مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹/ ص ۳۸-۲۳
DOI: 10.22059/jhsci.2020.298174.542

# تعیین الگوی کشت محصولات زراعی به‌عنوان راهکاری برای کاهش مخاطرات امنیت غذایی کشور

علیرضا سبزواری
دانشجوی دکتری، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
علی رجبی‌پور*
استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
نیکروز باقری
استادیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
محمود امید
استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۱۲/۳ – تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۲/۵)

## چکیده

انتخاب الگوی کشت از اصلی‌ترین عوامل افزایش بهره‌وری تولید در کشاورزی محسوب می‌شود. تخصیص بهینهٔ اراضی و تعیین محصولات مناسب کشت هر منطقه برای جلوگیری از مصرف بی‌رویهٔ نهاده‌ها و کاهش مخاطرات ناشی از کمبود منابع تأمین غذا پس از بررسی علمی عوامل مؤثر بر الگوی کشت و با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف قابل دستیابی است. پژوهش حاضر به تعیین عوامل مؤثر بر الگوی کشت و اولویت‌بندی آنها می‌پردازد. این پژوهش در پهنهٔ کشاورزی سیلاخور واقع در دورود لرستان انجام گرفت. روش تحقیق در این پژوهش، کتابخانه‌ای، مصاحبه با خبرگان و پیمایشی (گردآوری پرسشنامه از کشاورزان) بود. متغیرهای مؤثر بر الگوی کشت با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی استخراج شد و سپس برای اولویت‌بندی کشت محصولات کشاورزی از روش تاپسیس مبتنی بر آنتروپی شانون استفاده شد. نتایج تحلیل عاملی نشان داد که متغیرهای مؤثر بر انتخاب الگوی کشت به‌ترتیب در شش عامل مکانیزاسیونی- زراعی، خاک و اقلیم، مدیریتی کلان دولت، پشتیبان تولید، اجتماعی و حاشیه‌ای تولید دسته‌بندی می‌شود. این عامل‌ها در مجموع ۶۱/۴۱ درصد از واریانس متغیرهای مؤثر را در انتخاب الگوی کشت تبیین کردند. همچنین در روش آنتروپی چهار معیار دسترسی به سرمایهٔ نقدی مورد نیاز کشت‌وکار (۰/۲۳۶)، نیاز آبی محصول (۰/۲۳۳)، سود محصول (۰/۰۹۸) و واحد بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار (۰/۰۳۹) بیشترین اولویت را در انتخاب الگوی کشت داشتند. در نهایت نتایج مبتنی بر روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ تاپسیس نشان داد که کشت‌های چغندرقند پاییزه (۰/۵۹۸)، گندم (۰/۵۸۹)، جو (۰/۵۵۸)، کلزا (۰/۵۵۶)، نخود پاییزه (۰/۵۱۵)، برنج (۰/۴۹۹)، کینوا (۰/۴۷۱) و زعفران (۰/۳۹۰) به‌ترتیب، در اولویت الگوی کشت منطقه قرار دارند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی کشت، امنیت غذایی، تاپسیس، تحلیل عاملی اکتشافی، مخاطرات.

* نویسنده مسئول
Email: arajabi@ut.ac.ir

**مقدمه**

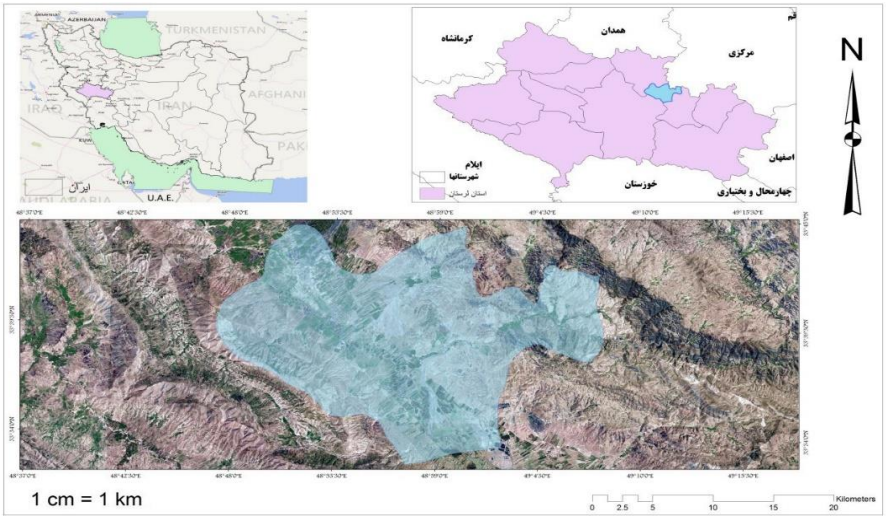
اطمینان از در دسترس بودن مداوم و منظم منابع تولید غذا برای امنیت غذایی بسیار مهم است. بازارهای مواد غذایی، از طریق تولیدات داخلی و تجارت بین‌المللی تأمین می‌شوند و ممکن است با خطرهای متعدد ناشی از اختلال در زنجیرهٔ تأمین، نوسانات قیمت کالاها، همراه با دیگر شرایط پیش‌بینی‌نشده از جمله بلایای طبیعی مواجه شوند. برای کاهش چالش‌هایی که ثبات سیستم‌های غذایی را تهدید می‌کنند، تصمیم‌گیری در بخش مواد غذایی باید افزایش یابد و جدی‌تر شود تا هرگونه تغییر احتمالی منجر به کمبود مواد غذایی را پوشش دهد [۳۳]. رشد سریع جمعیت سبب می‌شود که توجه به امنیت غذایی و تحقق توسعهٔ پایدار به افزایش هزینه‌های زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه بینجامد که می‌توان با برنامه‌ریزی الگوی کشت مناسب یک رویکرد عملیاتی، مبتنی بر تولیدات متنوع کشاورزان به‌ویژه در تولید غلات و بهره‌وری از مزارع، مخاطرات آن را کاهش داد [۳۶]. از مزایای الگوی کشت می‌توان به کاهش مصرف کودها و علف‌کش‌ها و در نتیجه کاهش آلودگی مواد غذایی به مواد شیمیایی، کارایی زیاد در استفاده از اراضی، ثبات عملکرد، توزیع سهم نیروی کار در طول فصل رشد، وابستگی کمتر به ذخیره‌سازی، فرصت‌های بیشتر بازار برای ایجاد تعادل در تولید محصولات زراعی، مؤلفهٔ پایداری و سودآوری بلندمدت بدون نیاز به سرمایه‌گذاری‌های مالی بیشتر اشاره کرد [۳۵]. تغییرات الگوی کشت تحت تأثیر شرایط اجتماعی، اقتصادی و محیطی جوامع روستایی در پی یک برنامه‌ریزی درست یا واکنش احساسی به شرایط بازار اتفاق می‌افتد [۱۱]. محققان با اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در کاهش پایداری اکوسیستم‌های زراعی معتقدند که در بین معیارهای اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی، بیشترین اهمیت را معیار اقتصادی دارد [۱۵]. بر این اساس برنامه‌ریزان و مدیران بخش کشاورزی باید با آگاهی از الگوی کشت، سیاست‌های اجرایی و مدیریتی مناسبی را در زمینهٔ تعیین نوع کشت‌های منطقه، ساخت سیلوها و انبارهای لازم و مدیریت بازار محصول منطبق بر نیازها و شرایط بومی اتخاذ کنند [۱۴]. محققان با بررسی نقش تنوع تولید محصولات زراعی در بهبود امنیت غذایی خانواده در مالاوی، بیان کردند که تنوع زراعی، انعطاف‌پذیری سیستم‌های تولید در کشاورزی خرده‌مالکی و سیاستگذاری دولت در این زمینه، نتایج معناداری در کاهش سوءتغذیه و تهدید امنیت غذایی دارد [۳۲]. نتایج یک تحقیق با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان داد که معیارهای شوری، مواد آلی خاک، فرسایش خاک و بافت خاک، از عوامل محدودکنندهٔ الگوی کشت در مناطق دیم‌کاری گلستان به‌شمار می‌روند [۳۱]. نتایج پژوهش بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی با رویکرد کاهش سموم و کودهای

