GIS-based soil maps as tools to evaluate land capability and suitability in a coastal reclaimed area (Ravenna, northern Italy). International Soil and Water Conservation Research 9(2), 167-179.

Ghaemian, N., Barzegar, A., Mahmoudi, S., Ammari, P., 2000. Land Suitability Evaluation for wheat, Sugar Beet and Alfalfa by Parametric Method in the Lands of the Piranshahr Area. Journal of Soil and Water Sciences, 16(1), 83-94.

Mohammadi, H., 2014. The program of Fars province: summary report and conclusions from the studies of the current situation (Report 36). Management and planning organization of Fars province, Department of spatial planning. 299 p.

Jafarian, B., Sarvar, R., Borna, R., 2019. Key Factors Affecting the Future Status of Tehran Province Spatial Planning Based on Future Studies. Territory 16(61), 17-36.

Javanmardi, S., Faraje, H., Yavari, A., Pourkhabaz, H., 2012. Multi Criteria Evaluation of Land Suitability for Agriculture Land Use Using Geographic Information System (Case Study: Qazvin Region). Environmental Researches 2(4), 51-60. (In Persian)

Khalifeh, M., Alikhah Asl, M., Rezvani, M., 2018. Assessment of land capability for agriculture and rangeland development using hierarchical analysis method (Case study: Gaz long-Lavar-e Saheli Watershed of Bushehr Province). Geographical Researches 33(1), 109-123.

Kianisalmi, S., Musavi, S.H., Yeganeh Dastgerdi, P., 2017. Spatial planning and feasibility of areas susceptible to ecotourism with land use planning approach Case study: Chaharmahal & Bakhtiari Province. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR) 26(102), 217-228.

Longley, P.A., Mesev, V., 2000. On the Measurement and Generalization of Urban form Environment and Planning, Tourism Management 32, 473- 488.

Makhdoom, M., 2021. Foundations of spatial land planning. University of Tehran Press, Tehran, p. 271(In Persian)

Montgomery, B., Dragicevic, S., Dujmovic, J., Schmidt, M., 2016. A GIS-based Logic Scoring of Preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. Computers and Electronics in Agriculture 124, 340-353.

Mousavi, S.A., Sarmadian, F., Taati, A., 2016. Comparison of AHP and FAO methods for land suitability evaluation of rainfed Wheat. Iranian Journal of Soil Research 30(4), 367-377.

Pak, A., 2018. Integrated coastal zone management accuracy plan of Hormozgan province: optimal land-use report. Ports and Maritime Organization, Iran Structural Consulting Engineers. 268 p.

Pakravan, M. R., Hosseini, S.S., Salami, H., Yazdani, S., 2015. Identifying effective factors on food security of Iranian's rural and urban household. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development

Research 46(3), 395-408. (In Persian)
Pourkhabaz, H.R., Aghdar, H., Mohammadyari, F., Javanmardi S., 2015. Land suitability evaluation for determining of agricultural land use by multi criteria decision making models ANP-DEMATEL and FAHP Chang. Journal of Environmental Studies 41(2): 429-445.
Pourkhabaz, H.R., Aghdar, H., Mohammadyari, F., Javanmardi, S., 2015. Land suitability evaluation for determining of agricultural land use by multi criteria decision making models ANP-DEMATEL and FAHP Chang. Journal of Environmental Studies 41(2), 429-445.
Qaemi, Z., Moghimi, A., Shargh Ayand Consulting Engineers. 2016. Spatial land planning studies of Alborz province, chapter of location and elevation. Publication of Alborz Management and Planning Organization, Alborz. 54 P. (In Persian)
Qiu, L., Zhu, J., Pan, Y., Hu, W., Amable, G.S., 2017. Multi-criteria land use suitability analysis for livestock development planning in Hangzhou metropolitan area, China. Journal of Cleaner Production 161, 1011-1019.
Rahimi, H., Mahini, A.S., Kamyab, H., 2015. Priority of Gorgan's sub-watershed for using rainfed agriculture using multi-attribute decision making (MADM) and GIS. Journal of Natural Environment 68(3).
Roig-Tierno, N., Baviera-Puig, A., Buitrago-Vera, J., Mas-Verdu, F., 2013. The retail site location decision process using GIS and the analytical hierarchy process. Applied Geography 40, 191-198.
Rusdi, M., Roosli, R., Ahamad, M.S.S., 2015. Land evaluation suitability for settlement based on soil permeability, topography and geology ten years after tsunami in Banda Aceh, Indonesia. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 18(2), 207-215.
Safaripour, M., Naseri, D., 2020. Land Suitability Evaluation for Urban Development in Meshkin-shahr using Fuzzy-AHP approachand GIS. Journal of Environmental Science and Technology 22(10), 207-220.
Sayahnia, R., Makhdoum, M., Faryadi, S., 2017. (Ecological indices in evaluation of urban development capability (case study: Tehran metropolitan area. Environmental Sciences 15(1), 77-88.
World Bank. 2006. Sustainable land management: challenges, opportunities, and trade-offs. The World Bank.
World Bank. 2008. Sustainable land management sourcebook. The World Bank.
Worqlul, A.W., Jeong, J., Dile, Y.T., Osorio, J., Schmitter, P., Gerik, T., Clark, N., 2017. Assessing potential land suitable for surface irrigation using groundwater in Ethiopia. Applied Geography 85, 1-13.
Yu, Z., Xudong, C., 2016. A study on the choices of construction land suitability evaluation of ecological index. Procedia Computer Science 91, 180-183.