شیمیایی در دشت ورامین نشان داد که در مرحلهٔ اول محصولات جالیزی و در مرحلهٔ دوم سطح زیر کشت غلات باید کاهش یابد [۱۸]. یافته‌های پژوهشی دربارهٔ عوامل مؤثر بر نگرش شالیکاران به کشت پایدار برنج در استان مازندران نشان داد که متغیرهای دسترسی به عوامل آموزشی- ترویجی، عوامل ارتباطی، تجربهٔ کشت برنج، تعداد نیروی کار خانوادگی، سطح تحصیلات و نظر کارشناسان، مهم‌ترین متغیرهای وابستهٔ مؤثرند [۱۲]. پژوهشگران در واکاوی آثار و عوامل مؤثر بر گسترش الگوی کشت زعفران بیان کردند که مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر بر الگوی کشت، عوامل جغرافیایی و جاذبه‌های بازار مصرف هستند [۸]. در تعیین الگوی کشت در دشت نیشابور بر پایهٔ پتانسیل منابع آب، پژوهشگران گزارش کردند که برای دستیابی به الگوی کشت مطلوب، سطح زیرکشت بیشتر محصولات باید تغییر کند که بر این اساس کشاورزان تنها مجاز به برداشت ۳۵۹ میلیون لیتر مکعب از آبخوان نیشابور در طول سال هستند و تنها ۱۸۳ هکتار را می‌توان به کشت محصولات آب‌دوست مثل گوجه‌فرنگی اختصاص داد [۱۰]. نتایج پژوهش کارایی مصرف آب در کشتزارهای کشور نشان می‌دهد که علاوه‌بر افزایش کارایی مصرف آب، مسائل زراعی و مکانیزاسیون مزرعه نیز اهمیت زیادی در این زمینه دارند [۹]. در خصوص تأثیر عامل‌های آموزشی- ترویجی بر مدیریت مصرف آب کشاورزی در تولید سیب‌زمینی، شش عامل رسانه، کیفیت مرکز خدمات، مهارت کارشناسان، نهادهای محلی و شبکهٔ اجتماعی، بازدید میدانی و کلاس‌های آموزشی به‌عنوان متغیرهای مؤثر شناسایی شدند [۲۴]. در پژوهشی در شمال ایران گزارش شد که عوامل اقتصادی، خودکفایی، زیست‌محیطی، استفاده از حداقل مصرف کود و آفت‌کش، تأمین آب و اهداف اجتماعی تأثیر معنی‌داری بر الگوی کشت منطقه دارند [۳۰]. برای تعیین الگوی کشت و بررسی کارایی یک محصول در هر منطقه معیارهای بسیاری وجود دارد که انتخاب هر رشته از معیارها، به نتایج متفاوتی منجر می‌شود. به همین دلیل بررسی و مطالعهٔ این معیارها به استفادهٔ بهینه از منابع در بخش کشاورزی می‌انجامد. محققان در تعیین الگوی بهینهٔ بهره‌برداری از محصولات زراعی بیان کردند که تشویق و حمایت دولت از کشاورزان در زمینهٔ به‌کارگیری الگوی کشتی که موجب افزایش بازده برنامه‌ای بهره‌برداران می‌شود، الزامی است [۱۶] نتایج پژوهش رتبه‌بندی محصولات کشاورزی با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان داد که این روش، از مفیدترین روش‌ها برحسب اولویت است [۲۰]. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ زیادی به‌منظور ارزیابی اوزان شاخص‌های یک تصمیم و انتخاب گزینهٔ برتر ایجاد شده‌اند که از این میان می‌توان به روش‌هایی مانند آنتروپی، کمترین مجذورات موزون و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی اشاره کرد [۲]. از امتیازهای مهم روش تاپسیس آن است که همزمان می‌توان از معیارهای عینی و ذهنی استفاده کرد [۶]. در یک تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان از روش‌هایی مانند نظرخواهی

از خبرگان برای گزینش معیارها یا فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بهره گرفت و از نتایج ماتریس تصمیم (روش آنتروپی) برای وزن‌دهی به معیارها استفاده کرد و در نهایت اهمیت گزینه‌های مسئله را تعیین کرد [۱]. در پژوهش اولویت‌بندی روش‌های مشارکت آموزش مردم در پیش‌بینی هشدار سیلاب در ایران محققان از روش تاپسیس مبتنی بر آنتروپی شانون برای ارزیابی معیارها استفاده کردند [۲۸]. در شرایط و پژوهش‌های متفاوتی مثل اولویت‌بندی الگوی کشت محصولات استراتژیک استان البرز، انتخاب تراکتور مناسب و مقایسهٔ کارایی مدیریتی- عملیاتی نظام‌های بهره‌برداری ماشین‌های کشاورزی، محققان برای ارزیابی نهایی معیارهای پژوهش و رتبه‌بندی گزینه‌ها از نظر خبرگان و روش‌های خبرهٔ تصمیم‌گیری و مشخصاً روش تاپسیس استفاده کردند [۲۲، ۱۳، ۳]. براساس نتایج پژوهش‌ها، تمرکزی بر نحوهٔ انتخاب معیارهای الگوی کشت وجود ندارد و در هر مطالعه از برخی معیارها به‌طور خاص استفاده شده است که به نظر می‌رسد در شرایط موجود اقتصاد کشاورزی کشور، ساختار زیربنایی کشت محصولات بلوغ کافی را حاصل نکرده و تولید محصولات کشاورزی با هزینه‌های زیاد اقتصادی صورت می‌پذیرد. بنابراین اصلاح الگوی کشت محصولات زراعی و کاهش مخاطرات امنیت غذایی با توجه به نیازهای منطقه‌ای و ملی و توجه به مزیت نسبی محصولات در مناطق مختلف دارای اهمیت خاصی است، زیرا رعایت نکردن الگوی کشت، پیامدهای نامطلوبی در زمینهٔ دسترسی به آب و تأمین آن، زیرساخت‌های تولید، امنیت غذایی و رفاه اقتصادی در مناطق روستایی خواهد داشت [۲۱]. از این‌رو در این پژوهش، ابتدا متغیرهای مؤثر بر انتخاب الگوی کشت از میان معیارهای مختلف تولید کشاورزی، شناسایی شده و سپس اولویت کشت محصولات زراعی با تکیه بر روش‌های مهندسی و همه‌جانبه‌نگر در کنار تجارب عملی با نگاه بر الگوی محصول محوری تعیین می‌شود. بی‌شک یکی از نتایج نهایی رعایت الگوی کشت، امنیت غذایی است که در این زمینه می‌توان با طراحی یک الگوی کشت موفق، اثرپذیری نتایج آن را افزایش داد.

## روش تحقیق و منطقهٔ مطالعه

منطقهٔ پژوهش، دشت سیلاخور پایین، در استان لرستان، بین شهرستان‌های دورود و بروجرد در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۶ ثانیهٔ شمالی و ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه و ۵۷ ثانیهٔ شرقی واقع در زون مختصاتی ۳۹ است. این دشت با میانگین ارتفاعی ۱۵۲۲ متر از سطح دریا و میانگین بارش سالیانهٔ ۶۲۷/۱ میلی‌متر، بزرگ‌ترین زمین هموار استان لرستان است که با تکیه بر منابع آب سطحی و زیرزمینی، از قطب‌های مهم کشاورزی و زراعی استان و کشور به‌شمار می‌رود.




**شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق (دورود، دشت سیلاخور)**

برای دستیابی به عوامل مؤثر بر الگوی کشت از دیدگاه علمی (مطالعهٔ اسنادی و نظر متخصصان) و هم از دیدگاه عملی (نظر کشاورزان) استفاده شد. در ابتدا با بهره‌گیری از مطالعهٔ اسنادی، پرسشنامه‌ای شامل ۷۸ گویه و پنج شاخص اصلی طراحی شد این پنج شاخص، عوامل خاک، عوامل محیطی، عوامل اجتماعی، عوامل مکانیزاسیونی- زراعی و عوامل کلان و ساختاری بودند که مبتنی بر روش لیکرت از تأثیر خیلی کم تا خیلی زیاد امتیازبندی شد [۲۵، ۲۰، ۵]. سپس با نظرخواهی از گروهی مشتمل بر ۲۰ متخصص از اعضای هیأت علمی سازمان تحقیقات کشاورزی لرستان با تخصص‌های مختلف کشاورزی، کارشناسان جهاد کشاورزی استان لرستان و کارشناسان ترویج، پرسشنامهٔ جامعی شامل ۲۲ گویه طراحی شد. استفاده از اندازهٔ نمونهٔ بزرگ در این قسمت ضروری نیست، زیرا پرسشنامه توسط خبرگان تکمیل شده و بنابراین نتایج تحقیق کاملاً علمی و قابل اتکاست [۷]. ضریب پایایی پرسشنامه ۰/۷۱ در ۳۰ نمونهٔ مجزا (خارج از نمونه انتخابی به‌عنوان گروه هدف) به‌دست آمد. در مرحلهٔ بعد با توجه به سطح اجرایی هر محصول و تعداد کشاورز و جامعهٔ آماری ۲۶۰ نفری، با استفاده از فرمول کوکران به روش طبقه‌ای با تسهیم نسبت، ۱۵۵ پرسشنامه از کشاورزان به‌عنوان حجم نمونه در نظر گرفته شد. برای تشخیص مناسب بودن داده‌ها جهت تحلیل عاملی و معنی‌داری همبستگی متغیرها به‌ترتیب از شاخص کفایت نمونه‌گیری KMO و آزمون بارتلت استفاده شد و برای تحلیل عامل‌های اصلی، روش چرخش واریماکس در نرم‌افزار SPSSv22 به‌کار رفت. ازآنجا که شاخص‌های بررسی‌شده به‌طور

معمول ضریب اهمیت یکسانی در تصمیم‌گیری ندارند، باید وزن و ضریب اهمیت هر یک از شاخص‌ها تعیین شود که این ضریب را می‌توان براساس نظر کارشناسی یا روش‌های تقریبی مثل میانگین حسابی و هندسی یا روش‌های دقیق‌تر مثل بردار ویژه، روش تحلیل سلسله‌مراتبی، روش لینمپ و روش آنتروپی تعیین کرد [۳۴]. آنتروپی شانون مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش برای دستیابی به ضرایب اهمیت شاخص‌هاست. براساس این روش، هر شاخصی که اطلاعات بیشتری تولید می‌کند، از وزن بیشتری برخوردار است. در این پژوهش به‌منظور دستیابی به مزایای هر دو روش، وزن شاخص‌ها در ماتریس تصمیم به‌کمک روش آنتروپی شانون محاسبه و سپس از این وزن‌ها در اجرای مراحل تاپسیس به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شد. ماتریس تصمیم با ۲۲ شاخص از نتایج پرسشنامهٔ متخصصان ایجاد شد و روش آنتروپی شانون در چهار مرحله انجام گرفت [۲۶]. در مرحلهٔ اول ماتریس تصمیم به ماتریس بی‌مقیاس‌شده بر اساس نرم ساعتی تبدیل شد. تعداد گزینه‌ها، هشت محصول قابل کشت شامل گندم، جو، برنج، کلزا، چغندرقند پاییزه، نخود پاییزه، زعفران و کینوا بود و تعداد شاخص‌ها، ۲۲ مؤلفه در نظر گرفته شد. در مرحلهٔ دوم، ضریب عدم اطمینان و در مرحلهٔ سوم درجهٔ انحراف اطلاعات موجود هریک از شاخص‌ها از مقدار آنتروپی آن شاخص محاسبه شد. درجهٔ انحراف یا شاخص اطمینان نشان می‌دهد که شاخص مربوطه چقدر اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری، در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. در نهایت، در مرحلهٔ چهارم وزن معیار در هر شاخص محاسبه می‌شود. در ادامهٔ کار، روش تاپسیس برمبنای نرمال‌سازی ماتریس و محاسبهٔ وزن شاخص‌های محاسبه‌شده از مراحل روش آنتروپی انجام گرفت که این مراحل در نرم‌افزار اکسل با توجه به مراحل پنجم تا دهم محاسبه شد که در نهایت با توجه به گزینه‌های مثبت ایده‌آل و منفی ایده‌آل، اولویت کشت محصولات در پهنهٔ کشاورزی مورد نظر تعیین شد [۴]. در مرحلهٔ پنجم ماتریس تصمیم با استفاده از روش نرمال‌سازی اقلیدسی بی‌مقیاس‌سازی می‌شود. در این مرحله ماتریس تصمیم R با روش نرمال‌سازی اقلیدسی، به فرم بدون بُعد و نرمالیزه تبدیل می‌شود که علت این کار در همهٔ روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، از بین بردن مقیاس معیارهای مختلف و ایجاد قابلیت مقایسهٔ گزینه‌ها در معیارهای مختلف و ترکیب نتایج است (رابطهٔ ۱) .

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum (x_{ij})^2}}, \quad R=\begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mm} \end{bmatrix}, i = 1, \dots, m \ , j = 1, \dots, n \qquad (۱)$$

در مرحلهٔ ششم ماتریس بی‌مقیاس موزون شده است، به این صورت که وزن هر معیار را در ستون مربوط به آن معیار ضرب می‌کنیم تا ماتریس $V_{ij}$ حاصل شود (رابطهٔ ۲).

$$V_{ij} = W_j \times r_{ij} \quad , \quad V=\begin{bmatrix} V_{11} & \cdots & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & \cdots & V_{mm} \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

که در آن، $W_j$ ماتریس بی‌مقیاس‌شده از مرحلهٔ پنجم است. به‌دلیل اینکه روش تاپسیس به‌تنهایی قادر به محاسبهٔ وزن معیارها نیست، وزن معیارهای ورودی باید با استفاده از روش‌های دیگر محاسبه شود. برای این منظور در این پژوهش وزن هر معیار از روش آنتروپی شانون محاسبه شد. در ادامه و در مرحلهٔ هفتم نقاط ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه شد. معیارهای مثبت، معیارهایی هستند که افزایش آنها سبب بهبود در هدف تصمیم‌گیری می‌شود و برعکس. در این مرحله معیارهایی که بار مثبت دارند از رابطهٔ ۳ و معیارهای دارای جنبهٔ منفی از رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شوند.

$$A^+ = \{(\mathrm{Max}_j\, v_{ij} \mid j \in j), \ (\mathrm{min}_j\, v_{ij} \mid j \in j') \ \forall_i = \{1,2,\dots,m\}\{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \qquad (۳)$$

$$A^+ = \{(\mathrm{min}_j\, v_{ij} \mid j \in j), \ (\mathrm{Max}_j\, v_{ij} \mid j \in j') \ \forall_i = \{1,2,\dots,m\}\{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \qquad (۴)$$

در رابطه‌های ۳ و ۴، مقدار ایده‌آل مثبت $A^+$ در شاخص‌های با جنبهٔ مثبت بیشترین مقدار است. همچنین مقدار ایده‌آل منفی $A^-$ در شاخص‌های با جنبهٔ مثبت کمترین مقدار است. در مرحلهٔ هشتم فاصلهٔ اقلیدسی تک‌تک گزینه‌ها از مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به‌دست می‌آید (رابطهٔ ۵).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad (۵)$$

در این رابطه، $S_i$- فاصلهٔ گزینه i از $A^-$ و Si+، فاصلهٔ گزینه i از $A^+$، است. در نهایت و در مرحلهٔ دهم شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها محاسبه می‌شود (رابطهٔ ۶).

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad , \quad 0 < C_i < 1 \qquad (۶)$$

که در آن، $C_i$ نزدیکی نسبی به گزینهٔ ایده‌آل است. بر اساس این رابطه، بررسی نسبی نزدیکی گزینه‌ها و اولویت‌بندی آنها انجام می‌گیرد که بعد از مرتب کردن گزینه‌ها، هر گزینه‌ای که دارای نسبت دوری بیشتری باشد، برتری بیشتری برای انتخاب دارد.

## یافته‌ها و بحث

در آغاز آزمون معنی‌داری برای بررسی امکان اجرای تحلیل عاملی انجام گرفت که نتایج در جدول ۱ گزارش شده است. مقدار آمارهٔ KMO بیشتر از ۰/۵ است و فرض صفر در آزمون

بارتلت در سطح اطمینان ۹۹ درصد رد می‌شود که بر مناسب بودن گویه‌ها برای استخراج عامل‌های مورد استفاده در تحلیل و همبستگی مناسب برای اجرای تحلیل عاملی دلالت دارد.

**جدول ۱. آزمون معنی‌داری تحلیل عامل (نگارندگان، ۱۳۹۸)**

| نام گروه | تعداد | KMO | Bartlett | درجهٔ آزادی | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|
| کشاورزان | ۱۵۵ | ۰/۷۲ | ۱۱۹۲/۸۱۹ | ۲۳۱ | ۰/۰۰۰ |

نتایج جدول ۲ نشان داد که ۲۲ شاخص مورد استفاده در تحلیل، دارای بار عاملی معنادار هستند که در شش گویهٔ اصلی جای می‌گیرند که حدود ۶۲ درصد واریانس کل را تبیین می‌کنند. برپایهٔ ملاک KMO، مقادیر ویژه بیشتر از یک، مبنای انتخاب عامل‌های اصلی است یا برپایهٔ ملاک درصد واریانس، انتخاب شماری از عامل‌ها که ۶۰ درصد واریانس را تبیین کنند کفایت می‌کند [۲۷]. مقدار ویژهٔ هر عامل، نسبتی از واریانس کل متغیرهاست که توسط آن عامل تبیین می‌شود. مقدار ویژه از طریق مجموع مجذورات بارهای عاملی مربوط به تمام متغیرها در آن عامل قابل محاسبه است و عامل‌های بارگذاری‌شده و وزن عامل‌ها، اندازه‌گیری‌های اصلی تحلیل عاملی‌اند. از این‌رو مقدار ویژهٔ اهمیت اکتشافی عامل‌ها را در ارتباط با متغیرها نشان می‌دهد که زیاد بودن این مقدار برای یک عامل به این معناست که آن عامل نقش بیشتری در تبیین واریانسِ متغیرها داشته است. بر این اساس، عوامل مکانیزاسیونی- زراعی به‌عنوان نخستین و مهم‌ترین عامل با مقدار ویژهٔ ۳/۹۶ به‌تنهایی ۱۸/۰۳ درصد واریانس عوامل مؤثر بر الگوی کشت را تبیین می‌کند که بیانگر ارزش و اهمیت این عامل نسبت به عامل‌های دیگر، به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر طراحی الگوی کشت است، زیرا مسائل فنی- زراعی و مکانیزاسیون، دارای دامنهٔ گسترده‌ای از مؤلفه‌هاست که در الگوی کشت باید مدنظر قرار گیرند. در ادامه، عوامل خاک و اقلیم با ۱۱/۲۸ درصد، عامل مدیریت کلان دولت با ۹/۸۳ درصد، عوامل پشتیبان تولید با ۸/۰۹ درصد، عوامل اجتماعی با ۷/۹ درصد، و عوامل حاشیه‌ای تولید با ۶/۰۴ درصد تبیین واریانس، در رتبه‌های بعد قرار دارند. نتایج بررسی ساختار عامل‌ها و ضریب شاخص‌های معرفی‌شده در عامل‌های استخراجی و میزان اشتراک‌ها که اهمیت و نقش هر یک از شاخص‌ها را در شکل‌گیری عامل‌ها را نشان می‌دهد، در جدول ۲ گزارش شده است. مقادیر اشتراک بیانگر حد توانایی عامل‌های تعیین‌شده در تبیین واریانس متغیرهای تحقیق است. همچنین میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود که هرچه میزان آن بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوط است.

**جدول ۲ . عامل‌بندی شاخص‌های مؤثر بر طراحی الگوی کشت محصولات زراعی (نگارندگان، ۱۳۹۸)**

| مقادیر ویژه | درصد تجمعی | درصد واریانس | مؤلفه‌ها |
|---|---|---|---|
| عوامل مکانیزاسیونی- زراعی | ۱۸/۰۳ | ۱۸/۰۳ | ۳/۹۶ |
| عوامل خاک و اقلیم | ۱۱/۲۸ | ۲۹/۳۲ | ۲/۴۸ |
| عوامل مدیریت کلان دولت | ۹/۸۸ | ۳۹/۲۰ | ۲/۱۷ |
| عوامل پشتیبان تولید | ۸/۰۹ | ۴۷/۲۹ | ۱/۷۸ |
| عوامل اجتماعی | ۷/۹۰ | ۵۵/۲۰ | ۱/۷۳ |
| عوامل حاشیه‌ای تولید | ۶/۰۴ | ۶۱/۲۴ | ۱/۳۲ |

نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد که عامل خصوصیات شیمیایی خاک با ۷۸/۱ درصد، مقدار بارش منطقه با ۷۷/۹ درصد و نیاز آبی محصول با ۷۴/۱ درصد بیشترین اشتراک را در گروه دارند. سود محصول، واحد بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار، نیاز آبی گیاه، وجود تجهیزات مکانیزه در منطقه، بازار مناسب محصول، واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار، فاصلهٔ مزرعه تا بازار مصرف و عوامل آموزشی و ترویج در عامل اول قرار می‌گیرند که می‌توان این عامل را مسائل مکانیزاسیونی- زراعی نامید. همچنین مؤلفه‌هایِ مقدار بارش منطقه، خصوصیات فیزیکی خاک، خصوصیات شیمیایی خاک و ارتفاع منطقه (از سطح دریا) در عامل دوم جای می‌گیرند که می‌توان آنها را عوامل اقلیم و خاک در ارتباط با الگوی کشت نامید. مؤلفه‌هایی مثل مقدار پایداری تولید چندساله محصول، وجود بذر سازگار با شرایط منطقه، داشتن خرید تضمینی و سیاست‌های تشویقی دولت به محصول در عامل سوم جای می‌گیرند که این عامل‌ها را نیز می‌توان عامل مدیریت کلان دولت نامید. متغیرهای تشکیل‌دهندهٔ عامل چهارم شامل تحت پوشش بیمه بودن محصول و سرمایهٔ نقدی مورد نیاز کشت‌وکار به‌عنوان عوامل پشتیبان تولید نام‌گذاری شد. متغیرهایی که عامل پنجم را ساخته‌اند، دو عامل تأثیر داشتن تجربهٔ کشت محصول و رسوم کشاورزند که این مؤلفه‌ها، عوامل اجتماعی مرتبط با الگوی کشت هستند. در نهایت میزان آفت شایع در منطقه و درجهٔ حرارت منطقه در فصل رشد، جزو عوامل حاشیه‌ای تولید در عامل ششمِ عوامل تأثیرگذار بر الگوی کشت قرار گرفت. بعد از نظرخواهی از کارشناسان، مرور منابع و نتایج نهایی تحلیل عاملی، شاخص‌های مؤثر بر الگوی کشت محصولات زراعی در قالب ۲۲ مؤلفه مشخص شد که بر این اساس، شاخص‌های q6 از نوع شاخص کمّی مثبت و شاخص‌های q3 و q7 از نوع شاخص کمّی منفی بودند که در ادامه همهٔ شاخص‌ها، مثبت‌سازی شدند. همچنین شاخص‌های q4 ، q9 و q22، از نوع شاخص کیفی منفی و بقیه شاخص‌ها از نوع شاخص کیفی مثبت بودند. همهٔ شاخص‌های کیفی با استفاده از جدول طیف دوقطبی لیکرت، توسط خبرگان

به‌صورت عددی از ۱ تا ۹، برحسب درجهٔ اهمیت، امتیازدهی شدند. برای اجرای مراحل روش تاپسیس، در مرحلهٔ اول ماتریس تصمیم برپایهٔ نتایج تحلیل عاملی و معیارهای جدول ۴، به‌صورت سطری، و گزینه‌ها به‌صورت ستونی تشکیل و سپس بی مقیاس‌سازی و نرمالیزه شد. در گام بعدی برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت و یک ایده‌آل منفی محاسبه شد که شش عاملِ نیاز آبی محصول q3، واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار q5، فاصلهٔ مزرعه تا بازار مصرف q4، سرمایهٔ نقدی لازم برای کشت‌وکار q7، رسوم کشاورز q9 و میزان آفت شایع در منطقه q22، عوامل دارای جنبهٔ منفی بودند که نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

**جدول ۳. شاخص‌های هر عامل و میزان بار عاملی ماتریس دوران‌یافته (نگارندگان، ۱۳۹۸)**

| ردیف | نام عامل | شاخص‌ها | مقدار بار عاملی | اشتراک‌ها (٪) |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | عوامل مکانیزاسیونی-زراعی | ($q_6$) سود محصول | ۰/۷۴ | ۶۷/۵ |
| | | ($q_2$) واحد بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار | ۰/۷۱ | ۷۰/۴ |
| | | ($q_3$) نیاز آبی محصول | ۰/۷۴ | ۷۴/۱ |
| | | ($q_1$) وجود تجهیزات مکانیزه در منطقه | ۰/۷۵ | ۶۳/۵ |
| | | ($q_8$) بازار محصول | ۰/۶۲ | ۶۳/۵ |
| | | ($q_5$) واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار | ۰/۶۰ | ۵۳ |
| | | ($q_4$) فاصلهٔ مزرعه تا بازار مصرف | ۰/۵۱ | ۳۸/۷ |
| | | ($q_{10}$) عوامل آموزشی و ترویج | ۰/۳۷ | ۳۸/۵ |
| ۲ | عوامل اقلیم و خاک | ($q_{18}$) مقدار بارش منطقه | ۰/۸۶ | ۷۷/۹ |
| | | ($q_{14}$) خصوصیات فیزیکی خاک | ۰/۷۸ | ۶۷/۸ |
| | | ($q_{15}$) خصوصیات شیمیایی خاک | ۰/۷۰ | ۷۸/۱ |
| | | ($q_{17}$) ارتفاع منطقه (از سطح دریا) | ۰/۴۹ | ۵۵/۷ |
| ۳ | عوامل مدیریت کلان دولت | ($q_{20}$) پایداری تولید چندساله محصول | ۰/۷۲ | ۶۷/۴ |
| | | ($q_{21}$) وجود بذر سازگار با شرایط منطقه | ۰/۷۰ | ۶۷/۳ |
| | | ($q_{12}$) داشتن خرید تضمینی | ۰/۶۱ | ۵۵/۲ |
| | | ($q_{13}$) سیاست تشویقی دولت به محصول | ۰/۴۹ | ۳۹/۵ |
| ۴ | عوامل پشتیبان تولید | ($q_{19}$) تحت پوشش بیمه بودن محصول | ۰/۷۷ | ۶۷/۵ |
| | | ($q_7$) سرمایهٔ نقدی مورد نیاز کشت‌وکار | ۰/۶۵ | ۶۴/۳ |
| | | ($q_{11}$) داشتن تجربه در کشت محصول | ۰/۷۳ | ۷۲/۷ |
| ۵ | عوامل اجتماعی | ($q_9$) آداب و رسوم کشاورز | ۰/۷۰ | ۵۴ |
| ۶ | عوامل حاشیه‌ای تولید | ($q_{16}$) درجهٔ حرارت منطقه در فصل رشد | ۰/۷۰ | ۵۹/۶ |
| | | ($q_{22}$) میزان آفات شایع در منطقه | ۰/۵۵ | ۵۷/۴ |

**جدول ۴. مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی شاخص‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۸)**

| فاصله تا ایده‌آل | گندم | جو | برنج | کلزا | چغندرقند | نخود | زعفران | کینوا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فاصله تا ایده‌آل (+) | ۰/۵۲ | ۰/۶۰ | ۰/۴۸ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۴۰ | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۳۹ |
| فاصله تا ایده آل (-) | ۰/۰۴۶ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۵۳ | ۰/۰۵۵ |

**جدول ۵. اولویت‌بندی کشت محصولات برمبنای نتایج روش تاپسیس (نگارندگان، ۱۳۹۸)**

| اولویت | نزدیکی تا گزینهٔ ایده‌آل | اولویت |
|---|---|---|
| چغندر قند (پاییزه) | ۰/۵۹۸ | ۱ |
| گندم | ۰/۵۸۹ | ۲ |
| جو | ۰/۵۵۸ | ۳ |
| کلزا | ۰/۵۵۶ | ۴ |
| نخود (پاییزه) | ۰/۵۱۵ | ۵ |
| برنج | ۰/۴۹۹ | ۶ |
| کینوا | ۰/۴۷۱ | ۷ |
| زعفران | ۰/۳۹۰ | ۸ |

در نهایت و در گام آخر برای معیارها (محصولات)، نزدیکی نسبی به ایده‌آل مثبت محاسبه شده و اولویت کشت محصولات کشاورزی در پهنهٔ مورد پژوهش تعیین شد برای هر گزینه براساس نتایج جدول ۵، کشت چغندرقند (پاییزه) در اولویت اول و کشت‌های گندم، جـو و کلـزا در اولویـت‌هـای بعدی الگوی کشت منطقه قرار می‌گیرند. در دشت سیلاخور، یکی از محصولاتی که به‌طور گسـترده کشت می‌شود برنج است که نیاز آبی آن عمدتاً در تابستان از طریق چاه‌های عمیق زیرزمینی تأمین می‌شود که به‌منظور حفاظت از منابع آب و از طرفی کاهش نیافتن سود کشاورزان، انطباق مناسـب وضعیت مکانیزاسیون منطقه با این کشت، نزدیکی تا کارخانهٔ قند و استعداد زیاد اقلیم و خاک ایـن دشت، تنها محصول قابل رقابت با برنج و قرار گـرفتن در الگـوی کشـت جـاری، چغندرقنـد اسـت. همچنین کشت پاییزه این محصول سبب صرفه‌جویی در مصرف منابع آب هم می‌شود.

مقایسهٔ نتایج این تحقیق با مطالعات قبلی در زمینهٔ مربوط به الگـوی کشـت و پهنـه‌بنـدی محصولات زراعی، نشان می‌دهد که از نظر استفاده از سیستم خبـره تعیـین الگـوی کشـت، بـا طراحی الگوی کشت خبره در مازندران قرابت دارد [۲۹]. و از نظر تعیین عوامل مؤثر بر الگـوی

کشت و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، همراستا با شاخص‌های پژوهش رتبه‌بندی محصولات کشاورزی با تصمیم‌گیری چندشاخصه است [۱۹]. همچنین در اولویت‌بندی مهم‌ترین شاخص‌های کشت محصولات زراعی و استفاده از روش‌های خبره تصمیم‌گیری با نتایج اولویت کشت محصولات کشاورزی در کرمانشاه مطابقت دارد [ ۲۳].

## نتیجه‌گیری

بررسی تأثیر عوامل مختلف بر الگوی کشت و تحلیل عاملی این مؤلفه‌ها نشان می‌دهد که عامل مکانیزاسیونی- زراعی با مقدار ویژه ۳/۹۶، در مجموع ۱۸ درصد واریانس‌های کل را توجیه می‌کند که بیان‌کنندهٔ نقش بسیار مهم این عامل در تبیین الگوی کشت است. در بین شاخص‌های زیرمجموعهٔ این عامل، وجود تجهیزات مکانیزه، سود محصول و نیاز آبی محصول با بار عاملی ۰/۷۵، ۰/۷۴ و ۰/۷۴ به‌ترتیب بیشترین اولویت را در تبیین الگوی کشت دارند. عوامل خاک و اقلیم و مدیریت کلان دولت به‌ترتیب با مقادیر ویژهٔ ۲/۴۸ و ۲/۱۷، در مجموع ۲۱/۱۶ درصد واریانس عوامل کلی الگوی کشت را توجیه می‌کنند که نشان‌دهندهٔ نقش مهم تصمیم‌گیری در بخش‌های بالادستی است، زیرا بدون داشتن زمینه‌های انگیزشی، تغییر الگوی کشت برای کشاورزان به‌سختی صورت می‌گیرد و باید سیاست‌های تشویقی دولت برای اصلاح الگوی کشت به‌صورت هدفمند در دستور کار قرار گیرد. نتایج تصمیم‌گیری تاپسیس نشان می‌دهد که کشت‌های چغندرقند، گندم، جو و کلزا به‌ترتیب با ۰/۵۹۸، ۰/۵۸۹، ۰/۵۵۸ و ۰/۵۵۶ بیشترین اولویت کشت را در بین هشت محصول انتخابی دارند. الگوی کشت کنونی منطقه عمدتاً سه محصول گندم، جو و برنج است. روش تأمین آب برای کشت برنج استفاده از چاه‌های عمیق و آب‌های زیرزمینی بوده که ادامهٔ این روند به ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی و کاهش منابع آب منجر می‌شود. بنا به نتایج تصمیم‌گیری چندمعیاره و با در نظرگرفتن مؤلفه‌های مؤثر برالگوی کشت محصولات زراعی، کشت‌های چغندرقند و کلزا با ثابت ماندن حاشیهٔ سود کشاورزان را می‌توان به الگوی کشت منطقه اضافه کرد. طراحی بهینهٔ الگوی کشت سبب اتخاذ سیاست‌هایی می‌شودکه دسترسی کشاورزان به زمین و دیگر نهاده‌های زراعی به‌منظور افزایش بهره‌وری و درآمد خانوار را تسهیل می‌کند و نیز در کاهش مخاطرات ناشی از کمبود مواد غذایی در آینده، نقش بسزایی دارد که این امر مستلزم اجرای اثربخش این سیاست است. در عین‌حال باید برای موفقیت الگوی کشت محصولات زراعی به‌طور ویژه، در حوزهٔ برداشت مکانیزه محصولاتی غیر از گندم و جو، تحقیق و توسعه انجام گیرد تا تشویق به تغییر الگوی کشت به‌صورت جدی و عملی با اقبال کشاورزان مواجه شود.

**منابع**

[۱]. اختصاصی، محمدرضا؛ و سپهر، عادل (۱۳۹۰). «روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی»، یزد: انتشارات دانشگاه یزد.

[۲]. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۹۳). «تصمیم‌گیری چندمعیاره»، چ ۱۲. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۳]. امیدی، عبدالستار؛ الماسی، مرتضی؛ و برقعی، علیمحمد (۱۳۹۶). «مقایسهٔ کارایی مدیریتی– عملیاتی نظام‌های بهره‌برداری ماشین‌های کشاورزی (مطالعهٔ موردی استان البرز)»، *مجلهٔ ماشین‌های کشاورزی*، ج ۷، ش ۲، ۱۳۹۶، ص ۵۱۳-۵۰۳.

[۴]. امیری، مقصود؛ دارستانی فراهانی، احمد؛ و محبوب قدسی، مهسا (۱۳۹۶). *تصمیم‌گیری چندمعیاره*، چ ۲، تهران: انتشارات دانشگاهی کیان.

[۵]. امینی فسخودی، عباس؛ و نوری، سید هدایت‌الله (۱۳۹۰). «ارزیابی پایداری و تعیین الگوی کشت سیستم‌های زراعی براساس بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آب و خاک با استفاده از الگوهای غیرخطی برنامه‌ریزی ریاضی»، *مجلهٔ علوم آب و خاک*، دورهٔ ۱۵، ش ۵۵، ص ۱۱۱-۹۹.

[۶]. پورطاهری، مهدی؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ و صادق‌لو، طاهره (۱۳۸۹). «سنجش و اولویت‌بندی پایداری اجتماعی در مناطق روستایی، با استفاده از تکنیک رتبه‌بندی براساس تشابه به حل ایده‌آل فازی (مطالعهٔ موردی: دهستان حومهٔ بخش مرکزی شهرستان خدابنده)». *پژوهش‌های روستایی*، ج ۱، ش ۱.

[۷]. تملکی، حسین؛ و احمدوند، میثم (۱۳۹۳). «اولویت‌بندی تکنیک‌های تأمین مالی اسلامی مسکن در نظام بانکی کشور با استفاده از روش ویکور». *دوفصلنامهٔ پژوهش‌های مالیهٔ اسلامی*، سال دوم، ش چهارم، ص ۷۷-۵۷.

[۸]. حمزه‌ئی، مجید؛ و بوزرجمهری، خدیجه (۱۳۹۳). «واکاوی آثار و عوامل مؤثر بر گسترش الگوی کشت زعفران در شهرستان نیشابور (مطالعهٔ موردی: دهستان اسحق‌آباد)»، *نشریهٔ علمی پژوهشی زراعت و فناوری زعفران*، ج ۲، ش ۴، ص ۲۸۸-۲۷۷.

[۹]. حیدری، نادر (۱۳۹۰). «تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور»، *مدیریت آب و آبیاری*، ج ۱، ش ۲، ص ۵۷-۴۳.

[۱۰]. خاشعی سیوکی، عباس؛ قهرمان، بیژن؛ و کوچک‌زاده، مهدی (۱۳۹۳). «تعیین الگوی کشت بهینه برای جلوگیری از افت آب زیرزمینی با الگوریتم PSO»، *مجلهٔ پژوهش آب ایران*، سال ۸، ش ۱۴، ص ۱۴۶-۱۳۷.

[۱۱]. خالدی، کوهسار؛ و حقیقت‌نژاد شیرازی، اندیشه (۱۳۹۱). «رشد اقتصادی بخش کشاورزی و فقر روستایی در ایران»، *رفاه اجتماعی*، سال ۱۲، ش ۴۶، ص ۹۱-۶۵.

[۱۲]. دریایی، نجمه؛ رضایی مقدم، کورش؛ و سلمان‌زاده، سیروس (۱۳۹۳). «عوامل مؤثر بر نگرش شالیکاران نسبت به کشت پایدار برنج در استان مازندران»، *پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی*، سال ۷، ش ۱، ص ۴۳-۳۳.

[۱۳]. شریفی، محمد؛ اکرم، اسداله؛ رفیعی، شاهین؛ و سبزه‌پرور، مجید (۱۳۹۳). «اولویت‌بندی کشت محصولات استراتژیک زراعی استان البرز با استفاده از روش دلفی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP»، *نشریهٔ ماشین‌های کشاورزی*، ج ۴، ش ۱، ص ۱۲۴-۱۱۶.

[۱۴]. ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ بیدهندی، صیاد؛ و اسکندری نوده، محمد (۱۳۸۸). «تهیهٔ نقشه و تخمین سطح زیرکشت برنج در شهرستان ساری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای رادارست RADARSAT»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ج ۴۱، ش ۶۸، ص ۵۸-۴۵.

[۱۵]. عبدی، سکینه؛ عابدی، طوبی؛ و عابدی، رؤیا (۱۳۹۸). «اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در کاهش پایداری اکوسیستم‌های زراعی استان آذربایجان‌غربی با تکنیک دلفی فازی»، *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ج ۲۹، ش ۴، ص ۳۲۱-۳۰۷.

[۱۶]. عبدی رکنی، خدیجه؛ حسینی یکانی، سیدعلی؛ عابدی، سمانه؛ و کشمیری کلائی، فاطمه (۱۳۹۷). «تعیین الگوی بهینهٔ بهره‌برداری از محصولات زراعی در منطقهٔ گهرباران ساری، مقایسهٔ برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی معمولی و الگوریتم ژنتیک»، *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ش ۴، ج ۲۸، ص ۲۱۶-۲۰۷.

[۱۷]. فلاحی، اسماعیل؛ و قلی‌زاده، سپیده (۱۳۹۵). «الگوی بهینهٔ کشت مبتنی بر معیارهای چندگانهٔ اقتصادی، منطقه‌ای و پایداری کشاورزی در شهرستان ساری؛ کاربرد الگوی تلفیقی AHP و برنامه‌ریزی خطی». نشریهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دورهٔ ۳۰، ش ۱، ص ۴۹-۳۷.

[۱۸]. قاسمی، عبدالرسول؛ حسنلو، سعید؛ پیروز، رزا؛ و نجفی علمدارلو، حامد (۱۳۹۴). «رویکرد محیط زیستی در تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ورامین) »، *پژوهش‌های محیط زیست*، سال ۶، ش ۱۱، ص ۱۷۲-۱۶۹.

[۱۹] کاظمی، جلال؛ ثمره دهقان سانچ، کاظم؛ و خلیل‌زاده، محمد (۱۳۹۶). «رتبه‌بندی تولید محصولات کشاورزی با رویکردتصمیم‌گیری چندشاخصهٔ فازی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ آذربایجان غربی)»، *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ج ۹، ش ۳، ص ۱۶۲-۱۴۵.

[۲۰]. کاظمی کرانی، الهام؛ ثمره هاشمی، مرضیه؛ گلستانی کرمانی، سودابه؛ و ثمره قاسم شعبجره، میثم (۱۳۹۸). «ارزیابی و انتخاب بهینهٔ معیارهای الگوی کشت مبتنی بر توسعهٔ پایدار»، *تحقیقات منابع آب ایران*، سال ۱۵، ش ۲، ص ۱۰۸-۹۸.

[۲۱]. کیانی قلعه‌سرد، سروش؛ شهرکی، جواد؛ اکبری، احمد؛ و سردار شهرکی، علی (۱۳۹۸). «بررسی اثرات تغییراقلیم بر امنیت غذایی ایران»، *مخاطرات محیط طبیعی*، دورهٔ ۸، ش ۲۲، ص ۴۰-۱۹.

[۲۲]. لک، محمدباقر؛ و برقعی، علی‌محمد (۱۳۹۰). «انتخاب تراکتور مناسب برمبنای تصمیم‌گیری چندمعیاری»، *نشریهٔ ماشین‌های کشاورزی*، ج ۱، ش ۱، ص۴۷- ۴۱.

[۲۳]. مرادی، مصطفی؛ شکیبایی‌فرد، زهرا؛ و شعبانعلی فمی، حسین (۱۳۹۴). «اولویت‌بندی کشت محصولات کشاورزی در شهرستان کرمانشاه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)»، سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، کرج، ایران.

[۲۴]. موحدی، رضا؛ گلی، فائزه؛ و بلالی، حمید (۱۳۹۷). «عامل‌های آموزشی- ترویجی مؤثر بر مدیریت آب کشاورزی در تولید سیب‌زمینی همدان»، *پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی*، ج ۱۰، ش ۴۵، ص ۱۹-۱.

[۲۵]. میرزایی، عباس؛ لیانی، قاسم؛ آزرم، حسن؛ و جمشیدی، سیامک. (۱۳۹۶).«تعیین الگوی کشت بهینهٔ بخش مرکزی شهرستان سیرجان با توجه به پایداری منابع آب و محیط زیست»، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ج ۹، ش ۴، ص ۳۰۴- ۲۸۳.

[۲۶]. نسترن، مهین؛ ابوالحسنی، فرحناز؛ و ایزدی، ملیحه (۱۳۸۹). «کاربرد تکنیک تاپسیس در تحلیل و اولویت‌بندی توسعهٔ پایدار مناطق شهری (مطالعهٔ موردی مناطق شهری اصفهان)»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، سال ۲۱، شمارهٔ پیاپی ۳۸، ش ۲، ص ۱۰۰-۸۳.

[۲۷]. نیرومند، حسینعلی (۱۳۹۳). *تحلیل آماری چندمتغیری کاربردی*، چ ۷، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

[۲۸]. نوحه‌گر، احمد؛ صالحی، اسماعیل؛ علوی نائینی، مینا؛ و علوی نائینی، علی (۱۳۹۸). «اولویت‌بندی روش‌های مشارکت و آموزش مردم در پیش‌بینی و هشدار سیلاب در ایران»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، دورهٔ ۶، ش ۳، ص ۲۶۹-۲۵۹.

[29]. Farnood Ahmadi, Farshid; & Farsad Layegh, Nasir. (2015). "Integration of artificial neural network and geographical information system for intelligent assessment of land suitability for the cultivation of a selected crop". *Neural computing and applications*, 26, pp: 1311-1320.

[30]. Joolaie, Ramtin; Abedi Sarvestani, Ahmad; Taheri Fatemeh; Van Passel, Steven; & Azadi, Hossein (2017). "Sustainable cropping pattern in north Iran: Application of fuzzy goal programming". *Environment development and sustainability*, 19, pp: 2199-2216.

[31]. Kazemi, Hossein; & Akinci, Halil, (2018). "A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria decision-making analysis (MCDA) and geographic information system (GIS)". Ecological engineering, 116, pp: 1-6.

[32]. Mango, Nelson; Makate, Clifton; Mapemba, Lawrence & Sopo, Mathinda, (2018). "The role of crop diversification in improving household food security in central Malawi". *Agriculture & Food Security*. 7: 7.

[33]. Namany, Sarah; Govindan, Rajesh; Alfagih, Luluwah; McKay, Gordon & Al-Ansari, Tareq (2020). "Sustainable food security decision-making: An agent-based modelling approach", *Journal of Cleaner Production*, 255, pp:120296.

[34]. Rogers, Martin; & Bruen, Michael (1998). "A system for weighting environmental ELECTER III". *European Journal of Operational Research*, 107, pp: 552-563.

[35]. Selim, Mostafa Mohammad. (2019). "A Review of Advantages, Disadvantages and Challenges of Crop Rotations". Egyptian Journal of Agronomy,1, pp: 1-10.

[36]. Qi, Xiaoxing; Wang, Raymond Yu; Li, Jianchun; Zhang, Tao; Liu, Liming & He Yanling, (2018). "Ensuring food security with lower environmental costs under intensive agricultural land use patterns: A case study from China", *Journal of Environmental Management*, 213, pp: 329:340.